



# từ điển yêu thích BẦU TRỜI VÀ CÁC VÌ SAO

TRỊNH XUÂN THUẬN



NHÀ XUẤT BẢN TRI THỨC





Trịnh Xuân Thuận sinh năm 1948 tại Hà Nội, là Giáo sư Vật lý thiên văn tại Đại học Virginia, Mỹ. Ông là tác giả của nhiều cuốn sách, trong đó có:

- *Giải điệu bí ẩn, Và con người đã tạo ra vũ trụ*
- *Hỗn độn và hài hòa*
- *Cái vô hạn trong lòng bàn tay (Từ Big Bang đến Giấc ngủ)*
- *Lượng tử và Hoa sen*

từ điển yêu thích  
BẦU TRỜI và CÁC VÌ SAO

Cuốn sách được xuất bản với sự giúp đỡ của Bộ Ngoại giao Pháp trong khuôn khổ chương trình hỗ trợ xuất bản.

Cet ouvrage, publié dans le cadre du programme d'aide à la publication, bénéficie du soutien du Ministère des Affaires étrangères et européennes de République Française

TỪ ĐIỂN YÊU THÍCH BẦU TRỜI VÀ CÁC VÌ SAO || Trình Xuân Thuận  
Ban quyền tiếng Việt © Nhà xuất bản Tri thức, 2011

Cuốn sách được xuất bản theo hợp đồng chuyển nhượng bản quyền giữa PLON và Nhà xuất bản Tri thức.

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ. Mọi hình thức xuất bản, sao chép, phân phối dưới dạng in ấn hoặc văn bản điện tử mà không có sự cho phép của NXB Tri thức là vi phạm luật.

DICTIONNAIRE AMOUREUX DU CIEL ET DES ÉTOILES || Trình Xuân Thuận  
© PLON, 2009  
All rights reserved.



Trịnh Xuân Thuận

# từ điển yêu thích BẦU TRỜI và CÁC VÌ SAO

*Người dịch*

PHẠM VĂN THIỂU & NGÒ VŨ

*(Tái bản lần thứ nhất)*



NHÀ XUẤT BẢN TRI THỨC

# Mục lục

## A. Á. Ā

Ánh sáng hóa thạch	21
Ánh sáng không nhìn thấy được	29
Ánh sáng khuếch tán của vũ trụ	30
Ánh sáng và bóng tối	31
Ánh sáng vũ trụ và vật lý thiên văn	33
Ao tượng của khí quyển Trái đất	36
Ao tượng hấp dẫn	39
Ao tượng Trái đất	39
Aristotle	39
Âm thanh khơi thủy của vũ trụ	43

## B

Bẩm sinh và kinh nghiệm của các thiên hà	49
Bầu trời đêm	52
Bầu trời xanh	54
Big Bang	58
Bong ma Copernicus	63
Brahé, Tycho	66
Bụi giữa các vì sao	71
Bức tường Planck (hay bức tường nhận thức)	73
Bức tường vận tốc ánh sáng	75
Bức xạ hóa thạch	77

## C

Các Hệ Mặt trời khác	81
Các loại thiên hà	81
Các lực cơ bản	84
Cái chết của proton	86
Cặp Trái đất - Mặt trăng	87
Cấu tạo hóa học của vũ trụ	87
Cầu vồng	88
Chân không của vũ trụ	97
Chân không lượng tử	98
Chất thứ năm	101
Chòm sao	102
Chúa của Einstein	107
Chúa và Phật giáo	113
Chúa và sự phức tạp của vũ trụ	115
Chúa và Thời gian	116
Chúa và Vũ trụ học	118
Chuyển động lùi của hành tinh	119
Chuyển động trong vũ trụ	121
Con lắc Foucault	122
Copernicus, Nicolas	125
Cơ học lượng tử	129
Cực quang Bắc và cực quang Nam	134

## D, Đ

Darwin, Charles	139
Detector ánh sáng	142
Diêm Vương tinh	144
Đa dạng sinh học	149
Đa vũ trụ	155
(Các) Đài thiên văn cổ đại	157
Đài thiên văn hiện đại	159
Đám sao	160
Đám sao cầu	161
Đám thiên hà	161
Đám và siêu đám thiên hà	161
Đất và Trời cổ đại	162
Đêm đen, hay nghịch lý Olbers	162
Định lý Gödel	164

## E, Ê

Einstein, Albert: một thiên tài phức tạp	167
Europe	175
Ête	175

## G

Gaia Đất mẹ	183
Galilei, Galileo	184

## H

Hành tinh kiểu Trái đất và hành tinh khổng lồ	191
Hành tinh ngoài Hệ Mặt trời	194
Hạt giống thiên hà	202
Hằng số vũ trụ	205

Hiệu ứng Doppler	210
Hiệu ứng nhà kính 1	211
Hiệu ứng nhà kính 2	215
Hình học của vũ trụ	218
Hoa tinh	220
Hoàng đạo	227
Hoàng hôn 1	230
Hoàng hôn 2	231
Hỗn loạn: sự cáo chung của chắc chắn và xác định	233
Hubble, Erwin nhà thám hiểm tinh vân	242

## I

Ích lợi của các sao siêu mới	251
Io	252

## K

Kepler, Johannes	255
Khí hậu Trái đất	264
Khí quyển Trái đất	266
Khoa học và cái Đẹp	270
Khoa học và Lợi ích	273
Khoa học và Minh triết	275
Khoa học và Phật giáo	276
Khoa học và Phương pháp	284
Khoa học và Tâm linh	287
Khoa học và Thi ca	293
Khoang cách trong vũ trụ: độ sâu của vũ trụ	297
Không-thời gian: một cặp không thể tách rời	301
Khúc xạ ánh sáng	303



Khúc xạ của khí quyển	306	Mặt trăng và trục quay của Trái đất	394
Khúc xạ khí quyển Trái đất	306	Mặt trời, nguồn ánh sáng	396
Không long và Tiểu hành tinh sát thủ	306	Mặt trời sinh ra, sống và chết	397
Kiến trúc của vũ trụ, tầm toàn vũ trụ	309	Mặt trời huyền thoại	401
Kim tinh	313	Mặt trời và khí hậu Trái đất	403
Kính thiên văn không gian <i>Hubble</i>	320	Mây (Lịch sử các đám mây)	404
Kính thiên văn mặt đất	322	Mây phân tử	408
		Mộc tinh	409
		Môi trường giữa các vì sao	417
		Mũi tên thời gian	418

## L

Lạm phát của vũ trụ	331
Laplace, Pierre-Simon de	336
Lịch sử vũ trụ	339
Lịch vũ trụ	344
Lỗ đen	345
Lỗ giun đào	360
Lỗ thung tầng ozon	363
Lực quang tuyến	365
Lực hấp dẫn	369
Lý thuyết Dây	372
Lý thuyết thống nhất	377

## M

<i>MACHO</i> và vật chất thông thường	381
Màu sắc	383
Mặt khuất của Mặt trăng	385
Mặt trăng, con đẻ của Trái đất	386
Mặt trăng đang rời xa Trái đất	389
Mặt trăng hâm chuyển động quay của Trái đất	391
Mặt trăng và thủy triều	392

## N

Năm ánh sáng	423
Năng lượng sao	424
Năng lượng tối: một vũ trụ tăng tốc	424
Newton, Isaac	431
Ngân Hà: quan niệm hiện đại	440
Ngân Hà - truyền thuyết	444
Ngẫu nhiên và Tất nhiên	446
Nghịch lý Olbers	451
Nguyệt thực	452
Nguồn gốc	453
Nguồn gốc của sự sống trên Trái đất	463
Nhật thực	466
Nhiệt động lực học và Vũ trụ	468
Những sinh vật ưa các điều kiện cực hạn	470
Neutrino	472
Núi lửa của Trái đất	475
Nước	476

## Ô

Ô nhiễm ánh sáng

483

## P

Phản vật chất

489

Phân tử giữa các vì sao

491

Phổ biến khoa học

493

Platon

499

Poincaré, Henry: nhà tiên tri  
hỗn độn

501

Pulsar

506

## Q

Qua khứ của vũ trụ

511

Quang hợp

511

Quasar

514

## S

Sao

519

Sao Bắc Cực

529

Sao băng

530

Sao chổi, những đối tượng của  
mê tín

531

Sao kênh đỏ

538

Sao lùn đen

539

Sao lùn nâu, sao bí chột

540

Sao lùn trắng

541

Sao siêu mới loại Ia: các  
sao lùn trắng bùng nổ

543

Sao siêu mới loại II: cơn hấp hối  
bung nổ của các sao nặng

544

Sao xêphêit

546

Set

547

Sinh vật ngoài Trái đất

552

Sinh vật ưa nhiệt

565

Sóng hấp dẫn

565

Stonehenge

570

Sự hình thành Hệ Mặt trời

572

Sự hình thành thiên hà

573

Sự sống là gì?

577

Sự sống ngoài Trái đất

580

Sự sống trên Trái đất: ADN và sự  
tái tạo sự sống

583

Sự sống trên Trái đất: sự

sáng chế ra giới tính

587

Sự sống và các hành tinh

không lồ

590

Sự sống và Cái chết

591

Sự sống và entropy

593

Sự tăng tốc của vũ trụ

596

Sự thống nhất của tự nhiên

596

Sự thống nhất của sự sống trên  
Trái đất

599

Sự trôi dạt của các lục địa

602

## T

Thấu kính hấp dẫn

609

Thí nghiệm EPR

612

Thị sai

616

Thiên hà có nhân hoạt tính

616

Thiên hà hàu ẩn

617

Thiên hà Tiên nữ

619

Thiên thạch

621

Thiên Vương tinh và  
Hải Vương tinh

624

Thói háu ăn của thiên hà

629

Thời gian đóng băng của  
ánh sáng

630

Thời gian tâm lý và thời gian vật lý	630	Vật chất tối thông thường	713
Thời gian và Chuyển động	634	Vật liệu cấu thành hành tinh và sự hình thành Hệ Mặt trời	715
Thời gian và Du hành tới tương lai	637	Vật lý thiên văn và thực tại	718
Thời gian và Hấp dẫn	639	Vẻ đẹp và sự thống nhất của vũ trụ	722
Thời gian và quan hệ nhân quả	640	Vẻ đẹp và tính đúng đắn của một lý thuyết	723
Thời gian và tính đồng thời	641	Vết Mặt trời	723
Thổ tinh	644	(Nguyên lý) Vị nhân	726
Thủy tinh	649	Viễn tải lượng tử	733
Thuyết Thả sinh	654	Vòng quay các mùa	739
Thuyết Tương đối	659	Vũ điệu vũ trụ	742
Thực tại được tạo ra như thế nào?	662	Vũ trụ ảo	742
Tia vũ trụ	664	Vũ trụ dùng	745
Tiến đông (tuê sai) của các điểm phân	665	Vũ trụ học	747
Tiến hóa của vũ trụ	665	Vũ trụ huyền thoại	749
Tiểu hành tinh	665	Vũ trụ luân hồi	756
Tính vận hành tinh	676	Vũ trụ quan sát được	757
Tính vận hay vườn tre sao	677	Vũ trụ sáng tạo	759
Tính tổng thể của không gian	681	Vũ trụ song song	762
Titan và sự sống	682	Vũ trụ thần linh	762
Toán học và Tự nhiên	684	Vũ trụ thần linh-huyền thoại	763
Tổng lượng của vũ trụ	688	Vườn tre sao	764
Trái đất, hành tinh xanh	689		
Triton	691	<b>Y</b>	
Tương lai gần của vũ trụ	692	Ý thức con người	767
Tương lai rất xa của vũ trụ	694		
Tuổi của vũ trụ	704		
		<b>W</b>	
<b>V</b>		WIMP	777
Vành	711		
Vành đai Kuiper	711		
Vật chất tối ngoại lai	711		



*Tặng vợ tôi*

## LỜI NÓI ĐẦU

Nói về bầu trời, những ngôi sao và vũ trụ là một việc hết sức khó khăn. Vì theo định nghĩa vũ trụ là tập hợp của tất cả những gì tồn tại, một thực thể chứa đựng tất cả, nên trong vô số các "mục từ" biết chọn như thế nào các chủ đề để đem ra luận giải? Trong lựa chọn này, tôi đã để cho mình bị dẫn dắt bởi không chỉ các vấn đề trong thiên văn học đã làm tôi thích thú và kích thích trí tò mò, mà còn cả bởi những vấn đề khiến tôi phải suy ngẫm về thân phận và vị trí của chúng ta trong vũ trụ. Sau rốt, nguyên tắc của một cuốn từ điển yêu thích là phải nói về những điều mà ta thích và những cái khiến ta suy ngẫm.

Cuốn từ điển này trước hết chứa các mục từ mô tả cái thế giới lạ lùng và kỳ diệu của vật lý thiên văn, cái thế giới chứa đầy các thực thể kỳ dị và huyền ảo được nhào nặn bởi lực hấp dẫn: Các "sao lùn trắng" mà một thìa nhỏ vật chất của nó cũng nặng bằng cả một con voi; các pulsar, các ngọn đèn pha vũ trụ không lồ có kích thước bằng cả Paris có thể quay quanh nó chỉ trong một phần của giây; các "lỗ đen", những nơi có lực hấp dẫn cực lớn trong không gian cầm tù ánh sáng và hút vào nó các xoáy khí bức xạ bằng tất cả sức nóng của mình, hay các chuẩn tinh (*quasar*), các thiên thể có độ sáng thực lớn nhất vũ trụ và chứa trong lòng chúng các lỗ đen siêu nặng xé nát tất cả những ngôi sao không may rơi vào tầm hút của chúng, nhờ lực hấp dẫn không lồ, để thỏa mãn thói háu ăn; đó mới chỉ là vài ví dụ điển hình.



Cuốn từ điển này cũng chứa các mục từ nói về nguồn gốc của chúng ta. Vũ trụ có một lịch sử, và lịch sử này liên quan chặt chẽ với chúng ta, bởi vì nó dẫn đến đích là chúng ta, những “hạt bụi” của các vì sao. Vì vậy sẽ có những mục từ kể về thiên sử thi hùng tráng của vũ trụ, và bức họa tráng lệ này không ngừng được tô điểm bởi tất cả các khoa học, trải trong một khoảng thời gian cỡ 14 tỷ năm. Ngày nay, chúng ta nghĩ rằng vũ trụ đã sinh ra từ một vụ nổ kinh hoàng, Big Bang, từ một trạng thái vô cùng nhỏ, nóng và đặc. Bắt nguồn từ một chân không chứa đầy năng lượng, vũ trụ đã không ngừng chứng tỏ sức sáng tạo của nó để leo lên các nấc thang của độ phức tạp.

Các mục từ “lịch sử” này kể lại không chỉ Big Bang mà còn cả những truyền thuyết được con người xây dựng qua các nền văn hóa và các thời đại nhằm giải thích thế giới xung quanh. Chúng nói về nguồn gốc của các thiên hà, các tập hợp chứa hàng trăm tỷ ngôi sao, khí và bụi được gắn kết bằng lực hấp dẫn, những hệ sinh thái khổng lồ cho phép các đám mây hydro và heli, những thành phần được tạo ra trong ba phút đầu tiên của vũ trụ, co mạnh lại dưới tác dụng của, lực hấp dẫn để tạo thành các ngôi sao, thoát khỏi sự loãng dần và lạnh đi vĩnh viễn do sự giãn nở của vũ trụ. Các mục từ này cũng thuật lại sự sinh ra, tồn tại và chết đi của các ngôi sao, những lò luyện chói sáng của vũ trụ, nơi chế tạo ra các nguyên tố hóa học cần thiết cho sự hình thành các hành tinh và sự sống nhờ thuật giả kim hạt nhân kỳ diệu của mình. Thông qua sự kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh, chúng cũng kể lại chi tiết quá trình hình thành các hành tinh mà một số trong



đó sẽ cung cấp môi trường thuận lợi - một bề mặt cứng, các đại dương nước lỏng, một bầu khí quyển bảo vệ - mà sự sống cần có để nảy nở.

Trên một hành tinh gọi là Trái đất, quay quanh một ngôi sao có tên là Mặt trời, sự sống đã xuất hiện khoảng 3,8 tỷ năm trước. Một số mục từ đề cập đến sự sống: sự sống xuất hiện trên Trái đất hay đến từ không gian bên ngoài nhờ các sao chổi và các tiểu hành tinh khác? Một số mục từ sẽ kể lại những biến cố xảy ra trong cuộc đại phiêu lưu của sự sống từ khi bước lên sân khấu là một phân tử axit có dạng chuỗi xoắn kép biết sinh sản bằng cách tự chia đôi, cho tới quá trình đột biến gen và chọn lọc tự nhiên, tạo ra sự cực kỳ phong phú và đa dạng của các loài sống trên Trái đất. Một số mục từ khác cuối cùng đề cập đến một giai đoạn cơ bản trong sự tiến hóa của vũ trụ, đó là sự đột sinh của ý thức và sự thần diệu của tư duy.

Bức họa vũ trụ khổng lồ này không chỉ được vật lý thiên văn, mà còn cả vật lý, hóa học, sinh học, sinh học thần kinh, nhân chủng học, linh trưởng học, cổ sinh học và địa chất học cùng nhau tô vẽ không một mồi. Nhưng vẫn còn những vùng tối lớn trong nhận thức của chúng ta về vũ trụ: một số mục từ chỉ ra rằng 96% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ được cấu thành từ một "khối lượng tối ngoại lai" huyền bí và một "năng lượng tối" bí ẩn mà chúng ta hoàn toàn chưa biết bản chất! Còn về hai cú đại nhảy vọt trong lịch sử tiến hóa của vũ trụ - sự chuyển từ cái vô sinh sang cái hữu sinh, từ vô thức sang có ý thức - thì vẫn đang nằm trong vòng bí mật hoàn toàn.



Nhiều mục từ khác nhau ngợi ca Mặt trời, nguồn sông và nguồn năng lượng trên Trái đất. Các mục từ này sẽ kể về sự ra đời, tồn tại và mất đi của Mặt trời. Chúng ngợi ca các cảnh tượng ánh sáng lộng lẫy mà Mặt trời ban tặng cho chúng ta: cầu vồng kỳ ảo, “lục quang tuyến” huyền bí, và cánh hoàng hôn rực đỏ. Chúng cũng ngợi ca vẻ đẹp của Trái đất: màu trong xanh của bầu trời không một gợn mây hay màu xanh thẫm của đại dương. Nhưng một số mục từ khác sẽ nói về mặt trái của tâm huy chương: con người đang hủy hoại hết sức nguy hiểm môi trường sống của mình, và đang trở thành mối đe dọa đối với hành tinh của mình, đối với chính mình và đối với tất cả các loài sinh vật khác. Vì trí tuệ và ý thức là con dao hai lưỡi. Con người đã biết vượt qua sức hút của Trái đất để chinh phục không gian và đặt chân lên Mặt trăng, đã bắt đầu tìm kiếm các Hệ Mặt trời khác và các trí tuệ ngoài Trái đất, nhưng con người cũng đã có khả năng tự hủy diệt, phá hủy sự đa dạng sinh học trên Trái đất làm cho chồn nương thân trong vũ trụ của mình trở nên không thể sinh sống được nữa khi đang không ngừng gây ra những vết thương cho hệ sinh thái của mình.

Khoa học do con người tạo nên. Các mục từ sẽ kể lại ở đây lịch sử của những con người đặc biệt, những người bằng thiên tài của mình đã phát hiện ra các hiện tượng mới hoặc nắm bắt được các mối liên hệ mới giữa các sự kiện mà tất cả, thoát nhìn, chẳng có liên quan gì với nhau. Mỗi khi một mối liên hệ mới xuất hiện, khoa học lại có một bước nhảy ngoạn mục. Newton đã phát hiện ra lực hấp dẫn khi nhận ra rằng chuyển động rơi của quả táo và chuyển động của Mặt trăng quanh Trái đất đều bị chi phối bởi cùng một lực. Thuyết Tương đối xuất hiện trong đầu Einstein ngay khi ông nhận thấy mối liên hệ giữa thời gian và không gian.

Khoa học chỉ có thể được dẫn dắt bằng tư duy, nó trước hết phải dựa trên quan sát và thực nghiệm. Thiên văn học là khoa học chính xác duy nhất không thể thực hiện trong phòng thí nghiệm. Chúng ta không thể tái tạo Big Bang bằng máy móc, cũng không thể chế tạo các ngôi sao trong ống nghiệm. Chính ánh sáng, cái “ánh sáng nhọt nhọt rơi xuống từ các ngôi sao”, đã kết nối chúng ta với vũ trụ. Một số mục từ nói về các đài thiên văn và một dụng cụ cơ bản đối với thiên văn học, đó là kính thiên văn. Nhờ kính thiên văn hay kính viễn vọng

mà các nhà thiên văn bắt được cái “giai điệu bí ẩn” của vũ trụ và tìm cách giải mã nó. Bước tiến lớn đầu tiên đã được Galileo thực hiện năm 1609 khi ông hướng chiếc kính thiên văn đầu tiên lên bầu trời và phát hiện thấy ở đó rất nhiều những kỳ quan. Năm 2009, mà Unesco tuyên bố là “Năm thiên văn học”, chúng ta đã kỷ niệm 400 năm sự kiện vĩ đại này. Bước tiến vĩ đại thứ hai đạt được khi con người đã “vệ tinh hóa” các con mắt của mình: bằng cách đưa các kính thiên văn lên quỹ đạo ở bên trên bầu khí quyển Trái đất - kính thiên văn mạnh nhất cho tới nay là kính thiên văn không gian *Hubble* vẫn đang không ngừng mang lại niềm thích thú cho chúng ta với những bức ảnh vừa tuyệt đẹp vừa chứa đựng nhiều thông tin -, các nhà thiên văn học đã có thể tiếp cận được toàn bộ các gam ánh sáng của vũ trụ, và cũng có thể thu được các hình ảnh vũ trụ có độ nét hoàn hảo, không bị các nhiễu loạn của khí quyển Trái đất làm cho biến dạng.

Thiên văn học không chỉ đơn giản là nghiên cứu các thiên thể và các hiện tượng của vũ trụ. Nó còn giúp chúng ta nhìn, và cả suy ngẫm nữa. Ngoài các vấn đề thuần túy khoa học ra còn có những nghi vấn thuộc loại siêu hình động chạm đến triết học và tâm linh. Bằng cách hát con người ra khỏi vị trí trung tâm của vũ trụ, Copernicus đã phát động một cuộc cách mạng mà ngay nay chúng ta vẫn còn cảm nhận được các hậu quả của nó. Vũ trụ học hiện đại đã làm thay đổi sâu sắc các quan niệm của chúng ta về bản chất của thời gian và không gian, về nguồn gốc của vật chất, về sự phát triển của sự sống và ý thức, về trật tự và phi trật tự, về hỗn độn và hài hòa, về quan hệ nhân quả và quyết định luận. Nhiều mục từ sẽ cố gắng làm rõ các chủ đề này.

Các vấn đề mà nhà vũ trụ học đặt ra cũng gần gũi một cách đáng ngạc nhiên với những vấn đề mà nhà thần học quan tâm: nguồn gốc của vũ trụ là gì? Liệu có phải vũ trụ đã tự tạo ra mình? Có hay không một khởi đầu của thời gian và không gian? Vũ trụ liệu sẽ có một kết thúc? Nó đến từ đâu và sẽ đi tới đâu? Trong khi nỗ lực tấn công bức tường bao quanh thực tại vật lý bằng các đòn sấm sét là các định luật vật lý và toán học, thì các nhà vũ trụ học và thiên văn học thường phải đối mặt với các nhà thần học. Vũ trụ học đề cập đến các chủ đề mà trong một thời gian dài vốn là độc quyền của tôn giáo và làm sáng tỏ chúng bằng một ánh sáng mới. Một số mục từ đề cập đến “nguyên lý vị nhân” cho rằng vũ trụ đã được điều chỉnh ngay từ đầu, một



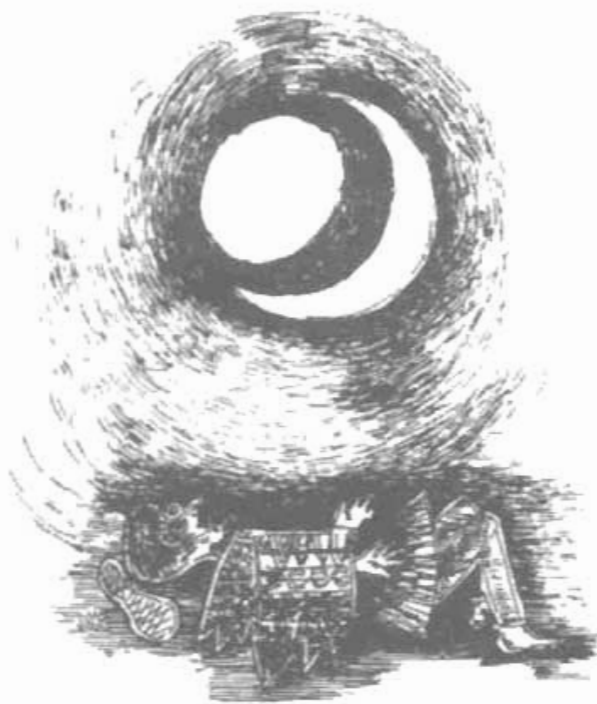
cách cực kỳ chính xác, để cho sự sống xuất hiện. Những phát triển này gợi lên một câu hỏi cơ bản: sự tồn tại của chúng ta liệu có một ý nghĩa, hay chúng ta chẳng qua chỉ là kết quả của một biến cố vũ trụ, và vũ trụ chẳng cần gì đến chúng ta hết? Sự điều chỉnh cực kỳ chính xác các định luật và hằng số vật lý này có thể được gán cho ngẫu nhiên nếu chúng ta giữ giả thuyết cho rằng vũ trụ của chúng ta chỉ là một trong vô số các vũ trụ song song, mà người ta gọi là “đa vũ trụ”. Ngược lại, nếu chỉ tồn tại một vũ trụ duy nhất, là vũ trụ của chúng ta, thì chắc chắn phải nhắc đến một nguyên lý sáng thế (một số người gọi là “Chúa” hay “Thượng đế”) là nguồn gốc của sự điều chỉnh kỳ diệu này. Một số trang khác của cuốn từ điển này cũng đề cập tới vấn đề vũ trụ học hiện đại đã rọi một ánh sáng mới lên khái niệm Chúa Trời như thế nào.

Tôi có niềm tin hoàn toàn và chắc chắn rằng khoa học phải có nhiệm vụ khôi phục lại vị trí của mình trong lòng văn hóa nhân loại. Trong quá khứ khoa học đã quá rời xa nó do một cách nhìn quá mạnh mẽ, cơ giới và quy giản luận. Nhưng giờ đây không còn như thế nữa. Tôi đã đưa vào đây các mục từ có mục đích đặt khoa học trở lại một bối cảnh nhân bản hơn. Các mục từ này sẽ khám phá các mối quan hệ giữa khoa học và cái đẹp, hay giữa khoa học và thi ca. Chúng cũng nói về sự bổ sung giữa khoa học và tâm linh. Càng phát triển, khoa học càng phát hiện ra các giới hạn của mình. Khoa học đã phải đương đầu với bất định, với sự không xác định, với tính không thể tiên đoán được, với hỗn độn, bất toàn và không thể quyết định được. Khoa học biết rằng từ nay nó không thể biết hết mọi chuyện. Để đi đến cuối con đường và tiếp cận thực tại tối hậu, chúng ta phải cầu viện đến các phương thức nhận thức khác như trực giác thần bí hay tâm linh, nhưng được thông tin và soi sáng bằng các phát minh của khoa học hiện đại. Vì vậy sẽ có một mục từ khám phá các mối quan hệ giữa khoa học và Phật giáo. Khoa học và tâm linh là hai cửa sổ khác nhau nhưng bổ sung cho nhau, cho phép con người hiểu thấu hiện thực hơn.

Cuốn từ điển này dành cho những người muốn khám phá bầu trời và các vì sao, nhưng không nhất thiết phải có hành trang khoa học của một chuyên gia. Trong việc biên soạn các mục từ, tôi đã cố gắng sử dụng một ngôn ngữ đơn giản và rõ ràng, hoàn toàn không có

các thuật ngữ khoa học chuyên ngành, nhưng không vì thế mà làm mất đi sự chặt chẽ và chính xác. Để giải thích các khái niệm khó, tôi thường sử dụng các ẩn dụ và các hình ảnh của cuộc sống hằng ngày. Để làm nhẹ bớt sự bàn thảo khoa học thường là khô khan, tôi đặc biệt chú ý để làm sao cho hình thức của nó dễ chịu nhất có thể. Tôi cũng đã đưa thêm một số tài liệu tham khảo vào cuối một số mục từ dành cho những bạn đọc có mong muốn đi xa hơn.

Charlottesville, tháng 3 năm 2009



*“Mặt trời và Mặt trăng”*

**A,** **Ä,** **Â**

## Ánh sáng hóa thạch

Ánh sáng hóa thạch đến từ rất xa xưa và choán toàn vũ trụ. Sự tồn tại của nó nói với chúng ta rằng vũ trụ đã xuất phát từ một trạng thái vô cùng nóng và đặc. Cùng với sự giãn nở của vũ trụ, ánh sáng hóa thạch là một trong hai hòn đá tảng của lý thuyết Big Bang. Chính sự phát hiện ra ánh sáng hóa thạch đã khiến lý thuyết này nhận được sự ủng hộ của đa số các nhà khoa học. Và đó cũng chính là trở ngại mà phần lớn các lý thuyết cạnh tranh vấp phải.

Sự tồn tại của bức xạ hóa thạch đã được nhà vật lý thiên văn người Mỹ gốc Nga George Gamow (1904-1968) và các đồng nghiệp là Ralph Alpher (1921-2007) và Robert Herman (1914-1997) thông báo ngay từ những năm 1940. Dựa trên các nghiên cứu trước đó của nhà toán học và thiên văn học người Nga Alexandre Friedman (1888-1925) cùng linh mục phụ tá và nhà thiên văn học người Bỉ Georges Lemaître (1894-1966), ba nhà khoa học này đã sử dụng các phương trình của thuyết Tương đối rộng của Einstein, công bố năm 1915, để lần ngược về quá khứ của vũ trụ, như những nhà thám hiểm lần ngược sông Nil về thượng nguồn vậy. Họ đã tiên đoán sự tồn tại của một bức xạ radio đến từ những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ. Tuy nhiên, bất chấp các công trình này, và mặc dù thiên văn học vô tuyến đã có những tiến bộ thần kỳ sau Thế chiến II nhờ những phát triển của radar trong cuộc chiến, nhưng không một ai khi đó nhọc công nghiên cứu ánh sáng hóa thạch cả. Trong khi đó, Big Bang nhận được nhiều hưởng ứng, vì nó có xu hướng trao một cơ sở khoa học cho khái niệm Sáng thế của tôn giáo. Như vậy, các nhà khoa học đã vô tình “lãng quên” các công trình của Gamow và các đồng nghiệp của ông.

Phải đến những năm 1960 thì nhà vật lý người Mỹ Robert Dicke (1916-1997) và nhóm của ông ở Đại học Princeton, bang New Jersey, mới lại mang ra xem xét ý tưởng về một vũ trụ nóng và đặc trong quá

khử, và một ánh sáng hoa thạch choán toàn vũ trụ. Thật ngạc nhiên, Dicke và các đồng nghiệp của ông lại không hề biết đến các công trình tiên phong của Gamow, Alpher và Herman, và họ đã phải tự phát hiện lại toàn bộ. Trong khi mệt mỏi nhiều tháng để chế tạo một bức xạ kế vẫy bắt bức xạ hoa thạch thì, một ngày đẹp trời năm 1965, nhà vật lý của chúng ta nhận được một cú điện thoại của nhà thiên văn học vô tuyến người Mỹ Arno Penzias (sinh năm 1933), làm việc tại phòng thí nghiệm của tập đoàn điện thoại Bell, ở Holmdel, cách Princeton khoảng 100 km. Penzias đã thông báo với ông rằng đồng nghiệp của Penzias, nhà thiên văn vô tuyến Robert Wilson (sinh năm 1936), và bản thân Penzias đã phát hiện ra một bức xạ huyền bí cực kỳ đồng nhất và cho dù người ta quan sát ở đâu, nó cũng đều có cùng nhiệt độ bằng giá khoảng 3 độ Kelvin (tức  $-270^{\circ}\text{C}^1$ ). Dicke đã suýt ngất: một trong những phát hiện vũ trụ học lớn nhất của lịch sử khoa học (và ca giải Nobel về vật lý nữa) đã tuột khỏi tay ông, chỉ vì chằm có vài tháng! Thời gian để chế tạo xong bức xạ kế...

Vậy là vận may đã mỉm cười với Penzias và Wilson. Tuy nhiên, hai nhà thiên văn vô tuyến này không phải là các nhà vũ trụ học, và vấn đề về nguồn gốc của vũ trụ là rất xa với những mối bận tâm hằng ngày của họ. Làm việc cho tập đoàn điện thoại, họ đã trang bị cho kính thiên văn của mình một bức xạ kế cực kỳ nhạy, không phải để nghiên cứu vũ trụ, mà để nâng cao chất lượng đàm thoại ở Mỹ. Để nhận dạng và loại trừ các nguồn gây nhiễu có thể ảnh hưởng đến sự vận hành bình thường của các vệ tinh viễn thông, họ đã bắt tay nghiên cứu sự phát ra các sóng vi ba của Ngân Hà. một trong những nguồn có thể gây nhiễu. Trong quá trình quan sát, họ đã nhận ra rằng ngoài sự phát các sóng radio của Ngân Hà, còn tồn tại một dạng "nhiều tạp" kỳ sinh, ẩn bên dưới, giống như các nhiễu âm lẫn vào tiếng phát thanh viên mà đôi lúc chúng ta nhận thấy khi nghe đài. Bức xạ nền này luôn có cùng tính chất, cho dù kính thiên văn được hướng theo hướng nào. Nó xuất hiện ở bất kỳ giờ nào trong ngày, bất kỳ ngày nào trong năm.

Ban đầu, hai nhà thiên văn Penzias và Wilson không có ý niệm gì về nguyên nhân của bức xạ nền huyền bí này. Rất nhiều hướng đã

---

<sup>1</sup> Giá trị hiện nay được đo bởi vệ tinh WMAP trên thực tế là 2,725 độ Kelvin.

được khám phá, rồi lại bị bỏ. Một cặp chim bồ câu đã chọn kính thiên văn làm tổ: liệu có phải phân của chúng là thu phạm gây ra nhiều tạp nền này không? Sau khi đuổi lũ chim không mong muốn đi, hai nhà thiên văn dọn sạch kính thiên văn của mình, nhưng họ đã uông công: bức xạ nền vẫn luôn xuất hiện. Tiếp sau đó, họ dò xét kỹ lưỡng các đài phát thanh ở New York (New York cách đó không xa), các cơn dông trong khí quyển Trái đất, sự phát sóng radio từ mặt đất, các đoàn mạch trong thiết bị điện tử. Tất cả đều đã được xem xét kỹ lưỡng! Nhưng không gì giúp họ khoan thủng được bí mật của bức xạ nền.

Một hôm, Penzias đã thổ lộ sự bối rối của mình với một giáo sư của MIT. Vị giáo sư này đã nói với ông về Dicke và các ý tưởng của ông ta về một bức xạ hóa thạch sinh ra trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ. Chỉ tới lúc này Penzias và Wilson mới nhận ra rằng họ đã phát hiện ra nhiệt còn sót lại từ thuở Sáng thế.

Nhờ phát hiện ra bức xạ hóa thạch (người ta còn gọi là “bức xạ vi ba nền”), Penzias và Wilson đã được trao giải Nobel Vật lý năm 1978. Do không phát hiện trước họ ánh sáng của thời kỳ đầu của vũ trụ, Dicke và các đồng nghiệp của ông, khi chế tạo xong bức xạ kế, đã đành bằng lòng với việc khẳng định sự tồn tại của nó.

Lịch sử về phát hiện ra bức xạ hóa thạch chứng tỏ sự tuyệt vời trong nhiều khía cạnh của các phát hiện khoa học lớn. Chúng thường xảy ra ngẫu nhiên, nhưng đó là do các nhà khoa học thường nghiên cứu một khía cạnh nhỏ của một vấn đề lớn. Họ đủ thực tế để chấp nhận rằng việc giải quyết các vấn đề lớn không thể thực hiện tức thì, mà phải thông qua các tiến bộ nhỏ. Chẳng hạn, Penzias và Wilson muốn nghiên cứu Ngân Hà, chứ không phải bức xạ hóa thạch. Nhưng, một thực tế vô cùng quan trọng là, hai nhà nghiên cứu đã có trong tay một dụng cụ tuyệt vời, đỉnh cao công nghệ. Họ đã chế tạo được một bức xạ kế nhạy nhất có thể. Vận may đã mỉm cười với những người được trang bị tốt. Điều đó đặc biệt đúng trong thiên văn học vốn là một khoa học dựa trước hết vào quan sát. Mỗi khi, nhờ sự phát triển của công nghệ, các nhà thiên văn có thể khám phá các vùng năng lượng khác nhau bằng các dụng cụ tinh vi hơn, là họ lại phát hiện ra các hiện tượng mới.

Cuối cùng, việc hai nhóm, nhóm của Penzias và Wilson và nhóm của Dicke cùng các đồng nghiệp của ông, gần như đồng thời tìm

được lời giải cho một vấn đề, nhưng nhóm của Dicke về nhì, một điều không hiếm trong khoa học. Tồn tại một loại "đồng đại" - nói theo thuật ngữ của Carl Jung (1875-1961) - làm cho ở một thời kỳ nhất định, một ý tưởng chìm muối một cách độc lập ở những khu vực khác nhau của hành tinh (trong trường hợp bức xạ hóa thạch, hai nhóm chỉ cách nhau khoảng một trăm kilome!), hoặc cùng nghệ đồng thời đạt đến một độ tinh vi đủ cao trong nhiều phòng thí nghiệm để dẫn tới các phát minh gần như đồng thời.

Ánh sáng hóa thạch là hậu duệ trực tiếp của ánh sáng khơi thủy, sinh ra trong những phần giây đầu tiên của vũ trụ, sau pha lạm phát, ở  $10^{-32}$  giây. Vào lúc khơi đầu lịch sử, vũ trụ quá nóng nên các nguyên tử không thể tồn tại. Thực tế, ánh sáng khơi thủy tồn tại dưới dạng các photon năng lượng cao, chúng phá vỡ các nguyên tử hydro và heli ngay khi mới hình thành, giải phóng các hạt nhân nguyên tử và electron. Photon không thể lan truyền qua cánh rừng rậm các electron tự do, điều này làm cho vũ trụ hoàn toàn tăm tối. Cứ như thể nó bị chìm trong một lớp sương mù dày đặc, không thể nhìn thấy gì nữa. Để vũ trụ trở nên trong suốt, cần phải chờ đợi, vì nó liên tục bị loãng thêm và lạnh đi do giãn nở. Khi đồng hồ vũ trụ điểm ở năm 380.000, vũ trụ đã giảm đủ nhiệt độ (khoảng  $3.000^{\circ}\text{C}$ , gần bằng nhiệt độ trên bề mặt của Mặt trời) khiến photon không còn đủ năng lượng để phá vỡ các nguyên tử nữa. Bị lực điện từ thúc đẩy, electron kết hợp với các hạt nhân để tạo thành các nguyên tử, và các nguyên tử cuối cùng đã có thể xuất hiện một cách bền vững trên sân khấu vũ trụ. Do electron rốt cuộc bị giam hãm trong các nguyên tử-nhà tù, nên không gì ngăn cản được sự tự do đi lại của photon nữa: sương mù tan và vũ trụ trở nên trong suốt cho ánh sáng. Ánh sáng và vật chất, cho tới lúc này vẫn hòa trộn với nhau rất mật thiết, giờ sẽ tách ra khỏi nhau và sống các cuộc đời tách biệt. Các photon đến với chúng ta trực tiếp từ những phần giây đầu tiên của vũ trụ, và sự tương tác cuối cùng của chúng với vật chất có từ năm 380.000, tạo thành "bức xạ hóa thạch" nổi tiếng được Penzias và Wilson phát hiện. Tương tự như các hóa thạch cho phép các nhà cổ sinh học lần ngược lại thời gian và tái dựng lại lịch sử sự sống trên Trái đất, ánh sáng hóa thạch cũng cho phép các nhà thiên văn tái dựng lịch sử của vũ trụ từ những khoảnh khắc đầu tiên của nó.



Như vậy, bản đồ bức xạ hóa thạch là hình ảnh cô nhất mà chúng ta có thể thu được về vũ trụ: nó cho phép chúng ta chiêm ngưỡng vũ trụ khi còn đang rất trẻ, 380.000 năm tuổi. Theo thời gian, ánh sáng hóa thạch, rất giàu năng lượng lúc ban đầu, đã dần dần yếu đi do vũ trụ giãn nở và sự giảm nhiệt độ. Nó chuyển từ dạng tia gamma đề biên thành dạng tia X, thành ánh sáng cực tím, rồi ánh sáng nhìn thấy được ở năm 380.000. Ngày nay, sau một thời gian giãn nở khoảng 14 tỷ năm, ánh sáng hóa thạch đã lạnh đi đến nhiệt độ rất thấp, cỡ 3 độ Kelvin, tức  $-270^{\circ}\text{C}^2$ , tức là có cùng bản chất với ánh sáng ma lo vi sóng nhà bạn phát ra. Nó lại không nhìn thấy được bằng mắt thường và chỉ có thể dò được bằng các dụng cụ có khả năng bắt được các sóng radio, như các kính thiên văn vô tuyến hay... tivi nhà bạn. Hãy bật vô tuyến sau khi đài ngừng phát chương trình, bạn sẽ thấy các chấm sáng nhảy nhót trên màn hình. Khoảng 1% các nhiễu xạ này là do photon của bức xạ hóa thạch gây ra! Như vậy, bạn có thể nhìn thấy trên màn hình vô tuyến nhà bạn sự thể hiện của các photon cổ xưa nhất mà bạn có thể bắt trên Trái đất. Quan sát chúng nghĩa là bạn đã thực hiện một cú nhảy ngược thời gian về khoảng 13,7 tỷ năm trước!

Và lại NASA đã không thể nhầm lẫn: để nghiên cứu ánh sáng những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ trong toàn bộ sự rực rỡ của nó, NASA đã chế tạo và phóng các kính thiên văn vô tuyến lên không gian, vì khi quyển Trái đất đã hấp thụ một phần lớn các photon của ánh sáng hóa thạch. Các quan sát sơ bộ được thực hiện với các kính thiên văn đặt trên các bóng thám không, nhưng phải đợi 25 năm sau phát hiện của Penzias và Wilson, nghĩa là tới tận năm 1990, thì vệ tinh COBE (Cosmic Background Explorer), mang trên mình một kính thiên văn vi sóng, mới lập được một bản đồ chi tiết và đầy đủ về thứ ánh sáng đến với chúng ta từ những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ.

Các quan sát của COBE, được thông báo năm 1992, tiết lộ cho chúng ta thấy rằng sự phân bố năng lượng của bức xạ hóa thạch chính xác là sự phân bố của một vũ trụ cực kỳ nóng và đặc lúc khởi đầu. Dù người ta có nhìn ở đâu, thì nhiệt độ 2,7 độ Kelvin của nó vẫn luôn cực kỳ đồng nhất. Mỗi một mét khối không gian chứa khoảng 400 triệu photon khởi thủy này. Bức xạ hóa thạch có tổng năng lượng bằng  $5 \times$

<sup>2</sup> Để chuyển nhiệt độ biểu diễn bằng độ Kelvin thành độ C, chỉ cần trừ đi 273

$10^{-31}$  kg trong  $1 \text{ m}^3$  (bằng cách chuyển đổi năng lượng thành khối lượng theo công thức  $E = mc^2$  của Einstein). Đó là nguồn năng lượng sáng lớn nhất trong vũ trụ. Dù photon của bức xạ hóa thạch đã bị suy yếu đi đáng kể do sự giãn nở của vũ trụ và do năng lượng khối lượng của chúng đã giảm xuống, nhưng tổng năng lượng của bức xạ hóa thạch ngày nay vẫn lớn gấp mười lần tổng năng lượng của ánh sáng phát ra bởi tất cả các ngôi sao và các thiên hà của vũ trụ quan sát được! Sở dĩ như vậy là do bức xạ hóa thạch chiếm toàn bộ vũ trụ, trong khi các sao và thiên hà chỉ chiếm một phần rất nhỏ của không gian. Photon cũng thống trị về số lượng các hạt trong không gian. Cứ mỗi một proton trong vũ trụ lại có một tỷ photon của bức xạ hóa thạch - sự mất cân bằng dân số ở đây bắt nguồn từ một phần tỷ thiên vị của vũ trụ ở những khoảnh khắc đầu tiên đối với vật chất hơn là phản vật chất (xem mục từ này).

Bức xạ hóa thạch, như chúng ta đã thấy, có một sự đồng nhất cực cao. Nhưng sự đồng nhất này không phải là tuyệt đối. Rất may cho chúng ta, vì nếu vũ trụ là hoàn toàn đồng nhất thì chúng ta đã không có mặt ở đây để nói về nó. Một vũ trụ không cấu trúc, giống như một sa mạc không ốc đảo: sự sống không thể phát triển ở đó. Một vũ trụ đồng nhất hoàn hảo sẽ là căn cội vô sinh. Thật hạnh phúc đôi khi các nhà thiên văn học là COBE đã phát hiện ra các thăng giáng nhỏ về nhiệt độ trong bức xạ hóa thạch - cỡ vài phần trăm nghìn độ Kelvin - ở các khoảng trời khác nhau. Các thăng giáng nhiệt độ này tương ứng với các thăng giáng về mật độ của vật chất cấu thành từ proton, neutron và các hạt nặng không nhìn thấy được. Ở những chỗ có mật độ lớn hơn một chút, lực hấp dẫn mạnh hơn một chút, photon của bức xạ hóa thạch sẽ mất nhiều năng lượng hơn một chút để thoát khỏi lực hấp dẫn này, và nhiệt độ cũng thấp hơn một chút. Ngược lại, ở những chỗ có mật độ thấp hơn một chút, lực hấp dẫn yếu hơn một chút, photon sẽ mất ít năng lượng hơn một chút để thoát khỏi nó và nhiệt độ cao hơn một chút. Các thăng giáng mật độ này sẽ hành xử như các hạt giống, và các hạt giống này, bằng tác động của trọng lực-vực hấp dẫn, sẽ lớn lên theo thời gian và gieo mầm cho các thiên hà xinh đẹp, cho các sao và các hành tinh, trong đó ít nhất có một hành tinh đón nhận sự sống.

Các quan sát của COBE đã đánh dấu một bước ngoặt quyết định trong nghiên cứu vũ trụ. Trước nó, các quan sát đối với vũ trụ khởi

thủy chỉ đếm trên đầu ngón tay và rất không chính xác. Các nhà lý thuyết đã có cơ hội tốt để phát huy trí tưởng tượng cực kỳ phong phú của mình và đưa ra một số lượng đầy ấn tượng các kịch bản vũ trụ (thường là trong khuôn khổ của lý thuyết Big Bang). Nhưng, vì thiếu quan sát, các lý thuyết này đã không được kiểm chứng, do đó các nhà vật lý đã không có khả năng lựa chọn được hạt giống tốt trong đám cỏ dại. Tất cả các lý thuyết đều coi là chấp nhận được nếu như chúng không mâu thuẫn rõ rệt với các dữ liệu thiên văn hiện có về vũ trụ khởi thủy - những dữ liệu này, vì không có nhiều và cũng không thật chính xác, nên không có khả năng phân biệt lớn. Nhưng COBE (và tất cả các bóng thám không và các vệ tinh tiếp nối nó) đã làm thay đổi cục diện. Bằng cách cung cấp cho chúng ta một cái nhìn rõ ràng và chính xác hơn về vũ trụ khởi thủy, nó đã nhấc bỏ đi cái rào chắn rất cao và khai mở một kỷ nguyên mới, ở đó vũ trụ học đã trở thành một khoa học thực sự và các kịch bản đều có thể được kiểm chứng với độ rõ ràng rất cao. Những người phụ trách các nhóm nghiên cứu COBE đã được trao giải Nobel Vật lý năm 2006.

Năm 2001, một vệ tinh tiếp nối COBE mang tên WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) đã được phóng lên không gian. Vệ tinh này của NASA có thể nghiên cứu các thăng giáng nhiệt của bức xạ hóa thạch với độ chính xác và độ nhạy gấp bốn mươi lần COBE. Nhiệm vụ của nó là thống kê chính xác các thăng giáng nhiệt của bức xạ hóa thạch, lập bảng thống kê các vùng có bức xạ này nóng hơn một chút hoặc lạnh hơn một chút so với nhiệt độ trung bình của nó (2,7 độ Kelvin). WMAP đã tiết lộ cho chúng ta rất nhiều điều lý thú. Nó cho chúng ta biết rằng các vùng lạnh và nóng của ánh sáng khởi thủy được biểu hiện theo các kích thước rất đặc trưng. Chính bằng cách nghiên cứu các thăng giáng nhiệt biến thiên theo kích thước của các vùng này như thế nào mà các nhà vật lý thiên văn đã xác định được tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ, cũng như hình học của nó. Sở dĩ như vậy là vì trước năm 380.000 các sóng âm chạy được từ phần này sang phần kia của vũ trụ khởi thủy. Thực tế, trước khi tách rời nhau, vật chất và ánh sáng gắn kết mật thiết và photon không thể di chuyển mà không va chạm với các electron như những viên đạn nảy trên tường. Giống như giọng nói của chúng ta phát ra các sóng âm lan truyền trong không trung để truyền lời nói đến tai người

nghe, các thăng giáng nhỏ về mật độ của vật chất, trước năm 380.000, đã gây ra sự lan truyền các sóng âm nén và làm loãng trong món Súp khởi thủy. Các sóng nén đã nén nó lại và làm cho nó nóng lên, trong khi các sóng loãng làm cho nó loãng và lạnh đi, tạo ra một bức tranh ghép liên tục thay đổi các thăng giáng nhiệt độ. Các sóng âm của vũ trụ khởi thủy, cả âm cơ bản lẫn các họa âm của nó (tức các âm mà tần số của nó bằng hai, ba, bốn... lần tần số của âm cơ bản), đã được đồng bộ hóa. Như vậy, vũ trụ khởi thủy như một cây violon Stradivarius tinh tế ru chúng ta bằng các âm thanh du dương của nó. Cũng giống như một nhạc sỹ giàu kinh nghiệm có thể xét đoán một cách chính xác cấu trúc của một nhạc cụ bằng cách nghe âm thanh mà nó phát ra, một người yêu nhạc sành sỏi có thể phân biệt được một cây đàn do Stradivarius chế tạo với một cây đàn violon bình thường nhờ sự phong phú các họa âm cũng như chất lượng âm sắc của nó, nhà vật lý thiên văn có thể xác định được bản chất của vũ trụ, hình học và cấu tạo về khối lượng và năng lượng của nó bằng cách nghiên cứu âm cơ bản và các họa âm của vũ trụ khởi thủy.

Nhưng các nhà vật lý thiên văn không muốn dừng lại ở đó. Họ còn muốn nghiên cứu ánh sáng hóa thạch với một độ chính xác và độ nhạy ngày một cao hơn. Ngay từ lúc này đã lấp ló ở chân trời những vệ tinh tiếp nối COBE và WMAP. Năm 2009, Cơ quan Hàng không châu Âu đã phóng vệ tinh *Planck* (được đặt tên như thế để tưởng nhớ nhà vật lý nổi tiếng Max Planck, xem mục từ này). *Planck* sẽ có khả năng phát hiện các thăng giáng nhiệt độ nhỏ chỉ bằng năm phần triệu độ Kelvin và khảo sát các vùng trời có kích thước góc chỉ bằng  $0,1^\circ$  (tức một phần năm kích thước góc của Mặt trăng tròn), nghĩa là chi tiết hơn WMAP gấp mười lần.

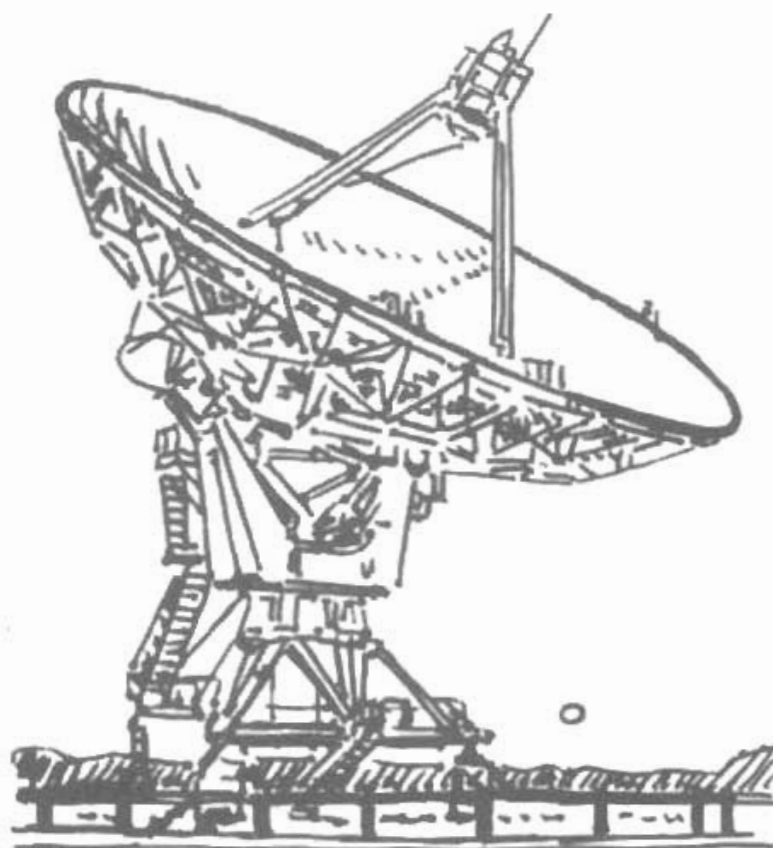
Độ chính xác và độ nhạy này sẽ cho phép các nhà vật lý thiên văn tiếp cận bằng đầy đủ các âm và họa âm của vũ trụ khởi thủy. Khi đó, anh ta sẽ có thể lựa chọn trong số rất nhiều kịch bản lạm phát với các tên gọi giàu tưởng tượng (lạm phát già, lạm phát mới, lạm phát vĩnh cửu, lạm phát hỗn độn, lạm phát phi mã, lạm phát lai, lạm phát được trợ giúp,...) hiện đang có đầy rẫy trên thị trường. Bản giao hưởng khởi thủy vẫn không ngừng làm chúng ta vui thích và tiết lộ cho chúng ta các bí mật của nó.

## Ánh sáng không nhìn thấy được

Từ khi con người ngược mắt nhìn lên bầu trời, và trong hàng thiên niên kỷ, ánh sáng nhìn thấy được là mối liên hệ chính giữa Trái đất và vũ trụ. Thế nhưng, ánh sáng mà mắt thường chúng ta nhìn thấy được này chỉ chiếm một phần nhỏ ánh sáng tạo nên cái mà các nhà vật lý gọi là “phổ điện từ”. Ánh sáng được đặc trưng bởi năng lượng của nó; theo trật tự năng lượng giảm dần thì đầu tiên là ánh sáng gamma và ánh sáng tia X, có thể xuyên qua cơ thể chúng như không; rồi đến ánh sáng cực tím, đốt cháy da ta và cơ thể gây ra ung thư; sau đó là ánh sáng nhìn thấy được quá u thân thuộc với chúng ta; rồi ánh sáng hồng ngoại mà cơ thể chúng ta liên tục phát ra cho loài chó có thể nhìn thấy chúng ta vào ban đêm, vì mắt chúng nhạy cảm với ánh sáng này; và cuối cùng là ánh sáng radio, truyền đi các chương trình phát thanh và truyền hình từ các đài phát cho tới máy thu thanh hoặc tivi nhà chúng ta. Voi bằng màu ánh sáng nói trên trong tay, thật đáng ngạc nhiên thấy rằng tự nhiên lại tự giới hạn sự thể hiện mình trong một dải ánh sáng quá hẹp, đó là ánh sáng nhìn thấy được! Mặt trời, ngôi sao của chúng ta, bức xạ chủ yếu trong vùng ánh sáng nhìn thấy được, và chọn lọc tự nhiên đã ban tặng cho chúng ta đôi mắt nhạy cảm với ánh sáng đó để tạo điều kiện dễ dàng cho sự tiến hóa của chúng ta. Nhưng vũ trụ không tuân theo sự hạn chế này và nó không chịu bó hẹp sự biểu hiện sức sáng tạo của nó bằng cách sử dụng tất cả các ánh sáng khả dĩ: các tia gamma phát lộ cái chết bùng nổ của các ngôi sao nặng, các vùng lân cận các lỗ đen phát ra một lượng khổng lồ các tia X, và các tia cực tím phát lộ các vườn trẻ sao bị vùi trong các kén bụi.

Để quan sát vũ trụ trong toàn bộ sự phong phú và sáng tạo của nó, các nhà thiên văn đã huy động cái kho tàng tài trí của mình để chế tạo ra các kính thiên văn có khả năng thu nhận các dạng ánh sáng khác nhau này, mỗi một loại kính đòi hỏi kỹ thuật khác nhau. Nhưng cũng cần phải tính đến khí quyển Trái đất, vốn chỉ cho ánh sáng nhìn thấy được và ánh sáng radio truyền qua, còn thì phong tỏa mọi thứ ánh sáng khác. Điều này thật là may cho sự sống trên Trái đất, bởi vì liều lượng thái quá của các tia gamma, tia X hay tia cực tím đến

từ Mặt trời và vũ trụ sẽ rất có hại đối với sự phát triển của chúng ta! Thực tế này đã buộc nhà thiên văn phải "đưa con mắt của mình lên các quỹ đạo", nghĩa là phóng lên không gian các kính thiên văn tia X hay hồng ngoại đặt trên các bóng thám không hoặc các vệ tinh sau cuộc chinh phục không gian bắt đầu với *Sputnik* năm 1957. Kính thiên văn không gian *Hubble* (xem mục từ này) chắc chắn là nổi tiếng nhất trong số tất cả những "con mắt được vệ tinh hóa" này hiện đang quay quanh hành tinh chúng ta.



## Ánh sáng khuếch tán của vũ trụ

Vũ trụ chứa đầy ánh sáng. Đầu tiên là ánh sáng khuếch tán của bức xạ hóa thạch (xem: *Ánh sáng hóa thạch*) choán toàn vũ trụ và đến với chúng ta từ rất xa xưa: từ thời kỳ 380.000 năm sau vụ nổ khởi thủy. Chính nó có lượng năng lượng lớn nhất so với toàn bộ ánh sáng của vũ trụ hiện nay (nhưng lượng năng lượng này nhỏ hơn rất

hiều so với lượng vật chất: chúng ta hiện đang sống trong một vũ trụ thống trị bởi vật chất). Ngoài bức xạ hóa thạch còn có các bức xạ định xứ hơn của các ngôi sao và các thiên hà làm vui mắt chúng ta trong những đêm không trăng.

Bản thân các ngôi sao và thiên hà này ban đầu cũng là các bức xạ khuếch tán khác choán đầy vũ trụ. Theo thứ tự giảm dần của tổng lượng năng lượng, thì sau bức xạ hóa thạch là bức xạ khuếch tán hồng ngoại: bức xạ này được sinh ra bởi sự nóng lên của các hạt bụi giữa các vì sao (*xem mục từ này*) dưới tác dụng của bức xạ cực tím được phát ra từ các sao nóng, nặng và sáng sinh ra trong các đợt tạo thành sao khổng lồ thuộc các thiên hà xoắn ốc và lùn bất thường. Ánh sáng cực tím này bị các hạt bụi hấp thụ. Sau đó chính các hạt bụi này sẽ phát xạ trở lại dưới dạng ánh sáng hồng ngoại. Tiếp theo là bức xạ khuếch tán nhìn thấy được và cực tím, do tập hợp các sao và các thiên hà phát ra; rồi bức xạ tia X, sinh bởi khí nóng của các đĩa lớn dẫn lên quanh các lỗ đen (*xem mục từ này*) siêu nặng sống ở tâm của các quasar và các thiên hà có nhân hoạt tính (*xem mục từ này*); sau đó là bức xạ gamma, sinh ra từ các cơn hấp hối bùng nổ dữ dội của các ngôi sao nặng. Đứng cuối hàng là bức xạ radio khuếch tán được tạo bởi toàn bộ các thiên hà, mà đặc biệt là Ngân Hà; bức xạ radio này được phát bởi các electron tự do bay lượn với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng quanh các đường sức từ cố định trong các thiên hà.

## Ánh sáng và bóng tối

Ban đêm, khi bạn bay trên bầu trời và nhìn qua cửa sổ máy bay, bạn sẽ thấy rải rác trên Trái đất ánh sáng của các thành phố và các khu đô thị lớn. Toàn bộ phần còn lại chìm trong một màu đen như mực và bạn không nhìn thấy gì hết. Bạn không phân biệt được đâu là đường biên ngăn cách các lục địa, cũng không thấy các cánh đồng xanh tươi, hay các đỉnh núi tuyết phủ, cũng không thấy các sa mạc khô cằn: cái nhìn mà bạn có về Trái đất quả là xa sự thật.



Vậy mà đó lại chính là hoàn cảnh của nhà thiên văn học. Vật chất phát sáng trong các sao và trong thiên hà chỉ chiếm 0,5% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ. Vật chất mà chúng ta được tạo ra chỉ chiếm 4% trong số đó. Toàn bộ phần còn lại chúng ta hoàn toàn chưa biết. Con người biết rằng vật chất tối ngoại lai (*xem mục từ này*) phải tồn tại, do các hiệu ứng mà nó tác dụng lên chuyển động của các ngôi sao và thiên hà, và rằng toàn bộ không gian vũ trụ tẩm trong một năng lượng tối huyền bí (*xem mục từ này*), trong chừng mực mà sự giãn nở của vũ trụ tăng tốc thay vì giảm tốc. Nhưng nhà thiên văn không thể nhìn trực tiếp các quặng vật chất tối bao quanh các thiên hà, cũng như không thấy các cấu trúc hình sợi của vật chất tối trải dài trên hàng trăm tỷ năm ánh sáng và vạch ra sự phân bố vật chất ở thang lớn của vũ trụ. Như vậy các thiên hà dẹt lên tấm toan vũ trụ không lồ cho chúng ta một cái nhìn rất không đầy đủ về thực tại.

Vật chất sáng của vũ trụ mà chúng ta thấy chỉ như cái phần nổi nhỏ của tảng băng trôi. Nhưng có một sự khác biệt rất lớn giữa một tảng băng trôi và vũ trụ: chúng ta biết rằng phần chìm của tảng băng được làm bằng băng, trong khi bản chất của vật chất tối ngoại lai và bản chất của năng lượng tối vẫn là một bài toán chưa có lời giải, và là một thách thức to lớn đối với trí tuệ con người.

Bóng và bóng tối là mặt trái không thể tránh khỏi của tâm huy chương ánh sáng. Bóng cũng là bạn đồng hành không thể tách rời của ánh sáng. Bóng và ánh sáng như âm và dương, hai lực đối cực của vũ trụ Trung Hoa. Bóng là âm, tối, lạnh và ẩm; ánh sáng là dương, sáng, nóng và khô. Chúng ta sẽ không thể hiểu được cái phát sáng nếu như không hiểu được bản chất của bóng.

Nghiên cứu bóng lại thường là chìa khóa dẫn đến các thành công vang dội trong lịch sử khoa học. Nó thường chiếu... một thứ ánh sáng mới lên bản chất của sự vật! Một trong những ví dụ nổi tiếng nhất là phép đo kích thước Trái đất của nhà thiên văn và toán học người Hy Lạp Eratosthène (276-194 tCN). Nhận ra rằng ở Syène (ngày nay là Aswan), Ai Cập, vào giữa trưa, các tia sáng Mặt trời chiếu thẳng đứng, và các vật không có bóng, trong khi ở Alexandrie, cách đó 780 km về phía Bắc, các tia sáng lại lập một góc  $7,2^\circ$  so với đường thẳng đứng và mọi vật đều có bóng, Eratosthène đã đi đến

kết luận rằng Trái đất không thể là phẳng, mà phải là tròn. Bằng một phép tính lượng giác đơn giản ông đã tính được bán kính của Trái đất. Giá trị mà ông thu được cách đây hơn hai mươi thế kỷ chỉ khác 1% giá trị hiện nay (6.378 km) do các vệ tinh đặt trên quỹ đạo quanh hành tinh chung ta đo được: một tính toán cực kỳ xuất sắc!

Cũng giống như Eratosthène đã đo được kích thước của Trái đất chỉ dựa trên các phép đo bóng đơn giản ở một vùng nhỏ của hành tinh, nhà vật lý thiên văn cũng có thể giải mã được lịch sử hình thành của các thiên hà và tiên đoán tương lai của vũ trụ bằng cách hiểu bản chất của bóng tối.

## Ánh sáng vũ trụ và vật lý thiên văn

Ánh sáng vũ trụ là bạn đồng hành của nhà vật lý thiên văn. Trong công việc của mình, anh ta liên tục tiếp xúc với nó. Chính ánh sáng là phương tiện đặc ân của anh ta để giao tiếp với vũ trụ. Các hạt năng lượng cao phát ra từ các cơn hấp hối bùng nổ của các ngôi sao nặng, mà người ta gọi là các "tia vũ trụ", hay các sóng hấp dẫn (*xem mục từ này*), những làn sóng của độ cong không gian được sinh ra bởi sự co sập của lõi một ngôi sao nặng để trở thành nơi giam giữ ánh sáng - lỗ đen, hay những vũ điệu quay cuồng của một cặp lỗ đen lượn quanh nhau, tất cả đều mang lại cho chúng ta rất nhiều thông tin về không gian xa xôi. Nhưng không phải các tia vũ trụ, cũng không phải các sóng hấp dẫn là các sứ giả chính của vũ trụ. Chính ánh sáng đóng vai trò này.

Trên thực tế, không có gì phải nghi ngờ rằng chính nhờ sự phục vụ tốt và tận tụy của ánh sáng mà chúng ta có phần lớn các thông tin về vũ trụ. Đó là sứ giả tuyệt vời nhất của vũ trụ. Chính ánh sáng cho phép chúng ta giao tiếp và kết nối với vũ trụ. Chính ánh sáng đã tải về cho chúng ta các đoạn nhạc và các nốt rơi rạc của cái giai điệu bí ẩn của vũ trụ mà từ đó con người miệt mài tái dựng lại toàn bộ vẻ đẹp rực rỡ của nó.

Ánh sáng đóng vai trò sứ giả vũ trụ nhờ ba tính chất cơ bản mà các bà tiên đã ban tặng cho nó ngay khi chào đời: 1) nó không lan truyền tức thì, mà phải mất một khoảng thời gian nhất định mới đến được chúng ta; 2) nó tương tác với vật chất; 3) nó thay đổi màu sắc khi được phát bởi một nguồn sáng chuyển động so với người quan sát.

Bởi vì sự lan truyền của ánh sáng là không tức thì, nên chúng ta luôn nhìn thấy vũ trụ với một độ trễ nhất định, và chính độ trễ này cho phép chúng ta lần ngược dòng thời gian, khám phá quá khứ của vũ trụ, tái tạo ban sơ thi lộng lẫy và kỳ diệu của vũ trụ từ khoảng 14 tỷ năm trước dẫn đến chúng ta. Ngay cả khi ánh sáng di chuyển với vận tốc lớn nhất có thể trong vũ trụ - 300.000 km/s: chỉ một tích tắc thôi là ánh sáng đã đi được bảy vòng quanh Trái đất! - thì ở thang vũ trụ nó cũng chỉ như rùa bò. Bởi vì nhìn được xa, nghĩa là nhìn được sớm - chúng ta nhìn thấy Mặt trăng chậm hơn một giây, Mặt trời sau tám phút, ngôi sao gần nhất hơn bốn năm, thiên hà gần nhất tương tự như Ngân Hà, tức thiên hà Tiên nữ, sau 2,3 triệu năm (ánh sáng của thiên hà Tiên nữ đến với chúng ta ngày nay đã xuất phát từ khi con người đầu tiên bước đi trên Trái đất), các quasar xa nhất gần 12 tỷ năm -, nên các kính thiên văn, các giáo đường của thời hiện đại đón nhận ánh sáng từ rất xa, là những cỗ máy lần ngược thời gian thực sự. Các nhà thiên văn đang miệt mài chế tạo các kính thiên văn không lỗ kế tục các kính thiên văn hiện nay để thu lượm được nhiều hơn nữa ánh sáng, nhìn được các thiên thể mờ hơn nữa, và như vậy sẽ nhìn được xa hơn và sớm hơn, và có thể lần ngược thời gian đến khoảng 13 tỷ năm, cho tới tận năm 1 tỷ sau Big Bang, với hy vọng được chiêm ngưỡng trực tiếp sự ra đời của các ngôi sao và thiên hà đầu tiên. Bằng cách khám phá quá khứ của vũ trụ, các nhà vật lý thiên văn có thể hiểu được hiện tại và tiên đoán tương lai của nó.

Nếu ánh sáng cho phép chúng ta lần ngược quá khứ do thực tế là nó phải mất một khoảng thời gian để đến được chúng ta, thì cũng có nghĩa là nó đang che giấu một mặt mã vũ trụ, mà một khi giải mã được, sẽ cho phép chúng ta tiếp cận được bí mật cấu tạo hóa học của các ngôi sao và các thiên hà, cũng như bí mật về sự chuyển động của chúng. Sở dĩ như vậy là vì ánh sáng tương tác với các nguyên tử cấu thành vật chất nhìn thấy được của vũ trụ. Ánh sáng trên thực tế chỉ

tế chỉ nhìn thấy được nếu nó tương tác với một vật; tư bản thân nó, ánh sáng không nhìn thấy được. Để ánh sáng biểu hiện được, thì đường đi của nó phải bị chặn bởi một đối tượng vật chất, đó có thể là một cánh hoa hồng, các chất màu trên bang mau của họa sỹ, là chiếc gương của kính thiên văn hay võng mạc của mắt chúng ta. Tùy theo cấu trúc nguyên tử của vật chất mà ánh sáng tiếp xúc, ánh sáng bị hấp thụ theo những năng lượng rất chính xác. Tới mức nếu chúng ta thu được phổ ánh sáng của một ngôi sao hay một thiên hà - nói cách khác, nếu chúng ta phân tách nó bằng một lăng kính thành các thành phần năng lượng hay màu sắc khác nhau của nó - thì chúng ta sẽ khám phá ra rằng phổ này không liên tục, mà bị bầm thành nhiều vạch hấp thụ ứng với các năng lượng đã bị hấp thụ bởi các nguyên tử. Sự phân bố của các vạch này không phải ngẫu nhiên, mà là phản ánh trung thành sự sắp xếp quỹ đạo của các electron trong các nguyên tử vật chất. Sự sắp xếp này là duy nhất đối với mỗi nguyên tố. Nó tạo thành một loại dấu vân tay, một dạng thẻ căn cước của mỗi nguyên tố hóa học cho phép nhà vật lý thiên văn nhận dạng được nó một cách chắc chắn.

Như vậy, ánh sáng tiết lộ cho chúng ta cấu tạo hóa học của vũ trụ. Tuy nhiên, năm 1844, một triết gia thực chứng tên là Auguste Comte (1798-1857) đã viết trong cuốn *Triết luận về thiên văn học đại chúng*: "Vì chúng ta chỉ tiếp cận được các thiên thể bằng thị giác, nên rõ ràng là, ở khía cạnh đầu tiên, sự tồn tại của chúng chắc chắn là khiêm khuyết hơn bất cứ thứ gì khác, và như vậy chỉ có thể cho phép đánh giá một cách đứt khoát đối với các hiện tượng đơn giản nhất và chung nhất, những thứ duy nhất có thể quy về sự khám phá thị giác từ xa. Như vậy, đối với các thiên thể, sự hạn chế không tránh khỏi vừa nói ở trên cấm chúng ta không chỉ mọi tư biện hữu cơ, mà cả các tư biện vô cơ xuất sắc nhất liên quan đến bản chất hóa học hay thậm chí cả vật lý của chúng." Nhưng triết gia người Pháp này đã hoàn toàn nhầm. Ông đã không thể biết rằng, chưa đầy 50 năm sau khi ông viết những dòng này, sự gián đoạn đã được phát lộ ra ở trong lòng vật chất và trong ánh sáng của các thiên thể. Ông không thể hình dung được rằng, chính nhờ sự gián đoạn này mà ánh sáng sao chứa đựng một mã vũ trụ và nhà thiên văn chỉ cần bắt ánh sáng này và phân tách chúng thành các thành phần năng lượng khác nhau là có

thể giải được mật mã và đọc được trong các quang phổ bản chất hóa học của các thiên thể mà họ không thể tiếp cận được.

Ánh sáng còn cho phép nhà thiên văn nghiên cứu chuyển động của các thiên thể. Vì không có gì là bất động trong bầu trời. Mọi thứ trong vũ trụ chỉ là vô thường, luôn luôn thay đổi và biến đổi. Lực hấp dẫn làm cho tất cả các cấu trúc của vũ trụ, sao, thiên hà, đám thiên hà, hút nhau và “rơi” về phía nhau. Các chuyển động rơi này thêm vào chuyển động dẫn nờ chung của vũ trụ. Trên thực tế Trái đất tham gia vào một vũ điệu vũ trụ không lồ (xem mục từ này).

Sở dĩ chúng ta không thể cảm nhận được sự náo động kinh hoàng này bởi vì các thiên thể ở quá xa nhau, và cuộc sống con người là quá ngắn ngủi. Một lần nữa ánh sáng lại tiết lộ cho chúng ta sự vô thường này của vũ trụ. Nó thay đổi màu sắc khi nguồn sáng chuyển động so với người quan sát. Nó dịch về phía đỏ (các vạch hấp thụ dịch về phía các năng lượng yếu hơn) nếu vật rời xa, và về phía xanh (các vạch hấp thụ dịch về phía các năng lượng cao hơn) nếu vật xích lại gần. Bằng cách đo các độ dịch chuyển về phía đỏ hay về phía xanh này mà nhà thiên văn có thể tái lập lại các chuyển động của vũ trụ.

## Ảo tượng của khí quyển Trái đất

Khi ánh sáng thay đổi môi trường, như khi đi từ không khí vào nước, chẳng hạn, thì quỹ đạo của nó bị lệch, người ta gọi đó là “sự khúc xạ”. Góc lệch của ánh sáng phụ thuộc vào màu của nó, vào bản chất của các nguyên tử và phân tử không khí, cũng như mật độ của nó. Do hiện tượng này, khí quyển Trái đất mang lại cho chúng ta các trò ảo thuật quang học đầy kinh ngạc.

Chẳng hạn, bạn có biết rằng chúng ta nhìn Mặt trời, Mặt trăng và các vì sao luôn cao hơn một ít trong bầu trời so với vị trí thực của chúng không? Khi chúng ta ngắm một cảnh hoàng hôn đỏ rực ở chân trời đại dương và phần dưới của Mặt trời dường như vừa chạm vào mặt nước, thì trên thực tế nó đã nằm hoàn toàn dưới chân trời rồi! Sở

đĩ như vậy là vì, trong không khí khô, góc khúc xạ từ mặt nằm ngang của ánh sáng vàng, đối với một người quan sát đứng ở ngang mực nước biển, là 39 phút góc, trong khi toàn bộ đĩa Mặt trời chỉ trưng một góc là 30 phút góc (hay một nửa độ). Mặt trời mà chúng ta nhìn thấy ngay trên chân trời trước khi biến mất nhường chỗ cho đêm xuống như vậy chỉ là một ảo tượng! Chúng ta có thể giải thích hiện tượng này bằng cách đo thời gian chuyển động của Mặt trời qua bầu trời. Chuyển động này có vẻ như chậm lại khi Mặt trời xuống gần chân trời. Tuy nhiên, Mặt trời phải di chuyển với chính xác cùng một vận tốc trong chừng mực mà chuyển động biểu kiến của Mặt trời trên bầu trời không phải do Mặt trời chuyển động, mà do chuyển động quay của Trái đất. Nhưng chuyển động quay của Trái đất là không đổi<sup>1</sup>. Chuyển động của Mặt trời có vẻ như chậm lại là do sự khúc xạ khí quyển. Sự khúc xạ này trở nên lớn hơn khi Mặt trời xuống thấp về phía chân trời, vì ánh sáng phải xuyên qua một lớp không khí đặc hơn. Sự khúc xạ gia tăng này bẻ cong nhiều hơn các tia sáng Mặt trời và tạo cảm giác rằng thiên thể của chúng ta đi chậm hơn khi ở trên đường chân trời nhưng thực ra không phải như vậy.

### ***Một Mặt trời bị dẹt và biến dạng***

Bạn đã bao giờ nhận thấy rằng ở một vài độ trên chân trời, Mặt trời và Mặt trăng tròn nhìn không còn tròn nữa, mà dẹt đi đáng kể không? Cũng vẫn là một trò ảo thuật quang học mà sự khúc xạ ánh sáng đùa giỡn chúng ta. Không khí trở nên đặc hơn ở những nơi thấp, do sức nặng của các lớp bên trên nên nó xuống. Vậy mà Mặt trời, như chúng ta đã thấy, có đường kính góc là 30 phút, điều này có nghĩa là ánh sáng đến từ Mặt trời phải xuyên qua một không khí đặc hơn so với ánh sáng đến từ trên cao, và như vậy bị lệch hướng nhiều

---

<sup>1</sup> Thực ra, chuyển động quay của Trái đất không hoàn toàn là không đổi xét trong các khoảng thời gian dài. Mặt trăng tác động một lực hãm chuyển động quay của Trái đất thông qua thủy triều của các đại dương do chính mình gây ra. Sự chậm lại này là rất nhỏ, cỡ 0,002 giây mỗi một thế kỷ. Xem Trịnh Xuân Thuận, *Hỗn độn và Hải hòa*, Phạm Văn Thiều và Nguyễn Thanh Dương dịch, Nxb Khoa học & Kỹ thuật, và mục từ "Mặt trăng hãm chuyển động quay của Trái đất"

hơn. Như vậy phần dưới của Mặt trời bị dịch lên phía trên nhiều hơn so với phần trên, làm cho nó có hình dạng bị dẹt đi. Sự dẹt đi này cũng đồng thời phụ thuộc vào độ cao của người quan sát, của vị trí của Mặt trời và các dao động nhiệt độ của khí quyển (một không khí nóng sẽ loãng hơn). Trong các điều kiện nhiệt độ bình thường với một bầu trời trong, sự dẹt đi của Mặt trời là cỡ 20% (tỷ lệ của các trục là 0,8 đến 1). Nó sẽ lớn hơn nếu nhìn từ trên đỉnh núi, do lượng không khí bổ sung mà ánh sáng phải xuyên qua để từ chân trời đến tới người quan sát, điều này làm tăng sự khúc xạ của ánh sáng Mặt trời. Sự dẹt đi của Mặt trời khi đó còn có thể lên đến 40% (tỷ lệ các trục là từ 0,6 đến 1).

Như vậy, ở gần chân trời, không chỉ Mặt trời trông cao hơn trong bầu trời, mà nó còn có vẻ dẹt hơn. Trong các hoàn cảnh đặc biệt, hình ảnh của Mặt trời có thể thậm chí còn bị biến dạng và cắt thành đoạn. Hình dạng bất thường này cũng lại do sự khúc xạ ánh sáng bất ngờ của khí quyển. Nó được thể hiện khi khí quyển không đồng nhất, mà có các biến thiên cục bộ và bị phân tầng theo mật độ ở các khu vực thấp, hay các dao động nhiệt độ bất thường, chẳng hạn khi không khí nóng bay lên trên không khí lạnh, trong khi nhiệt độ của không khí thường giảm tỷ lệ nghịch với độ cao.

### ***Ảo tượng hay hiện thực không ở nơi người ta chờ đợi***

Tất cả các hiện tượng ảo tượng - một vũng nước lấp lánh trên đường và biến mất khi xe của chúng ta sắp lại gần, một ốc đảo xung quanh là các cây cọ giữa sa mạc nơi khách bộ hành khát khô hy vọng được giải khát nhưng lại biến mất trong nỗi thất vọng vô bờ khi anh ta đi đến đó, những dãy núi như treo lơ lửng trong không trung hay các lâu đài lơ lửng trong bầu trời - đều là những kết quả của sự khúc xạ ánh sáng với khí quyển.

Một ảo tượng không gì khác chính là hình ảnh được khúc xạ của một vật gì đó tồn tại thực nhưng trên thực tế lại không ở nơi người ta nhìn thấy nó: cũng giống như ảo tượng của Mặt trời ở trên chân trời trong khi thực tế nó đã nằm ở bên dưới. Các ảo tượng xuất hiện ở những nơi thường có sự chồng chập của các lớp không khí có nhiệt độ khác nhau: trong sa mạc, trên các dải băng ở địa cực hay trên



đường ô tô nơi nhựa đường bị Mặt trời thiêu đốt làm nóng không khí lạnh bên trên. Nếu đề ý, chúng ta thậm chí có thể ngạc nhiên về những ảo tượng trên một nóc xe hơi, vào một ngày trời nóng, hay thậm chí gần một lò nướng bánh mì! Những chênh lệch về nhiệt độ của không khí gây ra các chênh lệch về mật độ (không khí nóng loãng hơn, không khí lạnh đặc hơn) và như vậy các chênh lệch về chiết suất làm cho quỹ đạo của ánh sáng bị bẻ cong, tạo ra các ảo tượng, biết bao hứa hẹn nhưng không bao giờ trở thành hiện thực!

## **Ảo tượng hấp dẫn**

*Xem:* Thấu kính hấp dẫn

## **Ảo tượng Trái đất**

*Xem:* Khúc xạ ánh sáng

## **Aristotle**

Ngoài các công trình về siêu hình học và logic học, về khoa học chính trị, thơ ca, hùng biện hay đạo đức học, triết gia Hy Lạp Aristotle (384-322 tCN) cũng còn quan tâm đến vũ trụ học. Các lý thuyết của ông về vũ trụ đã có những ảnh hưởng to lớn trong lịch sử các tư tưởng và đã thắng thế trong khoảng hai mươi thế kỷ, cho tới khi khoa học hiện đại lên ngôi ở thời Phục hưng.

Để xây dựng mô hình vũ trụ của mình, Aristotle đã lấy lại một số ý tưởng của các bậc tiền bối, như nhà toán học Pythagore (570-480 tCN), triết gia Platon (427-347 tCN) và nhà thiên văn Eudoxe (406-355 tCN). Theo Pythagore, các số là nguyên lý và là nguồn gốc của vạn vật, là phản ánh của sự hoàn hảo thần thánh. Vũ trụ được chi phối bằng các định luật toán học và các con số. Nhà toán học đã mang lại

cho Trái đất, vốn trước đó được coi là dẹt, một hình dạng toán học hoàn hảo nhất, dạng hình cầu. Platon đã lấy lại một số ý tưởng của Pythagore để xây dựng một vũ trụ mới. Trái đất vẫn giữ dạng hình cầu hoàn hảo của nó. Chuyển động của các thiên thể cũng vẫn giữ nguyên tính tròn hoàn hảo của chúng. Đó là những chuyển động đều. Trời được gắn với thần thánh nên cũng phải hoàn hảo, và sự hoàn hảo của trời đòi hỏi sự hoàn hảo của các hình dạng và các chuyển động. Chẳng hạn, những chuyển động trên trời phải tuyệt đối là tròn và đều. Vũ trụ theo cách hiểu của Platon được cấu thành bởi hai mặt cầu: mặt cầu Trái đất, bất động ở tâm của một mặt cầu khổng lồ ở bên ngoài chứa các hành tinh và sao. Mặt cầu lớn này chuyển động quay hằng ngày để giải thích chuyển động của các thiên thể. Eudoxe là người đầu tiên xây dựng một vũ trụ khoa học. Ông đã biến vũ trụ hai mặt cầu của Platon thành một vũ trụ có rất nhiều mặt cầu. Ngoài Trái đất bất động ở tâm và mặt cầu của các ngôi sao xác định giới hạn của vũ trụ ra, ông còn đưa thêm vào các mặt cầu đồng tâm dành cho mỗi hành tinh.

Aristotle đã truyền cho vũ trụ nhiều mặt cầu của Eudoxe một chiều kích vừa vật lý hơn vừa tâm linh hơn. Ông đã chia vũ trụ ra làm hai, mặt cầu chứa Mặt trăng được dùng làm mốc phân chia ranh giới. Trái đất và Mặt trăng thuộc thế giới luôn thay đổi và không hoàn hảo, ở đó ngự trị sự sống, sự hao mòn và cái chết. Theo Aristotle, thế giới này được cấu thành từ bốn yếu tố cơ bản là đất, nước, không khí và lửa, với chuyển động tự nhiên là theo phương thẳng đứng. Vạn vật di chuyển theo đường thẳng, từ cao xuống thấp hoặc từ thấp lên cao. Không khí và lửa bay lên trời, trong khi đất và nước rơi xuống mặt đất. Vì ở đây chuyển động tròn là không được phép, nên Trái đất là bất động và không quay quanh nó. Ngược lại, thế giới hoàn hảo, thế giới của các hành tinh khác, của Mặt trời và các vì sao là bất biến và vĩnh hằng. Được cấu thành từ ête, chuyển động tự nhiên của thế giới này là chuyển động quay xung quanh Trái đất, và điều này đã giải thích được chuyển động quay vĩnh cửu của các tinh cầu chứa các hành tinh. Trong vũ trụ hoàn hảo này, sự không hoàn hảo của trời, như sao chổi - các thiên thể có đuôi dài xuất hiện lẻ tẻ - chỉ có thể thuộc về thế giới không hoàn hảo: Aristotle coi chúng là các rối loạn xảy ra trong khí quyển Trái đất.



Vũ trụ của Aristotle đã đạt đến cực thịnh sáu thế kỷ sau với nhà thiên văn học Ptolemy (90-168), người đã xây dựng một vũ trụ địa tâm được chấp nhận hoàn toàn trong suốt mười lăm thế kỷ, mãi cho tới khi, vào năm 1543, linh mục phụ tá người Ba Lan là Nicolas Copernicus cuối cùng đã phê truất Trái đất ra khỏi vị trí trung tâm của nó trong vũ trụ. Bằng cách đưa ra định luật Vạn vật hấp dẫn vào năm 1687, định luật gắn kết chuyển động rơi của một quả táo với chuyển động của Mặt trăng xung quanh Trái đất, Isaac Newton đã xóa sạch mọi sự phân biệt giữa trời và đất của Aristotle.

Aristotle cũng đã quan tâm đến sinh học. Tư tưởng của ông là “vạn vật hữu linh”: tất cả các dạng của sự sống - con người, các động vật và cây cối - đều có một thể thống nhất với thể xác và truyền sự sống cho thể xác. Triết gia này cho rằng tồn tại một “kế hoạch” đã có từ trước cho sự phát triển của một cơ thể sống, kế hoạch này sẽ dẫn dắt hành trạng của nó đến một mục đích đã được xác định từ trước. Quan niệm mang tính “mục đích luận” này có nghĩa là tất cả các sinh vật đều hướng đến một mục đích cuối cùng. Bản thân vũ trụ cũng là một cơ thể không lồ tiến hóa theo một kế hoạch vũ trụ lớn tiến đến một mục đích đã được tiên định. Như vậy Aristotle đã giải thích hành trạng của một hệ tự nhiên không phải bằng các định luật, mà

bằng mục đích cuối cùng. Theo ông, cũng giống như các sinh vật, các hệ tự nhiên cũng hành xử theo cách để thực hiện một mục đích. Ông đã xây dựng một hệ thống công phu quan hệ nhân quả bằng cách phân biệt bốn loại nguyên nhân khác nhau: nguyên nhân vật chất, nguyên nhân hình thức, nguyên nhân hiệu quả và nguyên nhân có tính mục đích. Chẳng hạn, với câu hỏi "Tại sao trời mưa?", nhà triết học Hy Lạp không trả lời đơn giản rằng mưa rơi bởi vì không khí, khi lạnh đi, làm cho hơi nước có trong khí quyển ngưng tụ, sau đó, do trọng lực của mình, các giọt nước rơi xuống bề mặt Trái đất, như một nhà khí tượng học ngày nay thường giải thích. Trong ví dụ này, ông phân biệt giữa nguyên nhân vật chất là các giọt nước mưa được tạo thành, nguyên nhân hiệu quả làm cho hơi nước ngưng tụ thành các giọt nước, và nguyên nhân hình thức làm cho các giọt nước mưa rơi xuống bề mặt Trái đất. Nhưng, thay vì viện đến lực hấp dẫn của Trái đất để giải thích tại sao mưa rơi, Aristotle viện đến một nguyên nhân có tính mục đích: các giọt nước mưa rơi xuống Trái đất là bởi vì cây cối và động vật cần nước để sống và sinh trưởng...

Thật lạ là tại sao Aristotle lại không gắn cho não cái linh hồn đã thổi sự sống vào thể xác. Theo ông, não chỉ có chức năng điều chỉnh nhiệt độ của cơ thể! Cơ quan mà linh hồn gắn vào là trái tim. Điều này ngược với quan niệm của Platon, người đã gắn linh hồn với bộ não. Não có dạng là một khối cầu, một hình dạng hoàn hảo về mặt hình học, và như vậy được chỉ định để làm nơi trú ngụ cho linh hồn.

Ngày nay, vẫn còn thấy trong nền văn hóa của chúng ta những tiếng vọng của hai quan điểm này. Chúng ta gắn - chỉ ít là một cách ẩn dụ - những cảm xúc của chúng ta với trái tim. Một câu chuyện tình đang dở làm chúng ta "đau lòng". Tình cảm yêu đương thường được biểu diễn bằng một trái tim bị mũi tên của thần Cupidon bắn xuyên qua. Ngược lại, ngay khi đề cập đến các khả năng tinh thần hay trí tuệ, chúng ta thường gắn chúng với não. "Đúng là một bộ não", chúng ta thường ngưỡng mộ nói như vậy về một sinh viên đã đỗ xuất sắc trong một kỳ thi khó.

## Âm thanh khởi thủy của vũ trụ

Ánh sáng hóa thạch (xem mục từ này) của vũ trụ là nhiệt còn sót lại từ ngọn lửa khởi thủy. Nó đã được phát ra khi vũ trụ mới chỉ được 380.000 năm tuổi, khi mà màn sương mù khởi thủy bị xua tan và khi vũ trụ trở nên trong suốt. Như vậy, hình ảnh về vũ trụ mà ánh sáng hóa thạch cung cấp cho chúng ta là xa xưa nhất về thời gian mà chúng ta có thể thu được bằng kính thiên văn.

Các nhà vật lý thiên văn liên tục miệt mài dò tìm bức xạ hóa thạch từ khi người ta phát hiện ra nó vào năm 1965. Họ biết rằng bức xạ hóa thạch nắm giữ chìa khóa bí mật của vũ trụ khởi thủy và các bí mật của sự tạo dựng nên kiến trúc của vũ trụ (xem: *Kiến trúc của vũ trụ*). Câu hỏi đáng giá ngàn vàng ở đây là: Bằng cách nào, sau quá trình tiến hóa của vũ trụ khoảng 14 tỷ năm, vũ trụ lại có thể chuyển từ một trạng thái cực kỳ đồng nhất ở năm 380.000 sau Big Bang - ở đó, theo các quan sát của vệ tinh COBE, nhiệt độ của bức xạ hóa thạch chỉ thăng giáng vài phần trăm nghìn độ Kelvin quanh một nhiệt độ trung bình là 2,7 độ Kelvin (tức  $-270^{\circ}\text{C}$ ) - sang tâm thẳm kỳ diệu và hùng vĩ vũ trụ được dệt bởi hàng trăm tỷ thiên hà trong vũ trụ quan sát được ngày nay?

Năm 2001, vệ tinh kế nhiệm COBE mang tên WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*) đã được phóng lên không gian. Vệ tinh này của NASA, bay quanh Mặt trời cách Trái đất khoảng 1,5 triệu km, có nhiệm vụ lập một thông kê chính xác các thăng giáng nhiệt của bức xạ hóa thạch chi tiết hơn và nhạy hơn COBE khoảng bốn mươi lần. Sau vài năm quan sát, WMAP đã tiết lộ rất nhiều kỳ thú.

Chẳng hạn, WMAP cho chúng ta biết rằng các vùng lạnh và nóng của ánh sáng khởi thủy được biểu hiện bằng các kích thước rất đặc trưng. Chính bằng cách nghiên cứu các thăng giáng nhiệt độ biến thiên như thế nào theo kích thước của các vùng này mà các nhà vật lý thiên văn thậm chí có thể xác định được tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ, cũng như hình học của nó. Sờ dĩ như vậy là do thực tế là, trước năm 380.000, các sóng âm có thể lan truyền khắp vũ trụ khởi thủy từ đầu này sang đầu kia. Trên thực tế, trước khi tách rời nhau, vật chất và ánh sáng là một cặp gắn bó với nhau

mật thiết và các photon đi đâu cũng va phải electron giống như viên đạn bật lại khi va vào tường. Cũng giống như giọng nói của chúng ta phát ra các sóng âm lan truyền trong không gian để truyền lời nói của chúng ta đến người đối thoại, trước năm 380.000, các thăng giáng nhỏ về mật độ vật chất (xem: *Hạt giống thiên hà*) cũng gây ra sự lan truyền các sóng âm nén và dãn trong món xúp nguyên thủy. Các sóng nén nén nó lại, làm cho nó nóng lên, trong khi sóng dãn làm loãng nó ra và lạnh đi, tạo ra một bức tranh ghép liên tục thay đổi của các thăng giáng nhiệt độ. Bởi vì các biến thiên mật độ là các thăng giáng lượng tử thực tế được khuếch đại ở đúng thời điểm lạm phát (xem mục từ này), nên các sóng âm của vũ trụ khởi thủy - kể cả âm cơ bản lẫn các họa âm của nó (tức các âm có tần số bằng hai, ba, bốn... lần tần số của âm cơ bản) - đều được đồng bộ hóa. Vũ trụ khởi thủy như cây đàn violon tinh tế của Stradivarius ru chúng ta bằng các âm điệu du dương của nó. Cũng hết như một nhạc sỹ giàu kinh nghiệm có khả năng thẩm định chất lượng mà một dụng cụ âm nhạc mang lại khi nghe âm thanh mà nó phát ra, một người mê nhạc sành sỏi cũng có thể phân biệt một cây đàn của Stradivarius với một cây đàn violon bình thường theo sự phong phú các họa âm và chất lượng âm sắc của nó, nhà vật lý thiên văn có thể phân định được bản chất của vũ trụ, hình học và cấu tạo của nó về khối lượng và năng lượng bằng cách nghiên cứu âm cơ bản và các họa âm của vũ trụ khởi thủy.

Phân tích các âm cơ bản của vũ trụ thông qua các thăng giáng nhiệt được quan sát bởi WMAP dường như khẳng định rằng vũ trụ trong quá khứ đã có một pha dãn nở lạm phát và rằng hình học của nó là phẳng (mật độ vật chất và năng lượng của nó bằng  $10^{-31}$  g/cm<sup>3</sup>). Nhưng các nhà vật lý thiên văn vẫn chưa thỏa mãn với các kết quả này. Họ muốn nghiên cứu ánh sáng hóa thạch với độ chính xác và độ nhạy cao hơn. Ngay từ bây giờ đã có sẵn ở chân trời các vệ tinh kế nhiệm COBE và WMAP. Năm 2009, Cơ quan Hàng không Vũ trụ châu Âu đã phóng vệ tinh *Planck* (được đặt tên như vậy để vinh danh nhà vật lý Max Planck, xem mục từ này) lên cùng quỹ đạo với WMAP. *Planck* có khả năng dò các thăng giáng nhiệt nhỏ cỡ 5 phần triệu độ Kelvin, và khảo sát các vùng trời có kích thước góc chỉ bằng 0,1° (một phần năm kích thước góc của Mặt trăng tròn), tức là chi tiết hơn



mười lần so với *WMAP*. Độ chính xác và độ nhạy gia tăng này sẽ cho phép các nhà vật lý thiên văn tiếp cận được bộ sưu tập đầy đủ các âm và họa âm của vũ trụ khởi thủy.

Khi đó sẽ có thể lựa chọn trong vô số các kịch bản lạm phát đều đề cập đến một thời kỳ rất ngắn ngủi dẫn nò theo hàm mũ trong quá khứ của vũ trụ, nhưng khác nhau về hình dạng và bản chất của trường các inflaton, các hạt gây ra lạm phát. Bàn giao hường khởi thủy vẫn chưa chịu tiết lộ hết cho chúng ta các bí mật của nó!

**B**

## Bẩm sinh và kinh nghiệm của các thiên hà

Cũng như con người, các thiên hà được tạo nên từ bẩm sinh và kinh nghiệm. Bẩm sinh là cái đã được trao cho ta ngay từ khi chào đời; đó là hành trang di truyền có được từ cha mẹ chúng ta và được ghi sẵn trong các chuỗi xoắn kép ADN chẳng chít của chúng ta. Kinh nghiệm là tất cả các ảnh hưởng đã nhào nặn nên tinh thần và thể giới quan của chúng ta; đó là những tương tác với môi trường, với cha mẹ, bạn bè, thầy cô giáo, hoặc kẻ thù của chúng ta, cũng như với các tác phẩm của các nhà văn, các triết gia, các nhà tu tưởng và tôn giáo, những thứ có ảnh hưởng đến cách nghĩ, cách nhìn nhận thế giới và cách ứng xử của chúng ta. Tương tự như vậy, đối với các thiên hà, bẩm sinh là các tính chất bắt nguồn từ quá trình hình thành của chúng, còn kinh nghiệm là các tính chất mà chúng có được thông qua những tương tác của chúng với môi trường.

Các tính chất bẩm sinh của mỗi thiên hà phụ thuộc vào hiệu quả chuyển hóa trơ lượng khí của nó thành sao. Đối với các phôi thiên hà đặc nhất, lực hấp dẫn không gặp khó khăn gì để nén khí, làm cho nó nóng lên vượt qua ngưỡng 10 triệu độ, để khởi phát các phản ứng hạt nhân và tổng hợp hydro thành heli. Các khối cầu khí phát sáng và trở thành sao. Hiệu quả lớn tới mức toàn bộ khí được chuyển hóa thành các sao trong một khoảng thời gian chỉ vài trăm triệu đến một tỷ năm, và phôi thiên hà trở thành một thiên hà elip. Khi đó sẽ không còn khí để tạo thành một đĩa hay các thể hệ sao tương lai nữa. Đối với các phôi nhẹ hơn, việc chuyển hóa khí thành sao không hiệu quả bằng. Chúng chỉ chuyển hóa được khoảng 4/5 lượng khí của mình thành sao, 1/5 còn lại phân bố trong một đĩa ở đó khí sẽ tiếp tục được chuyển hóa chậm hơn thành các sao trong nhiều tỷ năm tiếp theo. Chính những ngôi sao thuộc các thể hệ tương lai này sẽ vẽ nên những bức tranh lộng lẫy của các cấu trúc xoắn hết sức đẹp mắt. Phôi thiên hà trở thành một thiên hà xoắn. Ngân Hà của chúng ta là một

ví dụ. Cuối cùng, các phôi nhẹ nhất và nhỏ nhất chỉ chuyển hóa một phần nhỏ (một nửa hoặc ít hơn) lượng khí của mình thành sao. Chính những thiên hà lùn bất thường này sẽ thống trị về số lượng dân số các thiên hà. Như vậy, các tính chất bẩm sinh của thiên hà phụ thuộc chủ yếu vào mật độ ban đầu của chúng.

Sau khi hình thành, các thiên hà không giữ mãi bản sắc và các tính chất "di truyền" đã được trao cho ngay khi chào đời. Chúng có thể biến đổi một cách căn bản khi tương tác với môi trường: đó là "kinh nghiệm" của chúng. Trên thực tế, các thiên hà không sống riêng rẽ mà được lực hấp dẫn khuyến khích, chúng có bản năng quần cư và thích gắn kết với nhau thành cụm và đám. Trong những khu vực dày đặc các đám, khoảng cách trung bình giữa hai thiên hà cạnh nhau chỉ là một triệu năm ánh sáng, tức là gấp 10 lần kích thước của một thiên hà. Trong những vùng thưa thớt hơn, khoảng cách trung bình giữa các thiên hà là khoảng 5 triệu năm ánh sáng, tức là gấp 50 lần kích thước của một thiên hà. Để so sánh, khoảng cách trung bình giữa hai ngôi sao trong một thiên hà (vài năm ánh sáng) lớn hơn hàng triệu lần so với kích thước của chúng. Như vậy có nhiều không gian giữa các ngôi sao trong một thiên hà hơn giữa các thiên hà của một cụm hay đám. Do sự đông đúc này, và do các thiên hà không đứng yên mà chuyển động với nhau, nên tai nạn giao thông là khó tránh khỏi và các vụ va chạm giữa các hệ thiên hà là tất yếu. Trong một đám thiên hà, các tai nạn vũ trụ diễn ra trung bình cứ mỗi 100 triệu đến 1 tỷ năm một lần. Trong đa số các trường hợp, thiệt hại do tai nạn giao thông thiên hà chỉ dừng lại ở việc mất các ngôi sao, cùng với khí và bụi. Toàn bộ thế giới xinh đẹp này bị kéo ra phần ngoài của các thiên hà va chạm nhau bằng các lực hấp dẫn dữ dội và bị ném vào không gian giữa các thiên hà, tạo thành các dải sao, khí và bụi kéo dài hàng trăm triệu năm ánh sáng. Theo thời gian, các ngôi sao sẽ tàn vào không gian, tạo thành một biển các sao giữa các thiên hà, nơi vùng vẫy của các thiên hà trong đám.

Trong các cụm nhỏ, các thiên hà chuyển động tương đối chậm (vận tốc của chúng khoảng vài trăm km/s, so với vài nghìn km/s trong các đám), tới mức khi các tai nạn vũ trụ xảy ra, lực hấp dẫn đủ mạnh để chặn đã văng của các thiên hà và hợp nhất chúng với nhau. Khi đó, hai thiên hà sẽ mất đi bản sắc của mình, và từ sự hợp nhất

của chúng sinh ra một thiên hà mới nặng hơn và sáng hơn. Một vụ va chạm vũ trụ như thế sẽ xảy ra trong Cụm Thiên hà Địa phương giữa Ngân Hà và thiên hà Tiên nữ trong khoảng 3 tỷ năm tới. Nếu hai nhân vật chính là những thiên hà xoắn ốc (như trường hợp thiên hà của chúng ta và thiên hà Tiên nữ) thì sức mạnh của vụ va chạm sẽ đẩy đĩa khí của chúng vào trong không gian giữa các thiên hà. Thiên hà mới, không còn chứa vật chất khí nữa, sẽ biến thành thiên hà elip. Sự chuyển đổi căn bản này cũng giống như một người chuyển đổi giới tính vậy!

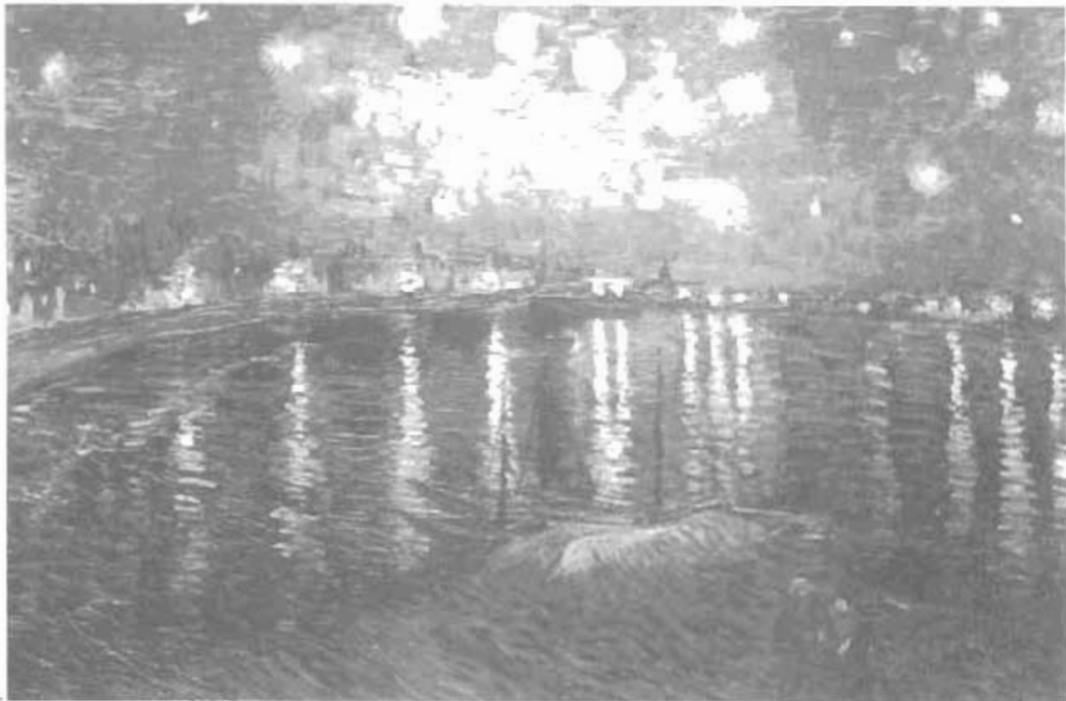
Kịch bản này đã giải thích được một cách tự nhiên việc các thiên hà nằm trong các môi trường khác nhau tùy theo hình thái của chúng. Các thiên hà elip thích sống tại những nơi có mật độ dân cư thiên hà đông đúc, như ở tâm của các đám, chẳng hạn. Ngược lại, các thiên hà xoắn ốc lại tránh những môi trường đông đúc; chúng thích sống ở ngoại ô của các đám hơn, vì ở đó mật độ dân số thiên hà thưa thớt hơn ở trung tâm rất nhiều, hoặc ở trong những cụm rất thưa thớt. Ở những khu vực đông đúc nơi mà lần suất các tương tác và sáp nhập cao, các thiên hà xoắn ốc bị biến thành thiên hà elip, và điều này giải thích tại sao ở đây không có các thiên hà xoắn ốc. Ngược lại, chúng vẫn giữ được hình dạng xoắn ốc bẩm sinh tại những nơi thưa thớt hơn, và như vậy khó bị sáp nhập hơn. Thỉnh thoảng cũng có những thiên hà elip tại những nơi rất thưa thớt. Các thiên hà này chắc hẳn khi sinh ra đã mang hình elip, bởi vì chúng không thể là sản phẩm của sự hợp nhất trong các môi trường này, nơi cơ hội va chạm với một thiên hà khác gần như bằng không.

Các vụ va chạm thiên hà còn đóng một vai trò khác rất quan trọng trong lịch sử vũ trụ: chúng tạo thành một cơ chế quan trọng trong việc chuyển hóa khí thành sao. Gần một nửa số ngôi sao mà chúng ta thấy hiện nay trong các thiên hà lộng lẫy đã ra đời trong các sự kiện dữ dội này. Thật vậy: trong một tai nạn vũ trụ, các đám mây giữa các vì sao cấu thành từ các phân tử khí và bụi (các đám mây phân tử này có khối lượng gấp hàng nghìn đến hàng triệu lần khối lượng Mặt trời và trải trên những khoảng cách hàng chục năm ánh sáng) của hai thiên hà cũng va chạm trực diện với nhau, tạo ra những sóng xung kích dữ dội, lan truyền, nén khí co sập lại và nóng lên tới chục triệu độ, khởi phát các phản ứng hạt nhân, và cho ra đời

rất nhiều các ngôi sao. Vì vậy, vụ va chạm giữa hai thiên hà được chỉ báo bằng sự hình thành của hàng loạt các sao trẻ. Một phần lớn trữ lượng khí được tiêu thụ trong vài chục triệu năm. Các thiên hà chứa những trảng sao trẻ tạo nên một thành phần quan trọng của dân số thiên hà, và các kính thiên văn lớn ngày càng phát hiện chúng nhiều hơn. Như vậy, các thiên hà không ngừng tiến hóa, không chỉ bởi vì chúng bao gồm các sao sinh ra, lớn lên và chết đi liên tục, mà còn bởi vì chúng không ngừng bị biến đổi bởi các tương tác với môi trường. Các tính chất “bẩm sinh” của chúng liên tục được nhào nặn lại bởi “kinh nghiệm” của chúng.

## Bầu trời đêm

Chắc hẳn bạn sẽ nghĩ rằng nếu ngược mắt lên bầu trời vào một đêm đen để đắm mình trong khung cảnh kỳ diệu được khắc ghi trên đó, các ngôi sao của Ngân Hà mà bạn nhìn thấy bằng mắt thường sẽ là những ngôi sao có độ sáng thực lớn nhất. Thật vậy, những ngôi sao mà chúng ta quen thuộc nhất phần lớn là các sao siêu kền xanh (các sao trẻ rất nặng và rất nóng), chẳng hạn như sao Thiên lân (Deneb) và Rigel, các sao nặng ít nóng hơn, như Chức nữ (Vega), Thiên lang A (Sirius) và Ngưu lang (Altair), hay các sao kền đỏ (xem mục từ này) như Betelgeuse, Mira hay Arcturus. Do độ sáng thực lớn, nên mắt thường có thể nhận thấy chúng ngay cả khi chúng ở cách chúng ta tương đối xa. Chẳng hạn, trong số khoảng hai chục ngôi sao có độ sáng biểu kiến lớn nhất trên bầu trời và chúng ta đã biết khoảng cách của chúng, thì chỉ có sáu ngôi nằm cách chúng ta dưới 33 năm ánh sáng. Ngược lại, bạn sẽ nhìn thấy rất ít các ngôi sao cùng loại với Mặt trời (như sao Alpha thuộc chòm Nhân mã là một trong số đó), và không nhìn thấy một sao lùn đỏ nào (sao lùn đỏ là một sao nhẹ hơn, có khối lượng dao động từ 10% đến 80% khối lượng Mặt trời, mờ hơn và tương đối lạnh), do độ sáng thực yếu của chúng.



*Đêm đầy sao, tranh của Van Gogh*

Nói cách khác, nếu chỉ có thể ngắm bầu trời bằng mắt thường, thì bạn hẳn sẽ nghĩ rằng quần thể các sao của Ngân Hà bao gồm phần lớn là các sao siêu kình xanh, các sao kình đỏ, các sao nặng và sáng, còn các sao lùn đỏ thì hoàn toàn vắng bóng. Thế thì bạn đã nhầm to! Một thống kê đầy đủ các quần thể sao trong Ngân Hà, được thực hiện với sự trợ giúp của các kính thiên văn, cho thấy ngược lại rằng các sao lùn đỏ là các sao có nhiều nhất trong bầu trời: chúng chiếm hơn 80% số sao có trong vũ trụ. Chỉ có điều, do độ sáng của chúng yếu, nên chúng ta hoàn toàn không nhìn thấy được, nếu chúng ta không được trợ giúp bằng kính thiên văn. Trái lại, các sao siêu kình xanh, các sao nặng và sáng, và các sao kình đỏ, hiện diện khắp nơi trong bầu trời đen là vậy, nhưng trên thực tế lại cực hiếm: cứ trong số 10.000 ngôi sao thì chỉ có một ngôi sao thuộc loại này!

Như vậy, giống như các sao và các thiên hà đã từng cho chúng ta một quan điểm sai lầm về sự phân bố khối lượng trong vũ trụ (xem mục từ: *Ánh sáng và bóng tối*), các ngôi sao vốn làm cho chúng ta vui thích ban đêm cũng mang đến cho chúng ta một ấn tượng hoàn toàn sai lệch về số lượng các quần thể sao khác nhau trong Ngân Hà. Chỉ tập trung vào ánh sáng được phát bởi các thiên thể sáng nhất sẽ có

nguy cơ làm chúng ta mắc sai lầm. Nếu không tính đến chuyện bóng tối cũng chứa rất nhiều các sao nhẹ hơn và mờ hơn, thì chúng ta rất có nguy cơ là sẽ xa rời thực tại.

## **Bầu trời xanh**

Khi nghe một điệu nhạc blue là nỗi buồn lại xâm chiếm lòng ta, nhưng đôi khi chỉ cần nhìn bầu trời xanh, đầy nắng, không một gợn mây, là nỗi buồn của chúng ta lại dịu bớt. Bầu trời xanh luôn là chút an ủi tâm hồn bị tổn thương của chúng ta. Chúng ta có cảm giác như bị mất hút trong chiều sâu thăm thẳm vô tận của bầu trời. Bầu trời xanh, “là một cái gì đó mà cái nhìn của bạn có thể đi vào [...], cái gì đó không có bề mặt, nhưng chúng ta có thể đắm mình trong đó ngày càng sâu cho tới tận khi mất hút trong khoảng vô tận của không gian”, nhà phê bình nghệ thuật người Anh John Ruskin (1819-1900) đã từng viết như thế. Ông còn viết thêm: “Màu xanh lam đã được Chúa tạo ra để là một nguồn của niềm vui thú.”

Tại sao bầu trời lại xanh? Câu hỏi thoát nghe có vẻ ngây thơ mà bọn trẻ đặt cho cha mẹ chúng đã làm cho họ căng thẳng vì không biết trả lời thế nào, nhưng lại rất xác đáng. Màu xanh của bầu trời không thể do ánh sáng phát bởi khí quyển, bởi vì ánh sáng này có thể cũng xuất hiện vào ban đêm. Vậy mà ban đêm bầu trời không xanh, mà đen kịt. Tương tự, nó không thể được tạo ra bởi một nguồn ánh sáng xanh ở bên trên lớp khí quyển, bởi vì, vào ban đêm, bầu trời đầy sao có một nền đen như mực. Vì vậy, ánh sáng xanh của bầu trời phải có liên hệ với ánh sáng Mặt trời. Thế nhưng ánh sáng Mặt trời lại không xanh mà là trắng một cách hoàn hảo. Nó chứa tất cả các màu, như Newton đã chứng tỏ bằng lăng kính của mình. Để bầu trời xanh chứ không trắng, thì ánh sáng Mặt trời phải được khí quyển “lọc” trước khi đi đến Trái đất, một cơ chế lấy đi màu đỏ, màu vàng và các màu khác, và chỉ cho màu xanh đến được mắt chúng ta. Sự lọc này chỉ có thể được thực hiện theo hai cách: hoặc là bằng hấp thụ, hoặc là bằng



tán xạ ánh sáng Mặt trời. Nhưng không thể là do hấp thụ được, bởi vì ánh sáng từ Mặt trời, Mặt trăng hay từ các ngôi sao bị hấp thụ khi đi qua khí quyển lại không phải là xanh. Vậy thì chỉ có thể là do tán xạ ánh sáng, nghĩa là sự làm phân tán một tia sáng tới từ Mặt trời theo tất cả các hướng kha dĩ và điều này đã gây ra màu xanh của bầu trời.

Nhưng các hạt vật chất nào có trong không khí có thể làm phân tán (thuật ngữ được các nhà vật lý dùng là "tán xạ") ánh sáng và cho chúng ta một bầu trời xanh? Liệu có thể là các hạt bụi? Vào mùa hè, sau một thời gian dài khô hạn, không khí chứa đầy các hạt cát và đất sét bay lên từ mặt đất và được gió mang đi. Bầu trời khi đó lại mất đi màu xanh của nó và có một màu trắng nhạt. Nhưng chỉ cần một trận mưa to để bầu trời bị quét sạch các hạt bụi này và lấy lại được màu xanh trong trẻo của nó. Như vậy, các hạt bụi không thể là nguyên nhân làm cho bầu trời xanh, bởi vì thực chất chúng góp phần làm mờ đục bầu trời thay vì làm cho nó trong xanh.

Thế còn các phân tử nước trong khí quyển thì sao? Khi chúng bị đông lạnh trên cao để choán đầy không khí bằng các tinh thể nước đa và tạo ra các đám mây quyển, thì màu xanh da trời cũng biến mất để nhường chỗ cho một màu trắng nhạt. Vì vậy các phân tử nước cũng không phải là nguyên nhân.

Vậy thì chỉ còn lại các phân tử không khí. Trên thực tế chúng thích tán xạ ánh sáng, với một sự ưu tiên rõ rệt đối với ánh sáng màu lam. Bước sóng của ánh sáng càng ngắn, nghĩa là nó càng lam, thì nó càng có nhiều cơ hội được tán xạ. Chẳng hạn, một hạt ánh sáng màu xanh lam có cơ hội được tán xạ lớn hơn gấp mười lần một hạt ánh sáng màu đỏ (nhà vật lý người Anh Lord Rayleigh (1842-1919) đã chứng tỏ rằng xác suất để một photon ánh sáng Mặt trời bị tán xạ một phân tử không khí tỷ lệ nghịch với lũy thừa bậc bốn của bước sóng của nó). Như vậy, khi chúng ta nhìn bầu trời theo bất kỳ hướng nào, ngoại trừ hướng nhìn thẳng tới Mặt trời (bạn đừng bao giờ làm như vậy, ngay cả khi sử dụng kính hay mọi thiết bị quang học khác, nếu không bạn có nguy cơ bị tổn thương mắt nặng), thì một photon Mặt trời màu xanh lam có nhiều cơ hội đến được mắt bạn hơn một photon màu đỏ. Và chính điều đó giải thích tại sao bầu trời màu xanh lam. Còn về các photon Mặt trời đỏ và vàng, vì ít bị tán xạ nên chúng đến với chúng ta chủ yếu từ hướng Mặt trời. Nhưng Mặt trời trông lại đỏ

hơn, vì sự tán xạ cũng lấy đi các photon Mặt trời màu xanh lam nằm trong đường ngắm tới Mặt trời.

Bạn có nhận thấy bầu trời ở chân trời sáng hơn ở trên đầu chúng ta không? Ngay cả vào một ngày trời hoàn toàn trong, bầu trời cũng không phai màu xanh toàn bộ. Màu của nó gần chân trời chuyển sang trắng. Nguyên nhân của điều này là lượng không khí mà ánh sáng Mặt trời phải vượt qua để đến được mắt chúng ta: trực nhìn của chúng ta xuyên qua một khối không khí lớn hơn khi chúng ta nhìn về phía chân trời so với nhìn theo phương thẳng đứng. Ở xa chân trời, đường nhìn của chúng ta xuyên qua một lớp không khí mỏng hơn, có ít các phân tử không khí hơn, ánh sáng Mặt trời bị tán xạ trung bình chỉ một lần, và bầu trời có màu xanh lam. Ngược lại, gần chân trời, đường nhìn của chúng ta xuyên qua một lớp không khí dày hơn, có nhiều phân tử không khí hơn, sự tán xạ ánh sáng gây bởi các phân tử này không phải là một lần, mà là nhiều lần. Tất nhiên, các photon xanh lam luôn có nhiều cơ hội được tán xạ hơn các photon đỏ, nhưng, do lượng lớn các phân tử không khí, nên tất cả các photon, dù màu của chúng có thể nào (hay bước sóng của chúng dài ngắn ra sao) chẳng nữa sớm muộn cũng sẽ gặp các phân tử này, và quỹ đạo của chúng sẽ đều bị lệch hướng. Các photon thuộc tất cả các màu do đó bị tán xạ đi tán xạ lại rất nhiều lần, trước khi đến được mắt chúng ta, tới mức chúng hòa trộn hoàn toàn vào nhau. Chính vì thế bầu trời gần chân trời có cùng màu với Mặt trời: màu trắng.

Nếu như bầu trời xanh lam tiêu tan nỗi buồn của chúng ta, thì phong cảnh các dãy núi xanh lại làm cho chúng ta rung động. Tôi sống ở thành phố đại học Charlottesville, bang Virginia, nằm cách dãy núi Appalaches khoảng hơn một giờ xe, dãy núi này trải dài từ Alabama cho tới cửa sông Saint-Laurent, Canada. Vì vậy tôi thường thích thú đi dạo trên núi và men theo con đường dẫn đến một trong những đỉnh nhô ra thung lũng Shenandoah đẹp tuyệt vời. Từ cao trên đỉnh núi này, cái nhìn bao quanh các dãy núi nối tiếp nhau đến hút tâm mắt. Các đỉnh ở xa có màu xanh lam, một màu xanh trông càng xám hơn và một độ sáng càng mờ hơn khi dãy núi ở càng xa. Tất cả chúng ta đều quen thuộc với màu núi xanh này. Không hề ngẫu nhiên khi mà khắp nơi trên thế giới hơn một chục đỉnh núi mang tên "Thanh Sơn", dù là trong vùng Maine, hay Oregon, ở Australia hay

o Jamaica Dãy núi Appalaches không phải là ngoại lệ: đỉnh của nó có tên là "Blue Ridge" (Đỉnh Xanh). Các họa sỹ thường bị màu xanh của các đỉnh núi mê hoặc. Họ đã cố gắng tái hiện nó từ xa xưa nhất: người ta biết từ thời Đế chế La Mã đã có các bức họa vẽ các dãy núi xanh. Các họa sỹ Flamand thế kỷ XV, như Jan Van Eyck (1390-1441), nổi tiếng nhờ sử dụng các sắc xanh khác nhau để tái hiện các khung cảnh ở hậu cảnh.

Vậy tại sao các dãy núi ở xa lại có màu xanh lam? Được rừng bao phủ thì lẽ ra chúng phải có màu xanh lục. Việc ở xa chúng ta thấy chúng màu xanh lam hơn là màu xanh lục một lần nữa cũng là kết quả của ánh sáng Mặt trời bị các phân tử không khí nằm giữa núi và chúng ta làm cho tán xạ. Ngoài ánh sáng bị núi phản xạ, chúng ta còn thấy "ánh sáng của không khí". Bởi vì một photon lam có nhiều cơ hội được tán xạ hơn một photon đỏ, nên ánh sáng này của không khí có màu xanh lam và sinh ra một tấm voan màu lam giữa các đỉnh núi và chúng ta. Lượng ánh sáng của không khí dĩ nhiên phụ thuộc vào khoảng cách giữa chúng ta và các dãy núi này. Khi một trong số các dãy núi này tương đối ở gần, thì ánh sáng Mặt trời bị nó phản xạ dễ dàng đến được mắt ta, và chúng ta thấy nó qua tấm voan tạo cho nó màu xanh lam nhạt. Toàn bộ khung cảnh xa bao quanh dường như cũng được tô các sắc xanh lam tinh tế hòa trộn vào nhau hoàn hảo. Chỉ có các màu đỏ của các mái nhà và màu xanh lục của đồng cỏ gần, ở tiền cảnh, phá vỡ sự phối các sắc xanh lam này. Nhưng nếu núi ở đủ xa, thì sự tán xạ trở nên nhiều hơn (ánh sáng Mặt trời chịu nhiều tán xạ liên tiếp), làm cho ánh sáng của nó bị tán xạ ra ngoài trực nhìn của chúng ta, và chúng ta không còn thấy nó nữa. Ánh sáng của núi như vậy được thay thế bằng ánh sáng của không khí. Điều này làm cho, ngay cả vào một ngày trời rất trong, khi không khí rất trong lành, chúng ta cũng không thể thấy được núi khi vượt quá một khoảng cách nhất định.

Các dãy núi cũng có thể biến mất khỏi tầm nhìn của chúng ta khi Mặt trời lên cao trên bầu trời. Vì tính tử của chúng ta khi đó tạo ra một lượng lớn ánh sáng trong không khí, vì thế làm giảm sự tương phản của các dãy núi khiến cho chúng trở nên không nhìn thấy được. Nhưng khi Mặt trời xuống thấp trong bầu trời, ánh sáng của không khí giảm xuống, các dãy núi lại xuất hiện trong tầm nhìn của chúng

ta. Hiện tượng này cũng xảy ra khi đứng trên một bãi biển lúc hoàng hôn, chúng ta thấy một hòn đảo hay một bờ biển bỗng xuất hiện xa xa trong khi không nhìn thấy được vào ban ngày do không khí quá sáng.

Vì không khí giữa chúng ta và vật thể xa đóng một vai trò lớn trong cách các vật này xuất hiện trước mắt chúng ta, nên họa sỹ, nhà bác học người Italia Léonard de Vinci (1452-1519) đã nhận thấy điều đó cách đây năm thế kỷ. Thực hành ở mức cao nhất cả nghệ thuật và khoa học, ông là người đầu tiên hệ thống hóa các quy luật phối cảnh trong hội họa, kỹ thuật này cho phép chúng ta tái hiện trên một bề mặt hai chiều các vật thể ba chiều như được nhìn từ một vị trí nào đó. Họa sỹ người Italia này đã phân biệt ba loại phối cảnh: loại thứ nhất, quen thuộc nhất, là phối cảnh tuyến tính thể hiện sự thật là các vật càng ở xa thì trông chúng càng nhỏ (kích thước góc của một vật giảm tỷ lệ nghịch với khoảng cách của nó); loại thứ hai là phối cảnh "khí quyển" thể hiện thực tế là vật càng xa trông nó càng mờ, không rõ; loại thứ ba là phối cảnh màu thể hiện thực tế là màu của các vật thay đổi theo khoảng cách của chúng. Léonard de Vinci đã nhận thấy rất chính xác rằng hai loại phối cảnh sau có quan hệ với lớp không khí nằm giữa người quan sát và vật: "Vật ở càng xa, thì hình ảnh của nó càng khó xuyên qua không khí [nằm giữa nó và người quan sát]... và màu của nó càng bị thay đổi bởi màu của lớp không khí trong suốt này." Nói theo ngôn ngữ hiện đại thì phối cảnh khí quyển là do sự hấp thụ ánh sáng bởi các hạt nhỏ li ti trôi nổi trong không khí, và phối cảnh màu sắc là do sự tán xạ của một số màu của ánh sáng bởi chính không khí này. Việc sử dụng phối cảnh màu đã đạt đến tuyệt đỉnh ở họa sỹ người Anh Willam Turner (1775-1851) khi ông biết phối hợp sự tan rã của các hình khối trong sự run rẩy của không khí, của nước và của ánh sáng.

## Big Bang

Ngày nay, chúng ta cho rằng vũ trụ đã được sinh ra cách đây 13,7 tỷ năm, trong một vụ nổ khủng khiếp gọi là Big Bang (vụ nổ

lớn), từ một trạng thái vô cùng nhỏ, nóng và đặc. Ý tưởng về một “vụ nổ lớn” này dựa trên phát hiện cơ bản của nhà thiên văn người Mỹ Edwin Hubble về sự giãn nở của vũ trụ. Thực tế, các thiên hà không đứng im trong bầu trời, mà luôn chuyển động. Người ta biết được điều đó nhờ một tính chất rất đặc biệt của ánh sáng được gọi là hiệu ứng Doppler (*xem mục từ này*), theo tên của nhà vật lý người Áo, người đã phát hiện ra hiệu ứng này đối với âm thanh. Tựa như âm thanh của còi xe cứu thương trở nên chói tai hơn khi nó tiến lại gần ta, và trầm hơn khi nó chuyển động ra xa ta, ánh sáng của thiên hà trở nên xanh hơn khi nó tiến lại gần chúng ta và đỏ hơn khi nó rời xa chúng ta. Bằng cách sử dụng hiệu ứng Doppler để đo chuyển động của các thiên hà, năm 1929, Hubble đã phát hiện ra rằng chuyển động của các thiên hà không phải là hỗn loạn. Phần rất lớn các thiên hà trong vũ trụ đều chạy trốn ra xa Ngân Hà chúng ta, và chuyển động chạy trốn này càng nhanh khi thiên hà càng ở xa. Chẳng hạn, một thiên hà ở cách Ngân Hà xa hơn hai mươi lần sẽ chạy trốn ra xa nó nhanh hơn hai mươi lần. Hệ quả cơ bản của sự tỷ lệ này giữa khoảng cách và vận tốc là: mỗi một thiên hà đều mất cùng một thời gian để đi từ điểm ban đầu đến vị trí hiện nay của nó, bởi vì thời gian này đúng bằng tỷ số của khoảng cách và vận tốc.

Giờ chúng ta hãy quay ngược lại bộ phim của các sự kiện: tất cả các thiên hà sẽ trở về cùng một chỗ tại cùng một thời điểm. Từ đó nảy sinh khái niệm về một vụ nổ của không gian cho ra đời vũ trụ và hậu quả của nó kéo dài cho tới tận ngày nay bởi chuyển động giãn nở làm cho các thiên hà chạy trốn ra xa nhau.

Những từ “bùng nổ” hay “nổ” dễ gây nhầm lẫn: chúng gợi đến tiếng nổ của một khối vật chất nén rất chặt trong một không gian tồn tại từ trước, còn các thiên hà hành xử như các mảnh vật chất chạy trốn ra xa khỏi trung tâm của vụ nổ, điều này khiến người ta tự hỏi: “Vậy thì tâm vũ trụ ở đâu?”. Thực tế, khi tôi nói “vũ trụ đang giãn nở”, thì không nên nghĩ rằng hàng nghìn thiên hà được tung hết tốc lực vào không gian trống rỗng, bất động và bất biến, có thể đã tồn tại sẵn từ trước và sự hiện diện của nó có thể đã có từ trước Big Bang. Không nên tự hỏi có thể tìm thấy ở đâu, trong cái không gian ấy, cái điểm nổi tiếng đó (tức tâm vũ trụ), nơi mà tất cả bắt đầu, tức là vị trí của vụ nổ khởi thủy.

Không gian, trong vũ trụ của Newton, là tĩnh và bất động. Nhưng trong vũ trụ của Big Bang, nó không còn là thu động nữa, mà trở nên động. Trong vũ trụ này, không phải các thiên hà chuyển động trong một không gian bất động, mà là một không gian dần nở kéo theo các thiên hà đứng yên so với không gian đó. Hãy hình dung bạn nướng một chiếc bánh gatô nhỏ trong lò. Khi mà bột phồng lên, bề mặt của bánh tăng lên và nhỏ trong bột dịch chuyển ra xa nhau. Hoặc là bạn thổi một quả bóng bay có trang trí các ngôi sao giấy. Khi bề mặt của quả bóng phồng lên thì tất cả các ngôi sao dán trên đó sẽ dời ra xa nhau. Tương tự như bề mặt của chiếc bánh hay quả bóng tăng lên, không gian mới cũng liên tục được tạo ra và khoảng cách giữa các thiên hà cũng tăng lên theo thời gian. Chẳng hạn, từ kỷ nguyên hình thành các nguyên tử hydro và heli, khoảng 380.000 năm sau vụ nổ khởi thủy cho tới tận ngày nay, 13,7 tỷ năm sau Big Bang, khoảng cách giữa hai thiên hà nào đó không ràng buộc với nhau bằng lực hấp dẫn đã tăng lên một nghìn lần. Cũng giống như quả nhỏ bất động trong chiếc bánh và ngôi sao giấy dán cố định trên bề mặt của quả bóng, các thiên hà cũng bất động trong không gian. Chuyển động đến từ bề mặt của bánh và bề mặt của quả bóng, cũng như chính từ không gian đang dần nở. Tương tự như vận tốc của các thiên hà tăng lên tỷ lệ với khoảng cách của nó, quả nhỏ và ngôi sao giấy cũng càng ra xa nhau thì càng chuyển động ra xa nhau nhanh hơn.

Như vậy, các thiên hà không phải là chạy trốn Ngân Hà. Mà là chúng chạy trốn ra xa nhau. Chuyển động dần nở của vũ trụ làm cho các cư dân của mỗi thiên hà, nếu họ tồn tại, đều nhìn thấy cùng một khung cảnh đúng như chúng ta thấy. Họ cũng thấy các thiên hà chạy trốn ra xa họ, họ cũng có ảo tưởng mình là trung tâm của vũ trụ. Bởi vì tất cả đều là trung tâm, nên sẽ chẳng có gì là trung tâm hết. Nếu Big Bang thực sự là một sự tập trung vật chất đã bùng nổ từ một trung tâm, thì sẽ có các thiên hà nằm gần điểm trung tâm, và các thiên hà khác nằm gần ngoài rìa. Một người sống tại một trong các thiên hà ở rìa này sẽ thấy một bầu trời khác về căn bản tùy hướng mà anh ta chia kính thiên văn lên: theo hướng trung tâm, anh ta sẽ thấy một mật độ lớn các thiên hà; còn theo hướng ngược lại, sẽ là một khoảng trống rỗng hoàn toàn. Thế nhưng thực tế đáng vẻ của bầu

trời hoàn toàn không phải như vậy: vũ trụ luôn trình hiện hoàn toàn như nhau dù hướng nhìn của bạn có ở đâu đi nữa.



Nếu vũ trụ đã bắt đầu bằng một vụ "nổ" lớn, thì nhiều câu hỏi cơ bản đặt ra, và trước hết là câu hỏi này: cái gì đã gây ra Big Bang? Các nhà vật lý đã đồng nhất cái "nổ" (*bang*) của Big Bang (*nổ lớn*) với một giai đoạn được gọi là "lạm phát", trong đó kích thước của vũ trụ tăng với hàm mũ theo thời gian, ở đó toàn bộ không gian, bị đẩy bởi một áp suất và một lực hấp dẫn âm, nó nở ở tất cả các điểm với vận tốc chóng mặt, mà ở thời kỳ đầu lớn hơn cả vận tốc của ánh sáng trong một phần nhỏ của giây. Một số nhà nghiên cứu cho rằng chính một trường năng lượng được gọi là trường "Higgs" (theo tên của nhà vật lý đầu tiên quan tâm đến vấn đề này) đã gây ra sự hăng tiết điên cuồng này của vũ trụ, gây ra sự lạm phát đến điên rồ trong những phần trăm giây đầu tiên trong lịch sử của nó. Bằng sự loại suy với photon vốn là thành phần cơ bản của trường điện từ, hay với cho gluon và các graviton vốn là thành phần của các lực cơ bản khác, các nhà vật lý nghĩ rằng chính một hạt được gọi là "inflaton" đã gây ra trường Higgs. Và bản thân trường này vì thế cũng có tên là "trường inflaton".

Trong kịch bản này, sự bùng nổ xảy ra không phải ở thời điểm zero, thời điểm "sáng thế" của vũ trụ, mà ở một thời gian vô cùng ngắn ( $10^{-35}$  giây) sau, trong một vũ trụ có sẵn đã được tạo ra từ trước và ở đó thời gian và không gian đã xuất hiện. Trong vũ trụ đặc ( $10^{22}$

g/cm<sup>3</sup>) và nóng (10<sup>27</sup> độ Kelvin) không thể tương đương nổi này ở 10<sup>-36</sup> giây, có hai lực ngự trị: lực hấp dẫn và lực điện hạt nhân bắt nguồn từ sự kết hợp lực điện từ với các lực hạt nhân mạnh và yếu.

Nhưng nếu như chúng ta có một cách giải thích khả dĩ cho cái sự *bang* của Big Bang, thì không phải tất cả đều đã rõ ràng cả vũ trụ học. Với vật lý học của chúng ta hiện nay, thì cái thời điểm zero ấy vẫn còn lảng tránh chúng ta. Vũ trụ đã được tạo ra đồng thời với không gian và thời gian như thế nào? Đó là những nhân tố quyết định bản chất và năng lượng của trường Higgs? Các câu hỏi cơ bản này vẫn chưa có câu trả lời. Và chúng ta càng không có khả năng đề cập đến các vấn đề sinh tồn như: tại sao lại có một vũ trụ? Tại sao tồn tại các định luật vật lý? Chúng ta vẫn còn (và có thể mãi mãi?) cảm lạng trước câu hỏi của Leibniz: "Tại sao có một cái gì đó lại hơn là không có gì cả? Bởi vì không gì cả thì đơn giản hơn và dễ dàng hơn là có một cái gì đó. Và lại, nếu giả định rằng có những cái gì đó phải tồn tại, thì người ta sẽ cần phải giải thích tại sao nó phải tồn tại như thế này, chứ không phải như thế khác."

### ***Big Bang, một lý thuyết có đáng tin?***

Liệu chúng ta có thể tin vào lý thuyết Big Bang không? Tôi nghĩ là có. Từ khi đa số các nhà vật lý thiên văn chấp nhận nó, sau khi bức xạ hóa thạch được phát hiện vào năm 1965, lý thuyết này trên thực tế đã sống một cách đầy hiểm nguy trong bốn thập kỷ gần đây. Ở bất cứ thời điểm nào cũng có thể xuất hiện những quan sát mâu thuẫn với nó, làm cho nó lật nhào xuống vực thẳm và gửi nó vào nghĩa địa những lý thuyết chết. Vậy mà nó vẫn ngẩng cao đầu trải qua tất cả các thử thách quan sát này.

Thực tế, tính xác thực của một lý thuyết dựa trên khả năng vượt qua tất cả các những thử thách quan sát của nó, bất kể là thử thách nào. Vậy mà đã có rất nhiều quan sát được thực hiện, vì các nhà thiên văn đã miệt mài kiên trì kiểm tra lý thuyết này trong những chi tiết nhỏ nhất nhất và ẩn khuất nhất của nó. Họ đã nghiên cứu chi tiết các bức xạ hóa thạch. Họ rồi có thể nhận thấy rằng sự phân bố năng lượng của các photon trong bức xạ hóa thạch không phù hợp



với sự phân bố của một vũ trụ có một quá khứ nóng và đặc như vậy. Họ cũng có thể phát hiện thấy bức xạ hóa thạch đồng đều tới mức nó không tương thích với các thăng giáng mật độ cần thiết để cho ra đời các thiên hà. Họ cũng có thể phát hiện ra một ngôi sao có một lượng heli thấp hơn 25% so với tiên đoán của lý thuyết Big Bang, và như thế sẽ giáng một đòn chí mạng cho lý thuyết này, bởi vì các ngôi sao chỉ có thể làm tăng lượng heli khơi thủy (bằng cách tổng hợp hydro thành heli) chứ không hề làm giảm nó. Họ cũng có thể đo được một khối lượng của neutrino cao tới mức tổng khối lượng của tất cả các neutrino (có số lượng cũng đông đúc gần như photon trong vũ trụ khơi thủy) vượt xa khối lượng đo được của toàn vũ trụ (trên thực tế, khối lượng neutrino nhỏ tới mức chúng không thể giai thích vật chất tối ngoại lai {xem mục từ này} của vũ trụ). Họ cũng có thể tìm ra một năng lượng tối lớn tới mức tổng mật độ của vũ trụ phải vượt xa mật độ của một vũ trụ phẳng (với độ cong zero), điều này ngược với quan niệm về một thời kỳ lạm phát của vũ trụ.

Chúng ta còn có thể nhân lên tùy thích các ví dụ về những đòn chí mạng có thể giáng vào lý thuyết Big Bang. Vậy mà, thực tế không một đòn nào trong số đó xảy ra cả. Các quan sát mới nhất đều đã khẳng định hơn là bác bỏ lý thuyết này. Chính sự thích ứng tuyệt vời này với những khúc uốn ngoằn ngoèo của tự nhiên đã tạo cho chúng ta niềm tin vào nó. Nếu một ngày kia có một lý thuyết tinh xảo hơn xuất hiện thay thế cho nó, thì lý thuyết mới này sẽ phải gộp vào nó tất cả các thành quả của lý thuyết Big Bang, cũng như vật lý Einstein đã phải gộp vào nó tất cả những thành quả của vật lý Newton.

## **Bóng ma Copernicus**

Năm 1543, vũ trụ nhật tâm của Copernicus đã giáng một đòn chí mạng vào cái tôi của con người. Vũ trụ không còn quay quanh con người nữa và vũ trụ cũng không còn được tạo ra chỉ để cho con người sử dụng và vì lợi ích của riêng của con người. Con người không còn

chiếm vị trí trung tâm và không còn là tâm điểm chú ý của Chúa nữa. Kể từ đó, bóng ma Copernicus vẫn không ngừng ám ảnh chúng ta. Con người liên tục bị bé lại cả trong thời gian và trong không gian. Nếu như Trái đất không còn giữ vị trí trung tâm của hệ, thì chắc hẳn vì tinh tú của chúng ta. Mặt trời, phải nằm ở trung tâm của Ngân Hà. Nhưng hoàn toàn không phải như vậy! Nhà thiên văn học người Mỹ Harlow Shapley đã chứng minh rằng Mặt trời chỉ là một ngôi sao bình thường nằm ở ngoại ô, nằm cách khoảng 26.000 năm ánh sáng, tức khoảng hơn một nửa tính từ tâm thiên hà ra mép. Vậy Ngân Hà của chúng ta hẳn phải nằm ở trung tâm của vũ trụ? Cũng không có cơ may đó! Năm 1923, nhà thiên văn học người Mỹ Edwin Hubble đã chứng minh sự tồn tại của vô số các thiên hà khác. Ngày nay, chúng ta biết rằng Ngân Hà của chúng ta chỉ là một thiên hà trong hàng trăm tỷ thiên hà của vũ trụ quan sát được. Và thế vẫn chưa hết. Một số nhà vật lý thiên văn còn nghĩ rằng vũ trụ của chúng ta không phải là duy nhất, rằng nó chỉ là một trong vô số các vũ trụ trong lòng một siêu-vũ-trụ; tất cả các vũ trụ này có lẽ bị tách rời nhau và như vậy không kiểm chứng được bằng quan sát.

Đáng ngạc nhiên hơn: vật chất thông thường tạo nên chúng ta (cũng như vật chất của các vật bao quanh chúng ta: bó hoa hồng, những cuốn sách, những bức tranh của Monet, những bức tượng của Rodin...) đều được cấu thành từ proton, neutron và electron, lại không chiếm phần lớn nhất trong tổng lượng vật chất của vũ trụ. Vật chất thông thường này chỉ chiếm khoảng 4% tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ. Cho tới nay, con người biết rằng mình không được cấu thành từ cùng loại vật chất tạo nên phần lớn vũ trụ, và rằng nếu proton, neutron và electron không xuất hiện trên đời này thì điều đó cũng không hề làm xáo trộn tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ! Điều này không có nghĩa là vật chất thông thường không đóng một vai trò quan trọng nào. Chính nó đã tự tổ chức thành các sao để sinh ra các nguyên tố hóa học nặng mà sự sống cần. Chính nó đã tự tổ chức để dựng nên bộ não con người, một mạng lưới chứa hàng trăm tỷ neuron, có khả năng tự vấn về vũ trụ đã sinh ra mình.

Tuy nhiên, cái tôi của con người vẫn không ngừng bị tấn công. Trong 4% này, vật chất sáng của các sao và các thiên hà tỏa sáng trong bầu trời đêm chỉ chiếm một phần rất nhỏ 0,5%. 3,5% còn lại là bóng

đen tuyệt vọng (người ta gọi nó là “vật chất tối”) và chỉ được thể hiện thông qua lực hấp dẫn mà nó tác dụng. Nhưng thế vẫn chưa hết. Còn có thứ vật chất được gọi là “ngoại lai” nhiều gấp năm lần rưỡi vật chất tối (tức chiếm 22% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ) bởi vì nó không được cấu thành từ vật chất thông thường (proton và neutron), như bari và tôi, và chỉ thể hiện, giống như vật chất tối thông thường, thông qua các hiệu ứng hấp dẫn mà nó gây ra. Người ta cho rằng nó được cấu thành từ các hạt cơ bản nặng sinh ra trong những phần giây đầu tiên sau Big Bang, nhưng bari của nó vẫn còn bị bao bọc trong một bức màn bí mật. Nếu chúng ta lập bảng cân đối: 4% vật chất thông thường cộng 22% vật chất tối ngoại lai thành 26% tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ. Vậy 74% còn lại trôi đi đâu?

Về vấn đề này, các nhà thiên văn vẫn đang chìm trong bóng tối đen đặc hoàn toàn! Do thiếu thông tin bổ sung, và để che giấu sự thiếu hiểu biết của mình, các nhà vật lý gọi 74% còn lại này bằng cái tên “năng lượng tối” (xem mục từ này). Người ta hiện chưa biết gì về bản chất của nó, chỉ trừ việc nó là thủ phạm làm cho sự tăng tốc của vũ trụ: theo thời gian, các thiên hà rời ra xa nhau nhanh hơn, và sự giãn nở của vũ trụ diễn ra ngày càng nhanh hơn.

Bóng ma Copernicus đã đặt chúng ta trở lại vị trí của mình: không chỉ không ở trung tâm của thế giới, mà chúng ta thậm chí còn không được tạo thành từ cùng vật chất với phần lớn tổng vật chất của vũ trụ!

Các bộ phận cấu thành khác nhau này của vũ trụ đặt ra vấn đề. Mặc dù hết sức thỏa mãn khi mà tất cả các miếng ghép của trò chơi ghép hình đã tự ráp lại với nhau, một cách bất ngờ quá mức mong đợi, để cho vũ trụ một tổng mật độ chính xác bằng mật độ tới hạn (mật độ ứng với một vũ trụ “phẳng”, không cong, mà sự giãn nở của nó sẽ chỉ dừng lại ở một thời gian vĩnh cửu), một điều kiện *tiên quyết* của kịch bản gọi là lạm phát, nhưng một câu hỏi cơ bản vẫn được đặt ra: tại sao vũ trụ lại được cấu thành từ một mớ hỗn tạp như thế, một thứ hỗn hợp ngay từ đầu đã không đầu không cuối với các thành phần tàn mạt như thế? Tại sao công thức của nó lại phức tạp đến thế? Tại sao các lượng vật chất thông thường, vật chất ngoại lai và năng lượng tối có thể so được với nhau (chỉ sai khác một thừa số 18), trong khi chúng có thể biến thiên tới một thừa số  $10^{100}$ , thậm chí còn hơn

nữa? Liệu có tồn tại một trật tự nằm phía sau cái bất trật tự biểu kiến này không? Liệu có các nguyên lý bị che giấu chi phối cái hỗn tạp bề ngoài không có bất kỳ ý nghĩa nào này, và chúng vẫn nằm ngoài tầm hiểu biết của chúng ta?

## Brahé, Tycho

Tycho Brahé (1546-1601) là cha đẻ của thiên văn học quan sát hiện đại. Trước ông là sự thông trị của tư tưởng Platon cho rằng thế giới các giác quan chỉ là phản ánh không hoàn hảo của một thế giới lý tưởng hoàn hảo, và thế giới này chỉ có thể được hiểu bằng lý trí. Tycho là nhà khoa học đầu tiên hiểu rằng chỉ có những quan sát bầu trời với một độ chính xác cực cao mới có thể hé lộ cho chúng ta bản chất thực sự của vũ trụ, dù nó là địa tâm - Trái đất ngự trị ở trung tâm thế giới - như Ptolemy tuyên bố, hay là nhật tâm - Mặt trời chiếm vị trí trung tâm - như Copernicus bảo vệ. Những quan sát thiên văn do Tycho thực hiện là chính xác nhất ở thời ông, và cái kho báu vô giá những dữ liệu mà ông để lại cho Kepler, người trợ lý của mình, đã được Kepler khai thác một cách có ý thức để giải mã bí mật về chuyển động của các hành tinh.

Xuất thân từ một gia đình Đan Mạch quý tộc, Tycho có một cuộc sống đẹp như tranh nhưng cũng đầy biến động. Năm lên hai tuổi, ông đã được người chú mang về nhà mình nuôi dạy. Năm 13 tuổi, ông đăng ký vào học Đại học Copenhagen để nghiên cứu luật và triết học, vì chú của ông hướng ông theo đuổi nghề ngoại giao. Năm 1560, ở tuổi 14 nhạy cảm, đã xảy ra một sự kiện làm thay đổi cuộc đời ông: ông được chứng kiến một nhật thực một phần được lịch sao thời đó thông báo (đây là các bang thiên văn chỉ các vị trí lần lượt của Mặt trời, Mặt trăng và các hành tinh). Việc trí tuệ con người lại có thể biết được chuyển động của các hành tinh một cách khá chính xác để dự báo được khá lâu thời điểm và vị trí của chúng trong bầu trời, đối với chàng trai trẻ Tycho, là "một điều gì đó thần thánh". Trước những bấp bênh và trắc trở của cuộc sống con người, khả năng tiên đoán được về bầu trời đối với ông là một niềm an ủi to lớn.

Năm 16 tuổi, Tycho đăng ký vào học ở Đại học Leipzig, Đức, để tiếp tục theo học về luật. Nhưng ông vẫn tiếp tục đam mê thiên văn học, rồi cả chiêm tinh học và giả kim thuật, và toàn bộ số tiền bạc của ông chỉ dành để mua sách và đủ các loại dụng cụ thiên văn. Việc quan sát các thiên thể thời đó được thực hiện bằng mắt thường (kính thiên văn vẫn còn chưa được phát minh: Galiléo hướng chiếc kính thiên văn đầu tiên lên bầu trời vào năm 1609), Tycho tự trang bị cho mình các kính tứ phân và lục phân, và nhiều đêm trắng để quan sát bầu trời. Năm 1563, ông đã được chứng kiến một sự kiện thiên văn khác: Một tinh xuất hiện thẳng hàng với Thổ tinh và đứng trước Thổ tinh. Tycho đã kiểm tra và thấy rằng hiện tượng này đúng là đã được thông báo bởi các bảng thiên văn, nhưng trên thực tế xảy ra chậm hơn nhiều ngày! Một sự thiếu chính xác mà ông cho là không thể chấp nhận được. Ông viết: "Tôi đã nghiên cứu tất cả bản đồ có trong tay về các hành tinh và các ngôi sao, và không có một cái nào giống cái nào. Có bao nhiêu nhà thiên văn thì có bấy nhiêu phép đo và phương pháp, và mỗi thứ lại cho ra các kết quả khác nhau. Cần phải lập một dự án lâu dài quan sát bầu trời từ một địa điểm duy nhất và trong nhiều năm."

Con đường của ông kể từ đó đã được vạch rõ: ông quyết định dành cả cuộc đời để thực hiện những quan sát chính xác hơn các chuyên động của các hành tinh và nâng cao chất lượng dự báo. Bất chấp sự phản đối của gia đình, Tycho đã từ bỏ luật học để theo đuổi thiên văn học.

Nhưng thiên văn học không ngăn được những bất ngờ của cuộc sống đã kéo giữ nhà khoa học trẻ. Vốn nóng tính, năm 1566, ông cãi nhau với một sinh viên về một định lý toán học ở trường Đại học Rostock. Và kết quả là một cuộc đấu kiếm xảy ra và ông bị mất đỉnh mũi. Trong suốt phần còn lại của cuộc đời, ông phải đeo một cái mũi giả làm bằng hỗn hợp vàng và bạc.

Trở lại Đan Mạch, năm 1572, Tycho phát hiện ra rằng một ngôi sao vừa xuất hiện trong chòm sao Tiên Hậu (Cassiopeia), sáng ngang Kim tinh, điều này đi ngược lại với các quan điểm Aristotle thời đó. Theo Aristotle, chỉ có Trái đất và Mặt trăng là thuộc thế giới luôn thay đổi và không hoàn hảo của sự sống, hao mòn và cái chết. Mặt trời và các thiên thể khác nằm trong một thế giới hoàn hảo, bất biến và vĩnh cửu, ở đó không có gì thay đổi. Bằng cách quan sát ngôi sao mới

nhiều ngày đêm liên tục, Tycho đã xác lập một cách chính xác rằng nó không chuyển động so với các ngôi sao xa khác. Điều này chứng tỏ nó ở rất xa, vượt ra rất xa thế giới không hoàn hảo của Trái đất và Mặt trăng, và nằm trong thế giới hoàn hảo và bất biến. Vậy mà, sự xuất hiện của một sao mới là gì nếu không phải là một sự thay đổi? Từ đó Tycho kết luận rằng Aristotle đã sai và trời không thể là bất biến.

Ngày nay, chúng ta biết rằng Tycho đã có lý và rằng ngôi sao mới không là gì khác mà chính là một sao siêu mới (*supernova*), vụ nổ kinh hoàng đánh dấu cái chết của một ngôi sao nặng trong Ngân Hà. Sự phát hiện ra sao siêu mới đã làm cho Tycho trở nên nổi tiếng khắp châu Âu. Ấn tượng trước phát hiện của Tycho, vua Đan Mạch Frédéric II đã ban thưởng cho ông hòn đảo Hveen nằm ngoài khơi biển Đan Mạch, nằm giữa Elseneur (nơi có lâu đài của Hamlet) và Copenhagen, cùng tất cả vốn liếng cần thiết cho việc xây dựng một đài thiên văn lớn. Năm 1576, Tycho đã tiến hành xây dựng Uraniborg (hay còn gọi là "Thiên Vương cung", vì Uranus chính là nạng thơ của thiên văn học), và đài này nhanh chóng trở thành đài thiên văn lớn nhất châu Âu. Tycho đã trang bị cho đài thiên văn của mình các dụng cụ lớn nhất và tinh xảo nhất thời đó. Những dụng cụ này, được chế tạo dưới sự giám sát chặt chẽ của Tycho ở ngay trong chính xưởng của ông, đã làm ông tiêu tốn cả một gia tài. Uraniborg đã hoàn thành năm 1580. Và tại đây, trong vòng 17 năm, Tycho đã tích lũy các quan sát thiên văn có độ chính xác không ai sánh kịp, nâng cao khoảng 10 lần độ chính xác của các quan sát của Ptolemy. Năm giữ quyền lực tối cao trong địa phận của mình, đảo Hveen, tính cách độc đoán và cá nhân của ông đã biến ông thành một nhà độc tài thực sự, làm cho những người trên đảo rất khó chịu.



Quan sát sao chổi năm 1577 đã khẳng định những nghi ngờ của Tycho về sự hoàn hảo của trời theo Aristotle. Trước đó sao chổi vẫn được coi là các hiện tượng thuộc khí quyển Trái đất, giống như cầu vồng vậy. Tycho chứng minh rằng không phải thế. Sao chổi thay đổi vị trí so với các ngôi sao nằm ở xa, chứng tỏ nó ở gần Trái đất hơn rất nhiều so với sao siêu mới của năm 1572, nhưng chuyển động này ở gần Mặt trời hơn so với chuyển động của Mặt trăng nên sao chổi phải ở xa Trái đất hơn Mặt trăng. Từ đó Tycho kết luận rằng chắc chắn nó phải nằm đâu đó trong vùng “các tinh cầu” hành tinh. Thực tế, để giải thích việc các hành tinh bị Mặt trời hút mà không bị rơi vào Mặt trời, người Hy Lạp đã gán cố định các hành tinh trên các mặt cầu tinh thể hay tinh cầu đồng tâm (tinh thể la trong suốt nên cho phép nhìn thấy các hành tinh qua các tinh cầu này), có tâm ở Trái đất bất động. Các mặt cầu này chuyển động quay, và điều này giải thích được chuyển động của các hành tinh. Quan sát sao chổi mang lại hai hệ quả cơ bản: thứ nhất, một thiên thể mới xuất hiện, điều này một lần nữa vi phạm tính bất biến của trời theo Aristotle; thứ hai, các quan sát rất chính xác của Tycho đã cho phép ông xác định được quỹ đạo của sao chổi này. Một sự thật nghiêm trọng là ông đã phát hiện ra quỹ đạo này là một elip, chứ không phải hình tròn. Người Hy Lạp trước kia nghĩ rằng mọi quỹ đạo trong bầu trời đều phải là tròn, bởi vì vòng tròn mới là dạng hình học hoàn hảo nhất. Vậy sự hoàn hảo của hình tròn kia đã biến mất đi đâu? Một hệ quả khác còn nghiêm trọng hơn: nếu quỹ đạo của sao chổi là elip và nó không ở xa hơn hành tinh xa nhất (tức là Thổ tinh, vì Thiên Vương tinh, Hải Vương tinh và Diêm Vương tinh vẫn còn chưa được phát hiện), nên sao chổi, trên quỹ đạo của nó, bắt buộc phải đi qua các “tinh cầu hành tinh”, các mặt cầu rắn bằng vật chất, một điều hoàn toàn phi lý! Tycho Brahe đã buộc phải rút ra kết luận rằng các tinh cầu hành tinh này là không có thực, chúng chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng của con người. Nhưng nếu vậy thì cái gì đã giữ các hành tinh trên quỹ đạo của chúng và ngăn không cho chúng đâm sầm vào Mặt trời?

Bất chấp những câu hỏi còn đang bị bó gối này, Tycho đã xây dựng một mô hình vũ trụ riêng của mình, một vũ trụ thỏa hiệp giữa vũ trụ nhật tâm của Copernicus và vũ trụ địa tâm của Ptolemy. Trong

vũ trụ này, năm hành tinh đã biết quay xung quanh Mặt trời, như trong mô hình vũ trụ nhật tâm, nhưng Mặt trời, cùng với đoàn hành tinh đã biết của nó, như Mặt trăng, quay quanh Trái đất đứng im. Còn Trái đất vẫn giữ vị trí trung tâm của nó như trong vũ trụ địa tâm. Mô hình thỏa hiệp của Tycho đã thực sự trở thành đối thủ cạnh tranh của mô hình nhật tâm của Copernicus cho tới tận thế kỷ XVII, rất lâu sau khi mô hình địa tâm của Ptolemy đã bị đẩy vào nghĩa địa của những mô hình chết.

Sau khi vua Frédéric II qua đời vào năm 1588, và trong một khoảng thời gian trị vì ngắn ngủi của người kế vị ông là Christian IV, các nhà quý tộc căm ghét sự độc lập của Tycho đối với quyền lực tôn giáo, sự khinh miệt của ông đối với tầng lớp quý tộc (ông kết hôn với một phụ nữ bình dân), những khoản tiền lớn đã chi tiêu để duy trì hoạt động của đài thiên văn (Tycho có không dưới từ 20 đến 30 cộng sự để trợ giúp ông trong các quan sát và tính toán), và sự miệt thị thường xuyên của ông đối với các tập tục của triều đình (ông có bên cạnh mình một anh hề lùn, và một con nai sừng tấm làm động vật nuôi trong nhà!), họ ghen tức với những thành công và sự nổi tiếng toàn châu Âu của ông, nên họ đã tìm mọi cách để ông bị mất tiền trợ cấp và bổng lộc từng giúp ông đảm bảo việc duy trì đài thiên văn và theo đuổi các công trình khoa học.

Bất công này chủ yếu do một thượng nghị sỹ đầy quyền lực có tên là Walckendorp, người đã trở thành kẻ thù đáng nguyền rủa của Tycho sau một rắc rối thuộc loại tầm phào nhất, gây ra. Một hôm, Walckendorp cùng nhà vua trẻ Christian IV đến thăm Uraniborg. Khó chịu trước tiếng sủa của hai chú chó Anh mà vua Scotland Jacques VI ban tặng cho Tycho, Walckendorp đã đá cho chúng mấy phát. Tycho bênh lũ chó của mình, và một cuộc cãi vã đã xảy ra. Viên thượng nghị sỹ sau đó đã làm tất cả để ngăn cản sự nghiệp của Tycho. Sau này nhà toán học và vật lý học người Pháp Pierre Simon de Laplace đã viết về viên thượng nghị sỹ có thói trả thù vật này như sau: "Tên của ông ta, cũng như tên của tất cả những kẻ đã lạm dụng quyền lực của mình để ngăn chặn sự tiến bộ của lý trí, phải bị liệt vào hàng đáng khinh miệt của mọi thời đại." Mất hết các trợ cấp, Tycho đã rời đảo Hveen năm 1597, mang theo sáu đứa con, các trợ lý, người hầu, sách vở và các dụng cụ thiên văn của mình. Ông đã nhiều lần đến Đức tìm kiếm



một nơi để xây dựng một đài thiên văn mới. Như ông từng tuyên bố “Nhà thiên văn phai là một người của bốn phương, vì anh ta không thể chờ đợi để các nhà chính trị ngu dốt đánh giá được công lao của mình”.

Năm 1599, Tycho đến Praha, xứ Bohême, tại đây ông được quốc vương Rodolphe II phong cho là “nhà toán học hoàng gia”. Vị vua này cũng đã ban tặng cho ông một mảnh đất để ông xây dựng một đài thiên văn mới. Nhưng Tycho không bao giờ được nhìn thấy công trình của mình khánh thành. Ông mất năm 1601 do bị bí tiểu quá lâu. Có thuyết cho rằng nguyên nhân là một bữa tiệc dài gần như bất tận, nhà thiên văn học của chúng ta vì lịch sự đã không dám đi tiểu. Một thuyết khác thì cho rằng có thể ông đã bị đầu độc. Khi qua đời, ông đã đặt vào tay người trợ lý trẻ của mình, nhà thiên văn người Đức Johannes Kepler (1571-1630), đến Praha chủ yếu để làm việc với ông, và là người kế nhiệm ông làm nhà toán học hoàng gia, rất nhiều quan sát tỉ mỉ về các thiên thể, đặc biệt là Hỏa tinh. Những lời cuối cùng của Tycho, được một trợ lý ghi lại vào cuối cuốn sổ ghi chép của ông, là: “Dù sao tôi đã không sống vô ích.” Và quả thực ông không có gì phải e sợ. Chính nhờ sự kiên định tuyệt vời của ông, Kepler đã có trong tay một kho báu các quan sát vô song, được tích lũy hết đêm này qua đêm khác trong suốt 17 năm ròng, thời gian cần thiết để theo dõi các hành tinh gần nhất trong nhiều vòng quỹ đạo của chúng quay quanh Mặt trời. Và chính ở những số liệu quan sát đó mà sau này Kepler đã khám phá ra bí mật về chuyển động của các thiên thể.

*Đọc thêm:* Arthur Koestler, *Những người miên hành* (Les Somnambules), Calmann-Lévy, 1960.

## **Bụi giữa các vì sao**

Môi trường giữa các vì sao (xem mục từ này) trong các thiên hà có hai quần thể chính: một là các nguyên tử và các phân tử khí, hai

là các hạt bụi. Các hạt bụi này dù rất nhỏ, cỡ một phần mười nghìn milimet, nhưng lại là không lồ ở thang nguyên tử. Kết quả của sự kết hợp hàng tỷ nguyên tử silic, magie, sắt, cacbon, và oxy được lực điện từ làm cho gắn kết với nhau thành một mạng cứng, các hạt bụi này có một lõi có dạng thuôn dài, được bao phủ một lớp băng mỏng. Đó là các vật rắn đầu tiên của vũ trụ. Chúng được sinh ra trong các vỏ bọc sao có kích thước lớn gấp hàng trăm lần Mặt trời, được gọi là các “sao kên đồ” (xem mục tư này).

Nếu như mật độ của các nguyên tử khí quá thấp trong môi trường giữa các vì sao (trung bình một nguyên tử khí hydro/cm<sup>3</sup>), thì bụi giữa các vì sao còn loãng hơn nữa. Trung bình, cứ một nghìn tỷ nguyên tử thì mới chỉ có một hạt bụi, tương đương với một hạt bụi trong một khối lập phương có mỗi cạnh bằng 100 m! Vật chất giữa các vì sao thưa thớt đến mức dù có thu lượm toàn bộ khí và bụi trong một thể tích không gian trong Ngân Hà bằng một thể tích lớn cỡ Trái đất, thì bạn cũng không có đủ vật liệu để chế tạo một viên bi nhỏ!

Tuy nhiên, bụi đóng một vai trò to lớn trong cách mà chúng ta cảm nhận các thiên hà. Nó hấp thụ ánh sáng của các sao, làm lu mờ một số ngôi và khiến chúng ta không nhìn thấy chúng. Nhưng không phải ánh sáng nào cũng bị hấp thụ. Các tia X, cực tím và nhìn thấy được dễ dàng bị hấp thụ, trong khi các ánh sáng hồng ngoại và radio xuyên qua các đám mây bụi mà không hề hấn gì. Nhìn chung, các ánh sáng giàu năng lượng có bước sóng - khoảng cách giữa hai đỉnh hay hai hõm của sóng - nhỏ hơn hoặc bằng kích thước của một hạt bụi, tức một phần mười nghìn milimet, sẽ bị hấp thụ trong khi các ánh sáng nghèo năng lượng hơn, bước sóng của chúng lớn hơn kích thước một hạt bụi, sẽ không bị hấp thụ. Trong ánh sáng nhìn thấy được, bụi thích hấp thụ màu xanh lam hơn màu đỏ, tới mức các sao nhìn có màu đỏ. Cũng chính hiệu ứng làm đỏ gây bởi các hạt bụi có trong khí quyển Trái đất đã tặng cho chúng ta một lễ hội các màu đỏ gạch và màu cam của cảnh hoàng hôn. Nếu, mặc dù tương đối hiếm hoi, bụi có thể làm tắt hoặc làm giảm ánh sáng của các ngôi sao, thì đó là vì không gian giữa các vì sao là vô cùng rộng lớn, và hiệu ứng ở đó có tính tích lũy. Một ống hình trụ có đáy 1m<sup>2</sup> cao từ đất lên tới ngôi sao gần Mặt trời nhất, sao Proxima của chòm Nhân mã, cách chúng

ta 4,3 năm ánh sáng, sẽ chứa 10 tỷ tỷ hạt bụi! Như vậy, không gian giữa các vì sao “bẩn” hơn khí quyển Trái đất 10 triệu lần. Không khí mà chúng ta hít thở chỉ chứa một hạt bụi trên mỗi một tỷ tỷ nguyên tử, trong khi môi trường giữa các vì sao lại chứa một hạt bụi trên một nghìn tỷ nguyên tử. Nếu chúng ta nén không gian giữa các vì sao lại cho tới khi đạt mật độ của khí quyển Trái đất, thì hiệu ứng của các hạt bụi sẽ có thể so sánh với màn sương dày tới mức bạn không thể nhìn thấy tay bạn chìa ra ngay trước mặt.

Ngoài những tác dụng lên ánh sáng của các sao, bụi còn đóng một vai trò khác cực kỳ quan trọng: chúng được dùng làm “nơi hò hẹn” cho các nguyên tử của các nguyên tố sinh ra từ lò luyện hạt nhân của các sao và nằm trong các đám mây giữa các vì sao. Các nguyên tử kết hợp lại với nhau trên bề mặt của chúng để tạo thành các phân tử (*xem mục từ này*) trong môi trường giữa các vì sao.

## Bức tường Planck (hay Bức tường nhận thức)

Tên tuổi của nhà vật lý người Đức Max Planck (1858-1947) chủ yếu gắn liền với ý tưởng về lượng tử ánh sáng được ông đưa vào vật lý đầu thế kỷ XX để giải thích bức xạ do vật “đen” phát ra ở một nhiệt độ nhất định. Như vậy, ông là một trong những người sáng lập ra cơ học lượng tử. Trong vũ trụ học, tên tuổi của ông được gắn với một khái niệm vô giới hạn hiểu biết hiện nay của chúng ta về nguồn gốc của vũ trụ, một loại “bức tường” nhận thức có tên là “Bức tường Planck”.

Thật vậy, chúng ta hiện vẫn chưa biết kể lại lịch sử của vũ trụ ở thời điểm zero, thời điểm sáng tạo ra thời gian và không gian. Sừng sững dựng lên trước mặt chúng ta là một bức tường ngăn không cho tiếp cận tới sự hiểu biết về nguồn gốc đó và bức tường này xuất hiện ở thời gian vô cùng nhỏ là  $10^{-43}$  giây sau vụ nổ khởi thủy, được gọi là “thời gian Planck”. Ở thời điểm đó, vũ trụ có kích thước vô cùng nhỏ  $10^{-33}$  cm (“độ dài Planck”), tức nhỏ hơn một nguyên tử hydro 10 triệu tỷ tỷ lần.

Vật lý hiện nay không còn đứng vững nữa đối với các thời gian và kích thước nhỏ hơn thời gian và độ dài Planck. Và sỡ dĩ như vậy là vì chúng ta vẫn chưa biết cách thống nhất hai lý thuyết lớn của thế kỷ XX, hai hòn đá tảng của vật lý hiện đại, là Cơ học lượng tử và thuyết Tương đối. Cơ học lượng tử mô tả những cái vô cùng nhỏ và giải thích hành trạng của các nguyên tử và ánh sáng khi lực hấp dẫn không đóng vai trò nổi trội. Thuyết Tương đối mô tả những cái vô cùng lớn và cho phép chúng ta tìm hiểu vũ trụ và các cấu trúc của nó ở thang vũ trụ, khi lực hấp dẫn điều khiển cuộc chơi và khi hai lực hạt nhân và lực điện từ (hãy nhớ lại rằng có cả thảy bốn lực cơ bản {xem mục từ này}) trong tự nhiên) không chiếm mặt tiền của sân khấu. Vậy mà, - và đây chính là nguyên nhân của khó khăn - ở thời gian Planck, cái vô cùng lớn lẫn lộn với cái vô cùng bé, bốn lực có tác dụng như nhau, nhưng chúng ta lại chưa có một lý thuyết “hấp dẫn lượng tử” để thống nhất chúng thành một “lý thuyết của vạn vật”, như cách gọi có phần cường điệu của các nhà vật lý học.

Nhiệm vụ thống nhất này không hề dễ dàng chút nào, vì giữa Cơ học lượng tử và thuyết Tương đối tồn tại sự không tương thích cơ bản đối với những thứ có liên quan đến hình học của không gian. Theo thuyết Tương đối, không gian vũ trụ ở đó hình thành các sao và các thiên hà là trơn nhẵn và hoàn toàn không có những xù xì góc cạnh. Ngược lại, không gian ở thang dưới nguyên tử là tất cả chỉ trừ trơn nhẵn. Đó là một dạng bọt không hình thù, chuyển động liên tục, không ngừng thay đổi, chứa đầy các điểm bất thường và những lượn sóng xuất hiện và biến mất theo các chu kỳ vô cùng ngắn ngủi: giống như một bức tranh điểm họa của Georges Seurat được phân tách thành vô số các chấm nhỏ khi người ta nhìn nó ở khoảng cách gần, không gian tan thành vô số các thăng giáng ở thang dưới nguyên tử.

Vậy thì làm thế nào có thể dung hòa được Cơ học lượng tử và thuyết Tương đối? Làm thế nào để vượt sang được bên kia bức tường Planck? Nếu ba lực khác đã chịu để cho thống nhất, thì lực hấp dẫn cho tới gần đây vẫn rất ngoan cố. Tuy nhiên, một lý thuyết dường như đã có thể khuất phục được nó. Đó là lý thuyết “siêu dây” (xem mục từ này). Lý thuyết này quan niệm rằng các hạt vật chất và hạt ánh sáng truyền các lực, kết nối các thành phần của thế giới lại với nhau và làm cho thế giới thay đổi và tiến hóa, chỉ là kết quả của các dao

động của các dây vô cùng nhỏ cỡ chiều dài Planck ( $10^{-33}$  cm). Điều rất đáng chú ý là, graviton, hạt truyền lực hấp dẫn và từ chối mọi cố gắng thống nhất trước đó, đã trả lời “có mặt” trong khuôn khổ của lý thuyết siêu dây.

Như vậy, các dây dao động và ca hát xung quanh chúng ta, và thế giới chỉ là một bàn giao hương không lồ. Nhưng lời kết còn lâu mới được viết ra. Lý thuyết Dây (xem mục từ này) hiện vẫn đang bị bao bọc bởi một bức màn toán học dày đặc mà các nhà vật lý học vẫn chưa thể vén lên được. Mặt khác, cho tới nay, nó vẫn chưa được kiểm chứng bằng thực nghiệm. Các nhà vật lý học hy vọng rằng với việc đưa vào hoạt động máy LHC tại CERN (Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu) vào năm 2009, một số khía cạnh của lý thuyết này có thể sẽ được kiểm chứng. Chỉ có tương lai mới có thể nói với chúng ta biết liệu lý thuyết này có khả năng khoan thủng bức tường nhận thức và giúp chúng ta lần ngược tới tận nguồn gốc của vũ trụ hay không. Cho tới nay, lý thuyết Big Bang chỉ mới mô tả vũ trụ đã tiến hóa như thế nào sau khi ra đời, chứ không mô tả nó đã bắt đầu như thế nào.

## **Bức tường vận tốc ánh sáng**

Thuyết Tương đối cấm vượt qua “bức tường” vận tốc ánh sáng. Vì vậy, mọi đối tượng vật chất dịch chuyển trong không gian đều với vận tốc thấp hơn vận tốc ánh sáng. Để hiểu điều cấm này, chúng ta hãy xem lại “thí nghiệm tưởng tượng” của Einstein. Hãy giả sử rằng chúng ta cưỡi trên một vật chuyển từ một vận tốc thấp hơn sang một vận tốc cao hơn vận tốc ánh sáng. Khi đó chúng ta có thể đuổi kịp một tia sáng chạy trước chúng ta, và vượt qua nó. Và chúng ta sẽ thấy vận tốc biểu kiến của ánh sáng đối với chúng ta sẽ giảm xuống, trở nên bằng không rồi tăng lên theo hướng ngược lại, nhưng điều này trái với quan sát của Michelson và Morley, theo đó một người quan sát luôn đo được cùng một vận tốc của ánh sáng trong chân không (300.000 km/s), cho dù chuyển động của anh ta có thể nào chăng nữa. Sự bất biến của vận tốc ánh sáng là cơ sở của thuyết Tương đối hẹp. Tương tự, không một đối tượng vật chất

nào có thể vượt qua “bức tường” theo hướng ngược lại bằng cách chuyển từ một vận tốc cao hơn sang một vận tốc thấp hơn vận tốc của ánh sáng.

Tồn tại một lý do khác, lý do có tính chất thực tiễn, ngăn cản sự tăng tốc của một vật để đạt đến vận tốc ánh sáng. Thuyết Tương đối nói với chúng ta rằng vận tốc của một vật càng tăng, thì khối lượng của nó cũng tăng theo cùng một tỷ lệ với sự kéo dài thời gian và co hẹp không gian - điều này đòi hỏi phải thêm rất nhiều nhiên liệu để đẩy vật, nhưng trọng lượng của nhiên liệu đó còn bổ sung thêm nữa vào khối lượng của vật và như vậy lại đòi hỏi nhiều nhiên liệu hơn nữa để đẩy nó... Một cái vòng luẩn quẩn: ở vận tốc của ánh sáng, khối lượng của vật trở nên vô hạn, đòi hỏi một lượng vô hạn nhiên liệu. Điều đó là không thể, và nó giải thích tại sao chúng ta không bao giờ có thể tăng tốc một đối tượng vật chất, có một khối lượng nhất định, lên tới vận tốc của ánh sáng. Vận tốc của nó có thể luôn luôn xích lại gần, đạt tới 99,99%, 99,9999%... vận tốc của ánh sáng, chứ không bao giờ bằng hoặc vượt được vận tốc đó.

Tuy nhiên, nếu thuyết Tương đối loại trừ sự vượt qua “bức tường” ánh sáng, thì ngược với những gì người ta thường tin, nó lại không cấm sự tồn tại của các hạt, hay các hiện tượng lan truyền nhanh hơn ánh sáng, từ thời điểm chúng không bao giờ chuyển động chậm lại để tụt xuống dưới vận tốc của ánh sáng. Các hạt giả thuyết có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng được gọi là các “tachyon”, bắt nguồn từ tiếng Hy Lạp *tachys* nghĩa là “nhanh”. Đó là các thực thể lý thuyết được sinh ra từ trí tưởng tượng phong phú của các nhà vật lý và được thuyết Tương đối cho phép. Các tachyon chưa bao giờ được phát hiện trong vũ trụ của chúng ta - và điều này quả là rất may mắn cho sức khỏe tinh thần của chúng ta, bởi vì sự hiện diện của chúng trong thế giới của chúng ta có thể sẽ gây ra rất nhiều nghịch lý trong vật lý. Logic như chúng ta biết sẽ hoàn toàn không còn ý nghĩa gì nữa. Sự hiện diện của các tachyon trong vũ trụ của chúng ta cho phép, trong một số tình huống, kết quả sẽ đến trước nguyên nhân: món trứng rán tồn tại trước khi quả trứng bị đập, cái đinh được đóng trước khi búa nện xuống, và viên đạn bay trúng đích trước khi tôi bóp cò. Nhờ các tachyon, tôi có thể gửi các tín hiệu về quá khứ, sửa đổi các sự kiện

từng diễn ra trước khi tôi xuất hiện trên thế giới này, như ngăn cản cuộc gặp gỡ của bố mẹ tôi, và như vậy hủy luôn cả sự ra đời của chính tôi! Einstein đã rất ý thức về những nghịch lý khó chịu nhao báng logic như chúng ta biết này. Mặc dù thuyết Tương đối hẹp của ông không chứa công thức toán học cấm sự tồn tại của các tachyon, nhưng ông đã tuyên bố dứt khoát, trong bài báo đăng năm 1905, rằng các hạt di chuyển với vận tốc lớn hơn vận tốc ánh sáng là không được phép.

Trong lịch sử vũ trụ, có một pha - pha lạm phát khởi thủy (xem: *Lạm phát của vũ trụ*), khi vũ trụ chuyển từ một kích thước nhỏ hơn một nguyên tử vài chục triệu tỷ lần sang kích thước của một đám thiên hà chỉ trong một phần nhỏ của giây ( $10^{-35}$  tới  $10^{-32}$  giây) - trong đó vận tốc giãn nở của vũ trụ cao hơn vận tốc của ánh sáng. Phải chăng ở đây điều cấm của thuyết Tương đối đã bị vi phạm? Không! Theo Einstein, không gian không phải là tĩnh, như trong vũ trụ Newton, mà là động. Đó là một không gian giãn nở được tạo ra liên tục. Vô cùng nhỏ khi mới được tạo ra, nó đã lớn lên theo thời gian trôi. Trong vũ trụ Einstein, không phải các thiên hà chuyển động trong một không gian bất động, mà là ngược lại, một không gian giãn nở kéo theo nó các thiên hà đứng im. Nếu không gì có thể di chuyển nhanh hơn ánh sáng trong một không gian tồn tại từ trước, thì thuyết Tương đối không ngăn cấm bản thân không gian được tạo ra với vận tốc lớn hơn vận tốc của ánh sáng.

## **Bức xạ hóa thạch**

*Xem: Ánh sáng hóa thạch*





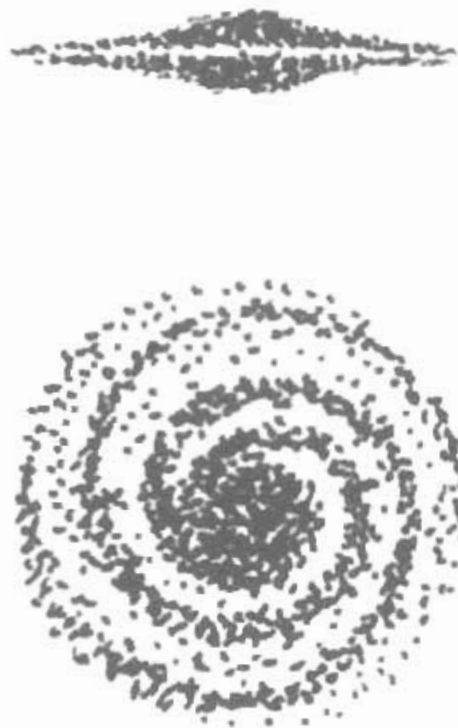
## Các Hệ Mặt trời khác

*Xem: Các hành tinh ngoài Hệ Mặt trời*

## Các loại thiên hà

Các thiên hà có các hình dạng và tính chất khác nhau. Chúng được chia làm ba loại chính. Đầu tiên là các thiên hà xoắn ốc, gọi như vậy là vì chúng có các cánh tay xoắn ốc xinh đẹp. Ngân Hà của chúng ta là một ví dụ. Các thiên hà xoắn ốc là nơi cư trú của các sao thuộc đủ loại lứa tuổi, khi thì sao trẻ (dưới 10 tỷ năm), khi thì sao già (gần bằng tuổi của vũ trụ, tức là khoảng 13-14 tỷ năm). Các ngôi sao trẻ và già không sống chung với nhau. Có một sự phân biệt rõ ràng. Các sao trẻ (như Mặt trời của chúng ta) trú trong một đĩa dẹt đường kính khoảng 100.000 năm ánh sáng, chung sống với các đám mây khí và bụi. Trong đĩa này diễn ra một chu trình liên tục chuyển hóa khí thành sao, và ngược lại. Chẳng hạn, các đám mây khí giữa các vì sao bị lực hấp dẫn hút sẽ co sập lại. Tâm của chúng nóng lên đến mức đủ khởi phát các phản ứng hạt nhân và cho ra đời các sao. Các ngôi sao sống bằng cách tiêu thụ nhiên liệu hạt nhân của mình, và chết khi cạn kiệt nhiên liệu. Những ngôi sao nặng nhất chấm dứt sự nghiệp của mình trong một vụ nổ lớn gọi là "sao siêu mới" và phóng một phần lớn lượng khí của mình vào không gian giữa các vì sao, được làm giàu thêm các nguyên tố nặng, sản phẩm của lò luyện hạt nhân của các sao và sao siêu mới. Các mảnh vỡ và xác sao tập hợp lại với nhau dưới tác dụng của lực hấp dẫn thành các đám mây giữa các vì sao, rồi những đám mây này sau đó sẽ lại co sập lại để tạo ra một thế hệ sao mới. Và một chu kỳ sinh tử mới lại bắt đầu. Như vậy, số phận của các thiên hà xoắn ốc ăn nhịp với các chu kỳ sao này. Trong Ngân Hà của chúng ta, Mặt trời là một tinh tú thuộc thế hệ thứ ba.

Người ta thấy các sao trẻ nhất và nặng nhất trong các “nhà trẻ” sao nằm dọc theo các cánh tay xoắn, tạo cho các cánh tay này một màu xanh lam lung linh đặc trưng của sao trẻ. Các khối cầu hydro đã bị ion hóa (các nguyên tử hydro bị mất electron) bao quanh các nhà trẻ sao này tạo cho chúng vẻ đẹp của vòng ngọc trai đeo cổ. Về phía trung tâm, mật độ sao tăng lên và đĩa dày hơn để tạo thành một cái bầu giống như phần lòng đỏ của quả trứng gà ốp lết. Trong một số thiên hà xoắn ốc, các sao nằm ở tâm thay vì phân bố thành dạng bầu, lại triển khai thành dạng một thoi chocolate. Đó là các thiên hà xoắn ốc “dạng thanh”. Và thiên hà chúng ta là một ví dụ.



Về phần mình, các sao già nằm trong một dạng quầng elip bao quanh đĩa. Tổng dân số sao, cả trẻ và già, lên tới hàng trăm tỷ Mặt trời. Các sao này phân biệt với nhau bởi chuyển động của chúng. Các sao trẻ, sinh ra trong đĩa, luôn ở đó ngoan ngoãn quay quanh tâm thiên hà, trong khi các sao ở quầng, sinh ra ở ngoài đĩa, có các chuyển động kém trật tự hơn, đi khắp quầng từ trên xuống dưới và ngược lại, và băng qua cả đĩa. Xung quanh quầng sao nhìn thấy được là một quầng rộng vật chất tối không nhìn thấy được (có thể có dạng elip), lớn gấp 10 lần quầng nhìn thấy được (bán kính của nó khoảng nửa triệu năm ánh sáng) và khối lượng bằng khoảng 1.000 tỷ khối lượng

Mặt trời, tức là gấp 10 lần khối lượng của thiên hà nhìn thấy được. Bản chất chính xác của vật chất cấu thành quầng không nhìn thấy được vẫn còn là một bí ẩn (xem: *Vật chất tối*).

Loại thứ hai là các thiên hà elip. Chúng thường không có đĩa, không có nhà trẻ sao, cũng chẳng có khí và bụi. Cư dân duy nhất của chúng là các sao già gần bằng vũ trụ, đi theo các quỹ đạo tương đối trật tự (giống như chuyển động của các sao trong quầng của thiên hà xoắn ốc), trong một vùng không gian có dạng elipxôit (vì thế người ta gọi chúng là thiên hà elip) tương đối dẹt. Các thiên hà này có đủ loại kích cỡ, từ không lồ cho đến thiên hà lùn. Các thiên hà elip không lồ có kích thước có thể đạt tới vài triệu năm ánh sáng và chứa trong lòng nó khoảng 1.000 tỷ sao. Còn các thiên hà elip lùn có kích thước không vượt quá 3.000 năm ánh sáng và chỉ chứa vài triệu ngôi sao. Mặc dù các thiên hà lớn thống trị về khối lượng, nhưng các thiên hà lùn lại lấn át về số lượng, vượt xa các thiên hà lớn với tỷ lệ 10:1, thậm chí còn hơn nữa. Tất cả đều có một quầng không nhìn thấy được, có khối lượng lớn gấp 10 lần phần nhìn thấy được.

Loại thiên hà cuối cùng là loại tạp nham. Người ta thấy ở đó tất cả các thiên hà không phải elip cũng không phải xoắn ốc, và gọi chúng là các “thiên hà bất thường”. Các thiên hà bất thường cũng chứa nhiều bụi, khí và sao trẻ (khoảng vài triệu năm tuổi) và có màu xanh như các đĩa thiên hà xoắn ốc. Nhưng ngược với các thiên hà xoắn ốc, chúng không có cấu trúc cân đối như một cái đĩa, một cái bầu hay các cánh tay xoắn ốc. Chúng cũng có các sao già (khoảng vài tỷ năm tuổi), nhưng không già bằng các sao của thiên hà elip. Chúng nhỏ cả về khối lượng và kích thước, khoảng 15-30.000 năm ánh sáng và chứa từ 100 triệu đến 10 tỷ Mặt trời. Chúng cũng được bao quanh bởi một quầng không nhìn thấy được nặng gấp 10 lần. Các ví dụ gần nhất với các thiên hà nhẹ bất thường là các Đám mây Magellan Lớn và Nhỏ, tô điểm cho bầu trời Nam cực, được đặt theo tên của nhà thám hiểm Bồ Đào Nha, người đã phát hiện ra chúng khi ông lần đầu tiên đi vòng quanh thế giới. Hai thiên hà lùn này quay quanh Ngân Hà, cách khoảng 170.000 năm ánh sáng. Nếu như khối lượng của các thiên hà lùn là rất nhỏ và chỉ góp một phần nhỏ vào tổng khối lượng của vũ trụ, thì chúng lại vượt trội về số lượng trong đàn số thiên hà. Ví dụ, trong Cụm Thiên hà Địa phương các thiên hà, trong đó có Ngân Hà của chúng ta và bạn

đồng hành của nó, thiên hà xoắn ốc Tiên nữ, là các thành viên chính, thì đa số các thiên hà khác (khoảng 30) là các thiên hà lùn.

## Các lực cơ bản

Bốn lực cơ bản chi phối vũ trụ. Thật vậy, thế giới xung quanh chúng ta - những ngọn núi Himalaya quanh năm tuyết phủ, những cánh hoa mỏng manh, khuôn mặt một em bé đang cười, Trái đất, các vì sao, các thiên hà - tất cả đều được quyết định bởi bốn lực ấy: đó là lực hấp dẫn, lực điện từ và hai lực hạt nhân mạnh và yếu. Các lực này có những đặc tính khác nhau. Và thật may mắn cho chúng ta, chính sự đa dạng này đã cứu thế giới khỏi sự đồng nhất tẻ nhạt, mang lại cho thế giới sự phong phú đa dạng và phức tạp tuyệt vời.

Lực hấp dẫn và lực điện từ có tầm tác dụng lớn, cường độ của chúng chỉ giảm theo bình phương khoảng cách, điều này cho phép chúng chi phối thế giới vĩ mô. Ngược lại, trường ảnh hưởng của các lực hạt nhân mạnh và yếu rất hạn chế: chỉ trong một phần mười nghìn tỷ ( $10^{-13}$ ) cm - tức bằng kích thước hạt nhân nguyên tử - đối với lực mạnh, và chỉ bằng 1% con số trên, tức là một phần triệu tỷ ( $10^{-15}$ ) cm đối với lực yếu, điều này giới hạn sự tác dụng của chúng chỉ trong thế giới dưới nguyên tử.

Mặt khác, các lực khác nhau này không tác dụng lên vật chất theo cùng một cách. Lực hấp dẫn không phân biệt và tác dụng lên mọi vật. Còn lực điện từ thì chỉ tác dụng lên các hạt cơ bản có điện tích; nó không có bất kỳ ảnh hưởng nào lên các hạt trung hòa về điện. Về phần mình, lực hạt nhân mạnh tác dụng lên các hạt cấu thành các viên gạch của hạt nhân nguyên tử, tức các proton và neutron, nhưng lại không hề có ảnh hưởng đến các electron và neutrino (neutrino là hạt trung hòa có khối lượng rất nhỏ hoặc bằng không và tương tác rất ít với vật chất thông thường). Về phần lực hạt nhân yếu, nó chỉ thể hiện trong một số phản ứng hạt nhân và là thủ phạm gây ra sự phân rã phóng xạ của một số nguyên tử.

Bốn lực này không có cùng cường độ. Chúng được sắp xếp theo một trật tự nghiêm ngặt. Đầu tiên là lực hạt nhân mạnh. Nó là lực có cường độ mạnh nhất, đúng như tên gọi của nó. Sau đó là lực điện từ, yếu hơn 137 lần, và lực hạt nhân yếu, yếu hơn 100.000 lần so với lực hạt nhân mạnh. Cuối cùng là lực hấp dẫn: lực này cực kỳ yếu, nó có cường độ nhỏ hơn lực hạt nhân mạnh một nghìn tỷ tỷ tỷ tỷ ( $10^{39}$ ) lần. Để cảm nhận được cường độ cực kỳ yếu của lực hấp dẫn, bạn chỉ cần lấy một cái nam châm nhỏ (loại nam châm mà bạn thường dính trên cửa tủ lạnh để treo các vật trang trí) là có thể hút một cái đinh dẹt dưới đất. Điều này có nghĩa là lực điện từ mà nam châm tác dụng lên cái đinh còn lớn hơn nhiều so với lực hấp dẫn mà Trái đất nặng sáu nghìn tỷ tỷ tấn tác dụng lên nó! Do lực hấp dẫn giữa hai vật tỷ lệ với tích khối lượng của chúng, nên nó chỉ có tác dụng đối với các khối lượng cực lớn, như các hành tinh, sao và thiên hà. Vì vậy, lực này tác dụng chủ yếu trong phạm vi của những cái vô cùng lớn.

Như vậy, cường độ của bốn lực cơ bản trên rất khác nhau trong vũ trụ ngày nay. Nhưng các cường độ này phụ thuộc vào nhiệt độ của vũ trụ. Sau quá trình tiến hóa 13,7 tỷ năm, nhiệt độ của vũ trụ đã giảm xuống rất thấp, khoảng 3 độ Kelvin (tức  $-270^{\circ}\text{C}$ ). Đó là nhiệt độ mà bạn có thể đo được trong khoảng không gian giữa các thiên hà. Nhưng mọi chuyện là hoàn toàn khác trong những phần giây đầu tiên của vũ trụ, khi nó mới chỉ được  $10^{-13}$  giây tuổi. Khi đó, nó đạt tới nhiệt độ cao đến mức không tưởng,  $10^{32}$  độ Kelvin. Các nhà vật lý cho rằng ở nhiệt độ nóng hơn mọi hỏa ngục mà Dante có thể tưởng tượng ra này, bốn lực trên có cùng cường độ và vì vậy chúng hợp thành một và chỉ một “siêu lực” (xem: *Thống nhất*).

### ***Lực điện từ***

Xem: Các lực cơ bản

### ***Lực hấp dẫn***

Xem: Các lực cơ bản

### ***Lực hạt nhân mạnh và yếu***

Xem: Các lực cơ bản

## Cái chết của proton

Các lý thuyết thống nhất (xem mục từ này) các lực - cụ thể là bốn lực cơ bản (xem mục từ này) của tự nhiên: lực hấp dẫn, hai lực hạt nhân yếu và mạnh, và lực điện từ, thành một siêu lực duy nhất ở những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ - nói rằng proton không sống vĩnh cửu và rằng nó sẽ phân rã sau một thời gian rất dài, hơn  $10^{32}$  năm. Người ta biết rằng proton có thể phân rã thành một positon (hay phản electron) và một hạt khác gọi là pion. Các nhà vật lý đã rất cố gắng để bắt qua tang một proton đang chết, nhưng cho tới nay vẫn chưa thành công. Chắc chắn là tuổi thọ của các nhà vật lý ngắn hơn tuổi thọ của proton hàng nghìn tỷ tỷ tỷ lần, và không thể chờ đến  $10^{32}$  năm để thấy một proton chết.

Nhưng Cơ học lượng tử nói với chúng ta rằng nếu như proton không bất tử, thì chúng có thể phân rã bất kỳ thời điểm nào. Thật vậy, vì tuổi thọ của proton là  $10^{32}$  năm, nên sẽ chỉ cần tập hợp  $10^{33}$  proton vào một vị trí là có thể quan sát được hàng chục proton phân rã trong một năm. Để rình proton chết, các nhà vật lý đã bơm vào các bể chứa hàng nghìn tấn nước lọc, vì nước là một nguồn proton tuyệt vời nhất. Các bể chứa này được đặt ngầm dưới đất trong một khu mỏ bỏ hoang để mặt đất ngăn chặn các tia vũ trụ, không cho chúng đi qua các bể nước để khơi phát ở đó các phản ứng giống cái chết của một proton. Nhưng, cho dù đã hết sức cố gắng, họ vẫn chưa bắt qua tang được bất kỳ một proton nào đang phân rã. Các thí nghiệm nói với chúng ta rằng proton phải sống lâu hơn  $10^{35}$  năm. Vậy liệu proton có "sống lâu" hơn người ta nghĩ không? Hay chúng ta phải thay đổi những ý tưởng về sự thống nhất các lực?

Dù thế nào chăng nữa, các nhà vật lý nghĩ, do vũ trụ ở những phần giây đầu tiên đã có một phần ty thiên vị đối với vật chất hơn phản vật chất (xem mục từ này) - điều này có hậu quả là chúng ta sống trong một vũ trụ vật chất (bởi vì nếu lượng vật chất và phản vật chất bằng nhau, thì chúng sẽ hủy nhau hoàn toàn, vũ trụ sẽ đầy photon và không thể nuôi dưỡng sự sống và ý thức) - nên proton không thể bất tử.

## Cặp Trái đất – Mặt trăng

Xem: Mặt trăng

## Cấu tạo hóa học của vũ trụ

Các thiên hà và sao gần như luôn có cùng cấu tạo hóa học: khoảng một phần tư là heli và ba phần tư là hydro, nếu xét về khối lượng. Ngược lại, tỷ lệ các nguyên tố nặng hơn heli là rất nhỏ, không vượt quá 2% về khối lượng. Điều này không ngăn cản các nguyên tố nặng đóng một vai trò cực kỳ quan trọng trong sự tiến hóa của vũ trụ, vì chính chúng cho phép tạo ra sự phức tạp và dẫn đến con người chúng ta. Trong khi tỷ lệ hydro và heli là rất ổn định ở các sao và thiên hà, thì tỷ lệ của các nguyên tố nặng có thể dao động với một hệ số hơn 100. Sự ổn định rất đáng chú ý này về tỷ lệ giữa hydro và heli không thể là kết quả của ngẫu nhiên. Nó phải phản ánh nguồn gốc của chúng.

Ngay từ năm 1939, người ta đã biết rằng các nguyên tố hóa học nặng hơn hydro được chế tạo trong các lò luyện vũ trụ khổng lồ mang tên các vì sao. Nhưng, do sự ổn định của chúng, hydro và một phần lớn heli đã phải được chế tạo ở ngay những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ; số lượng tương đối của chúng nhờ đó được ấn định một lần cho mãi mãi và không còn phụ thuộc vào sự tiến hóa của các ngôi sao và thiên hà trong hàng tỷ năm trong tương lai nữa, những thứ vốn là nguyên nhân gây ra sự biến thiên lớn về lượng của các nguyên tố nặng. Trong bối cảnh của lý thuyết Big Bang, các nhà vật lý đã tính được rằng trong khoảng ba phút sau vụ nổ khởi thủy, một phần tư khối lượng của vũ trụ được tạo thành từ heli, và ba phần tư còn lại từ hydro: đó cũng chính xác là cấu tạo hóa học của các sao và các thiên hà! Sự trùng hợp này là một trong những chiến thắng vĩ đại của lý thuyết Big Bang.

## Cầu vồng

Một trong những cảnh tượng của tự nhiên thuộc loại thần diệu nhất và chắc chắn cũng là kỳ ảo nhất chính là cầu vồng. Cầu vồng cung đa sắc xuất hiện giữa các giọt nước mưa vào cuối trận mưa dông. Một cái vòm có kích thước đồ sộ, màu sắc hai hòa, hình bán nguyệt hoàn hảo khiến người ta phải chiêm ngưỡng. Một cảnh tượng ánh sáng đã bắc cầu nối giữa thơ ca và khoa học: "Cầu vồng là một kỳ quan thiên nhiên tuyệt vời đến mức đó là một trường hợp lý tưởng để áp dụng phương pháp của tôi", triết gia và nhà vật lý người Pháp René Descartes (1596-1650) đã phải thốt lên.

Nhưng phải mãi đến đầu thế kỷ XIX người ta mới hiểu được một số khía cạnh cơ bản của cầu vồng. Tuy nhiên, cho tới ngày nay vẫn còn nhiều bí ẩn chưa được giải đáp hết liên quan đến đối tượng sáng kỳ diệu này. Để hiểu được cầu vồng phải có các công cụ toán học tinh vi nhất và đòi hỏi phải có tất cả những kiến thức hiện đại về bản chất của ánh sáng. Người ta đã phải tính đến không chỉ bản chất sóng của ánh sáng, với khả năng nhiễu xạ và sinh ra các vân giao thoa, mà còn phải tính đến cả bản chất hạt của nó nữa.

Các đặc tính làm nên vinh quang cho cầu vồng là không chỉ kích thước khổng lồ và vẻ đẹp lộng lẫy rực rỡ của nó, mà còn cả ở sự quý hiếm, sự xuất hiện bất ngờ và biến mất đột ngột của nó. Sau một trận mưa rào, khi Mặt trời xuất hiện trở lại trên bầu trời, bạn hãy quay đầu thật nhanh về phía ngược lại. Cầu vồng luôn xuất hiện trong hướng phản nhật, tức là hướng đối lập với Mặt trời. Mặt trời và cơn mưa phải cùng tồn tại trong bầu trời thì cầu vồng đa sắc mới hạ cố xuất hiện. Bầu trời, trong một cơn dông mùa hè, là thích hợp hơn cho sự xuất hiện của cầu vồng, vì một khoảng trời xanh được Mặt trời chiếu sáng có thể xuất hiện giữa các đám mây, trong khi bầu trời sẽ là tối nhất và hoàn toàn bị mây che phủ trong một cơn dông tố mùa đông. Nhưng nếu sự hiện diện của hai nhân vật chính này, Mặt trời và mưa, là điều kiện không thể thiếu, thì vẫn chưa đủ: ngay cả khi có cả Mặt trời và mưa, cầu vồng vẫn có thể không xuất hiện, do sự can thiệp của các nhân tố khác.

Độ rộng của cầu vồng đa sắc lớn gấp bốn lần kích thước góc của Mặt trăng tròn, tức cỡ 2°. Hai mút của nó cùng với vị trí ngắm của bạn



tạo thành một góc khoảng  $90^\circ$ . Vòng cung luôn rất tròn, nhưng trừ phi ngắm nó từ trên cao, như qua cửa sổ máy bay chẳng hạn, nhưng chúng ta sẽ không bao giờ thấy được toàn bộ vòng tròn, vì một phần của nó luôn luôn bị che khuất dưới chân trời. Nếu bạn nối một cách tương tượng tâm của vòng tròn cầu vồng (gọi là điểm phản nhật), mắt bạn và Mặt trời thành một đường thẳng, thì đường thẳng này sẽ xuyên qua mặt đất, vì tâm thường nằm bên dưới chân trời. Điều này có nghĩa là vào cuối ngày, do sự thẳng hàng của Mặt trời - mắt - tâm, Mặt trời càng xuống gần chân trời, thì cung và tâm của nó càng nâng lên cao, và cầu vồng sẽ có dạng một nửa vòng tròn vào đúng thời điểm Mặt trời lặn và biến mất dưới đường chân trời. Ngược lại, điều đó cũng có nghĩa là nếu Mặt trời lên cao hơn  $42^\circ$  bên trên đường chân trời, thì cầu vồng sẽ biến mất hoàn toàn dưới chân trời và như vậy nó sẽ không nhìn thấy được. Do đó, khả năng ngắm cầu vồng phụ thuộc vào độ cao của Mặt trời, tức là vào thời điểm của ngày. Bạn sẽ có nhiều cơ hội ngắm cầu vồng vào đầu giờ sáng hoặc cuối buổi chiều hơn vì Mặt trời ở những thời điểm này nằm thấp nhất trên bầu trời, điểm phản nhật nằm gần kề chân trời và một nửa cầu vồng gần như hoàn toàn nằm bên trên đường chân trời. Vị trí của Mặt trời trên bầu trời cũng phụ thuộc vào độ cao nơi bạn ngắm, và cả vào mùa nữa. Ở cùng một giờ trong ngày, Mặt trời mùa hè lên cao hơn Mặt trời mùa đông. Ở những vùng cao, Mặt trời mùa hè lên cao hơn ở các vùng thấp. Điều ngược lại xảy ra vào mùa đông. Chính vì thế, ở những vĩ độ của chúng ta, không ai thấy cầu vồng vào giữa ban ngày mùa hè, khi Mặt trời lên cao nhất trong bầu trời, ở độ cao góc lớn hơn  $42^\circ$  trên chân trời.



Đặc điểm lớn của cầu vồng, hiển nhiên đó là lễ hội các màu sắc mà nó ban tặng cho mắt chúng ta. Trật tự của các màu là bất biến. Màu đỏ luôn nằm ở mép trên, ở đỉnh cầu vồng. Sau đó lần lượt từ cao xuống thấp là các màu cam, vàng, lục, lam, và tím ở mép dưới. Trên thực tế, các màu này không thay đổi một cách đột ngột, mà là dần dần, hòa trộn tinh tế vào nhau. Chính cấu tạo của mắt làm cho chúng ta phân chia được các màu của cầu vồng thành các nhóm khác nhau.

Cầu vồng có một sự đa dạng đáng kinh ngạc. Không một cầu vồng nào giống một cầu vồng nào. Độ rộng tương đối của các dải màu và độ sáng của chúng thay đổi theo tất cả các cách khả dĩ. Cùng một cầu vồng thôi nhưng vẻ bề ngoài của nó có thể khác nhau ở các thời điểm khác nhau. Đôi khi, đi kèm với cầu vồng chính còn xuất hiện một cầu vồng thứ cấp; nó mờ hơn và nằm cao hơn trong bầu trời, nhưng trật tự các màu của nó thì đảo ngược lại: màu tím xuất hiện ở mép trên và màu đỏ ở mép dưới. Bán kính của cầu vồng thứ cấp hiển nhiên là lớn hơn, nó bằng  $51^\circ$ . Cầu vồng thứ cấp lớn hơn khoảng hai lần cầu vồng chính, cỡ khoảng  $4^\circ$ . Nếu để ý, bạn sẽ nhận thấy rằng không gian giữa hai cầu vồng sơ cấp và thứ cấp tối hơn hẳn so với bầu trời xung quanh. Ngay cả khi cầu vồng thứ cấp là không nhìn thấy được, thì bạn cũng sẽ thấy phần bầu trời phía trên cầu vồng sơ cấp mờ hơn phần bầu trời phía dưới. Vùng tối này giữa hai cầu vồng được gọi là “dải tối Alexandre”, theo tên của triết gia Hy Lạp Alexandre d'Aphrodise người đầu tiên mô tả nó vào năm 200 tCN. Đôi khi, nhưng hiếm hơn, bạn còn thấy một cầu vồng hẹp và mờ hơn viền phần bên trong của cầu vồng sơ cấp, gần phần cao nhất của nó. Và còn có những dịp hiếm hoi hơn nữa, ở cùng vị trí trên bạn có thể quan sát được không phải chỉ một, mà cả một loạt các cầu vồng như thế. Đó là các “cầu vồng dư”.

Ngày nay, những người sống ở thành thị, nơi bầu trời bị ô nhiễm khác hẳn với bầu trời trong như pha lê mà người Hy Lạp trước kia được ngắm, thì gần như không được hưởng những nét tinh tế này. Hằng ngày chúng ta bị nhấn chìm trong một mớ các hình ảnh dồn dập đến từ mọi phía, những cảnh đa dạng mà vô tuyến không ngừng làm chúng ta no mắt, rồi phải sống trong một môi trường mà cái nhìn của chúng ta thường bị chặn bởi các bức tường bê tông và các đám mây bị đen đi vì khí ô nhiễm thoát ra từ xe hơi nhiều hơn là bầu trời

xanh, ban đêm thì bị lóa mắt bởi ánh sáng nhân tạo của các đèn neon, nên cái nhìn của chúng ta đã mất đi phần lớn độ nhạy vốn có của nó. Chúng ta không còn biết nhìn nữa. Liên quan đến cầu vồng, ai có thể nói ngay lập tức mà không cần suy nghĩ là màu đỏ nằm ở mép trên hay mép dưới? Tôi vẫn thường thất vọng khi một số sinh viên theo học môn "Thiên văn học cho nhà thơ" của tôi, ở Đại học Virginia, không thể nói cho tôi biết giờ đang ở tuần trăng nào. Ấy vậy mà chỉ cần ngược mắt nhìn lên bầu trời và chiêm nghiệm nó.

Những quan sát đơn giản nhất thường lại tiết lộ nhiều chân lý nhất. Liên quan đến cầu vồng, một nhận xét quan trọng là nó luôn có dạng hình tròn, bất kể chúng ta quan sát nó ở vị trí nào. Một kết luận căn bản rút ra từ đó là cầu vồng không thể là vật chất, nó chỉ có thể là một đối tượng sáng thuần túy. Thực tế, nếu nó là một vật cụ thể, như một cái vòm cầu kim loại được tô màu cắm xuống đất, chẳng hạn, thì hình dạng của nó phải thay đổi tùy theo vị trí mà tôi ngắm nó: ở mặt trước, nó phải có chính xác hình dạng của một cung tròn mà chúng ta vẫn quen thuộc, nhưng nhìn nghiêng, nó sẽ có một dạng ôvan, và ở mặt bên nó trông như một đường thẳng rất mảnh. Vậy mà thực tế lại không phải như vậy: cầu vồng vẫn giữ một cách ương ngạnh dạng hình tròn của nó bất kể vị trí của tôi ở đâu, cứ như thế tôi luôn ngắm nó một cách trực diện vậy. Kết luận rút ra ở đây là rất đáng ngạc nhiên nhưng không thể khác: không tồn tại một cầu vồng duy nhất, mà có vô số cầu vồng, mỗi cầu vồng tương ứng với mỗi một vị trí của tôi, và được định hướng sao cho tôi thấy nó luôn luôn ở đối diện. Bạn của tôi, người đứng ngắm bên cạnh tôi cảnh tượng chiếc cầu vồng đa sắc, trên thực tế sẽ thấy một cầu vồng khác cầu vồng mà tôi thấy! Nếu đẩy lập luận của tôi lên mức cực đoan, người ta thậm chí có thể nói rằng mỗi một mắt tôi nhìn thấy một cầu vồng khác nhau!

Như vậy, cầu vồng không phải là một đối tượng vật chất, mà là kết quả của một trò chơi ánh sáng, nó thay đổi theo vị trí của người quan sát. Vì là phi vật chất nên dạng hình tròn hoàn hảo và sự cân xứng của nó sẽ không bao giờ bị phá vỡ.

Bạn sẽ bác lại rằng cầu vồng chắc chắn phải có một tính xác thực nhất định nào đó chứ, bởi vì bạn có thể dễ dàng thu lại hình ảnh của nó bằng một máy chụp ảnh. Nhưng một máy ảnh hoạt động chính xác như mắt bạn, hình ảnh của chiếc cầu vồng được phóng chiếu trên

một phim hay một detector điện tử thay vì được phóng chiếu trên võng mạc. Bắt hình ảnh của một cái gì đó hoàn toàn không phải là một bằng chứng không thể bác bỏ được về sự tồn tại khách quan của nó. Ngược lại, bởi vì cầu vồng không phải là vật chất, nên bạn sẽ không bao giờ thấy nó phản chiếu trong nước hồ, hay trong gương. Cầu vồng như một bóng ma kỳ ảo treo lơ lửng trong không trung vậy.

Bởi vì cầu vồng không phải là một đối tượng vật chất, bởi vì bản chất của nó là vô thường, bởi vì nó chỉ là sản phẩm của ánh sáng đến từ đằng sau chúng ta, bởi vì nó trở nên khác khi chúng ta di chuyển, nên chúng ta không bao giờ bắt được nó, cũng như không thể chạm được vào nó. Chúng ta không bao giờ tóm bắt được hai đầu mút tường nhu cắm chặt xuống mặt đất của nó. Trong thời kỳ xa xưa, một điều mê tín khẳng định rằng ở chân của mỗi cầu vồng có một kho báu lớn. Cho tới tận ngày nay, một số người vẫn còn nghĩ rằng họ có thể đi đến vị trí chính xác của hai điểm mút của cầu vồng để tìm thấy kho báu ở đó!

Aristotle (384-322 tCN) là người đầu tiên tìm cách giải thích một cách lý tính về cầu vồng trong tác phẩm *Khí tượng học* (*Météorologiques*). Mặc dù Aristotle không nhận ra được một cách chính xác các nguyên nhân của hiện tượng này - ông cho rằng đó là kết quả phản chiếu một cách không bình thường ánh sáng Mặt trời của các đám mây - nhưng cách giải thích của ông về dạng hình tròn của cầu vồng lại là chính xác và cho tới nay vẫn đúng. Aristotle đã hiểu rất đúng rằng chỉ riêng dạng hình tròn mới có thể giữ được quan hệ hình học như nhau giữa Mặt trời, người quan sát và mọi điểm của cầu vồng. Như vậy ông đã ý thức được rằng cầu vồng không thể là một đối tượng vật chất, có một vị trí chính xác trong bầu trời, mà là kết quả của một trò chơi ánh sáng phụ thuộc vào hướng mà người ta nhìn nó. Hình học đã cho phép triết gia Hy Lạp này đưa ra một cách giải thích chính xác về hình dạng của cầu vồng, mặc dù ông nhầm lẫn về nguyên nhân chính xác của nó. Còn về các màu khác nhau của cầu vồng, thì Aristotle cho rằng chúng là do các mức độ yếu dần của ánh sáng: ánh sáng bị suy yếu mạnh nhất có màu xanh lam, trong khi màu đỏ ứng với ánh sáng bị suy yếu ít nhất.

Sau Aristotle, sự việc dừng lại mãi ở đó trong suốt 17 thế kỷ. Năm 1266, triết gia và nhà bác học người Anh Roger Bacon (1220-

1292) là người đầu tiên đo được bán kính  $42^\circ$  của cầu vồng sơ cấp. Ông cũng đã hiểu được rằng mỗi cầu vồng sẽ đều khác đi tùy theo người quan sát. Một trong những người đương thời với ông, một thầy tu dòng Dominique là Théodoric de Freiberg, sau đó đã quan tâm đến bản chất của cầu vồng. Cuốn sách *Về cầu vồng và các ấn tượng gây bởi các tia sáng* (De l'arc-en-ciel et des impressions causées par les rayons lumineux) của ông xuất bản năm 1304 nằm trong số những đóng góp chính cho vật lý Trung cổ. Trong tác phẩm này, Théodoric de Freiberg bác bỏ cách giải thích của Aristotle cho rằng cầu vồng tạo thành là do sự phản chiếu tập thể của tất cả các giọt nước mưa trong một đám mây, nhưng ông khẳng định rằng mỗi giọt nước mưa được lấy riêng rẽ là nguyên nhân tạo ra cầu vồng riêng của nó. Ý tưởng nền cơ bản này sau đó đã cho phép đột phá bí mật của chiếc vòng cung đa sắc này.

Để đi đến cùng các bí mật của cầu vồng, Freiberg đã lao vào làm các thí nghiệm về ánh sáng với một quả cầu thủy tinh chứa đầy nước mô phỏng một giọt nước mưa. Mặc dù quả cầu nước có kích thước lớn hơn rất nhiều so với kích thước một giọt nước mưa, nhưng sự loại suy là hoàn hảo, và điều này cho phép Théodoric nghiên cứu chi tiết đường đi của các tia sáng bên trong quả cầu nước. Dựa trên các kết quả thí nghiệm của mình, viên thầy tu người Đức đã chứng minh được rằng vòng cung sơ cấp của cầu vồng là sản phẩm của các tia sáng đi vào một giọt nước và chịu sự khúc xạ đầu tiên khi ánh sáng từ không khí đi vào trong giọt nước, rồi sau đó bị phản xạ toàn phần ở thành trong của giọt nước này, và cuối cùng bị khúc xạ lần thứ hai khi ánh sáng đi ra khỏi giọt nước vào không khí bên ngoài.

Để hiểu các khúc xạ này, cần phải nhớ lại rằng ánh sáng chỉ di chuyển với vận tốc không đổi trong chân không. Thực tế, vận tốc này, bằng khoảng 300.000 km/s, là một trong những hằng số cơ bản của tự nhiên. Nhưng khi ánh sáng đi vào trong một môi trường vật chất, thì vận tốc của nó thay đổi phụ thuộc vào các tính chất của môi trường này. Môi trường được đặc trưng bởi một "chiết suất" là tỷ số của vận tốc của ánh sáng trong chân không với vận tốc của nó trong môi trường đang xét. Đối với không khí, chiết suất lớn hơn 1 một chút, có nghĩa là vận tốc của ánh sáng trong không khí thấp hơn vận tốc của nó trong chân không một ít, và trong nước chiết suất này là khoảng

1,33, như vậy vận tốc của ánh sáng trong nước thấp hơn khoảng 25% so với vận tốc của nó trong chân không.

Théodoric cũng đã đưa ra một cách giải thích cho vòng cung thứ cấp: vòng cung này là sản phẩm không phai của một, mà là hai phản xạ toàn phần của ánh sáng ở bên trong giọt nước, ngoài hai khúc xạ khi ánh sáng đi vào và đi ra khỏi giọt nước. Vì một phần của ánh sáng bị tiêu hao sau mỗi phản xạ, nên cung thứ cấp mờ hơn cung sơ cấp. Còn về sự tồn tại của đai tối Alexandre cũng rất dễ hiểu: các giọt nước không thể sinh ra cũng không thể làm triệt tiêu ánh sáng; ánh sáng mà nó tập trung trong hai cung sơ cấp và thứ cấp đã bị lấy đi từ vùng giữa hai cung đó. Và chính điều đó giải thích được tại sao vùng này trông lại tối hơn.

Nhưng nếu các giọt nước chính là nguyên nhân gây ra cầu vồng, thì tại sao cầu vồng lại vẫn hiện diện một cách uy nghi, mà không hề bị sụp đổ? Théodoric trả lời: cầu vồng không sinh ra chỉ từ những giọt nước mưa cố định; khi mà một số giọt nước rơi xuống đất, thì lại có một số khác rơi thế chỗ chúng. Như vậy, không chỉ cầu vồng của tôi khác cầu vồng của người bên cạnh, mà cái cầu vồng mà tôi vẫn tin chỉ là một thôi, thì thực ra là một chuỗi các cầu vồng khác nhau gây bởi các giọt nước mưa nối tiếp nhau.

Théodoric đã đưa vào lý thuyết của mình cách chứng minh của Aristotle về dạng hình tròn của cầu vồng. Ông phát triển ý tưởng cho rằng hình dạng của cầu vồng hoàn toàn được xác định bởi mối quan hệ hình học giữa Mặt trời, mắt của người quan sát và giọt nước mưa. Chẳng hạn, tất cả các giọt nước mưa nằm dọc theo một vòng tròn theo hướng đối lập với Mặt trời và tâm của nó tạo thành một đường thẳng với Mặt trời và mắt người quan sát có một quan hệ hình học đồng dạng. Như vậy, chúng phải có cùng màu và điều này giải thích tại sao các vòng tròn màu làm chúng ta vui mắt lại là các vòng tròn đồng tâm.

Mặc dù đã thành công ngoạn mục trong việc giải mã các bí mật của cầu vồng, nhưng Théodoric vẫn còn để ngò rất nhiều câu hỏi. Đặc biệt, ông không thể giải thích được tại sao bán kính của vòng cung sơ cấp có tâm là điểm phản xạ lại luôn là  $42^\circ$ , bất chấp khoảng cách giữa các giọt nước và người quan sát, dù đó là một mét hay mười kilomet. Hơn nữa, vẫn còn một câu hỏi hóc búa về các màu

khác nhau của cầu vồng: viên thủy tinh người Đức nghĩ rằng mỗi một màu trong cầu vồng bắt nguồn từ sự yếu đi của ánh sáng trong một giọt nước là khác nhau. Nhưng, trong trường hợp này, cái gì ở bên trong giọt nước đã thay đổi để nó có thể làm cho ánh sáng bị yếu đi một cách khác nhau, và do đó tạo ra các màu khác nhau?

Théodoric sống trong thời kỳ chưa phát minh ra máy in, và các ý tưởng của ông không được phổ biến một cách rộng rãi. Các tác phẩm của ông được chép lại bằng tay một cách cẩn thận đã được xếp vào giá sách thư viện của các tu viện và bắt đầu bị phủ bụi.

Những kết quả của Théodoric đã bị lãng quên trong suốt ba thế kỷ. Phải mãi đến thế kỷ XVII thì René Descartes mới phát hiện lại chúng một cách hoàn toàn độc lập và cũng sử dụng cùng những lập luận như thế. Năm 1637, Descartes đã công bố các phát hiện của ông về cầu vồng trong tác phẩm *Bàn về khí tượng* (*Discours des météore* - thời kỳ đó từ "khí tượng" (*météore*) chỉ các hiện tượng diễn ra giữa Đất và Mặt trăng), tiếp sau tác phẩm nổi tiếng *Bàn về phương pháp* (*Discours des méthodes*) của ông xuất bản cùng năm. Nhà bác học người Pháp có thêm một đóng góp quan trọng: dựa trên các định luật khúc xạ ánh sáng, ông đã chứng minh được rằng phần lớn các tia Mặt trời ló ra khỏi các giọt nước mưa là nguyên nhân gây ra vòng cung sơ cấp, sau một phản xạ và hai khúc xạ, đều theo một hướng ưu tiên, tương ứng với một góc khoảng...  $42^\circ$ . Lần đầu tiên, đã có một giải thích cho bán kính của vòng cung sơ cấp. Nhưng Descartes còn đi xa hơn: ông cũng quan tâm đến vòng cung thứ cấp; và ông đã chứng minh được rằng nếu các tia sáng chịu hai lần phản xạ cộng với hai lần khúc xạ khi chúng đi vào và đi ra giọt nước, thì chúng sẽ ló ra theo một hướng ưu tiên khác ứng với một góc bằng  $51^\circ$ . Đây chính là giá trị quan sát được của bán kính vòng cung thứ cấp.

Nhưng dù đã rất tài tình, bản thân Descartes cũng chưa đưa ra được một cách giải thích thỏa đáng cho các màu của cầu vồng. Ông đã gán một cách sai lầm những màu sắc này là do chuyển động quay của các hạt ánh sáng, cụ thể là các màu sắc khác nhau được sinh ra bởi các hạt đó khi chúng quay quanh mình nó nhanh hay chậm. Bí mật về các màu của cầu vồng này đã phải chờ đến sự xuất hiện của nhà ảo thuật Isaac Newton (1642-1727) mới được giải quyết. Vào năm 1666, năm mà ông cũng đã phát hiện ra định luật Vạn vật hấp dẫn

và phép tính vi phân, nhà vật lý 23 tuổi người Anh này đã dùng một lăng kính phân tích ánh sáng trắng của Mặt trời thành các màu khác nhau. Ông cũng đã chứng minh được rằng không chỉ ánh sáng trắng là một hỗn hợp của các màu, mà chiết suất của lăng kính (hay của giọt nước) là khác nhau đối với các màu khác nhau, nghĩa là ánh sáng bị lệch hướng một cách khác nhau tùy theo màu sắc (hay bước sóng) của nó, hiệu ứng mà các nhà vật lý gọi là “sự tán sắc”. Như vậy, mỗi một thành phần màu cho một cung hơi khác nhau. Cái mà chúng ta tưởng là một và chỉ một thực thể “cầu vồng” hóa ra là một tập hợp các cung màu sắc khác nhau hơi bị xé dịch một chút so với nhau. Do đó, các bán kính góc của hai cung sơ cấp và thứ cấp sẽ hơi thay đổi theo màu sắc của tia sáng. Chẳng hạn, đối với ánh sáng đỏ, bước sóng 800 nanomet, bán kính góc là  $42,60^\circ$  đối với cung sơ cấp và  $49,92^\circ$  đối với cung thứ cấp. Đối với ánh sáng tím, bước sóng 400 nanomet, các góc này lần lượt là  $40,51^\circ$  và  $53,73^\circ$ . Các độ rộng góc của cung sơ cấp là  $2^\circ$  và của cung thứ cấp khoảng  $4^\circ$ , không là gì khác chính là hiệu các góc lệch của các tia màu đỏ và tím. Như vậy, Descartes và Newton đã đột phá gần hết các bí mật của cầu vồng.

Ánh sáng trắng bị phân tách không chỉ xuất hiện trong bầu trời vào cuối trận mưa rào. Các đoạn cầu vồng cũng có thể xuất hiện ngay khi ánh sáng Mặt trời có cơ hội đùa giỡn với các giọt nước. Người ta có thể phát hiện ra chúng ở những nơi bất ngờ nhất và trong những hoàn cảnh đa dạng nhất. Để tìm được chúng, ta chỉ cần mở mắt và thả mình vào các vẻ đẹp của tự nhiên. Chẳng hạn, trong một ngày trời nắng, đầu buổi sáng sớm, bạn hãy đi ngắm một đồng cỏ xanh phủ đầy sương mai. Bạn sẽ thấy ánh sáng của ngày đùa giỡn với các giọt sương và đồng cỏ lấp lánh bằng hàng nghìn tia sáng. Bạn sẽ quan sát thấy rằng các giọt nước treo trên đầu ngọn cỏ, một số phô bày thứ ánh sáng phản chiếu sáng lòa, một số khác lại phô bày các đoạn cầu vồng tuyệt vời. Giờ hãy tập trung chú ý vào các mạng nhện giăng rải rác đâu đó trong đồng cỏ. Chúng cũng được phủ đầy sương mai, và điều này cũng tạo ra các mẫu cầu vồng đẹp mắt. Trên bãi biển, đôi khi bạn cũng thấy cầu vồng xuất hiện trong bọt sóng. Nếu bạn đi tàu thủy, thì chớ quên ngắm từ mũi tàu các “cầu vồng biển” trong các con sóng mà con tàu tiến lên phía trước tạo ra. Cũng hãy đi ngắm các thác nước trong dãy Alpes hay thác Niagara, nằm giữa biên giới Mỹ



và Canada, và bạn cũng có thể có cơ hội được ban thưởng canh tương cầu vồng sinh ra từ nước đổ xuống. Các đoạn cầu vồng cũng có thể xuất hiện ở góc phố khi một người lái xe phóng nhanh qua một vũng nước làm nước bắn tung tóe vào bạn. Bạn thậm chí có thể tự tạo một cầu vồng riêng bằng cách ngậm đầy miệng nước rồi phun ra, hay, tốt hơn, chịu khó tưới cây bằng vòi phun trong vườn nhà bạn. Thực tế, cầu vồng dễ quan sát nhất khi Mặt trời chiếu sáng là cầu vồng của hệ thống tưới nước mà bạn trang bị trong vườn. Cần nhớ rằng, nước không phai lúc nào cũng nhất thiết phai có, một giọt nhựa cây cũng có thể làm nên chuyện: người ta cũng có thể thấy ở đó một đoạn cầu vồng với điều kiện nhìn nó từ một góc thích hợp và khi trời có nắng. Trong tất cả các tình huống này, trình tự các màu của cầu vồng luôn là như nhau: từ màu đỏ ở mép trên cho tới màu tím ở mép dưới - vì vật lý nằm phía sau hiện tượng này là không thay đổi.

## **Chân không của vũ trụ**

Được lực hấp dẫn thúc đẩy, các thiên hà tập hợp lại với nhau thành các đám và siêu đám. Liệu trong vũ trụ có còn tồn tại các cấu trúc còn rộng lớn hơn các siêu đám thiên hà không?

Việc đo đạc vũ trụ ở thang lớn đã phát lộ một khung cảnh thuộc loại đáng ngạc nhiên nhất. Đến lượt mình, các siêu đám thiên hà lại xếp thành các sợi trải dài đến hút tầm mắt trên hàng trăm triệu năm ánh sáng. Kỳ diệu hơn nữa: các sợi này lại phân định trong vũ trụ các khoảng chân không mênh mông, các thể tích hình cầu khổng lồ mà trong đó người ta có thể đi hàng trăm triệu năm ánh sáng ngang dọc mà không gặp một thiên hà nào. Các thiên hà đã phát triển bản năng quần cư tới mức chúng tập hợp lại với nhau thành các cụm (những ngôi làng vũ trụ), các đám (những thành phố của vũ trụ) và các siêu đám (những đại đô thị của vũ trụ) để lại một vùng nông thôn bao la hoàn toàn hoang vắng. Các cấu trúc này chỉ chiếm một phần mười tổng thể tích vũ trụ. Phần còn lại đều là chân không.

Khung cảnh vũ trụ giống như một tấm toan vũ trụ không lỗ mà các siêu đám được sắp xếp thành các sợi ngang dọc tạo nên kết cấu, các đám dày đặc nhất tạo thành các nút, và các khoảng chân không không lỗ hình cầu tạo thành các mắt vai.

## Chân không lượng tử

Khi nói đến chân không là chúng ta nghĩ ngay tới một cái gì đó không chứa gì cả. Vậy mà, trong vật lý lại không phải như vậy. Trong cơ học lượng tử, chân không lại có đủ thú. Đó là một chân không sống động, chứa đầy các cặp hạt và phản hạt ảo, các trường năng lượng xuất hiện và biến mất theo các chu kỳ sinh từ dữ dội cực kỳ ngắn ngủi, chỉ bằng thời gian Planck (xem mục từ này),  $10^{-43}$  giây.

Điều đó trở nên có thể là nhờ sự nhờ của năng lượng được mô tả bằng nguyên lý bất định của nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg (1901-1976). Vì các cặp ảo này có tuổi thọ vô cùng ngắn ngủi nên người ta không thể phát hiện được chúng một cách trực tiếp. Nhưng chúng có các hiệu ứng gián tiếp đáng kể có thể đo được. Chẳng hạn, chúng làm thay đổi hành trạng của nguyên tử hydro. Năm 1948, nhà vật lý người Hà Lan Hendrik Casimir (1909-2000) đã đưa ra một thí nghiệm đơn giản để chứng minh sự tồn tại của các hạt ma quái sống trong chân không này: đặt hai tấm kim loại cạnh nhau. Điều gì sẽ xảy ra? Trước khi có cơ học lượng tử, một nhà vật lý hẳn sẽ trả lời bạn: “Không gì hết! Các tấm kim loại không nhúc nhích.” Nhưng với cơ học lượng tử, thì linh hình sẽ hoàn toàn khác. Casimir hiểu rằng áp lực rõ ràng tạo bởi các hạt ảo của “chân không” phải thể hiện bằng một lực rất nhỏ đẩy các tấm kim loại lại với nhau. Có một sự dịch chuyển cực nhỏ của hai tấm này, nhỏ đến nỗi phải chờ tới 50 năm sau thì công nghệ cuối cùng mới có thể bắt kịp lý thuyết này. Năm 1997 người ta đã quan sát được một sự dịch chuyển rất nhỏ của hai bề mặt chỉ cách nhau vài phần nghìn milimet. Lực mà các hạt ảo tác dụng lên hai bề mặt chỉ bằng lực của một hồng cầu tác dụng lên lòng bàn tay!

Mỗi hạt (hoặc mỗi trường năng lượng) có một năng lượng rất nhỏ có thể dương hoặc âm. Vì thế người ta có thể hy vọng sẽ không có sự triệt tiêu hoàn toàn các năng lượng âm và dương, và rằng không gian chứa đầy một năng lượng không bằng không. Về nguyên tắc, chúng ta có thể tính được năng lượng của chân không nhờ lý thuyết lượng tử. Nhưng chúng ta đã vấp phải một vấn đề nghiêm trọng: các tính toán đơn giản nhất cho thấy mật độ năng lượng của chân không bằng  $10^{44}$  g/cm<sup>3</sup>, tức lớn gấp  $10^{120}$  (số 1 theo sau là 120 số 0) lần mật độ năng lượng của vật chất và bức xạ của vũ trụ quan sát được, và của năng lượng tối cần thiết để giải thích sự tăng tốc của nó<sup>4</sup>. Với một năng lượng của chân không lớn đến như thế, mọi vật chất trong vũ trụ sẽ tức khắc bị nổ tung! Các vật ban đầu cách nhau vài centimet sẽ gần như ngay lập tức được đưa ra xa nhau đến các khoảng cách lớn khủng khiếp! Vũ trụ sẽ tăng gấp đôi kích thước sau  $10^{-43}$  giây, và quá trình này sẽ tiếp tục mãi mãi cho đến khi năng lượng của chân không biến mất! Một kết quả hiển nhiên là phi lý... Nhà vật lý người Nga Iakov Zeldovitch (1914-1987) là người đầu tiên giải thích được vấn đề này vào năm 1967. Trong ba thập kỷ sau đó, các nhà vật lý đã kiên trì và miệt mài tìm hiểu tại sao các tính toán của họ lại cho ra một kết quả sai mười mươi và một năng lượng của chân không cao một cách đến nực cười như vậy. Đây chắc chắn là sự không phù hợp giữa quan sát và lý thuyết lớn nhất chưa từng thấy trong lịch sử khoa học!

Nhiều gợi ý liên quan đến năng lượng tối đã được đưa ra, nhưng cho tới lúc này không gợi ý nào khiến cho bạn cảm thấy hứng thú cả. Phần lớn các nhà vật lý cho rằng phải tồn tại một cơ chế chưa biết làm triệt tiêu, nếu không phải là toàn bộ, thì cũng phải một phần rất lớn năng lượng của chân không. Trên thực tế, quan niệm hiện đang là thời thượng là quan niệm cho rằng chân không là hoàn toàn... rỗng, nó chứa một năng lượng bằng không và hoàn toàn không có hoạt động gì, giống như quan niệm ngây thơ về chân không mà chúng ta vẫn nghĩ. Nhưng phát hiện ra sự tăng tốc của vũ trụ vào năm 1998 đã làm đảo lộn tất cả: chân không không hoàn toàn rỗng, mà nó phải chứa năng lượng tối (xem mục từ này),

<sup>4</sup> Mật độ năng lượng tối lớn gấp  $74/26 = 2,8$  lần mật độ của vật chất và bức xạ.

thủ phạm gây ra sự tăng tốc của vũ trụ. Một số nhà vũ trụ học đưa ra giả thiết rằng, trong khoảng 50 tỷ năm tới, vũ trụ sẽ chết trong một “vụ xé lớn” trong đó lực của chân không sẽ xé tan các siêu đám và đám thiên hà, các thiên hà, các sao, các hành tinh, cho tới nguyên tử nhỏ nhất! Các nhà vật lý hiện vẫn chưa biết năng lượng tối thủ phạm của sự tăng tốc của vũ trụ có nguồn gốc từ chân không lượng tử khởi thủy hay nó có một nguồn gốc khác. Tâm quan trọng của việc hiểu được nguồn gốc này đã làm cho nhiệm vụ tính toán chính xác hơn năng lượng của chân không khởi thủy trở nên cấp bách hơn. Nhưng hiện nay vẫn đề đường như còn khó khăn hơn khi các nhà vật lý cần giải thích không phải tại sao năng lượng của chân không là hoàn toàn bằng không nữa, mà là tại sao nó không bằng không và nhỏ đến mức chỉ cảm nhận được các hiệu ứng của nó cách đây 7 tỷ năm.

Dù sao, ngay cả khi chúng ta không có một ý tưởng nào về nguồn gốc chính xác của năng lượng của chân không, cũng như lý do tại sao giá trị của nó lại như thế, thì chúng ta vẫn tin chắc rằng nó tồn tại. Khái niệm về một kho dự trữ năng lượng vô tận trong vũ trụ đã khiến nhiều nhà vật lý trẻ nghĩ đến việc khai thác nó. Giấc mơ về một nguồn năng lượng miễn phí và vô tận phải chăng chỉ là ảo tưởng, giống như giấc mơ ngàn đời chế tạo các động cơ vĩnh cửu, hoạt động liên tục mà không cần được tiếp nhiên liệu? Rất có thể. Nhưng có một điều chắc chắn, đó là nếu năng lượng có thể được lấy ra từ chân không của vũ trụ, thì điều đó có nghĩa là vũ trụ không ổn định. Trên thực tế, đối với các nhà vật lý, chân không theo định nghĩa là có năng lượng nhỏ nhất có thể. Nếu một kỹ sư có thể lấy được năng lượng từ chân không, thì điều đó có nghĩa là chân không ở trên mức năng lượng nhỏ nhất. Nhưng quá trình trích rút năng lượng có nguy cơ đẩy chân không “gia” thành chân không “thật” khi giải phóng một năng lượng khổng lồ làm sụp đổ toàn bộ vũ trụ, và cả chúng ta trong đó! Như vậy chúng ta sẽ chẳng có lợi lộc gì khi khai thác năng lượng của chân không...

## Chất thứ năm

“Chất thứ năm” ám chỉ một dạng năng lượng bí ẩn có thể là nguyên nhân làm cho vũ trụ tăng tốc. Thực ra, vào năm 1998, các nhà thiên văn đã sử dụng vụ nổ của những ngôi sao già (người ta còn gọi các vụ nổ này là các sao siêu mới loại Ia -*xem mục từ này*) như các cọc tiêu xa xôi của vũ trụ để đo chuyên động dân nở của nó. Họ chờ đợi sẽ đo được sự giảm tốc độ dân nở, do lực hấp dẫn hút của tổng lượng vật chất của vũ trụ làm cho quá trình đó chậm lại. Nhưng họ đã hết sức ngạc nhiên phát hiện ra rằng chuyên động chạy trốn của các thiên hà, thay vì giảm tốc, nghĩa là ngày càng chậm lại theo tuổi tác càng cao của vũ trụ, thì nó lại có vẻ như tăng tốc, nghĩa là ngày càng chạy nhanh hơn, và điều này đã xảy ra kể từ năm thứ 7 tỷ sau Big Bang. Điều này chẳng khác gì ngồi trên xe, thay vì nhấn phanh bạn lại nhấn ga! Vậy là chúng ta buộc phải chấp nhận rằng, trong vũ trụ, tồn tại một dạng lực đẩy, gọi là “phản hấp dẫn”: thay vì hút, như lực hấp dẫn, nó có tác dụng đẩy. Lực phản hấp dẫn này mạnh hơn lực hấp dẫn, bởi vì nó đang có vẻ thắng thế. Phản hấp dẫn phải hoàn toàn tối, nó không phát xạ cũng như hấp thụ bất kỳ một bức xạ nào: nếu không, các nhà thiên văn đã nhận ra sự hiện diện của nó từ lâu lắm rồi. Do không có thêm thông tin nào khác, các nhà thiên văn đã gọi hiện tượng đẩy này là “năng lượng tối” (*xem mục từ này*).

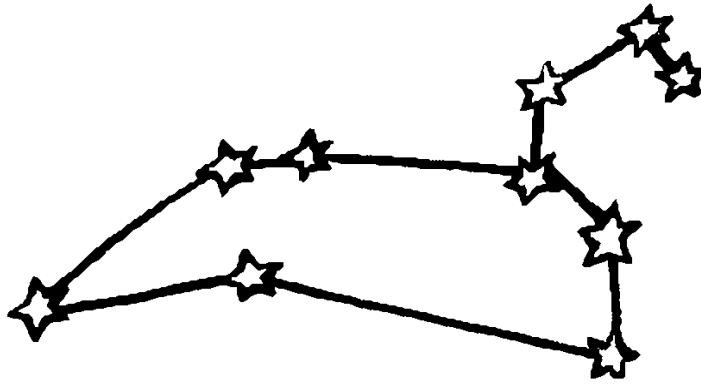
Rồi sự kinh ngạc cũng trôi qua, và các nhà vật lý bắt tay vào nhiệm vụ tìm mọi cách để khám phá bí mật của thứ năng lượng tối này. Vốn không bao giờ thiếu tri tượng tượng, họ đã đưa ra nhiều giả thuyết. Một số đã viện đến một “hằng số vũ trụ” (*xem mục từ này*), giống hằng số mà Einstein đưa vào năm 1917 để xây dựng một mô hình vũ trụ tĩnh, nghĩa là không dân nở: hằng số vũ trụ khi này đóng vai trò như một lực đẩy cân bằng chính xác với lực hút hấp dẫn. Einstein đã loại bỏ hằng số này ngay khi biết rằng Hubble phát hiện ra sự dân nở của vũ trụ vào năm 1929. Nhưng các nhà vật lý khác lại đưa ra ý tưởng rằng năng lượng tối có thể không phải là không thay đổi theo thời gian, như hằng số vũ trụ. Họ đã gợi ý rằng sự tăng tốc của vũ trụ quan sát được từ năm thứ bảy tỷ có thể chỉ là **một bản sao** (*sự đáp lại (réplique)*) quá trình lạm phát của vũ trụ (*xem mục từ này*)

từng xảy ra trong một phần rất ngắn của giây sau Big Bang. Trong sự lạm phát này, vũ trụ cũng đã chịu một sự tăng tốc rất mạnh. Sự tăng tốc như hiện nay của vũ trụ có được chỉ là do một vụ “nổ” nhỏ. Vụ nổ này khác với Vụ nổ lớn khởi thủy ở hai nét cơ bản: một mặt, lực đẩy này yếu hơn rất nhiều và sự tăng tốc cũng kém đủ dỗi hơn rất nhiều; mặt khác, nó kéo dài lâu hơn rất nhiều, hàng tỷ năm thay vì vài phần của giây. Các nhà vật lý gọi trường năng lượng tối biến thiên theo thời gian trên hàng tỷ năm này là “chất thú năm”. Từ này muốn nói về “nguyên tố thú năm”, một liên tưởng đến quan niệm của Aristote cho rằng vũ trụ được làm từ bốn nguyên tố là đất, nước, không khí, lửa và một nguyên tố nữa, nguyên tố thú năm, bí ẩn cho phép vũ trụ vận hành được.

Vậy đó là hằng số vũ trụ hay chất thú năm? Chúng ta có lẽ còn lâu mới có câu trả lời. Vệ tinh *SNAP*, với thu hoạch được chờ đợi của nó từ hàng nghìn ngôi sao siêu mới được phân bố trong thời gian và không gian, mang hứa hẹn có thể phân biệt được hai khả năng này bằng cách đo một cách chính xác hơn gia tốc của vũ trụ theo thời gian. Vụ việc còn cần được theo dõi tiếp...

## Chòm sao

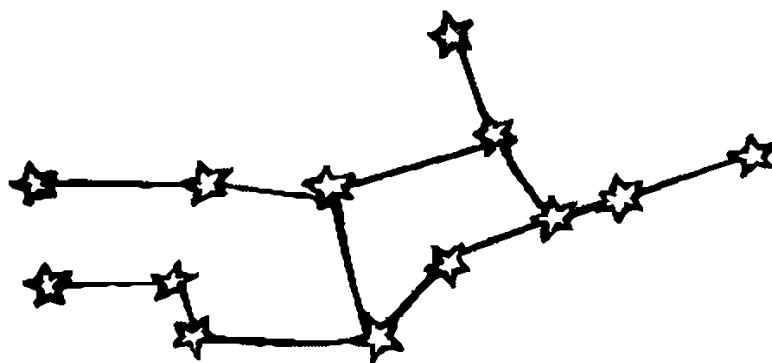
Con người thời cổ đại đã sớm nhận ra rằng các hiện tượng trên trời đều tỏ ra có quy luật và một sự thường hằng, những thứ vốn rất thiếu trong hoạt động và trong các quan hệ của con người. Sự đều đặn không gì lay chuyển được của chuyển động Mặt trời qua bầu trời trong ngày, sự thay đổi hình dạng của Mặt trăng theo các khoảng thời gian đều đặn trong tháng, rồi các mùa nối tiếp nhau bất biến hết năm này sang năm khác, sự trở lại của Mặt trời sau nhật thực toàn phần, sự đều đặn không bao giờ sai lệch này của Mặt trời như một thứ bảo đảm chống lại sự bất định của ngày mai. Con người cổ đại nhận thấy trong tính quy luật này của trời như một bằng chứng về sự bất tử tinh thần của nó.



*Chòm sao Sư tử*

Một trong những quy luật rõ ràng nhất của trời là sự xuất hiện các chòm sao theo mùa. Hãy ngược nhìn lên bầu trời vào một đêm đẹp trời. Mắt thường có thể phân biệt được khoảng 3.000 điểm sáng. Nếu tính cả các điểm nhìn ở phía đối cực của Trái đất nữa thì có khoảng 6.000 ngôi sao có thể nhìn được bằng mắt thường. Mắt của bạn dĩ nhiên bị thu hút bởi các sao sáng nhất. Gần như theo bản năng, bạn sẽ bắt đầu nối trong óc của bạn các điểm sáng đó bằng những đường tưởng tượng và vẽ nên các họa tiết trên bầu trời. Cái nhu cầu cố gắng thiết lập một trật tự trên bầu trời là một nhu cầu thâm căn cố đế của con người. Qua các thời kỳ và các nền văn hóa, con người đã phóng chiếu lên bầu trời những giấc mơ và khát vọng của mình; các họa tiết và các bức tranh mà con người nhìn thấy trên bầu trời rất thường khi chỉ là sự phản ánh môi trường chuyên biệt của con người. Chẳng hạn, trong bán cầu Bắc, có một nhóm các ngôi sao - hay một chòm sao - ở phương Tây gọi là Gấu Lớn, một hình ảnh quen thuộc với chúng ta từ thời Hy Lạp cổ đại và những người Da đỏ châu Mỹ, vốn là những người chuyên săn bắn. Người Pháp, với truyền thống âm thực lớn của mình, lại thích thấy ở đó hình ảnh của một cái nồi. Chủ đề bếp núc cũng được người Bắc Mỹ sử dụng, họ thấy ở đây một cái muôi lớn. Người Trung Quốc, vốn quen với thói bàn giấy, các quan lại của vương triều dành thời gian để tra cứu hồ sơ, truyền lệnh và thảo báo cáo, lại thấy ở đây sự tái hiện một viên thư lại của nhà trời ngồi trên một đám mây và nhận các khiếu nại của dân chúng. Đối với người Ai Cập, chòm sao này thể hiện một bầu đoàn lạc lừng gồm một con bò mộng, một vị thánh ở tư thế nằm và một con hà mã cõng một con cá sấu trên lưng. Còn những người

Trung Âu thì thấy ở đây hình ảnh của một chiếc xe bốn bánh. Những hình dạng mà chúng ta cảm nhận thấy trên bầu trời như vậy thường nói về chính chúng ta và lối sống của chúng ta hơn là về các hiện tượng của trời.



*Chòm sao Trinh nữ*

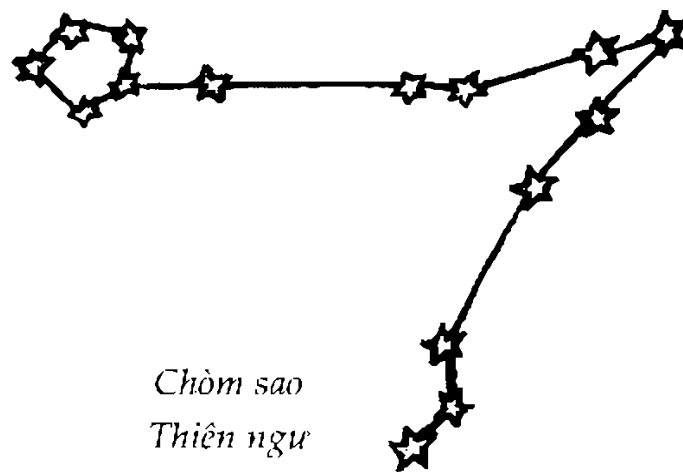
Một chòm sao nhìn đặc biệt rõ trên bầu trời trong các tháng từ tháng Mười đến tháng Ba là chòm Thợ Săn (*Orion*). Được giới hạn bởi bốn ngôi sao và bị chia đôi bằng một đường chéo vạch bởi ba ngôi sao thể hiện chiếc thắt lưng của người thợ săn. Orion là một vị anh hùng trong thần thoại Hy Lạp nổi tiếng với những chiến công hiển hách và còn cả vì theo đuổi tình yêu đối với các nàng Pléiades, bảy người em gái của người khổng lồ Atlas. Để bảo vệ bảy em gái khỏi sự kiên trì theo đuổi của Orion, các vị thần đã đặt bảy chị em ở giữa các ngôi sao, trên bầu trời, ở đó, người ta có thể nhìn thấy Orion theo đuổi bảy cô trong mỗi đêm mùa đông.

Con người cổ đại đã có các mô-típ rất thực tiễn để quan sát bầu trời và các chòm sao. Một số chòm sao đã được con người sử dụng làm mốc định vị cho tàu thuyền: sao Bắc cực (*xem mục từ này*), nằm trong chòm sao Gấu Nhỏ (Tiểu Hùng) và vị trí của nó trên bầu trời gần như là cố định, được dùng để chỉ hướng Bắc cho lữ khách trong suốt nhiều thế kỷ. Một số chòm sao khác được dùng để làm các loại lịch nguyên sơ. Trên thực tế, sự tồn vong và phát triển của con người cổ đại phụ thuộc phần lớn vào sự hiểu biết các hiện tượng trên trời và vào mối quan hệ giữa những cái diễn ra trên trời và dưới đất. Chẳng hạn, mùa săn bắn phụ thuộc vào các đợt di trú của các bầy



linh dương vốn chỉ sinh sản vào một số thời điểm rất xác định trong năm. Sự sáng tạo ra nông nghiệp đã làm tăng thêm nhu cầu hiểu biết về bầu trời. Kể từ đó khả năng đọc được lịch trên bầu trời là một vấn đề sống còn.

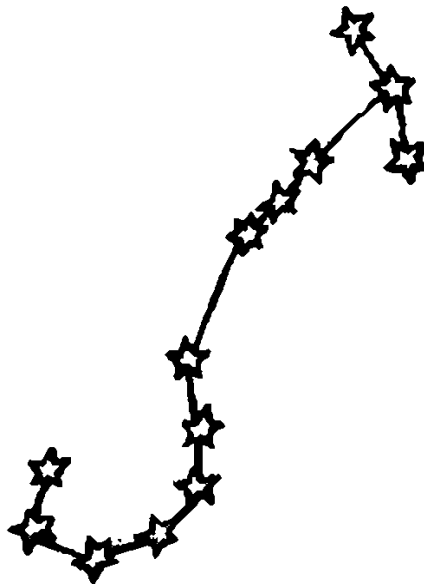
Theo thời gian, một số người thậm chí còn tin rằng số phận của con người có thể được đọc trong vị trí của các hành tinh và các ngôi sao vào thời điểm con người này sinh ra: từ khi đó *thiên văn học* thường lẫn lộn với *chiêm tinh học*. Ngày nay, không còn có chuyện nhầm lẫn như thế nữa, mặc dù hệ thống thuật ngữ của chiêm tinh học - như tên của các chòm sao và rất nhiều từ dùng để chỉ vị trí và chuyển động của các hành tinh - vẫn được các nhà thiên văn học sử dụng.



Toàn bộ bầu trời được phân chia thành 88 chòm sao, rất nhiều trong số đó được người phương Tây đặt tên theo các nhân vật thần thoại cổ đại, như Hercules (Lục sĩ) hay Perseus (Dũng sĩ). Nhìn chung, các sao thuộc cùng một chòm sao không thực sự nằm gần nhau trong không gian. Đó đơn giản chỉ là các ngôi sao đủ sáng để có thể nhìn được bằng mắt thường và chúng ngẫu nhiên nằm trên cùng một đường ngắm từ Trái đất. Các sao này có thể hoặc là có độ sáng thực yếu, nhưng trông lại sáng vì ở gần Trái đất, hoặc có độ sáng thực mạnh, nhưng ở xa hơn. Như vậy, một người ngoài hành tinh ở gần một ngôi sao khác sẽ thấy các chòm sao có hình dạng hoàn toàn khác.

Cũng như Mặt trời và Mặt trăng, các sao - và do đó cả các chòm sao do chúng tạo thành - đều mọc ở hướng đông và lặn ở hướng tây.

Nếu như về bề ngoài của bầu trời thay đổi, chẳng hạn như trong một đêm, thì ngày nay chúng ta biết quá rõ là do chuyển động quay của Trái đất quanh trục của nó. Còn các chòm sao thay đổi theo các mùa là do chuyển động hằng năm của Trái đất quanh Mặt trời. Ở thang của đời người (dưới một trăm năm), thì hình dạng của các chòm sao không thay đổi. Ở thang tuổi thọ của các ngôi sao - tức hàng triệu, thậm chí hàng tỷ năm -, thì sự phân bố của các sao trong các chòm có thay đổi, không chỉ bởi vì các sao sinh ra, sống hết cuộc đời của chúng rồi chết, gia nhập vào một chòm hay biến mất, mà còn bởi vì, vốn không đứng im trong bầu trời, chúng chuyển động đối với nhau với vận tốc vài chục km mỗi giây, một số rời khỏi chòm để gia nhập một chòm khác. Như vậy, các chòm sao tan rã và tan rã chậm theo thời gian vũ trụ.



Chòm sao Bọ cạp

## Chúa của Einstein

Einstein là người đã bác bỏ rất sớm uy quyền trong lĩnh vực khoa học, và đồng thời cũng tỏ ra nổi loạn trong lĩnh vực tâm linh. Ông không chấp nhận sự hoàn tục của bố mẹ, vốn là những người gốc Do Thái nhưng không hành đạo. Đối với cha ông, Hermann, các lễ nghi Do Thái dựa trên những "mê tín cổ hủ". Vì thế khi Einstein bắt đầu đi học, ở tuổi lên sáu, ông đã được gửi đến một trường Công giáo bên cạnh, và học giáo lý Cơ đốc như bảy mươi ban khác cùng lớp. Bất chấp - và có thể là do - sự thờ ơ của bố mẹ với tôn giáo nên Einstein đã phát triển ngay từ tuổi lên mười niềm đam mê thực sự đối với đạo Do Thái, ông đọc kinh Talmud, quan sát các lễ nghi Do Thái, tránh ăn thịt lợn, sáng tác thánh ca để hát trên đường đến trường. Đó cũng là thời kỳ chàng trai Einstein tiếp xúc với khoa học nhờ một sinh viên trẻ ngành y mà gia đình mời đến ăn tối hằng tuần. Sinh viên này đã mang đến cho Einstein những cuốn sách phổ biến khoa học và đã dẫn cậu bé vào thế giới khoa học kỳ diệu của vật lý và toán học. Hai năm sau khi được tiếp xúc với khoa học, Einstein rời xa đạo Do Thái. Sau đó ông viết: "Qua việc đọc các sách phổ biến khoa học, tôi đã sớm phát triển niềm tin rằng một phần lớn các điển tích của Kinh Thánh không thể đúng. Tiếp sau đó là thời kỳ tràn ngập mãnh liệt của tư tưởng tự do, đi kèm với cảm giác ngọt ngào mà thế hệ trẻ bị những lời dối trá của Nhà nước nhất loạt đánh lừa." Nếu như sau này Einstein đã chiến đấu vì sự nghiệp của người Do Thái, đặc biệt cho quyền tồn tại của Nhà nước Israel (năm 1952 ông được đề xuất làm Tổng thống Nhà nước Do Thái, nhưng đã từ chối), thì đó là vì động cơ nhân đạo hơn là tôn giáo (ông đã đứng lên chống lại sự tàn sát người Do Thái).

Mặc dù sự nổi loạn thời thiếu niên chống lại tôn giáo đã xác lập, nhưng Einstein vẫn giữ được từ thời kỳ này một sự cảm phục sâu sắc và cung kính đối với vẻ đẹp và sự hài hòa của các quy luật của tự nhiên, cảm giác mà ông không ngừng phát triển qua nghiên cứu khoa học và thể hiện chúng một cách hùng hồn trong các tác phẩm của mình, năm mươi năm sau, bằng cách phát triển ở đó một khái niệm thần luận về vũ trụ.

Trả lời một người hỏi ông có phải là người theo đạo không, ông nói: “Hãy cố gắng thâm nhập vào các bí mật của tự nhiên bằng các phương tiện hữu hạn của chúng ta, và bạn sẽ khám phá ra rằng, đằng sau tất cả những quy luật và kết nối không phân biệt được này, còn có một cái gì đó tinh tế, không thể chạm đến được và không thể giải thích được. Lòng tôn kính cái sức mạnh vượt lên trên cái mà chúng ta có thể hiểu được này chính là tôn giáo của tôi. Theo nghĩa này, thì có thể nói rằng tôi là người theo đạo.” Với câu hỏi: “Ông có tin vào Chúa?”, ông trả lời: “Tôi không phải là một người vô thần. Vấn đề (sự tồn tại của Chúa) là quá lớn đối với những trí tuệ hữu hạn của chúng ta. Chúng ta như một đứa bé đi vào trong một thư viện khổng lồ chứa đầy những cuốn sách viết bằng tất cả các thứ tiếng. Đứa trẻ biết rằng một ai đó đã viết những cuốn sách này, nhưng nó không biết bằng cách nào, và cũng không hiểu được các ngôn ngữ viết nên những cuốn sách đó. Nó chỉ lờ mờ ý thức được rằng phải tồn tại một trật tự huyền bí trong sự sắp xếp các cuốn sách này, nhưng nó không biết đó là trật tự nào. Tôi nghĩ, có lẽ, đó cũng chính là thái độ thông minh nhất của con người đối với Chúa. Chúng ta quan sát thấy rằng vũ trụ đã được sắp xếp một cách kỳ diệu và tuân theo một số quy luật mà chúng ta mới chỉ hiểu được một cách rất phiến diện.”

Einstein đã miêu tả chi tiết hơn cách hình thành niềm tin của mình như thế nào trong cuốn sách nhan đề *Điều tôi tin*. Cuốn sách này kết thúc bằng đoạn ông quay trở lại cảm giác về cái huyền bí vốn là cơ sở của mọi tôn giáo: “Cảm xúc đẹp nhất mà chúng ta có thể cảm thấy là cảm giác về cái huyền bí. Chính cảm xúc cơ bản này là cội rễ của mọi nghệ thuật và của mọi khoa học đích thực. Người không biết tới cảm xúc này, không có cảm giác về cái kỳ diệu nữa, thì như đã chết, tựa như một cây nến đã tắt. Cảm giác mà, sau mỗi một cái chúng ta đã trải nghiệm, tồn tại một cái gì đó mà tinh thần chúng ta không thể lĩnh hội, mà vẻ đẹp cũng như sự tinh tế của nó chỉ đến với chúng ta một cách gián tiếp, điều đó, đối với tôi, chính là tình cảm tôn giáo. Theo nghĩa này, và chỉ theo nghĩa này thôi, tôi là một người mộ đạo sâu sắc.”

Như vậy tôn giáo “vũ trụ” của Einstein không nên được hiểu theo nghĩa cụ thể của một tôn giáo được thực hành, được khai thị và đặt định, mà phải được hiểu theo nghĩa từ nguyên phổ quát của cái

kết nối con người với tự nhiên và với các con người khác, của sự lên trên cái cá nhân.



Chúa của Einstein không phải là một vị Chúa nhân hóa thường xuyên can thiệp vào công việc của con người, mà là một Chúa phi nhân hóa, chịu trách nhiệm điều chỉnh hài hòa thế giới. Một hôm, một giáo sĩ Do Thái vùng New York có gửi cho ông một bức điện tín chứa thông báo sau: “Ông có tin vào Chúa? Xin hãy trả lời dưới 50 từ. Trả lời sẽ được trả tiền”, Einstein đã trả lời một cách ngắn gọn, chỉ sử dụng một nửa số từ được phép: “Tôi tin vào Chúa của Spinoza được bộc lộ trong sự hài hòa của tất cả những gì tồn tại, chứ không tin vào một đức Chúa chỉ quan tâm tới số phận và hành động của con người.” Một số người đã diễn giải câu trả lời thường xuyên được trích dẫn này như câu trả lời của một người vô thần. Xét cho cùng, thì Spinoza đã bị khai trừ bởi cộng đồng Do Thái ở Amsterdam và đã bị Nhà thờ Công giáo kết tội. Nhưng, trong suốt cuộc đời mình, Einstein đã phản đối kiểu trích dẫn đó: “Một số người tuyên bố rằng Chúa không tồn tại. Nhưng điều khiến tôi nổi giận, đó là họ đã trích dẫn tôi như một người chia sẻ quan điểm của họ.” Hoàn toàn không phải như vậy, vì

Einstein rất quan tâm đến việc làm rõ rằng: “Điều ngăn cách tôi với những người vô thần là một tình cảm kính cẩn trước những bí mật không giải mã được về sự hài hòa của vũ trụ.” Ông còn viết trong một bức thư khác: “Những người vô thần cuồng nhiệt như những kẻ nô lệ vẫn còn cảm thấy sức nặng của các xiềng xích mà họ được giải phóng sau một trận chiến gian khổ. Đó là những con người, trong mối hận thù với tôn giáo truyền thống, mà họ coi là “thuốc phiện của nhân dân”, không thể nghe được âm nhạc của các tinh cầu.” Đối với Einstein, tìm cách hiểu các quy luật của Tự nhiên cũng chính là tìm cách hiểu được chính bản thân Chúa. Đối với Einstein cũng như đối với Spinoza, Chúa không phải là Đấng Tạo hóa, không phải là một Thợ đồng hồ Hoàn hảo, cũng không phải là một Kiến trúc sư Vĩ đại. Chúa chẳng tạo ra gì hết, vì Chúa chính là Tự nhiên.

Einstein đánh giá rằng khoa học và tôn giáo là hai của số bổ sung cho nhau để chiêm nghiệm hiện thực. Ông luôn trao cho công việc nghiên cứu khoa học của mình một chiều kích tâm linh. Ông đã không ngừng nhắc lại: “Tôi không thể hình dung một nhà khoa học đích thực lại không có một đức tin sâu sắc.” Khoa học miêu tả những cái vốn thế, trong khi tôn giáo dẫn dắt các tư tưởng và hành động của chúng ta theo cái cần phai thế. Cả hai gắn bó với nhau một cách mật thiết: “Khoa học chỉ có thể được tạo ra bởi những con người khát khao chân lý và hiểu biết bằng toàn bộ con người mình. Khát vọng này tuy nhiên cũng đến từ lĩnh vực tôn giáo”. Và ông kết luận bằng một câu đã trở nên nổi tiếng: “Hoàn cảnh này có thể được minh họa bằng một hình ảnh: ‘Khoa học không tôn giáo thì què quặt; còn tôn giáo không khoa học thì mù lòa’.” Nhưng Einstein nói tiếp, có một quan niệm tôn giáo mà khoa học không thể chấp nhận: đó là quan niệm về một Chúa nhân hóa can thiệp mọi lúc vào Sáng tạo của mình. Mục đích của khoa học, ông nói, là khám phá ra các quy luật bất biến chi phối thực tại. Nó không thể chấp nhận quan điểm cho rằng một ý chí thần thánh xuất hiện mọi lúc làm vi phạm quan hệ nhân quả của vũ trụ. Như vậy, Einstein tỏ ra là một người xác tín vào quyết định luận. Sau khi tạo ra vũ trụ và đã lên “dây cót” xong, Chúa đứng từ xa theo dõi sự tiến hóa của nó và không còn can thiệp vào công việc của con người nữa. Tự nhiên là một cỗ máy trơn tru vận hành một cách tự lập, không cần đến sự giúp đỡ của Chúa. Và con

người, ở giữa cái tự nhiên cơ học và quyết định luận đó, đã mất đi tự do ý chí: “Con người không còn tự do trong tư duy, tình cảm và hành động của mình nữa, mà chịu ràng buộc theo quan hệ nhân quả, giống như các ngôi sao ràng buộc nhau trong chuyển động.” Trong quan điểm xét cho cùng là hoàn toàn tuyệt vọng về thân phận con người này, Einstein đã lấy cảm hứng từ tư tưởng của triết gia người Đức Schopenhauer: “Mỗi người hành động không chỉ chịu ảnh hưởng của các xung lực bên ngoài, mà còn chịu ảnh hưởng của những xung lực cấp thiết từ bên trong. Câu nói của Schopenhauer theo đó “một con người có thể hành động như anh ta muốn, nhưng anh ta không thể muốn như anh ta muốn”, đối với tôi luôn là một nguồn cảm hứng sâu sắc từ thời trẻ; nó luôn mang đến cho tôi sự an ủi lớn trước những khó khăn của cuộc sống, của tôi và của những người khác, và một nguồn khoan dung không bao giờ vơi cạn.”

Quyết định luận của Einstein làm một số người bạn của ông, trong đó có nhà vật lý người Đức Max Born, phải kinh sợ. Born nhìn thấy ở đó tờ khai tử cho toàn bộ tinh thần đạo đức. Một vũ trụ hoàn toàn cơ học và tất định không thể nào tương thích với sự tự do và hành xử đạo đức, tinh thần và trách nhiệm của con người. Một tên tội phạm khi đó sẽ có cơ may bào chữa trước tòa án rằng anh ta không phải là thủ phạm, vì vũ trụ là tất định và bản thân anh ta không phải là chủ các hành động của mình. Max Born đã nghĩ một cách chí lý rằng cơ học lượng tử đã đưa vào tính bất định làm phá tan nền móng của pháo đài quyết định luận của cơ học cổ điển. Đối với ông, sự bất định vốn là thuộc tính cố hữu của cơ học lượng tử, nó có khả năng dung hòa sự cứng nhắc bề ngoài của các định luật vật lý với tự do của con người.

Thật vậy, khi bạn chơi bi-a, quỹ đạo của hai viên bi va chạm vào nhau có thể được tiên đoán một cách hoàn hảo bởi các định luật cơ học cổ điển của Newton; nhưng tình hình là hoàn toàn khác trong thế giới các nguyên tử. Hãy phóng một electron tới gặp một nguyên tử: sau va chạm với nguyên tử này, quỹ đạo của electron không còn là xác định nữa; nó có thể bắn ra theo bất kỳ hướng nào, và tất cả những gì chúng ta có thể biết, đó là xác suất để electron bay theo một hướng nào đó. Max Born đã chứng tỏ rằng xác suất này bằng bình phương biên độ của một hàm sóng được xác lập bởi nhà vật lý người

Áo Erwin Schrödinger. Sóng xác suất này nói với chúng ta rằng cơ hội để gặp electron là lớn nhất ở các đỉnh của sóng và thấp nhất ở các hõm của sóng đó. Nhưng ngay cả ở các đỉnh của sóng thì cũng không bao giờ chắc chắn là sẽ gặp được electron ở đó. Có thể là 4/5 (xác suất 80%) hay 9/10 (xác suất 90%), nhưng xác suất này sẽ không bao giờ là 100%. Trong thế giới các nguyên tử, quyết định luận cứng nhắc của cơ học cổ điển đã nhường chỗ cho ngẫu nhiên tự do của cơ học lượng tử.

Einstein không thể chấp nhận cách giải thích xác suất này về thực tại. Ông nói: “Chúa không chơi trò súc sắc.” Theo ông, một electron phải ở một vị trí này hay không, chứ không thể có một xác suất ở khắp nơi cùng một lúc. Niềm tin siêu hình này vào một quyết định luận tuyệt đối đã khiến ông ngày một rời xa cơ học lượng tử, dù đó là lý thuyết mà ông là một trong những người sáng lập.

Einstein đã chống lại cáo buộc rằng quyết định luận tuyệt đối đã làm xoi mòn mọi nền tảng đạo đức trong xã hội khi lập luận rằng con người buộc phải hành động, như thể được điều khiển bởi một tự do lý trí cho sự vận hành tốt của xã hội: “Tôi buộc phải hành động như thể tự do ý chí tồn tại thực sự, vì nếu tôi muốn sống trong xã hội văn minh này, tôi phải hành động một cách có trách nhiệm.” Ngay cả khi ông tin một cách tri tuệ rằng mọi hành động của con người đều được quyết định từ trước, thì điều đó cũng không ngăn cản ông có một thái độ thực dụng và hợp lẽ trong cuộc sống hằng ngày và phán xét các hành động của con người là tốt hay là xấu: “Tôi ý thức được rằng, về mặt triết học mà nói, một kẻ giết người không phải là thủ phạm của tội ác của mình, nhưng tôi không thích uống trà với anh ta.” Theo Einstein, đạo đức chính là vượt lên trên cá nhân để hành động giúp đỡ nhân loại.

Kể từ khi đến Viện Nghiên cứu Cao cấp ở Princeton, Mỹ, ông đã ứng dụng quan niệm này trong phần cuối cuộc đời. Là người đấu tranh cho sự nghiệp hòa bình thế giới (“Từ chối cộng tác về các vấn đề quân sự phải là một nguyên tắc đạo đức cơ bản đối với tất cả các nhà bác học”), chiến đấu chống lại vũ khí nguyên tử (sau khi đã viết thư cho Tổng thống Franklin Roosevelt yêu cầu chế tạo bom nguyên tử để chiến thắng Hitler), giúp đỡ rất nhiều người tị nạn đến từ châu Âu, đứng lên chống lại chủ nghĩa McCarthy và bất bình đẳng sắc tộc, biện hộ cho một Nhà nước Palestine ngang bằng với một Nhà nước Do



Thái, là một trong những gương mặt nổi tiếng nhất hành tinh, nhưng ông không bao giờ xa rời sự khiêm nhường, giản dị và hài hước.

Đọc thêm: Albert Einstein, *Comment je vois le monde*, Flammarion, "Champs", 1989; Walter Isaacson, *Einstein: His Life and Universe*, New York, Simon & Schuster, 2007; Albert Einstein, *Thế giới như tôi thấy*, Nxb Trí thức, 2005, 2011.

## Chúa và Phật giáo

Trái ngược với các tôn giáo đơn thần, Phật giáo không chứa khái niệm về một Đấng sáng tạo ra vũ trụ. Phật giáo cũng không hề đòi hỏi một nguyên lý tổ chức. Theo Phật giáo, trong thế giới tương đối của các vé bề ngoài, mỗi một khoảnh khắc là một sự chấm dứt và đồng thời cũng là một sự bắt đầu mãi mãi, do sự vô thường căn bản của các hiện tượng nối tiếp nhau theo các quy luật nhân quả. Theo quan điểm về chân lý tuyệt đối, tất cả các sự kiện đã qua, hiện tại và tương lai đều đồng nhất trong chừng mực chúng không có sự tồn tại riêng. Như vậy chúng không có bắt đầu cũng không có kết thúc thực sự. Nếu như không gì thực sự "sinh" ra, thì không cần phải tự vấn về thực tại của một sự bắt đầu cũng như của một sự chấm dứt. Vì vậy không cần thiết phải nhờ đến sự can thiệp của khái niệm nguyên lý sáng thế hay một Đức Chúa tạo ra tất cả mà bản thân Chúa thì lại không được tạo thành bởi bất kỳ cái gì.



Phật giáo cho rằng các tính chất của vũ trụ không cần được điều chỉnh để sự sống và ý thức xuất hiện. Và như vậy có nghĩa là Phật giáo phủ nhận sự tồn tại của một nguyên lý vị nhân (*xem mục từ này*). Theo Phật giáo, các dòng ý thức và vũ trụ vật chất luôn cùng tồn tại muôn thuở trong một vũ trụ không có bắt đầu. Sự điều chỉnh lẫn nhau và sự phụ thuộc lẫn nhau của chúng chính là điều kiện của sự tồn tại chung của chúng. Về phần mình, tôi chấp nhận rằng quan niệm về sự phụ thuộc lẫn nhau có thể giải thích được sự điều chỉnh của vũ trụ, đủ chính xác để cho phép nó đón nhận các sinh vật có ý thức. Nhưng hoàn toàn chưa thật rõ ràng rằng quan niệm này có thể trả lời được câu hỏi đầy tính hiện sinh của Leibniz: “Tại sao có một cái gì đó lại hơn là không gì cả? Bởi vì không gì cả thì đơn giản hơn và dễ hơn là có một cái gì đó. Hơn nữa, giả định rằng các vật phải tồn tại, thì người ta cần giải thích tại sao chúng phải tồn tại như thế này chứ không phải thế khác.” Và tôi nói thêm: “Tại sao các định luật vật lý lại như thế này chứ không phải như thế khác?” Chẳng hạn, chúng ta hoàn toàn có thể tưởng tượng mình đang sống trong một vũ trụ được mô tả chỉ bởi các định luật của Newton. Thế nhưng lại không phải như vậy. Chính các định luật của Cơ học lượng tử và của thuyết Tương đối mới giải thích được vũ trụ như chúng ta biết.

Quan điểm của Phật giáo làm nổi lên nhiều câu hỏi khác. Nếu như không có Đấng Sáng tạo, thì vũ trụ không thể được tạo ra. Như vậy sẽ không có khởi đầu cũng không có kết thúc. Vũ trụ duy nhất tương thích với quan điểm Phật giáo như vậy là một vũ trụ tuần hoàn, với một chuỗi các Big Bang (Vụ nổ lớn) và các Big Crunch (Vụ co lớn) luân phiên nhau không bao giờ chấm dứt. Về mặt khoa học mà nói, việc vũ trụ một ngày nào đó sẽ co sập lại, với một Big Crunch, còn xa mới được khẳng định. Những quan sát thiên văn gần đây nhất có vẻ như cho thấy một vũ trụ tăng tốc (*xem mục từ này*), với một không gian có độ cong bằng không (người ta nói rằng đó là một vũ trụ “phẳng”), thì sự giãn nở của vũ trụ sẽ chỉ dừng lại ở một thời gian vô hạn, và điều này dường như, với hiện trạng hiểu biết của chúng ta hiện nay, đã loại trừ vũ trụ tuần hoàn. Nhưng bản chất của năng lượng tối (*xem mục từ này*), thủ phạm gây ra sự tăng tốc của vũ trụ, vẫn còn là điều bí ẩn, nên một số kịch bản vũ trụ tuần hoàn vẫn

chưa thể bị loại trừ. Còn về khái niệm “sóng ý thức” cùng tồn tại với vũ trụ ngay từ những phần giây đầu tiên của Big Bang, khoa học vẫn còn lâu mới có thể kiểm chứng hay bác bỏ được một giả thiết như thế. Một số nhà thần kinh sinh học nghĩ rằng không cần một *continuum* ý thức cùng tồn tại với vật chất, như trong quan niệm của Phật giáo, mà cái thứ nhất có thể đột sinh từ cái thứ hai một khi cái thứ hai (vật chất) vượt qua một ngưỡng nào đó của sự phức hợp. Cả về vấn đề này cũng không có gì chắc chắn, bởi vì khoa học còn xa mới có thể hiểu được nguồn gốc của ý thức (xem mục từ này) - tại sao chúng ta yêu, hận thù hay sáng tạo.

## Chúa và sự phức tạp của vũ trụ

Ai trong chúng ta mà lại chưa từng có những khoảnh khắc tràn đầy cảm xúc thẩm mỹ khi nghe một bản nhạc, đứng ngắm một tác phẩm hội họa hay một phong cảnh đẹp? Trong những thời khắc đặc biệt đó, chúng ta không thể nào chấp nhận rằng vũ trụ là hoàn toàn chẳng có một ý nghĩa gì. Chúng ta cũng không tránh khỏi có ý nghĩ rằng một vẻ đẹp và sự tổ chức tuyệt vời như thế không thể là thành quả của sự ngẫu nhiên thuần túy được, rằng phải tồn tại một nguyên lý tổ chức trước khi có vẻ đẹp và sự tổ chức ấy. Làm như vậy là, một cách bản năng, chúng ta đã lấy lại cho mình một trong những lập luận yêu thích của các nhà thần học để chứng tỏ sự tồn tại của Chúa. Chẳng hạn, tổng giám mục người Anh William Paley (1743-1805) đã viết: “Nếu, trong lúc đi dạo, tôi vấp phải một hòn đá, tôi sẽ không tự hỏi về nguồn gốc của hòn đá đó. Nó có thể đã nằm ở đây từ nhiều thế kỷ. Nhưng nếu tôi chợt nhìn thấy một chiếc đồng hồ nằm trên đất, tôi sẽ tự nhủ rằng nó là tác phẩm của một người thợ đồng hồ.” Cũng với cảm hứng đó, Voltaire (1694-1778) đã tự hỏi liệu trật tự của vũ trụ có thể làm cho chúng ta tin vào một Kiến trúc sư vĩ đại hay không: “Vũ trụ ôm lấy tôi, và tôi không thể nghĩ rằng chiếc đồng hồ này tồn tại mà không hề có một người thợ đồng hồ.” Sự tổ chức và tính phức tạp

của một chiếc đồng hồ là bằng chứng về sự tồn tại của một người thợ thủ công. Tương tự, sự tổ chức và tính phức tạp của vũ trụ chứng tỏ sự tồn tại của một Chúa trời - thợ đồng hồ.

Lập luận này chắc chắn là rất thuyết phục. Rất tiếc, khoa học về sự phức hợp<sup>5</sup> lại không hoàn toàn đồng ý với một lập luận như thế. Khoa học này nói với chúng ta rằng các hệ rất phức tạp có thể là kết quả của một sự tiến hóa hoàn toàn tự nhiên theo các định luật vật lý và sinh học đã được hiểu rõ, và rằng không hề phải viện dẫn đến một Chúa trời-thợ đồng hồ nào cả. Sự phức hợp không nhất thiết đòi hỏi phải có đấng sáng tạo và một dự án vĩ đại nào.

## Chúa và Thời gian

Cơ học lượng tử đã làm cho khái niệm nguyên nhân đầu tiên (xem: *Chúa và Vũ trụ học*) trở nên lỗi thời. Nhưng đó vẫn còn chưa phải là tất cả. Chính khái niệm “nhân quả” cũng mất đi ý nghĩa thông thường của nó khi đề cập đến vũ trụ. Khái niệm này giả định trước sự tồn tại của thời gian: nguyên nhân đến trước kết quả. Thế nhưng, vũ trụ học hiện đại lại cho rằng thời gian và không gian đã được sáng tạo ra đồng thời với vũ trụ. Khái niệm này không mới: vào thế kỷ IV, thánh Augustin từng viết rằng thế giới phải được sinh ra không phải *trong* thời gian, mà là *với* thời gian. Ông nhận thấy ý nghĩ về một Chúa trời chờ một thời gian vô hạn, rồi bất thành linh quyết định tạo ra vũ trụ là điều thật phi lý. Thanh ngữ “Và Chúa đã tạo ra vũ trụ” có nghĩa là gì nếu như thời gian còn chưa tồn tại và nó đã được tạo ra cùng *với* vũ trụ? Hành động sáng tạo chỉ có nghĩa *trong* thời gian! Nhưng nghĩ rằng Chúa tồn tại trước vũ trụ thì cũng nực cười như tự hỏi điều gì đã xảy ra “trước” Big Bang. “Trước” không có ý nghĩa, bởi vì thời gian còn chưa xuất hiện...

---

<sup>5</sup> Xem, *Hỗn độn và Hài hòa*, NXB Khoa học & Kỹ thuật, bản dịch của Phạm Văn Thiều và Nguyễn Thanh Dương, Hà Nội 2003.

Còn nhiều khó khăn khác về mặt khái niệm gắn liền với ý tưởng về một Chúa trời nằm *trong* thời gian. Sự trôi qua của thời gian được thể hiện qua các thay đổi. Nhưng liệu người ta có thể nói về một Chúa trời thay đổi, là nguyên nhân đầu tiên của mọi biến đổi trong vũ trụ? Ai có thể làm thay đổi Chúa? Mặt khác, thời gian, như Einstein đã dạy chúng ta, là không có tính phổ quát. Nó có thể biến thiên từ điểm này đến điểm khác của vũ trụ. Thời gian gần một "lỗ đen" (xem mục *từ này*) không giống như thời gian trên Trái đất (xem: *Thời gian và Lực hấp dẫn*). No co dân và ý chí của con người có thể làm thay đổi nó. Một cú nhấn chân ga và thế là thời gian chậm lại (xem: *Thời gian và Chuyển động*). Thời gian thậm chí còn có thể thay đổi hướng hoặc dừng lại nếu như vũ trụ co sập lại (xem: *Mũi tên thời gian*). Một Chúa trời nằm trong thời gian sẽ phai tuân theo các biến thiên thời gian gây bởi các lỗ đen, các sao neutron và các trường hấp dẫn khác, hoặc bởi các hành động của con người, và do đó sẽ không còn là toàn năng nữa. Nghĩa là quyền vạn năng của Chúa sẽ không còn.

Giải pháp cho thế lưỡng nan này sẽ là một Chúa nằm ngoài thời gian. Nhưng giả thiết này cũng làm nổi lên nhiều khó khăn khác: một Chúa, ở xa, phi bản ngã, sẽ không còn có thể cứu rỗi chúng ta. Chúa khoan dung mà chúng ta hướng những lời nguyện cầu đến là một Chúa có khả năng cảm nhận được những cảm xúc, có thể hài lòng hoặc không hài lòng về tiến bộ đạo đức của con người, có thể quyết định sẽ thỏa mãn những lời cầu nguyện của chúng ta hay trừng phạt chúng ta, có thể lập kế hoạch và thay đổi tương lai của chúng ta - nói tóm lại, là một Chúa có các hoạt động theo thời gian. Một Chúa nằm bên ngoài thời gian sẽ không thể đến cứu giúp chúng ta. Và lại, nếu Chúa vượt lên trên thời gian, thì ngài đã biết tương lai. Vậy thì tại sao ngài lại phải quan tâm đến sự tiến bộ trong cuộc đấu tranh của con người chống lại cái ác? Kết quả chỉ có thể là điều mà Chúa đã biết từ trước. Một Chúa nằm bên ngoài thời gian sẽ không tư duy nữa, vì tư duy cũng là một hoạt động theo thời gian. Nghĩa là tri thức của Chúa cũng sẽ không thay đổi theo thời gian. Chúa sẽ phải biết trước tất cả những thay đổi tác động theo thời gian đến những nguyên tử nhỏ nhất trong vũ trụ.

Như vậy vũ trụ học hiện đại cho chúng ta một sự lựa chọn giữa một Chúa có bản ngã nằm trong thời gian, nhưng không toàn năng, và một Chúa toàn năng, nhưng phi bản ngã và tồn tại bên ngoài thời gian.

## Chúa và Vũ trụ học

Các câu hỏi mà nhà vũ trụ học đặt ra cũng gần gũi một cách đáng ngạc nhiên với các vấn đề mà nhà thần học quan tâm: vũ trụ đã được tạo ra như thế nào? Liệu có tồn tại một khởi đầu của thời gian và không gian hay không? Liệu vũ trụ có một kết thúc? Vũ trụ đến từ đâu và sẽ đi tới đâu? Phải chăng có một nguyên lý sáng tạo đã điều chỉnh sự hài hòa của thế giới?

Lĩnh vực truyền thống tâm linh là lĩnh vực của những cái huyền bí và vô hình, lĩnh vực của những cái vô cùng bé và vô cùng lớn. Lĩnh vực này ngày hôm nay không còn thuộc riêng tôn giáo nữa, mà nó cũng là lĩnh vực của khoa học. Bằng cách tích lũy các khám phá, khoa học đã đào lộ các quan điểm. Nhà thần học không có quyền không đếm xỉa đến chúng, cũng như không thể thờ ơ với chúng.

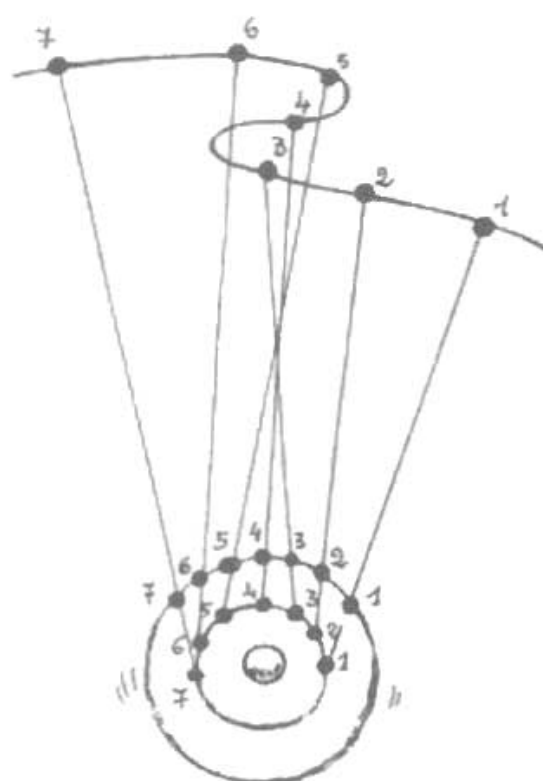
Một trong những đề xuất được sử dụng nhiều nhất để chứng minh sự tồn tại của Chúa là cái gọi là lập luận “vũ trụ học” thường được Platon, Aristotle, thánh Thomas d’Aquin và Kant viện dẫn: mọi thứ đều có một nguyên nhân. Nhưng không thể có một chuỗi vô hạn các nguyên nhân được. Chuỗi này nhất thiết phải dừng lại ở một nguyên nhân đầu tiên, đó là Chúa. Lập luận này dựa trên quan niệm của phương Tây về thời gian tuyến tính. A được sinh ra, nó gây ra B, đến lượt mình B gây ra C, và cứ tiếp tục như vậy. Nhưng thời gian có thể không tuyến tính. Trong một số triết học và tôn giáo phương Đông, như Phật giáo chẳng hạn, thời gian không còn là tuyến tính nữa, mà là chu trình. A gây ra B, B gây ra C, đến lượt mình C lại gây ra A. Trong trường hợp này, con rắn tự cắn đuôi nó, và cái vòng tròn nên tự khép kín. Nghĩa là không cần phải có nguyên nhân đầu tiên nữa.

Nhưng ngay cả trong trường hợp thời gian tuyến tính đi nữa, Cơ học lượng tử cũng đã đặt vấn đề xét lại khẳng định theo đó “mọi thứ đều có một nguyên nhân”. Với “nguyên lý Bất định” nổi tiếng của mình, Werner Heisenberg đã chứng tỏ vào năm 1927 rằng sự bất định và mờ nhòe là thuộc tính của thế giới hạ nguyên tử. Sự mờ nhòe này ngăn cản không cho chúng ta biết đồng thời năng lượng và thời gian sống của một hạt. Đối với một hạt có thời gian sống rất ngắn (gọi là “ảo”), sự bất định đối với năng lượng của nó là rất lớn. Điều

này cho phép nó vay năng lượng ở Ngân hàng tự nhiên và vật chất hóa một cách tự phát và không thể tiên đoán được mà không cần bất kỳ một nguyên nhân nào. Không thể biết chắc chắn các hạt ảo sẽ xuất hiện ở đâu và khi nào. Chúng ta chỉ có thể thông báo xác suất xuất hiện của chúng ở một vị trí nào đó. Các nhà vật lý như Andreï Linde người Nga cho rằng, về lý thuyết, vũ trụ có thể xuất hiện một cách tự phát từ chân không giống như một hạt, mà chẳng cần đến một nguyên nhân đầu tiên nào, chỉ nhờ ân huệ của một thăng giáng lượng tử. Ở thời gian Planck ( $10^{-43}$  giây), vũ trụ chỉ có kích thước  $10^{-33}$  cm, tức nhỏ hơn một nguyên tử 10 triệu tỷ tỷ lần. Khi đã được sinh ra từ một thăng giáng lượng tử, thì sự lạm phát (*xem mục từ này*) làm cho nó nở ra theo hàm mũ trong những phần giây đầu tiên. Cách mô tả sự sáng tạo ra vũ trụ này giống một cách kỳ lạ với sự sáng thế từ hư vô (*ex nihilo*) được nhắc đến trong nhiều tôn giáo. Khác biệt lớn đó là sự xuất hiện của vũ trụ, bởi sự thần diệu của mờ nhờ lượng tử, dường như không còn đòi hỏi một nguyên nhân đầu tiên nữa, cũng như không cần sự tồn tại của một Chúa trời. Sự đột sinh của nó khi đó có thể được giải thích bằng các quá trình thuần túy vật lý.

## Chuyển động lùi của hành tinh

Do chuyển động quay của Trái đất, nên tất cả các thiên thể - hành tinh và sao - vào ban đêm đều băng qua bầu trời từ Đông sang Tây. Nhưng điều phân biệt hành tinh với sao, đó là các hành tinh thay đổi vị trí so với các ngôi sao, chúng cứ lừng lững đi từ Tây sang Đông trong khi các ngôi sao cứ ương bướng đứng yên đối nhau. Chính chuyển động này là nguồn gốc của cái tên "*planete*" (hành tinh), tiếng Hy Lạp có nghĩa là "kẻ lang thang". Sự khác biệt này của chuyển động tương đối giữa hành tinh và sao là do hiệu ứng khoảng cách: chuyển động của các sao ở rất xa là không thể nhận thấy được, trong khi chuyển động của các hành tinh ở gần dường như có biên độ lớn hơn.



Một sự kiện hơi kỳ lạ: thi thoảng, các hành tinh dường như đứng yên trong quỹ đạo của chúng rồi đảo ngược lại hướng chuyển động so với các sao. Khi đó các hành tinh thực hiện một chuyển động gọi là “lùi”, từ Đông sang Tây, trong một khoảng thời gian nhất định, trước khi trở lại chuyển động quay quen thuộc từ Tây sang Đông. Chuyển động lùi này của các hành tinh đặt ra một vấn đề lớn cho những người ủng hộ hệ thống địa tâm. Trong mô hình nhật tâm ngày nay, các chuyển động lùi này được giải thích một cách tự nhiên như sau: chúng là kết quả của việc quan sát chuyển động của các hành tinh được thực hiện từ Trái đất, mà bản thân vị trí quan sát này cũng chuyển động. Các chuyển động lùi này xảy ra mỗi khi Trái đất, trên quỹ đạo quay quanh Mặt trời của mình, vượt qua một hành tinh bên trên (ở xa Mặt trời hơn Trái đất) hoặc bị một hành tinh bên dưới (gần Mặt trời hơn Trái đất) vượt qua. Những chuyển động lùi này chỉ là biểu kiến mà thôi. Một người ở ngoài Trái đất quan sát vòng quay của các hành tinh từ một phi thuyền không gian sẽ không thấy các chuyển động lùi này.



## Chuyển động trong vũ trụ

Tính bất biến của trời theo Aristotle đã chết hẳn. Không có gì đứng yên, tất cả trên bầu trời đều chuyển động. Bản thân vũ trụ cũng không tĩnh: không gian của nó liên tục dãn nở. Nói một vũ trụ tĩnh chẳng khác nào nói rằng một quả bóng được tung lên không trung có thể đứng bất động và lơ lửng trên đó, điều này rõ ràng là phi lý. Tất cả các thiên hà đều bị chuyển động dãn nở của không gian kéo đi. Giống như những quả nho trên mặt chiếc bánh gatô đặt trong lò nướng, chúng sẽ rời xa nhau khi bánh phồng lên, các thiên hà cũng bị không gian dãn nở kéo rời ra xa nhau. Ngoài chuyển động dãn nở của vũ trụ còn có các chuyển động khác: lực hấp dẫn làm cho tất cả các cấu trúc của vũ trụ, các sao, thiên hà, đám và siêu đám thiên hà, hút nhau và "rơi" vào nhau. Cũng chính lực hấp dẫn làm chất kết dính để giữ các cấu trúc khổng lồ của vũ trụ lại với nhau. Nhưng các viên gạch cấu thành nên các cấu trúc này, dù đó là các ngôi sao trong một thiên hà hay các thiên hà trong một cụm hay đám thiên hà, thì cũng đều không cố định và cứng nhắc như một tòa nhà đồ sộ, mà chuyển động không ngừng.

Khi ngồi thoải mái trong ghế *fautuil* để đọc cuốn sách này, bạn có cảm giác như là bạn bất động. Nhưng bạn nhầm to. Trên thực tế, bạn là một bộ phận của một vũ điệu vũ trụ điên cuồng (xem mục từ này). Tùy theo vĩ độ của bạn, Trái đất kéo bạn đi khá nhanh trong chuyển động quay hằng ngày của nó. Ở hai cực, bạn đứng im tại chỗ, nhưng ở xích đạo, Trái đất kéo bạn đi với vận tốc 1.674 km/h. Ở vĩ độ Paris (48°), Trái đất kéo bạn đi với vận tốc 1.120 km/h. Hành tinh của chúng ta kéo bạn qua không gian với vận tốc 30 km/s, trong chuyến chu du hằng năm của nó quanh Mặt trời. Đến lượt mình, Mặt trời lại kéo Trái đất đi trong chuyến chu du của nó quanh tâm Ngân Hà với vận tốc 220 km/s. Ngân Hà rơi với vận tốc 90 km/s về phía thiên hà láng giềng là thiên hà Tiên nữ. Và thế vẫn chưa hết. Cụm Địa phương, bao gồm Ngân Hà, thiên hà Tiên nữ và khoảng 30 thiên hà lùn, rẽ không gian với vận tốc khoảng 600 km/s, bị hút bởi lực hấp dẫn của đám Trinh nữ (*Virgin*) và siêu đám Trường Xà (*Serpent*) và Nhân Mã (*Centaur*). Và vũ điệu vũ trụ chưa dừng lại ở đó: bản thân đám Trinh

nữ và siêu đầm Trườg Xà và Nhân Mã cũg lại rơi về phía một đại đô thị chứa hàng chục nghìn thiên hà mang tên "Nhân hút Lớn".

Tất cả đều chuyển động trong bầu trời; tất cả đều thay đổi, tất cả đều là vô thường.

## Con lắc Foucault

Một thí nghiệm thú vị chứng tỏ rằng vũ trụ có một trật tự chung, rằng tồn tại một ảnh hưởng hiện diện khắp nơi và huyền bí làm cho mỗi bộ phận đều chịu ảnh hưởng của tổng thể và tổng thể phản ánh từng bộ phận. Đó là thí nghiệm con lắc Foucault.

Nhà vật lý Léon Foucault (819-1868) muốn chứng tỏ rằng không chỉ vũ trụ là không thể chia tách được, mà cả Trái đất quay quanh chính nó nữa. Năm 1851, trong một thí nghiệm đến nay vẫn còn nổi tiếng và hiện được dựng lại trong một số viện bảo tàng trên thế giới, ông đã treo một con lắc lên vòm điện Panthéon, ở Paris. Tất cả chúng ta đều đã biết hành trạng của con lắc này: một khi được thả cho dao động, hành trạng của nó khá đặc biệt: mặt phẳng dao động của nó quay theo giờ. Nếu người ta thả cho nó dao động theo hướng Bắc-Nam, thì sau vài giờ nó sẽ dao động theo hướng Đông-Tây. Nếu chúng ta đặt con lắc này ở hai địa cực, thì nó sẽ hoàn thành hết một vòng chính xác sau 24 giờ. Ở Paris, do hiệu ứng của vĩ độ, sau một ngày con lắc này chỉ quay được một phần của vòng. Nhưng tại sao hướng dao động của con lắc lại thay đổi? Foucault đã trả lời chính xác rằng chuyển động này chỉ là biểu kiến thôi: mặt phẳng dao động của con lắc vẫn cố định; cái quay ở đây là chính Trái đất. Vì đã chứng tỏ được Trái đất quay, nên ông đã dừng lại ở đó.



*Chân dung nhà vật lý J. B. Foucault*

Nhưng câu trả lời của Foucault chưa đầy đủ, bởi vì một chuyển động chỉ có thể được mô tả so với cái gì đó không chuyển động. Đó chính là nguyên lý tương đối đã được Galileo phát minh và Einstein phát triển đến đỉnh điểm: chuyển động tuyệt đối không tồn tại. Galileo đã hiểu rằng “chuyển động như không có gì”. Chuyển động không tồn tại tự thân, mà là *đối với* một vật mốc cố định. Mặt phẳng của con lắc là cố định, nhưng là cố định so với cái mốc nào? Vật nào quyết định hành trạng của nó? Nếu một vật gây ra chuyển động của con lắc, thì nó sẽ vẫn phải nằm trong mặt phẳng dao động của nó mà người ta đã biết là cố định. Ngược lại, nếu chuyển động của con lắc không do vật này quyết định, thì chuyển động này cuối cùng sẽ lệch ra ngoài mặt phẳng đó.

Chúng ta hãy cùng thử các thiên thể đã biết, từ những thiên thể gần nhất đến xa nhất. Hãy hướng mặt phẳng của con lắc của chúng ta về phía Mặt trời. Trong chuyển chu du hằng ngày của Mặt trời trong bầu trời (chuyển động biểu kiến do chuyển động quay của Trái đất), mặt phẳng dao động của con lắc dường như cũng quay để đi theo chuyển động của nó. Vậy phải chăng Mặt trời quyết định mặt phẳng dao động của con lắc? Không, vì Mặt trời sẽ ra khỏi mặt phẳng dao động này sau vài tuần. Các ngôi sao gần nhất, cách vài năm ánh sáng, cũng ra khỏi mặt phẳng dao động của con lắc chỉ sau vài năm. Thiên hà Tiên nữ, cách 2,3 triệu năm ánh sáng, lệch hướng ít hơn,

nhưng cuối cùng cũng ra khỏi mặt phẳng này. Thời gian ở lại trong mặt phẳng này sẽ dài và sự lệch ra khỏi mặt phẳng đó sẽ tiến đến zero tùy theo khoảng cách đến các vật được dùng để kiểm tra càng xa. Chỉ khi con lắc hướng tới các đám thiên hà xa nhất, cách nhiều tỷ năm ánh sáng, ở rìa vũ trụ đã biết, thì các đám này mới không lệch ra khỏi mặt phẳng dao động của con lắc.

Kết luận rút ra từ các thí nghiệm này thật lạ lùng: con lắc Foucault điều chỉnh hành trạng của mình không phải theo môi trường địa phương của nó, mà theo các thiên hà xa nhất, hay nói chính xác hơn là theo toàn bộ vũ trụ, bởi vì gần như toàn bộ khối lượng nhìn thấy được của vũ trụ không phải nằm trong các ngôi sao gần mà trong các thiên hà xa xôi. Nói cách khác, cái được gây dựng ở chỗ chúng ta lại được quyết định trong khoảng bao la của vũ trụ. Những điều xảy ra trên hành tinh nhỏ bé của chúng ta lại phụ thuộc vào tổng thể các cấu trúc của vũ trụ!

Tại sao con lắc Foucault xử sự như vậy? Hiện tại chưa thể biết câu trả lời. Nhà vật lý Ernst Mach (1838-1916), người có tên được dùng làm đơn vị đo vận tốc siêu thanh) đã nhận thấy ở đó một loại hiện diện khắp nơi của vật chất và ảnh hưởng của nó: Theo ông, khối lượng của một vật - đại lượng để đo quán tính của nó, tức là sự chống lại chuyển động của nó - là kết quả ảnh hưởng của toàn vũ trụ lên vật này. Người ta gọi đó là nguyên lý Mach, được phát biểu vào cuối thế kỷ XIX. Khi bạn khó nhọc đẩy một chiếc xe bị hỏng, thì lực cản tác dụng lên chuyển động được phát ra từ toàn thể vũ trụ thông qua một ảnh hưởng huyền bí tách biệt với lực hấp dẫn. Chúng ta lại thấy ở đây quan niệm của đạo Phật về sự phụ thuộc lẫn nhau. Mỗi bộ phận đều mang trong mình cái tổng thể, và tổng thể phụ thuộc vào mỗi bộ phận này. Mach chưa bao giờ trình bày chi tiết tác động huyền bí này của vũ trụ và sau ông cũng không ai biết làm điều này. Dù sao, con lắc Foucault buộc chúng ta phải chấp nhận rằng trong vũ trụ tồn tại một lực tương tác có bản chất hoàn toàn khác với các lực mà vật lý hiện nay miêu tả: một tương tác không đòi hỏi sự tham gia của lực, cũng như trao đổi năng lượng, mà liên quan đến vũ trụ trong tổng thể của nó. Mỗi một bộ phận mang trong mình cái tổng thể, và tổng thể phụ thuộc vào mỗi bộ phận.

Nhưng không gian không chỉ không thể phân chia được ở thang vũ trụ. Nó còn không thể phân chia được ở thang dưới nguyên tử. Điều này đã được một thí nghiệm vật lý cũng rất nổi tiếng khác khẳng định: đó là thí nghiệm EPR (*xem mục từ này*)

## Copernicus, Nicolas

Là gương mặt tiêu biểu của cuộc đại cách mạng khoa học diễn ra ở châu Âu thời Phục hưng, Nicolas Copernicus (1473-1553) đã trục xuất Trái đất ra khỏi vị trí trung tâm của nó trong Hệ Mặt trời và thay vào đó là Mặt trời. Bằng cách đẩy chỗ trú ẩn trong vũ trụ của chúng ta xuống hàng một hành tinh bình thường quay quanh Mặt trời giống như tất cả các hành tinh khác, đồng thời cũng đẩy nó ra khỏi trạng thái bất động và trao cho nó sự chuyển động, Nicolas Copernicus đã khởi phát những đảo lộn khoa học và triết học sâu sắc mà ngày nay chúng ta vẫn cảm thấy hậu quả của chúng.

Sinh ngày 19.2.1473 ở Torun, Ba Lan, trong một gia đình thương gia và công chức, Copernicus vào Đại học Jagellon ở Krakow năm 1491 học các môn nghệ thuật tự do, nhưng không được cấp bằng. Sau đó ông đến Italia, năm 1497, để học luật giáo hội và y học, ban đầu là ở Đại học Bologne, sau đó là ở Đại học Padoue. Trước khi rời Ba Lan, cậu ông, giám mục ở Krakow, người đã nhận ông làm con nuôi sau khi cha ông mất năm 1483, đã bổ nhiệm ông làm linh mục phụ tá ở Frombork, một vị trí chịu trách nhiệm về tài chính hơn là tôn giáo. Ở Bologne, mối quan tâm đến thiên văn học của ông đã được khuyến khích bởi thầy giáo dạy toán của ông là Domenico Maria Novara, một trong những nhà bác học đầu tiên nghi ngờ hệ địa tâm của Ptolemy. Hai thầy trò cùng nhau quan sát rất nhiều các sao bị Mặt trăng che khuất. Không tốt nghiệp khóa về y khoa, nhưng Copernicus được cấp bằng tiến sỹ luật giáo hội vào năm 1503, trước khi ông trở về Frombork để nhận chức linh mục phụ tá. Nhưng vũ trụ học vẫn là mối quan tâm thực sự của ông. Trong khoảng thời

gian từ năm 1507 đến năm 1514, ông viết một chuyên luận ngắn về thiên văn học, *Commentariolus*, mãi đến thế kỷ XIX mới được công bố, nhưng ở đó người ta đã thấy manh nha những ý tưởng của ông về một vũ trụ nhật tâm: “Tất cả các chuyển động biểu kiến mà người ta nhận thấy trong bầu trời đều là do chuyển động của Trái đất chứ không phải của bầu trời.” “Một ban thảo gồm sáu tờ giấy nhỏ trình bày lý thuyết của một tác giả khẳng định rằng Trái đất chuyển động, trong khi Mặt trời là đứng yên”, một giáo sư ở Đại học Krakow bình luận. Và rồi Hệ nhật tâm cuối cùng đã được miêu tả với toàn bộ sự huy hoàng của nó trong cuốn *Về chuyển động quay của các thiên cầu*, công bố năm 1543 và truyền thuyết nói rằng Nicolas Copernicus chỉ nhận được một bản khi ông đang hấp hối.

Trước Copernicus mười bốn thế kỷ, quan niệm về thế giới là quan niệm của Ptolemy, được trình bày cuốn *Almageste* của ông, và bản thân nó lại bắt nguồn từ những quan niệm của Aristotle thế kỷ IV tCN. Theo quan niệm này, Trái đất đứng im nằm ở trung tâm của thế giới và các chuyển động của trời, gồm Mặt trời và các hành tinh khác quay không ngừng quanh nó. Sự cảm dỗ của một vũ trụ địa tâm là điều thật dễ hiểu. Vì cái tôi quá lớn của con người, nên khi ngắm đường đi của các thiên thể từ Đông sang Tây, trên bầu trời, hết đêm này qua đêm khác, còn có gì tự nhiên hơn, nếu như con người già định rằng hành tinh của chúng ta đứng im, ở chính trung tâm của vũ trụ, và tất cả đều quay quanh nó? Để các thiên thể không rơi, người ta gắn chúng vào các mặt cầu tinh thể trong suốt. Và bởi vì Chúa là một nhà hình học, nên quỹ đạo của các hành tinh phải có hình dạng hình học hoàn hảo, đó là hình tròn. Các hành tinh cũng phải di chuyển theo một chuyển động hoàn hảo, đó là chuyển động đều.

Vào thời kỳ Trung cổ, thánh Thomas d'Aquin thực hiện việc tổng hợp vũ trụ Aristotle với vũ trụ Cơ đốc giáo. Với việc đưa vào các yếu tố tôn giáo, yếu tố huyền bí từng biến khỏi các vũ trụ địa tâm của Aristotle và Ptolemy giờ đây đã xuất hiện trở lại. Để giải thích chuyển động của các hành tinh, người ta phải viện đến một đội quân các thiên thần đặt dưới quyền chỉ huy tối cao của Chúa và các thiên thần, vốn là những thợ cơ khí đích thực của trời, liên tục điều khiển các cỗ máy để làm chuyển động các khối tinh cầu. Thế giới theo Aristotle khi đó được chia làm hai, mặt tinh cầu chứa Mặt trăng được dùng làm mốc

phân định giữa vùng dưới Mặt trăng và các tinh cầu khác ở bên trên. Vùng chuyên tiếp này được các thiên thần canh giữ một cách nghiêm ngặt. Trong vùng dưới Mặt trăng có nơi chuộc tội, phòng chờ đến các tinh cầu trên cao, và Trái đất, một nơi vô thường và không hoàn hảo của con người, của sự hao mòn và chết chóc. Trong lòng đất là địa ngục, lãnh địa của quỷ dữ và cái Ác. Còn Chúa thì ngự trong thế giới hoàn hảo và bất biến ở thiên đường, nơi của những ngọn lửa vĩnh cửu, bên trên mặt tinh cầu của các ngôi sao. Các thiên thần sống ở các tinh cầu hành tinh và tinh cầu Mặt trời, tinh cầu nơi họ sinh sống càng xa thiên đường thì cấp bậc thần thánh của họ càng giảm.



Trong cuốn *Về chuyển động quay của các thiên cầu*, Nicolas Copernicus xem xét lại các nguyên lý của Aristotle, vốn được coi là hiển nhiên từ hai nghìn năm trước. Trong vũ trụ Copernicus, trung tâm không phải là Trái đất, mà là Mặt trời. Hành tinh của chúng ta bị đẩy xuống hàng của các hành tinh khác. Cũng như các hành tinh này, nó không còn đứng yên nữa mà chuyển động để thực hiện chuyển chu du hằng năm xung quanh Mặt trời. Ở khoảng cách tăng dần so với Mặt trời lần lượt có Thủy tinh, Kim tinh, Trái đất, Hỏa tinh, Mộc tinh và Thổ tinh, đó là sáu hành tinh được biết của Hệ Mặt trời thời đó. Chỉ có mỗi Mặt trăng là giữ Trái đất làm trung tâm của nó. Nó đồng hành cùng Trái đất trong chuyển chu du hằng năm xung quanh Mặt trời, đồng thời vẫn thực hiện chuyển chu du hằng tháng của nó quanh Trái đất.

Sự xét lại này về địa vị đặc biệt của hành tinh của chúng ta quả là một hành động vừa dũng cảm vừa khác thường.

Là hành động dũng cảm bởi vì luận đề của Copernicus đi ngược lại những chỉ giáo của Giáo hội, cả giáo hội Tin lành (giáo hội mà Copernicus là thành viên) và Công giáo, và có nguy cơ gây cho ông rất nhiều phiền nhiễu. Tước đi của Trái đất vị thế đặc biệt của nó sau này đã dẫn Giordano Bruno lên giàn hỏa thiêu năm 1600, và sau đó đã khiến Galileo bị quản thúc tại gia trong khi các tác phẩm của ông nằm trong danh mục sách cấm. Chắc chắn chính vì e ngại sẽ bị tòa án dị giáo thẩm vấn mà Copernicus đã phải chờ đến cuối đời mới cho công bố tác phẩm lớn của đời ông (có lẽ ông đã hoàn thành về cơ bản vào năm 1530). Do luận đề có tính kích động của ông, nên mục sư dòng Luther Andreas Osiander, người phụ trách việc xuất bản cuốn sách, đã tự cho phép mình thêm vào một lời tựa không ký tên (chính Kepler, 50 năm sau, đã phát hiện ra tác giả thật của lời tựa này) tuyên bố rằng không nên coi mô hình nhật tâm này là một hình dung thực sự về thế giới, mà nó chỉ là một mẹo toán học cho phép tính toán quỹ đạo của các hành tinh một cách chính xác hơn mô hình địa tâm của Ptolemy. Nói cách khác, mô hình nhật tâm chỉ dùng làm mô hình, nói theo một thành ngữ Hy Lạp, để "giữ lấy thể diện", chứ không nhất thiết tương ứng với hiện thực. Lịch sử không nói liệu Copernicus, trong lúc hấp hối, có đọc và chấp nhận lời tựa này hay không. Nhưng dù thế nào đi nữa, nếu như lời tựa này của Osiander chắc chắn có tác dụng làm giảm nhẹ tác động trực tiếp của tác phẩm của Copernicus, thì có lẽ nó cũng đã giúp tác phẩm này không bị Giáo hội ngay lập tức kết tội và liệt vào danh sách cấm.

Đó còn là hành động phi thường, vì nó đã xảy ra trong khi, kể từ Ptolemy, sự chính xác trong quan sát các chuyển động hành tinh đã không có được tiến bộ thực sự nào. Trong lĩnh vực khoa học, việc xem xét lại các khái niệm thường xuất phát từ các quan sát mới chính xác hơn không phù hợp nữa với khuôn mẫu hiện hành, nhưng ở đây hoàn toàn không phải như vậy. Copernicus đã trở thành nhà vô địch của hệ nhật tâm bởi vì hệ này giải thích được chuyển động của các hành tinh một cách đơn giản hơn và đẹp đẽ hơn hệ địa tâm của người Hy Lạp, và cũng bởi vì, đối với Copernicus, vẻ đẹp và sự Tao nhã trong khoa học thường đồng nghĩa với Chân lý.



Tuy vậy, chính Copernicus cũng không thể quét sạch tất cả các quan niệm của Aristotle. Nhiều ý tưởng từng thắng thế trong hai thiên niên kỷ đã sống rất dai. Các hành tinh, trong vũ trụ Copernicus, vẫn tiếp tục ngự trên các "tinh cầu" được đẩy bởi các thiên thần, chúng vẫn giữ các quỹ đạo tròn và chuyển động đều hoàn hảo. Nhưng, vì quỹ đạo của các hành tinh không tròn và chuyển động của chúng cũng không đều, nên Copernicus, giống như Ptolemy, cũng phải viện đến một lý thuyết để giải thích các chuyển động của chúng: các hành tinh không trực tiếp ở trên các tinh cầu, mà ở trên các vòng tròn nhỏ gọi là các "ngoại luân" có tâm nằm trên bề mặt các thiên cầu.

Bất chấp các khái niệm còn sót lại từ hệ thống thế giới cũ này, vũ trụ Copernicus vẫn mở ra cho thiên văn học một con đường mới mà sau này Kepler sẽ khai phá bằng cách tìm hiểu kỹ các quan sát của Tycho Brahe và ông đã khám phá ra ở đó các định luật về chuyển động của các hành tinh. Bằng cách quét sạch vật lý Aristotle, vũ trụ nhất tâm sẽ tạo ra một vật lý mới, vật lý của Galileo và Newton.

## Cơ học lượng tử

Được phát triển đầu thế kỷ XX bởi một nhóm các nhà vật lý châu Âu, trong đó có Niels Bohr (1885-1962) người Đan Mạch, Werner Heisenberg (1901-1976) người Đức, Louis de Broglie (1892-1987) người Pháp, Erwin Schrodinger (1887-1961) và Wolfgang Pauli (1901-1958) cả hai cùng là người Áo, Paul Dirac (1902-1984) người Anh, cùng với thuyết Tương đối, Cơ học lượng tử là một trong hai trụ cột của vật lý hiện đại. Đó là lý thuyết vật lý mô tả những cái vô cùng bé (trong khi thuyết Tương đối liên quan đến vật lý của những cái vô cùng lớn). Nó giải thích cấu trúc và hành trạng của các nguyên tử và sự tương tác của chúng với ánh sáng.

Thế kỷ XIX đã để lại cho chúng ta một vũ trụ rất định trong đó phải loại bỏ ngẫu nhiên và tất cả đều có thể được mô tả một cách chặt chẽ bằng các định luật toán học và vật lý. Mọi sự kiện đều có

một nguyên nhân. Cơ học của vũ trụ tất định của Newton và Laplace được quy định nghiêm ngặt bởi các định luật nhân quả. Sự lên ngôi của Cơ học lượng tử đã phá vỡ tan tành sự cứng nhắc gò bó vốn là thuộc tính của quyết định luận. Ngẫu nhiên và phóng khoáng hùng dũng bước vào một thế giới mà ở đó tất cả vốn đã được quy định một cách tỉ mỉ. Sự bất định đây phản kích sẽ thay thế cho sự chắc chắn nhảm chán. Sự nhòe mờ lượng tử sẽ thay thế sự nghiêm ngặt tất định. Heisenberg phát hiện ra rằng tự nhiên tuân theo một “nguyên lý Bất định”: thông tin mà bạn có thể nhận được từ một hạt không bao giờ là đầy đủ cả; hoặc là bạn đo vị trí của một electron với một độ chính xác cao, trong trường hợp này bạn phải từ bỏ việc biết chính xác vận tốc của nó, hoặc là bạn quan sát vận tốc của nó, và bạn phải chấp nhận rằng vị trí của nó là không chính xác, chứ bạn không bao giờ biết được chính xác đồng thời cả vận tốc và vị trí. Sự bất định này không phải do bạn thiếu trí tưởng tượng trong tính toán, hay thiết bị của bạn không đủ tinh vi. Mà đó là một tính chất cơ bản của tự nhiên. Bởi vì thông tin mà bạn có thể nhận được về một hạt sẽ luôn luôn là không đầy đủ, nên chúng ta sẽ không bao giờ tiếp cận được tương lai chính xác của nó, vốn phụ thuộc vào thông tin này. Quan niệm của Laplace (xem mục từ này) về một vũ trụ với bộ máy của nó được bôi trơn dầu mỡ một cách hoàn hảo, mà ở đó quá khứ, hiện tại và tương lai của mỗi nguyên tử đều có thể được trí tuệ con người đủ sức lĩnh hội, quan niệm ấy giờ đây đã bị đập vỡ tan tành. Sẽ luôn có một phần ngẫu nhiên trong số phận của các nguyên tử. Tự nhiên đòi chúng ta phải khoan dung và từ bỏ giấc mơ ngàn đời của con người về sự hiểu biết tuyệt đối.

Lý do của sự thất bại này gắn liền với bản thân hành động quan sát. Ánh sáng là phương tiện duy nhất mà chúng ta có để giao tiếp với electron, để biết nó ở đâu và sẽ đi đâu. Để quan sát nó, tôi phải gửi tới nó các hạt ánh sáng, hay các photon. Thế nhưng, mỗi một photon lại có một năng lượng nhất định liên hệ với bước sóng của nó. Bước sóng quyết định độ chính xác mà ánh sáng có thể khoanh vùng thực tại và định xứ electron. Năng lượng càng nhỏ, thì bước sóng càng dài, và thực tại càng trở nên nhòe mờ hơn. Ngược lại, nếu năng lượng lớn, bước sóng sẽ ngắn và các đường viền sẽ rõ nét hơn. Bằng cách bắn các photon vào electron để đoạt lấy bí mật về vị trí của

nó, chúng ta đã làm nhiễu loạn nó. Photon trao đổi năng lượng của chúng với electron và vì thế chuyển động của electron bị thay đổi. Như vậy chúng ta phải đối mặt với một nan đề: chúng ta càng làm giảm sự nhiễu mờ về vị trí của electron bằng cách chiếu các photon có năng lượng lớn hơn vào nó, thì chúng ta càng làm xáo trộn nó và làm tăng sự nhiễu mờ đối với chuyển động của nó. Chính hành động xác định đã gây ra sự bất định.

Như vậy sự quan sát làm thay đổi thực tại và tạo ra thực tại mới. Nói về một thực tại "khách quan" đối với một hạt, một thực tại tồn tại ngay cả khi người ta không quan sát nó như Newton quan niệm, là điều có rất ít ý nghĩa, bởi vì người ta không bao giờ có thể lĩnh hội được nó. Mọi toán tính về thực tại khách quan đều sẽ kết thúc bằng sự thất bại. Thực tại nay bị thay đổi không gì cứu vãn nổi và biến thành một thực tại "chủ quan" phụ thuộc vào người quan sát và dụng cụ quan sát của anh ta. Thực tại của thế giới nguyên tử và dưới nguyên tử chỉ có nghĩa với sự hiện diện của một người quan sát. Trước tấn kịch náo động của thế giới các nguyên tử, chúng ta không còn là những khán giả thụ động nữa. Chính sự hiện diện của chúng ta đã làm thay đổi diễn biến của vở kịch. Hành trạng của các nguyên tử bị thay đổi do chính hành động quan sát của chúng ta. Về bề ngoài của thế giới dưới nguyên tử gắn bó chặt chẽ với sự hiện diện của chúng ta, và các phương trình mô tả thế giới này phải đưa vào hành động quan sát một cách tường minh.

Bởi vì một hạt sẽ không bao giờ để lộ cho chúng ta biết đồng thời vị trí và chuyển động của nó, nên chúng ta sẽ không bao giờ có thể nói về một quỹ đạo của một hạt như chúng ta nói về quỹ đạo của Mặt trăng quanh Trái đất. Trong nguyên tử, một electron không ngoan ngoãn đi theo chỉ một quỹ đạo, mà có thể ở khắp nơi cùng một lúc. Thế nhưng electron có thể thực hiện khả năng kỳ diệu này như thế nào? Bằng cách mang một bộ mặt khác, vì electron, photon hay mọi hạt khác đều có hai bộ mặt, hay nói theo thuật ngữ chuyên môn là có lưỡng tính. Chúng vừa là hạt vừa là sóng. Hạt, khi nó là sóng, có thể lan truyền và choán toàn bộ không gian trống rỗng của nguyên tử, như các sóng tròn lan tỏa ra khắp mặt ao khi một viên đá rơi xuống nước gây ra. Sóng của hạt, giống như sóng biển, có một biên độ rất lớn ở các đỉnh và một biên độ rất nhỏ ở nút sóng. Tôi sẽ có nhiều cơ hội

được gặp electron ở các đỉnh hơn là ở các nút, nhưng, ngay cả ở các đỉnh sóng, thì tôi cũng không bao giờ biết chắc chắn rằng electron sẽ xuất hiện ở đó. Có thể hai phần ba (xác suất 66%) hay bốn phần năm (xác suất 80%), electron sẽ có mặt ở đó; nhưng xác suất này sẽ không bao giờ đạt đến 100%. Sự chắc chắn đã bị loại trừ khỏi thế giới nguyên tử và dưới nguyên tử, nhường chỗ cho ngẫu nhiên hùng dũng bước vào. Là một nhà quyết định luận xác tin, Einstein (*xem mục từ này*) khó có thể chấp nhận vai trò to lớn của ngẫu nhiên trong thế giới nguyên tử. Ông từng nói: “Chúa không chơi trò súc sắc.” Nhưng về điểm này ông đã nhầm. Chúa đã chơi trò súc sắc! Các tiên đoán của cơ học lượng tử, nơi mà ngẫu nhiên được trao cho một vai trò chủ đạo, đã luôn được các thực nghiệm trong phòng thí nghiệm khẳng định. Chính sự hoạt động hoàn hảo của máy tính hay máy nghe nhạc của bạn cũng góp phần chứng tỏ sự đúng đắn của cơ học lượng tử.

Nhưng cần phải hiểu rằng “ngẫu nhiên” không hề có nghĩa là “hoàn toàn hỗn loạn” hay “không có khả năng tiên đoán”, vì khả năng tiên đoán là dấu hiệu của một lý thuyết khoa học tốt. Chỉ có điều, thay vì tiên đoán các sự kiện riêng lẻ trong thế giới vĩ mô, như sự rơi của một quả táo, quỹ đạo của một quả bóng được ném lên không trung, hay quỹ đạo của Hòa tinh quanh Mặt trời, như trong trường hợp Cơ học cổ điển của Newton hay Laplace, Cơ học lượng tử bằng lòng với việc mô tả một cách thống kê hành trạng trung bình của một số rất lớn các sự kiện trong thế giới nguyên tử. Không thể chỉ cho chúng ta thời điểm chính xác mà tại đó một nguyên tử cacbon 14 đơn lẻ sẽ phân rã, nhưng bù lại nó cho chúng ta biết trung bình có bao nhiêu trong vô số các nguyên tử cacbon 14 sẽ phân rã sau một, một trăm hay một nghìn năm chờ đợi. Trong Cơ học lượng tử, quan hệ nhân quả không còn ý nghĩa đối với cá nhân, mà chỉ có nghĩa đối với tập thể.

Khi người quan sát bắt thiết bị đo và thực hiện quan sát, thì các photon hay electron lập tức từ bỏ chiếc áo sóng để khoác vào chiếc áo hạt. Hạt này có một năng lượng nhất định. Nhưng một thực tế thật lạ lùng là năng lượng này lại không thể lấy một giá trị tùy ý, như trường hợp của cơ học Newton, mà chỉ lấy một số giá trị chính xác, là bội của một hằng số có tên là “hằng số Planck”, Planck (*xem mục từ này*) là tên của nhà vật lý người Đức (1858-1947), người đã đưa ra khái niệm này. Cứ như thế một ai đó đã quyết định rằng chúng ta chỉ có thể

được đi bộ với các bước 20, 40, 60... centimet, hay chúng ta chỉ có thể uống bằng các cốc 12, 24, 36... mililit. Mọi giá trị khác, như các bước 25 cm hay cốc 38 ml, sẽ bị cấm tuyệt đối. Nói cách khác, năng lượng trở nên "bi lượng tử hóa", và mỗi hạt được gắn với một "quantum" (lượng tử) năng lượng, vì thế mà có cụm từ "cơ học lượng tử".

Nhưng làm thế nào có thể chứng tỏ một cách không thể phủ nhận sự tồn tại của các lượng tử năng lượng này ở bên trong nguyên tử? Và ở đây ánh sáng lại ra tay giúp đỡ: một nguyên tử phát ra ánh sáng mà người ta có thể nghiên cứu bằng cách thu quang phổ của nó, nghĩa là phân tách nó thành các thành phần năng lượng khác nhau (bằng cách cho nó đi qua một lăng kính, giống như Newton đã phân tách ánh sáng trắng của Mặt trời thành một bảng các màu đi từ đỏ đến tím). Ánh sáng của nguyên tử trình hiện một khía cạnh thuộc loại kỳ lạ nhất: quang phổ của nó không liên tục, mà bị bấm ra thành rất nhiều các vạch dọc.

Chúng ta hãy lấy ví dụ về ánh sáng nhìn thấy được của nguyên tử hydro, nguyên tố hóa học đơn giản nhất (chỉ gồm một proton và một electron lượn quanh), nhẹ nhất và cũng dồi dào nhất trong vũ trụ. Phổ của nó được đặc trưng bởi ba vạch màu sống động: một vạch màu lam, một vạch màu lam-lục và một vạch màu đỏ. Các vạch này là các biểu hiện trực tiếp của các lượng tử năng lượng. Mỗi một vạch này thực tế là kết quả của một sự giải phóng năng lượng. Một hạt ánh sáng được phát mỗi khi nguyên tử hydro "nhảy" từ một trạng thái năng lượng này sang một trạng thái năng lượng khác: người ta gọi đó là "bước nhảy lượng tử". Năng lượng của hạt ánh sáng được giải phóng đúng bằng hiệu năng lượng của hai trạng thái tương ứng của nguyên tử hydro. Khoảng cách giữa các vạch trong quang phổ là phản ánh trung thành sự phân bố các mức năng lượng của nguyên tử. Sự phân bố này là duy nhất đối với mỗi nguyên tử. Nó là một dạng dấu vân tay của mỗi nguyên tố hóa học. Như cảnh sát nhận dạng thủ phạm nhờ các dấu vân tay vô ý để lại trên hiện trường vụ án, nhà thiên văn có kinh nghiệm nhận dạng các nguyên tố hóa học của một thiên thể xa xôi nhờ sự phân bố các vạch trong quang phổ của nó.

Như vậy, bằng cách nghiên cứu quang phổ của các ngôi sao và các thiên hà (mà người ta gọi là "quang phổ học") mà các nhà thiên văn có thể phân tích cấu tạo hóa học của chúng và tái dựng lịch sử của

các nguyên tố theo dòng tiến hóa của vũ trụ. Chính bằng cách nghiên cứu sự dịch chuyển của các vạch phổ về phía đỏ hay về phía xanh và sử dụng hiệu ứng Doppler (*xem mục từ này*) mà họ đã có thể giải mã được bí mật chuyển động của các thiên thể. Người ta có thể nói rằng chính nhờ cơ học lượng tử mà nhà thiên văn trở thành nhà vật lý thiên văn vào đầu thế kỷ XX: anh ta không còn giới hạn ở việc quan sát các thiên thể nữa, mà còn sử dụng các định luật vật lý để tìm hiểu chúng.

*Xem thêm: Ánh sáng vũ trụ và thiên văn học*

## Cực quang Bắc và cực quang Nam

Các cực quang chắc chắn là một trong những cảnh tượng ánh sáng đẹp nhất của tự nhiên. Cực quang Bắc, nghĩa là "ánh sáng ở cực Bắc", là những vùng sáng đa sắc và tán xạ di chuyển chậm trong bầu trời và người ta chỉ có thể quan sát được ở những vùng vĩ độ cao, gần các vùng địa cực, khi bầu trời đêm trong, quang đăng, tối và không có trăng. Cực quang cũng tồn tại ở bán cầu Nam và vì thế người ta đặt cho nó tên là "cực quang Nam".

Các cực quang ban tặng cho chúng ta một lễ hội các màu sắc thần tiên: màu sắc, hình dạng và chuyển động của chúng dường như biến ảo đến vô cùng. Chúng thường có màu lục-vàng, nhưng tất cả các sắc độ từ tím cho tới đỏ cũng được quan sát thấy. Còn về hình dạng, chúng có thể vẽ lên các đường cong (gọi là các "cung cực quang"), các tia dài gần như thẳng, tạo nên các vết đồng nhất gợi nhớ đến hình dạng của các đám mây, có vẻ bề ngoài như các tấm voan không có các hoa văn phù lên một phần lớn bầu trời, hoặc cũng có thể mang hình dạng các dải không lồ giống như các tấm rèm gấp mà mép dưới thì rõ nét, nhưng mép trên lại mờ nhòe. Chuyển động chậm của chúng, dễ theo dõi bằng mắt thường, như những cử động chậm rãi của một vũ công ballet, thuộc loại mê hoặc nhất. Chúng cũng có thể uồn lượn như sóng nước đại dương, lắc lư hay vỗ đập.

Các cực quang được chia thành hai nhóm: các cực quang tán xạ và các cực quang rời rạc. Các cực quang tán xạ thường xuyên

xuất hiện nhưng, trừ phi bầu trời đêm sáng, còn phần lớn thời gian chúng ta không quan sát được chúng. Chính các cực quang rời rạc là những cực quang hay nhìn thấy nhất, tạo nên những cảnh tượng làm mê hoặc chúng ta nhiều nhất. Chúng lộng lẫ hơn khi hoạt động của Mặt trời đạt đến cực điểm, nghĩa là khi có nhiều vết nhất trên bề mặt của Mặt trời. Thực tế, số các vết Mặt trời tăng và giảm theo chu kỳ trung bình 11 năm. Thế nhưng các vết Mặt trời là những chỗ Mặt trời biểu lộ tính khí của nó. Các cơn giận dữ của Mặt trời lên đến cực điểm khi chu kỳ của nó lên đến đỉnh. Các vết nằm ở những chỗ xuất hiện các phun trào của Mặt trời, tức là những vụ nổ lớn trên bề mặt phun ra hàng tỷ tấn vật chất (gồm proton và chủ yếu là electron) vào không gian. Vật chất này hòa vào gió Mặt trời, tức là luồng thường xuyên các hạt bắt nguồn từ sự bốc hơi của các lớp trên của vành nhật hoa nằm ở khoảng 10 triệu kilomet bên trên bề mặt Mặt trời. Khi gió Mặt trời thổi tới từ quyển của Trái đất, các hạt tích điện này, phần lớn là electron, được dẫn dọc theo các đường sức từ của Trái đất về phía các cực từ Bắc và Nam. Ở đó chúng tương tác với các nguyên tử và phân tử không khí của khí quyển, làm phân ly chúng, hoặc kích thích chúng lên các mức năng lượng cao hơn hoặc ion hóa chúng (nghĩa là lấy đi của chúng các electron). Khi tự phát trở lại trạng thái năng lượng thấp hơn (chúng thích ở mức năng lượng thấp nhất có thể) hoặc kết hợp với các electron trong không khí, các nguyên tử và các phân tử phát ra các ánh sáng có màu sắc khác nhau. Tập hợp các ánh sáng này đã ban tặng cho chúng ta một cảnh tượng cực quang vô cùng mê hoặc.

Khí quyển (*xem mục từ này*) mà chúng ta hít thở bao gồm 78% nitơ và 21% oxy (phần còn lại là argon, khí cacbonic và hơi nước). Chính sự phát sáng của nguyên tử oxy, có bước sóng 557,7 nanomet, gây ra màu lục-vàng. Còn màu đỏ hoặc là do oxy nguyên tử, hoặc là do nitơ phân tử phát ra. Độ cao và hình dạng của các cực quang phụ thuộc vào độ sâu mà các hạt của gió Mặt trời xâm nhập vào khí quyển. Các dải cực quang thường trải trên hàng nghìn kilomet chiều dài và hàng trăm kilomet chiều rộng, nhưng độ dày của nó thì chỉ vài chục met.

Bởi vì các cực quang Bắc (hoặc Nam) bắt nguồn từ sự tương tác của các hạt tích điện, được dẫn dắt bởi các đường sức từ của Trái đất,

với khí quyển, nên chúng xuất hiện gần như bất biến trong một vùng gần như là tròn với tâm là cực từ Bắc (hoặc Nam) của Trái đất. Chẳng hạn, ở Bắc Mỹ, nếu bạn ở thành phố Barrow (bang Alaska), hay thành phố Churchill (Canada) thì tối nào bạn cũng có thể được ngắm các cực quang Bắc. Nhưng càng xa cực từ và xuống các khu vực có vĩ độ thấp hơn, thì tỷ lệ các đêm bạn có thể ngắm được cực quang sẽ giảm xuống rất mạnh. Tỷ lệ này là 18% ở Calgary (Canada), 10% ở Oslo (Na Uy), 9% ở Montreal (Canada), 4% ở New York và 0,5% ở Los Angeles (Mỹ), 0,1% ở Roma (Italia), và 0,01% ở Tokyo (Nhật Bản).

Tại sao, ở các khu vực vĩ độ thấp như New York (khoảng 40°), tỷ lệ lại chưa bằng không, mà vẫn lên tới 4%. Sở dĩ như vậy là vì, trong thời kỳ Mặt trời hoạt động đặc biệt mạnh, các đường sức từ của Trái đất chứa rất nhiều các hạt Mặt trời và bị biến dạng, cho phép các hạt này di chuyển đến các khu vực có vĩ độ tương đối thấp. Như vậy, trong các thời kỳ Mặt trời hoạt động mạnh, người dân ở phía bắc nước Mỹ thỉnh thoảng vẫn có cơ hội được ngắm cực quang.

Trong mọi trường hợp, nếu muốn ngắm một trong những cảnh tượng đẹp nhất của tự nhiên, thì bạn hãy lên một máy bay và bay đến các vùng cực ngay khi vừa có một đợt phun trào lớn của Mặt trời! Tốt nhất là hãy đến Bắc cực, vì trong bán cầu Nam, không có địa điểm lý tưởng để quan sát ở ngoài Nam cực...



**D, Ð**

## Darwin, Charles

Chính sự đa dạng kỳ diệu của các loài sinh vật sống trên địa cầu, được quan sát trong chuyến vòng quanh thế giới trên con tàu Beagle, đặc biệt là trên các hòn đảo Galapagos, đã khơi nguồn cảm hứng cho nhà tự nhiên học người Anh Charles Darwin (1809-1882) xây dựng thuyết tiến hóa của các loài. Thuyết này, từ đó được gọi là "Học thuyết Darwin" và được trình bày trong tác phẩm chủ đạo của ông mang tên *Nguồn gốc các loài theo chọn lọc tự nhiên* công bố năm 1859, đã đưa chiều thời gian vào trong nghiên cứu thế giới sinh vật. Các loài sinh vật không còn được coi là đã có tất cả ngay từ khởi thủy nữa. Các nghiên cứu cổ sinh học nói với chúng ta điều đó: hình dạng của chúng đã thay đổi và tiến hóa, chúng đã được biệt hóa theo các kỳ địa chất để thích nghi với một môi trường thay đổi.



*Chân dung Charles Darwin, cuối năm 1830, của họa sỹ G. Richman*

Tác phẩm của Darwin đã gây một tiếng vang lớn. Thật vậy, bị Copernicus (xem mục từ này) đẩy khỏi vị trí trung tâm trong vũ trụ năm 1543, rồi lại bị làm cho trở nên nhỏ nhoi vô nghĩa trong một vũ

trụ bao la rời xa Chúa ở trong lòng một vũ trụ cơ học của Newton (xem mục từ này) vào thế kỷ XVII, con người phương Tây của thế kỷ XIX đã tự an ủi bằng cách mơ mộng đến nguồn gốc con trời của mình. Xét cho cùng thì con người chính là hậu duệ của Adam và Eva, còn bản thân hai người này là do Chúa trời tạo ra. Ngay cả khi đã mất đi vị trí trung tâm trong vũ trụ, con người vẫn còn là đứa con yêu quý của trời. Charles Darwin đã tước nốt niềm an ủi này của con người. Theo ông, nguồn gốc của con người không hề cao quý như thế: con người đã có tổ tiên của tổ tiên của mình lần lượt theo trình tự ngược thời gian là linh trưởng, bò sát, cá, động vật có xương sống... và tới tận các tế bào nguyên thủy. Với lý thuyết của mình, Darwin đã dứt khoát tống vào quên lãng những tàn dư cuối cùng của tư tưởng Aristotle (Xem: *Aristotle*) có liên quan đến sự tiến hóa của các sinh vật. Cách giải thích theo mục đích luận đã bị bác bỏ. Sự tiến hóa của sự sống trên Trái đất không còn diễn ra theo một "dự án lớn" cũng không hướng đến một mục đích định trước nữa. Ngược lại, nó phát triển theo các đột biến ngẫu nhiên, được thúc đẩy bởi động cơ chọn lọc tự nhiên.

Các tiến bộ kỳ diệu đạt được trong những lĩnh vực cổ sinh học, sinh học và di truyền học kể từ khi tác phẩm của Darwin được công bố càng khẳng định thêm ý tưởng chủ đạo của ông: các sinh vật đã tiến hóa theo thời gian. Nghiên cứu các hóa thạch chỉ cho chúng ta thấy rằng các sinh vật đầu tiên đã xuất hiện trên Trái đất cách đây khoảng 3,5 tỷ năm (xem: *Nguồn gốc*) dưới dạng các sinh vật đơn bào cực kỳ đơn giản, đó là các vi khuẩn và tảo lam tràn ngập trong các đại dương nguyên thủy. Kể từ đó, các dạng sống đã không ngừng tiến hóa và chịu nhiều đột biến.

Vậy những thay đổi này đã diễn ra như thế nào? Darwin không thể đưa ra câu trả lời, bởi vì ông không biết cấu trúc của ADN cũng không biết mã di truyền. Nhờ đột phá được các bí mật của ADN vào năm 1953, Francis Crick (1916-2004) và James Watson (sinh năm 1928) đã cho phép giải thích sự tiến hóa của các loài bằng đột biến gen. Hiển nhiên là nếu phân tử AND đầu tiên được tái tạo luôn luôn là đồng nhất, thì sẽ không thể có bất kỳ sự thay đổi cũng như tiến hóa nào. Hành tinh sẽ chỉ có các sinh vật đơn bào, và chúng ta sẽ không có mặt ở đây để nói về nó. Điều tạo ra cái mới, cho phép tự nhiên sáng

tạo và trao tự do cho khả năng sáng tạo của nó, đó là việc quá trình sinh sản không phải lúc nào cũng hoàn toàn đáng tin cậy, rằng nó cũng mắc sai sót, cũng giống như một bản photocopy không giống y hệt bản gốc. Các sai sót trong sao chép đã được đưa vào - không phải một cách tất định, mà là ngẫu nhiên - được biểu hiện thông qua các đột biến gen của cơ thể sống. Phần lớn thời gian, các đột biến ngẫu nhiên này là có hại và dẫn đến sự tuyệt chủng của loài, cũng giống như một văn bản bị sao chép tồi có thể trở nên không thể hiểu được nữa. Nhưng, đôi khi, đột biến lại có lợi và trao cho sinh vật một lợi thế giúp nó thích nghi tốt hơn với môi trường xung quanh. Lợi thế này vì vậy được giữ lại và nhân lên bởi cái mà Darwin gọi là "chọn lọc tự nhiên".

Trong cuộc chiến tranh giành các nguồn thức ăn có hạn, các loài sinh vật không thích nghi được với môi trường của chúng sẽ mất khả năng cạnh tranh và sẽ bị tiêu diệt. Ngược lại, những loài thích nghi tốt nhất sẽ có khả năng sinh sản và sinh sôi nảy nở nhất. Chẳng hạn, tại sao hươu cao cổ lại có một cái cổ dài? Theo một phiên bản hiện đại của thuyết tiến hóa của Darwin (gọi là "học thuyết Darwin mới", có tính đến các tiến bộ về di truyền mà Darwin không biết), trong quần thể hươu ban đầu có cổ ngắn hơn, các đột biến gen bỗng một ngày nào đó bỗng nhiên xuất hiện, làm cho một số mẫu được sinh ra với một cái cổ dài hơn, mang lại cho chúng một lợi thế có thể ăn được những lá cây mà những con hươu cổ ngắn khác không thể với tới. Những con hươu cổ dài này đã phát triển và nhân lên, trong khi những con hươu cổ ngắn, do không có thức ăn, dần dần biến mất.

Khái niệm về đột biến gen xuất hiện *ngẫu nhiên* là rất khác với quan điểm được nhà tự nhiên học người Pháp Jean-Baptiste Lamarck (1744-1892) bảo vệ, theo đó các đột biến bắt nguồn từ *tập tính*. Chẳng hạn, theo Lamarck, hươu cao cổ có cổ dài sau một thời gian cố gắng vươn cổ để với tới những lá trên cành cây cao hơn. Mỗi một milimet dài thêm như thế được di truyền từ đời này sang đời khác. Ngày nay, các quan niệm của Lamarck đã hoàn toàn bị vứt bỏ, vì di truyền học đã chứng tỏ rằng một protein bị biến đổi (do một cái cổ dài hơn chẳng hạn) không bao giờ truyền thông tin về tình trạng mới này cho các gen, cũng như không thể thay đổi được trình tự của các bazơ. Sự truyền các tính chất mới tích lũy được như vậy là không thể.

Các đột biến gen có thể xảy ra một cách tự nhiên (sai sót trong quá trình nhân đôi ADN) hay gây bởi các tia giàu năng lượng (như các tia X, chất phóng xạ hay các tia vũ trụ). Nhưng, dù là tự nhiên hay nhân tạo, thì chúng cũng luôn luôn xảy ra một cách ngẫu nhiên, chứ không có bất kỳ chủ ý hay tiền định nào. Ngẫu nhiên đã thắng tất yếu. Mỗi một phân nhánh trong cây đời đều bắt nguồn từ một sự gặp gỡ không phải đã được lập trình giữa một đột biến gen và một môi trường. Chọn lọc tự nhiên sau đó bước vào hành động để định hướng và thúc đẩy tiến hóa.

## Detector ánh sáng -

Ánh sáng đã kết nối con người với vũ trụ. Một trong những nhiệm vụ cơ bản của nhà thiên văn là thu nhận ánh sáng này. Nhưng thu nhận ánh sáng bằng các kính thiên văn khổng lồ chưa đủ, còn cần phải biết lưu giữ nó để có thể giải mã thông điệp của nó và nghiên cứu nó bất cứ lúc nào. Nhìn qua kính thiên văn để thoáng thấy vệt qua một hình ảnh đẹp rồi nhanh chóng tan biến trong những khúc uốn của trí nhớ là chưa đủ. Tuy nhiên, đó là điều mà các nhà thiên văn đầu tiên đã phải bằng lòng chấp nhận. Như Galileo, chẳng hạn, đã phải sử dụng tài năng vẽ đặc biệt của mình để lưu lại cho hậu thế những phong cảnh Mặt trăng tuyệt đẹp mà ông phát hiện được nhờ kính thiên văn của mình. Một cú đại nhảy vọt ngoạn mục đã được thực hiện khi Nicéphore Niépce (1765-1833) phát minh ra kính ảnh vào đầu thế kỷ XIX. Kính ảnh đã cho phép cố định tức thì hình ảnh của hàng nghìn ngôi sao chỉ trên một tấm kính. Bằng cách tích tụ và lưu giữ ánh sáng trong nhiều giờ liền, kính ảnh ghi lại được các đối tượng sáng yếu ợt tới mức mắt người không thể nhìn thấy được. Vậy là giờ đây các cánh cửa của vũ trụ xa xôi đã được mở toang. Như vậy kính ảnh đã ngự trị trong các Đài thiên văn toàn thế giới trong những năm 1970. Tuy nhiên, nó không phải là một detector ánh sáng hiệu quả. Trên năm mươi hạt ánh sáng (hay photon) đến kính ảnh, thì chỉ

một hạt khởi phát phản ứng hóa học cần thiết để tạo ra hình ảnh. Như vậy tỷ lệ lãng phí ánh sáng thu nhận được lên đến 98%.

CCD (viết tắt của cụm từ tiếng Anh *charged-coupled device*, có nghĩa là dụng cụ ghép điện tích), một detector điện tử được lắp cho các camera của chúng ta, đã xuất hiện để thay thế cho detector hóa học. Được cấu thành từ các chip silic, mỗi một điểm (hay một pixel) bề mặt của nó được tích điện tương ứng với cường độ ánh sáng mà nó nhận được. Như vậy, sau khi quan sát, chỉ cần “đọc” điện tích được tích tụ ở mỗi điểm là có thể tái dựng được hình ảnh. Những hình ảnh mà bạn có thể cho hiển thị tức thời, ngay sau khi chụp ảnh bằng camera điện tử, đã được tạo ra chính xác theo cùng một cách. Hiệu quả được nhân lên khoảng ba mươi bảy lần. Thay vì 2% của kính ảnh, CCD ghi lại được 75% ánh sáng thu nhận được.

Bởi vì các detector hiện đại trang bị cho các kính thiên văn lớn ghi lại được các hình ảnh mà mắt thường không nhìn tới được, nên các nhà thiên văn ngày nay không còn cần phải nhìn vào kính thiên văn nữa. Hết rồi hình ảnh lãng mạn của nhà bác học ngồi quan sát trong bóng tối, dứng cảm chống lại cơn buồn ngủ và giá lạnh! Việc quan sát giờ đây được thực hiện qua màn hình vô tuyến trong một căn phòng sáng trưng, được sưởi ấm, được kéo kín rèm (để ánh sáng nhân tạo không làm ô nhiễm các quan sát). Nhà thiên văn gõ trên bàn phím máy tính để hướng kính thiên văn về phía ngôi sao hay thiên hà mà anh ta muốn nghiên cứu, và nó sẽ xuất hiện trên màn hình vô tuyến nhờ sự kỳ diệu của kỹ thuật điện tử. Tất cả các thông tin cần thiết được hiện lên trên màn hình: tọa độ của đối tượng nghiên cứu trên bầu trời, độ trong suốt của không khí, vận tốc gió, độ ẩm, v.v. Sự mất tiếp xúc trực tiếp với bầu trời này được bù lại bằng sự chính xác và hiệu quả rất cao của các quan sát, và bởi sự cực kỳ tiện dụng của vật lý mà nhà thiên văn được hưởng.

Nhưng, trong đêm, để sống lại cảm giác hiệp thông êm ái và yên bình với vũ trụ, tôi vẫn thường tự ban tặng cho mình cái hạnh phúc không thể nói lên lời là được đi ra ngoài cái mái vòm che kính thiên văn và thỏa thích ngắm nhìn ánh sáng rơi xuống từ hàng hà sa số các chấm sáng tô điểm bầu trời.

## Diêm Vương tinh

Cuối thế kỷ XIX, một số quan sát Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh đã cho thấy một số bất thường, điều đó gợi ý rằng có thể tồn tại một hành tinh chưa biết, nằm ngoài quỹ đạo của Hải Vương tinh, và làm cho quỹ đạo của chúng bị nhiễu loạn do lực hấp dẫn. Người ta cũng vừa chứng tỏ được sự tồn tại của Hải Vương tinh, vì các tính toán quỹ đạo của Thiên vương tinh với chỉ bảy hành tinh không thể giải thích được hành trạng của hành tinh này. Các nhà thiên văn học nghĩ rằng có thể lập lại thành công trong phát hiện ra Hải Vương tinh với hành tinh mới này bằng cách sử dụng lại chính các kỹ thuật tính toán trước đó. Percival Lowell (1855-1916), một thương gia giàu có ở Boston, đam mê thiên văn, là một trong những nhà thiên văn mong muốn khám phá bằng mọi giá hành tinh thứ chín này. Năm 1894, ông đã lập một đài thiên văn riêng ở Flagstaff, tiểu bang Arizona, để quan sát rõ hơn các “kênh rạch” trên Hỏa tinh (xem mục từ này), và tin rằng trên Hành tinh đỏ đã có một nền văn minh Hỏa tinh tiên tiến đang xây dựng một mạng lưới phức tạp các kênh đào để dẫn nước từ các vùng cực đến các sa mạc khô cằn ở xích đạo. Ngày nay, nhờ các bức ảnh chi tiết do tàu thăm dò Hỏa tinh gửi về, chúng ta biết rằng mạng lưới kênh đào trên Hỏa tinh chỉ là các ảo ảnh quang học bắt nguồn từ trí tưởng tượng quá phong phú của một số nhà quan sát.

Dù sao kính thiên văn của đài thiên văn của Lowell cũng đã góp phần nghiên cứu hành tinh giả định này. Lowell đã tuyển một trợ lý trẻ tên là Clyde Tombaugh (1906-1997) để trợ giúp ông trong quá trình tìm kiếm. Ông đã dành mười năm cuối đời, nhưng khi mất vào năm 1916, ông vẫn không tìm thấy hành tinh của mình. Tombaugh đã tiếp tục cuộc tìm kiếm của ông chủ, chụp ảnh bầu trời hết đêm này sang đêm khác, rồi so sánh các tấm kính ảnh theo từng cặp nhờ một dụng cụ gọi là “máy so nhấp nháy” để tìm xem, trong số hàng nghìn điểm sáng, liệu có một điểm nào đó đã thay đổi vị trí hay không. Sau 14 năm nghiên cứu chậm rãi và tỉ mỉ, cuối cùng những cố gắng của chàng trai trẻ 24 tuổi cũng đã thành công: thông báo phát hiện ra một hành tinh mới ngày 13.3.1930, ngày sinh nhật của Percival Lowell, chỉ cách  $6^\circ$  so với vị trí mà Lowell tính toán, đã xuất hiện trên trang

nhất các báo trên toàn thế giới. Hành tinh mới được đặt tên là Diêm Vương tinh (Pluton), theo tên của một vị thần La Mã ngụ trị thế giới chết chóc và bóng tối (hành tinh này xa tới mức nó không còn nhận được nhiều nhiệt và ánh sáng Mặt trời nữa), và cũng bởi vì hai chữ đầu của "Pluton" ứng với hai chữ cái đầu trong tên của người sáng lập ra đại thiên văn.

Việc khám phá ra Diêm Vương tinh dường như là một thành công mới, rất to lớn trong cơ học thiên thể, giống như Hải Vương tinh vào thế kỷ XIX được phát hiện bởi John Adam (1812-1892) và Urbain Le Verrier (1811-1877). Tuy nhiên, ngày nay dường như những bất thường giả thiết của Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh không tồn tại, và có thể chúng là do các quan sát không chính xác. Thậm chí nếu các quan sát này là chính xác đi nữa thì hóa ra khối lượng của Diêm Vương tinh (phải mãi đến những năm 1980 mới được đo chính xác) là quá nhỏ không thể là nguyên nhân gây ra các bất thường này được. Như vậy, sự phát hiện ra Diêm Vương tinh là nhờ may mắn hơn là sự chính xác của các phương trình toán học. Các tính toán từng cho phép Lowell dự đoán vị trí của Diêm Vương tinh cũng không có nền tảng vững chắc hơn niềm tin vào các kênh rạch trên Hỏa tinh của ông. Như vậy, sự tồn tại của Diêm Vương tinh đi vào nhận thức của công chúng như là câu trả lời cho một câu hỏi không có cơ sở!

Sau khi khám phá ra Diêm Vương tinh, các kính thiên văn lớn nhất đã hướng tới hành tinh này nhằm khám phá các bí mật của nó. Nhiệm vụ không hề dễ dàng, bởi vì hành tinh này ở xa (cách Mặt trời trung bình 5,5 giờ ánh sáng), nhỏ và mờ tới mức các hình ảnh chụp thành công nhất bằng kính thiên văn không gian *Hubble* cũng chỉ cho thấy một bề mặt gần như không có chi tiết và cấu trúc. Diêm Vương tinh là hành tinh duy nhất trong Hệ Mặt trời chưa được tàu thăm dò nào viếng thăm. Sau nhiều dự án thất bại, do thiếu tài chính, nhưng rồi cuối cùng một chuyến thăm dò đã được thực hiện. Vào thời điểm tôi viết ra những dòng này, thì phi thuyền *Chuyến trời mới* của NASA, được phóng năm 2006, đang tiến đến Diêm Vương tinh. Phải đến năm 2015 nó mới tới nơi: tôi khâm phục sự kiên nhẫn của các đồng nghiệp đang thực hiện nhiệm vụ này, họ phải chờ 9 năm rông (tức khoảng 1/5 thời gian sự nghiệp của họ) để biết liệu dự án mà họ theo đuổi trong thời gian lâu như vậy cuối cùng có thành công hay không.



Liên lạc giữa *Chân trời mới* và Trái đất sẽ rất khó khăn: nếu xảy ra một sự cố ở khoảng cách của Diêm Vương tinh, thì các kỹ sư trên Trái đất chỉ biết được năm tiếng rưỡi sau; và ngay cả khi họ gửi ngay lập tức một lệnh bằng tín hiệu radio để khắc phục vấn đề này thì cũng phải mất năm tiếng rưỡi nữa *Chân trời mới* mới nhận được lệnh này!

Trong khi chờ đợi *Chân trời mới* tới đích, các quan sát trên mặt đất đã chứng tỏ rằng Diêm Vương tinh không phải là một hành tinh như các hành tinh khác. Sở dĩ như vậy là vì nhiều lý do. Trước hết, khác với các hành tinh khác vốn có quỹ đạo gần như tròn, quỹ đạo của Diêm Vương tinh rất lệch tâm. Ở điểm gần Mặt trời nhất, cách 4,4 tỷ kilomet (tức 29,7 UA, UA là "đơn vị thiên văn" = khoảng cách Trái đất-Mặt trời), Diêm Vương tinh nằm trong quỹ đạo của Hải Vương tinh: từ 1989 đến 1999, nghĩa là trong thời gian này Diêm Vương tinh ở gần Mặt trời hơn Hải Vương tinh. Bởi vì Diêm Vương tinh phải mất 248 năm mới hoàn thành chuyến chu du của mình quanh Mặt trời nên trường hợp này sẽ không tái diễn trước giữa thế kỷ XXIII. Ở thời điểm ở xa Mặt trời nhất, Diêm Vương tinh cách ngôi sao của chúng ta 49,3 UA, tức 7,4 tỷ kilomet. Nếu quỹ đạo của Diêm Vương tinh và quỹ đạo của Hải Vương tinh cắt nhau, thì liệu có nguy cơ hai hành tinh này sẽ phá hủy nhau trong một vụ va chạm khổng lồ hay không? Câu trả lời chắc chắn là không, vì Diêm Vương tinh và Hải Vương tinh "cộng hưởng hấp dẫn" với nhau, nghĩa là trong trạng thái chuyển động đồng bộ: Diêm Vương tinh hoàn thành chính xác hai vòng tròn vện quanh Mặt trời (cứ 248 năm một vòng) thì Hải Vương tinh hoàn thành tròn vện ba vòng (cứ 165 năm một vòng), điều này làm cho chúng không bao giờ xích lại gần nhau quá 17 đơn vị thiên văn.

Một điều đặc biệt khác của Diêm Vương tinh là quỹ đạo của nó nghiêng  $17,2^\circ$  so với mặt phẳng hoàng đạo, trong khi tám hành tinh còn lại không như vậy. Tám hành tinh này luôn quay không ngừng trong mặt phẳng hoàng đạo.

Cuối cùng, các tính chất vật lý của Diêm Vương tinh cũng rất khác các tính chất vật lý của các hành tinh khác: nó không phải là một khối cầu lớn gồm khí hydro và heli như các hành tinh ngoài khác; nó rất nhẹ, nhẹ nhất so với tất cả các hành tinh khác, chỉ bằng một phần hai nghìn khối lượng của Trái đất, thậm chí còn nhẹ hơn cả Mặt trăng (bằng 17,5% khối lượng của Mặt trăng); ngoài ra, nó còn rất nhỏ: bán

kính của nó, 1.137 km, bằng khoảng một phần năm (18%) bán kính của Trái đất.

Các tính chất quỹ đạo và vật lý rất không giống với tám hành tinh khác này gợi ý rằng Diêm Vương tinh không được hình thành đồng thời với chúng, cũng như không theo cùng quá trình vật lý, nghĩa là thông qua sự kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh (*xem mục từ này*). Rất có thể đó là một thiên thể lạ đến nhập vào các hành tinh khác sau khi chúng đã hình thành, được hút bởi Mặt trời. Thực tế, các tính chất vật lý của nó như bề mặt cứng, khối lượng và bán kính rất nhỏ, mật độ khối lượng ( $2,1\text{ g/cm}^3$ , so với trung bình  $1\text{ g/cm}^3$  của các hành tinh khí) khiến cho nó gần các tiểu hành tinh hơn là các hành tinh khác. Mà như ta đã biết, tồn tại chính xác một khu dự trữ các tiểu hành tinh (*xem mục từ này*) và sao chổi ở ngay cửa ngõ của Hệ Mặt trời, được gọi là “vành đai Kuiper” (theo tên của nhà thiên văn học người Hà lan Gerard Kuiper, người đã giả định sự tồn tại của nó vào năm 1950), trải trên các khoảng cách từ 30 đến 50 đơn vị thiên văn so với Mặt trời. Đến năm 2007, người ta đã đếm được hơn một nghìn tiểu hành tinh thuộc vành đai Kuiper có quỹ đạo tương tự quỹ đạo của Diêm Vương tinh (quỹ đạo lệch tâm trong mặt phẳng nghiêng). Người ta đã gán cho chúng những cái tên theo thần thoại của các tộc người như: Quaoar, Varuna, hay Sedna. Chẳng hạn, Quaoar được phát hiện năm 2002, là tên vị thần của những người Da đỏ thuộc bộ tộc Tonga, những cư dân đầu tiên của vùng này là Los Angeles. Người ta ước tính có thể tồn tại hơn 100.000 thiên thể trong một đường kính lớn hơn 100 km trong vành đai Kuiper. Nếu đúng như vậy thì tổng khối lượng của tất cả các tiểu hành tinh trong vành đai này có thể lớn gấp vài trăm lần khối lượng của vành đai các tiểu hành tinh nằm giữa Hỏa tinh và Mộc tinh. Tuy nhiên, nó vẫn thấp hơn khối lượng của Trái đất. Dù sao chăng nữa thì *Chân trời mới* sẽ cho phép biết nhiều hơn về các thiên thể trong vành đai Kuiper khi nó đến đích, vào năm 2015.

Ngày nay, rất nhiều nhà thiên văn nghĩ rằng Diêm Vương tinh chỉ là một trong các đại diện lớn của vành đai Kuiper, trong quá khứ đã bị lực hút của Mặt trời bắt giữ. Điều này có nghĩa là Diêm Vương tinh không hoàn toàn xứng với tên gọi “hành tinh”, ngang hàng với 8 hành tinh còn lại. Vì thế, năm 2006, Hiệp hội thiên văn học quốc tế đã

quyết định đẩy Diêm Vương tinh xuống hàng các “hành tinh lùn”. Điều này đã gây ra sự phản đối trong một số giới có gần bó với Diêm Vương tinh vì nhiều lý do: trẻ nhỏ thích sự nhỏ nhắn đáng yêu của nó, người lớn thì đồng nhất mình với địa vị bị “khai trừ” hay bị “gạt ra ngoài lề” của nó, còn những người bảo thủ thì không thích người khác thay đổi số lượng các hành tinh đã biết chỉ vì một chi tiết kỹ thuật. Về phần mình, tôi không nghĩ cần phải sáng tạo ra một nhóm mới, như “hành tinh lùn”, cho riêng Diêm Vương tinh. Chỉ cần đơn giản gọi nó là một “thiên thể trong vành đai Kuiper”. Nó chắc chắn là một trong những thiên thể lớn nhất, nhưng về cơ bản nó không khác với vô số các thiên thể khác trong vành đai này. Hệ thống thuật ngữ và phân loại phát triển theo những hiểu biết của chúng ta là một quá trình hoàn toàn tự nhiên của khoa học. Tình huống này cũng đã xảy ra khi các tiểu hành tinh lớn đầu tiên được phát hiện đầu thế kỷ XIX. Ban đầu chúng cũng được gọi là hành tinh. Đọc các sách về thiên văn học những năm 1840 các bạn sẽ thấy trong đó người ta liệt kê cả thấy tới 11 hành tinh, ngoài bảy hành tinh đã biết, từ số 5 đến số 8 có Vesta, Juno, Cérès và Pallas, mà ngày nay chúng ta biết chúng là các thiên thể lớn nhất của vành đai các tiểu hành tinh nằm giữa Hỏa tinh và Mộc tinh. Tuy nhiên, vài thập kỷ sau, khi sự phát hiện ra hàng chục các tiểu hành tinh khác đã chứng tỏ rằng các tiểu hành tinh này thuộc một nhóm mới các thiên thể trong Hệ Mặt trời, tách biệt với các hành tinh, thì số các hành tinh giảm xuống còn 8 (kể cả Hải Vương tinh vừa được phát hiện). Số phận trớ trêu đã muốn rằng việc nghiên cứu vành đai Kuiper ban đầu với động cơ là tìm kiếm một hành tinh thứ mười, nhưng thay vì làm tăng số các hành tinh, rốt cuộc lại làm con số này giảm xuống còn 8!

Giống như Thiên Vương tinh, Diêm Vương tinh ngã hẳn về một bên, có thể là do đã bị lật ngược bởi một va chạm dữ dội với một tiểu hành tinh trong quá khứ. Nó có ít nhất một vệ tinh lớn tên là Charon (cùng với hai vệ tinh nhỏ). Charon rất lớn so với Diêm Vương tinh: đường kính của nó bằng khoảng một nửa đường kính của Diêm Vương tinh, còn khối lượng bằng một phần sáu. Mật độ khối lượng của hai thiên thể này khá giống nhau, cho thấy một cấu tạo đồng nhất. Mặt phẳng quỹ đạo của Charon nghiêng  $118^\circ$  so với mặt phẳng quỹ đạo của Diêm Vương tinh. Một lần nữa, người ta

nghe rằng Charon cũng là một tiểu hành tinh của vành đai Kuiper, bị lực hấp dẫn của Diêm Vương tinh bắt giữ. Trên phương diện này, Diêm Vương tinh và Charon không phải là những đối tượng đánh dấu ranh giới của Hệ Mặt trời, mà là các thiên thể nằm ở tiền trạm của một hằng hà xa số các thể đá và băng nằm trong vành đai Kuiper.

## Đa dạng sinh học

Để nuôi sống một dân số không ngừng gia tăng (người ta dự báo rằng dân số thế giới sẽ lên tới 9-10 tỷ người vào năm 2050), con người đã liên tục chặt phá cây và rừng để nhiều đất canh tác hơn. Làm như vậy con người đã gây ra sự tuyệt chủng của vô số các loài sinh vật. Rừng của Trái đất đã từng chiếm một diện tích tối đa trên hành tinh chúng ta cách đây từ 6-8.000 năm, khi các con sông băng rút và nông nghiệp còn chưa phát triển một cách mạnh mẽ. Vào năm 1950, rừng vẫn còn chiếm 50 triệu km<sup>2</sup>, tức khoảng 40% đất lục địa không bị băng tuyết bao phủ. Ngày nay, rừng chỉ còn chiếm khoảng 34 triệu km<sup>2</sup>, phần còn lại đã bị biến thành đất canh tác. Hơn 30% rừng thông và 45% rừng nhiệt đới đã bị hủy diệt. Việc chặt phá các khu rừng này, vốn là nơi sinh sống của hệ động thực vật phong phú nhất của hành tinh, đã thúc đẩy một trong những thay đổi môi trường sâu sắc nhất và nhanh chóng nhất trong toàn bộ lịch sử Trái đất.

Các khu rừng nhiệt đới chắc chắn là những nơi đa dạng sinh học nhất trên Trái đất. Mặc dù chúng chỉ chiếm 6% đất (khoảng 8 triệu km<sup>2</sup>), nhưng những sinh vật trên cạn và dưới nước sống ở đó chiếm hơn một nửa số cơ thể sống được biết tới. Chúng giữ kỷ lục buồn là hệ sinh thái bị bàn tay con người tàn phá mạnh nhất. Diện tích của những cánh rừng này không ngừng giảm xuống, khoảng 1% mỗi năm (bằng 80.000 km<sup>2</sup>, tức cỡ diện tích của bang Virginia, Mỹ, hay một phần bảy diện tích nước Pháp). Cứ hai giây trôi qua là có các mảnh rừng nhiệt đới tương đương với diện tích của một sân bóng đá lại bị xóa khỏi bề mặt Trái đất.

Hãy tưởng tượng một cơn ác mộng sau: bạn vẽ nông thôn để nghỉ ngơi. Bạn vào trong nhà bạn giữa rừng và, được tiếng rì rào của lá và tiếng chim hót ru, bạn thiếp đi. Nếu sự tàn phá rừng xung quanh ngôi nhà ở nông thôn của bạn diễn ra theo cùng một tốc độ mà những cánh rừng nhiệt đới phải chịu, thì khi thức dậy chỉ một giờ sau, bạn sẽ cảm thấy một sự ngạc nhiên khó chịu vì không còn dấu vết của cánh rừng xanh, đầu nũa và cũng chẳng nghe thấy máy may một tiếng chim hót nào. Trước mắt bạn là khung cảnh buồn tẻ với một đại đất nâu tro trụi không có một bóng cây trái rụng tới vài chục kilomet xung quanh.

Rừng nhiệt đới lớn nhất của hành tinh chúng ta, đó là rừng Amazone, đã trải trải sống sót đến thế kỷ XXI. Đó cũng là khu dự trữ sự sống lớn nhất trên hành tinh: trên 10 km<sup>2</sup> ở đây, số loài động vật và thực vật đã nhiều hơn cả châu Âu, và điều này biến Brazil - nơi có hai phần ba diện tích của khu rừng này - trở thành đất nước chính của đa dạng sinh học. Nhưng, cũng bị lòng tham của con người đe dọa, rừng Amazone đã bị phá hủy và bị tổn thương nhiều chỗ. Đã có 14% diện tích của nó bị xóa sổ, cây cối bị biến thành đồ đạc trong phòng khách và phòng ăn của chúng ta, và các phân đất đai bị biến thành đất canh tác để nuôi các miệng ăn không ngừng tăng thêm. Chỉ có 3%-5% diện tích của rừng Amazone là nằm trong các khu dự trữ được bảo vệ. Nếu chúng ta không quan tâm, thì rừng Amazone và các rừng nhiệt đới khác có nguy cơ biến mất khỏi mặt đất trong vài thập kỷ tới, và cùng với chúng là hơn một nửa số loài thực vật và động vật hiện tồn. Không có cây trú ẩn, rất nhiều vùng sẽ không còn khả năng chống chọi với những cuộc tấn công liên tục của cả động vật lẫn con người. Rồi sa mạc sẽ xâm lấn khắp nơi. Diện tích của Sahara - ngày xưa vốn xanh tươi - mỗi năm đã tăng thêm hàng chục nghìn km<sup>2</sup>. Những khu rừng nhiệt đới bên bờ Đại Tây Dương của Brazil, Madagascar và Philippines giờ chỉ còn chiếm một phần mười diện tích ban đầu của chúng! Trong vòng một thế kỷ nữa, theo mức độ phá rừng hiện nay, những cánh rừng này sẽ chỉ còn là một ký ức xa xôi trong trí nhớ của con người.

Hai mươi lăm điểm "nóng" của hành tinh nơi nhiều loài sinh vật bị đe dọa tuyệt chủng nhất, mười lăm vùng, ngoài ba vùng vừa kể ở trên, nằm trong các rừng ẩm ướt của Brazil, Nam Mexico, Trung

Phi, Andes nhiệt đới, Antilles, Tây Phi, Ấn Độ, Myanmar, Indonesia và New Calidonia (Tân Đảo). Các điểm “nóng” này tổng cộng chỉ chiếm 1,4% đất, nhưng là nơi nung nấu của 44% số loài thực vật và hơn một phần ba số loài động vật có vú, bò sát và lưỡng cư của thế giới. Nghiêm trọng hơn: các loài này chỉ còn được tìm thấy trong các cánh rừng nhiệt đới. Bằng cách bao vệ chỉ một phần nhỏ của bề mặt Trái đất, chúng ta có thể cứu hàng triệu loài sinh vật và giữ gìn được sự đa dạng sinh học.

Người ta ước tính rằng hiện nay có khoảng 10 triệu loài sinh vật sống trên hành tinh, nhưng việc thống kê chúng còn lâu mới đầy đủ. Con số này có thể dễ dàng nhân lên với 10. Ít nhất là 2 triệu loài (trong đó 750.000 loài côn trùng) đã được lập danh mục sắp xếp. Tuy nhiên, số các loài được nghiên cứu chi tiết còn ít hơn. Mỗi ngày trôi qua là lại có khoảng 75 loài thực vật và động vật biến mất khỏi mặt đất, tức khoảng ba loài mỗi giờ, và 27.000 loài mỗi năm. Trong số các loài bị đe dọa tuyệt chủng (tức là có số lượng giảm xuống còn dưới một trăm đơn vị) gồm có đại bàng Philippines, quạ Hawaii, hay tê giác Java. Gấu trúc lớn, khỉ gorilla núi và đười ươi Sumatra chẳng mấy chốc cũng sẽ gia nhập danh sách buồn này. Nguyên nhân của sự tàn sát trên diện rộng này là rất nhiều. Ngoài phá rừng, nổ mìn phá đá và những phá hủy nơi cư trú tự nhiên khác, còn có ô nhiễm môi trường, săn bắn để sinh sống và nhu cầu đáp ứng một dân số luôn tăng phi mã, thậm chí là cả miếng mồi lợi nhuận. Chẳng hạn, tê giác đã bị tàn sát do giá sừng của nó cao ngất, vì y học cổ truyền Trung Quốc gán cho sừng tê giác các khả năng chữa bệnh kỳ diệu (nhưng chưa bao giờ được chứng minh bằng khoa học). Linh dương Tây Tạng bị săn bắn vì lông của chúng được dùng để dệt khăn choàng bảo vệ phụ nữ phương Tây khỏi giá lạnh. Quần thể cá giảm rõ rệt trong một số đại dương do bị đánh bắt bừa bãi.

Nếu không làm gì để ngăn chặn mức độ phá hủy hiện nay, thì ít nhất một phần năm số loài thực vật và động vật sẽ biến mất khỏi Trái đất vào năm 2030, và một nửa vào cuối thế kỷ XXI. Động vật có vú, chim, côn trùng và vi khuẩn còn lại sẽ là những loài thích nghi nhất với những nơi cư trú đơn giản mà chúng ta tạo ra, chúng sẽ lan tỏa ra khắp thế giới nhờ các phương tiện vận tải ngày càng nhanh và hoàn thiện của chúng ta, và bằng khả năng thích nghi ngày càng lớn, chúng

sẽ loại bỏ dần tất cả các loài động vật và thực vật bản địa. Con cháu của chúng ta sẽ sống trong một thế giới không còn đa dạng sinh học nữa, một thế giới nhàm chán và nghèo nàn hơn rất nhiều. Khi có dịp du lịch xuyên thế giới, chúng ta gần như sẽ thấy đâu đâu cũng chỉ có cùng một hệ động vật và thực vật. Ngày một buồn thêm khi phải đối mặt với sự đồng nhất, đơn điệu gia tăng, chúng ta sẽ chỉ còn thấy được sự đa dạng phong phú của các loài và bộ sưu tập tuyệt vời của sự sống trong quá khứ bằng cách xem lại các bộ phim của quá khứ.

Trong số những loài mới đây nhất chịu nhiều tổn thất nhất có ếch, động vật lưỡng cư, hầu duệ của những động vật cách đây hơn 400 triệu năm đã rời môi trường sống dưới nước để phiêu lưu lên đất liền. Trong những năm 1980, các nhà động vật học đã bắt đầu nhận ra rằng, ở những nơi xa xôi về địa lý như Australia, Costarica, California hay Canada, cư dân ếch đã giảm xuống nhân tiền (khoảng 2% mỗi năm). Hiện tượng giảm quần thể lưỡng cư này (số kỳ không cũng giảm mạnh) có nhiều nguyên nhân. Chắc chắn có sự phá hủy các nơi cư trú tự nhiên mà sự tàn phá rừng là ví dụ điển hình nhất. Nhưng sự xuống cấp của sinh quyển cũng là nguyên nhân lớn. Cũng như tất cả các loài lưỡng cư khác, loài ếch hấp thụ các sản phẩm hóa học và trao đổi khí (như không khí) bằng làn da ướt và thấm nước của chúng, nó có tác dụng như các tấm đệm hấp thụ các chất độc và ký sinh của môi trường xung quanh. Ếch là những máy dò sống đích thực các chất độc nhỏ li ti trôi nổi trong khí quyển. Chúng đóng vai trò chim hoàng yến trong các hăm mả để cảnh báo các nguy hiểm sắp xảy đến và các thảm họa đang rình rập chúng ta. Sự biến mất của chúng nói cho chúng ta biết rằng không khí mà chúng ta đang hít thở rất ô nhiễm và rằng môi trường mà chúng ta đang sống có chứa các chất độc nguy hiểm.

Tại bang Minnesota, Mỹ, một số loài đã phát triển các biến dị gen biểu hiện ra bên ngoài là các chi thừa hoặc thiếu. Người ta cho rằng nguyên nhân là do một loại thuốc trừ sâu được thả vào dòng nước để diệt ấu trùng muỗi. Ở Trung Mỹ, thủ phạm có vẻ như là một loại mốc nhỏ li ti ký sinh trên da của ếch và làm cho chúng bị tắc thở (bởi vì ếch thở qua da). Nhiều loài ếch đã sống sót qua nhiều giai đoạn tuyệt chủng của các loài sinh vật (có cả thấy 5 giai đoạn như thế trong lịch sử), kể cả giai đoạn tuyệt chủng của loài khủng long (xem

*mục từ này*) cách đây 65 triệu năm. Và chúng có nguy cơ không thoát khỏi cuộc tuyệt chủng thứ sáu, do con người khởi phát.

Nếu các vết thương mà con người giáng vào sinh quyển có thể lành sẹo thì tổn thất của đa dạng sinh học là không thể sửa chữa được. Làm giảm đa dạng sinh học chúng ta có nguy cơ tự tiêu diệt chính mình, vì sự sống phụ thuộc vào một chuỗi các quá trình phức hợp, có quan hệ khăng khít với nhau. Trên thực tế, tất cả chúng ta đều phụ thuộc lẫn nhau. Chẳng hạn, chúng ta phụ thuộc vào một số vi khuẩn làm sạch nước, và một số khác làm phân hủy chất hữu cơ của chất thải động vật và thực vật thành mùn, điều này cho phép chất hữu cơ được tái chế và nuôi dưỡng đất. Chúng ta không có một ý tưởng thật chính xác về các loài thiết yếu cho sự sống còn của chúng ta, nhưng chúng ta lại dễ bị tổn thương hơn vì chúng ta nằm ở trên cao của chuỗi thức ăn, và phụ thuộc nhiều vào các loài khác hơn, những loài hoàn toàn không cần đến chúng ta.

Hơn nữa, đa dạng sinh học đóng một vai trò sống còn cho sức khỏe và sự sung túc của chúng ta, vì tự nhiên chứa đầy những phương thuốc tuyệt vời. Một phần lớn các loại thuốc mà chúng ta sử dụng bắt nguồn từ các cây dại. Khoảng 40% các đơn thuốc ở Mỹ kê các thứ thuốc được sản xuất dựa trên các sản phẩm tự nhiên (24% từ cây trồng, 13% từ các vi sinh, 3% từ động vật). Làm như vậy, chúng ta đã bắt tự nhiên cho chúng ta được hưởng những tinh túy mà nó đã tích lũy từ hàng tỷ năm tiến hóa sau vô số những mò mẫm để chữa trị bệnh tật của chúng ta. Trong lịch sử sự sống, hàng triệu loài đã tạo ra - bằng sự đột biến gen và chọn lọc tự nhiên - các sản phẩm hóa học cần thiết để tiêu diệt các loài ký sinh ở ngay trong cơ thể của mình, thậm chí ngăn chặn ung thư và các bệnh tật khác. Chúng ta đã học cách tra vấn cơ sở dữ liệu khổng lồ này mà các sinh vật đã tạo nên để bào chế các loại thuốc kháng sinh, các vắc xin chống sốt rét, thuốc chống đông máu và các thuốc chống trầm cảm.

Thực tế, các thứ thuốc mới mang tính cách mạng có tác dụng xoa dịu các cơn đau của chúng ta rất hiếm khi xuất phát từ những nghiên cứu thuần túy trong phòng thí nghiệm. Bằng cách bóc tách các cơ chế của chúng, việc nghiên cứu các quá trình sinh học phân tử và sinh học tế bào tấn công chủ yếu vào các nguyên nhân của bệnh tật ở những cấp độ cơ bản nhất của chúng. Đối với việc nghiên cứu



các loại thuốc mới, thì phương pháp là ngược lại: sự hiện diện của một phương thuốc trước hết được định vị trong một cơ thể sống và sau đó người ta mới phân tích các tính chất của nó ở các cấp độ phân tử và tế bào.

Vậy làm thế nào dò tìm được các phương thuốc kỳ diệu đó? Người ta có thể dựa vào sự thông thái của các nền văn hóa cổ xưa: chẳng hạn, việc nghiên cứu nhiều phương thuốc dựa trên các cây thuốc truyền thống của Trung Quốc và Hindu có khả năng phát lộ cho chúng ta thấy các sản phẩm được học kỳ diệu nhất. Chúng ta cũng phải học những người bản địa sống trong các khu rừng nhiệt đới: với những hiểu biết gần gũi khoảng 50.000 loài cây sinh trưởng ở các vùng này, được truyền khẩu từ thế hệ này sang thế hệ khác, họ biết khai thác từ sự vô cùng phong phú và đa dạng của dược điển tự nhiên để chống lại tất cả các loại bệnh tật: thiếu máu, sốt, rắn cắn, đau răng, ỉa chảy, thấp khớp, lị và các bệnh truyền nhiễm khác. Cho tới nay mới chỉ có một vài trong số hàng nghìn thứ thuốc cổ truyền được sử dụng trong rừng nhiệt đới này là được kiểm tra trong các phòng thí nghiệm ở phương Tây.

Ngẫu nhiên cũng đóng một vai trò quan trọng trong nghiên cứu dược học. Chẳng hạn, thuốc penicilline đã được phát hiện một cách tình cờ: Alexandre Fleming đã tìm ra thuốc kháng sinh đầu tiên vào năm 1928 khi ông nhận ra rằng một số giống vi khuẩn nuôi cấy của ông đã bị các bào tử nấm tình cờ bay vào giết chết. Ngẫu nhiên cũng đóng một vai trò không kém phần quan trọng đối với các nghiên cứu hiện nay trong phòng thí nghiệm: người ta chọn ngẫu nhiên rất nhiều loại mô thực vật hoặc động vật để thử phản ứng của chúng chống lại một số bệnh. Nếu kết quả tỏ ra tích cực, biểu hiện chẳng hạn bằng sự tiêu diệt các tế bào ung thư hay tiêu diệt vi khuẩn, thì các phân tử có tác dụng chủ chốt sẽ được tách riêng ra, rồi ban đầu thử trên một số lớn động vật thí nghiệm, và sau đó trên những người tình nguyện. Như vậy nghiên cứu dược học tiến bộ thông qua rất nhiều mò mẫm, lâm vào ngõ cụt rồi phải quay trở lại vạch xuất phát.

Duy trì được sự đa dạng sinh học là điều rất thiết yếu cho loại nghiên cứu này. Biết đâu một trong các sinh vật ngày mai sẽ biến mất mãi mãi lại ẩn chứa sự kỳ diệu có thể chữa được bệnh ung thư hay AIDS? Cuộc tìm kiếm các loại thuốc tự nhiên là một cuộc chạy đua

nước rút thực sự giữa khoa học và sự tuyệt diệt của các loài sinh vật. Nhưng, vượt lên trên mối quan tâm hơi ích kỷ là giữ “nguồn dược liệu” mà tự nhiên cung cấp để chữa trị bệnh tật của chúng ta, mất đa dạng sinh học, cũng có nghĩa là phá hủy không gì cứu vãn được những chương chính của cuốn sách lớn về sự sống trước khi nó được đọc. Và như thế cũng có nghĩa là tước đi vĩnh viễn của loài người những thông tin không gì thay thế được về sự tiến hóa sinh học và về lịch sử nguồn gốc của chính mình.

*Đọc thêm:* Edwar Wilson, *Tương lai của sự sống* (L'Avenir de la vie), Nxb Le Seuil, 2003.

## **Đa vũ trụ**

Một số lý thuyết vật lý đưa ra quan điểm cho rằng vũ trụ của chúng ta không phải là duy nhất, rằng nó có thể chỉ là một trong số rất nhiều vũ trụ và mỗi vũ trụ này lại có các tính chất khác nhau, với một tổ hợp riêng các điều kiện ban đầu và các hằng số vật lý. Tập hợp các vũ trụ có số lượng gần như vô hạn và tồn tại song song trong thời gian này được gọi là một “đa vũ trụ”.

Chẳng hạn, nhà vật lý người Nga Andreï Linde đã đưa ra một lý thuyết theo đó mỗi một trong số vô hạn các thăng giáng của bọt lượng tử khởi thủy đã cho ra đời một vũ trụ, khiến cho vũ trụ của chúng ta chỉ là một bọt nhỏ trong một siêu-vũ trụ bao gồm một số vô hạn các bọt khác. Nhà vật lý người Mỹ Hugh Everet là tác giả của một lý thuyết còn kỳ lạ hơn: vũ trụ tự phân thân làm hai mỗi khi có lựa chọn hay quyết định. Bằng quá trình tự phân chia liên tục này, một lượng gần như vô hạn các vũ trụ song song ra đời. Lý thuyết Dây (xem mục từ này) cũng chấp nhận một số gần như vô hạn các vũ trụ khác nhau, trong chừng mực mà một số lớn các chiều không gian bổ sung mà nó thừa nhận, cho phép có một số lượng gần như là vô hạn các hình học khác nhau của vũ trụ. Trong phiên bản đơn giản nhất

của lý thuyết Dây, với sáu chiều không gian bổ sung, các nhà vật lý đã tính toán rằng có một số không thể tưởng tượng nổi, khoảng  $10^{500}$  (sau số 1 là 500 số 0) vũ trụ!

Ý tưởng về đa vũ trụ hiện đang lên nhu điều gặp gió sau khi một số nhà vật lý có ảnh hưởng chấp nhận quan điểm triết học đối với nguyên lý vị nhân mạnh (xem mục từ này). Nguyên lý này thể hiện quan điểm cho rằng vũ trụ của chúng ta được điều chỉnh một cách cực kỳ chính xác, ngay từ những phần giây đầu tiên sau Big Bang, để có sự đột sinh của sự sống và ý thức. Làm thế nào có thể giải thích sự điều chỉnh chính xác như thế? Chúng ta có thể đánh cược (kiểu đánh cược của Pascal) hoặc là về một vũ trụ duy nhất có một “nguyên lý sáng thế” đã điều chỉnh các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu của vũ trụ ngay từ đầu, hoặc là về một đa vũ trụ. Đại đa số các vũ trụ có trong đa vũ trụ có lẽ đã có một tổ hợp thất bại các hằng số vật lý và điều kiện ban đầu, ngoại trừ vũ trụ của chúng ta, ở đó, hoàn toàn do ngẫu nhiên thuần túy. tổ hợp này là thành công, như thế, trong một chừng mực nào đó, chúng ta đã là những người trúng số độc đắc! Khái niệm “đa vũ trụ” cho phép tránh được các ý tưởng “sáng thế” và “điều chỉnh”, những khái niệm quá gần với tôn giáo và sặc mùi nhang khói của một số nhà vật lý.

Chẳng hạn, để giải thích tại sao năng lượng của chân không của vũ trụ có một giá trị gần với zero như thế, nhà vật lý người Mỹ Steven Weinberg (sinh năm 1933) đã nhắc đến một lập luận thuộc loại vị nhân yếu. Phiên bản yếu này gần như là một hằng đề. Nó nói rằng các tính chất của vũ trụ phải tương thích với sự tồn tại của chúng ta, đối lập với phiên bản mạnh vốn thừa nhận rằng vũ trụ hướng đến một dạng ý thức, đặc biệt là ý thức của con người. Phiên bản yếu của thuyết vị nhân cho phép loại bỏ khái niệm “tất yếu” và viện đến “ngẫu nhiên”. Chúng ta có mặt ở đây là do ngẫu nhiên, bởi vì vũ trụ của chúng ta đã chứa đựng một cách ngẫu nhiên tổ hợp thành công. Tất cả các vũ trụ khác đều có một tổ hợp thất bại và vô sinh, không có sự sống cũng chẳng có ý thức. Tương tự như sự sống con người đã không thể xuất hiện trên các bề mặt cháy bỏng của Thủy tinh và Kim tinh, cũng như trên các bề mặt khí của Mộc tinh và Thổ tinh, nó cũng đã không thể xuất hiện trong một vũ trụ có một năng lượng chân không quá dương được: lực hấp dẫn đẩy không lồ của nó sẽ gây ra

một sự dân nở đủ đôi tới mức không có bất kỳ vật chất nào có thể kết tụ lại với nhau để tạo thành sao, tác giả các nguyên tố nặng cần thiết cho sự sống và ý thức. Tương tự, sự sống và ý thức không thể xuất hiện trong một vũ trụ có một năng lượng chân không quá âm: lực hấp dẫn hút quá lớn của nó sẽ gây ra sự co sập thành một Big Crunch sau một chu kỳ tương đối ngắn - 1, 10, 100, 1.000.000 năm chẳng hạn - điều đó cũng ngăn cản sự hình thành các sao, các nguyên tố nặng, sự sống và ý thức. Vũ trụ có thể đón nhận sự sống nếu năng lượng chân không chỉ cao hơn zero một chút, điều này đã xảy ra trong vũ trụ của chúng ta. Trong số  $10^{500}$  vũ trụ khả dĩ được tiên đoán bởi thuyết dây, chỉ duy nhất vũ trụ của chúng ta là có các điều kiện cần thiết. Và chính vì lẽ đó mà chúng ta có mặt ở đây để tự vấn về nó.

Nếu quan niệm về đa vũ trụ cho phép loại bỏ được các khái niệm "điều chỉnh", thì nó lại mắc một thiếu sót lớn về khoa học: nó không thể kiểm chứng được bằng thực nghiệm. Các kính thiên văn chỉ có thể quan sát được vũ trụ của chúng ta. Chúng sẽ không bao giờ có thể tiếp cận được các vũ trụ khác. Mà không thể kiểm chứng được bằng thực nghiệm, thì vật lý vẫn chỉ còn là ở trạng thái siêu hình...

## **(Các) Đài thiên văn cổ đại**

Mối quan tâm của người cổ đại đối với bầu trời không chỉ giới hạn ở những câu chuyện thần thoại mơ hồ về Sáng thế, mà đã được mở rộng tới những quan sát chặt chẽ và chính xác về chuyển động của các thiên thể. Do không có ánh sáng nhân tạo, nên người cổ đại đã rất ý thức về các chu kỳ trên bầu trời: Mặt trời mọc và lặn, các kỳ trăng, nhịp các mùa... Vượt ra ngoài các động cơ thực tế như biết khi nào trồng trọt, tưới tiêu hay thu hoạch, những quan sát này cũng thể hiện cả các mối bận tâm về phương diện tinh thần: một mong muốn sâu xa làm thiêng liêng hóa bề mặt Trái đất bằng cách lấy trời làm hình mẫu và thiết lập một sự tương ứng sâu sắc giữa hướng của một ngôi nhà với chuyển động của các thiên thể.

Mỗi bận tâm về việc đọc bầu trời đã thúc đẩy người cổ đại xây dựng từ rất sớm các “đài thiên văn”, và điều này đã diễn ra trong các nền văn hóa và các khu vực đa dạng và khác nhau nhất. Sự hiểu biết bầu trời cũng đã được ghi lại trong các công trình cũng như các tòa nhà mà người cổ đại đã dựng lên để ngợi ca các vị thánh thần và để vinh danh các bậc trị vì đã qua đời của họ.

Người Da đỏ ở Bắc Mỹ đã miệt mài quan sát và tôn thờ Mặt trời, họ đã xây dựng các ngôi đền để đánh dấu vòng quay các mùa. Chẳng hạn, trong hẻm vực Chaco, ở bang New Mexico, người Da đỏ Anasazi đã xây dựng vào thế kỷ XI một tòa nhà không mái gọi là *kiva* (đền), có một cửa sổ được định hướng sao cho, vào lúc bình minh của ngày 21 tháng 6, ánh sáng Mặt trời đi vào qua một khe, chiếu sáng một hốc tường đặc biệt hoặc một bức tranh khắc trên bức tường đối diện, và ánh sáng đó dịch chuyển dọc theo hốc tường này trong suốt ngày hôm đó. Những người Da đỏ này cũng rất quan tâm đến chuyển động của Mặt trăng. Người ta thấy cũng trong chính *kiva* đó, nhưng được tạo ở cao hơn, một loạt 28 hốc tường tương ứng với số ngày mà Mặt trăng mất để quay trở lại đúng vị trí cũ giữa các chòm sao. Ở Arizona, di tích Pueblo Zuni, người ta có thể thấy một vòng quay của Mặt trời. Trong hẻm vực Chelley tồn tại nhiều phòng quan sát bầu trời với ý nghĩa rất thiêng liêng. Người ta cũng đã phát hiện thấy ở Grand Bassin, phía tây của Bắc Mỹ, các bức tranh khắc trên đá với các hình vẽ tái hiện lại những vị trí tương đối của các sao sáng nhất. Các phế tích ở Casa Grande, được xây dựng vào thế kỷ XI, cho thấy các đường đóng thẳng có ý nghĩa thiên văn. Tương tự với các bánh xe thần kỳ có các khắc chỉ hướng mọc của các ngôi sao, như ở Big Horn, vùng Wyoming. Các lịch vũ trụ chỉ cho các dân tộc du mục biết khi nào thì bắt đầu di cư theo mùa để tìm các bãi chăn thả xanh tốt hơn.

Ở Trung Mỹ và Nam Mỹ, đài thiên văn nổi tiếng nhất là “Caracol”, được người Maya xây dựng vào năm 1000 ở Chichén Itza, trên bán đảo Yucatán, Mexico. Ở đây người ta thấy rất nhiều đường giống thẳng với Mặt trời, Mặt trăng và Kim tinh. Sự đam mê của người Maya đối với các chu kỳ đều đặn của các thiên thể cũng được thể hiện rõ trong lịch của họ, dựa trên các chu kỳ của Kim tinh, đó là lịch Dresden Codex nổi tiếng. Các bức tranh không lồ và bí ẩn (500 m

đến 8 km) được người Nazcas vẽ trên mặt đất, dọc bờ biển phía Nam của Peru và có thể nhìn thấy từ trên trời, dường như cũng có một ý nghĩa thiên văn. Các bức tranh khổng lồ này có thể đã được người Nazcas dùng làm lịch thiên văn, sơ đồ của họ có lẽ là biểu diễn dải Ngân Hà.

Các nền văn hóa khác cũng đã dựng các tòa nhà chứa các đường giống thẳng tới Mặt trời hay Mặt trăng. Một trong những ví dụ ấn tượng nhất, đó là quần thể đài đá Stonehenge (*xem mục từ này*) ở miền Nam nước Anh, có thể đã được xây dựng vào thời kỳ vua Hammourabi trị vì ở Babylone và các pharaon của **Moyen-Empire** ở Ai Cập. Cũng chính sự bận tâm giao tiếp với trời đã khiến người Khome xây dựng quần thể tôn giáo lớn nhất thế giới, đó là khu đền Angkor Vat, từ thế kỷ VII cho tới thế kỷ XIII, ở phía tây Campuchia. Hạ chí đóng một vai trò chủ yếu trong sự định hướng của phức hợp đền đài này: ngày 21 tháng 6, một người quan sát đứng ở lối vào trung tâm sẽ nhìn thấy Mặt trời mọc đúng ở bên trên đền thượng.

Người Ai Cập cũng không là ngoại lệ. Hạ chí và đông chí đóng vai trò tiên quyết trong sự định hướng của một số ngôi đền và công trình của họ, như đền Amon-Râ, ở Karnak, hướng về phía Mặt trời ở hạ chí và đông chí. Kim tự tháp vĩ đại Gizeh giống thẳng hàng với sao Bắc Cực, và các mùa có thể được đọc theo vị trí bóng của nó.

Mong muốn thần thánh hóa các công trình trên Trái đất bằng cách định hướng chúng theo chuyển động của các thiên thể vẫn còn được tiếp tục thể hiện trong các thế kỷ sau, vào thời kỳ Trung Cổ, trong các nhà thờ Gothic. Chẳng hạn, nhà thờ tu viện Mont-Saint-Michel, được xây dựng để vinh danh thánh Michel và tưởng nhớ tới cuộc chiến anh hùng của Ngài chống lại những thế lực của cái Ác và chiến thắng của Ngài đối với con quỷ Lucifer, có trục được hướng về phía Mặt trời mọc ở chân trời vào ngày lễ thánh.

## Đài thiên văn hiện đại

*Xem* Kinh thiên văn

## Đám sao

Các ngôi sao có bản tính thích quần tụ. Do cách chúng sinh ra - sự co mạnh lại do lực hấp dẫn và sự phân mảnh của các đám mây phân tử (xem: *Sao*) - nên chúng tụ lại thành nhóm trong cái mà người ta gọi là các “đám” sao.

Trong một đám sao, sao có khối lượng nhỏ đông hơn sao có khối lượng lớn. Chẳng hạn, cứ mỗi một sao nặng cỡ năm mươi lần khối lượng Mặt trời ra đời thì lại có hàng trăm thậm chí hàng nghìn ngôi sao có khối lượng nhỏ hơn khối lượng Mặt trời. Sau khi sao ra đời, bức xạ của các ngôi sao trẻ nặng đẩy khí và tổng các đám ra khỏi cái kén khí của chúng, làm cho chúng hiện lên với tất cả vẻ đẹp rực rỡ.

Các đám sao có thể là trẻ hoặc già. Các đám sao trẻ (dưới 10 tỷ năm tuổi) sinh ra trong mặt phẳng của dải Ngân Hà. Chúng chứa từ vài trăm cho tới vài chục nghìn ngôi sao trong một vùng có đường kính khoảng chục năm ánh sáng; thưa thớt, chúng có hình dạng không đều đặn và trung ra các phần sót lại gồm khí và bụi còn vương lại từ cái kén ban đầu của chúng. Một ví dụ về đám sao trẻ như thế là đám Thất tinh, trong chòm sao Kim Ngưu, cách Trái đất khoảng 390 năm ánh sáng; nó được sinh ra cách đây gần 100 triệu năm. Người ta cũng còn gọi nó là “Bảy chị em”, vì, mặc dù nó chứa tới vài trăm ngôi sao, nhưng mắt thường chỉ có thể phân biệt được bảy ngôi sao sáng nhất. Bởi vì các đám sao trẻ chứa tương đối ít sao, nên lực hấp dẫn của chúng không đủ mạnh để giữ được mãi mãi số lượng sao của chúng. Số lượng này sẽ bị tàn mất sau vài trăm, thậm chí chỉ vài chục triệu năm, tùy theo khối lượng của đám. Chẳng hạn, Mặt trời, sinh ra cách đây 4,5 tỷ năm trong một đám như thế, nhưng đã thoát khỏi vòng tay hấp dẫn của đám và sống như một tinh tú cô độc.

Các đám sao già (có tuổi từ 13-14 tỷ năm, tức gần bằng tuổi của vũ trụ) lại rất khác. Sinh ra trong khoảng từ vài trăm nghìn cho tới một tỷ năm sau Big Bang, chúng cũng già như những thiên hà đầu tiên. Như vậy, chúng cũng thuộc số những cấu trúc đầu tiên của Vũ trụ. Các đám sao này không ở trong mặt phẳng thiên hà, mà trong quầng của nó; rất dày đặc, chứa hàng trăm nghìn, thậm chí hàng triệu ngôi sao trong vùng có đường kính khoảng một trăm năm ánh

sáng; có dạng hình cầu (vì thế chúng được gọi là các “đám sao cầu”), chúng không giam giữ khí cũng chẳng giữ bụi; do có số lượng sao lớn nên lực hấp dẫn của chúng đủ mạnh để giữ được số lượng các sao trong đám. Do đó, trái với các đám sao tre, các ngôi sao thuộc các đám sao cầu sẽ không bị tan mất theo thời gian.

## **Đám sao cầu**

*Xem:* Đám sao.

## **Đám thiên hà**

*Xem:* Đám và siêu đám Thiên hà.

## **Đám và siêu đám thiên hà**

Các thiên hà không được phân bố một cách ngẫu nhiên trong không gian. Được khuyến khích bởi lực hấp dẫn làm cho mọi vật hút nhau, các thiên hà có thiên hướng tập trung thành nhóm. Cũng giống như loài người, chúng không thích sự cô lập và đơn độc. Vị trí tốt nhất để thấy một thiên hà chắc chắn là ở bên cạnh một thiên hà khác. Ngân Hà cũng thuộc vào một cụm thiên hà gọi là “Cụm Địa phương”. Ngoài Ngân Hà của chúng ta, cụm này còn bao gồm thiên hà Tiên nữ và khoảng ba chục thiên hà lùn khác, nhỏ hơn và nhẹ hơn (chúng chứa khoảng 1 tỷ Mặt trời, trong khi các thiên hà bình thường có khoảng 100 tỷ Mặt trời), trong đó có các Đám mây Magellan Lớn và Nhỏ, quay quanh Ngân Hà ở khoảng cách 170.000 năm ánh sáng. Cụm Địa phương này trải rộng trên khoảng chục triệu năm ánh sáng, tức gấp khoảng 100 lần đường kính của một thiên hà.

Nếu các thiên hà giống như nhà ở của các vì sao, thì các cụm thiên hà là những ngôi làng vũ trụ. Tuy nhiên, trong phong cảnh vũ trụ còn có những khu dân cư lớn hơn nữa. Các đám thiên hà tập hợp vài nghìn những “hòn đảo-vũ trụ” này, theo cách gọi của Kant, trải rộng trên



khoảng 60 triệu năm ánh sáng. Đó là các thành phố tình lý của vũ trụ. Quá trình đô thị hóa không dừng lại ở đó. Bản thân các đám thiên hà cũng tập hợp lại với nhau theo nhóm năm hoặc sáu đám để tạo thành các siêu đám thiên hà chứa gần chục nghìn thiên hà (xem: *Kiến trúc của vũ trụ*). Các siêu đám thiên hà có vẻ ngoài rất khác thường. Nhìn trực diện, chúng có dạng như chiếc bánh rán dẹt đường kính khoảng 200 triệu năm ánh sáng. Nhìn nghiêng, chúng giống như những sợi dây dài và mảnh với độ dày khoảng 40 triệu năm ánh sáng, tức bằng một phần năm đường kính của chúng. Các siêu đám thiên hà là các đại đô thị của vũ trụ. Cụm Thiên hà Địa phương của chúng ta thuộc “Siêu đám Địa phương”, tập hợp khoảng chục cụm và đám khác, trong đó có đám Vệ nữ (được gọi như vậy vì nó được nhìn thấy theo hướng của chòm sao Vệ nữ).

## Đất và Trời cổ đại

Xem: *Đài thiên văn cổ đại*

## Đêm đen, hay nghịch lý Olbers

Với lý thuyết Big Bang, vũ trụ có một lịch sử. Bởi vì, cũng như không gian, thời gian đã xuất hiện trong vụ bùng nổ khởi thủy, vũ trụ có nguồn gốc, quá khứ, hiện tại và tương lai. Nguồn gốc của vũ trụ ẩn chứa bí mật về đêm đen.

Chúng ta thấy sự luân phiên ngày và đêm là chuyện tự nhiên do chuyển động quay của Trái đất quanh trục của nó và tạo nhịp cho hoạt động và ngủ của chúng ta. Tuy nhiên, việc đêm là đen đã đặt ra vấn đề và khiến các trí tuệ lớn nhất phải bận tâm. Kepler năm 1610 rồi Newton năm 1687 đã nhấn mạnh rằng, trong một vũ trụ vô hạn chứa một số vô hạn các ngôi sao sáng ngang Mặt trời, thì cái nhìn, dù nó hướng tới đâu trên bầu trời, cũng sẽ phải gặp một ngôi sao, giống

như cái nhìn trong một cánh rừng tất yếu bị chặn lại bởi một thân cây. Do vậy, bầu trời đêm cũng phải sáng như ban ngày. Vậy mà thực tế lại không phải thế.

Nghịch lý này được gọi là nghịch lý Olbers (theo tên của nhà thiên văn người Đức Heinrich Olbers (1758-1840), người đã thuyết trình nghịch lý này trước công chúng năm 1823), và nó chỉ tìm được lời giải với sự lên ngôi của lý thuyết Big Bang. Đêm là đen bởi vì vũ trụ có một khởi đầu, điều này có hệ quả là số các sao và thiên hà nhìn thấy được, mà ánh sáng của chúng có đủ thời gian để đến được chúng ta, không phải là vô hạn, mà là hữu hạn. Vì tuổi của vũ trụ là 14 tỷ năm, nên chúng ta chỉ có thể nhìn thấy các ngôi sao trong một khối cầu có bán kính 47 tỷ năm ánh sáng. Bạn có thể sẽ hỏi tại sao bán kính của vũ trụ quan sát được (*xem mục từ này*) không chỉ đơn giản là 14 tỷ năm ánh sáng. Đối với một thiên thể ở gần, khoảng cách được biểu thị bằng năm ánh sáng, trên thực tế, về mặt con số, nó đúng bằng khoảng thời gian mà ánh sáng mất để đến được chúng ta. Như vậy ánh sáng mà chúng ta nhận được ngày nay từ một thiên hà nằm cách xa chúng ta 20 triệu năm ánh sáng đã xuất phát từ thiên hà này cách đây 20 triệu năm. Sờ dĩ như vậy là vì khoảng cách mà sự giãn nở của vũ trụ đưa thiên hà này rời xa chúng ta là không đáng kể, còn thời gian 20 triệu năm là tương đối ngắn so với tuổi của vũ trụ. Nhưng, đối với các thiên thể ở xa hơn khoảng 200 triệu năm ánh sáng, thì khoảng cách bổ sung thêm do sự giãn nở của vũ trụ phải được tính đến. Đó là điều đã làm cho ánh sáng từ một thiên hà hiện nằm cách xa 47 tỷ năm ánh sáng đã được phát đi khi nó ở cách xa 14 tỷ năm ánh sáng, khoảng cách tối đa mà ánh sáng đã có thể vượt qua trong tồn tại của vũ trụ. Ánh sáng của các ngôi sao và các thiên hà xa xôi hơn chưa có đủ thời gian để đến được chúng ta.

Hai nhân tố ít quan trọng hơn cũng góp phần vào làm cho đêm có màu đen. Thứ nhất, số các sao là hữu hạn, bởi vì chúng không sống vĩnh hằng; chúng tắt sau vài triệu, thậm chí vài tỷ năm, khi chúng đã cạn kiệt nguồn dự trữ nhiên liệu hạt nhân. Thứ hai, do sự giãn nở của vũ trụ, các thiên hà ngày càng rời xa chúng ta, ánh sáng của chúng sẽ mất ngày càng nhiều năng lượng hơn để đến được chúng ta, làm cho các thiên hà trở nên mờ hơn.

Lần sau, khi ngồi tận hưởng sự dịu dàng của màn đêm, bạn hãy nghĩ rằng màn đêm đen mượt như nhung này ẩn chứa trong nó sự khởi đầu của vũ trụ.

## **Định lý Gödel**

*Xem:* Khoa học và tâm linh

**E, Ê**

## Einstein, Albert: một thiên tài phức tạp

Ông là gương mặt khoa học xuất sắc nhất của thế kỷ XX, thế kỷ của khoa học và công nghệ. Các phát minh khoa học vĩ đại, như Big Bang và vật lý lượng tử, cùng với các cách mạng công nghệ làm thay đổi sâu sắc cuộc sống của chúng ta, như bom nguyên tử, du lịch không gian, máy móc điện tử, laser và GPS (hệ thống định vị toàn cầu), tất cả đều mang dấu ấn thiên tài của ông. Là biểu tượng của trí tuệ thuần khiết, ông chắc chắn là một trong những nhân cách được thừa nhận nhất trên toàn thế giới. Tạp chí *Time* đã bình chọn ông là nhân vật của thế kỷ XX. Đối với công chúng, Einstein (1879-1955) là hình mẫu tiêu biểu nhất của vị giáo sư đấng trí, luôn lạc trong những suy tư, đi giày cộc cạch, có giọng nói mang nặng dấu ấn của tiếng Đức và đầu tóc bù xù. Các ý tưởng của ông, cũng như của Darwin, đều có những tiếng vang lớn vượt ra ngoài phạm vi khoa học theo nghĩa đen, và thấm thấu vào nhiều lĩnh vực văn hóa đương thời, từ hội họa cho tới thơ ca và điện ảnh.

Hơn một nửa thế kỷ sau khi mất, Einstein vẫn tiếp tục mê hoặc trí tưởng tượng của con người. Các phát hiện mới về đời tư của ông từ các tài liệu lưu trữ tại thư viện Do Thái ở Jerusalem đã liên tục xuất hiện trên trang nhất các tờ báo, những cuốn sách kể về các công trình khoa học của ông và về thời đại của ông (người ta đếm được tới hơn hai trăm tài liệu) thường xuyên xuất hiện trong danh sách các sách bán chạy nhất. Không muốn ngôi mộ của ông trở thành một địa chỉ gây tò mò không lành mạnh, người thân đã rắc tro của ông ở một nơi bí mật. Điều đó đã không ngăn được một nhà thần kinh học đã lấy não của ông với hy vọng sẽ tìm thấy ở đó các bí mật về thiên tài của Einstein. Các nhà nghiên cứu người Canada đã nhận ra rằng thùy đỉnh dưới của Einstein, trung tâm của tư duy toán học và trí tưởng tượng không gian, là rất lớn, trong khi các kết nối giữa các thùy trán và thùy đỉnh là rất ngắn. Nhưng dù các nghiên cứu thần kinh này có

nói lên điều gì chẳng nữa thì những tiết lộ về nhân cách đích thực của nhà bác học chủ yếu vẫn là từ các bức thư và các tài liệu cũ của Einstein, mà gần đây công chúng có thể truy cập (các tài liệu lưu trữ của Đại học Do Thái đã được mở cho công chúng từ tháng 7.1999). Ngoài cái hình ảnh thánh thiện về một Einstein đã tạo ra một cuộc cách mạng khoa học của thế kỷ XX, người đã giúp đỡ các học sinh trẻ làm bài tập và cho các sự nghiệp nhân đạo khác nhau mượn danh của mình, các tài liệu này còn hé lộ cho chúng ta biết một nhân cách người hơn, ở con người mà sự lớn vọt của một đời sống riêng tư phức tạp và đôi khi rối rắm đã mang lại một sự tương phản mạnh mẽ với sự khách quan mà ông chứng tỏ khi thực hiện những công trình nghiên cứu và khi chiêm nghiệm vũ trụ.

Lần lượt nồng ấm rồi lạnh nhạt với gia đình, là người cha yêu thương nhưng cũng xa cách, là người chồng ân cần nhưng cũng khó tính và hay thay đổi, Einstein dường như tỏ ra có khả năng yêu nhân loại nói chung hơn là những người thân của mình. Đã có những vùng tối trong đời tư của ông. Người vợ đầu của Einstein là Mileva Marić, cô sinh viên quốc tịch Serbie mà ông gặp khi cô học vật lý ở Đại học Bách khoa Zurich (Thụy Sĩ), người đã từ bỏ những khát vọng nghề nghiệp riêng của mình để chăm sóc gia đình, và họ đã có một cô con gái ngoài pháp luật rồi bị ông bỏ rơi. Cuộc hôn nhân của ông với Mileva đầy đông bão và đôi khi tàn nhẫn. Bằng chứng là một tài liệu viết năm 1914, khi mà các quan hệ của ông với vợ xấu đi nghiêm trọng, trong đó ông đưa ra cho vợ một sổ quy định về cách sống:

“Em đừng nói với anh khi anh yêu cầu... Em đừng mong đợi từ anh các quan hệ thân mật, và đừng trách anh về điều đó.”

Năm 1919, sau sự ra đời của hai cậu con trai mà ông ít quan tâm<sup>6</sup>, li hôn đã được tuyên bố. Einstein đã hứa cho Mileva tiền giải Nobel mà ông tin sẽ được trao (ông đã không nhầm: ông đã đoạt giải Nobel Vật lý năm 1921). Ông tục huyền với Elsa, một người em họ xa, đã chăm sóc ông trong quá trình ông thực hiện những kỳ tích phi thường của trí tưởng tượng đưa ông đến thuyết Tương đối rộng.

---

<sup>6</sup> Con trai lớn tên là Hans Albert sau này trở thành một giáo sư thủy lực lỗi lạc của Đại học California, ở Berkeley, trong khi cậu con trai thứ hai chết trong một bệnh viện tâm thần ở Thụy Sĩ

Elsa đã để cho nhà vật lý vĩ đại nhiều tự do và không gian cá nhân hơn rất nhiều so với Mileva từng cho ông. Và điều đó, không phải chỉ vì những gì gắn liền với nghiên cứu khoa học của ông. Người ta đã biết ông có những mối liên hệ, trong đó có mối quan hệ với một nữ gián điệp Xô Viết nổi tiếng trong những năm 1940. Elsa đã chấp nhận một cách thông minh trước đám đông các cô gái đẹp không ngừng kêu gọi chồng mình khi ông ngày một nổi tiếng: “Một thiên tài như chồng tôi không thể không đáng chê trách ở mọi góc độ.”

Nhà vật lý Philipp Frank, bạn và người viết tiểu sử của Einstein, đã viết: “Quan tâm một cách sâu sắc và đam mê đối với hạnh phúc của những người xa lạ, nhưng Einstein lại co vào trong cái vỏ ốc của mình ngay khi các mối quan hệ trở nên thân mật hơn.” Bản thân ông cũng đã viết: “Cảm giác say mê của tôi đối với công lý và trách nhiệm xã hội luôn tương phản một cách kỳ lạ với sự thiếu vắng rõ ràng lòng ham muốn tiếp xúc trực tiếp với những sinh vật khác và những đồng loại khác. Tôi trên thực tế là một “lữ hành cô đơn” và tôi không bao giờ có cảm giác rằng toàn bộ trái tim tôi thuộc hẳn vào một đất nước, một tổ ấm, những người bạn hay thậm chí ngay chính gia đình của tôi; đối với tất cả những gắn bó này, tôi luôn cảm thấy một khoảng cách nhất định, một nhu cầu cô đơn.” Và Einstein biểu lộ mạnh mẽ ước muốn hiến dâng không chỉ cho những gì thuộc cuộc sống cá nhân, mà còn muốn cống hiến nhiều hơn cho việc rèn luyện tư duy: “Đối với một con người như tôi, một bước ngoặt quyết định đã xảy ra trong cuộc đời khi anh ta dần dần thôi quan tâm chủ yếu đến những cái chỉ là cá nhân và nhất thời, đề dâng hiến tất cả mọi nỗ lực của mình cho việc lĩnh hội vạn vật bằng trí tuệ. Điều thiết yếu trong sự tồn tại của một con người như tôi, đó là cái anh ta suy nghĩ và anh ta nghĩ điều đó như thế nào, chứ không phải cái mà anh ta làm và kiếm nghiệm.”

Einstein nhận thức rõ rằng lời ca tụng mà người ta dành cho ông, vinh quang và vinh dự mà người ta phụng lên ông không thể tạo thành cái thiết yếu của cuộc đời: “Tiền nghi và hạnh phúc đối với tôi chưa bao giờ là các mục đích cần phải đạt được. Sờ hữu, thành công bề ngoài và sự xa xỉ đối với tôi luôn là đáng khinh bỉ, và tôi nhận thấy điều đó ngay từ thời niên thiếu.”

### Năm 1905 kỳ diệu



*Einstein chơi violon*

Sinh ra trong một gia đình Do Thái phía Nam nước Đức, Einstein chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bởi cả tính mạnh mẽ của mẹ mình, người đã truyền cho ông tình yêu âm nhạc và đã khuyến khích ông theo đuổi niềm đam mê đôi với đàn violon. Cha ông, một kỹ sư và chủ doanh nghiệp không gặp may trong kinh doanh, có ít ảnh hưởng đối với ông hơn, mặc dù chính cha ông là người đã tặng món quà là chiếc la bàn cho cậu bé Albert năm lên 5 tuổi và đã khơi gợi bản khoăn khoa học đầu tiên của ông: điều gì đã làm cho chiếc kim la bàn luôn chỉ về hướng Bắc?

Sự phát triển của Einstein, chậm thời kỳ đầu (ông bắt đầu biết nói năm 2 tuổi), gắn liền với xu hướng tự nhiên nổi loạn chống lại uy quyền, và điều này đã khiến một trong các thầy giáo trung học của ông nói rằng sau này ông sẽ chẳng làm nên trò trống gì. Chàng trai trẻ Einstein không chấp nhận lối học "thuộc lòng" vốn đặc trưng cho một số môn như lịch sử, địa lý hay cổ ngữ. Tại sao lại phải nhớ những điều mà người ta có thể tìm thấy trong sách? "Điểm yếu lớn nhất của tôi là thiếu trí nhớ, đặc biệt là đối với các từ ngữ và văn bản." Không chấp nhận những chân lý mà người ta nhồi nhét, ông không chịu được kỷ luật ở trường học, nơi mà ông coi như một tổ chức quân sự: "Các thầy cô đã dạy tôi làm trung sỹ ở trường tiểu học, và làm



trung úy ở trường trung học.” Sự không tuân theo lễ thói này không chỉ biến Einstein thành một học sinh đáng trí thực sự, mà còn có thể cũng là nguồn gốc thiên tài khoa học của ông. Sự khinh miệt đối với uy quyền đã khiến ông nghi ngờ tất cả các quan điểm đã được chấp nhận. Sự phát triển chậm đã khiến ông thán phục trước các hiện tượng tế nhị nhất mà những người khác coi như là hiển nhiên. Như ông từng tự nói với mình: “Một người lớn không còn suy nghĩ về bản chất của không gian và thời gian nữa, anh ta chỉ bận tâm đến những câu hỏi khi anh ta còn nhỏ. Nhưng sự phát triển của tôi chậm tới mức tôi chỉ bắt đầu đặt cho mình các câu hỏi về không gian và thời gian khi tôi đã trưởng thành. Điều này đã giúp tôi đào sâu hơn các câu hỏi này mà một người bình thường không làm.”

Những nét mang tính cách mạng và không xu thời này đã được khẳng định ở Đại học Bách khoa Zurich nổi tiếng của Thụy Sĩ. Ông tẩy chay các giờ giảng của các giáo sư mà ông thấy là cố lỗ và nhàm chán, và sử dụng thời gian của mình để tự đọc các bài báo vật lý đăng trên tạp chí khoa học chuyên ngành. Ông cũng không chấp nhận cách tiếp cận thực nghiệm chuẩn định để bênh vực cho các thí nghiệm tưởng tượng mà ông hết sức nâng niu, trong đó thí nghiệm nổi tiếng nhất - ánh sáng sẽ trình hiện trước mắt ta như thế nào nếu như ta cuội trên một tia sáng - về sau đã dẫn dắt ông đến thuyết Tương đối. Mùa hè năm 1900, ông tốt nghiệp đại học ngành vật lý nhưng không thể kiếm được chân thợ giảng ở trường cũ, nơi mà các giáo sư không ưa sự thiếu chuẩn mực của ông. Ông sống lay lắt nhờ các công việc trợ giảng tạm thời trong các trường không mấy tiếng tăm ở Thụy Sĩ. Sau này ông viết: “Ở ngưỡng cửa cuộc đời, tôi cảm thấy mình như một người cùng khổ, bị xa lánh, không được yêu quý và bị mọi người ruồng bỏ.” Năm 1902, ông được tuyển làm “chuyên viên kỹ thuật bậc ba” tại Văn phòng cấp bằng sáng chế của Thụy Sĩ đặt tại Berne.

Chính nhờ làm việc tại đây, hoàn toàn ở ngoài môi trường đại học, cách rất xa những mệnh lệnh tế nhị phải tuân theo các ý tưởng đã được thừa nhận và các lý thuyết thịnh hành trong các môi trường học thuật để làm nên sự nghiệp, mà một Einstein nổi loạn, một nhà cách mạng đã bùng nổ thiên tài của mình. Năm 1905, ông đã làm đảo lộn bộ mặt của vũ trụ bằng bốn bài báo cơ bản mà chỉ cần một trong số những bài báo đó thôi cũng đủ để đạt tới đỉnh cao vinh quang

và được tôn thờ trong điện thờ của các vĩ nhân vật lý. Nhưng tại sao nhà nghiên cứu trẻ lại thành công ở chỗ mà các nhà vật lý nhiều kinh nghiệm nhất thất bại? Bởi vì, để xây các lý thuyết của mình ông không xem bất cứ thứ gì là đã được thừa nhận và không ngần ngại tư duy lại chính các nền tảng của vật lý. Ông muốn xuất phát lại từ các nguyên lý đầu tiên. "Ban đầu là các nguyên lý", ông dạy. Chính các nguyên lý này đã mang lại cho thế giới sự gắn kết và hài hòa. Thay vì bò trên mặt đất và chỉ nhìn thấy các sự kiện rời rạc đây đó - như phần lớn các nhà nghiên cứu thường làm -, Einstein đã vươn lên cao như một con chim ưng để chiêm nghiệm toàn bộ khung cảnh vật lý đang sáng tác nên bản giao hưởng của riêng mình.

Nhưng làm thế nào để rút ra được những nguyên lý đúng đắn? Einstein đã có một niềm xác tín sâu kín đậm tính triết học, thậm chí ca tâm linh rằng tiêu chí đầu tiên về tính chân lý của một nguyên lý là cấp độ thẩm mỹ của nó: một lý thuyết đúng phải đẹp. Bởi vì Tự nhiên là đẹp, nên các lý thuyết mô tả nó cũng phải như vậy. Theo ông, những cái đặc trưng cho vẻ đẹp của một lý thuyết, đó là sự nhất quán, hài hòa và sự "hoàn hảo nội tại" của nó. Đó cũng là cái "ma lực" của nó, như chính ông đã từng viết ở cuối bài báo đầu tiên về thuyết Tương đối rộng: "Tất cả những ai hiểu được lý thuyết này đều sẽ không thoát khỏi cái ma lực của nó." Bởi vì những nguyên lý là các vật liệu cơ bản, nên các sự kiện thực nghiệm không thể là xuất phát điểm để xây dựng một lý thuyết. Không phải Einstein bác bỏ các kết quả thực nghiệm và quan sát; nhưng ông không bắt đầu từ đó. Ông ưu tiên các ý tưởng hơn so với các sự kiện, lý thuyết hơn so với thực nghiệm. Sự đối chiếu lý thuyết với thực nghiệm sẽ được tiến hành về sau, khi mà lý thuyết đã được xây dựng nên từ các nguyên lý do tư duy đẻ ra. Tự nhiên không được Einstein quan sát, mà được ông *tư duy*. Thay vì lao vào các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, ông thực hiện các "thí nghiệm tưởng tượng". Chính bằng cách đó mà, để nghiên cứu bản chất của thời gian và không gian, nhà vật lý của chúng ta đã tưởng tượng cuời lên một hạt ánh sáng; và, để suy ngẫm về hấp dẫn, ông đã tưởng tượng mình đang ở trong một thang máy rơi tự do trong chân không.

Chưa bao giờ, kể từ năm 1666, khi chàng thanh niên Newton phát hiện ra định luật Vạn vật hấp dẫn, phát minh ra phép tính vi

tích phân và tạo ra cuộc cách mạng trong quang học. vật lý lại có một năm kỳ diệu như năm 1905 này. Trong bài báo đầu tiên, Einstein xác lập một cách dứt khoát tính hiện thực của các nguyên tử bằng cách tính toán kích thước của chúng và chứng minh rằng sự va chạm của chúng chính là thủ phạm gây ra cái mà người ta gọi là "chuyển động Brown", tên của nhà thực vật học người Scotland Robert Brown (1773-1858), người đã phát hiện ra chuyển động này trong các đường đi chuyển zig zag ngẫu nhiên và lộn xộn của các hạt phấn hoa nhỏ li ti lơ lửng trong nước. Bài báo thứ hai đề cập đến "hiệu ứng quang điện": làm thế nào mà ánh sáng cực tím kéo bứt các electron ra khỏi bề mặt một kim loại. Einstein gợi ý rằng các thí nghiệm này về hiệu ứng quang điện chỉ có thể hiểu được nếu ánh sáng có bản chất hạt, chứ không phải sóng. Mặc dù nhà vật lý người Đức Max Planck (1858-1947) là người đã phát minh ra khái niệm "quantum" (lượng tử) năng lượng, nhưng ông coi nó như một thực thể toán học chứ không tồn tại thực. Einstein đã quét sạch các tránh né này và mở ra kỷ nguyên của cơ học lượng tử. Và ở đây cũng thế, ông vẫn dựa trên tiêu chí về sự hài hòa và vẻ đẹp của tự nhiên mà ông hết sức nâng niu: quan niệm về một ánh sáng dạng sóng liên tục sinh ra từ một quá trình không liên tục (một electron nhảy giữa hai mức năng lượng của một nguyên tử) không đáp ứng được các tiêu chí đối xứng, hài hòa và nhất quán. Như vậy hẳn nó là không đúng.

Nhưng tên tuổi của Einstein đã được gắn chủ yếu với một lý thuyết mới về thời gian và không gian được miêu tả trong bài báo thứ ba, cái được gọi là thuyết Tương đối "hẹp", do nó chỉ áp dụng cho các chuyển động đều, không có tăng tốc cũng không có giảm tốc. Trong bài báo này, ông đã đập tan giáo điều Newton về một thời gian và một không gian phổ quát và tuyệt đối, luôn là như nhau đối với mọi cá thể. Với ông, thời gian và không gian trở nên co dãn và dễ uốn. Cả hai đều có thể dãn nở, co rút, kéo dãn, hay co hẹp tùy thuộc vào sự chuyển động của người quan sát. Thời gian và không gian không còn tách rời nhau nữa, như trong vũ trụ của Newton, mà tạc thành một cặp thống nhất. Vũ trụ từ nay có bốn chiều: chiều thời gian thêm vào ba chiều không gian. Để có thể xác định rõ tọa độ của bạn trong vũ trụ, không chỉ phải chỉ ra vị trí của bạn, mà còn phải chỉ ra thời gian được đo ở vị trí này.

Trong bài báo thứ tư của năm kỷ diệu đó, Einstein thống nhất năng lượng và vật chất. Nhờ thuyết Tương đối hẹp, ông chứng tỏ rằng hai khái niệm này chỉ là hai mặt của một và chỉ một hiện tượng, rằng chúng được liên hệ với nhau bằng công thức có lẽ là nổi tiếng nhất trong lịch sử vật lý:  $E = mc^2$  - năng lượng của một vật bằng khối lượng của nó nhân với bình phương vận tốc của ánh sáng. Chẳng hạn, một người nặng 75 kg chứa đựng một năng lượng tiềm tàng lớn gấp ba mươi lần năng lượng của quả bom khinh khí mạnh nhất. Chính công thức này cho phép hiểu được tại sao Mặt trời tỏa sáng và cung cấp cho chúng ta năng lượng và nhiệt lượng (nó chuyển hóa 0,07% khối lượng của mình thành năng lượng). Cũng chính nó cho phép con người chế tạo ra bom nguyên tử tàn phá hai thành phố Nhật Bản Hiroshima và Nagasaki.

Sự tương đương này giữa khối lượng và năng lượng cũng giải thích tại sao một đối tượng vật chất không bao giờ đạt được vận tốc của ánh sáng: bởi vì năng lượng chuyển động được chuyển hóa thành khối lượng, nên khối lượng của một vật sẽ tăng nhanh khi vận tốc của nó tiến gần đến vận tốc của ánh sáng, cho tới khi nó trở nên vô hạn khi đạt đến vận tốc ánh sáng. Dịch chuyển một vật vô hạn nặng đòi hỏi một nguồn năng lượng vô hạn nhiên liệu, điều này là không thể.

Sau khi xây dựng xong thuyết Tương đối hẹp của mình vào năm 1905, Einstein đã nhận ra rằng lý thuyết này là chưa đầy đủ trên ít nhất ở hai phương diện. Trước hết, nó mâu thuẫn với lý thuyết của Newton theo đó lực hấp dẫn là một lực tác dụng tức thì giữa hai vật; nói cách khác, nó được thực hiện với một vận tốc vô hạn, điều này vi phạm điều cấm của thuyết Tương đối hẹp nói rằng không có bất kỳ tương tác vật lý nào có thể lan truyền nhanh hơn ánh sáng. Thứ hai, thuyết Tương đối hẹp chỉ tính đến các chuyển động đều, với vận tốc không đổi. Trong suốt mười năm sau, Einstein đã nỗ lực tổng quát hóa lý thuyết của mình để đi đến thuyết Tương đối rộng vào năm 1915. Lý thuyết này cũng đúng cho cả các chuyển động có gia tốc.

*Tìm đọc: Albert Einstein, Comment je vois le monde, bản dịch tiếng Việt, Thế giới như tôi thấy, Nxb Trí thức; Walter Isaacson, Einstein: His life and Universe, New York, Simon & Schuster, 2007.*

## Europe

Xem: Vệ tinh của Sao mộc

## Ête

Năm 1864, nhà vật lý người Scotland là James Clerk Maxwell (1831-1879) đã tổng hợp - dưới dạng một hệ bốn phương trình - những hiểu biết tản mát ở thời đó về điện và từ, một giai đoạn có tính quyết định trong lịch sử vật lý. Nhà vật lý người Mỹ được giải Nobel về vật lý là Richard Feynman (1918-1988) đã bình luận về thành tựu phi thường này của Maxwell như sau: "Không nghi ngờ gì nữa, trong mười nghìn năm tới, hậu thế sẽ vẫn phân xét sự phát hiện ra các định luật điện động lực học của Maxwell như là một sự kiện quan trọng nhất của thế kỷ XIX. Cuộc chiến tranh ly khai của Mỹ so với nó chỉ như một tình tiết vụn vặt."

Các phương trình Maxwell đã phát lộ cho ông một sự kiện hết sức đáng ngạc nhiên: các sóng điện từ không là gì khác chính là các sóng ánh sáng. Các phương trình này nói với ông kịch bản sau: một điện trường biến thiên theo thời gian sinh ra một từ trường; mà cũng chính vì sự xuất hiện của nó mà từ trường này biến thiên và như vậy đến lượt mình, nó sinh ra một điện trường biến thiên, điện trường này lại sinh ra một từ trường, và cứ tiếp tục như vậy. Điện và từ, kể từ đó và mãi mãi sau này, tạo thành một cặp thống nhất không thể tách rời. Đó là hai thành phần của một sóng điện từ lan truyền trong không gian giống như một sóng lan truyền dọc theo dây đàn violon khi được kéo. Sau khi Newton thống nhất trời và đất, Maxwell được coi là nhà thống nhất vĩ đại thứ hai của vật lý. Bằng một cái vẩy đũa thần, ông không chỉ đã thống nhất được điện và từ, mà còn cả quang học nữa!

Nhưng một câu hỏi cơ bản vẫn dai dẳng: nếu các sóng điện từ lan truyền trong không gian như các sóng trên bề mặt của một đại dương, thì đâu là "đại dương" của các sóng ánh sáng của Maxwell? Đâu là cái giá đỡ vật chất cho phép các sóng này lan truyền? Mặc dù các phương trình của ông, trong bất kỳ trường hợp nào, đòi hỏi sự

hiện diện của một chất choán toàn vũ trụ, nhưng Maxwell cho rằng các sóng ánh sáng của ông lan truyền trong một môi trường gọi là "ête". Ông đã viết trong cuốn *Bách khoa thư Britannica* năm 1878: "Bất kể những khó khăn mà chúng ta vấp phải để hình thành một ý tưởng nhất quán về cấu tạo của ête là thế nào đi nữa, thì cũng không có bất kỳ nghi ngờ nào rằng không gian giữa các hành tinh và các vì sao bị choán đầy bởi một thực thể vật chất hay một thể..."

Bằng cách viện đến "ête", Maxwell đã chứng tỏ mình là người kế thừa trí tuệ của một chuỗi dài các nhà tư tưởng. Aristotle từng đánh giá rằng trời, phạm vi của các hành tinh và các ngôi sao, được tắm đẫm ête bởi vì không thể có không gian trống rỗng giữa các vì sao, và bản thân các ngôi sao cũng phải là những nơi tập trung ête bức xạ ra từ toàn bộ ngọn lửa của mình. Đối với Descartes, người định nghĩa không gian như một thực thể vật chất, thì sự hiện diện của ête cũng là một tất yếu. Còn đối với Newton, ông cần ête vì nhiều lý do. Trước hết, bởi vì ông không chấp nhận sự tác dụng từ xa đối với lực hấp dẫn yêu quý của ông hay lực điện; ête được ông dùng làm nhân tố truyền các lực này. Trong một đoạn tuyệt vời khép lại cuốn *Principia* (Nguyên lý), ông viết: "Và bây giờ, chúng ta phải thêm vào một chất nào đó thuộc loại tinh tế nhất, hiện diện khắp nơi và ẩn giấu trong tất cả các vật thể lớn. Bằng lực và tác dụng của chất này, các hạt của các vật thể này có thể hút lẫn nhau ở các khoảng cách gần, và dính lại với nhau nếu chúng chạm vào nhau; các vật thể điện có thể tác dụng ở các khoảng cách lớn hơn, nó đẩy hoặc hút các hạt bên cạnh; và ánh sáng có thể được phát, phản xạ, khúc xạ, nhiễu xạ, và làm nóng các vật thể." Trong suy nghĩ của Newton, chất tinh tế này không là gì khác ête. Mặt khác, nhà vật lý người Anh còn cần một hệ quy chiếu để mô tả chuyển động của các vật: khi một vật đứng yên hay chuyển động thì nó đứng yên hay chuyển động đối với cái gì? Đối với một môi trường trong suốt mà tất cả chúng ta đều ở trong đó, Newton trả lời. Ông gọi môi trường này là "không gian tuyệt đối". Theo lý thuyết của Newton, khi ta ngoặt xe quá gấp với vận tốc lớn, chúng ta sẽ có gia tốc đối với không gian tuyệt đối. Khi một máy bay tăng tốc trên đường băng để cất cánh và một lực ép chúng ta vào lưng ghế, chuyển động tăng tốc này diễn ra cũng là đối với không gian tuyệt đối. Nhưng cái không gian tuyệt

đôi này là gì? Newton trả lời bằng một định nghĩa không rõ ràng: "Không gian tuyệt đối, do chính bản chất của nó, không quy chiếu đến bất kỳ cái gì bên ngoài. Nó luôn giống với chính nó và không thay đổi." Nhưng, theo tinh thần của ông, thì đó chính là ête đóng vai trò không gian tuyệt đối này.

Maxwell cũng phải đương đầu với vấn đề về một hệ quy chiếu tuyệt đối khi các phương trình của ông nói với ông rằng các sóng điện từ (hay ánh sáng) lan truyền trong không gian với vận tốc 300.000 km/s. Nhưng vận tốc này được đo so với cái gì? Các phương trình Maxwell không có câu trả lời cho câu hỏi này. Điều đó cũng chẳng khác gì người ta nói với bạn rằng địa điểm của một cuộc gặp ở cách xa 10 km, nhưng không nói rõ là so với vị trí nào. Đi theo vết của Newton, Maxwell cũng nghĩ hết sức tự nhiên rằng ánh sáng lan truyền với vận tốc 300.000 km/s là so với một môi trường ête tĩnh bao trùm toàn vũ trụ. Nhưng cái ête này được làm bằng gì? Nguồn gốc của nó ra sao? Đây là các tính chất của nó?

Bản chất của ête phải tương thích với một số quan sát. Trước hết, không nói cũng biết, ête phải trong suốt, vì chúng ta có thể ngắm nhìn ánh sáng của các hành tinh và các vì sao mà không gặp bất kỳ trở ngại nào. Mặt khác, còn phải giải thích tại sao chúng ta lại không cảm nhận được bất kỳ trận gió ête nào, trong khi con tàu Trái đất thực hiện chuyến chu du hằng năm của nó quanh Mặt trời bằng cách rẽ không gian với vận tốc 30 km/s. Thực tế, Trái đất rẽ một lối đi qua ête, hết thế kỷ này qua thế kỷ khác, với vận tốc khá lớn như thế, thế mà người ta lại không quan sát thấy bất kỳ sự chậm đi nào. Các phép tính chuyển động hành tinh của Newton chứng tỏ rằng không có sự chậm đi chỉ có thể hiểu được nếu ête không tác dụng bất kỳ lực nào lên hành tinh. Nếu không, tất cả các hành tinh đã phải chậm lại và đã bị rơi vào Mặt trời theo một đường xoắn ốc từ lâu rồi.

Mặt khác, ánh sáng được nhà vật lý người Pháp là Augustin Fresnel (1788-1827) phát hiện là bị phân cực và là sóng ngang (các dao động của sóng ánh sáng là vuông góc so với hướng lan truyền của chúng) chứ không phải là sóng dọc như âm thanh (các dao động của sóng âm thanh có hướng dọc theo phương lan truyền của chúng) đã thu hẹp đáng kể thêm bản chất của ête huyền bí này: nó phải là chất rắn! Thực vậy, nếu các sóng ngang có thể lan truyền trên bề mặt

của một chất lỏng giống như sóng nước trên đại dương, thì chúng lại không thể truyền qua một chất lỏng. Vì lẽ đó, môi trường lan truyền phải có một độ rắn nhất định. Nhưng Trái đất có thể rẽ lối đi như thế nào trong cái môi trường rắn này mà lại không bị chậm lại và rơi vào Mặt trời. Làm thế nào ête lại có thể vừa là một chất rắn đàn hồi lại vừa là một chất lỏng cứng? Hay đơn giản là nó không tồn tại?

Nhà vật lý người Đức Heinrich Hertz (1857-1894) đã tóm tắt vấn đề ête bằng mấy lời sau trong một hội nghị khoa học năm 1889: “Vấn đề lớn nhất của tự nhiên liên quan đến các tính chất của ête choán đầy không gian: cấu trúc của nó là gì, nó bất động hay chuyển động, quy mô của nó là hữu hạn hay vô hạn? Chúng ta ngày càng nghĩ rằng đó là vấn đề lớn nhất và việc giải quyết nó sẽ phát lộ cho chúng ta không chỉ bản chất của cái mà chúng ta gọi là “không trọng lượng”, mà còn cả bản chất của chính vật chất và các tính chất cơ bản của nó - trọng lượng và quán tính của nó. [...] Đó chính là các vấn đề tối hậu của các khoa học vật lý, là các đỉnh núi tuyết cao nhất trong số các đỉnh cao nhất.”

Năm 1887, nhà vật lý người Mỹ là Albert Michelson (1852-1931) và đồng nghiệp của ông là Edward Morley (1838-1923) đã kỳ công thực hiện một thí nghiệm tài tình nhằm kiểm tra sự tồn tại của ête. Cũng như đối với tất cả các thí nghiệm lớn, ý tưởng ban đầu rất đơn giản: nếu Trái đất di chuyển trong ête theo hướng của một sóng ánh sáng, thì vận tốc của sóng này phải bằng vận tốc của ánh sáng cộng với vận tốc của Trái đất. Ngược lại, nếu hành tinh của chúng ta di chuyển theo hướng vuông góc với hướng của ánh sáng, thì người ta phải đo được rất chính xác vận tốc của ánh sáng. Hành tinh của chúng ta thực hiện chuyển chu du hằng năm quanh Mặt trời với vận tốc khoảng 30 km/s, tức một phần mười nghìn vận tốc của ánh sáng. Như vậy, nếu ête tồn tại thực sự, Michelson và Morley sẽ phải đo được các chênh lệch vận tốc cỡ 30 km/s giữa một chùm ánh sáng lan truyền theo hướng chuyển động của Trái đất và một chùm khác lan truyền theo hướng vuông góc.

Vô cùng thất vọng và kinh ngạc, vì tin vào sự tồn tại của ête, Michelson và Morley không đo được một tí chênh lệch vận tốc nào giữa hai hướng. Thất vọng, họ lặp lại các phép đo theo tất cả các hướng chuyển động kha dĩ của Trái đất quanh Mặt trời. Không có bất



kỳ một biến thiên vận tốc nào của ánh sáng được bộc lộ: *vận tốc của ánh sáng không đổi, bất kể hướng lan truyền của nó.*

Cần phải thừa nhận rằng vận tốc của ánh sáng không biến thiên nghĩa là Trái đất không di chuyển trong một ête nào. Ête chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng của con người. Nó thuộc nghĩa địa các khái niệm chết, giống như các tinh cầu hành tinh và những con kỳ lân.

Tất nhiên, cũng đã có những nỗ lực vô vọng để cứu ête này. Một số người thậm chí còn khẳng định rằng nếu Trái đất không chuyển động so với ête, thì đó là bởi vì hành tinh của chúng ta kéo ête theo mình. Một giả thiết phi lý, vì tại sao ête được giả định là choán đầy vũ trụ lại đi theo chuyển động của Trái đất, một hạt cát vô nghĩa mất hút trong mênh mông của vũ trụ?

Sự việc đã dừng lại ở đó, cho tới khi một nhân viên âm thầm của Văn Phòng cấp bằng sáng chế ở thành phố Berne (Thụy Sĩ) mang tên Albert Einstein (1879-1955 - xem mục từ này) bước ra khỏi góc nhỏ không ai biết để phù phép cho vật lý hiện đại và xua tan những đám mây đen làm u tối chân trời của nó. Trong một bài báo nổi tiếng công bố tháng 6 năm 1905, ở tuổi 26, đánh dấu sự ra đời của thuyết Tương đối hẹp, Einstein đã làm thay đổi vĩnh viễn các quan niệm của chúng ta về thời gian và không gian, vật chất và năng lượng, và giống hồi chuông báo tử ête. Đối với nhà vật lý trẻ này, kết luận sau là không thể lay chuyển: cả thí nghiệm và lý thuyết đều nói với chúng ta rằng các sóng ánh sáng, trái với các sóng khác, không hề cần một môi trường để đỡ nó. Ánh sáng hoàn toàn có thể lan truyền trong không gian trống rỗng. Ête chỉ là một sáng tạo của trí tưởng tượng con người.

G

## Gaia: Đất mẹ

Trong quá khứ của Trái đất, những tuyệt chủng hàng loạt dẫn tới sự biến mất của nhiều loài, dù khả năng thích nghi của chúng đến đâu, thường là do những thay đổi của môi trường. Những thay đổi này có thể là bên trong hoặc bên ngoài, dần dần hay đột ngột. Sự giàu lên dần dần của oxy trong khí quyển Trái đất nhờ các loại tảo biển, hay những thay đổi khí hậu là các ví dụ về sự thay đổi dần dần từ bên trong. Trong số những thay đổi đột ngột từ bên ngoài, có thể kể đến các phun trào Mặt trời phóng các hạt giàu năng lượng xuống Trái đất, các chuyển động kiến tạo địa chất, các phun trào núi lửa hay các tiểu hành tinh sát thủ. Mỗi sự thay đổi là một đòn giáng vào quá trình tiến hóa; trái lại, sự tiến hóa đánh dấu một bước tiến mới khi môi trường không giáng vào nó những thách thức đủ để kích thích. Các nhà sinh học người Mỹ là Stephen Jay Gould (1941-2002) và Niles Eldredge (sinh năm 1943) thậm chí còn đưa ra ý tưởng cho rằng quá trình tiến hóa không diễn ra liên tục, không tiến theo từng bước nhỏ như Darwin nghĩ; mà theo họ, tiến hóa diễn ra theo một chuỗi các “cân bằng cục bộ”. Các loài sinh vật không thay đổi gì trong những thời kỳ rất dài, rồi sau đó trong một khoảng thời gian tương đối ngắn, chúng phải chịu những thay đổi sâu sắc mà người ta gọi là các cú “nhảy tiến hóa”. Để chứng minh, họ đã dẫn ra sự vắng bóng hóa thạch đại diện cho tất cả các dạng trung gian giữa các nhóm loài lớn, mà lẽ ra chúng phải tồn tại nếu tiến hóa diễn ra một cách liên tục.

Để giải thích khả năng chịu đựng của sự sống trước những thay đổi đột ngột, và khả năng phục hồi sau những tấn công dữ dội, nhà vật lý người Anh James Lovelock (sinh năm 1919) đã đưa ra khái niệm Gaia, một nữ thần trong thần thoại Hy Lạp hiện thân cho Đất mẹ nuôi dưỡng vũ trụ. Theo ông, sở dĩ sự sống chống chọi lại được các đe dọa như vậy là bởi vì Trái đất, bản thân cũng là một cơ thể

sống, đã trợ giúp cho sự sống. Gaia tự động điều chỉnh môi trường của mình sao cho các điều kiện sống ở đó là tối ưu. Sự sống và Đất mẹ không tách rời nhau: chúng tương tác với nhau và tự điều chỉnh nhau để băng bỏ và chữa lành những vết thương mà chúng gây ra cho nhau. Chúng phụ thuộc lẫn nhau.

*Tìm đọc: James Lovelock, Les Âges de Gaia, Robert Laffont, 1990.*

## Galilei, Galileo

Nhà thiên văn, nhà vật lý và triết gia người Italia Galileo Galilei (1564-1642) là một nhân vật chủ chốt của cuộc cách mạng khoa học thời Phục hưng. Được coi là một trong những cha đẻ của khoa học hiện đại, ông là người đầu tiên khám phá các bí ẩn của bầu trời bằng kính thiên văn. Ông đã dành 18 năm đầu sự nghiệp, từ năm 1591 đến năm 1609, để nghiên cứu xem các vật rơi xuống đất như thế nào. Và ông tin rằng sẽ tìm thấy ở đó bí mật chuyển động của các thiên thể. Bác bỏ quan niệm của Aristotle cho rằng Trái đất được chi phối bởi các định luật khác với các định luật của vũ trụ - Aristotle cho rằng các chuyển động trên Trái đất là thẳng, trong khi chuyển động của các thiên thể là tròn -, Galileo đã phát biểu nguyên lý của khoa học thực nghiệm: vạn vật trong vũ trụ phải được chi phối bởi cùng các định luật tự nhiên, và những định luật này chỉ có thể được phát hiện bằng các quan sát hoặc thực nghiệm chính xác và lặp lại nhiều lần.

Galileo đã cho các vật lăn trên mặt phẳng nghiêng để làm chậm lại chuyển động rơi và đo đạc chuyển động của chúng. Ông đã phát hiện ra rằng mọi vật đều rơi xuống đất theo cùng một gia tốc, bất kể khối lượng của chúng. Trước Galileo, Aristotle nghĩ rằng vật nặng rơi nhanh hơn vật nhẹ. Bằng một lập luận tài tình, Galileo đã chứng minh không phải như vậy. Giả sử, ông nói, từ trên đỉnh một ngọn tháp ta thả hai vật, một nặng, một nhẹ được kết nối với nhau bằng một sợi dây mảnh. Câu hỏi đặt ra là: liệu vật nhẹ được buộc vào vật nặng sẽ

làm chậm lại hay kéo cho vật nặng rơi nhanh hơn? Nếu Aristotle có lý thì vật nhẹ, vì rơi chậm hơn vật nặng, sẽ làm căng sợi dây và làm chậm cho chuyển động rơi của vật nặng chậm lại. Nhưng người ta cũng hoàn toàn có thể lập luận rằng hai vật gắn với nhau tạo thành một hệ thống nặng hơn, nên sẽ rơi nhanh hơn. Như vậy, nếu Aristotle có lý, vật nhẹ vừa làm chậm lại, vừa đẩy nhanh hơn sự rơi của vật nặng, điều này rõ ràng là phi lý! Cách duy nhất để tránh sự phi lý này là kết luận rằng sự có mặt của vật nhẹ không hề ảnh hưởng tới sự rơi của vật nặng, tức là vật nhẹ rơi xuống đất cũng nhanh như vật nặng. Truyền thuyết kể rằng Galileo đã thả các vật nặng khác nhau từ trên đỉnh tháp nghiêng Pisa để kiểm chứng kết quả mà ông có được từ suy luận trên. Sẽ là lý tưởng nếu thí nghiệm này được thực hiện trong một môi trường chân không tuyệt đối, nơi hoàn toàn không có lực cản của không khí đối với chuyển động của vật. Vào những năm 1970, trong một chuyến du hành của con tàu *Apollo*, thí nghiệm của Galileo đã được thực hiện trên Mặt trăng, nơi không có khí quyển, bởi một nhà du hành vũ trụ người Mỹ dùng một quả bóng golf và một cái búa sắt. Hai vật được ném xuống từ cùng một độ cao và chạm đất cùng một lúc, đúng như dự kiến.



Năm 1609, Galileo nghe nói đến một thợ kính người Hà Lan vừa phát minh ra kính thiên văn. Ngay lập tức, ông đã chế tạo một chiếc kính thiên văn nhỏ với thấu kính có đường kính vài centimet,

cỡ như những chiếc kính mà chúng ta thấy ngày nay bán trong các cửa hàng. Hướng nó lên bầu trời, ông đã phát hiện ra rất nhiều điều lý thú: một loạt hiện tượng mới và những vật lạ buộc ông phải xem xét lại các mô tả vũ trụ trước đó. Ông phát hiện thấy những sự không hoàn hảo chưa từng thấy trên bầu trời, trái ngược với sự hoàn hảo mà Aristotle từng nêu. Những ngọn núi xuất hiện trên Mặt trăng. Mặt trời cho thấy các vết tối trên bề mặt (ngày nay được gọi là “vết Mặt trời”, trông chúng tối bởi vì nhiệt độ của chúng thấp hơn  $1.000^{\circ}$  so với nhiệt độ trung bình là  $5.800^{\circ}$  Kelvin của đĩa Mặt trời). Sau sự xuất hiện của sao siêu mới vào năm 1572, và của sao chổi năm 1577, cả hai đều do Tycho Brahe (*xem mục từ này*) phát hiện, các ngọn núi trên Mặt trăng và các vết Mặt trời rốt cuộc đã đóng chiếc đinh cuối cùng vào chiếc quan tài của tính bất biến của bầu trời theo Aristotle. Quay kính thiên văn về phía Mộc tinh, Galileo đã phát hiện ra bốn vệ tinh quay quanh hành tinh này, và ông gọi chúng là các “vệ tinh Medicis”, để vinh danh các mệnh thường quân của ông, đó là gia đình Medicis đầy thế lực, nhưng ngày nay chúng được biết tới với cái tên các “vệ tinh Galileo”. Tương tự với Mặt trăng, về phần mình, Kim tinh cũng trải qua các pha, từ tròn đến khuyết.

Các quan sát này diễn ra theo hướng của hệ thống vũ trụ do Copernicus (*xem mục này*) đề xuất. Phát hiện ra các vệ tinh của Mộc tinh đã phớt bỏ quan niệm cho rằng Trái đất là trung tâm của thế giới và tất cả đều quay xung quanh nó. Các pha của Kim tinh, kết quả của sự chiếu sáng của Mặt trời lên hành tinh này, chỉ có thể giải thích được nếu như Kim tinh nằm trên quỹ đạo quay quanh Mặt trời. Galileo đã biến mình thành người biện hộ cho vũ trụ nhật tâm trong cuốn *Đối thoại về các hệ thống lớn của thế giới*, xuất bản năm 1632, trong đó ông chế giễu những người bảo vệ vũ trụ địa tâm và mô tả họ như những “bồ ọc đơn giản” (nhân vật bào vệ quan điểm truyền thống được gọi là Simplicio {có nghĩa là Đơn giản}...). Điều này đã vượt quá giới hạn đối với Nhà thờ. Nhà thờ không thể nhắm mắt với cái có lẽ là vũ trụ nhật tâm chỉ là một mô hình toán học đơn giản, như Copernicus tuyên bố trong lời nói đầu của cuốn sách để tránh sự trừng phạt của tòa án dị giáo. Nhờ các quan sát của Galileo, mô hình này đã chứa đựng quá nhiều hiện thực nên không

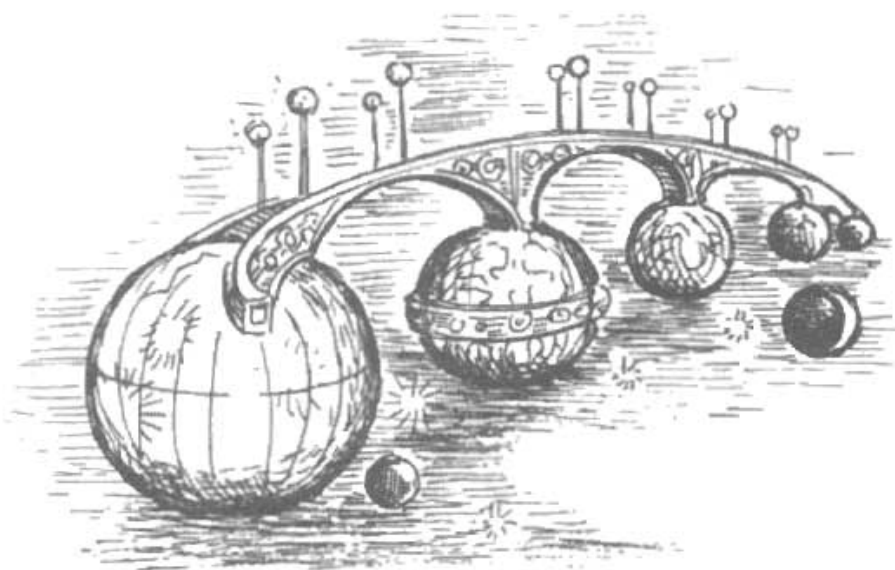
thê khiến Rome hài lòng và có nguy cơ gieo rắc nghi ngờ trong đầu các tín đồ đối với các giáo lý của mình. Galileo đã bị đưa ra trước tòa án dị giáo, bị kết tội và buộc phải công khai bác bỏ các niềm tin khoa học của mình vào năm 1633 ("Dù sao nó vẫn quay", ông đã trở nên nổi tiếng với câu nói này về chuyển động quay của Trái đất quanh Mặt trời, sau phiên tòa xét xử mình). Ông đã bị quản thúc tại gia cho đến khi qua đời vào năm 1642, và cuốn sách của ông đã bị liệt vào danh mục sách cấm của Nhà thờ cho đến năm... 1835! Cuộc ly hôn giữa khoa học với tôn giáo vậy là đã hoàn tất. Phải tới ba thế kỷ rưỡi sau, vào năm 1992, Nhà thờ, mà hiện thân là Giáo hoàng Jean-Paul II, mới thừa nhận công khai những sai lầm của mình trong vụ Galileo.

H



## Hành tinh kiểu Trái đất và hành tinh khổng lồ

Các hành tinh được chia làm hai họ. Đầu tiên là các hành tinh có kích thước nhỏ, gọi là các “hành tinh trong” do chúng ở gần Mặt trời, và cũng còn được gọi là “hành tinh kiểu Trái đất” do lớp đất đá của chúng được cấu thành từ các nguyên tố hóa học nặng. Theo trật tự khoảng cách tăng dần đối với Mặt trời có Thủy tinh, Kim tinh, Trái đất và Hỏa tinh. Tiếp theo là nhóm các “hành tinh ngoài”, ở xa Mặt trời hơn, và cũng được gọi là các “hành tinh khổng lồ” do chúng có kích thước và khối lượng khổng lồ, hay còn gọi là “hành tinh khí” do chúng không có bề mặt rắn. Theo trật tự xa dần Mặt trời có Mộc tinh, Thổ tinh, Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh. Hành tinh thứ chín, Diêm Vương tinh là một trường hợp đặc biệt (xem: *Diêm Vương tinh*).



*Cầu nối các hành tinh*

Các hành tinh trong tương đối nhỏ. Hành tinh lớn nhất là Trái đất, có đường kính 12.756 km. Kim tinh như chị em sinh đôi với Trái đất về kích thước, trong khi Hỏa tinh chỉ to bằng một nửa và Thủy

tinh bằng hơn một phần ba. Các hành tinh này có ít hoặc không có khí quyển. Thủy tinh hoàn toàn không có khí quyển. Kim tinh có khí quyển đặc hơn khí quyển của Trái đất 90 lần. Áp suất mà bạn cảm thấy trên Kim tinh tương đương với áp suất mà bạn phải chịu khi lặn xuống biển sâu 1.000 m. Bạn sẽ không thể thở được trên Kim tinh vì thành phần khí quyển ở đó gồm 96% cacbonic và 4% nitơ. Nồng độ khí cacbonic ở đây quá cao gây ra “hiệu ứng nhà kính” (xem mục từ này) khiến cho bề mặt của Kim tinh có nhiệt độ trung bình lên tới  $457^{\circ}\text{C}$ , tức là gần năm lần nhiệt độ của nước sôi. Khí quyển của Hỏa tinh cũng rất giống khí quyển của Kim tinh (95% khí cacbonic, 3% nitơ), thêm một chút argon (1,6%), oxy (0,13%), monoxit cacbon và hơi nước, nhưng loãng hơn 9.000 lần. Trên Trái đất, không khí mà chúng ta hít thở có thành phần rất khác: 78% (về khối lượng) nitơ, 21% oxy, một chút argon (0,9%), và khí cacbonic (0,03%).

Ngược lại, các hành tinh ngoài có kích thước và khối lượng khổng lồ so với các hành tinh trong. Mộc tinh có kích thước và khối lượng gấp Trái đất lần lượt là 11 và 318 lần, Thổ tinh gấp 9,5 và 14,5 lần, Thiên Vương tinh gấp 4 và 14,5 lần, và Hải Vương tinh gấp 3,9 và 17 lần. Khí quyển của chúng được cấu thành tới 99,9% từ hai loại nguyên tố được tạo ra trong 3 phút đầu tiên của vũ trụ: đó là hydro (khoảng 74% về khối lượng) và heli (khoảng 24%), đây cũng chính là thành phần của tất cả các sao và các thiên hà, cũng như của tinh vân Mặt trời. Còn lại là (2%) các nguyên tố nặng hơn như cacbon, oxy hay nitơ.

Vậy làm thế nào giải thích được sự chênh lệch giữa kích thước, khối lượng và cấu tạo hóa học của hai nhóm hành tinh này? Tại sao thành phần cấu tạo khí quyển của các hành tinh nhỏ lại khác thành phần cấu tạo của tinh vân Mặt trời đến thế?

Thu phạm ở đây chính Mặt trời trẻ, sinh ra cách đây 4,55 tỷ năm: Mặt trời có tác dụng như một chiếc quạt khổng lồ, thổi khí ở phần trong của Hệ Mặt trời ra phía ngoài. Nhiệt độ cao của Mặt trời làm nóng khí quyển ngoài thủy của các hành tinh vòng trong, làm cho các nguyên tử khí ở đây chuyển động náo nhiệt hơn. Các hành tinh trong không thể giữ lại được các nguyên tử khí này vì khối lượng của chúng quá nhỏ và do vậy lực hấp dẫn của chúng quá yếu. Tới mức mà khoảng 500 triệu năm sau khi Hệ Mặt trời ra đời, các vùng ở

gần Mặt trời bị quét sạch các nguyên tố dễ bay hơi và nhẹ như hydro và heli. Các hành tinh trong mất khoảng 98% vật chất khởi thủy của mình. Chỉ còn lại các nguyên tố vật chất nặng hơn, vì thế lực hấp dẫn của các hành tinh tác dụng lên chung mạnh hơn, như nitơ hay cacbon và oxy kết hợp lại với nhau để tạo ra khí cacbonic và tạo thành khí quyển của Kim tinh và Hỏa tinh. Cũng còn các vật chất được gọi là chịu nhiệt không bị nhiệt Mặt trời làm cho bay hơi, như silicat tạo thành lớp đất mặt của Kim tinh, Trái đất và Hỏa tinh. Còn lớp đất bề mặt của Thủy tinh lại được cấu tạo chủ yếu từ các chất sắt chịu nhiệt còn tốt hơn cả silicat (nhiệt độ cực đại ở đó là  $430^{\circ}\text{C}$ ).

Những gì các hành tinh trong đánh mất thì lại được các hành tinh ngoài thu giữ. Các hành tinh ngoài cũng bắt đầu sự nghiệp là các thể đá, kết quả của sự kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh (xem mục từ này). Bởi vì ở xa Mặt trời có nhiều vật liệu để xây dựng hơn các hành tinh ở gần, nên các thể này nặng hơn và lớn hơn các hành tinh trong. Khối lượng và bán kính của chúng lớn hơn Trái đất lần lượt 10 và 1,6 lần. Sự dồi dào vật chất cũng làm cho các hành tinh ngoài trở thành một loại Hệ Mặt trời thu nhỏ, với một bầy đoàn đầy ấn tượng các vệ tinh xung quanh. Chẳng hạn, thậm chí với một kết quả thống kê chắc chắn nhưng còn chưa đầy đủ thì Mộc tinh cũng đã có tới sáu mươi vệ tinh, và Thổ tinh có khoảng ba mươi. Ở cách xa Mặt trời nóng bỏng, các nguyên tử khí hydro và heli không còn bị thiêu đốt nữa (ở khoảng cách của Mộc tinh, nhiệt độ chỉ là  $-150^{\circ}\text{C}$ ), và chuyển động của chúng tương đối uể oải. Với lực hấp dẫn lớn của mình, các thể đá dễ dàng bắt được một lượng lớn các khí này, và cho ra đời các khối cầu khí khổng lồ mà ta gọi là các hành tinh ngoài. Chẳng hạn, các hành tinh này hút các khí nhẹ và dễ bay hơi bị đẩy ra khỏi vùng trong bởi gió Mặt trời, và chính vì thế chúng được cấu tạo chủ yếu từ hydro và heli. Về phương diện này, Mộc tinh là kẻ trùng số độc đắc, bởi vì khối lượng của nó lớn gấp hai lần rưỡi khối lượng của tất cả các hành tinh, vệ tinh và toàn bộ các tiểu hành tinh và sao chổi lớn vòn trong Hệ Mặt trời cộng lại. Bao quanh một lõi bằng đá bán kính 10.000 km của Mộc tinh là một khí quyển hydro và heli dày tới 71.500 km. Bán kính nay của Thổ tinh chỉ là 60.000 km, trong khi trên Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh, nó chỉ là 25.000 km.

## Hành tinh ngoài Hệ Mặt trời

Cho tới tận năm 1991, người ta mới chỉ biết đến 9 hành tinh: các hành tinh của Hệ Mặt trời. Sáu hành tinh đầu tiên đã được biết từ thời Cổ đại, nhưng phải chờ đến năm 1781 thì William Herschel người Anh mới phát hiện ra Thiên Vương tinh, năm 1846, Hải Vương tinh được định vị nhờ các tính toán của Urbain Leverrier người Pháp và John Adams người Anh, và năm 1930, Clyde Tombaugh người Mỹ đã tìm ra Diêm Vương tinh. Tuy nhiên, với trường hợp không bình thường của Diêm Vương tinh - nó đã được chứng minh không phải là một hành tinh "thật" - số các hành tinh được biết có xu hướng giảm hơn là tăng! Kể từ đó, sự tìm kiếm các hành tinh mới đã giảm chân tại chỗ.

Tuy nhiên, các nhà thiên văn đã tin rằng, do các định luật vật lý có tính phổ quát, nên sẽ phải tồn tại rất nhiều các hành tinh khác, ở các Hệ Mặt trời khác. Với khoảng một trăm tỷ thiên hà, mỗi thiên hà chứa khoảng một trăm tỷ Mặt trời, thì khó có thể tưởng tượng được rằng Mặt trời của chúng ta là ngôi sao duy nhất trong vũ trụ có một bầy đoàn các hành tinh đi theo. Niềm tin vào một vô số các thế giới không phải là mới: năm 1600, thầy tu dòng Dominic Giordano Bruno đã phải trả giá bằng mạng sống trên giàn hỏa thiêu cho việc ông đã lớn tiếng khẳng định điều đó. Theo ông, vũ trụ là vô hạn, nó chứa một số vô hạn các thế giới mà trong đó có một số vô hạn sự sống và tất cả đều ngợi ca Chúa.

Nếu các hành tinh nằm ngoài Hệ Mặt trời vẫn vắng bóng một cách vô vọng, thì đó không phải là vì người ta chưa tìm kiếm! Cuộc tìm kiếm các hành tinh ngoài Hệ Mặt trời đã bắt đầu một cách nghiêm túc trong những năm 1940. Kể từ đó, người ta đã được chứng kiến rất nhiều thông báo "đã phát hiện ra" nhưng tất cả đều hóa ra sai lầm sau khi được kiểm tra. Cho tới tận năm 1991, hai nhà thiên văn vô tuyến người Mỹ thông báo đã tìm thấy hai hành tinh có khối lượng khoảng gấp ba lần khối lượng Trái đất, ở cách ngôi sao của chúng một khoảng cách cỡ khoảng cách Trái đất-Mặt trời (người ta gọi khoảng cách này là "một đơn vị thiên văn", viết tắt là "ua"), hành tinh thứ nhất ở cách 0,4 ua, tức là gần ngôi sao của nó hơn so với khoảng cách

giữa Thủy tinh và Mặt trời, và hành tinh thứ hai ở 0,5 ua, xa hơn một chút. Hành tinh trong quay quanh sao của nó mất 67 ngày, và hành tinh thứ hai quay quanh sao của nó mất 98 ngày (để so sánh, Thủy tinh quay quanh Mặt trời mất 88 ngày). Năm 1994, các quan sát chính xác đã chứng tỏ sự tồn tại của một hành tinh thứ ba, bằng khoảng một phần ba khối lượng của Thủy tinh và gần sao của nó hơn (cách 0,2 ua), quay quanh sao mất 25 ngày. Thoạt nhìn, dường như hai nhà thiên văn vô tuyến đã tìm thấy một phiên bản gần như hoàn hảo của Hệ Mặt trời của chúng ta: nếu bán kính quỹ đạo của ba hành tinh mới này tăng gấp đôi, thì chúng tái tạo gần như hoàn hảo bán kính quỹ đạo của Thủy tinh, Kim tinh và Trái đất quay quanh Mặt trời. Điều này gợi ý rằng bán kính quỹ đạo các hành tinh, có lẽ, tuân theo một định luật phổ quát (mà người ta gọi là luật Titius-Bode). Các khối lượng cũng tuân theo cùng một tỷ lệ đó: hành tinh gần sao nhất có khối lượng nhỏ nhất, giống như Thủy tinh; hai hành tinh còn lại có khối lượng lớn hơn, giống như Kim tinh và Trái đất.

Cho tới đây vẫn chưa có gì thật đặc biệt. Nhưng ở đây có một điểm mâu chốt! Ngôi sao có hệ hành tinh mới được phát hiện không phải là một sao sống, như Mặt trời, mà là một sao chết! Trên thực tế, đó là một pulsar (tên khoa học là PSR B1257+12; PSR có nghĩa là "pulsar", còn các con số là các dữ liệu thiên văn) nằm cách Trái đất 1.300 năm ánh sáng, trong chòm sao Trính nữ. Một pulsar (xem mục từ này) là một sao neutron bán kính 10 km, bắt nguồn từ cái chết bùng nổ của một ngôi sao nặng. Là một loại đèn pha vũ trụ, nó quay cực kỳ nhanh quanh mình nó và phát ra hai chùm mảnh ánh sáng (chủ yếu là sóng radio). Khi một trong hai chùm quét qua Trái đất, kính thiên văn vô tuyến nhận được một tín hiệu rất ngắn, hay còn gọi là "xung động", từ đó nó có tên là pulsar (*sao xung*).

Các nhà vật lý thiên văn thật sự bàng hoàng. Làm sao các hành tinh này có thể sống sót sau sự bùng nổ kinh hoàng xảy ra đồng thời với sự ra đời của pulsar, mà không bị hất văng ra hay bị phá hủy? Như vậy, các hành tinh này chắc chắn phải được hình thành *sau* vụ nổ. Một dấu hiệu đến với chúng ta từ chuyển động quay cực kỳ nhanh của pulsar: nó quay một vòng mất 6,2 mili giây. Hãy tưởng tượng một vùng rộng lớn như Paris và ngoại ô của nó quay 161 lần quanh chính nó trong khoảng thời gian một tic tắc đồng hồ!

Một chuyển động quay nhanh như thế gợi ý rằng pulsar có thể cặp đôi với một ngôi sao đồng hành liên tục rút vật chất của mình sang pulsar háu ăn, làm cho nó đạt đến một vận tốc quay kinh hoàng. Một kịch bản khả dĩ như sau: bức xạ mạnh của pulsar phá hủy bán đồng hành của nó (nên người ta gọi nó là pulsar “góa đen”, giống như con nhện cái ăn thịt bạn tình sau khi giao phối), và những mảnh vỡ của sao bị phá hủy phân bố thành một đĩa dẹt quay quanh pulsar, rồi từ đó tạo thành các hành tinh bằng cách kết tụ các mảnh vỡ, như trong tinh vân Mặt trời cách đây 4,55 tỷ năm.

Như vậy, các hành tinh giống như Trái đất đã được phát hiện lần đầu tiên ngoài Hệ Mặt trời của chúng ta. Sự sống có lẽ sẽ không phát triển được ở đó. Pulsar, thay vì cung cấp ánh sáng và nhiệt lượng ôn hòa có khả năng nuôi dưỡng sự sống, như Mặt trời, thì lại phóng các tia gamma, electron và các hạt giàu năng lượng khác lên các hành tinh. Sống trên một trong các hành tinh này cũng chẳng khác gì tiến hóa ở môi trường của một nhà máy điện hạt nhân.

Vậy làm thế nào phát hiện được sự hiện diện của các hành tinh, không phải quanh một pulsar, mà quanh các ngôi sao bình thường như Mặt trời? Quan sát trực tiếp bằng cách chụp ảnh chúng là rất khó. Vì các hành tinh này rất gần ngôi sao và rất mờ (chúng chỉ phát sáng bằng ánh sáng bị phản chiếu của sao, chúng mờ hơn ngôi sao của chúng hàng triệu lần) nên rất khó phân biệt chúng với ánh sáng của ngôi sao mà chúng quay quanh. Với kỹ thuật hiện nay, phần lớn các hành tinh ngoài Hệ Mặt trời như đã biết đều được phát hiện một cách gián tiếp. Trên thực tế, không phải bản thân các hành tinh được quan sát, mà là ngôi sao của chúng. Thật vậy, cần biết rằng một hành tinh khi quay quanh một ngôi sao sẽ hút ngôi sao bằng lực hấp dẫn của nó, lần lượt ở phía này rồi đến phía kia, làm cho ngôi sao dao động. Dao động này được thể hiện bằng những thăng giáng nhỏ trong vận tốc của ngôi sao mà ta có thể được đo bằng hiệu ứng Doppler (xem mục từ này). Hành tinh càng nặng, thì nó hút ngôi sao càng mạnh, và các thay đổi vận tốc của sao sẽ càng lớn. Trong Hệ Mặt trời của chúng ta, Mộc tinh làm thăng giáng vận tốc của Mặt trời khoảng 12 m mỗi giây. Chính bằng cách quan sát các thăng giáng vận tốc của pulsar mà các nhà thiên văn vô tuyến đã có thể phát hiện ra sự hiện diện của ba hành tinh quanh nó, như ta biết ở trên.

Bất chấp phát hiện ngoạn mục này, người ta vẫn chưa tìm kiếm được hành tinh quay quanh một sao bình thường như Mặt trời. Nhưng tình hình thay đổi đột ngột vào năm 1995. Hai nhà thiên văn người Thụy Sĩ thông báo đã phát hiện ra một hành tinh có khối lượng bằng ít nhất một nửa khối lượng của Mộc tinh, có quỹ đạo tròn quanh một ngôi sao tên là 51 Pégase, cách Mặt trời chúng ta khoảng 40 năm ánh sáng. Lần này, ngôi sao không thuộc loại ngoại lai, như một pulsar nữa, mà là một ngôi sao sống giống như chị em với Mặt trời. Thế là giấc mơ xa xưa phát hiện ra các hành tinh bên ngoài Hệ Mặt trời, quanh một sao bình thường, cuối cùng đã trở thành hiện thực. Nhưng không phải mọi chuyện đều hoàn hảo cả: vẫn còn một cái gì đó khập khiễng! Hành tinh, nặng gần bằng Mộc tinh, quay tròn một vòng quanh ngôi sao 51 Pégase chỉ trong 4,2 ngày, và gây ra các thăng giáng 50 m/s lên chuyển động của sao, trong khi Mộc tinh phải mất 12 năm mới hoàn thành chuyển chu du quanh Mặt trời và gây ra các thăng giáng chỉ 12 m/s lên chuyển động của nó. Điều này có nghĩa là hành tinh được quan sát ở gần sao 51 Pégase hơn rất nhiều so với Mộc tinh ở gần Mặt trời - thậm chí còn gần hơn cả Thủy tinh ở gần Mặt trời, bởi vì Thủy tinh phải mất 88 ngày mới thực hiện được trọn một vòng quay của mình. Trên thực tế, khoảng cách của hành tinh tới sao 51 Pégase chỉ bằng một phần tám khoảng cách giữa Thủy tinh và Mặt trời. Ở một khoảng cách gần ngôi sao như thế, hành tinh sẽ bị nóng lên tới khoảng  $1.000^{\circ}$ , nghĩa là nó nóng hơn tất cả các hành tinh của Hệ Mặt trời.

Tình hình này khiến ta phải đặt lại vấn đề đối với ý tưởng thân thuộc của chúng ta về sự hình thành các hành tinh, ý tưởng dựa trên một ví dụ duy nhất mà chúng ta có trước khi có phát hiện của các nhà thiên văn Thụy Sĩ: đó là Hệ Mặt trời. Trên thực tế, trong sơ đồ này về sự tạo thành các hành tinh bằng sự kết tụ các vật liệu cấu thành nên hành tinh, thì các hành tinh khí khổng lồ được tạo thành không phải gần Mặt trời, mà ở phía ngoài của đĩa tiền hành tinh, tức là ở khoảng cách cỡ 5 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời (tức khoảng cách giữa Mộc tinh và Mặt trời), thậm chí còn xa hơn. Sở dĩ như vậy là vì hai lý do: trước hết, để sản xuất ra lõi đá của các hành tinh khổng lồ, cần phải có vật liệu, mà vật liệu thì dồi dào ở phía ngoài của đĩa hơn; thứ hai, để tạo thành các lớp khí bao, gồm hydro và heli, của các hành

tinh không lồ cần phải ở xa cái quạt Mặt trời, nó làm nóng các khí nhẹ và đẩy chúng ra phía ngoài.

Vậy thì tại sao một hành tinh không lồ lại có thể tồn tại ở gần ngôi sao của nó đến thế? Nếu chỉ tồn tại trường hợp sao 51 Pégase, thì người ta có thể coi nó là một dị thường của tự nhiên và bỏ qua nó. Nhưng trường hợp này lại hoàn toàn không phải là duy nhất. Sự phát hiện ra hành tinh của sao 51 Pégase đã kéo theo một loạt các phát hiện những hành tinh bên ngoài Hệ Mặt trời. Không có một tháng nào trôi qua mà người ta lại không thông báo là đã phát hiện ra một hành tinh mới. Vào tháng 11.2008, danh sách này đã lên tới 300 hành tinh: gần 10% số sao cỡ như Mặt trời được quan sát đều tỏ ra có ít nhất một hành tinh đi cùng. Nhưng, trong gần như toàn bộ các trường hợp, không một hệ mới các hành tinh nào lại giống với Hệ Mặt trời chúng ta. Mặc dù tất cả các hành tinh mới đều có khối lượng cỡ Mộc tinh (hay Thổ tinh đối với một số), nhưng gần như tất cả đều có các quỹ đạo rất lệch tâm đưa chúng đến rất gần ngôi sao của chúng (ở một khoảng cách nhỏ hơn rất nhiều khoảng cách Trái đất-Mặt trời trong phần lớn các trường hợp), khiến cho nhiệt độ của chúng trở nên cực cao. Như vậy, chúng thậm chí còn ít có khả năng cư mang sự sống so với Mộc tinh. Người ta gọi chúng là các “Mộc tinh nóng” để phân biệt với Mộc tinh thuộc Hệ Mặt trời có khí quyển rất lạnh,  $-150^{\circ}\text{C}$ .

Vậy có thể nghĩ gì về tất cả những chuyện này? Hệ Mặt trời của chúng ta với các hành tinh nhẹ nằm gần Mặt trời và các hành tinh nặng ở xa Mặt trời, liệu có là một ngoại lệ? Chắc chắn là không. Nếu đó là một ngoại lệ thì bóng ma Copernicus (*Xem mục từ này*) sẽ quay trở lại! Việc chúng ta phát hiện ra chủ yếu các hệ hành tinh với các mộc tinh rất gần ngôi sao của nó đơn giản là do giới hạn về kỹ thuật của chúng ta. Các dụng cụ tốt nhất ngày nay rất khó phát hiện các mộc tinh ở các khoảng cách lớn gấp 5 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời. Sẽ cần phải có các quan sát trái trên nhiều quỹ đạo, và như vậy mất nhiều thập kỷ. Tuy nhiên, người ta đã thông báo vào tháng 6.2002 rằng, lần đầu tiên, một hành tinh nằm cách 5,5 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời - khoảng cách cỡ khoảng cách giữa Mộc tinh và Mặt trời - đã được phát hiện xung quanh sao 55 Cancri, trong chòm sao Cự giải. Nhưng nó nặng hơn bốn lần Mộc



hành tinh. Phát hiện ra các Thổ tinh cách 10 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời tỏ ra còn khó khăn hơn. Các thăng giáng vận tốc gây bởi một hành tinh như thế sẽ quá yếu (thấp hơn 12 m/s rất nhiều) nên không thể phát hiện được. Vì vậy sẽ cần phải tăng độ chính xác của các phép đo vận tốc, vốn hiện nay là 3 m/s, xuống thấp hơn 1 m/s. Các thăng giáng gây bởi các hành tinh nhẹ còn nhỏ hơn nữa và không có bất kỳ cơ hội nào bị phát hiện trong một tương lai gần. Nói cách khác, nếu quan sát Mặt trời với các dụng cụ hiện nay của chúng ta trong một thời gian tương đối ngắn, thì chúng ta thậm chí còn không nhận thấy rằng nó có cả một bầu đoàn gồm chín hành tinh! Vì thế hệ các hành tinh giống với hệ của chúng ta vẫn còn cần được tiếp tục khám phá.



Nói như vậy, nhưng giải thích thế nào về sự tồn tại của các “Mộc tinh nóng” ở rất gần ngôi sao của chúng, trong khuôn khổ các lý thuyết của chúng ta về sự hình thành các hệ hành tinh? Không bao giờ thiếu trí tưởng tượng, các nhà vật lý thiên văn đã đề xuất kịch bản sau: các Mộc tinh nóng chắc chắn đã được hình thành ở rất xa trong đĩa tiền hành tinh của chúng, nhưng sự tương tác giữa hành tinh và khí trong đĩa đã làm cho nó rơi theo hình xoắn ốc về phía ngôi sao, trước khi cân bằng trở lại trên một quỹ đạo ở rất gần với

sao. Nói cách khác, hành tinh đã di chuyển khỏi nơi sinh đến vị trí hiện nay của nó. Trong kịch bản này, các hành tinh nhẹ như Trái đất, sinh ra ở gần ngôi sao, sẽ không tồn tại lâu. Sự tương tác hấp dẫn lặp đi lặp lại với một Mộc tinh nóng sẽ đẩy chúng ra khỏi hệ hành tinh. Trong Hệ Mặt trời, người ta cho rằng sự hiện diện của Thổ tinh đã có tác dụng làm bình ôn Mộc tinh, ngăn không cho nó sáp lại gần Mặt trời và đẩy Trái đất vào quỹ đạo của chúng ta. Một hệ hành tinh có chỉ một hành tinh khổng lồ sẽ không thuận lợi cho sự sống: Mộc tinh nóng của nó chắc chắn sẽ tống cổ mọi hành tinh có khả năng cho sự sống trú ngụ.

Cuộc tìm kiếm các hành tinh ngoài Hệ Mặt trời mới chỉ chấp chứng những bước đầu tiên. Để phát hiện ra các hành tinh giống Trái đất, cần phải có sự giúp đỡ của nhiều kỹ thuật khác. Các thăng giáng vận tốc gây bởi các hành tinh có khối lượng cỡ Trái đất lên chuyển động của sao là quá nhỏ để có thể đo được một cách chính xác. Các nhà thiên văn đã sử dụng các phương pháp khác. Để nhìn trực tiếp các hành tinh và chụp ảnh chúng, họ đã chặn ánh sáng chói lòa của ngôi sao bằng một “nhật hoa ký” (được gọi như vậy vì kỹ thuật này cũng được sử dụng để chặn ánh sáng của đĩa Mặt trời để có thể quan sát được vòng nhật hoa của nó). Họ cũng đã sử dụng kỹ thuật gọi là “quang ứng”, một kỹ thuật làm biến dạng bề mặt gương của các kính thiên văn nhiều lần mỗi giây để bù cho sự nhiễu loạn của khí quyển làm mờ nhòe hình ảnh của các thiên thể. Vào tháng 11.2008, người ta đã chụp được các bức ảnh đầu tiên của hai hành tinh ngoài Hệ Mặt trời. Phương pháp “đi qua đĩa ngôi sao” cũng đã được sử dụng: khi đi qua trước ngôi sao của mình, hành tinh chặn một phần nhỏ ánh sáng của sao, điều này làm cho độ sáng của nó giảm nhẹ. Nhưng, để nhìn được sự đi qua đĩa ngôi sao thì Trái đất, hành tinh và sao phải nằm trên cùng một mặt phẳng, mà điều này chỉ xảy ra trong dưới 1% các trường hợp. Một phương pháp khác được gọi là phương pháp “vĩ thấu kính hấp dẫn”. Trong trường hợp này, trường hấp dẫn của một ngôi sao nằm ở phía trước có tác dụng như một thấu kính (ngôi sao được gọi là “vĩ thấu kính”, vì kích thước của nó rất nhỏ, so với kích thước của một thiên hà), nó khuếch đại độ sáng của một sao ở xa hơn nằm ở phía sau. Nếu sao ở trước có một hành tinh đi cùng, thì trường hấp dẫn của hành tinh này sẽ

góp phần làm gia tăng độ sáng của sao ở phía sau, và như vậy hành tinh sẽ được phát hiện. Nhưng, một lần nữa, kỹ thuật này đòi hỏi một sự thẳng hàng rất khó xảy ra của Trái đất và hai ngôi sao. Tuy nhiên, cho tới năm 2008, đây vẫn là kỹ thuật duy nhất đã cho phép phát hiện ra các hành tinh có khối lượng như Trái đất quay quanh các ngôi sao cỡ Mặt trời.

Thay vì đo các thay đổi vận tốc của ngôi sao, người ta có thể tìm cách đo những thay đổi về vị trí do ảnh hưởng lực hấp dẫn của một hành tinh. Để thực hiện điều này, các nhà thiên văn dự định sử dụng các giao thoa kế đặt trong không gian: các dụng cụ này kết hợp ánh sáng của nhiều kính thiên văn ở cách xa nhau và có thể phát hiện được các di chuyển nhỏ cỡ một micro giây góc. Đó là góc có giá trị bằng một độ chia cho 3.600.000.000! Nhờ các dụng cụ này, các bạn có thể nhìn thấy một sợi tóc ở cách xa 3.500 km! Một hành tinh có khối lượng bằng Mộc tinh quay quanh một ngôi sao có khối lượng bằng Mặt trời ở khoảng cách 10 năm ánh sáng sẽ tạo ra một sự thay đổi vị trí cỡ 1.600 micro giây góc; bằng Hải Vương tinh: 510 micro giây góc; và bằng Trái đất: 1 micro giây góc. Do các giao thoa kế không gian này có thị lực cực mạnh nên người ta có thể sử dụng chúng để tách ánh sáng của một hành tinh khỏi ánh sáng chói lòa của ngôi sao của nó, và nhờ đó nhìn thấy được nó một cách trực tiếp. Đối với một số hệ hành tinh được nhìn theo mặt cắt, người ta cũng có thể sử dụng phương pháp “đi qua đĩa ngôi sao”: ngôi sao sẽ giảm tạm thời độ sáng khi hành tinh đi qua trước nó; hiệu ứng là rất nhỏ - vì độ sáng của một sao như Mặt trời giảm chỉ một phần mười nghìn khi một hành tinh như Trái đất đi qua trước nó -, nhưng dù sao vẫn có thể đo được. Như vậy trong khoảng vài năm tới người ta có thể quan sát được hàng trăm nghìn ngôi sao loại như Mặt trời bằng cách tìm kiếm các thăng giáng độ sáng gây bởi các hành tinh có khối lượng như Trái đất đi qua đĩa của các ngôi sao đó.

Trong khi chờ đợi, từ nay chúng ta đã biết rằng hệ hành tinh của chúng ta không phải là duy nhất trong vũ trụ. Ngoài việc phát hiện ra vô số các hành tinh ngoài Hệ Mặt trời, nhiều quan sát khác còn khẳng định các quan niệm của chúng ta về sự hình thành các hành tinh. Chẳng hạn, quan niệm cho rằng các hành tinh hình thành từ một đĩa khí và bụi đã được xác minh một cách ngoạn mục bởi sự phát

hiện ra các đĩa bụi bức xạ mạnh ánh sáng hồng ngoại xung quanh các ngôi sao tương đối trẻ như Beta Pictoris. Trên các hành tinh sẽ sinh ra quanh các sao trẻ này liệu có một hành tinh mà một ngày nào đó hội đủ các điều kiện cần thiết để đánh thức và nuôi dưỡng sự sống, như trên Trái đất hay không?

## Hạt giống thiên hà

Vũ trụ ở thời kỳ đầu là cực kỳ đồng nhất. Điều này đã được khẳng định nhờ kỹ thuật lập bản đồ các bức xạ hóa thạch do hai vệ tinh nhân tạo của NASA là COBE năm 1992 và WMAP năm 2003 thực hiện. Bản đồ này cung cấp cho chúng ta hình ảnh vũ trụ vào năm 380.000 sau vụ nổ khởi thủy. Đó là hình ảnh xa xưa nhất của vũ trụ mà chúng ta có thể thu được, bởi vì, trước năm 380.000, vũ trụ vẫn còn mờ đục, không trong suốt, như là chìm trong một đám sương mù dày đặc, ánh sáng không thể truyền qua và do đó các loại kính thiên văn không thể nhìn thấy vũ trụ ở một độ tuổi trẻ hơn. Quan sát bức xạ hóa thạch tràn ngập toàn vũ trụ này cho thấy nhiệt độ của nó không thăng giáng quá vài phần trăm nghìn giá trị trung bình của nó - một nhiệt độ cực lạnh,  $-270,3^{\circ}\text{C}$  - theo bất kỳ hướng nào. Nói cách khác, vào năm 380.000, các tính chất của vũ trụ không biến thiên quá 0,001% ở các vị trí khác nhau. Tuy nhiên, sau quá trình tiến hóa 13,7 tỷ năm, vũ trụ này đã không còn hoàn toàn đồng nhất nữa, mà chứa rất nhiều loại cấu trúc, từ những "bức tường" lớn của các siêu đám thiên hà cho đến các ngôi sao và các hành tinh. Vũ trụ quan sát được ngày nay chứa hàng trăm tỷ thiên hà, mỗi thiên hà chứa hàng trăm tỷ Mặt trời, dệt nên một bức tranh vũ trụ lung linh khổng lồ, trong đó các siêu đám thiên hà - có hình chiếc bánh rán, các sợi dây hoặc các bức tường dài hàng trăm triệu năm ánh sáng - tạo nên một mạng lưới, với các đám thiên hà dày đặc nhất tạo thành các "nút", và cuối cùng là các khoảng không trống rỗng lớn hoàn toàn không có một thiên hà nào tạo thành các "mắt".

Vậy thì bằng cách nào, trong 13,7 tỷ năm kể từ khi chào đời, vũ trụ lại có thể chuyển từ một trạng thái cực kỳ đồng nhất như vậy sang một trật tự hết sức phong phú các cấu trúc như thế? Cái đơn giản đã sinh ra cái phức tạp như thế nào?

Nếu vũ trụ hoàn toàn đồng nhất, chúng ta sẽ không có mặt ở đây để nói về nó. Một vũ trụ không cấu trúc, giống như một sa mạc không có ốc đảo: sự sống không thể phát triển được ở đó, nó mãi mãi vô sinh. Trên thực tế, các thiên hà đã đóng vai trò như những ốc đảo trong sa mạc không gian. Được làm cho nóng lên bởi bức xạ của hàng trăm tỷ ngôi sao chứa trong mỗi một thiên hà, các thiên hà đã thoát khỏi cái lạnh dai dẳng của không gian giữa các thiên hà gây bởi sự giãn nở của vũ trụ. Là những nơi nướng nấu trong vũ trụ, các thiên hà tạo ra một môi trường cho các sao có thể phát ra năng lượng và nhiệt lượng quý báu, và do đó làm nảy sinh và nuôi dưỡng sự sống.

Một vũ trụ hoàn toàn đồng nhất, chúng ta nhắc lại, sẽ rất buồn tẻ và vô sinh. Trong vũ trụ này, sẽ không có tiếng hót của chim họa mi, không có hương thơm của hoa hồng; và cả những nụ cười trẻ thơ cũng sẽ vắng bóng.

Thật hạnh phúc đối với các nhà vật lý thiên văn, COBE đã phát hiện ra các thăng giáng nhiệt rất nhỏ của bức xạ hóa thạch, cỡ vài phần trăm nghìn độ Kelvin ở các khu vực khác nhau. Các thăng giáng nhiệt này tương ứng với các thăng giáng mật độ vật chất cấu thành từ các proton, neutron và các hạt nặng khác không nhìn thấy được. Ở những khu vực có mật độ lớn hơn một chút, lực hấp dẫn mạnh hơn một chút, các photon của bức xạ hóa thạch mất nhiều năng lượng hơn để thoát khỏi lực hấp dẫn, và nhiệt độ thấp hơn một chút. Ngược lại, ở những khu vực có mật độ thấp hơn, lực hấp dẫn yếu hơn, photon mất ít năng lượng hơn để thoát ra, và nhiệt độ cao hơn một chút. Những thăng giáng mật độ vật chất này sẽ hoạt động như những hạt giống thiên hà. Trong vòng nhiều tỷ năm sau và nhờ lực hấp dẫn tác dụng bởi khối lượng của chúng, các hạt giống này, bằng cách hút vật chất xung quanh, sẽ tăng khối lượng và nảy mầm để cho ra đời hàng trăm tỷ thiên hà trong vũ trụ quan sát được, đó là các hệ sinh thái khổng lồ chứa hàng trăm tỷ Mặt trời được liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn, đang làm đẹp vòm trời ngày hôm nay. Trong ít nhất một trong những thiên hà này, ở gần một ngôi sao có tên là Mặt trời,

trên một hành tinh được gọi là Trái đất, sự sống và ý thức ra đời. Như vậy, một sự đồng nhất hoàn hảo sẽ đồng nghĩa với vô sinh, trong khi một khiếm khuyết nhỏ lại có khả năng sáng tạo ra sự sống.

Vậy các thăng giáng vật chất này đã xuất hiện như thế nào? Nhờ sự mờ nhòe của năng lượng và sự lạm phát của vũ trụ, những thăng giáng rất nhỏ của chân không lượng tử (xem mục từ này) của vũ trụ khởi thủy đã được khuếch đại đáng kể trong các chiều kích của chúng bởi sự giãn nở lạm phát kinh hoàng của vũ trụ ở thời kỳ đầu (xem: *Lạm phát của vũ trụ*). Nhờ sự khuếch đại kinh hoàng này, các thăng giáng lượng tử của chân không khởi thủy đã có thể bước vào thế giới vĩ mô.

Sở dĩ có được các thăng giáng lượng tử ở thời kỳ đầu của vũ trụ là nhờ nguyên lý Bất định của Heisenberg. Nguyên lý này chi phối thế giới lượng tử, thế giới của cái vô cùng bé. Nó nói với chúng ta rằng tồn tại một giới hạn cơ bản trong nhận thức của chúng ta về thế giới vật lý nguyên tử và dưới nguyên tử, và rằng chúng ta cần phải từ bỏ giấc mơ ngàn đời của nhân loại về một sự hiểu biết tuyệt đối. Chẳng hạn, chúng ta không thể đo một cách chính xác đồng thời vị trí của một hạt cơ bản và vận tốc của nó (tức sự thay đổi vị trí của nó trên một đơn vị thời gian). Chúng ta luôn phải lựa chọn: hoặc là xác định chính xác vị trí của hạt, và chúng ta từ bỏ việc biết về vận tốc của nó một cách chính xác; hoặc là chúng ta tính chính xác vận tốc của nó và từ bỏ việc biết chính xác vị trí của nó. Người ta gọi đó là sự "nhòe lượng tử".

Sự nhòe lượng tử cũng áp dụng cho năng lượng của chân không khởi thủy. Chúng ta càng biết chính xác giá trị của trường năng lượng tại một vị trí không gian nào đó, thì chúng ta càng khó có thể xác định được các biến thiên của nó. Các thăng giáng trong chân không khởi thủy bắt nguồn từ chính sự nhòe của năng lượng này. Sự nhòe lượng tử cũng chính là thủ phạm của vô số các hạt ảo xuất hiện và biến mất trong những vòng quay sinh tử dữ dội vô cùng ngắn ngủi (cỡ  $10^{-43}$  giây) ngay trong không gian xung quanh khi bạn đang ngồi đọc những dòng này. Chỉ có điều bạn không ý thức được điều đó, bởi hoạt động điên cuồng này diễn ra ở các thang vô cùng nhỏ, cỡ  $10^{-33}$  cm. Nhưng chính ở đây sự lạm phát đã tỏ rõ vai trò của nó. Bằng cách khuếch đại không gian theo hàm mũ lớn không thể tưởng tượng

được ( $10^{50}$  hoặc hơn), nó đã đẩy các thăng giáng lượng tử nhỏ này lên các kích thước 1.000 tỷ ( $10^{12}$ ) km, tức khoảng 100 lần kích thước của Hệ Mặt trời của chúng ta. Khi làm như thế, sự lạm phát đã cho phép các thăng giáng lượng tử rời khỏi thế giới dưới nguyên tử để bước vào thế giới vĩ mô. Tình huống này giống như một nét gạch cực nhỏ, gần như không nhìn thấy được, vạch trên bề mặt một quả bóng chưa được bơm, nhưng nó lại đạt tới kích thước lớn, và trở nên nhìn rõ hơn rất nhiều khi quả bóng được bơm căng.

Lần sau khi được chiêm ngưỡng cấu trúc xoắn ốc của một thiên hà xinh đẹp, thì bạn hãy nghĩ rằng nó được sinh ra từ một thăng giáng vô cùng nhỏ của trường năng lượng của vũ trụ khởi thủy, rằng nó là con đẻ của cuộc hôn phối giữa cái vô cùng bé với cái vô cùng lớn, san phẩm kết hợp của sự nhoe lượng tử với lạm phát.

## Hằng số vũ trụ

Hằng số vũ trụ gắn liền với khái niệm lực “phản hấp dẫn” - một lực đẩy, ngược với lực hấp dẫn là lực hút. Hằng số này đã được Einstein đưa vào các phương trình của thuyết Tương đối rộng năm 1917 để xây dựng một mô hình vũ trụ tĩnh. Các phương trình ban đầu cứ ương ngạnh nói với ông rằng vũ trụ phải là động, nghĩa là hoặc phải dãn nở hoặc co lại, chứ không bao giờ tĩnh, giống như một quả bóng được ném lên không trung phải hoặc bay lên hoặc rơi xuống chứ không bao giờ treo lơ lửng cả. Tuy nhiên, các quan sát thiên văn thời đó lại khẳng định rằng vũ trụ không chuyển động. Einstein đã không đủ tin vào chính thuyết Tương đối rộng mà ông hết sức nâng niu, và bất chấp các trực giác của mình, ông đã thêm vào một “hằng số vũ trụ” trong các phương trình ban đầu: một lực đẩy được coi là để bù một cách chính xác lực hút của vật chất. Einstein không bao giờ xác định rõ được nguồn gốc của lực đẩy này, mà chỉ nói được rằng nó không được sinh ra bởi vật chất cũng như bởi ánh sáng.

Sự tồn tại của lực đẩy này là có thể hình dung được, bởi vì, theo các phương trình của Einstein, lực hút hấp dẫn phụ thuộc không chỉ vào khối lượng của vật chất, hay cũng có nghĩa là tỷ lệ thuận với khối lượng riêng của nó (khối lượng riêng hay mật độ bằng khối lượng của vũ trụ chia cho thể tích của nó), mà còn vào cả áp suất nữa. Vậy nên, nếu tồn tại một áp suất âm lớn trong vũ trụ, lớn hơn cả mật độ của vật chất, thì người ta có thể đi tới một tình huống, trong đó lực hấp dẫn tổng hợp sẽ là âm, hay nói cách khác nó sẽ là lực đẩy thay vì là hút. Nhưng làm sao tạo được áp suất âm lớn như thế? Einstein không hề có một chút ý niệm nào về điều đó. Bởi vì hằng số vũ trụ không có được sự giải thích vật lý thật rõ ràng, nên Einstien đã rất sung sướng loại bỏ khỏi các phương trình của mình, vào năm 1929, khi Edwin Hubble tuyên bố phát hiện ra sự giãn nở của vũ trụ, biến vũ trụ tĩnh trở nên lỗi thời. Einstein thậm chí còn coi việc đưa vào hằng số vũ trụ này là “sai lầm lớn nhất của đời tôi”.

Nhưng không vì thế mà hằng số vũ trụ đoán thọ. Sự phát hiện ra sự tăng tốc của vũ trụ năm 1998 đã làm cho nó tái sinh từ đống tro tàn! Các nhà vật lý thiên văn đã đưa tro lại hằng số vũ trụ để cố gắng giải thích cái lực đẩy huyền bí làm tăng tốc vũ trụ này. “Năng lượng tối” (được gọi như vậy bởi vì, cũng giống như “khối lượng tối” nổi tiếng, bản chất của nó chúng ta còn hoàn toàn chưa biết) được gắn với hằng số vũ trụ hồi sinh, tất nhiên, là phải cao hơn rất nhiều năng lượng mà Einstein đã tính toán. Thực tế, lần này không phải là để xây dựng một vũ trụ tĩnh, mà là một vũ trụ dần nở tăng tốc. Các tính toán chứng tỏ rằng để tái tạo sự tăng tốc của vũ trụ quan sát được kể từ 7 tỷ năm sau Big Bang, năng lượng tối phải chiếm khoảng 74% tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ!

Vậy ý nghĩa của hằng số vũ trụ này là gì? Sự giải thích hằng số vũ trụ theo cách hiện đại viện đến một dạng năng lượng mới không được cấu thành từ bất kỳ một hạt cơ bản nào mà chúng ta đã biết, như photon, proton, neutron hay electron; năng lượng tối choán toàn bộ không gian như một thứ ête mới. Một chất như vậy phải trong suốt, cho phép nhìn thấy các điểm sáng là các sao và các thiên hà, cũng như cả đêm tối.

Nhưng giải thích thế nào đây về sự tồn tại của một lực không phải là hút, như lực bắt nguồn từ lực hấp dẫn, mà lại là đẩy? Để hiểu



điều đó, chúng ta cần phải nhớ lại rằng, theo Newton, lực hấp dẫn giữa hai vật tỷ lệ với khối lượng của chúng và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Nói cách khác, chính khối lượng của một vật là nguồn gốc lực hấp dẫn của nó. Trong thuyết Tương đối rộng của Einstein, khối lượng cũng là nguồn gốc của lực hấp dẫn, như trong lý thuyết của Newton, nhưng nó không phải là nguồn duy nhất; còn tồn tại hai lực khác cũng đóng góp vào trường hấp dẫn: đó là năng lượng, và như chúng ta vừa thấy, cả áp suất nữa.

Năng lượng của một vật bắt nguồn từ khối lượng của nó, nhưng cũng bao hàm cả năng lượng chuyển động của các nguyên tử cấu thành nên nó. Chẳng hạn, hãy lấy hai cục sắt giống nhau như đúc, có cùng khối lượng và nhiệt độ. Hãy nung nóng một cục lên sao cho nhiệt độ của nó cao hơn cục kia  $10^{\circ}\text{C}$ , rồi đặt hai cục lên hai đĩa cân và bạn sẽ thấy cân cân nghiêng về phía cục sắt nóng hơn. Trọng lượng, và do đó, khối lượng của cục sắt bị nung nóng và lực hấp dẫn mà nó tác động lên Trái đất đã tăng lên so với cục sắt không bị nung nóng. Tất nhiên, sự khác biệt về trọng lượng này là cực nhỏ. Nếu mỗi cục sắt nặng 1 kg, thì cục bị nung nóng sẽ nặng hơn cục không bị nung nóng một phần triệu tỷ kg. Chỉ một cái cân cực kỳ chính xác mới có khả năng phát hiện ra một sự chênh lệch như thế.

Sự chênh lệch về khối lượng này do đâu mà có? Bằng cách làm nóng cục sắt lên, chúng ta đã làm tăng chuyển động của các nguyên tử cấu thành nên nó và như vậy là làm tăng năng lượng của chúng, điều này dẫn đến làm tăng khối lượng của cục sắt và lực hấp dẫn toàn phần của nó. Trên thực tế nhiệt độ của một vật là số chỉ chuyển động của các nguyên tử và phân tử của nó. Chẳng hạn, lúc bình minh, khi những tia nắng đầu tiên làm nóng không khí, các phân tử không khí chuyển động hỗn loạn mạnh hơn và do đó va chạm mạnh hơn vào da bạn, tạo cho bạn cảm giác nóng<sup>7</sup>.

Một nguồn khác của lực hấp dẫn là áp suất, giống như áp suất mà bạn phải tác động lên một lò xo để nén nó lại. Một lần nữa, nếu bạn có một cái cân cực kỳ chính xác và nếu bạn cân hai cái lò xo giống nhau y hệt, chỉ khác là một cái bị nén còn cái kia thì không, bạn sẽ

<sup>7</sup> Trong vật lý, nhiệt độ không độ tuyệt đối - tức  $0^{\circ}\text{K}$  - tương ứng với trạng thái lý tưởng, ở đó hoàn toàn không có chuyển động của các nguyên tử.

thấy cán cân nghiêng về phía cái bị nén. Áp lực tác động bởi lò xo bị nén được thể hiện bằng một sự tăng rất nhẹ trọng lượng của nó. Nhưng, đề hiệu ban chất hằng số vũ trụ của Einstein, còn cần phải chỉ rõ rằng tồn tại hai dạng áp suất, một loại là dương và một loại là âm. Áp suất dương rất quen thuộc với chúng ta: nó đẩy ra ngoài; đó là áp suất mà chúng ta cảm thấy trong một đám đông khi các cơ thể chen lấn nhau có xu hướng xô đẩy ra xa; đó cũng là áp suất tác động bởi lò xo. Nếu bạn đặt một lò xo bị nén vào trong một chiếc hộp, bạn sẽ thấy nắp hộp bị hé mở một chút, vì lò xo đẩy nó lên. Khái niệm áp suất âm thì khó hình dung hơn nhiều. Thay vì đẩy ra ngoài, một áp suất âm lại hút vào trong. Còn khác thường hơn nữa, trong khi một áp suất dương, giống như khối lượng và năng lượng, là nguồn của lực hấp dẫn hút, thì một áp suất âm là nguồn của "hấp dẫn âm" có tác dụng đẩy. Nhưng chúng ta không thấy lực hấp dẫn đẩy thể hiện ở bất cứ đâu trong cuộc sống hằng ngày. Sờ dĩ như vậy là vì hai lý do: trước hết, áp suất tác động bởi vật chất thông thường, được cấu thành từ proton, neutron và electron, là luôn luôn dương, và lực hấp dẫn mà nó sinh ra luôn luôn là hút, chính vì thế mà khi chúng ta vấp, lực hút này làm chúng ta đổ xuống đất thay vì bay lên không trung; mặt khác, ở thang đời sống hằng ngày, áp suất và ảnh hưởng hấp dẫn của vật chất thông thường là không đáng kể.

Nhưng, trong các hoàn cảnh đặc biệt, như ở thang toàn vũ trụ, áp suất có thể âm và tác dụng một lực hấp dẫn đẩy. Áp suất âm này, vốn thể hiện trong các phương trình Einstein thông qua hằng số vũ trụ, được gắn với một "năng lượng tối" huyền bí tràn ngập một cách đồng nhất toàn vũ trụ. Vì năng lượng tối này tác dụng một áp suất đồng nhất trong không gian, nên không tồn tại các áp lực. Các lực này chỉ bộc lộ khi có sự chênh lệch về áp suất. Chính các áp lực này đã nén màng nhĩ của bạn và làm bạn đau tai khi máy bay cất cánh, vì áp suất ở mặt đất lớn hơn ở trên cao. Lực tác dụng bởi năng lượng tối có bản chất thuần túy hấp dẫn. Vì thế đã nổ ra một cuộc chiến không khoan nhượng giữa lực hấp dẫn hút thông thường, lực tác dụng bởi toàn bộ lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ, và có xu hướng làm cho nó co sập lại, và lực hấp dẫn đẩy bất thường, lực gắn với hằng số vũ trụ có xu hướng làm nổ tung vũ trụ. Trong khi lực hấp dẫn hút giảm theo bình phương khoảng cách, thì lực hấp dẫn đẩy tăng tỷ lệ

với khoảng cách. Điều này muốn nói rằng các vật trong vũ trụ càng xa thì lực hấp dẫn đẩy càng mạnh. Chẳng hạn, lực hấp dẫn đẩy là không đáng kể ở thang của Hệ Mặt trời (khoảng cách giữa Mặt trời và Diêm vương tinh, hành tinh xa nhất, là 5,5 giờ ánh sáng) hay thậm chí cả ở thang thiên hà (100.000 năm ánh sáng) hay cụm thiên hà (vài chục triệu năm ánh sáng). Nó chỉ bộc lộ đầy đủ ở các thang lớn hơn các thang cụm thiên hà. Điều này phù hợp với các dữ liệu quan sát, bởi vì nếu có một lực đẩy hiện diện ở thang của Hệ Mặt trời, thì người ta đã biết nó bằng cách quan sát các chuyển động của các hành tinh từ lâu rồi! Ở thang của Hệ Mặt trời, của các thiên hà và các cụm thiên hà, chính lực hấp dẫn hút thông thường yêu quý của Newton chiếm ưu thế hơn và chi phối các chuyển động, tới mức mà Trái đất giữ được Mặt trăng trong quỹ đạo của nó thay vì phóng nó đi lang thang trong không gian giữa các vì sao, và các thiên hà được cấu thành từ hàng trăm tỷ Mặt trời và các cụm thiên hà cấu thành từ hàng nghìn thiên hà vẫn gắn kết với nhau chứ không hề tan rã.

Cho tới lúc này người ta vẫn chưa biết nguồn gốc của lực đẩy gây ra sự tăng tốc của vũ trụ. Một số nhà vật lý cho rằng năng lượng tối, được gắn với hằng số vũ trụ và là thủ phạm gây ra sự tăng tốc của vũ trụ, đến từ chân không lượng tử nguyên thủy. Nhưng bởi vì chúng ta vẫn chưa có một lý thuyết gọi là "hấp dẫn lượng tử", thống nhất hai hòn đá tảng của vật lý hiện đại - cơ học lượng tử mô tả cái vô cùng nhỏ, và thuyết Tương đối rộng mô tả cái vô cùng lớn - nên còn lâu chúng ta mới biết cách tính toán thứ năng lượng từ chân không này như thế nào.

Một số nhà vật lý khác lại gợi ý rằng không phải hằng số vũ trụ gây ra sự tăng tốc của vũ trụ. Như tên của nó cho thấy, hằng số này không thay đổi theo thời gian; vậy mà, một số nhà nghiên cứu lại cho rằng lực đẩy không phải là hằng số, mà biến thiên theo thời gian. Do không có những thông tin chính xác hơn, họ đã gọi dạng năng lượng tối biến thiên này là "chất thứ năm" (*xem mục từ này*), liên tưởng đến nguyên tố thứ năm mà một số nhà tư tưởng thời Cổ đại (như Aristotle) công nhận, bổ sung cho bốn nguyên tố của Empédocle (đất, nước, lửa và không khí).

## Hiệu ứng Doppler

Ban đêm, những ngôi sao trang hoàng vòm trời dường như đứng im so với nhau. Tuy nhiên, tất cả đều chuyển động, tất cả đều thay đổi, tất cả đều vô thường. Người ta đã nhận thấy chuyển động của chúng nhờ một phát minh của nhà vật lý người Áo là Johann Christian Doppler (1803-1853). Năm 1842 tại Prague, ông đã phát hiện ra rằng âm thanh phát ra bởi một vật chuyển động nghe chói tai hơn khi vật tiến lại gần người quan sát, và trầm hơn khi rời xa người quan sát. Tất cả chúng ta đều có thể cảm nhận được “hiệu ứng Doppler” này khi đứng trên vỉa hè và nghe âm thanh của còi xe cứu thương: nó chói tai khi xe tiến lại gần chúng ta, và trở nên trầm hơn khi xe rời xa chúng ta.

Cũng giống như âm thanh, ánh sáng cũng chịu một hiệu ứng Doppler. Khi một vật sáng rời xa chúng ta, ánh sáng của nó trở nên “sẫm” hơn: nó bị dịch về phía đỏ và mất năng lượng, trong khi nếu vật sáng tiến lại gần chúng ta, thì ánh sáng của nó trở nên “gắt” hơn, nó bị dịch về phía xanh và có nhiều năng lượng hơn. Sự thay đổi màu sắc càng lớn hơn khi vận tốc rời xa hay tiến lại gần càng tăng.

Nếu một hôm nào đó bạn bị phạt vì lỗi vượt quá tốc độ quy định trên đường, thì bạn cần biết rằng bạn chính là nạn nhân của hiệu ứng Doppler. Để đo chính xác vận tốc của bạn, công an giao thông được trang bị một radar ở bên đường chỉ cần cho phản xạ ánh sáng radio lên phía sau xe ô tô đang chạy của bạn. Sự thay đổi “màu” hay tần số của sóng radio bị phản xạ, do chuyển động của xe bạn gây ra, cho phép xác định chính xác vận tốc xe của bạn.

Như vậy, hiệu ứng Doppler vén bức màn chuyển động của các sao và các thiên hà. Chỉ cần phân tách ánh sáng thành các thành phần màu khác nhau của chúng bằng quang phổ kế (vì ánh sáng trắng có thể được tách thành bảy màu cầu vồng bằng lăng kính) và đo sự dịch chuyển về phía đỏ hay về phía xanh của chúng.

Chẳng hạn, chính bằng cách sử dụng hiệu ứng Doppler để đo chuyển động của các thiên hà đã biết khoảng cách mà vào năm 1929 nhà vật lý người Mỹ Edwin Hubble đã có được một phát minh làm thay đổi bộ mặt vũ trụ. Ông đã nhận thấy rằng chuyển động của

các thiên hà không lộn xộn. Phần lớn trong số chúng chạy trốn ra xa Ngân Hà (ánh sáng của chúng bị đỏ đi chứ không xanh đi), và chuyển động chạy trốn này càng lớn hơn khi thiên hà càng ở xa hơn. Hệ quả quan trọng của sự tỷ lệ giữa khoảng cách và vận tốc này (mà người ta gọi là “định luật Hubble”) là mỗi thiên hà phải mất chính xác cùng một khoảng thời gian để đi từ vị trí ban đầu tới vị trí hiện nay của nó.

Hãy cho quay ngược bộ phim các sự kiện: tất cả các thiên hà đều trở lại cùng một vị trí ở cùng một thời điểm. Từ đó mà có khái niệm vụ nổ lớn, một Big Bang khởi thủy cho ra đời vũ trụ từ một trạng thái rất đặc, mà hậu quả của nó còn tiếp diễn cho tới ngày nay với chuyển động dân nở làm cho các thiên hà chạy trốn ra xa nhau.

Một ứng dụng quan trọng khác của hiệu ứng Doppler là nó cho phép đo khoảng cách của các thiên hà và nhờ đó vẽ được bản đồ vũ trụ. Nhiệm vụ này thuộc loại không hề dễ dàng chút nào, vì chúng ta nhìn vũ trụ được phóng chiếu trên bề mặt hai chiều của vòm trời như một bức tranh không lồ không có phối cảnh. Để tái lập chiều thứ ba và tìm ra độ sâu của sân khấu vũ trụ, cần phải đo khoảng cách của các thiên hà: phân tách ánh sáng của mỗi thiên hà bằng một quang phổ kế, đo sự dịch chuyển về phía đỏ của nó bằng hiệu ứng Doppler, ta sẽ suy ra vận tốc chạy trốn và sử dụng sự tỷ lệ giữa vận tốc và khoảng cách sẽ cho phép ta thu được khoảng cách.

## Hiệu ứng nhà kính 1

Một số khí của khí quyển, được gọi là “khí hiệu ứng nhà kính” - trong đó quan trọng nhất là khí cacbonic -, đã gây ra sự nóng lên toàn cầu. Sở dĩ được gọi như thế là vì chúng có tác dụng như các mặt kính của một lồng kính. Chúng cho ánh sáng nhìn thấy được của Mặt trời xuyên qua để làm nóng những thứ trên mặt đất như đồng bằng, núi non, hoa cỏ, cây cối, động vật, con người... Đến lượt mình, những thứ này lại bức xạ nhưng không dưới dạng ánh sáng nhìn

thấy được, mà dưới dạng ánh sáng hồng ngoại. Thế nhưng, cấu trúc phân tử của khí cacbonic (và các khí khác gây hiệu ứng nhà kính, như metan được phát ra bởi các vi khuẩn có trong dạ dày bò và các động vật nhai lại, hay oxit nitric), giống như cấu trúc phân tử của thủy tinh làm kính, chúng cho ánh sáng nhìn thấy được đi qua, nhưng lại ngăn một lượng lớn ánh sáng hồng ngoại không cho thoát ra. Năng lượng Mặt trời bị cầm tù vì thế làm cho Trái đất (hay lồng kính) nóng lên.

Tổng lượng khí cacbonic của khí quyển không lớn: chỉ khoảng 0,03% (thấp hơn rất nhiều so với 96,5% tổng lượng khí cacbonic trong khí quyển của Kim tinh, hành tinh có hiệu ứng nhà kính khủng khiếp, nó làm cho bề mặt của hành tinh này nóng lên gấp 4,5 lần nước sôi!). Nhưng khối lượng của khí này cũng đã lên tới 1.400 tỷ tấn...

Để đương đầu với một dân số tăng phi mã và phải nuôi ngày càng nhiều miệng ăn, con người đã không ngừng chinh phục các miền đất mới canh tác được bằng cách chặt cây, phá rừng. Làm như vậy, con người không chỉ gây ra sự tuyệt chủng của vô số loài sinh vật, làm giảm sự đa dạng sinh học (xem mục từ này) của hành tinh, mà còn làm giảm khả năng tự vệ chống lại khí cacbonic (hay dioxit cacbon) tích tụ trong khí quyển của hành tinh, loại khí gây hiệu ứng nhà kính, đe dọa sẽ làm cho Trái đất nóng lên tới mức không thể sống được. Trên thực tế, cây cối (và các loại thực vật khác) hấp thụ khí cacbonic của khí quyển Trái đất và sử dụng ánh sáng Mặt trời để chuyển hóa nó thành oxy thông qua phép thuật quang hợp. Vì vậy, rừng đóng vai trò là "lá phổi" của Trái đất - hay chính xác hơn là lá phổi "ngược" bởi vì, ngược với sự quang hợp, chúng ta hít oxy để thở ra khí cacbonic. Như vậy, rừng tạo ra sự cân bằng trong việc tiêu thụ oxy và thải ra khí cacbonic của các sinh vật khác.

Nhưng sự cân bằng này dường như đã bị phá vỡ từ khi quá trình công nghiệp hóa tăng tốc. Bằng chứng là các mẫu lấy trong lớp băng dày ở Nam Cực, vốn là ký ức thực sự của những thời xa xưa. Phân tích không khí hóa thạch bị cầm tù trong những khối băng này cho phép chúng ta lần ngược tới tận 420.000 năm trước. Nó đã tiết lộ cho chúng ta một trong những điều thuộc loại nguy hại nhất, đó là: trong khi hàm lượng khí cacbonic của khí quyển Trái đất gần như không thay đổi trong những kỷ nguyên tiền công nghiệp, thì nó đã bắt đầu tăng lên một cách đột ngột sau khoảng năm 1850, khi con

người bước vào kỷ nguyên công nghiệp. Nó đã tăng 30% từ thời kỳ này, và tiếp tục tăng khoảng 0,5% mỗi năm. Còn nguy hại hơn, các mẫu của hàng nghìn trạm khí tượng rải rác khắp hành tinh lấy trong khoảng thời gian từ 1880 đến 2000 chỉ cho chúng ta thấy rằng, về trung bình, nhiệt độ của Trái đất không ngừng tăng lên kể từ kỷ nguyên công nghiệp, chậm trong những năm đầu, rồi theo một nhịp độ tăng dần trong hai thập kỷ gần đây. Ở đây không đề cập tới các thay đổi thời tiết tự nhiên mang tính cục bộ, bộc lộ trong khoảng thời gian vài ngày hay vài tháng. Ở đây tôi cũng không nói đến những ngày nóng nực mùa hè hay băng giá mùa đông, các thời kỳ khô hạn hay lũ lụt, các trận bão dữ dội hay các trận cuồng phong tàn phá, mặc dù các sự kiện này cũng đóng một vai trò quan trọng trong đời sống hằng ngày của chúng ta. Vấn đề được quan tâm ở đây là những thay đổi khí hậu ở quy mô toàn cầu, và sự tăng nhiệt độ một cách hệ thống trên những khoảng thời gian vài chục, vài trăm, hoặc thậm chí vài nghìn năm.

Sự tăng gần như đồng thời lượng khí cacbonic của khí quyển Trái đất và nhiệt độ toàn cầu khi bắt đầu kỷ nguyên công nghiệp không thể là kết quả của sự ngẫu nhiên: chính sự gia tăng hàm lượng khí cacbonic là thủ phạm làm cho Trái đất nóng lên. Một lần nữa, các mẫu băng ở các độ sâu khổng lồ với chúng ta điều đó: sự phân tích không khí bị cầm tù trong chúng tiết lộ cho chúng ta thấy rằng, trong 160.000 năm trở lại đây, các biến thiên của nhiệt độ đã đi theo các biến thiên của khí cacbonic như hình với bóng. Hàm lượng khí cacbonic càng tăng thì Trái đất càng nóng. Hàm lượng này giảm thì nhiệt độ giảm!

Hoạt động của con người sinh ra 14 tỷ tấn cacbonic bổ sung mỗi năm, trong đó khoảng một nửa hòa vĩnh viễn vào khí quyển (một nửa khác bị hòa tan trong nước biển hoặc bị cầm tù trong cây cối và mùn). Liệu chúng ta có thể tự cho phép mình tiếp tục thái theo nhịp độ này và làm như thế không có gì xảy ra? Người ta dự báo rằng nếu chúng ta tiếp tục thực hiện chính sách đã điều và không thay đổi cách sống của chúng ta, thì nồng độ khí cacbonic hiện nay sẽ tăng lên gấp đôi trong 200 năm tới, và điều này sẽ thể hiện bằng một sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu từ 2° đến 5°C. Sờ dĩ ước lượng này không chính xác lắm, bởi vì việc tính toán nó phải tính đến các quá

trình vật lý và hóa học phức tạp gắn kết các đại dương, các lục địa, khí quyển và sinh quyển, những quá trình mà ta còn chưa được hiểu rõ lắm. Ngoài ra, còn tồn tại các bất định liên quan đến tốc độ tăng dân số và sự tiêu thụ nguyên liệu và nhiên liệu của con người. Tuy nhiên, có một thực tế chắc chắn, đó là Trái đất sẽ nóng lên.

Một vài độ tăng thêm này đối với các bạn có thể là vô nghĩa, và bạn tự nhu, với ký ức khó chịu về những cái rét cắt da cắt thịt mùa đông, thì có thêm một tí nhiệt vào tháng Mười hai sẽ chẳng có hại gì cho ai. Nhưng bạn đã nhầm! Một sự nóng lên vài độ có nguy cơ gây ra các thảm họa ở quy mô hành tinh. Nó sẽ làm tăng mực nước biển, một phần do sự giãn nở vì nhiệt của thể tích nước, một phần do sự tan băng ở hai cực. Vào năm 2100, mực nước biển sẽ tăng thêm 30 cm, gây ra các trận lụt nặng nề cho các vùng duyên hải và ảnh hưởng đến hơn một phần ba dân số sống ở ven biển. Trong Ấn Độ Dương và Thái Bình Dương, nhiều đảo sẽ bị nhấn chìm hoàn toàn, và một số đảo quốc như Maldives sẽ biến mất dưới nước. Ngay từ bây giờ, nhiều núi băng đã bắt đầu tách ra khỏi các lục địa băng ở hai địa cực. Người ta dự báo rằng sau năm 2100 toàn bộ khối lượng của Nam cực, chứa hàng trăm kilomet khối băng, có thể sẽ tách khỏi lục địa cực. Khối băng trôi khổng lồ này sẽ làm tăng mực nước biển thêm vài mét, và sẽ làm thay đổi sâu sắc bản đồ thế giới.

Khí hậu nóng sẽ trở nên cực đoan hơn. Các đợt nóng, cháy rừng, bão, hạn hán và lũ lụt sẽ nối tiếp nhau không ngừng. Các vùng có nhiệt cao sẽ xâm lấn ngày càng nhiều đất đai, đẩy lùi các vùng có nhiệt độ ôn hòa ngày càng về phía bắc. Như vậy, các khu rừng, cũng như các loài cư trú trong rừng, sẽ bị đẩy lùi về phía các vùng phía bắc. Những loài không thể nhanh chóng thích nghi sẽ tiến thẳng tới tuyệt chủng. Hàng nghìn loài, từ địa y cho tới rêu, từ hươu cho tới chim anca và gấu cực, có nguy cơ biến mất khỏi mặt đất. Sự phân bố địa lý các trận mưa cũng sẽ thay đổi, làm cho nông nghiệp trở nên bấp bênh và đe dọa các hệ thống sản xuất lương thực. Các loại bệnh tật như sốt rét, sốt vàng hay tả, vốn phát triển mạnh ở những vùng khí hậu nóng, sẽ gia tăng độ hoành hành.

Mặc dù vẫn còn một số ít các nhà khoa học không tin vào sự nóng lên của Trái đất do hoạt động của con người, nhưng các bằng chứng ngày càng nhiều, được các nhà nghiên cứu làm việc độc lập



thu thập và tất cả đều đi đến cùng kết luận đó. Bất chấp sự bóp méo thông tin của một đội ngũ lobby công nghiệp cực kỳ hùng mạnh, sự giảm thiểu thải khí cacbonic và các khí khác gây hiệu ứng nhà kính phải được nằm trong số những ưu tiên cấp bách nhất của nhân loại nếu muốn tránh các thảm họa lớn trong một tương lai gần.

## Hiệu ứng nhà kính 2

Sự sống trên Trái đất cần năng lượng để duy trì và phát triển. Năng lượng này, Mặt trời có thừa dưới dạng ánh sáng. Hào phóng cung cấp năng lượng cho chúng ta, nên ngôi sao của chúng ta là nguồn của mọi sự sống trên hành tinh xanh. Nhưng bề mặt Trái đất (hay mọi vật khác) không thể hấp thụ vô hạn ánh sáng và nhiệt của Mặt trời và ngày càng nóng lên: nếu như vậy, hành tinh của chúng ta sẽ trở nên không thể sống được. Mặt đất càng nóng lên, thì nó sẽ càng bức xạ nhiều hơn. Rốt cuộc, Trái đất sẽ bức xạ vào không gian bấy nhiêu năng lượng mà nó đã nhận được từ Mặt trời, một sự cân bằng sẽ được thiết lập.

Nếu Trái đất không có khí quyển, thì nhiệt độ cân bằng sẽ rất thấp,  $-23^{\circ}\text{C}$ , và hành tinh của chúng ta sẽ chỉ là một khối băng không thân thiện. Rất may cho chúng ta, Trái đất có một bầu khí quyển. Khí quyển này sẽ tạo ra một hiệu ứng nhà kính mang lại cho Trái đất một nhiệt độ dễ chịu hơn và thuận lợi cho sự sống hơn. Lớp kính của một nhà kính để cho ánh sáng nhìn thấy được của Mặt trời đi qua, sưởi ấm cây cối. Thế nhưng, khi mọi vật nóng lên đến một nhiệt độ lớn hơn  $0^{\circ}$  tuyệt đối ( $0$  độ Kelvin hay  $-273^{\circ}\text{C}$ ), thì dù đó là cơ thể bạn, hay cuốn sách mà bạn đang cầm trên tay, cũng như tất cả các vật xung quanh bạn đều bức xạ năng lượng. Sự phát và năng lượng của bức xạ càng lớn hơn khi nhiệt độ của vật bức xạ càng cao. Một vật có nhiệt độ vài chục độ C bức xạ chủ yếu là ánh sáng hồng ngoại; vật có nhiệt độ vài nghìn độ C (như bề mặt Mặt trời) bức xạ chủ yếu là ánh sáng nhìn thấy được; vật có nhiệt độ vài chục nghìn độ C (như

bề mặt của một ngôi sao nặng) bức xạ chủ yếu là ánh sáng cực tím. Cây cối bị Mặt trời làm cho nóng lên vài chục độ C như vậy phát ra các sóng hồng ngoại. Nhưng nếu kính của nhà kính là trong suốt đối với ánh sáng nhìn thấy được, thì chúng lại ngăn không cho ánh sáng hồng ngoại đi qua. Nhiệt Mặt trời vì thế bị cầm tù, điều này làm cho phần bên trong nhà kính nóng hơn bên ngoài, cho phép hoa quả, rau có hưởng một nhiệt độ ôn hòa, ngay cả trong những ngày đông giá nhất. Tương tự như vậy, khí quyển Trái đất chứa các khí gọi là khí gây "hiệu ứng nhà kính". Cấu trúc phân tử của các khí này làm cho chúng, giống như kính của nhà kính, cho ánh sáng nhìn thấy được đi qua, nhưng hấp thụ một phần lớn ánh sáng hồng ngoại. Nhiều nhất trong các khí này là khí cacbonic (hay điôxit cacbon), hơi nước và mêtan (sinh bởi sự lên men trong dạ dày bò và động vật nhai lại).

Khí quyển Trái đất tạo ra hiệu ứng nhà kính cực kỳ có lợi, nó làm nóng hành tinh của chúng ta lên khoảng  $40^{\circ}\text{C}$ , cho phép sự sống phát triển. Thay vì một nhiệt độ băng giá  $-23^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ trung bình trên Trái đất là  $17^{\circ}\text{C}$ , một nhiệt độ rất dễ chịu và ôn hòa. Điều này khiến cho thay vì bị bao phủ bởi một lớp băng vô sinh, Trái đất được bao bọc bởi ba phần tư là nước lỏng, làm cho nó có cái tên xinh đẹp là "hành tinh xanh". Thay vì các khung cảnh sa mạc và băng giá trải hút tầm mắt, thì trước mắt chúng ta giờ đây là các trảng cỏ, những khu rừng bạt ngàn và những cánh đồng hoa.

Như vậy, hiệu ứng nhà kính mà khí quyển tạo ra đóng một vai trò có lợi nhất định đối với hành tinh của chúng ta. Nhưng giống như có một cholesterol tốt và một cholesterol xấu, thì hiệu ứng nhà kính cũng có cái có lợi và cái có hại. Điều có lợi ở các liều lượng nhỏ có thể trở thành chết người ở các liều lượng cao. Con người phải chú ý để không làm đảo lộn sự cân bằng mà hệ sinh thái của chúng ta đã biết bao kiên nhẫn thiết lập sau hàng tỷ năm, gây ra một sự tăng mạnh đột ngột hiệu ứng nhà kính này. Nồng độ của khí chủ yếu gây hiệu ứng nhà kính trong khí quyển Trái đất, tức khí cacbonic, hiện nay là rất thấp, cỡ 0,03%. Nhưng một sự tăng nồng độ của khí này có thể có các hậu quả thảm họa đối với sự cân bằng sinh thái của hành tinh chúng ta và làm cho nó trở nên không thể sống được nữa. Các mẫu đá lấy ở Nam Cực, ký ức thực sự của những thời xa xưa, nói cho chúng ta biết rằng trong khi nồng độ khí cacbonic trong khí quyển Trái đất

là gần như ổn định trong các thời kỳ tiền công nghiệp, thì nó đã tăng đột ngột vào năm 1850, khi kỷ nguyên công nghiệp bắt đầu. Kể từ đó, nó đã tăng 30% và tiếp tục tăng khoảng 0,5% mỗi năm. Nồng độ khí cacbonic chưa bao giờ cao đến thế từ 420.000 năm nay. Sự tăng này chắc chắn là do hoạt động khinh suất của con người đang liên tục đốt ngày càng nhiều hơn dầu mỏ và than đá để chạy ngày càng nhiều hơn ô tô và chế tạo ngày càng nhiều hơn các sản phẩm trong các nhà máy của mình.

Đồng thời, các mẫu khí tượng học nói với chúng ta rằng nhiệt độ trung bình của Trái đất đã không ngừng tăng lên từ kỷ nguyên công nghiệp, chậm trong một trăm năm đầu, nhưng rồi sau đó nhịp độ tăng mạnh hơn. Sự tăng gần như đồng thời nồng độ khí cacbonic trong khí quyển và nhiệt độ toàn cầu không thể là ngẫu nhiên. Trên thực tế, chính sự tăng nồng độ khí cacbonic đã gây nên sự nóng lên toàn cầu: các kết quả đo cho thấy rằng các biến thiên nhiệt độ đi theo các biến thiên của khí này như hình với bóng. Trong thế kỷ vừa qua, Trái đất đã nóng lên khoảng 0,6 độ; nếu con người tiếp tục thực hiện chính sách đã điều, không muốn thay đổi gì trong cách sống và tiếp tục thải hàng tấn khí cacbonic vào khí quyển của hành tinh, thì người ta dự báo trong 200 năm tới nhiệt độ trung bình toàn cầu sẽ tăng từ 2 đến 5°C. Vài độ tăng thêm này là đủ để kéo theo sự tăng mực nước biển và làm tan các băng ở các cực, gây ra lụt lội kinh hoàng ở các vùng duyên hải và nhấn chìm nhiều hòn đảo (chẳng hạn, Maldives sẽ biến mất dưới nước biển). Khí hậu nóng sẽ trở nên cực hạn: các đợt nóng (nóng hơn cả đợt nóng từng làm chết hàng chục nghìn người cao tuổi vào mùa hè năm 2003 tại Pháp), nạn cháy rừng, hạn hán, lụt lội, bão tố (như Katrina tàn phá New Orlean năm 2005) sẽ trở nên thường xuyên hơn và dữ dội hơn, và sẽ nối tiếp nhau không dứt. Nhiệt độ ở các lục địa sẽ nóng hơn ở các vùng duyên hải hoặc trên biển, và sự nóng lên sẽ trở nên rõ rệt hơn ở các vùng cao. Trong khi các thời kỳ hạn hán chưa từng có sẽ hoành hành trên các vùng như Lưu vực Địa Trung Hải hay Nam Phi, các vùng khác như Ấn Độ hay Indonesia, sẽ phải hứng chịu những trận mưa như trút và lụt lội tàn phá. Độ ẩm cực cao trong các vùng này sẽ thúc đẩy các đàn muỗi phát triển, tác nhân truyền bệnh. Sốt rét, sốt dengue và các loại sốt xuất huyết sẽ lan nhiễm đến một bộ phận lớn dân chúng.

Hiệu ứng nhà kính có thể trở nên gay gắt và sẽ biến Trái đất thành một lò lửa thực sự. Chúng ta đã có nhãn tiền một minh chứng về quá trình này trên hành tinh hàng xóm Kim tinh (xem mục từ này): nồng độ khí cacbonic trong khí quyển Kim tinh lên tới 96,5%, gây ra một hiệu ứng nhà kính khủng khiếp trên hành tinh này. Nhiệt độ trung bình trên bề mặt của nó là  $457^{\circ}\text{C}$ , tức là hơn 4,5 lần nhiệt độ nước sôi! Chỉ mang lên trên đó sẽ tan chảy trong nháy mắt. Ngay cả nếu nồng độ khí cacbonic của khí quyển Trái đất không có nguy cơ đạt đến nồng độ như trong khí quyển Kim tinh, thì con người liệu sẽ có đủ thông thái để giúp hành tinh tránh được các thảm họa được báo trước này không?

## Hình học của vũ trụ

Hình học của vũ trụ được quyết định bởi độ cong của nó, độ cong này có thể dương, âm, hoặc bằng không. Nếu chúng ta biểu diễn không gian ba chiều bằng các mặt phẳng hai chiều, thì một vũ trụ có độ cong dương sẽ có hình học của bề mặt quả bóng, còn vũ trụ có độ cong âm sẽ có hình học của bề mặt cái yên ngựa, còn vũ trụ có độ cong bằng không sẽ có hình học là một mặt phẳng. Thuyết Tương đối nói với chúng ta rằng vật chất và năng lượng uốn cong không gian và rằng hình dạng của vũ trụ này phụ thuộc vào tổng lượng vật chất và năng lượng của nó. Nếu mật độ của vật chất và năng lượng lớn, thì vũ trụ sẽ cuộn lại theo cách giống như bề mặt của một hình cầu. Nếu mật độ của vật chất và năng lượng nhỏ, vũ trụ sẽ loe ra giống bề mặt cái yên ngựa. Và nếu vũ trụ có mật độ đúng bằng cái gọi là “mật độ tới hạn”, thì vũ trụ sẽ không cong dương cũng không cong âm, mà sẽ là phẳng.

Mật độ tới hạn này rất nhỏ. Nó còn nhỏ hơn mật độ của nước hàng trăm tỷ tỷ tỷ lần. Nhưng do thể tích vô cùng lớn của vũ trụ, mà một nhúm nhỏ vật chất và năng lượng trong met khối cũng đủ để nhào nặn nên khung cảnh và quyết định hình học và số phận của nó.

Hình học của vũ trụ có thể còn được hiển thị bằng thí nghiệm tưởng tượng sau. Hãy giả định rằng chúng ta có một bóng đèn điện có công suất vô hạn và rằng chúng ta thắp sáng đêm tối bằng chùm ánh sáng của nó. Trong một vũ trụ có độ cong dương, chúng ta sẽ thấy chùm ánh sáng quay trở lại chúng ta từ hướng ngược lại sau khi đã thực hiện trọn một vòng quay quanh vũ trụ, tựa như Phileas Fogg trở lại điểm ban đầu của nó sau khi đã đi vòng quanh Trái đất trong tám mươi ngày. Vũ trụ này được gọi là vũ trụ hữu hạn hay “vũ trụ đóng”. Nhưng điều này không nhất thiết có nghĩa là nó có các giới hạn. Bề mặt của Trái đất là hữu hạn, ấy vậy mà bạn có thể đi vòng quanh Trái đất bao nhiêu lần tùy thích mà không gặp giới hạn nào! Trong một vũ trụ có độ cong âm, chùm ánh sáng sẽ mất hút vào vô cùng. Vũ trụ này được gọi là vũ trụ vô hạn hay “vũ trụ mở”. Trong một vũ trụ phẳng, trung gian giữa một vũ trụ đóng và một vũ trụ mở, chùm ánh sáng cũng sẽ mất hút vào vô tận.

Trước khi phát hiện ra năng lượng tối (*xem mục từ này*), người ta nghĩ rằng vũ trụ chỉ chứa vật chất và ánh sáng, và rằng tương lai của nó được quyết định chỉ bởi hình học của không gian: vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi nếu nó có hình học loe như bề mặt cái yên ngựa (vì cần có các hình ảnh tương tự, chúng ta rút ba chiều không gian của vũ trụ còn hai chiều). Vũ trụ sẽ đạt đến một bán kính tối đa và co sập lại trong một vụ co lớn nếu như nó có hình học của một mặt cầu. Và nó sẽ có một số phận trung gian nếu hình học của nó là phẳng.

Nhưng, với sự đưa vào một năng lượng tối, mọi chuyện đều trở nên có thể. Số phận của vũ trụ không còn được quyết định chỉ bởi hình học không gian. Một vũ trụ phẳng chứa một hằng số vũ trụ (*xem mục từ này*) sẽ giãn nở mãi mãi ngày càng tăng tốc. Sẽ có ngày càng nhiều các khoảng trống rộng giữa các thiên hà. Trong vài chục tỷ năm tới, Ngân Hà sẽ chỉ là một hòn đảo nhỏ mất hút trong mênh mông vũ trụ. Phần lớn các thiên hà khác sẽ ở xa tới mức chúng ta không còn nhìn thấy được nữa. Khung cảnh vũ trụ sẽ hoang vu và buồn tẻ. Ngược lại, tương lai sẽ khác đáng kể nếu chất thứ năm (*xem mục từ này*) là thủ phạm gây ra sự tăng tốc của vũ trụ. Sự rời xa nhau của các thiên hà sẽ chậm mục hơn và, một ngày nào đó trong tương lai, sự tăng tốc sẽ dừng lại. Trong một vũ trụ như thế, bầu trời sẽ có nhiều

thiên hà hơn, và khung cảnh vũ trụ sẽ bớt buồn tẻ hơn đối với con cháu chút chút chúng ta.

Vậy, khung cảnh tương lai của vũ trụ sẽ là trông rỗng và hoang vu, hay ngược lại chứa đầy các thiên hà? Vệ tinh *SNAP*, với hy vọng sẽ quan sát được hàng nghìn sao siêu mới loại Ia (xem mục từ này) phân bố trong thời gian và không gian, và cho phép nghiên cứu chính xác hơn sự tăng tốc của vũ trụ, mang đến hứa hẹn sẽ giải quyết dứt điểm giữa hai khả năng này.

## Hỏa tinh

Hỏa tinh là hành tinh thứ tư tính từ Mặt trời. Nó được gọi theo tên của thần Chiến tranh trong thần thoại La Mã do màu đỏ của nó gợi đến máu. Nó có màu đỏ vì cùng lý do như với máu: khi sắt có trong hồng cầu kết hợp với oxy, thì nó trở nên đỏ. Tương tự, trên đất Hỏa tinh, sắt và oxy kết hợp với nhau để tạo thành oxit sắt, thường được gọi là “rỉ sắt”.

Hỏa tinh là một trường hợp trung gian giữa Thủy tinh và Trái đất: nó có khối lượng và bán kính lớn hơn Thủy tinh lần lượt 2 lần và 1,4 lần, nhưng chỉ bằng một phần chín khối lượng và một nửa bán kính của Trái đất. Vì thế người ta chờ đợi rằng Hỏa tinh mất chậm hơn Thủy tinh nhiệt lượng khởi thủy đến từ sự bắn phá của các tiểu hành tinh, rằng đã có hiện tượng núi lửa trong quá khứ của nó, nhưng nó mất nhiệt lượng này nhanh hơn so với Trái đất và Kim tinh, và như vậy không có các mảng kiến tạo trên bề mặt của nó.

Rất nhiều con tàu thăm dò - trong số đó phải kể đến *Mariner* cuối những năm 1960, *Viking* trong những năm 1970, *Mars Global Surveyor* năm 2000 - đã từng đến thăm hành tinh đỏ và đã chụp ảnh nó dưới mọi góc độ (*Global Surveyor* với độ chính xác đến vài mét) đã tiết lộ cho chúng ta một khung cảnh thuộc loại quyến rũ nhất. Chắc chắn là Hỏa tinh đã có hoạt động núi lửa mạnh trong quá khứ. Bán cầu Bắc của nó cho thấy các đồng bằng dung nham hóa rắn trải hút tầm mắt.

Chỉ một vài miệng hố hình phễu tạo nên do va chạm thì thoáng phá vỡ sự đơn điệu này. Một hẻm vực khổng lồ rộng bằng cả nước Mỹ có tên là Valles Marineris (thung lũng Mariner), chạy dọc xích đạo của Hỏa tinh trên khoảng cách 4.000 km, tức một phần năm chu vi của hành tinh này. Hẻm này lớn tới mức có thể nhìn thấy được từ Trái đất. So với nó, Hẻm Vực Lớn ở Colorado, bang Arizona, chỉ là một cái rãnh nhỏ! Khác với Hẻm Vực Lớn, Valles Marineris không phải bị đào bởi một con suối, mà gồm một mạng lưới các vết nứt trong vỏ của Hỏa tinh, khi vòm hành tinh này được nâng lên.

Bán cầu Nam lại trình hiện một khung cảnh hoàn toàn khác: các vùng đất cao nhiều kilomet so với các vùng đồng bằng dung nham của bán cầu Bắc, và lỗ chỗ những miệng núi lửa. Tại đây hoàn toàn không có đồng bằng dung nham. Người ta cho rằng các vùng đất phía Bắc trẻ hơn khoảng một tỷ năm so với các vùng phía Nam, có tuổi khoảng ba tỷ năm. Trong một tỷ năm này, dung nham phun trào từ núi lửa đã bao phủ các miệng hình phễu ở phía Bắc.

Tại sao khung cảnh của bán cầu Bắc và Nam lại khác nhau đến như vậy? Điều này vẫn còn là một bí ẩn. Bán cầu Bắc rải rác hàng trăm núi lửa. Hỏa tinh chứa những núi lửa thậm chí là lớn nhất đã biết của Hệ Mặt trời. Những núi lửa này thường nằm gần vòm xích đạo. Để giải phóng nhiệt từ ngọn lửa bên trong lòng nó và tự do biểu lộ tính khí của mình, Hỏa tinh đã chơi ván bài vĩ cuồng. Về việc này nó được hai nhân tố giúp đỡ.

Đầu tiên là lực hấp dẫn yếu của nó. Nếu bạn lên Hỏa tinh, trên đó bạn sẽ cân nặng chỉ bằng một phần ba trọng lượng của bạn trên Trái đất. Khi dung nham phun trào và tràn ra để tạo thành một núi lửa, độ cao của núi lửa cuối cùng phụ thuộc vào khả năng chịu đựng sức nặng của nó. Một núi quá cao và nhu vậy quá nặng sẽ phải giảm độ cao và trải rộng ở chân đồng thời cắm sâu vào lòng đất. Lực hấp dẫn càng yếu, thì trọng lượng càng nhỏ, và núi sẽ càng cao. Không hề ngẫu nhiên khi mà độ cao của các cấu trúc cao nhất của núi lửa trên Kim tinh (Maxwell Mons) và trên Trái đất lại tương tự nhau, đều khoảng 10 km trên chân của nó vì thực tế hai hành tinh này gần như có cùng lực hấp dẫn. Ngược lại, trên Mộc tinh, với một lực hấp dẫn chỉ bằng 38% lực hấp dẫn của Trái đất, các núi lửa cao nhất có thể vươn lên bầu trời cao gấp hai lần rưỡi.

Một nhân tố khác cũng quan trọng đối với việc giải thích độ cao của các núi lửa trên Hỏa tinh là không có chuyển động của các mảng kiến tạo bên trên nguồn magma; dung nham tới từ sâu trong lòng Hỏa tinh đã có thời gian để tuôn trào tại cùng một chỗ trong hàng trăm triệu năm, thậm chí hàng tỷ năm, làm tăng dần khối núi lửa.

Núi lửa Hỏa tinh lớn nhất là Olympus Mons. Miệng của nó có đường kính khoảng 80 km. Chân nó trải dài khoảng 700 km và đứng sừng sững trên đồng bằng của Hỏa tinh với độ cao 25.000 m của nó, tức cao hơn đỉnh Everest khoảng ba lần. Đứng bên cạnh nó, thì núi lửa Mauna Loa, trên đảo Hawaii, chỉ như một chú lùn có đường kính 120 km và chỉ cao 9.000 m trên mặt biển Thái Bình Dương. Ba núi lửa cao khác của Hỏa tinh có độ cao 18.000 m. Tương tự như trên Kim tinh, các núi lửa này không gắn với chuyển động của các mảng kiến tạo, như trên Trái đất. Trên Hỏa tinh không có các mảng kiến tạo.

Hành tinh đo ngày nay liệu có còn núi lửa hoạt động? Không một ai từng nhìn thấy núi lửa phun trào trên đó cả. Nhưng số lượng tương đối ít của các hố hình phễu tạo thành do các va chạm trên sườn của một số núi lửa gợi ý rằng một số vùng đất đã được hình thành khá gần đây, khoảng 100 triệu năm. Liệu các phun trào núi lửa trên Hỏa tinh có xảy ra một cách ngắt quãng, ngăn cách nhau những thời kỳ ngủ kéo dài hàng triệu, thậm chí hàng trăm triệu năm?

### ***Sự sống trên Hỏa tinh***

Liên quan đến sự sống ngoài Trái đất, Hỏa tinh đã luôn gây được sự hấp dẫn sâu sắc đối với trí tưởng tượng của con người. Người ta đã tạo ra cả cái tên “người Hỏa tinh” để gọi những người xanh nhỏ bé trong các huyền tưởng của mình. Truyền thuyết về người Hỏa tinh này bắt đầu từ nhà thiên văn Italia Giovanni Schiaparelli, người đã miêu tả, vào năm 1877, một mạng lưới các cấu trúc thẳng trên bề mặt Hỏa tinh, mà ông gọi là các *kênh đào*. Chỉ cần thêm một bước nữa là có thể kết luận rằng mạng lưới các kênh đào này đã được xây dựng bởi một nền văn minh tiên tiến. Từ đó, trí tưởng tượng phong phú của con người không còn biết đến giới hạn nữa. Vào cuối thế kỷ XIX, Pervival Lowell người Mỹ (1855-1916), một doanh nhân giàu có ở bang Boston đã từ bỏ công nghiệp dệt may để chuyển sang thiên văn



học, ông đã đưa ra ý tưởng cho rằng Hòa tinh bị hạn hán và những người trên Hòa tinh đã xây dựng các kênh đào để vận chuyển nước từ các vùng cực đến các vùng sa mạc khô cằn ở xích đạo. Rồi các bản đồ Hòa tinh đã xuất hiện, chỉ ra các kênh đào đã nối các ốc đảo và hồ trong các vùng sa mạc này với nhau như thế nào. Một số người khác diễn giải sự biến thiên theo mùa của màu trên bề mặt của Hòa tinh nhu là những thay đổi của hệ thực vật. Một số khác còn nghĩ rằng những người Hòa tinh đã có tham vọng chinh phục các hành tinh và một ngày nào đó họ sẽ đến chinh phục hành tinh của chúng ta. Trong những năm 1940, đạo diễn trẻ Orson Welles (1915-1985) đã làm cho người dân bang New Jersey hoảng hốt trong một chương trình phát thanh làm quá thực dựng theo cuốn tiểu thuyết khoa học viễn tưởng *Chiến tranh giữa các thế giới*, của tiểu thuyết gia H. G. Wells (1866-1946), có chủ đề là người Hòa tinh chinh phục Trái đất. Các huyền tưởng này đã chính thức bị xua tan nhờ các hình ảnh về bề mặt của Hòa tinh được tàu thám dò *Mariner* truyền về vào cuối những năm 1960. Những bức ảnh này cho thấy rõ ràng rằng mạng lưới các kênh đào chỉ là ảo ảnh thuần túy, rằng các màu biến thiên theo mùa là do các cơn bão bụi khổng lồ thỉnh thoảng lại nổi ra trên Hòa tinh, và không có nền văn minh tiên tiến nào trên hành tinh đó cả.

Nhưng nếu như một dạng sự sống cao cấp không tồn tại trên Hòa tinh, thì liệu có thể có một dạng sự sống sơ đẳng hơn - như các vi sinh vật chẳng hạn - đã từng phát triển ở đó trong quá khứ hay không? Về một số mặt nào đó Hòa tinh cũng có khả năng đón nhận sự sống như Trái đất. Ngày của Hòa tinh (24,6 giờ) gần giống ngày trên Trái đất (mặc dù năm của nó là 687 ngày, gần gấp đôi năm của chúng ta). Trục quay của Hòa tinh nghiêng  $24^\circ$  đối với đường vuông góc của mặt phẳng hoàng đạo (Trái đất nghiêng  $23,5^\circ$ ), điều này làm cho vòng quay các mùa cũng tồn tại trên đó. Nhưng Hòa tinh tỏ ra không thân thiện ở nhiều khía cạnh khác. Nhiệt độ trung bình ở đó thấp hơn nhiều ( $-63^\circ\text{C}$ ), và khí quyển của nó mỏng hơn cấu thành từ khí cacbonic, với chỉ một chút hơi nước (0,03%). Nhân tố chính khiến người ta nghĩ rằng Hòa tinh có thể đón nhận sự sống dưới dạng vi sinh vật là sự hiện diện của nước chảy thành dòng trên bề mặt của nó trong quá khứ. Thực tế, nước lỏng là thiết yếu cho tất cả các dạng sự sống mà chúng ta biết. Trên Trái đất, nơi đâu xuất hiện sự sống, nơi

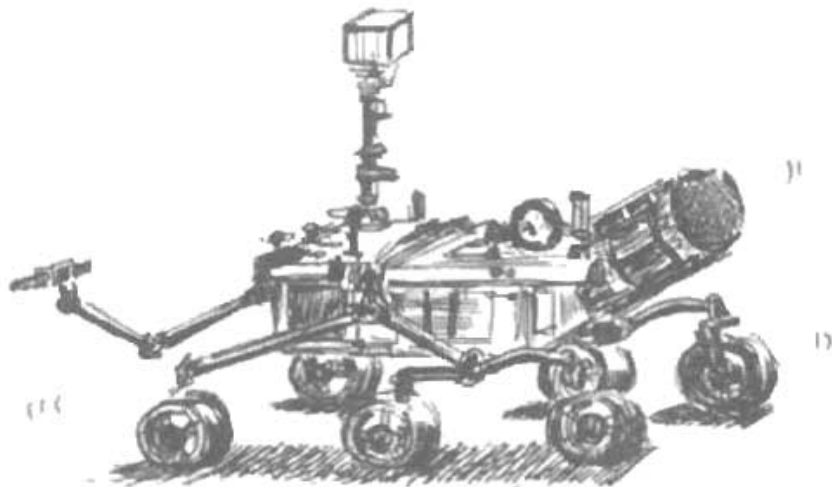
đó chúng ta đều thấy có ba yếu tố quyết định: chất hữu cơ + nguồn năng lượng + nước ở trạng thái lỏng.

Nhưng điều gì đã khiến chúng ta tin rằng nước lỏng từng chảy thành dòng trên bề mặt Hỏa tinh? Những hình ảnh mà các con tàu thăm dò không gian *Mariner* cuối những năm 1960 thu được đã tiết lộ cho chúng ta thấy rằng, trong những vùng đất cao ở bán cầu Nam, các mạng lưới khổng lồ kênh rạch với rất nhiều những phân nhánh uốn lượn ngoằn ngoèo nối với nhau để tạo thành các con kênh còn rộng lớn hơn nữa, gợi cho ta nhớ đến các lòng sông và suối khô cạn. Các con kênh này dường như nói về một thời đã xa, cách đây 4 tỷ năm, khi khí quyển Hỏa tinh dày hơn và nhiệt độ cao hơn, cho phép hơi nước, vốn dồi dào hơn trong khí quyển, ngưng tụ thành nước lỏng, và thành mưa trút xuống bề mặt của Hỏa tinh. Các lòng sông cạn kiệt gợi cho chúng ta nhớ lại một thời kỳ huy hoàng khi các suối vận chuyển nước mưa từ các vùng đất cao về phía đồng bằng. Một khi hậu nóng hơn và sự hình thành các dòng nước và ao hồ được mưa cung cấp nước trong những thời kỳ dài đã có thể là những chất xúc tác cho sự sống.

Nhiều bức ảnh khác cho thấy tàn tích của các trận lụt kinh hoàng trên Hỏa tinh, cuốn đi những lượng nước khổng lồ, gấp hàng trăm lần lưu lượng 100.000 tấn nước mà sông Amazone, dòng sông lớn nhất trên Trái đất, tải đi mỗi giây. Con tàu thăm dò *Mars Global Surveyor* đã tiết lộ vào năm 2000 các hình ảnh còn đáng ngạc nhiên hơn, gợi ý về sự hiện diện của một chất lỏng rỉ ra từ bề mặt Hỏa tinh trong một quá khứ rất gần, có thể là 1 triệu năm. Một số hình ảnh khác cho thấy các miệng núi lửa Hỏa tinh mà các thành của chúng có rất nhiều khe, rất có thể là kết quả bào mòn của nước chảy lẫn trong đất, đá và băng. Điều ngạc nhiên hơn nữa là người ta đã phát hiện ra trong hẻm vực Valles Marineris một số lớn các tầng sáng xen kẽ với các lớp tối trong lớp vỏ trên. Người ta cho rằng các tầng này, sâu vài kilomet, là các lớp trầm tích đến từ thời kỳ Hỏa tinh chứa đầy hồ trên bề mặt của nó.

Nếu như nước đã từng xuất hiện trên Hỏa tinh, thì chúng đã biến đâu mất rồi? Không một ai còn nhìn thấy nước chảy trên hành tinh này và lượng hơi nước trong bầu khí quyển mỏng của nó là hoàn toàn không đáng kể. Có thể phần lớn nằm dưới dạng băng, lẫn trong

đá, ngay dưới bề mặt, ở độ sâu vài trăm met chẳng? Có hai dấu hiệu nói với chúng ta điều đó. Trước hết, môi trường của các miệng hố tạo thành do va chạm trên Hỏa tinh hiện một dáng vẻ hoàn toàn khác với các miệng hố trên Mặt trăng, chẳng hạn. Các miệng hố trên Hỏa tinh cho cảm giác rõ ràng rằng một chất lỏng đã được phun ra từ vụ va chạm, chứ không phải các mảnh đá vỡ như trên Mặt trăng. Mặt khác, các khe nước trên các thành hẻm và miệng núi lửa Hỏa tinh cũng gợi ý rằng nước đã rỉ ra từ bên trong hành tinh. Một phần nhỏ của nước ngày xưa chắc cũng phải tích tụ dưới dạng băng trong các chòm cực - giống như trên Trái đất, các vùng cực là rất khác nhau: phần vĩnh cửu của chòm Bắc (có một phần nhỏ thay đổi, kích thước của nó tăng lên vào mùa đông và giảm xuống vào mùa hè tùy theo sự ngưng tụ và bay hơi của khí cacbonic cấu thành nó) có đường kính 1.200 km, là lớn gấp ba lần chòm vĩnh cửu ở cực Nam và được tạo thành chủ yếu từ nước đá và bụi. Trong khi ở chòm Nam, lạnh hơn, được cấu thành từ băng cacbonic, thì chòm Bắc là một kho nước lớn; người ta ước lượng rằng nếu toàn bộ băng có trên bề mặt và trong các chòm cực mà tan thì toàn bộ diện tích của Hỏa tinh có thể chìm dưới một đại dương sâu vài met.



*Robot trên Hỏa tinh*

Nhưng tại sao nước lại rút khỏi bề mặt Hỏa tinh? Các nhà thiên văn đưa ra giả thuyết rằng cách đây khoảng 4 tỷ năm, Hỏa tinh có một khí quyển dày và một bầu trời xanh, thỉnh thoảng có các cơn dông và mưa to, như trên Trái đất. Do hiệu ứng nhà kính, khí cacbonic có

trong khí quyển đã duy trì một nhiệt độ dễ chịu, trên  $0^{\circ}$ . Nước lỏng đã chảy thành dòng. Thế rồi các điều kiện khí hậu đã bắt đầu thay đổi, khí cacbonic có trong khí quyển bị hòa tan sau vài trăm triệu năm trong các suối và hồ. Vì không còn hiệu ứng nhà kính của khí cacbonic nữa, nhiệt độ đã hạ xuống. Nước của các sông, suối và hồ đã bị đóng băng và cố định ở các độ sâu hoặc bị ngưng tụ ở các cực, để lại các dòng suối khô cạn. Như vậy, Hỏa tinh đã chìm vào trong một giấc ngủ băng giá kéo dài một tỷ năm, trước khi bị các phun trào núi lửa đánh thức. Nhiệt của các núi lửa đã làm tan băng, gây ra các trận lụt lội kinh hoàng. Rồi sau đó núi lửa tắt, bề mặt của Hỏa tinh trở lại bộ dạng khô cằn, và Hỏa tinh một lần nữa lại chìm vào giấc ngủ băng giá. Kể từ đó, nhiệt độ của Hỏa tinh chắc là phải tăng lên, và hành tinh đã có nước rỉ ra từ bên trong ở thời kỳ cách đây khoảng 1 triệu năm thôi, nếu dựa vào tuổi của các khe trên thành của các miệng hố và của các hẻm vực của nó.

Không chỉ nước dòng, các nhà thiên văn cũng không thấy các vi sinh vật sống trên Hỏa tinh. Nhưng cuộc tìm kiếm sự sống trên hành tinh này vẫn mới chỉ là những bước chập chững đầu tiên. Các con tàu thăm dò *Viking* đáp xuống mặt đất Hỏa tinh năm 1976 đã phân tích đất này ở hai địa điểm, để tìm sự hiện diện của các vi khuẩn. Các kết quả cho thấy không có sự sống ở đó. Nhưng có thể sự sống đã tồn tại trong quá khứ và nay không còn tồn tại nữa, vì không sống sót nổi qua thời kỳ băng giá mà Hỏa tinh đang trải qua hiện nay. Trong trường hợp này, tốt nhất là tìm kiếm các hóa thạch của sự sống trong quá khứ, hơn là đi tìm các vi sinh vật sống, như *Viking* đã làm. Năm 1996, các nhà khoa học đã ồn ào thông báo rằng, trong một thiên thạch được bắn ra từ Hỏa tinh cách đây 16 triệu năm trong một vụ va chạm với tiểu hành tinh và rơi xuống Nam Cực cách đây 13.000 năm, họ đã phát hiện thấy hóa thạch của các vi sinh vật từng sống cách đây vài tỷ năm trên Hỏa tinh. Nhưng các kết luận của họ đã gây nhiều tranh cãi. Tuy nhiên, ngay cả nếu tính xác thực của các hóa thạch Hỏa tinh này bị nghi ngờ đi nữa, thì một số người vẫn nhất trí cho rằng thiên thạch này là bằng chứng cho sự hiện diện của các phân tử hữu cơ trên bề mặt Hỏa tinh hoặc trong lòng nó. NASA đã phát triển các chương trình để trong những năm tới sẽ phóng các robot đi khắp một phần lớn bề mặt của Hỏa tinh và khám phá băng dưới lớp đất bề mặt

và trong các chòm cực. Tàu thăm dò gần đây nhất được phóng đi là *Phoenix* đã đáp xuống chòm cực Bắc năm 2008. Liệu nó có thể tìm ra dấu vết của sự sống hay không?

Dù thế nào chăng nữa thì sự phát hiện ra các vi sinh vật trên Hỏa tinh cũng sẽ cho phép trả lời với độ chính xác cao hơn một số câu hỏi liên quan đến sự sống trên Trái đất. Nếu sự sống của một sinh vật trên Hỏa tinh cũng dựa trên các phân tử ADN, nếu các phân tử này cũng có cùng mã di truyền và nếu quá trình chuyển hóa của chúng là như nhau, như chúng ta biết đã tồn tại các quá trình làm phong phú lẫn nhau của các hành tinh nhờ thiên thạch (xem: *Thuyết Tha sinh*), thì xác suất để sự sống trên Trái đất và trên Hỏa tinh có một nguồn gốc chung sẽ là rất lớn. Ngược lại, nếu các vi sinh vật này có một sinh hóa hay một mã di truyền khác, thì điều đó có nghĩa là chúng có một nguồn gốc hoàn toàn độc lập. Khi đó chúng ta sẽ biết rằng sự xuất hiện của sự sống không phải là một sự kiện duy nhất, rằng nó có thể đã được sinh ra vô số lần trên vô số các hành tinh khác chuyển động quanh vô số các ngôi sao khác bên trong vô số các thiên hà. Ngược lại với điều nhà sinh học người Pháp Jacques Monod (1910-1976) nghĩ, vũ trụ quả thực đã “thai nghén sự sống”.

*Xem thêm: Sự sống ngoài Trái đất.*

## Hoàng đạo

Nhìn từ Trái đất, Mặt trời vạch trong năm một vòng tròn lớn trên vòm trời mà người ta gọi là “hoàng đạo”<sup>\*</sup>. Hoàng đạo cũng chỉ mặt phẳng mà trong đó tất cả các hành tinh chuyển động theo vòng

---

<sup>\*</sup> Và lại chính chuyển động này của Mặt trời cho chúng ta cảm giác nhầm lẫn rằng chúng ta là trung tâm của thế giới và Trái đất là trung tâm của Hệ Mặt trời. Cho tới năm 1543, trước khi Copernicus (xem *nội từ này*) đẩy Trái đất ra khỏi vị trí trung tâm để nhường chỗ cho Mặt trời, thì vũ trụ địa tâm vẫn thẳng thẽ.

quay uy nghi của chúng xung quanh Mặt trời của chúng ta. Mặt trăng thực hiện chuyển chu du hằng tháng của nó xung quanh hành tinh của chúng ta trong một mặt phẳng cũng rất gần với mặt phẳng hoàng đạo, vì chỉ nghiêng  $5^\circ$  so với mặt phẳng này. Từ hoàng đạo (*eliptique*), mặt khác, cũng thuộc họ từ thiên thực (*eclipse*): khi Mặt trăng đi qua mặt phẳng hoàng đạo và khi nó thẳng hàng với Trái đất và Mặt trời, thì sẽ xảy ra nhật thực hoặc nguyệt thực.



Người Cổ đại, bắt đầu từ thế kỷ V tCN, theo truyền thống đã chia hoàng đạo thành 12 cung (mỗi cung ứng với một tháng của năm), ứng với các chòm sao (*xem mục từ này*) mà Mặt trời gặp kế tiếp nhau trong chuyển chu du hằng năm của nó trên vòm trời. Các cung này là: Bạch Dương (nơi Mặt trời đi vào ngày xuân phân, 21.03), Kim Ngưu, Song Tử, Cự Giải (nơi Mặt trời đi vào ngày hạ chí, 21.06), Sư Tử, Thất Nữ, Thiên Bình (nơi Mặt trời đi vào ngày thu phân, 21.09), Thiên Yết, Nhân Mã, Ma Kết (nơi Mặt trời đi vào ngày đông chí,

21.12), Bao Bình và Song Ngư. Vì các nhà thiên văn đầu tiên trước hết là các nhà chiêm tinh học - họ nghiên cứu bầu trời không phải cho chính mình, mà để đọc ở đó số phận của con người - nên qua thời gian các cung này đã có được một ý nghĩa chiêm tinh. Cho tới ngày nay, chúng vẫn được sử dụng trong mục tử vi của rất nhiều tạp chí và tờ báo trên thế giới. Các cung này tạo nên cái mà người ta gọi là "hoàng đới", trong tiếng Hy Lạp zodiakos nghĩa là "vòng tròn động vật": thật vậy, ngoại trừ cung Thiên Bình ra, tất cả các cung của hoàng đới đều quy chiếu đến các con vật. Trên thực tế, Mặt trời đi qua 13 chòm sao trong bầu trời, nhưng một trong số những chòm sao đó, mà cụ thể là chòm sao Xà Phu, không nằm trong hoàng đới truyền thống, vì một năm chỉ có 12 tháng.

Đối với nhà thiên văn, hoàng đới là vùng trời được xác định bởi một dải có bề rộng  $8^\circ$  (tức 16 lần kích thước góc của Mặt trăng tròn) ở hai bên quỹ đạo của Mặt trời trong bầu trời. Đó cũng là nơi không chỉ Mặt trời mà cả các hành tinh đi qua. Mỗi vùng của hoàng đới chiếm một góc  $30^\circ (= 360/12)$  trong bầu trời, trong khi, theo quy ước, các chòm sao được xác định là chiếm một góc nhỏ hơn, chỉ  $18^\circ$ . Mặt khác, giới hạn của các chòm sao này là không đều thay vì được xác định rõ, như các giới hạn của hoàng đới. Hai sự kiện này làm cho các cung hoàng đạo ban đầu có một mối quan hệ xa xôi với các chòm sao cùng tên, nhưng sau đó mối liên hệ giữa chúng liên tục dần xa dần theo thời gian. Trung khi số các cung hoàng đạo vẫn không thay đổi và luôn bằng 12, thì số các chòm sao cứ tăng lên dần, và cho tới ngày nay con số cuối cùng là 88. Do các chòm sao giúp các nhà hàng hải xác định chính xác họ đang ở đâu trên địa cầu, nên việc nhận dạng được tất cả các chòm sao đó là rất quan trọng. Cũng do việc trục quay của Trái đất không cố định trong không gian, mà vẽ nên một hình nón (các nhà thiên văn gọi hiện tượng này là "tiến động điểm phân" - xem: sao Cực), nên về bề ngoài của bầu trời ở một thời điểm nhất định của năm cũng thay đổi theo thời gian. Tất cả những điều này làm cho các cung hoàng đạo không còn mối quan hệ trực tiếp với các chòm sao cùng tên nữa.

## Hoàng hôn 1

Màn đêm không buông xuống ngay khi Mặt trời lặn xuống dưới đường chân trời. Bầu trời tiếp tục được chiếu sáng trong một khoảng thời gian ngắn nữa: đó là hoàng hôn hay còn gọi là cảnh tranh tối tranh sáng. Khi ngôi sao của chúng ta xuống  $6^\circ$  dưới chân trời, chúng ta không còn có thể đọc sách bằng ánh sáng ngày được nữa. Ở  $-12^\circ$ , thì đường viền của các vật xung quanh chúng ta trở nên không còn rõ nét nữa, còn ở  $-18^\circ$  thì trời tối hoàn toàn. Trong lúc hoàng hôn, nếu hướng cái nhìn về chân trời phía Tây, chúng ta có thể chiêm ngưỡng một dải màu vàng nhạt và cam đang kể cả ở đó. Đó là cái cung hoàng hôn trải trên khoảng  $90^\circ$  vắt qua hai bên vị trí của Mặt trời. Các màu của nó càng tương phản khi Mặt trời càng xuống dưới chân trời và bầu trời càng sẫm ở thiên đỉnh. Ở giới hạn giữa dải màu vàng nhạt và bầu trời xanh, các màu lục lam ngọc có thể xuất hiện, mang đến cho chúng ta một hỗn hợp các màu rất đẹp. Khi tôi đến một Đài thiên văn để đón ánh sáng của bầu trời, trước khi đi vào phòng điều khiển kính thiên văn và chuẩn bị cho một đêm quan sát, tôi không bao giờ bỏ lỡ vài phút quý báu để đắm mình trong cảnh Mặt trời lặn hùng vĩ và hoàng hôn sau đó.

Chúng ta được ngắm cảnh hoàng hôn là nhờ khí quyển làm tán xạ ánh sáng Mặt trời: mặc dù Mặt trời ở dưới đường chân trời, nhưng nó vẫn luôn chiếu sáng không khí nằm bên trên. Cung hoàng hôn có màu vàng bởi vì thành phần lam của ánh sáng Mặt trời hoặc là bị tán xạ hoặc là bị hấp thụ. Cung ôm lấy chân trời bởi vì tồn tại nhiều phân tử trong hướng này để tán xạ ánh sáng hơn ở ngay bên trên đầu chúng ta.

Tại sao bầu trời vẫn giữ được màu lam của nó trên thiên đỉnh trong suốt thời gian hoàng hôn, trong khi gần như tất cả các vùng khác đều đã thay đổi màu? Đó là do lớp ozon, nằm ở độ cao khoảng 30 km: nó lọc ánh sáng Mặt trời, hấp thụ mạnh màu đỏ, cam và vàng, nhưng cho màu lam đi qua.

Các đợt phun trào núi lửa xảy ra trên địa cầu có một ảnh hưởng nhất định đến cường độ sáng của hoàng hôn. Chúng ta biết điều đó từ đợt phun trào kinh hoàng của núi lửa Krakatoa, ở Indonesia,



năm 1883. Một hòn đảo đã bị xóa khỏi bản đồ và 30.000 người thiệt mạng trong đợt sóng thần xảy ra sau đó. Trong suốt nhiều tháng sau, những người sống ở bán cầu Bắc vẫn còn quan sát được cảnh đỏ tía bất thường của Mặt trời lặn, các màu hoàng hôn mạnh, cũng như các hiện tượng khí quyển hiếm hoi khác. Sở dĩ như vậy là vì núi lửa đã phun vào trong khí quyển hàng tấn tro và các sơn khí chứa lưu huỳnh. Các hạt nặng nhất đã nhanh chóng rơi xuống, nhưng những hạt nhỏ hơn vẫn lơ lửng trong không khí và bị gió gieo rắc đi khắp toàn cầu. Trong khi Mặt trời lặn xuống dưới chân trời, chúng đóng vai trò làm tán xạ ánh sáng và mang đến cho chúng ta cảnh Mặt trời đi ngủ và hoàng hôn đẹp không gì sánh nổi. Người Mỹ và người Canada cũng đã từng được hưởng những cảnh ánh sáng tuyệt đẹp khi đêm xuống, sau khi núi lửa Pinatubo, Philippines, phun trào năm 1991.

## Hoàng hôn 2

Tất cả chúng ta đều bị chinh phục bởi vẻ đẹp đầy ấn tượng của cảnh hoàng hôn, bởi lễ hội các tông màu vàng, cam và đỏ rực rỡ chiếu sáng bầu trời ngay trước khi Mặt trời lặn xuống dưới chân trời. Ngay cả loài vật cũng không vô cảm với cảnh hoàng hôn. Người ta đã thấy các đàn tinh tinh ngẩn ngơ trước hoàng hôn rực lửa. Cảnh tượng này chắc chắn thuộc một trong những cảnh quyến rũ nhất mà tự nhiên ban tặng cho chúng ta. Điều gì làm cho, khi Mặt trời sắp gần chân trời, màu của nó chuyển từ trắng sáng sang vàng sáng, rồi màu cam tuyệt đẹp, trước khi kết thúc trong một màu đỏ thẫm?

Chính sự tương tác của ánh sáng Mặt trời ban ngày với các phân tử không khí và các hạt có trong khí quyển Trái đất là nguyên nhân tạo ra cảnh tượng lộng lẫy này. Màu của Mặt trời trên thực tế được xác định bởi số các tương tác mà ánh sáng của nó phải chịu trong suốt hành trình trước khi đến được mắt chúng ta. Khi Mặt trời ở cao trên bầu trời, ánh sáng của nó gặp tương đối ít các phân tử khí và các

hạt, nó ít bị tán xạ hoặc hấp thụ hơn, và Mặt trời giữ được màu trắng nguyên thủy của nó. Nhưng khi màn đêm sắp buông xuống, ngôi sao của chúng ta lặn xuống chân trời, quỹ đạo của ánh sáng qua khí quyển Trái đất sẽ dài hơn, và ánh sáng Mặt trời tương tác nhiều hơn với các phân tử khí và hạt trước khi đến được chúng ta, độ sáng của nó yếu hơn, và màu của nó đã bị thay đổi. Một phần lớn các photon lam bị tán xạ khỏi chùm các tia sáng Mặt trời, điều này làm giảm độ sáng của đĩa Mặt trời. Khi ánh sáng màu lam bị tách ra khỏi ánh sáng trắng của Mặt trời, thì ánh sáng này sẽ chuyển sang màu vàng và cam. Ngoài sự tán xạ ánh sáng màu lam bởi các phân tử không khí, khí ozon trong khí quyển cũng góp phần vào màu đỏ nhạt của Mặt trời bằng cách hấp thụ mạnh các ánh sáng màu lam và màu lục.

Nhưng các phân tử khí và ozon không phải là các nhân tố duy nhất gây ra sự bùng nổ các màu cam và đỏ này. Các hạt li ti lơ lửng trong khí quyển sinh ra từ hoạt động của con người, như các hạt bụi và các hạt khói, hay sinh ra một cách tự nhiên, như các giọt nước nhỏ ở bên trên các đại dương, cũng đóng một vai trò quan trọng. Trên thực tế, các hạt cực kỳ nhỏ (đường kính dưới 100 nanomet) cũng làm tán xạ ánh sáng màu lam (xác suất để một hạt ánh sáng bị tán xạ bởi hạt bụi tỷ lệ nghịch với bước sóng của nó, nghĩa là cơ hội của một photon lam được tán xạ bởi một hạt bụi cao hơn gấp hai lần cơ hội của một photon đỏ. Hãy so sánh xác suất này với xác suất tán xạ của một hạt ánh sáng bởi một phân tử không khí, vốn tỷ lệ nghịch với lũy thừa bậc 4 của bước sóng của nó). Bằng cách lấy đi ánh sáng màu lam ra khỏi tầm nhìn của chúng ta, các phân tử không khí và các hạt bụi nhỏ chính là các tác nhân của cảnh hoàng hôn đỏ rực lửa mà tự nhiên ban tặng cho chúng ta. Vì số các hạt thay đổi từ ngày này sang ngày khác, từ nơi này sang nơi khác, nên không bao giờ có hai cảnh Mặt trời lặn giống y hệt nhau.

Các đám mây (xem mục từ này), vốn không gì khác là những tập hợp của các giọt nước nhỏ, cũng góp phần làm tán xạ ánh sáng của Mặt trời đi ngủ. Chúng đóng góp vào cảnh hoàng hôn bằng cách tự tô cho mình các màu vàng và cam và có các hình thù vô cùng đa dạng. Ngày kết thúc bỗng chốc được trang hoàng bởi một bảng các màu ánh sáng màu đỏ cam. Cảnh hoàng hôn ngoạn mục nhất xuất hiện khi có các dải mây mỏng lãng đãng ở chân trời: các đám mây

không được quá dày; nếu không, chúng sẽ trở thành vật chắn ánh sáng, phong tỏa ánh sáng Mặt trời, và cảnh tượng sẽ mất đi vẻ đẹp lộng lẫy của nó.

## **Hỗn độn: sự cáo chung của chắc chắn và xác định**

Trong ngôn ngữ hằng ngày, từ “hỗn độn” có nghĩa là “mất trật tự, lộn xộn chung”. Nhưng hỗn độn như nhà khoa học hiểu thì hoàn toàn không có nghĩa là “không có trật tự”. Đúng hơn nó gắn liền với khái niệm không thể tiên đoán, không thể dự báo dài hạn.

Để hiểu hỗn độn, trước hết chúng ta hãy xét một hoàn cảnh không hỗn độn, như một trò chơi tennis, chẳng hạn. Quả bóng bay đến chỗ bạn. Bạn ra vợt, và quả bóng quay trở lại phía lưới. Một nhà vật lý có thể nói với bạn quả bóng sẽ rơi xuống đâu trên sân nếu anh ta có đủ hai loại thông tin: thứ nhất là các điều kiện ban đầu, nghĩa là thời điểm và địa điểm chính xác nơi vợt đập vào bóng, và vận tốc bóng bay trở lại; và thứ hai là các định luật vật lý, mà cụ thể là định luật Vạn vật hấp dẫn của Newton.

Việc biết các điều kiện ban đầu của quả bóng tennis có thể ít nhiều chính xác. Chẳng hạn, khi đo vị trí của quả bóng, người ta có thể mắc một sai số vài centimet. Người ta cũng có thể có một độ bất định hay sai số một vài phần giây trong việc xác định thời điểm vợt đập vào quả bóng. Sự thiếu chính xác này trong các điều kiện ban đầu liệu có nghĩa là sẽ không thể biết được tương lai của quả bóng tennis hay không? Không hề, vì chuyển động của quả bóng không phụ thuộc một cách quá ư nhạy cảm vào các điều kiện ban đầu. Một sai số vài centimet và vài phần giây sẽ chỉ kéo theo sự bất định cùng cỡ ấy đối với sự tiên đoán vị trí và thời điểm quả bóng nảy lên từ sân. Chính điều này đã làm cho trò chơi tennis trở nên khả dĩ.

Nhưng tồn tại rất nhiều tình huống, trong tự nhiên cũng như trong cuộc sống hằng ngày, lại phụ thuộc một cách cực kỳ nhạy cảm vào các điều kiện ban đầu. Một thay đổi nhỏ trong trạng thái ban đầu

của hệ cũng tạo ra một sự thay đổi to lớn sau đó và sự thay đổi này tăng lên theo hàm mũ cùng với thời gian. Người ta gọi đó là các tình huống "hỗn độn". Bởi vì trạng thái cuối cùng phụ thuộc hết sức nhạy cảm vào trạng thái ban đầu tới mức một chút xiu thôi cũng có thể làm thay đổi tất cả, và chúng ta bị giới hạn một cách hết sức cơ bản trong sự tiên đoán trạng thái cuối cùng này.

Nhà toán học người Pháp Henri Poincaré (1854-1912 - xem mục từ này), khi nghiên cứu vấn đề ổn định của quỹ đạo các hành tinh trong Hệ Mặt trời, là người đầu tiên phát hiện ra hiện tượng hỗn độn vào năm 1888. Nhưng Poincaré đã vượt lên trước quá xa so với thời đại của ông: máy tính còn chưa xuất hiện để giúp nhà toán học ngụy suy vào tương lai xa hành trạng của các hệ hết sức nhạy cảm với các điều kiện ban đầu này, và kiểm tra trực giác thiên tài của mình. Sự việc đã dừng lại ở đó trong hơn một nửa thế kỷ.

Hỗn độn đã được một người Mỹ tên là Edward Lorenz (sinh năm 1917) tái phát hiện gần như là tình cờ vào năm 1961 trong các hiện tượng khí tượng. Ông đã nhận thấy rằng dự báo thời tiết trước một tuần là điều không thể, vì các mô hình khí tượng học phụ thuộc hết sức nhạy cảm vào các điều kiện ban đầu. Giới hạn này của sự hiểu biết là không thể tránh được. Những mầm mống của sự thiếu hiểu biết đã bị vùi lấp ngay trong chính sự vận hành của tự nhiên. Để hiểu tính khí của thời tiết, người ta sẽ ưỡn công đặt khắp Trái đất các trạm khí tượng liên kế nhau, vì luôn luôn có những thăng giáng khí quyển quá nhỏ không thể phát hiện được. Khi được khuếch đại lên, những thăng giáng này có thể tạo ra các trận bão tàn phá khốc liệt hoặc một bầu trời xanh tươi đẹp. Chính vì thế hỗn độn thường được minh họa bằng cái mà các nhà vật lý gọi là "hiệu ứng con bướm": một con bướm đập cánh ở Hawaii có thể gây ra mưa bão ở New York.

Khoa học về hỗn độn đã thực sự cất cánh trong những năm 1970 nhờ có một đồng minh bất ngờ: máy tính. Máy tính cũng cần thiết cho nghiên cứu các hệ hỗn độn như là kính hiển vi cần cho nghiên cứu vi khuẩn, như máy gia tốc các hạt cơ bản cần cho sự khám phá thế giới dưới nguyên tử, như kính thiên văn cần cho việc thăm dò không gian sâu thẳm.

Như vậy, thế kỷ XX đã chứng kiến sự lần lượt sụp đổ của các bức tường của tính chắc chắn và xác định bao quanh pháo đài vật lý

Newton, ra đời từ thế kỷ XVII. Năm 1905, với thuyết Tương đối của mình, Einstein đã quét sạch sự khẳng định chắc chắn của Newton về một không gian và thời gian tuyệt đối. Trong những năm 1920-1930, cơ học lượng tử đã phá tan sự chắc chắn của mọi tri thức chính xác nhất có thể. Vận tốc và vị trí của một hạt cơ bản không thể đo được đồng thời với độ chính xác vô hạn. Pháo đài cuối cùng của sự chắc chắn và xác định cũng vừa sụp đổ vào cuối thế kỷ XX: khoa học về hỗn độn đã xuất hiện để loại bỏ sự chắc chắn theo Newton và Laplace của một quyết định luận tuyệt đối của tự nhiên. Trước khi hỗn độn lên ngôi, "trật tự" là từ được ưa chuộng; "bất trật tự" là từ trái nghĩa cấm kỵ, không được đếm xỉa tới, bị tống khứ khỏi ngôn ngữ khoa học. Tự nhiên phải hành xử một cách có quy luật. Tất cả những gì có khả năng bộc lộ thoáng qua sự bất thường hay bất trật tự đều bị coi là một điều quái gở. Khoa học về hỗn độn đã làm đảo lộn tất cả những điều đó. Nó đã đưa bất quy tắc vào trong quy tắc, bất trật tự vào trong trật tự.

Lĩnh vực của thuyết Tương đối rộng là thế giới của cái vô cùng lớn, thế giới của những "lỗ đen", những thiên hà, của toàn vũ trụ. Còn cơ học lượng tử vận hành ở thái cực ngược lại, trong thế giới của cái vô cùng bé, thế giới của electron, của các nguyên tử và phân tử. Các thế giới vô cùng lớn và vô cùng bé thách thức lẽ phải thông thường của chúng ta. Còn hỗn độn có vẻ thân quen hơn, vì nó bộc lộ ở mọi lúc trong cuộc sống thường nhật của chúng ta. Tất cả chúng ta đều đã sống qua những hoàn cảnh, trong đó các sự kiện bề ngoài có vẻ như vô hại nhưng sau đó lại phát lộ ra những hậu quả nặng nề. Vì đồng hồ báo thức không đồ chuông, nên một người bị lỡ cuộc hẹn và mất luôn công việc mà anh ta đang muốn có. Chỉ vì một hạt bụi trong xăng làm xe của một người hỏng nên vợ anh ta lỡ chuyến bay và thoát chết khi chiếc máy bay này bị nổ tung trên đại dương vài giờ sau. Những sự kiện vô nghĩa nhất và các hoàn cảnh khác nhau một cách khó nhận thấy nhất lại có thể làm thay đổi cả một đời người.

Hỗn độn đã vượt ra ngoài lĩnh vực của các khoa học tự nhiên để xâm chiếm các ngành hoặc chuyên ngành hết sức đa dạng như nhân chủng học, sinh học, sinh thái học, địa chất học, kinh tế học, lịch sử, kiến trúc Hồi giáo, thư pháp Nhật Bản, ngôn ngữ học, âm nhạc, chứng khoán, X quang, viễn thông, quy hoạch đô thị và động vật học,

đấy mới chỉ là một số thôi. Với khoa học về hỗn độn, các đối tượng của cuộc sống hằng ngày đều trở thành các đối tượng nghiên cứu xác đáng: các cuộn khói thuốc lá không đều, một lá cờ tung bay trong gió, các nút tắc nghẽn giao thông liên miên trên xa lộ, các giọt nước rơi từ một vòi nước đóng không chặt, những bất thường của nhịp tim hay các thăng giáng của thị trường chứng khoán: tất cả những hiện tượng ấy đều có thể được mô tả bằng lý thuyết Hỗn độn.

Như vậy, khoa học về hỗn độn là một khoa học của cái tổng thể, phá tan những vách ngăn giữa các ngành khoa học khác nhau. Nó gắn kết các nhà nghiên cứu thuộc các chuyên ngành khác nhau và đi ngược lại với xu hướng chuyên môn hóa cực đoan vốn đang là đặc trưng của một số lĩnh vực nghiên cứu hiện nay. Nó là một lĩnh vực rất hấp dẫn, vì nó làm sụp đổ pháo đài quyết định luận và trả tự do ý chí về lại vị trí hàng đầu của nó. Hơn nữa, đây còn là một khoa học "tổng thể" nghiên cứu cái toàn bộ và đẩy lui quy giản luận. Thế giới không còn được giải thích chỉ bằng các bộ phận cấu thành (các quark, các nhiễm sắc thể hay các neuron) nữa, mà phải được lĩnh hội trong tính tổng thể của nó.

### ***Hỗn độn trong Hệ Mặt trời***

Trong mắt con người, vòng quay không ngừng nghỉ của các hành tinh quanh Mặt trời từng là biểu tượng của sự trường tồn, sự hằng thường và bất biến vốn rất thiếu trong cuộc sống của con người. Nhưng Hệ Mặt trời, trông có vẻ ổn định ở một thang thời gian vài thiên niên kỷ (từ khi ra đời thiên văn học), liệu có thực sự vẫn còn như vậy trong các khoảng thời gian dài hơn nhiều không?

Ngay từ thời Newton (1642-1727), người ta đã biết rằng nhiều hành tinh (Thổ tinh và Mộc tinh) đã là những kẻ phản loạn đối với các phương trình của ông và bộc lộ những bất thường trong chuyển động của chúng. Newton đã cho rằng những lệch lạc này có thể làm cho Hệ Mặt trời nổ tung, trừ phi, như có phép thần, thỉnh thoảng đồng hồ lại được chỉnh lại giờ (ông thậm chí còn đi tới mức viện đến sự can thiệp của thần thánh).

Vào năm 1773, nhà thiên văn người Pháp Pierre-Simon de Laplace (*xem mục từ này*) đã tấn công vào vấn đề sự ổn định của Hệ

Mặt trời. Ông đã chứng tỏ được rằng các sai lệch khỏi quỹ đạo của Thổ tinh và Mộc tinh không thể tăng lên vô hạn. Những sai lệch này đạt đến cực đại, rồi giảm xuống cực tiểu để rồi lại tăng lên cực đại mới, tất cả trong một chu kỳ 900 năm. Nói cách khác, những bất thường của các hành tinh luôn bị ghìm cương, sự thái quá của chúng luôn bị kìm giữ; chúng không thể lỏng lẻo lên và trở nên lớn tới mức có nguy cơ làm nổ tung Hệ Mặt trời. Theo Laplace, các hành tinh mãi mãi đi theo các vòng tròn của chúng quanh Mặt trời. Theo ông, Hệ Mặt trời là một bộ máy đồng hồ vũ trụ kỳ diệu, một cỗ máy trơn tru, được vận hành chỉ bởi một lực duy nhất là lực hấp dẫn. Một sự can thiệp của thần thánh là không cần thiết: Chúa, sau khi lên dây cót cho đồng hồ, đã rút ra xa. Khi Napoléon hỏi ông tại sao không nhắc, dù chỉ một lần, đến Người thợ đồng hồ vĩ đại trong cuốn *Cơ học thiên thể* (*Mécanique céleste*), ông đã trả lời quả quyết rằng “Thưa Bệ hạ, thần không cần đến già thiết này!”.

Tuy vậy, bất chấp uy tín và sự nổi tiếng của Laplace, vẫn tồn tại một mối nghi ngờ. Và lại, bản thân Laplace cũng đã phải thừa nhận rằng các định luật của Newton không phải sẽ giải thích được tất cả. Chẳng hạn, Mặt trăng vẫn ngoan cố không chịu tuân theo các phương trình của Newton. Mối nghi ngờ này kéo dài đến suốt thế kỷ sau. Một phát triển mới đã xảy ra vào cuối thế kỷ XIX: đó là sự phát hiện ra hỗn độn của Henri Poincaré. Phát hiện này đã làm cho quan niệm rằng Hệ Mặt trời có thể đột ngột lật từ trật tự sang hỗn độn là trở nên chấp nhận được. Xét cho cùng thì Laplace cũng mới chỉ nghiên cứu các chuyển động của Thổ tinh và Mộc tinh trên vài chu kỳ 900 năm: một cái chớp mắt trong lịch sử 4,55 tỷ năm của Hệ Mặt trời! Thế nhưng sự vấp bắt hỗn độn vẫn chưa tiết lộ được điều gì thú vị trước khi xem xét được các thời kỳ dài hàng trăm nghìn năm, hàng triệu năm, thậm chí hàng tỷ năm. Cần phải có các máy tính có sức mạnh tính toán tuyệt vời để tính toán chuyển động của các hành tinh trên các khoảng thời gian dài như thế.

Thách thức này đã được một người Pháp tên là Jaques Laskar (sinh năm 1955), làm việc tại Văn phòng Kinh độ ở Paris vượt qua vào năm 1989. Đi theo những bước chân của bậc tiền bối lỗi lạc Laplace (một trong những thành viên sáng lập ra Văn phòng này), người từng lựa chọn sự ổn định của Hệ Mặt trời, nhưng trái

lại Laskar đã gặp hỗn độn. Để làm được điều này, ông đã đưa vào máy tính một biểu thức toán học dài khoảng 150.000 số hạng đại số mô tả hành trạng trung bình của các hành tinh trên quỹ đạo của chúng xung quanh Mặt trời. Laskar đã không quan tâm tới các biến thiên ngắn hạn - các sai lệch nhỏ, ở đây đó, trong khoảng thời gian hàng nghìn, thậm chí hàng chục nghìn năm, rồi hành tinh sau đó lại trở về con đường đúng của nó - mà tới các thay đổi dài hạn. Vì vậy Laskar đã có thể tính toán được sự tiến hóa của Hệ Mặt trời cho tới tận 200 triệu năm nữa trong tương lai. Để vậy bắt được hỗn độn, ông đã phải tính toán lại nhiều lần với sự thay đổi nhỏ các điều kiện ban đầu (các vị trí và vận tốc ban đầu của các hành tinh). Câu hỏi đáng giá ngàn vàng là: các quỹ đạo của một hành tinh với các điều kiện ban đầu khác nhau chút ít liệu có còn gần nhau không, khoảng cách của chúng có tăng tỷ lệ với thời gian, mà trong trường hợp đó không có hỗn độn, hay chúng phân kỳ theo hàm mũ, khoảng cách giữa chúng tăng gấp đôi, lại gấp đôi tiếp, rồi gấp đôi tiếp nữa trong một khoảng thời gian nhất định, thời gian này càng ngắn thì hệ càng hỗn độn?

Câu trả lời mà máy tính mang lại là hết sức rõ ràng: toàn bộ Hệ Mặt trời, kể cả các hành tinh bên trong (gồm Thủy tinh, Kim tinh, Trái đất và Hỏa tinh), đều không tránh khỏi hỗn độn. Những sai khác rất nhỏ ban đầu về vị trí được khuếch đại quá mức khiến cho các quỹ đạo bắt nguồn từ đó theo thời gian trở nên hoàn toàn khác nhau. Sự phụ thuộc cực kỳ nhạy vào các điều kiện ban đầu này có nghĩa là hiện tại bị cắt đứt khỏi cả với tương lai lẫn quá khứ. Tương lai thì không tiên đoán được còn quá khứ thì mãi mãi đã qua. Chẳng hạn, hai Trái đất tưởng tượng chỉ ở cách nhau 100 met lúc ban đầu thì sau 100 triệu năm sẽ cách nhau khoảng 40 triệu kilomet, tức gần một phần ba khoảng cách Trái đất - Mặt trời! Điều này làm cho các quỹ đạo hành tinh có một quá khứ vô định và một tương lai bất định, vì các kết quả đo vị trí của các hành tinh không bao giờ hoàn toàn chính xác.

Như vậy, hỗn độn luôn lảng vảng trong Hệ Mặt trời. Hỗn độn là do các hiện tượng cộng hưởng tinh tế giữa các chuyển động của các hành tinh. Giống như một cái đu ngày càng lên cao nếu nó bị đẩy cộng hưởng với chuyển động đúng đưa của nó, các



chuyển động lặp đi lặp lại của các hành tinh gây ra các xung động hấp dẫn lặp đi lặp lại, các xung động này tích tụ theo thời gian và có thể làm cho các hành tinh lệch khỏi quỹ đạo thông thường của chúng.

Nhưng hỗn độn không nhất thiết đồng nghĩa với bất trật tự và bất ổn định. Tương lai bất định của các quỹ đạo không nhất thiết ngụ ý rằng ngày mai chúng ta sẽ thấy Trái đất đến đạo quanh Mộc tinh hay rời khỏi Hệ Mặt trời! Xét cho cùng thì hệ này đã được hình thành cách đây 4,55 tỷ năm. Vậy mà, các hành tinh ngày nay vẫn tiếp tục lặng lẽ quay vòng xung quanh ngôi sao Mặt trời của chúng ta. Vậy thì bằng cách nào mà trong toàn bộ khoảng thời gian ấy, chúng lại không bị lên cơn điên, các quỹ đạo của chúng lại không cắt nhau, để rồi các va chạm trực diện không làm cho chúng bị vỡ tan tành? Đó là vì hỗn độn đã bị ghìm cương. Nhưng luôn tồn tại một rủi ro nhỏ để Hệ Mặt trời sẽ bị tan rã trong tương lai, mỗi hành tinh đi về một hướng trong vài triệu năm tới, nhưng xác suất này là cực kỳ nhỏ. Nếu máy tính tính toán sự tiến hóa của một tỷ Hệ Mặt trời với các điều kiện ban đầu hơi khác nhau một chút, thì sẽ không có gì xảy ra trong 4,5 tỷ năm tới đối với phần lớn các Hệ đó. Trái đất vẫn sẽ tiếp tục cuộc hành trình hằng năm của nó xung quanh Mặt trời theo quỹ đạo hiện nay của nó. Mùa xuân sẽ vẫn mang lại niềm vui cho chúng ta với những màu sắc rực rỡ, và mùa đông tấn công chúng ta bằng những cái lạnh cắt da cắt thịt. Chỉ duy nhất có một trong số một tỷ các Hệ Mặt trời già định này là bất ngờ lên cơn điên và tan rã.

Hỗn độn bị kiềm tỏa trong Hệ Mặt trời khi mà các nhiễu loạn hấp dẫn còn yếu và các hiện tượng cộng hưởng không khuếch đại chúng lên. Chính xác bởi vì hỗn độn không để mặc cho các lệch tâm được tự do thoải mái nên Newton và Laplace mới có thể nghĩ rằng Hệ Mặt trời là một cỗ máy được tra dầu mỡ một cách hoàn hảo, và tương lai, hiện tại và quá khứ của nó có thể được xác định với một sự chắc chắn tuyệt đối. Như vậy, hỗn độn lảng vảng trong các góc khuất của Hệ Mặt trời tạo nên một chiếc cầu nối giữa một bên là thế giới trừu tượng, thuần khiết, lý tưởng hóa của các định luật vật lý, và bên kia là tính phức hợp và bất trật tự của thế giới cụ thể nơi chúng ta đang sống.

## ***Hỗn độn trong thế giới các vì sao***

Vào những đêm hè đẹp trời, ấm áp, một cung lớn màu trắng nhạt bắc qua bầu trời làm chúng ta vui mắt. Ngày nay, chúng ta biết rằng đó không gì khác là đĩa thiên hà của chúng ta, cũng tức là dải Ngân Hà (*xem mục từ này*), một tập hợp của khoảng 100 tỷ Mặt trời được liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Các sao không phải là bất động trong cái đĩa det đường kính 90.000 năm ánh sáng này. Tựa như trong một trường đua ngựa vũ trụ, chúng quay không ngừng quanh tâm thiên hà. Chẳng hạn Mặt trời của chúng ta, một ngôi sao ở ngoại ô thiên hà cách trung tâm khoảng 25.000 năm ánh sáng, kéo cái bầu đoàn hành tinh của nó qua không gian với vận tốc khoảng 220 km/s. Điều này làm cho, cứ mỗi 230 triệu năm, chúng ta lại thực hiện được trọn vẹn một vòng quay quanh tâm thiên hà. Từ khi ra đời cách đây 4,55 tỷ năm, Mặt trời đã quay được trọn vẹn hai mươi vòng như thế.

Chính lực hấp dẫn của Newton đã áp đặt chuyển động của các ngôi sao trong đĩa thiên hà. Vì vậy một câu hỏi đặt ra: nếu hỗn độn lằng vằng trong lòng các phương trình của Newton thì liệu nó cũng xâm chiếm cả thế giới của các vì sao hay không? Để làm rõ điều này, năm 1976 nhà thiên văn người Pháp Michel Hénon (sinh năm 1931), làm việc tại Đài thiên văn Nice, đã xem xét hành trạng của các quỹ đạo sao trong mặt phẳng Ngân Hà. Ông đã nhận thấy rằng, một lần nữa, hỗn độn lại xuất hiện khi năng lượng chuyển động của các ngôi sao vượt quá một ngưỡng nhất định: Hai quỹ đạo rất gần nhau ban đầu có thể phân kỳ theo hàm mũ sau một khoảng thời gian nhất định. Các quỹ đạo khi đó trở nên không thể dự báo được nữa, điều này là dấu hiệu của một hành trạng hỗn độn.

Nhưng, cũng như trong trường hợp của các hành tinh, hỗn độn không có nghĩa là bất trật tự hoàn toàn. Hỗn độn ở đây là tất định còn bất trật tự thì bị kiềm chế. Các ngôi sao không đồng loạt phát điên, đi theo các quỹ đạo ngẫu nhiên, rồi va chạm trực diện với nhau hay rời Ngân Hà. Với một xác suất lớn, chúng sẽ vẫn tiếp tục chuyển động theo những vòng tròn quanh tâm Ngân Hà trong vài tỷ năm nữa.

## *Hỗn độn trong Vết đỏ Lớn của Mộc tinh*

Sau nghiên cứu mô đường của Henri Poincare, hỗn độn đã được nhà khí tượng học Edward Lorenz tái phát hiện gần như là tình cờ vào năm 1961 trong các hiện tượng thời tiết: thực tế, hỗn độn hiện diện khắp nơi ở trong chuyển động của các khối khí làm nên trời mưa hoặc trời nắng, những khối khí mang đến cho chúng ta mùa đông mùa hè hay mùa lất phất vào mùa xuân. Chính cái hỗn độn này đã làm cho mọi dự báo thời tiết xa hơn một tuần lễ là điều không thể. Thực tế, hỗn độn xâm chiếm không chỉ các khối khí của khí quyển Trái đất, mà tất cả những gì là chất lưu (tức lỏng và khí) trong thế giới xung quanh chúng ta. Các bạn hãy thử đi dạo trên bờ sông và nhìn nước chảy dưới các chân cầu mà xem. Gần các trụ cầu, bạn sẽ thấy các xoáy nước hình thành. Nước vẽ nên các chuyển động phức tạp, bất thường, và có vẻ bất trật tự. Chúng ta gọi các chuyển động này là sự chảy rối; còn nhà khoa học sẽ mô tả chúng như các hỗn độn.

Hỗn độn cũng xuất hiện trong chuyển động của không khí chảy qua các ống của chiếc đàn ống trong nhà thờ, trong các chùm dung nham bị phun lên cao trong các đợt phun trào của núi lửa. Các cuộn khói mà một người hút thuốc lá nhả ra một cách thích thú, rồi nước chảy ra từ vòi, các tràng bọt nước trắng của thác nước Niagara - tất cả cũng đều là hỗn độn.

Các hiện tượng chảy rối hỗn độn này không chỉ giới hạn ở Trái đất yêu quý của chúng ta. Chúng cũng tràn ngập trong khí quyển của Mộc tinh (xem mục từ này), hành tinh khí khổng lồ của Hệ Mặt trời. Ở bán cầu Nam của nó có một Vết đỏ Lớn (xem: *Vết đỏ Lớn của Mộc tinh*), hình ôvan, như một con mắt khổng lồ nhìn chăm chăm vũ trụ. Vết này là một xoáy khí khổng lồ màu nâu vàng chói lòa nhìn như một bức tranh ấn tượng vậy. Kích thước của Vết này đã thay đổi theo các thế kỷ. Trong các chuyến viếng thăm của con tàu *Voyager 1* và 2 thì thấy Vết này lớn hơn Trái đất một chút. Nhưng, khi đạt đến cực đại (40.000 km so với 14.000 km) nó lớn tới mức có thể nuốt chửng ba Trái đất. Xoáy khí khổng lồ này đã cầm tù trong lòng nó các dải mây lớn nằm ngang. Cảnh tượng này khiến người ta nghĩ đến một trận bão cực lớn trên Trái đất. Nhưng thực ra không phải thế, bởi vì một cơn bão trên Trái đất lấy năng lượng tàn phá của nó từ nhiệt được

giải phóng trong quá trình ngưng tụ của các khối khí âm thành nước mưa. Thế nhưng đã không có các trận mưa như trút đổ xuống khí quyển Mộc tinh. Ngoài ra, các cơn bão trên Trái đất chỉ sau vài ngày là tan, một điều thật may mắn cho những người trên Trái đất chúng ta sống ở những khu vực mà bão đi qua, trong khi Vết đỏ Lớn đã không ngừng tồn tại từ nhiều thế kỷ nay: nó vẫn luôn được quan sát từ khi được Galileo phát hiện ra năm 1609, khi ông hướng chiếc kính thiên văn đầu tiên lên bầu trời.

Như vậy cần phải tìm cho nó một lời giải thích, và chính lúc này hỗn độn đã ra tay cứu giúp. Xoáy khí lâu đời này có thể được hiểu như một hệ tự-tổ-chức, một vùng ổn định được tạo ra và duy trì bởi hỗn độn - thủ phạm của tất cả những cháy rồi ở xung quanh. Vết đỏ Lớn là một đảo nhỏ ổn định trong một đại dương bất ổn định, một nơi trú ẩn của các cấu trúc giữa một cơn bão không-cấu-trúc. Sự hiện diện của nó nói với chúng ta rằng các phương trình mô tả sự cháy rồi của một chất lưu chứa chấp cùng một lúc cả quyết định luận và hỗn độn. Bất trật tự, vốn đã không được đếm xỉa và bị dẹp bỏ cho tới tận cuối thế kỷ XIX, đã hùng dũng biểu lộ sự hiện diện của nó và đòi được thừa nhận hoàn toàn bên cạnh trật tự.

## **Hubble, Erwin: nhà thám hiểm tinh vân**

Người ta biết đến ông chủ yếu qua các hình ảnh kỳ lạ về vũ trụ mà kính thiên văn không gian mang tên ông liên tiếp gửi về cho nhân loại thần phục từ năm 1990. Tuy nhiên, nhà thiên văn người Mỹ Edwin Hubble (1889-1953) trước hết là người sáng lập ra vũ trụ học quan sát hiện đại. Nhờ hai phát hiện cơ bản trong những năm 1920, ông đã làm đảo lộn hoàn toàn quan điểm của chúng ta về vũ trụ. Mang đến những bằng chứng quan sát đầu tiên cho quan niệm về một vũ trụ giãn nở và một vụ nổ khởi thủy, Big Bang, Hubble đã phát động một cuộc cách mạng về quan niệm có lẽ cũng sâu sắc và quan trọng ngang ngửa với cuộc cách mạng Copernicus.



Là sinh viên chuyên ngành khoa học tại Đại học Chicago, tốt nghiệp năm 1910, nhưng ông cũng rất giỏi các môn thể thao như điền bốc và bóng rổ, nhờ có một thân thể cường tráng. Người ta kể rằng một số chuyên gia thể thao thậm chí còn muốn tuyển ông làm vận động viên điền bốc chuyên nghiệp. Sự kết hợp tài năng về trí tuệ và thể chất này đã khiến ông xứng đáng được nhận học bổng Rhodes tại Đại học Oxford, Anh quốc, tại đây ông chuyển sang học luật và tiếng Tây Ban Nha. Chính trong thời kỳ này, ông bắt đầu học nói giọng đặc Oxford và thấm đẫm chất của thành phố đại học này, những thứ sẽ còn lại mãi mãi trong ông - và tạo nên vẻ quyền rũ mê hồn đối với các cô gái Mỹ lãng mạn, nhưng đôi khi cũng làm cho các đồng nghiệp của ông sồn tóc gáy. Trở về Mỹ, ông trở thành giáo viên dạy tiếng Tây Ban Nha, đăng ký vào đoàn luật sư bang Kentucky năm 1913, nhưng không bao giờ hành nghề luật: các định luật của vũ trụ đã cuốn hút ông hơn các đạo luật của con người.

Vì vậy, năm 1914 ông đã quyết định đăng ký vào Đài thiên văn Yerkes, bang Wisconsin, để làm tiến sĩ về thiên văn học. Sau khi bảo vệ xong luận án tiến sĩ, năm 1917, Hubble được mời làm việc tại Đài thiên văn đặt trên đỉnh núi Wilson, ở gần Los Angeles, để sử dụng kính thiên văn đường kính 2,5 m, lớn nhất thế giới thời đó, vừa được chế tạo. Kính thiên văn này được trùm tư bản thép Andrew Carnegie tài trợ và hoàn thành vào năm 1919. Ngoài tài năng đáng khâm phục, Hubble còn được vận may mim cười: ông là người giỏi được ở đúng

chỗ và đúng thời. Trong thiên văn học, mỗi khi một dụng cụ mới mạnh hơn và hoàn thiện hơn được hướng lên bầu trời, là lại có rất nhiều phát hiện. Hubble cũng không phải là ngoại lệ. Việc sử dụng kính thiên văn trên đỉnh Wilson dẫn ông tới nhiều phát hiện cơ bản về bản chất của vũ trụ.

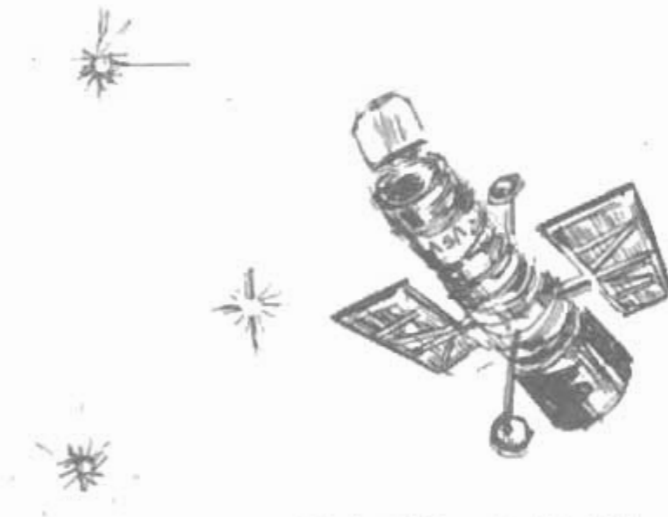
Hubble bước vào thiên văn học đúng lúc nổ ra một cuộc tranh luận gay gắt về kích thước và giới hạn của vũ trụ. Việc đo đạc vũ trụ là rất khó, vì nó trình hiện trước mắt chúng ta được phóng chiếu trên vòm trời hai chiều, giống như phong cảnh trên một bức tranh lớn mà người họa sĩ đã quên tất cả các quy luật phối cảnh: quan sát trực tiếp không cho thấy chiều thứ ba, chiều sâu của sân khấu vũ trụ. Đến đầu thế kỷ XX, người ta vẫn chưa biết các giới hạn của dải Ngân Hà, và do đó càng không thể biết tới các giới hạn của vũ trụ. Các ngôi sao dường như mất hút trong vô tận và thách thức khả năng con người đo được khoảng cách của chúng và tái dựng lại phối cảnh của vũ trụ.

Rất may, các ngọn đèn pha vũ trụ đã được phát hiện vào năm 1912, đó là các sao "xêphêit" (*xem mục từ này*), đã ra tay cứu giúp các nhà thiên văn học. Các sao xêphêit này có một tính chất đặc biệt: độ sáng của chúng thay đổi một cách tuần hoàn. Tuyệt hơn nữa: thời gian giữa hai độ sáng cực đại và hai độ sáng cực tiểu (gọi là chu kỳ) lại có mối liên hệ với độ sáng thực của sao này. Sao càng sáng thì chu kỳ của nó càng dài. Tính chất này đã mở toang cánh cửa bầu trời cho các nhà thiên văn: chỉ cần xác định chu kỳ của sao xêphêit là ta có thể suy ra độ sáng thực của nó. Độ sáng thực cùng với độ sáng biểu kiến quan sát được sẽ cho ta biết khoảng cách của nguồn sáng<sup>9</sup>. Nhờ các ngọn đèn pha vũ trụ này, đối thủ khoa học lỗi lạc nhất của Hubble, nhà thiên văn người Mỹ Harlow Shapley, cũng nghiên cứu trên đỉnh núi Wilson, đã xác định được rằng Ngân Hà có dạng một chiếc đĩa rất mỏng trải trên một đường kính khoảng 300.000 năm ánh sáng<sup>10</sup>, tức lớn hơn nhiều so với tất cả các ước tính trước đó! Thật là một nỗ lực phi thường, bởi vì đo độ rộng của Ngân Hà từ một góc rất nhỏ trên Trái đất cũng giống như kỳ tích của một con amip đo độ rộng của Thái Bình Dương!

<sup>9</sup> Độ sáng biểu kiến của một nguồn sáng bằng độ sáng thực của nó chia cho bình phương khoảng cách.

<sup>10</sup> Giá trị hiện đại chính xác là 90.000 năm ánh sáng.

Nhưng vẫn còn một câu hỏi mấu chốt: vũ trụ liệu có kết thúc ở dải Ngân Hà hay là còn trải ra xa hơn nữa? Liệu có tồn tại các hệ thống khác giống như thiên hà của chúng ta, nằm bên ngoài các giới hạn của Ngân Hà, những “hòn đảo-vũ trụ”, như triết gia người Đức Emmanuel Kant từng nghĩ năm 1775? Các kính thiên văn lớn vừa chế tạo phát lộ rõ sự tồn tại trong bầu trời nhiều vật sáng yếu và mờ mà người ta thường gọi là “tinh vân” (theo tiếng Latin *nebula* nghĩa là “mây”), nhưng bản chất chính xác của nó thì vẫn chưa ai biết. Cuộc tranh luận về vấn đề này diễn ra rất gay gắt. Shapley cho rằng vũ trụ chỉ quy về dải Ngân Hà mà thôi và các tinh vân phải nằm trong đó: đây chẳng qua chỉ là những đám mây khí ở tương đối gần, được chiếu sáng bởi các vì sao. Nhưng Hubble lại không tin như thế. Năm 1924, ông đã tiến hành đo khoảng cách của tinh vân Tiên nữ bằng cách sử dụng các ngọn đèn pha vũ trụ là các sao xêphêit. Thật ngạc nhiên, kết quả cho thấy khoảng cách tới tinh vân này là 900.000 năm ánh sáng<sup>11</sup>. Như vậy, ngay cả khi đối chiếu với kết quả đo không chính xác của Shapley về kích thước Ngân Hà, thì tinh vân cũng đã nằm bên ngoài Ngân Hà rồi. Vậy là Tiên nữ đã trở thành một thiên hà và là chị em sinh đôi với Ngân Hà của chúng ta. Vũ trụ bỗng chốc có một loạt các thiên hà. Các “hòn đảo-vũ trụ” của Kant đã trở thành hiện thực. Ngày nay, chúng ta biết rằng Ngân Hà cũng chỉ là một thiên hà (tập hợp hàng trăm tỷ Mặt trời liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn) trong số hàng trăm tỷ thiên hà trong vũ trụ quan sát được.



*Kính thiên văn Hubble*

<sup>11</sup> Giá trị hiện đại trên thực tế là 2,3 triệu năm ánh sáng.

Sau khi mở toang các cánh cửa vũ trụ ra ngoài thiên hà, sau khi chứng tỏ rằng vũ trụ rộng lớn mênh mông và Ngân Hà cũng chỉ nhỏ nhoi thôi, Hubble vẫn chưa định dừng ở đó. Ông miệt mài thiết lập trật tự trong việc phân loại các thiên hà, chia chúng thành các loại: thiên hà xoắn ốc, thiên hà elip và thiên hà bất thường (xem: *Các loại thiên hà*). Đặc biệt, ông lần công vào một vấn đề đã hấp dẫn các nhà thiên văn trong nhiều năm. Rất lâu trước khi hiểu được bản chất thực sự của chúng, các nhà quan sát tinh vân (mà thực chất là các thiên hà - ND) đã nhận thấy ánh sáng của chúng bị dịch về phía đỏ. Dịch chuyển đỏ này được xem là do các thiên hà chạy trốn ra xa nhau<sup>12</sup>. Chuyển động này càng nhanh thì ánh sáng của thiên hà nhìn càng đỏ. Nói cách khác, chỉ cần đo độ dịch chuyển đỏ của ánh sáng một thiên hà là có thể suy ra vận tốc chạy trốn của nó. Sau thiên hà Tiên nữ, Hubble đã tiến hành đo khoảng cách và vận tốc chạy trốn của nhiều thiên hà khác bằng cách sử dụng các sao xêphêit của các thiên hà đó và độ dịch chuyển đỏ của ánh sáng của chúng. Các nỗ lực của ông đã được đền đáp. Năm 1929, ông công bố phát hiện lớn thứ hai: nếu tất cả các thiên hà đều chạy trốn ra xa Ngân Hà chúng ta, thì chuyển động chạy trốn này không diễn ra một cách ngẫu nhiên. Và ông đã công bố điều mà hiện nay được gọi là “định luật Hubble” nói rằng: vận tốc chạy trốn của một thiên hà tỷ lệ thuận với khoảng cách của nó. Một thiên hà nằm cách xa gấp ba lần sẽ chạy trốn nhanh hơn ba lần, một thiên hà cách xa gấp 10 lần sẽ chạy trốn nhanh hơn 10 lần. Và chuyển động chạy trốn này là như nhau theo mọi hướng. Mặc dù nghe có vẻ kỳ quặc và khó tin, nhưng kết luận là không thể đảo ngược: vũ trụ đang giãn nở.

Một hệ quả quan trọng khác của thực tế vận tốc chạy trốn của một thiên hà biến thiên tỷ lệ với khoảng cách của nó so với Trái đất là vũ trụ có một khởi đầu. Do sự tỷ lệ thuận giữa khoảng cách và vận tốc, nên mỗi thiên hà đã mất chính xác cùng một thời gian như nhau để đi từ điểm khởi đầu này tới vị trí hiện nay của chúng. Nếu đảo các sự kiện bị đảo ngược lại, thì tất cả các thiên hà sẽ gặp nhau ở cùng

<sup>12</sup> Người ta gọi đó là hiệu ứng Doppler (xem mục từ này). Nó cũng được áp dụng với âm thanh: âm thanh của còi xe cứu thương trở nên đột ngột chói hơn đối với một người đứng yên khi xe tiến tới gần rồi vụt qua anh ta.



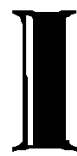
một điểm vào cùng một thời điểm. Từ đó mà có ý tưởng về một vụ nổ nguyên thủy, gọi là “Vụ nổ lớn”, hay Big Bang trong tiếng Anh, tạo ra sự giãn nở hiện nay của vũ trụ. Như vậy, Hubble đã dựng lên cái cột trụ (bằng quan sát) đầu tiên của lý thuyết Big Bang.

Einstein đã không giấu được sự phẫn khởi của mình khi biết phát hiện của Hubble. Hơn một thập kỷ trước đó, vào năm 1917, thuyết Tương đối rộng đã nói với ông rằng vũ trụ phải chuyển động: có thể là giãn nở, có thể là co sập lại, giống như một quả bóng được ném lên không trung, phai bay lên hoặc rơi xuống. Nói một vũ trụ tĩnh Tương đương với nói rằng một quả bóng này có thể đứng bất động và lơ lửng trên không. Tuy nhiên, tất cả, trong các quan sát thời đó, đều cho thấy vũ trụ là tĩnh. Chống lại trực giác của mình, Einstein đã phải làm xấu đi các phương trình duyên dáng của ông bằng cách thêm vào một số hạng phụ gọi là “hằng số vũ trụ” (xem mục từ này), một dạng lực “phản hấp dẫn” có nhiệm vụ ngăn không cho vũ trụ tự co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn. Nhưng giờ đây, bỗng nhiên, hằng số vũ trụ không còn lý do tồn tại nữa, vì theo Hubble vũ trụ không còn là tĩnh nữa. Tò ra hối tiếc vì đã không tin vào chính lý thuyết yêu quý của mình - lẽ ra ông đã có thể tiên đoán được một trong những phát hiện vĩ đại nhất của nhân loại -, Einstein đã vứt bỏ hằng số vũ trụ vào quên lãng và gọi việc trước đó mình đã đưa vào hằng số này là “sai lầm lớn nhất đời tôi”. Năm 1931, ông đã lên tận đình Wilson để xem kính thiên văn và đích thân cảm ơn Hubble đã giải phóng cho ông khỏi sai lầm này.

Nhưng hằng số vũ trụ rất cao số. Như một con phượng hoàng, sau đó nó đã tái sinh từ chính đống tro tàn của mình. Sau hơn năm thập kỷ bị lưu đày và lãng quên, nó lại sống dậy vào đầu những năm 1980, với sức mạnh rực rỡ hơn bao giờ hết, nhưng dưới một dạng khác. Các nhà vật lý ngày nay nghĩ rằng nó có thể giúp chúng ta hiểu được cơ chế khởi phát Big Bang, và giải thích được sự tăng tốc giãn nở hiện nay của vũ trụ. Ngay cả khi tin rằng mình đã nhầm, Einstein vẫn rất thiên tài!

Với sự kính trọng của Einstein, “siêu sao” khoa học của thời đại, Hubble cũng trở thành một “ngôi sao” trong nhận thức của dân chúng Mỹ. Các ngôi sao Hollywood ai cũng muốn làm quen với nhà thám hiểm vũ trụ này. Diễn viên Charlie Chaplin, các văn sỹ nổi

tiếng như Aldous Huxley, tác giả cuốn *Những thế giới tốt đẹp hơn*, đưa nhau lên đỉnh Wilson để ngắm kính thiên văn và mời Hubble dự tiệc. Hubble được khoác đầy vinh quang và danh vọng. Dù đã rất nỗ lực lobby (thậm chí ông còn sử dụng dịch vụ của một công ty quảng cáo để quảng bá sự nghiệp của mình), nhưng ông vẫn không có được giải thưởng lớn nhất, giải Nobel, điều mà ông đã rất tiếc cho tới tận cuối đời. Không có giải Nobel nào được trao cho thiên văn học (người ta kể rằng đó là do vợ của Alfred Nobel có quan hệ với một nhà thiên văn học), và khi ủy ban Nobel quyết định rằng thiên văn học có thể được coi như một ngành của vật lý (kể từ đó nhiều giải Nobel vật lý đã được trao cho các nhà thiên văn học), nhưng quyết định này được đưa ra sau khi Hubble qua đời, vào năm 1953. Dù sao, người phát hiện ra bản chất của các tinh vân và sự giãn nở của vũ trụ chắc chắn đã được đánh giá cao khi biết rằng kính thiên văn không gian mang tên ông không ngừng phát hiện ra vô số những điều kỳ diệu trên sân khấu vũ trụ bao la mà ông đã có rất nhiều đóng góp để dựng lên.



## Ích lợi của các sao siêu mới

Sao siêu mới mang lại cho chúng ta rất nhiều ích lợi. Chính nhờ chúng mà tự nhiên đã gieo được vào không gian giữa các vì sao các nguyên tố nặng được chế ra trong các lò luyện hạt nhân của các ngôi sao. Thực tế, thành tựu vĩ đại là hạt nhân của các nguyên tố nặng nói trên sẽ chẳng có tác dụng gì nếu như chúng cứ bị cầm tù mãi ở lõi các ngôi sao này. Lõi quá nóng của các ngôi sao sẽ chặn đứng sự thăng tiến trên con đường phức tạp hóa. Sự tạo dựng lên, xuất phát từ các hạt nhân nguyên tử, các cấu trúc phức tạp hơn như các nguyên tử, phân tử hay chuỗi xoắn kép ADN, đòi hỏi một môi trường ít nóng hơn, yên tĩnh hơn, như môi trường giữa các vì sao. Đối với các sao có khối lượng nhỏ, chính tinh vân hành tinh đóng vai trò trung gian giữa sao và môi trường giữa các vì sao. Nhưng tinh vân này vấp phải hai khó khăn: thứ nhất, nó nhẹ (bằng một nửa khối lượng Mặt trời, thậm chí còn thấp hơn) và như vậy không thể gieo vào không gian một lượng lớn nguyên tố nặng; thứ hai, nguyên tố nặng mà nó sở hữu là cacbon hay oxy - các nguyên tố rất hữu ích, đã đành là thế, nhưng còn lâu mới đủ bộ sưu tập 81 nguyên tố hóa học bền mà tự nhiên dùng để chế tạo ra sự phức tạp và vẻ đẹp của thế giới. Vì thế tự nhiên phải sử dụng đến biện pháp mạnh: đó là làm nổ tung ngôi sao. Khối lượng được giấu thêm các nguyên tố nặng và bị đẩy vào trong môi trường giữa các vì sao sẽ lớn hơn nhiều so với trường hợp tinh vân hành tinh. Các khối lượng lớn gấp vài lần, thậm chí hàng chục lần khối lượng Mặt trời đã bị đẩy vào không gian. Việc gieo vào môi trường giữa các vì sao các nguyên tố nặng trong trường hợp này sẽ hiệu quả hơn nhiều.

Nhưng tác dụng của các sao siêu mới không chỉ dừng lại ở đó: chúng còn sử dụng lượng năng lượng khổng lồ của mình để khởi động lại lò luyện hạt nhân đã bị ngừng lại ở lõi các sao. Sự thăng tiến của thang phức tạp đã bị chặn lại ở đó bởi vì hạt nhân sắt từ chối

tổng hợp với các hạt nhân khác nếu như không được cấp thêm năng lượng. Thế mà, năng lượng thì sao siêu mới lại có thừa! Lần này, sắt bùng cháy và các phản ứng tổng hợp hạt nhân lại lồng lên. Khoảng 60 nguyên tố nặng đã ra đời trong vụ nổ sao siêu mới này. Bằng các nguyên tố hóa học giờ đã đầy đủ, tự nhiên có đủ 81 nguyên tố bền và sử dụng chúng để tạo nên thế giới. Chúng ta hãy cùng đón chào sự xuất hiện của vàng và bạc, những người bạn đồng hành xa xỉ và giàu có của chúng ta; tungstene, dùng để chế tạo dây tóc bóng điện; hay thủy ngân dùng trong nhiệt kế... Mười nguyên tố phóng xạ có thời gian sống rất dài và chỉ tự phân rã sau hàng triệu, thậm chí hàng tỷ năm cũng đã ra đời; trong số đó phải kể đến urani, dùng để chế tạo bom nguyên tử từng phá hủy Hiroshima và Nagasaki.

Cuối cùng, sao siêu mới mang lại cho chúng ta một công dụng nữa: với năng lượng kinh hoàng của chúng, chúng tung vào không gian giữa các vì sao các luồng proton, electron và các hạt nhân khác sinh ra từ lò luyện đầy sáng tạo của sao, với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng. Một số trong các hạt này một ngày nào đó sẽ đến Trái đất và được các máy đếm Geiger của các nhà vật lý ghi được, và được họ gọi là các "tia vũ trụ" (xem mục từ này). Các nhà sinh thái nghĩ rằng các tia vũ trụ này có thể tương tác với các gien của cơ thể chúng ta và làm cho chúng biến đổi. Thông qua các tia vũ trụ, các sao siêu mới như vậy rất có thể đã là nguồn gốc của một số đột biến gien xảy ra trong quá trình tiến hóa của các loài, từ tế bào nguyên thủy cho tới chúng ta.

## 10

Xem: Vệ tinh của Mộc tinh

**K**

## Kepler, Johannes

Kepler (1571-1630) có lẽ là nhà thiên văn lý thuyết có óc đổi mới nhất của giai đoạn từ khi Ptolemy (vào khoảng năm 150) công bố tác phẩm *Almageste* và Isaac Newton (năm 1687) công bố *Các nguyên lý toán học của triết học tự nhiên*. Ông chính là người đã phát hiện ra bí mật chuyển động của các hành tinh và lần đầu tiên biểu diễn chúng dưới dạng toán học như chúng ta biết ngày nay. Các định luật về hành tinh của ông đã đóng một vai trò cơ bản trong việc xây dựng nên lý thuyết Vạn vật hấp dẫn sau này của Newton. Kepler cũng là người đầu tiên hiểu được rằng các hình ảnh của thế giới bên ngoài hình thành trên võng mạc của mắt, và nào đóng một vai trò chủ động trong thị giác.

Kepler sinh ngày 27.12.1571 trong một gia đình theo đạo Tin lành dòng Luther, ở thành phố Weil-der-Stadt, nằm trong một vùng trồng nho miền Tây Nam nước Đức. Ông bị sinh thiếu tháng, "sau thời gian mang thai 224 ngày, 9 giờ và 53 phút" (tức mới được 7 tháng), theo lời của chính ông. Sự quan tâm đến khoảng thời gian chính xác giữa thụ thai và ra đời chứng tỏ ngay cho chúng ta thấy mối quan tâm mạnh mẽ của Kepler đối với chiêm tinh học. Kepler có thể chất gầy còm, cả đời ốm yếu và bệnh tật. Không những thế, năm lên ba ông còn mắc bệnh đậu mùa, làm cho thị giác của ông bị suy giảm nghiêm trọng. Gia đình ông cũng không thuộc loại khá giả. Cha ông, theo như ông miêu tả là "một người đàn ông hư hỏng, ương ngạnh và hay gây chuyện, đáng phải chịu một kết cục tồi tệ. Kim tính và Hòa tính còn làm trầm trọng thêm mức độ độc ác của ông". Suy sụp sau khi bị phá sản, cha ông tham gia quân đội Áo với tư cách là lính đánh thuê, và mất năm 1589, bỏ lại gia đình trong cảnh nghèo túng. Mẹ ông cũng không khá gì hơn: ông miêu tả đó là một người đàn bà "nhỏ bé, gầy gò, độc ác và rất nhiều tính xấu"; được nuôi dưỡng bởi một người dì đã phải kết thúc cuộc đời trên giàn hỏa

thieu vì tội phù thủy, bản thân bà sau đó cũng bị kết tội vì những hành động xấu tương tự.

Tuy nhiên, chính cha mẹ lại là những người đã giúp ông khám phá thiên văn học. Mẹ ông đã chỉ cho ông sao chổi nổi tiếng năm 1577 được Tycho Brahé (xem mục từ này) nghiên cứu và từng làm nhà thiên văn người Đan Mạch này nghi ngờ cái căn cứ vững chắc của quan niệm Aristotle về tính bất biến của bầu trời và sự chân thực của các tinh cầu hành tinh. Được cha dạy cách khám phá nguyệt thực ngày 31.1.1580, Kepler đã được chiêm ngưỡng cái đĩa nhạt và đỏ của Mặt trăng chìm trong bóng của Trái đất.



Năm 1589 ông đăng ký học thần học và triết học, và cả toán học, vật lý học và thiên văn học ở Đại học Tübingen. Nhờ có giáo sư dạy toán, nhà thiên văn học Michael Maestlin, người sau đó đã trở thành một người bạn trung thành của ông, Kepler đã biến mình thành người bảo vệ nhiệt thành hệ thống nhật tâm của Copernicus: Trái đất và các hành tinh khác quay xung quanh Mặt trời, chứ không phải Mặt trời quay xung quanh Trái đất, như Ptolemy ủng hộ. Kepler dự định trở thành mục sư Tin lành, nhưng những nghi ngờ của ông về sự tiên định và hệ địa tâm của Ptolemy đã khiến cho ông trở nên lưỡng lự. Năm 1594, ông được mời làm giáo viên toán cho một trường trung học Tin lành ở Graz, Styrie (nay thuộc Áo), và ông đã chấp nhận.



Trách nhiệm của ông còn thêm cả chuyện lấy các lá số tử vi. Vào thời kỳ đó, sự phân biệt giữa thiên văn học và chiêm tinh học còn chưa rõ ràng, và rất nhiều người nghiên cứu chuyên động của các thiên thể để nhằm đọc ở đó số phận của con người. Kepler nhận thấy rằng các lập luận chiêm tinh học thiếu sự chặt chẽ: “Trước những nền tảng sai lầm của chiêm tinh học, một đầu óc quen với những suy diễn toán học đã cưỡng lại rất lâu, rất lâu, như một con la búồng binh, bị vụt và chửi mắng, cuối cùng cũng chịu đưa chân vào vũng bùn.” Mặc dù rất dè dặt đối với các phương pháp của chiêm tinh học ở thời của mình, nhưng năm 1595, Kepler vẫn thực hiện thành công hai tiên đoán: một mùa đông khắc nghiệt và nước Áo bị người Thổ Nhĩ Kỳ xâm chiếm, điều này làm cho ông được tôn trọng và trở nên nổi tiếng, cộng với một khoản lương tăng. Hóa ra, chiêm tinh học đã cho ông một phương tiện kiếm sống. Ông viết: “Chúa đã trao cho mỗi động vật các phương thức để sinh tồn. Đối với nhà thiên văn, Người đã trao cho anh ta chiêm tinh học.” Trong suốt cuộc đời mình, Kepler luôn ấp ủ hy vọng xây dựng một chiêm tinh học mới dựa trên một nền tảng kinh nghiệm chặt chẽ, và biến nó thành một khoa học chính xác ngang hàng với vật lý học hay toán học.

Nhưng ông dành phần lớn thời gian của mình để suy nghĩ về bản chất của vũ trụ. Năm 1596, ông công bố tác phẩm đầu tiên, *Bí mật vũ trụ*, trong đó ông khẳng định sự ủng hộ của mình đối với mô hình Copernicus và quan tâm đến vấn đề số lượng các hành tinh (sáu hành tinh đã được biết vào thời đó là Thủy tinh, Kim tinh, Trái đất, Hỏa tinh, Mộc tinh và Thổ tinh; trong khi đó Thiên Vương tinh, Hải Vương tinh và Diêm Vương tinh còn chưa được phát hiện), khoảng cách của chúng đến Mặt trời và chuyển động của chúng.

Hiết sức huyền bí, Kepler tin rằng Chúa là nhà hình học và rằng vũ trụ phải được chi phối bởi toán học. Vẻ đẹp và sự hoàn hảo của toán học phải được phản ánh trong bầu trời và sự phân bố của các hành tinh. Thế nhưng, nhà toán học người Hy Lạp Pythagoras lại chứng minh rằng, trong không gian ba chiều, chỉ có thể tồn tại năm hình khối hoàn hảo, đó là các đa diện đều mà các mặt của chúng là đồng nhất: tứ diện, có bốn mặt là bốn tam giác; khối lập phương, có sáu mặt hình vuông; bát diện, có tám mặt là tám tam giác; thập nhị diện, có mười hai ngũ giác; và nhị thập diện, có hai mươi tam giác.

Sáu hành tinh đã biết, tách rời nhau bởi năm khoảng cách. Năm hình khối hoàn hảo, năm khoảng cách giữa các hành tinh: theo Kepler, đó không thể là một sự trùng hợp ngẫu nhiên. Sự trùng hợp này giải thích đồng thời vấn đề số các hành tinh và phân bố của chúng so với Mặt trời. Kepler xây dựng một Hệ Mặt trời ở đó năm hình khối Pythagoras lồng khít trong sáu mặt cầu hành tinh (các hành tinh được giả định là gắn trên các tinh cầu trong suốt) theo cách sau: Thủy tinh - bát diện - Kim tinh - nhị thập diện - Trái đất - thập nhị diện - Hỏa tinh - tứ diện - Mộc tinh - khối lập phương - Thổ tinh. Ngày nay chúng ta biết rằng tồn tại tám hành tinh (Điểm Vương tinh - (xem mục từ này) - đã bị loại ra khỏi hàng ngũ các hành tinh) và bảy khoảng cách, và giải thích của Kepler như vậy không thể được coi là đúng nữa. Nhà thiên văn của chúng ta đã không biết rằng thực tại được quyết định đồng thời bởi cả ngẫu nhiên và tất yếu. Số lượng chính xác các hành tinh và sự phân bố của chúng đối với Mặt trời không phải là những dữ liệu cơ bản (tất yếu), mà liên quan đến chuỗi những cái tình cơ mang tính lịch sử (ngẫu nhiên), đó là trò kết tụ các hạt bụi trong quá trình hình thành Hệ Mặt trời, cách đây 4,55 tỷ năm. Trong một Hệ Mặt trời khác quanh một ngôi sao khác, số lượng các hành tinh và các khoảng cách giữa chúng sẽ khác. Sở dĩ Kepler nhầm là vì ông đã không biết phân biệt cái ngẫu nhiên (không cơ bản) với cái cơ bản.

Ngay cả khi có sự nhầm lẫn đối với những gì liên quan đến Hệ Mặt trời và năm hình khối hoàn hảo, nhưng Kepler vẫn tạo ra được một cuộc cách mạng trong thiên văn học và, khi làm điều đó, ông đã đặt nền móng cho vật lý hiện đại. Thiên văn học trước Kepler là thuần túy mô tả: chỉ cần lập một bản đồ về bầu trời, theo dõi các chuyển động của Mặt trời, Mặt trăng và các hành tinh theo thời gian, và dự báo nhật thực, nguyệt thực, xuân phân, thu phân, và đông chí, hạ chí. Tự vấn về nguyên nhân vật lý của các chuyển động trên bầu trời, về các lực của tự nhiên là việc thú yếu trong các mối quan tâm của nhà thiên văn. Tất cả những điều đó đã thay đổi với Kepler. Ông đã quan tâm đến vấn đề chuyển động của các hành tinh: tại sao một hành tinh ở càng xa Mặt trời, thì nó dịch chuyển càng chậm? Quỹ đạo của Thổ tinh lớn hơn quỹ đạo của Mộc tinh khoảng hai lần (bằng 9,5 lần khoảng cách Trái đất - Mặt trời thay vì 5,2 lần). Trong

lần xuất bản đầu tiên cuốn *Bí mật vũ trụ*, Kepler đã viện đến khái niệm huyền bí các vị “thần linh” là nguyên nhân chuyển động của các hành tinh: “Chúng ta phải chọn giữa hai giả thuyết: hoặc là các vị thần làm chuyển động các hành tinh kém tích cực khi hành tinh ở xa Mặt trời hơn, hoặc là tồn tại một vị thần duy nhất ở trung tâm của tất cả các quỹ đạo, chính là Mặt trời, đẩy hành tinh mạnh hơn khi nó gần, nhưng đẩy yếu hơn khi nó ở xa, vì lực giảm theo khoảng cách.” Nhưng, trong lần tái bản thứ nhất vào năm 1621, ông đã sửa lại: “các vị thần này không tồn tại... Nếu thay từ “thần” bằng từ “lực”, khi đó chúng ta sẽ thu được nguyên lý chi phối vật lý của tôi về bầu trời {...}. Trong quá khứ tôi đã tin rằng lực đẩy một hành tinh là một thần linh {...}. Nhưng khi nhận ra rằng nguyên nhân của chuyển động giảm tỷ lệ với khoảng cách của Mặt trời, giống như cường độ của ánh sáng của Mặt trời giảm theo khoảng cách, thì tôi đã đi đến kết luận rằng lực này phải là một cái gì đó “thực thể” - “thực thể” ở đây không phải theo nghĩa đen, mà {...} theo cùng cách chúng ta nói rằng ánh sáng là có tính thực thể, nghĩa là đối tượng không có tính thực thể này phát ra từ một đối tượng thực thể.”

Chúng ta thấy ở đây những manh nha đầu tiên của khái niệm hiện đại về “lực”, nó vừa mang tính vật chất vừa phi vật chất, mà sau đó Newton đã phát triển đến đỉnh điểm. Trong suy nghĩ của Kepler, từ các niềm tin huyền bí thời Trung đại, đã dần dần hình thành những khái niệm đầu tiên của vật lý hiện đại. Với ông, chúng ta là nhân chứng của một sự biến đổi chậm chạp và dần dần từ mô hình vật linh sang mô hình cơ học về vũ trụ.

Tay nhiên, các quan sát mà Kepler có được không đủ độ chính xác cần thiết giúp ông đột phá được bí mật của chuyển động các hành tinh. Ông tin rằng chìa khóa nằm trong kho báu các quan sát thiên văn mà Tycho Brahe đã kiên nhẫn tích lũy trong 20 năm ở Đài thiên văn Uraniborg, Đan Mạch. Ông đã biểu lộ ước vọng mạnh mẽ muốn được sử dụng những tài sản quý báu của Tycho trong một lá thư gửi người bạn và cũng là người thầy của mình là Maestlin: “Đây là quan điểm của tôi về Tycho: ông ta là một người vô cùng giàu có. Nhưng ông ấy không biết sử dụng tài sản của mình, như phần lớn những người giàu có khác. Vì vậy cần phải tìm cách lấy đi tài sản của ông ấy.” Nhiều sự kiện đã giúp ông thực hiện ước mơ này.

Năm 1598, vị quận công trẻ tuổi Ferdiand de Habsbourg, vì muốn tiết trừ dòng Luther ở các tỉnh của nước Áo nên đã quyết định đóng cửa tất cả các trường Tin lành, kể cả trường Graz. Kepler từ chối cái sang Công giáo và đã làm các thủ tục để quay trở lại trường cũ của ông là Đại học Tübingen, nhưng bất thành do các quan điểm của ông về Copernicus. Tycho Brahe, người mà ông gửi tặng cuốn *Bí mật vũ trụ*, đã mời ông làm trợ lý cho mình ở Prague, trong cung đình của hoàng đế Rodolphe II. Ông đến đó ngày 1.1.1600. Mối quan hệ giữa hai người đàn ông này không hề dễ dàng, vì Tycho tỏ ra lưỡng lự không muốn chia sẻ các quan sát quý báu của mình với một đối thủ trẻ đầy tiềm năng. Mặt khác, Tycho không muốn dùng những số liệu quan sát của mình để củng cố cho hệ thống nhật tâm của Copernicus, mà ông hy vọng dùng nó để củng cố cho hệ thống thế giới riêng của mình, một hệ thống dung hòa giữa hệ thống địa tâm của Ptolemy và hệ thống Copernicus, trong đó Mặt trời quay xung quanh Trái đất trong một năm và tất cả các hành tinh khác đều quay xung quanh Mặt trời. Tuy nhiên, Tycho đã trao cho Kepler các quan sát của mình về Hỏa tinh, một hành tinh có các quỹ đạo ít tròn nhất trong số các hành tinh của Hệ Mặt trời, và do đó là một kiểm chứng tốt cho mọi lý thuyết về chuyển động của các hành tinh.

Nhưng rồi, các sự kiện dồn dập diễn ra. Tycho đột ngột qua đời một năm sau, ngày 24.10.1601. Kepler được Rodolphe II bổ nhiệm làm nhà toán học hoàng gia mà trước đó người quá cố nắm giữ. Kepler có nhiệm vụ lập các bảng vị trí mới của các hành tinh (sau đó được công bố dưới cái tên *Bảng Rodolphe*, để vinh danh vị hoàng đế). Tuy nhiên, bí mật về chuyển động của các hành tinh mới là thứ ám ảnh ông. Ông vội vã tiếp nhận các số liệu quan sát quý báu của Tycho, bất chấp sự lưỡng lự của gia đình nhà thiên văn Đan Mạch, như ông đã nói rõ trong một lá thư đề năm 1605: "Phải thú nhận rằng lúc Tycho qua đời, tôi đã lợi dụng sự vắng mặt của những người thừa kế của ông, hay sự thiếu cảnh giác của họ, để giữ lấy các số liệu quan sát của ông, hay thậm chí có thể nói là đã chiếm đoạt chúng..."

Bởi vì Chúa là nhà hình học, nên Kepler đã giả định một cách hoàn toàn tự nhiên rằng quỹ đạo của các hành tinh phải có hình

dạng hoàn hảo, nghĩa là các quỹ đạo đó phải là tròn, và chuyển động của các hành tinh phải hoàn hảo, nghĩa là chuyển động của chúng phải là đều. Bằng cách nghiên cứu các số liệu quan sát mà Tycho Braché đã tích lũy được về Hỏa tinh, sau tám năm làm việc nặng nhọc, khoảng 40 thử nghiệm thất bại và hàng trăm trang tính toán, và trái ngược với các niềm tin riêng siêu hình của mình, Kepler đã phải thừa nhận rằng quỹ đạo của các hành tinh không phải là tròn, và chuyển động của chúng không cũng không phải là đều. “Tôi đã quét sạch chuồng ngựa của Augias<sup>13</sup>!”, ông tuyên bố. Ông đã phát biểu hai định luật đầu tiên của mình về chuyển động của các hành tinh (cơ cả thấy ba định luật) trong tác phẩm *Thiên văn học mới*, được công bố năm 1609. Định luật đầu tiên nói rằng quỹ đạo các hành tinh có dạng elip, với Mặt trời nằm ở một trong các tiêu điểm của elip đó. Nói cách khác, trong hành trình của mình, một hành tinh xích lại gần và rời xa Mặt trời một cách đan xen nhau. Định luật thứ hai nói rằng các hành tinh tăng tốc khi chúng xích lại gần Mặt trời, và giảm tốc khi rời xa Mặt trời. Nói cách khác, một hành tinh càng gần Mặt trời thì nó chuyển động càng nhanh; càng ra xa Mặt trời, nó chuyển động càng chậm.

Định luật thứ ba phải mãi đến năm 1618 mới được công bố trong một tác phẩm khác mang tên *Sự hài hòa của thế giới*. Kepler đã thiết lập ở đó một mối quan hệ toán học chính xác giữa thời gian mà một hành tinh phải mất để thực hiện một vòng quay trọn vẹn xung quanh Mặt trời, và khoảng cách trung bình của nó tới ngôi sao này. Thời gian này không biến thiên tỷ lệ thuận với khoảng cách, mà theo hàm lũy thừa bậc 1,5 của khoảng cách trung bình đó. Chẳng hạn, nếu Trái đất chỉ phải mất, theo định nghĩa, một năm để thực hiện trọn vẹn một vòng quay xung quanh Mặt trời, thì Mộc tinh, nằm ở khoảng cách lớn hơn 5,2 lần, sẽ đi hết một vòng quanh Mặt trời không phải là 5,2 năm, mà  $5,2^{1,5} = 11,9$  năm.

Các định luật này thông báo sự ra đời của vật lý hiện đại. Mặc dù không được chấp nhận ngay lập tức (Galileo và Descartes không hề biết đến cuốn *Thiên văn học mới*), nhưng chúng sẽ giúp Newton xây dựng nên lý thuyết Vạn vật hấp dẫn. Ngày nay, NASA vẫn sử

<sup>13</sup> Ẩm chỉ một công việc nặng nhọc, tốn nhiều công sức - ND

dụng các định luật này để phỏng các con tàu thăm dò không gian lên các thiên thể của Hệ Mặt trời.

Trong cuốn *Sự hài hòa của thế giới*, Kepler thử tiến hành một sự tổng hợp lớn thâu tóm không chỉ hình học, thiên văn học và chiêm tinh học, mà cả âm nhạc nữa. Vốn định ninh rằng “các hình dạng hình học đã cung cấp cho đấng Tạo hóa một mô hình để trang trí cho toàn thế giới”, rằng thế giới phải được xây dựng theo các nguyên lý của cái đẹp và sự hài hòa, nên ông cố gắng giải thích các tỷ lệ của thế giới tự nhiên, đặc biệt là các khía cạnh thiên văn học và chiêm tinh học, không chỉ bằng hình học, mà còn cả bằng âm nhạc nữa. Nhà thiên văn của chúng ta cho rằng thực sự tồn tại “một âm nhạc của các khối cầu”. Ông tin rằng tồn tại một mối liên hệ sâu sắc giữa vũ trụ và âm nhạc, và rằng chuyển động của mỗi hành tinh tương ứng với một nốt nhạc: “Chuyển động của các thiên thể không gì khác hơn là một khúc hát nhiều giọng, một âm nhạc... đánh dấu nhịp của làn sóng không thể đo đếm được của thời gian.”

Bên cạnh những nghiên cứu về chuyển động của các hành tinh, Kepler còn quan tâm đến quang học. Ông ý thức rằng cần phải hiểu được các hiện tượng như khúc xạ của khí quyển có thể ảnh hưởng như thế nào đến các quan sát của Tycho Brahe. Thực vậy, quỹ đạo của ánh sáng bị lệch hướng khi đi xuyên qua khí quyển Trái đất để đến được mắt chúng ta, điều này có thể dẫn đến những sai lệch trong các phép đo vị trí của các hành tinh, và ảnh hưởng đến các tính toán quỹ đạo. Tác phẩm *Phân quang học của thiên văn học*, công bố năm 1604, chứa rất nhiều kết quả mới về quang học: một cách giải thích hình học về sự hình thành các hình ảnh qua một cái lỗ đục trong một phòng tối, định luật phản xạ ánh sáng bởi các gương phẳng và cong, định luật về sự suy giảm cường độ ánh sáng tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách.

Ông cũng đề cập đến chủ đề thị giác và sự tri giác các hình ảnh của mắt. Ông hiểu rằng điểm hội tụ của các tia sáng và tạo thành hình ảnh là vòng mạc chứ không phải là thủy tinh thể, như người ta đã từng tin như thế trong hai thiên niên kỷ trước. Để giải quyết vấn đề về sự đảo ngược hình ảnh của thế giới bên ngoài trên vòng mạc, Kepler gợi ý chính xác rằng chính bộ não đã tái lập lại định hướng thực của vật và làm cho ta nhìn thấy vật theo đúng chiều của nó. *Phân*

quang học của thiên văn học cũng thường được coi là tác phẩm nền tảng của quang học hiện đại.

Năm 1604, Kepler may mắn được quan sát một sao siêu mới, tức cái chết bùng nổ của một ngôi sao nặng trong Ngân Hà. Sao siêu mới này ngày nay mang tên ông. Năm 1610, ông biết tin Galileo đã phát hiện ra bốn vệ tinh quay quanh Mộc tinh nhờ kính thiên văn. Phát hiện này đã ủng hộ hệ thống Copernicus bởi vì các vệ tinh quay quanh Mộc tinh chứ không phải quanh Trái đất. Ngay lập tức ông viết một lá thư ủng hộ Galileo, mặc dù Galileo vẫn chưa hề biết có rất nhiều lời kêu gọi ủng hộ *Thiên văn học mới* của Kepler. Bức thư này về sau được công bố dưới nhan đề *Nói chuyện với Sứ giả của các vì sao* (*Sứ giả của các vì sao* là nhan đề một tác phẩm của Galileo trong đó ông thông báo các phát hiện của mình về các vệ tinh của Mộc tinh). Thích thú với phát minh ra kính thiên văn, Kepler viết một tác phẩm thứ hai về quang học năm 1611, đặt tên là *Khúc xạ học*, trong đó ông giải thích sự vận hành của các thấu kính và kính thiên văn.

Ông cũng dành những năm cuối đời để hoàn thành *Bảng Rodolphe*, bảng các vị trí được lập dựa trên các quan sát của Tycho Brahe và các nghiên cứu của ông về chuyển động của các hành tinh. Các bảng này cuối cùng cũng được công bố bằng tiền riêng của ông vào năm 1627.

Như vậy, Kepler đã theo đuổi các nghiên cứu của mình bất chấp một cuộc sống khó khăn, thường là đầy rẫy các bi kịch. Lần kết hôn đầu của ông không hạnh phúc (lần thứ hai còn bất hạnh hơn). Người vợ đầu của ông chết và nhiều đứa của ông qua đời khi chúng còn rất nhỏ. Ông đã phải tốn rất nhiều công sức để bảo vệ mẹ mình, người đã bị buộc tội làm phù thủy. Cuộc đời ông bị cuốn trong những đau khổ của một thời kỳ khắc nghiệt, được đánh dấu bằng một không khí chính trị và tôn giáo căng thẳng. Chiến tranh Ba mươi năm (1618-1648) giữa những người theo Thiên chúa và Tin lành, làm một phần ba dân số Trung Âu chết và tha hương, đã buộc ông phải chuyển nhà nhiều lần, và làm ông mất việc. Ông nợ như chúa Chổm.

Kepler mất ngày 15.11.1630 tại Ratisbonne, ở Bavière, khi mới 59 tuổi, trong sự cùng quẫn tột độ. Mộ của ông đã bị phá hủy trong

chiến tranh Ba mươi năm, nhưng vẫn bìa do chính ông viết thì vẫn còn:

*Tôi từng đo trời,  
Nay tôi đo bóng;  
Linh hồn tôi đã khám phá bầu trời,  
Giờ thế xác tôi yên nghỉ trong lòng đất.*

Lịch sử khoa học sẽ nhớ mãi Kepler như người đã tạo ra mối liên kết giữa tư tưởng Copernicus và Newton. Ông đã lấy ý tưởng nền tảng của Copernicus - Mặt trời ngự trị ở trung tâm của Hệ Mặt trời - để biến nó thành một mô hình toán học về thế giới. Khoa học cũng sẽ mãi khắc ghi tên ông như người đã phát hiện ra bí mật chuyển động của các hành tinh, mà dựa vào đó Newton xây dựng nên lý thuyết Vạn vật hấp dẫn. Ngày nay, đối với chúng ta, Kepler vẫn là một nhân vật kỳ lạ và uy nghiêm, có hai mặt giống như Janus: một quay về phía huyền bí của quá khứ, một về phía khoa học hiện đại của tương lai mà chắc chắn ông là một trong những người sáng lập.

*Tìm đọc: Arthur Koeslter, Những người miên hành (Les Somnambules), Calmann-Lévy, 1960.*

## Khí hậu Trái đất

Nước cho phép sự sống này nở trên Trái đất. Đại dương là nơi thuận lợi tuyệt vời cho sự sống phát triển: nước, bằng mật độ của nó, không chỉ tạo điều kiện thuận lợi cho các tế bào gặp nhau, mà còn dùng làm lá chắn chống lại các tia cực tím độc hại của Mặt trời trẻ. Lá chắn nước là rất thiết yếu, vì cách đây khoảng hai tỷ năm, khi sự sống trên Trái đất mới chập chững những bước đầu tiên, oxy vắng bóng và khí quyển Trái đất chưa thể phát triển tầng ozon (*xem mục từ này*) như ngày nay để bảo vệ chúng ta khỏi các tia cực tím. Nước



không chỉ là giao diện giữa trời và đất, giữa khí quyển và mặt đất, mà nó còn là thành phần chính cấu tạo nên các sinh vật: chúng ta được cấu thành tới 70% là nước. Không có nước, thì thực vật và động vật sẽ không thể tồn tại và sống sót.

Những nguồn nước lớn như các đại dương không chỉ dùng làm cái nôi cho sự sống. Chính chúng còn có tác dụng điều hòa khí hậu Trái đất. Ánh sáng và nhiệt lượng của Mặt trời liên tục miệt mài với cuộc chơi bốc hơi và ngưng tụ để mang đến cho chúng ta những trận mưa và những ngày trời đẹp. Bức xạ Mặt trời làm nóng nước của các đại dương và biến nó thành hơi nước. Để làm nước bốc hơi, nó cần phải được cung cấp rất nhiều năng lượng. Làm nóng nước lên đến nhiệt độ 100°C chưa đủ; còn cần phải cho nó một lượng nhiệt dư (gọi là nhiệt hóa hơi) để phá vỡ các liên kết phân tử của nước lỏng. Ngược lại, khi hơi nước ngưng tụ, lượng lớn nhiệt này sẽ được hoàn trả lại. Đó chính là nguyên lý của nồi hơi: nó dựa trên “ăn” nhiệt ngưng tụ của hơi nước. Tương tự, những lượng năng lượng khổng lồ tham gia vào cuộc chơi bốc hơi và ngưng tụ của nước trên Trái đất. Mỗi ngày, hơn 1.000 tỷ tấn nước bốc hơi và nhập vào khí quyển. Nước được tổ chức thành các đám mây (*xem mục từ này*), tập hợp các giọt nước mưa nhỏ cân bằng với hơi nước, và di chuyển theo gió. Các đám mây này ngưng tụ thành mưa trên biển, qua đó tái phân bố nhiệt Mặt trời dưới dạng nước mưa. Nước rơi xuống biển, rồi lại bị bốc hơi, và một chu kỳ mới bắt đầu. Một số đám mây di chuyển vào các lục địa, và chính đất đai lần này được tưới nước. Nước mưa chảy xuống theo các sườn dốc, tạo thành sông, suối, và tất cả cuối cùng đều lại đổ ra biển. Nước mưa cũng có thể thấm vào đất, cung cấp cho các mạch nước ngầm. Nó hòa tan một số nguyên tố hóa học của đá, qua đó gây ra một hiệu ứng bào mòn cơ học xóa đi những chỗ gồ ghề của khung cảnh Trái đất.

Nha nhiệt trong mùa đông và tích nhiệt trong mùa hè, biến động một vai trò rất căn bản trong sự điều hòa khí hậu Trái đất. Chẳng hạn, 10 cm nước đầu tiên trên mặt đại dương là đủ để hấp thụ và biến thành nhiệt toàn bộ bức xạ của Mặt trời. Điều này làm cho nhiệt độ trung bình của nước luôn luôn cao hơn nhiệt độ của không khí xung quanh: khoảng 17,5°C so với 15°C của không khí. Bởi vì các lượng năng lượng khổng lồ Mặt trời tham gia cuộc chơi làm nóng hoặc làm

lạnh nước biển, nên đại dương đóng vai trò là máy điều hòa nhiệt độ của Trái đất. Các biến thiên nhiệt độ ở đây không bao giờ là cực hạn. Chẳng hạn, trong khi các lục địa có thể có các chênh lệch nhiệt độ lên tới  $40^{\circ}\text{C}$  giữa mùa đông và mùa hè, thì nhiệt độ của nước trên mặt đại dương không bao giờ biến thiên quá  $5^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt tích tụ trong mùa hè và được nhả vào khí quyển trong mùa đông giải thích vì sao mùa đông ở các vùng ven biển luôn ấm hơn ở trong đất liền. Đó cũng là lý do vì sao nước Pháp, phần lớn được biển bao bọc, được hưởng một khí hậu ôn hòa.

Gió đóng một vai trò thiết yếu trong việc tạo ra trời mưa và trời đẹp. Gió thổi khi các chênh lệch về áp suất khí quyển - tức trọng lượng của cột khí ở trên đầu chúng ta - được thiết lập giữa hai vùng khác nhau. Khí càng nóng thì nó càng giãn nở, trở nên loãng hơn và nhẹ hơn, nó càng bay lên cao hơn và áp suất của nó càng thấp hơn. Khí càng lạnh thì nó càng đặc và nặng, nó càng xuống thấp hơn và áp suất của nó càng lớn hơn. Khí tìm cách cân bằng áp suất một cách tự nhiên. Nó dịch chuyển song song với mặt đất từ các vùng áp suất cao về các vùng áp suất thấp. Chính các chuyển động này của không khí là nguyên nhân sinh ra gió làm mát chúng ta vào những ngày hè và làm gay gắt thêm cái rét vào mùa đông.

Các chuyển động của không khí cũng là nguyên nhân sinh ra các dòng hải lưu. Không khí nóng ở vùng nhiệt đới bay lên và hướng về phía các cực, tại đó bị lạnh đi, nó lại đi xuống xích đạo, sinh ra gió trên mặt biển. Gió này sinh ra các dòng vận chuyển nước nóng ở các vùng vĩ độ thấp lên các vùng vĩ độ cao, còn nước lạnh thì theo hướng ngược lại.

## **Khí quyển Trái đất**

Phi thuyền không gian "Trái đất" của chúng ta được ban tặng một lớp khí quyển tuyệt vời bao quanh nó như một cái kén. Cái kén này dường như được điều chỉnh sao cho đủ dày để bảo vệ sự sống

khỏi các tia cực tím độc hại của Mặt trời, cho phép sự sống này nở và phát triển, mà lại đủ mỏng để cho qua đi phân nhìn thấy được của ánh sáng Mặt trời vốn cần thiết để duy trì sự sống.

Khí quyển Trái đất cũng là thứ chất lưu sống còn mà chúng ta hít vào phổi. Không khí mà chúng ta hít thở được cấu thành phần lớn từ nitơ (78% về thể tích) và oxy (21%), cộng thêm một chút argon (0,9%) và khí cacbonic (0,03%). Lượng hơi nước trong không khí dao động từ 0,1% đến 0,3%, tùy theo địa điểm và các điều kiện khí hậu.

Khí quyển mà Trái đất có ngày hôm nay không phải là thứ khí quyển ở những thuở ban đầu của nó. Khí quyển nguyên thủy của Trái đất bao gồm các khí dồi dào nhất ở thời kỳ ra đời Hệ Mặt trời, đó là hydro, heli, metan, amoniac và hơi nước. Nhưng, do bị Mặt trời hun nóng, chúng đã dần thoát ra khỏi lực hấp dẫn của Trái đất. Mặt trời có tác dụng như một cái quạt khổng lồ thổi các khí nguyên thủy này ra ngoài Hệ Mặt trời. Nitơ trong khí quyển ngày nay là một sản phẩm của rất nhiều vụ phun trào núi lửa xảy ra trên Trái đất thời non trẻ. Còn oxy, đó là một sản phẩm của sự sống. Sự sống ra đời dưới biển cách đây hơn 3,5 tỷ năm. Cách đây 400 triệu năm, sự sống dưới biển (tảo lam và lục) đã bắt đầu lao vào cuộc chinh phục các lục địa nhờ sự hình thành lớp ozon bảo vệ nó khỏi các tia cực tím độc hại của Mặt trời. Cây và rừng sinh sôi nảy nở trên đất liền và nhả ra rất nhiều oxy nhờ sự kỳ diệu của quá trình quang hợp (xem mục từ này). Trái đất là hành tinh duy nhất của Hệ Mặt trời có oxy tự do trong khí quyển của mình, và sở dĩ như vậy là nhờ quá trình tiến hóa của sự sống.

Phần lớn (99%) của khí quyển Trái đất nằm dưới độ cao 30 km, tức 0,5% bán kính 6.378 km của Trái đất. Nếu thu hành tinh của chúng ta nhỏ lại bằng một quả cam, thì khí quyển của Trái đất sẽ mỏng hơn vỏ của quả cam này. Một nửa nằm ở dưới độ cao 5 km. Khi đi quan sát ở đài thiên văn Mauna Kea, đặt trên đỉnh của một núi lửa đã tắt, trên đảo Hawaii, ở độ cao hơn 4.000 m, tôi cảm thấy rất thiếu oxy, khiến cho tôi đau đầu dữ dội, và thường phải đến đó trước ít nhất một ngày mới quen với khí hậu. Tương tự, những người leo núi phải đeo các mặt nạ oxy mới có thể leo lên được các đỉnh núi cao của hành tinh.

Ngoài việc bảo vệ và nuôi dưỡng sự sống, lớp khí quyển còn ban tặng thêm cho chúng ta cảnh tượng tuyệt đẹp của vòm trời đầy

sao về ban đêm, và bầu trời cao rộng ban ngày. Trên thực tế, nếu khí quyển của chúng ta dày hơn (như trên Kim tinh ở đó khí quyển nặng hơn khoảng 90 lần), thì nó sẽ biến thành một tấm chắn mây, chắn hết ánh sáng Mặt trời, không cho người sống trên Trái đất thực hiện được các quan sát thiên văn từ mặt đất. Nếu nó mỏng hơn, thì không chỉ sự sống trên Trái đất không thể xuất hiện được mà cả bầu trời xanh và các trò chơi đa dạng của ánh sáng Mặt trời với các đám mây, và rất nhiều hiện tượng quang học khác, cũng sẽ không thể xảy ra để mang lại niềm vui sống cho chúng ta.

Vào một ngày có nắng và quang mây, khi Mặt trời chói chang với toàn bộ sức tỏa sáng của nó, ta có cảm giác như không gì có thể ngăn cản được hành trình của ánh sáng và nó tới mặt đất một cách nguyên vẹn. Tuy nhiên, một lượng lớn của ánh sáng Mặt trời không đến được chỗ chúng ta. Khoảng 30% ánh sáng này bị phản chiếu vào không gian. 70% còn lại đi vào khí quyển, bị yếu đi theo hai cách: hoặc là bị hấp thụ, hoặc là bị định hướng lại sang các hướng khác, một hiện tượng có tên là "tán xạ". Sự hấp thụ làm giảm lượng ánh sáng đến chúng ta, và chúng ta thấy các vật ở xa sáng yếu hơn. Ánh sáng bị hấp thụ được chuyển hóa thành nhiệt và được phát trở lại dưới dạng ánh sáng hồng ngoại. Sự hấp thụ là rất chọn lọc; chỉ có một số màu là bị hấp thụ thôi: sự lựa chọn này phụ thuộc vào cấu trúc nguyên tử của vật hấp thụ; một số khác thì hành xử như thể không có gì xảy ra vậy. Trong khi đó thì tán xạ ảnh hưởng đến tất cả các màu, nhưng theo cách không bình đẳng. Những tác nhân gây ra sự hấp thụ và tán xạ là các phân tử không khí nhỏ và các hạt bụi trôi nổi trong khí quyển.

Ánh sáng ban ngày tạo nên niềm vui cho các nhà nhiếp ảnh như vậy là tổng hợp của nhiều ánh sáng: ánh sáng đến từ Mặt trời, ánh sáng phát sinh từ bầu trời, bị tán xạ bởi không khí và những đám mây, cùng với ánh sáng phản xạ từ mặt đất.

Cảnh tượng Trái đất và bầu trời vào một ngày trời quang nhìn qua cửa sổ máy bay phản lực ở độ cao khoảng 10 km so với mặt đất luôn có một vẻ đẹp rất hiếm hoi. Bầu trời, các dãy núi và các dòng sông như hòa vào nhau trong một bàn giao hường khổng lồ phớt xanh. Tiếc là họa sỹ người Anh Turner, người đã một lần buộc chặt mình vào cột buồm của một con thuyền giữa bão tố để quan sát rõ

hơn các màu sắc của biển động, đã không được đi máy bay và ngắm các trò chơi này của ánh sáng Mặt trời với Trái đất và bầu trời! Các bạn chắc đã quan sát thấy rằng, nhìn từ máy bay, bầu trời trông thẫm hơn so với nhìn từ mặt đất. Giải thích điều này thật đơn giản: ánh sáng của bầu trời được quyết định bởi lượng phân tử không khí nằm trên trục nhìn của chúng ta; càng có nhiều các phân tử không khí này, thì bầu trời càng sáng, và nó càng ít sẫm hơn. Bởi vì càng lên cao thì không khí càng loãng, nên càng có ít hơn các phân tử không khí trên đường ngắm của chúng ta khi nhìn từ cửa sổ máy bay; không khí như vậy sẽ kém sáng hơn và do đó bầu trời trông sẫm hơn. Nếu bạn đẩy thí nghiệm này lên mức cực hạn, tức là loại bỏ tất cả các phân tử không khí, thì sẽ không còn ánh sáng màu lam nào được tán xạ nữa để làm sáng bầu trời và bầu trời khi đó sẽ tối đen như mực. Đây chính là điều đã xảy ra trong không gian hay trên bề mặt Mặt trăng nơi hoàn toàn không có không khí. Chính vì thế bầu trời mà các nhà thiên văn nhìn từ không gian hay từ Mặt trăng luôn luôn là một màu đen hoàn toàn.

Trái với những gì chúng ta nghĩ, không khí như vậy không phải là "vô hình". Chúng ta luôn cảm nhận được nó qua màu xanh lam của bầu trời và của các dãy núi xa xa. Sở dĩ màu lam làm rung động tới nơi sâu kín nhất trong tâm hồn chúng ta, là bởi vì chúng ta cảm nhận được một cách trực giác rằng đó là màu của chất lưu có tầm quan trọng sống còn, màu của chất mà chúng ta hít vào trong phổi để duy trì sự sống. Nhà thơ người Anh John Ruskin đã từng thốt lên: "Màu lam - màu được Chúa chỉ định là nguồn của những niềm vui thú!" Khi ngược mắt lên trời, cái nhìn của chúng ta không mất hút trong khoảng bao la vô tận. Mà trái lại, chúng ta bắt gặp một lớp mỏng khí quyển màu lam sáng, được phóng chiếu trên nền đen của không gian, một dạng nước ối bảo vệ chúng ta khỏi sự giá lạnh và các tia độc hại của không gian giữa các vì sao trong khi chúng ta mài miết làm các công việc hằng ngày.

## Khoa học và cái Đẹp

Trong tâm thức đại chúng, hoạt động khoa học thường được coi là một hành động thuần túy duy lý, hoàn toàn không có cảm xúc, và vật lý thiên văn với tư cách là một khoa học cũng không có chỗ cho sự chiêm nghiệm thâm mĩ. Các phán xét về giá trị không được quyền đề cập đến; ở đây chỉ còn lại các sự kiện chính xác, lạnh lùng, khách quan. Tuy nhiên, nhà khoa học, cũng như người nghệ sỹ, rất nhạy cảm với cái đẹp và sự hài hòa của tự nhiên. Trong các chuyến công tác thường xuyên đến các đài thiên văn trên toàn thế giới, tôi không bao giờ vui đi hứng thú giao tiếp với vũ trụ thông qua một sứ giả đặc biệt mang tên ánh sáng. Trái tim tôi luôn rạo rực khi hình ảnh tuyệt đẹp của một thiên hà hiện lên màn hình tivi kết nối với kính thiên văn. Tôi run rẩy khi nghĩ rằng ánh sáng từ thiên hà này giờ đây đến được tận kính thiên văn của tôi đã bắt đầu chuyến chu du xuyên thiên hà thậm chí còn trước cả khi một số nguyên tử trong cơ thể tôi được trui rèn bởi lò luyện hạt nhân của một ngôi sao năng!

Quan niệm cho rằng công việc khoa học hoàn toàn không có tình cảm thâm mĩ là cực kỳ sai lầm. Nhà khoa học, cũng giống như nhà thơ, đều đề cho các nguyên do thâm mĩ dẫn dắt, bổ sung cho các nguyên do lý tính. Các nhà bác học vĩ đại nhất đã bày tỏ quan niệm rõ ràng về vai trò của cái Đẹp trong khoa học. Nhà toán học người Pháp Henri Poincaré (1854-1912) (*xem mục từ này*) từng viết: "Nhà khoa học không nghiên cứu tự nhiên vì mục đích vị lợi; anh ta nghiên cứu tự nhiên bởi vì anh ta tìm thấy ở đó niềm vui; và anh ta tìm thấy ở đó niềm vui bởi vì tự nhiên đẹp. Nếu tự nhiên không đẹp, nó sẽ chẳng đáng được nghiên cứu, và sự sống sẽ không đáng được sống." Và ông bổ sung định nghĩa sau về cái Đẹp: "Tôi nói đến cái đẹp sâu sắc xuất hiện từ sự hài hòa của các bộ phận và mọi trí tuệ thuần khiết đều có thể lĩnh hội được." Nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg (1901-1976) cũng nói đến cái Đẹp theo cùng ý nghĩa đó: "Nếu tự nhiên dẫn chúng ta đến các dạng thức toán học hết sức đơn giản và đẹp đẽ - từ "dạng thức" ở đây là tôi muốn nói đến các hệ thống chặt chẽ các giả thuyết, các tiên đề...- mà trước đó chưa một ai nhìn thấy, thì chúng ta không thể ngăn mình nghĩ rằng chúng là thật,

rằng chúng đã phát lộ một khía cạnh thực sự của tự nhiên... Chắc bạn cũng cảm nhận được điều này: sự đơn giản đến đáng sợ và tổng thể các kết nối mà tự nhiên bất ngờ phô bày trước mắt chúng ta và trước đó chúng ta không hề chuẩn bị để đón nhận." Bàn thân Albert Einstein (1879-1955) cũng viết ở cuối bài báo đầu tiên của ông về thuyết Tương đối rộng của mình như thế này: "Tất cả những người hiểu lý thuyết này sẽ không thể không nhận thấy sự kỳ diệu của nó." "Hài hòa", "đơn giản", "chặt chẽ", "kỳ diệu": tất cả những cái đó đều là định nghĩa của từ "cái Đẹp" trong khoa học.

Cái Đẹp mà nhà khoa học nói tới rất khác cái đẹp mà một người đánh giá khi thấy một phụ nữ đẹp. Về đẹp của phụ nữ tuân theo các tiêu chí phụ thuộc rõ ràng vào bối cảnh văn hóa, xã hội, tâm lý và sinh học. Trong khi phụ nữ có thân hình mũm mĩm trong các bức tranh của Rubens (1577-1640) hay của Renoir (1841-1919) là đại diện cho người phụ nữ lý tưởng trong thời đại của họ, thì giờ đây họ không còn là hình mẫu cho vẻ đẹp phụ nữ nữa. Giờ phụ nữ đẹp phải có thân hình mảnh mai và thon thả. Các quan niệm thẩm mỹ cũng thay đổi theo thời gian: Van Gogh (1853-1890) chết trong khốn cùng trong khi ngày nay các bức tranh của ông được bán rất đắt. Các quan niệm này cũng khác nhau ở các nền văn hóa khác nhau. Vẻ đẹp khó tả của ngôi đền Taj Mahal, ở Ấn Độ, là hoàn toàn khác với sự lộng lẫy của nhà thờ Chartres. Các quy ước hội họa tương ứng với một loại mực của Hokusai (1760-1849) diễn tả đỉnh núi Phú Sĩ không phải là các quy ước hội họa của Cézanne (1839-1906) khi ông vẽ ngọn núi Sainte-Victoire. Khác với vẻ đẹp của phụ nữ và của các tác phẩm nghệ thuật, vẻ đẹp của một lý thuyết vật lý không phải là tương đối; nó không phụ thuộc vào các thời đại hay các nền văn hóa, mà có tính phổ quát. Một nhà vật lý Trung Quốc có thể ngợi ca các giá trị của thuyết Tương đối rộng giống như một đồng nghiệp người Mỹ của anh ta.

Vậy vẻ đẹp trong khoa học là gì? Một lý thuyết đẹp bởi vì nó có một vẻ tất yếu. Không thể thay đổi bất kỳ cái gì của lý thuyết đó mà lại không phá vỡ sự hài hòa và cân bằng của nó. Thuyết Tương đối rộng của Einstein, theo ý kiến của tất cả các chuyên gia, là công trình trí tuệ đẹp nhất của trí tuệ con người. Một khi đã chấp nhận các nguyên lý vật lý dùng làm cơ sở cho thuyết về hấp dẫn của mình, Einstein đã không còn lựa chọn nữa; như bản thân ông từng viết:

“Sức lôi cuốn chủ yếu của lý thuyết nay nằm ở thực tế là tu nó là đủ. Chỉ cần một trong các kết luận của nó là không đúng, thì lập tức phải từ bỏ cả lý thuyết. Không thể sửa nó mà không phá vỡ toàn bộ cấu trúc của nó.” Đó là một cảm giác mà bạn chắc chắn từng có khi nghe một bản fuga của Bach: không một nốt nào có thể thay đổi mà không phá vỡ sự hài hòa của nó.

Phẩm chất thứ hai của một lý thuyết đẹp, đó là nó phải đơn giản. Ở đây không phải là sự đơn giản của các phương trình dệt nên lý thuyết (toán học trong thuyết Tương đối là rất phức tạp), mà là sự đơn giản của các ý tưởng ẩn sau nó. Chẳng hạn, vũ trụ nhật tâm của Nicolas Copernicus (1473-1543), trong đó các hành tinh quay quanh Mặt trời, là đơn giản hơn nhiều vũ trụ địa tâm của Ptolemy (khoảng 90-khoảng 168) trong đó Trái đất chiếm vị trí trung tâm và các hành tinh chuyển động trên các vòng tròn ngoại luân, mà bản thân các vòng tròn này lại có tâm chuyển động trên các vòng tròn khác, v.v. Một lý thuyết đẹp thỏa mãn định đề về sự đơn giản theo nguyên lý “lưỡi dao cạo Occam”: “Tất cả những gì không cần thiết thì đều vô ích” và bị cạo bỏ. Trong lịch sử các khoa học, mỗi khi một lý thuyết ban đầu đơn giản nhưng sau đó được phức tạp hóa lên để giải thích các dữ liệu mới (như thuyết địa tâm trong đó Ptolemy phải bổ sung ngày càng nhiều các vòng tròn ngoại luân để giải thích các quan sát ngày càng chính xác hơn về các chuyển động của các hành tinh), thì lý thuyết này là sai lầm.

Phẩm chất cuối cùng của một lý thuyết đẹp, đó là nó phải làm cho vẻ đẹp và chân lý trùng hợp nhau, cũng như phù hợp với tự nhiên. Theo Heisenberg, “vẻ đẹp là sự phù hợp của các bộ phận với nhau và với tổng thể”. Chẳng hạn, thuyết Tương đối là đẹp bởi vì nó đã kết nối và thống nhất các khái niệm nền tảng của vật lý mà trước đó vẫn xem là tách rời nhau như thời gian và không gian, khối lượng và năng lượng, vật chất và chuyển động. Chính cái khát vọng thẩm mỹ về sự phù hợp với Tất cả đã kích thích các nỗ lực của các nhà vật lý, từ hai thế kỷ nay, nhằm tìm ra một lý thuyết của Tất cả (hay lý thuyết của Vạn vật), một lý thuyết kết nối tất cả các hiện tượng vật lý của vũ trụ, thống nhất bốn lực cơ bản (*xem mục từ này*) của tự nhiên thành một siêu lực duy nhất.

Tất yếu, đơn giản và phù hợp với Tất cả: đó là những nét chính của một lý thuyết đẹp.



## Khoa học và Lợi ích

Trong các cuộc hội thảo cho công chúng của tôi, trong các phiên trả lời câu hỏi, thỉnh thoảng chủ đề lợi ích của vật lý thiên văn lại được đặt ra: sự thỏa mãn trí tò mò như nghiên cứu bầu trời và các vì sao liệu có đủ để biến mình cho hàng trăm triệu, thậm chí hàng tỷ đô la mà xã hội phai bỏ ra để chế tạo các kính thiên văn lớn trên mặt đất và trong không gian (*Hubble* tốn tới 9 tỷ đôla)? Liệu có tốt hơn không, nếu sử dụng số tiền này để giải quyết việc xóa đói giảm nghèo trên thế giới?

Tôi đã trả lời rằng trước hết cần phải đặt mọi thứ vào đúng chỗ của chúng. Tiền được chi cho nghiên cứu chiếm một phần rất nhỏ trong ngân sách quốc gia của các nước phát triển như Mỹ (khoảng 3% năm 2009) hoặc Pháp (dưới 2%). Tiền dành cho nghiên cứu thiên văn còn ít hơn, khoảng 7% tổng ngân sách nghiên cứu ở Mỹ, tức hai phần nghìn ngân sách quốc gia (ngân sách của Mỹ dành cho thiên văn học là 11 tỷ USD năm 2009). Để đặt mọi thứ trở lại đúng bối cảnh của chúng, các bạn hãy nghĩ rằng hơn một phần ba ngân sách của Mỹ dành cho Quốc phòng và duy trì quân đội. Một kính thiên văn đường kính 10 m không đắt hơn một máy bay tiêm kích quân sự. Và ngay cả khi chấp nhận rằng một đất nước có thể thực hành tiết kiệm bằng cách bỏ hết những nghiên cứu thiên văn, thì liệu chúng ta có đảm bảo rằng số tiền này sẽ được dùng để làm giảm đau khổ của những người đói nghèo nhất hay lại được dùng cho chiến tranh?

Ngoài các lý do tài chính trên, tôi nghĩ rằng không hề ngẫu nhiên chút nào khi vũ trụ, các vì sao và các thiên hà đã làm cho công chúng say mê và kích thích chú hướng của các nhà khoa học trẻ đầy triển vọng: tất cả chúng ta đều có một hoài niệm nhất định về những thuở sơ khai của chúng ta, tất cả chúng ta đều mang trong mình một ham muốn hiểu biết nguồn gốc của mình. Thiên văn học đã làm sáng tỏ những khơi đầu xa xôi của chúng ta. Nó giúp chúng ta đánh giá vị trí của mình trong không gian và thời gian, thấy mình nằm trong lịch sử dài lâu của quá trình tiến hóa vũ trụ như thế nào. Bằng cách phát lộ cho chúng ta thấy rằng chúng ta được sinh ra từ các hạt bụi sao, thiên văn học đã kết nối chúng ta với vũ trụ. Bằng

cách cho phép chúng ta lần ngược lại thời gian và chiêm ngưỡng sự mênh mông của không gian, thiên văn học cho phép chúng ta vượt lên trên sự mong manh của thể xác và sự ngắn ngủi của cuộc đời của chúng ta. Quan niệm triết học về thế giới mà thiên văn học mang lại cho chúng ta cũng quan trọng như việc phát hiện ra vắc xin chống ung thư hay bệnh AIDS, cũng như việc làm giảm đói nghèo trên toàn thế giới.

Như vậy, nghiên cứu trong thiên văn học phải được phát triển vì sự vinh quang của trí tuệ con người. Cuộc tìm kiếm vị trí của chúng ta trong vũ trụ, cũng như ý nghĩa của số phận chúng ta, chính là điều phân biệt con người với loài vật. Quá trình tiến hóa đã thêm vào não bò sát một vỏ não có khả năng tự đặt cho mình những câu hỏi như: Sự sống liệu có một ý nghĩa nào không? Chúng ta đến từ đâu? Và chúng ta sẽ đi tới đâu?

Các thành tựu công nghệ của vật lý thiên văn rốt cuộc có ích gì? Thoạt nhìn hầu như không có ích gì, bởi lẽ các ngôi sao và thiên hà không có bất kỳ chức năng sinh lợi nào đối với cuộc sống hằng ngày của chúng ta. Vật lý thiên văn là thuần túy nhất trong số các khoa học, theo nghĩa nó không bao giờ quan tâm trực tiếp tới các ứng dụng thực tiễn. Nhà vật lý thiên văn theo đuổi tri thức vì tri thức. Nói như vậy nhưng, khá thường xuyên, nghiên cứu thuần túy cũng tạo ra các thành tựu công nghệ vào thời điểm người ta ít chờ đợi nhất. Không thiếu các ví dụ. Khi Newton đưa ra lý thuyết Vạn vật hấp dẫn bằng cách chứng tỏ rằng chuyển động rơi của quả táo giống hệt như chuyển động của Mặt trăng xung quanh Trái đất, thì chắc chắn cái động lực thôi thúc ông không phải là hy vọng vào các ứng dụng thực tiễn của nó! Ấy vậy mà, ngày nay, trong cuộc sống hằng ngày của chúng ta, tất cả những gì chuyển động, tất cả những gì có một chuyển động - thang máy, ô tô, máy bay, vệ tinh - đều được chi phối bởi định luật đó của Newton. Và cũng chính bằng cách tự vấn mình: vũ trụ sẽ trình hiện trước mắt mình như thế nào nếu mình cưỡi trên một hạt ánh sáng, mà Einstein đã phát minh ra thuyết Tương đối hẹp. Chắc chắn ông không hề nghĩ đến các biểu hiện của sự tổng hợp hạt nhân trong các tâm sao cũng như trong quả bom nguyên tử. Ấy vậy mà tất cả đều đến từ công thức nổi tiếng của ông  $E = mc^2$  nói rằng vật chất và năng lượng là tương đương nhau. Lịch sử đã chứng minh một điều,

rằng ngay cả các lý thuyết trừu tượng nhất cũng chắc chắn dẫn đến các ứng dụng trong cuộc sống hằng ngày.

Tuy vậy, nghiên cứu thiên văn không được biện minh bằng những hứa hẹn lợi nhuận gắn với các thành tựu công nghệ. Nó phải được theo đuổi là vì vinh quang của tri tuệ con người.

## Khoa học và Minh triết

Khoa học không trực tiếp sinh ra minh triết. Nó không nói cho chúng ta biết cách giảm nhẹ đau khổ của chúng ta cũng như của những người khác như thế nào. Tri thức khoa học không thể nói cho chúng ta biết sống cuộc sống của chúng ta như thế nào. Nó không giúp chúng ta đưa ra các quyết định có tính luân lý hay đạo đức. Nhưng tôi nghĩ rằng khoa học có thể là nguồn cảm hứng kích thích chúng ta nhìn thế giới khác đi và hành động đúng đắn hơn. Nhờ có sự tham gia của tất cả các khoa học, từ vật lý thiên văn đến sinh học thần kinh, từ vật lý đến hóa học, cho tới linh trường học và địa chất học, ngày nay, chúng ta có một thiên đại sử thi về các nguồn gốc của chúng ta, trải trên khoảng thời gian 14 tỷ năm. Bức tranh vũ trụ khổng lồ này, nếu nó được cung cấp cho những người có thiện ý trên toàn thế giới, thì chắc chắn sẽ góp phần gắn kết họ với nhau.

Hiểu rằng tất cả chúng ta đều là những hạt bụi sao, rằng chúng ta chia sẻ cùng một lịch sử vũ trụ với loài linh dương trên các trảng cỏ và những đóa hồng ngát hương, rằng tất cả chúng ta đều kết nối với nhau qua không gian và thời gian, sẽ phát triển cảm giác của chúng ta về sự phụ thuộc lẫn nhau với những người khác. Đến lượt mình ý thức về sự phụ thuộc lẫn nhau sẽ phát triển trong chúng ta lòng trắc ẩn, vì chúng ta hiểu rằng bức tường mà tinh thần của chúng ta đã dựng lên giữa "tôi" và "người khác" chỉ là ảo giác, và rằng hạnh phúc riêng của chúng ta phụ thuộc vào hạnh phúc của những người khác. Viễn cảnh vũ trụ và hành tinh mà bức tranh được tái dựng này cung cấp cho chúng ta cũng nêu bật tính dễ bị tổn thương của hành

tinh chúng ta và sự cô đơn của chúng ta giữa các vì sao. Nó giúp chúng ta cân nhắc các vấn đề môi trường đang đe dọa chôn vùi thân của chúng ta trong mênh mông vũ trụ vượt lên trên các hàng rào chung tộc, văn hóa và tôn giáo; rã rạc các chất độc công nghiệp, các chất thải phóng xạ và khí gây hiệu ứng nhà kính (xem mục từ này) không hề biết đến các biên giới quốc gia. Sự truyền bá về cái “gốc chung” này sẽ tạo nên một sự toàn cầu hóa không xâm lược, không phai là sự toàn cầu hóa của một dân tộc hùng mạnh khai thác về mặt kinh tế và quân sự các dân tộc khác yếu thế hơn, mà là một toàn cầu hóa hòa bình. Thứ toàn cầu hóa kinh tế làm cho toàn thể giới kết nối với nhau bằng một mạng lưới thông tin ngày càng hoàn thiện hơn sẽ tạo điều kiện thuận lợi hơn cho sự toàn cầu hóa về tri thức khoa học này. Quá trình hòa bình này chắc sẽ cho phép công dân của toàn thể giới chia sẻ cùng một chân trời. Nó sẽ tạo nên một vạch nối của sự hợp nhất và chấp nối các cuộc đối thoại giữa những người thuộc các nền văn hóa đa dạng nhất. Nó sẽ phát triển trong chúng ta ý thức trách nhiệm toàn cầu và thúc đẩy chúng ta cùng nỗ lực để giải quyết các vấn đề đói nghèo, bệnh tật, và các thảm họa khác đang đe dọa nhân loại. Nó sẽ dẫn đến một chủ nghĩa nhân đạo phổ quát, tạo điều kiện thuận lợi cho những tiến bộ của hòa bình trên toàn thế giới.

## Khoa học và Phật giáo

Với tư cách là nhà vật lý thiên văn nghiên cứu sự hình thành và tiến hóa của các thiên hà, công việc khiến tôi thường xuyên phải tự vấn về các khái niệm như thực tại, vật chất, thời gian và không gian. Là một người Việt Nam lớn lên trong truyền thống Phật giáo, tôi không thể không khởi tự hỏi Phật giáo nhìn nhận các khái niệm này như thế nào. Nhưng tôi không chắc rằng một phương pháp nhằm đối chiếu khoa học và Phật giáo có thể có một ý nghĩa nào đó. Tôi biết trước hết là khía cạnh thực tiễn của Phật giáo, đó là giúp người ta hiểu được được chính mình, tấn tới về tinh thần, trở thành một

người tốt hơn. Đối với tôi, Phật giáo trước hết là một con đường dẫn đến Giác ngộ, một hoạt động chiêm nghiệm với cái nhìn chủ yếu hướng nội. Hơn nữa, khoa học và Phật giáo sử dụng các phương pháp nghiên cứu thực tại một cách hoàn toàn khác nhau. Trong khoa học, trí tuệ và lý trí đóng vai trò chính. Bằng cách phân chia, phân loại, phân tích, so sánh và đo đạc, nhà khoa học biểu diễn các quy luật của tự nhiên bằng thứ ngôn ngữ hoàn thiện là toán học. Trực giác chắc chắn không vắng bóng trong khoa học, nhưng nó chỉ có ích nếu nó có thể hòa chảy vào một phát biểu toán học chặt chẽ. Ngược lại, trực giác - trải nghiệm bên trong - lại đóng vai trò hàng đầu trong phương pháp chiêm nghiệm. Nó không cố gắng phân đoạn thực tại, mà tìm cách lĩnh hội thực tại trong tổng thể của nó. Phật giáo không sử dụng các dụng cụ đo đạc cũng như các quan sát tinh vi vốn cung cấp cơ sở thực nghiệm cho khoa học. Các phát biểu của Phật giáo có bản chất định tính hơn là định lượng. Tôi đồ rằng Phật giáo chỉ có rất ít thứ để nói về bản chất của thế giới hiện tượng, vì đó không phải là mối bận tâm chính của Phật giáo, trong khi đó, nó lại là mối quan tâm cơ bản của khoa học.

Tôi đã gặp Matthieu Ricard (sinh năm 1946) lần đầu tiên tại một khóa học mùa hè ở Andorre năm 1997. Matthieu là người lý tưởng để bàn về vấn đề này. Không chỉ vì ông đã được đào tạo bài bản về khoa học, đã nhận bằng tiến sỹ sinh học phân tử ở Viện Pasteur, mà vì ông còn hiểu rõ triết học và kinh sách Phật giáo, ông đã trở thành nhà sư và sống ở Népal từ 30 năm nay. Chúng tôi đã có những trao đổi lý thú trong các chuyến dã ngoại dài giữa khung cảnh hùng vĩ của dãy núi Pyrénées. Cuộc tranh luận của chúng tôi đã làm phong phú lẫn nhau, đã gợi lên các câu hỏi mới, các quan điểm chưa từng có, các tổng hợp bất ngờ từng đòi hỏi và vẫn không ngừng đòi hỏi phải đào sâu thêm và làm sáng tỏ hơn. Và cuốn sách, *Cái vô hạn trong lòng bàn tay*<sup>14</sup>, đã ra đời từ các cuộc trao đổi thân tình này giữa một nhà vật lý thiên văn sinh ra là Phật tử, người mong muốn đối chiếu các hiểu biết khoa học với các nguồn gốc triết học của mình, và một nhà khoa học phương Tây trở thành Phật tử, mà trải nghiệm cá nhân của ông đã dẫn tới việc so sánh hai phương pháp tiếp cận thực tại.

<sup>14</sup> Bản dịch tiếng Việt của Phạm Văn Thiều và Ngô Vũ - Nxb Trẻ.

Phật giáo mô tả thực tại nhờ ba khái niệm cơ bản: sự phụ thuộc lẫn nhau, trống rỗng và vô thường. Ba khái niệm nền tảng này tương ứng như thế nào với cách mô tả thực tại của khoa học hiện đại?

Trước hết chúng ta hãy xét khái niệm sự phụ thuộc lẫn nhau. Theo Phật giáo, sự phụ thuộc lẫn nhau là điều căn bản đối với sự thể hiện của các hiện tượng: không gì có thể tồn tại một cách tự lập và là nguyên nhân của chính mình. Một vật chỉ có thể được xác định bằng các vật khác, và chỉ tồn tại trong mối liên hệ với các thực thể khác. Nói cách khác, cái này xuất hiện bởi vì cái kia tồn tại. Theo Phật giáo, cảm nhận mà chúng ta có được về thế giới như là nó được cấu thành từ các hiện tượng tách rời bắt nguồn từ các nguyên nhân và điều kiện biệt lập được gọi là "chân lý tương đối" hay "chân lý lừa dối". Trải nghiệm hằng ngày khiến chúng ta tin rằng các vật có một thực tại khách quan độc lập, như thể chúng tồn tại tự thân và có một căn cước nội tại. Nhưng Phật giáo giữ quan điểm rằng cách thức linh hội các hiện tượng này chỉ là một sản phẩm tinh thần không đứng vững được trước sự phân tích. Phật giáo khẳng định rằng một sự kiện chỉ có thể xảy ra trong mối liên hệ và phụ thuộc với các nhân tố khác. Một vật chỉ có thể này sinh nếu nó được kết nối, bị quy định và quy định vật khác. Một thực thể tồn tại độc lập với tất cả các thực thể khác phải hoặc là đã tồn tại mãi mãi, hoặc là hoàn toàn không tồn tại. Nó không thể ảnh hưởng đến bất kỳ cái gì và cũng không gì có thể ảnh hưởng đến nó. Thực tại không thể được định xứ cũng như không thể phân đoạn, mà phải được xét như một toàn bộ và tổng thể.

Nhiều thí nghiệm vật lý đã chỉ cho chúng ta thấy tính tổng thể của thực tại này. Trong thế giới nguyên tử và dưới nguyên tử, các thí nghiệm kiểu EPR (*xem mục từ này*) nói với chúng ta rằng thực tại là "không thể phân tách", rằng hai hạt ánh sáng đã tương tác với nhau vẫn sẽ tiếp tục là bộ phận của một và chỉ một thực tại: dù khoảng cách giữa chúng có là bao nhiêu chăng nữa. thì hành trạng của chúng cũng tương liên tức thì mà không cần bất kỳ một sự truyền thông tin nào. Còn về thế giới vĩ mô, tính tổng thể của nó đã được chứng minh bằng con lắc Foucault (*xem mục từ này*) có hành trạng không phải phù hợp với môi trường địa phương, mà là với toàn vũ trụ. Cái được tổ chức trên Trái đất chúng ta đã được quyết định trong mệnh mông bao la của vũ trụ.

Khái niệm sự phụ thuộc lẫn nhau nói rằng các sự vật hiện tượng không thể được định nghĩa một cách tuyệt đối, mà chỉ tương đối so với các sự vật hiện tượng khác. Về bản chất, chính ý tưởng này cũng là định nghĩa của nguyên lý tương đối về chuyển động trong vật lý, được Galileo phát hiện, và sau đó được Einstein lấy lại và phát triển lên tới đỉnh. “Chuyển động như không”, Galileo từng nói. Ý ông muốn nói ở đây là chuyển động của một vật không thể được xác định một cách tuyệt đối, mà chỉ là so với chuyển động của một vật khác. Không một thí nghiệm hay phép đo nào được thực hiện bởi một hành khách trên một toa tàu chạy không có tiếng động với vận tốc không đổi và tất cả các rèm cửa sổ đều được buông xuống cho phép anh ta biết toa tàu của mình đang đứng im hay chuyển động. Chỉ bằng cách kéo rèm lên và nhìn khung cảnh trời qua thì hành khách đó mới nhận ra. Chừng nào còn chưa có một sự quy chiếu với bên ngoài, thì chừng ấy chuyển động là tương đương với không chuyển động. Phật giáo nói: các sự vật không có tồn tại tự thân, mà chỉ có so với các sự kiện khác. Còn nguyên lý tương đối nói: chuyển động chỉ có thực tại so với khung cảnh trời qua.

Thời gian và không gian cũng đã mất đi tính tuyệt đối mà Newton đã trao cho chúng (xem: *Không-thời gian*). Einstein nói với chúng ta rằng chúng chỉ có thể được định nghĩa một cách tương đối, tức là đối với chuyển động của người quan sát và cường độ của trường hấp dẫn tại nơi mà anh ta đang ở. Tại điểm kỳ dị của một lỗ đen (xem mục từ này), lực hấp dẫn mạnh tới mức ngay cả ánh sáng cũng không thể thoát ra khỏi, thì một giây có thể dài bằng cả thiên thu. Giống như Phật giáo, thuyết Tương đối nói rằng sự trôi của thời gian, với một quá khứ đã qua và một tương lai còn chưa tới, chỉ là ảo giác, vì tương lai của tôi có thể là quá khứ của một người khác và là hiện tại của một người thứ ba: tất cả phụ thuộc vào chuyển động tương đối của chúng ta. Thời gian không trôi, nó đơn giản chỉ tồn tại ở đó mà thôi.

Bất nguồn trực tiếp từ khái niệm phụ thuộc lẫn nhau mà có khái niệm trống rỗng. Trống rỗng không có nghĩa là hư không, mà là sự vắng bóng tồn tại riêng. Bởi vì tất cả phụ thuộc lẫn nhau, nên không gì có thể được xác định cũng như tồn tại tự thân. Khái niệm về các tính chất nội tại tồn tại tự chính chúng và bởi chính chúng

cũng không còn đúng nữa. Nhưng chú ý! Phật giáo không nói rằng các sự vật không tồn tại, bởi vì chúng ta có trải nghiệm về nó. Phật giáo không có thái độ hu vô mà người ta thường gán một cách sai lầm cho nó. Phật giáo khẳng định rằng sự tồn tại này là không tự lập, mà phụ thuộc lẫn nhau, và như vậy tránh được quan điểm duy vật về thực tại. Phật giáo chấp nhận quan điểm trung dung, theo đó một hiện tượng không có tồn tại tự lập, nhưng không vì thế mà không tồn tại, và có thể tương tác và vận hành theo các quy luật nhân quả: đó là điều mà Phật giáo gọi là “Trung Đạo” vậy.

Một lần nữa, vật lý lượng tử cung cấp cho chúng ta một ngôn ngữ tương đồng một cách đáng ngạc nhiên. Theo Bohr và Heisenberg, chúng ta không thể nói về các nguyên tử hay electron như các thực thể thực có các tính chất rất xác định, như vận tốc hay vị trí nữa. Chúng ta phải xem chúng như tạo thành một thế giới không có các vật và các sự kiện nữa, mà chỉ có các tiềm năng. Chính bản chất của vật chất và của ánh sáng cũng trở thành một trò chơi của các mối quan hệ phụ thuộc lẫn nhau: nó không còn có tính chất nội tại nữa, mà có thể thay đổi bởi tương tác giữa người quan sát và vật được quan sát. Bản chất này không còn duy nhất nữa, mà là lưỡng tính và bổ sung cho nhau. Hiện tượng mà chúng ta gọi là “hạt” lại có dạng sóng khi người ta không quan sát nó. Nhưng ngay khi có phép đo hay quan sát, là nó lập tức khỏa trở lại tấm áo hạt. Nói về một hiện thực nội tại đối với một hạt, một hiện thực tồn tại mà ta không quan sát nó, là không có nghĩa, vì người ta không bao giờ có thể lĩnh hội được nó. Tán đồng quan niệm của Phật giáo về *samskara* (nghĩa là “sự kiện”), Cơ học lượng tử tương đối hóa một cách triệt để khái niệm vật bằng cách bắt nó phụ thuộc vào khái niệm đo, nghĩa là khái niệm sự kiện. Hơn nữa, sự nhòe mờ lượng tử áp đặt một giới hạn cơ bản cho sự chính xác của phép đo hiện thực này: sẽ luôn tồn tại một sự bất định nào đó hoặc là trong vị trí, hoặc là trong vận tốc của một hạt. Vậy là vật chất đã mất đi thực thể (*substance*) của nó.





Quan niệm của Phật giáo về sự phụ thuộc lẫn nhau là đồng nghĩa với trống rỗng, đến lượt nó, trống rỗng lại đồng nghĩa với vô thường. Thế giới như một luồng không lồ các sự kiện và các dòng chảy động, tất cả đều kết nối với nhau và tương tác liên tục với nhau. Quan niệm về sự thay đổi liên tục và hiện diện khắp nơi này giống với những điều mà vũ trụ học hiện đại nói. Tính bất biến của trời theo Aristotle và vũ trụ tĩnh của Newton không còn nữa. Tất cả đều chuyển động, tất cả đều thay đổi, và tất cả đều là vô thường, từ nguyên tử nhỏ nhất cho tới các thiên hà, các ngôi sao, con người và toàn vũ trụ. Được đẩy bởi một vụ nổ khởi thủy, vũ trụ loãng dần đi. Bản chất động này được mô tả trong các phương trình của thuyết Tương đối. Với lý thuyết Big Bang, vũ trụ có một lịch sử. Nó có một khởi đầu, một quá khứ, một hiện tại và một tương lai. Một ngày nào đó nó sẽ chết trong một lò lửa địa ngục cháy rừng rực hoặc trong sự lạnh lẽo băng giá. Tất cả các cấu trúc của vũ trụ - các hành tinh, sao, thiên hà hay đám thiên hà - cũng đều chuyển động liên tục và tham gia vào một vũ điệu vũ trụ khổng lồ (xem mục tiếp này): chuyển động quay quanh mình nó, quay quanh các thiên thể khác, rời xa hay sáp lại gần nhau. Chúng cũng có một lịch sử: chúng sinh ra, tiến hóa và chết. Các sao tuân theo các chu kỳ sinh tử đo bằng hàng triệu, thậm chí hàng tỷ năm.

Thế giới nguyên tử và dưới nguyên tử cũng không là ngoại lệ. Cả ở đó cũng vậy, tất cả đều vô thường. Các hạt có thể thay đổi bản

chất: một quark (viên gạch cơ bản của vật chất) có thể thay đổi họ hoặc "vị", một proton có thể trở thành một neutron kèm theo sự phát ra một positon (phản hạt của electron) và một neutrino (*xem mục từ này*), vật chất có thể biến thành năng lượng thuần túy. Chuyển động của một hạt có thể biến thành hạt, hoặc ngược lại. Nói cách khác, tính chất của một vật có thể biến thành vật. Nhờ sự mờ nhòe lượng tử của năng lượng, không gian bao quanh chúng ta có một số lượng lớn không thể tương tượng nổi các hạt gọi là "ao", tồn tại hư ảo và ngắn ngủi. Xuất hiện và biến mất trong các chu kỳ sinh tử vô cùng ngắn, chúng là những bằng chứng rõ ràng nhất của sự vô thường.

Khi trình bày các quan niệm tương đồng này về thực tại, ở đây tôi không hề có ý định gán cho khoa học các dấu ấn thần bí cũng như không hề bênh vực Phật giáo bằng các phát minh của khoa học. Khoa học vận hành một cách hoàn hảo và đạt được mục đích mà nó đã đề ra (hiểu được các hiện tượng) mà không hề cần một giá đỡ triết học nào của Phật giáo hay của một tôn giáo nào khác. Phật giáo, bản thân nó, là một khoa học về Giác ngộ, và dù Trái đất có quay quanh Mặt trời hay ngược lại cũng chẳng làm thay đổi gì. Nhưng bởi vì khoa học và Phật giáo đều đại diện cho một cách tìm kiếm chân lý mà các tiêu chí của chúng đều là: xác thực, chặt chẽ và logic, cách nhìn nhận thực tại tương ứng của chúng chắc không dẫn đến sự đối lập không thể giải quyết được mà, ngược lại, sẽ bổ sung cho nhau một cách hài hòa. Tôi chỉ có thể tán đồng với nhà vật lý Werner Heisenberg khi ông viết: "Tôi cho rằng tham vọng vượt qua các mặt đối lập, bằng cách đưa vào sự tổng hợp thấu tóm cả sự hiểu biết lý tính và trải nghiệm thần bí về sự thống nhất, là *mythos*, là sự tìm kiếm, được nói ra hay không nói ra, của thời đại chúng ta."

Sau các tranh luận với Matthieu Ricard, tôi càng khám phục cách Phật giáo phân tích thế giới các hiện tượng. Phật giáo thực hiện điều đó một cách sâu sắc và độc đáo. Nhưng không được quên rằng mục đích tối hậu của khoa học và của Phật giáo là không như nhau. Khoa học dừng lại ở nghiên cứu và giải thích các hiện tượng, trong khi đối với Phật giáo mục đích là chữa trị. Bằng cách lĩnh hội bản chất thực của thế giới vật lý, chúng ta có thể giải phóng mình khỏi những đau khổ sinh ra từ sự chấp trước của chúng ta với thực tại biểu kiến của thế giới bên ngoài và tiến lên con đường Giác ngộ. Khoa học,

ban thân nó là trung tính: nó không quan tâm đến đạo đức hay luân lý; những ứng dụng kỹ thuật của nó có thể là thiện hoặc ác đối với chúng ta. Ngược lại, sự chiêm nghiệm có mục đích là tạo những biến đổi bên trong chúng ta và phát triển trong chúng ta lòng trắc ẩn, để chúng ta có khả năng giúp đỡ người khác. Khoa học sử dụng các công cụ ngày càng hoàn thiện hơn, nhưng trong chiêm nghiệm, tinh thần là công cụ duy nhất. Chiêm nghiệm xem xét sự vận hành của các tư tưởng và tìm cách hiểu các tư tưởng này xâu chuỗi với nhau như thế nào để cuối cùng gắn kết với nó. Nó quan sát các cơ chế của hạnh phúc và đau khổ, và cố gắng nhận diện các quá trình tinh thần mang lại sự bình yên bên trong và sự thỏa mãn, để phát triển chúng và những quá trình, ngược lại, phá hủy sự bình yên đó, để loại trừ chúng. Khoa học mang lại cho chúng ta thông tin, nhưng không có liên quan gì với sự tiến bộ về tinh thần cũng như sự thay đổi bên trong của chúng ta. Ngược lại, cách tiếp cận chiêm nghiệm phải gây ra trong chúng ta một sự thay đổi cá nhân sâu sắc trong cách tri giác thế giới và tác động lên thế giới. Phật tử, khi ý thức được rằng các vật không tồn tại một cách tự lập, đã giảm bớt sự chấp trước của mình với chúng, và như vậy sẽ làm cho người đó bớt đau khổ hơn. Trước cùng một nhận định, nhà khoa học bằng lòng với việc coi nó như một tiến bộ tri tuệ mà không đặt vấn đề xem xét lại thế giới quan sâu sắc cũng như cách sống của mình.

Trước các vấn đề đạo đức hay luân lý cấp thiết - chẳng hạn như trong lĩnh vực di truyền - nhà khoa học phải cần đến tâm linh để giúp anh ta không quên nhân tính của mình. Einstein đã thể hiện điều đó hết sức đáng khâm phục: "Tôn giáo của tương lai sẽ là một tôn giáo vũ trụ. Nó sẽ phải vượt lên trên ý tưởng về một Thiên Chúa nhân hóa, và thoát khỏi các giáo điều và thần học. Bao trùm cả cái tự nhiên lẫn cái tinh thần, nó sẽ phải dựa trên một ý nghĩa tôn giáo sinh ra từ sự trải nghiệm tất cả các sự vật, tự nhiên cũng như tinh thần, coi như một tổng thể có ý nghĩa... Phật giáo đáp ứng được mô tả này... Nếu tồn tại một tôn giáo có thể phù hợp với các đòi hỏi cấp bách của khoa học hiện đại, thì đó chính là Phật giáo."

*Tìm đọc: Matthieu Ricard & Trịnh Xuân Thuận, Cái vô hạn trong lòng bàn tay, Nxb Trẻ.*

## Khoa học và Phương pháp

Khoa học không khách quan trong sự phân tích của nó như sự mô tả lý tưởng của phương pháp khoa học có thể khiến người ta tin như vậy. Nhà khoa học không làm việc một cách biệt lập, mà ở trong lòng một nền văn hóa và một xã hội nhất định. Dù có ý thức hay không, anh ta vẫn bị ảnh hưởng bởi các quan niệm siêu hình của những người xung quanh. Trong cách giải thích kết quả, anh ta cũng bị ảnh hưởng bởi quá trình đào tạo nghề nghiệp của mình - học tập với các thầy, tương tác với đồng nghiệp, đọc các công trình được công bố. Một khi được thực hiện, những quan sát thế giới bên ngoài và các thí nghiệm của anh ta sẽ được phân tích và giải thích dưới ánh sáng của thế giới bên trong các quan niệm và lý thuyết riêng của mỗi nhà khoa học. Chẳng hạn, nhà vật lý thiên văn sẽ sử dụng một lý thuyết về sự hình thành các thiên hà trong khi đồng nghiệp vật lý của anh ta sẽ viện đến một lý thuyết về các lực hạt nhân. Sự gắn bó với lý thuyết này chứ không phải lý thuyết kia cũng không phải là không có các định kiến. Nhà nghiên cứu sẽ bị ảnh hưởng bởi các quan niệm của thầy giáo hay đồng nghiệp của mình (xem: *Vật lý thiên văn và Thực tại*).

Với tư cách là sinh vật biết tư duy, nhà khoa học không thể quan sát tự nhiên một cách tuyệt đối khách quan. Trong khi nhiều lý thuyết chấp nhận được nhưng không tương thích nhau được đưa ra về cùng một hiện tượng, thì sự lựa chọn giữa các lý thuyết này thường bắt nguồn từ những ưu ái có tính chất siêu hình. Chẳng hạn, vào cuối những năm 1950, có hai lý thuyết chính về nguồn gốc của vũ trụ cạnh tranh nhau: lý thuyết Big Bang (xem mục từ này) thừa nhận một thời điểm sáng thế và một sự khởi đầu của vũ trụ, và lý thuyết Vũ trụ tĩnh (xem mục từ này) theo đó vũ trụ đã tồn tại trong suốt thời gian, không có bắt đầu và cũng không có kết thúc. Thế nhưng, vào thời kỳ đó, khái niệm “sáng thế” và “khởi đầu” đã nhuộm màu tôn giáo. Nhiều nhà vũ trụ học không muốn nghe nói đến nó và rất hạnh phúc khi lý thuyết Vũ trụ tĩnh đã bày sẵn cho họ một vũ trụ đã tồn tại trong suốt thời gian. Điều đó cho phép họ gạt bỏ được vấn đề sáng thế, mà vẫn giữ được lương tâm yên ổn,

không bị cản rút. Sự ưu ái có tính siêu hình này kéo dài cho tới năm 1965, khi mà sự phát hiện ra ánh sáng hóa thạch (*xem mục từ này*) đã giáng xuống lý thuyết Vũ trụ tĩnh một đòn chí tử: bởi vì lý thuyết này bác bỏ quan niệm về một sự khởi đầu nóng và đặc của vũ trụ, nên nó không thể cung cấp một cách giải thích tự nhiên nào cho bức xạ choán toàn vũ trụ này.

Một câu hỏi đặt ra: nếu các nhà khoa học có xu hướng đặt các sự kiện mới vào trong một khuôn khổ khái niệm đã có sẵn mà không chịu xem xét lại khuôn khổ siêu hình mà anh ta có thói quen nghiên cứu trong đó, thì tại sao khoa học lại không sa lầy trong một trạng thái bất động? Làm sao nó có thể tiến bộ được? Các cuộc cách mạng khoa học đã được diễn ra như thế nào? Như chúng ta đã thấy trong ví dụ về các lý thuyết Big Bang và lý thuyết Vũ trụ tĩnh, các cuộc cách mạng khoa học đều đã được phát động bởi các phát minh mới (như phát hiện ra bức xạ hóa thạch, chẳng hạn) và bởi sự tích lũy các sự kiện mới, không nằm trong sơ đồ cũ nữa và buộc các nhà khoa học phải xem xét lại khuôn khổ khái niệm của họ. Các cuộc cách mạng khoa học cũng xảy ra khi những con người thiên tài cảm đoán được các mối liên hệ mới giữa các hiện tượng mà trước đó tưởng như là tách rời. Theo nhà sử học khoa học Norwood Russel Hanson (1924-1967): “Nhà quan sát mẫu mực không phải là người thấy và kể lại những gì các nhà quan sát bình thường đã thấy và kể lại, mà phải là người nhìn thấy trong các đối tượng quen thuộc những cái mà chưa một ai khác đã nhìn thấy.” Newton đã phát hiện ra lực hấp dẫn khi ông hiểu được mối quan hệ giữa sự rơi của một quả táo và chuyển động của Mặt trăng quanh Trái đất. Einstein phát hiện ra thuyết Tương đối khi ông thấy sự kết nối lẫn nhau giữa không gian và thời gian. Các kỳ tích sáng tạo và tưởng tượng này không phải là do ngẫu nhiên, mà là thành quả của những năm tháng chín muồi căng thẳng bên trong, nó nuôi dưỡng các khái niệm, khôi phục, biến đổi và thống nhất các yếu tố bên ngoài tưởng như rời rạc.

Như vậy, các thiên vị có tính chất siêu hình và sự thiếu khách quan gắn liền với phương pháp khoa học không có nghĩa là nó hoàn toàn dư. Khoa học được bao vệ bởi một chỗ dựa vững chắc, nhờ đó cuối cùng nó luôn trở lại con đường đúng đắn, ngay cả đôi khi nó

đi chệch đường và rơi vào ngõ cụt. Chỗ dựa này chính là sự tương tác liên tục giữa lý thuyết và quan sát. Có hai khả năng: hoặc là các quan sát mới hay các kết quả thực nghiệm mới phù hợp với lý thuyết hiện thời, và lý thuyết này lại được củng cố thêm; hoặc là có sự mâu thuẫn, và lý thuyết phải được sửa đổi hoặc bị bác bỏ để nhường chỗ cho một lý thuyết khác, cũng có khả năng tiên đoán các hiện tượng kiểm chứng được bằng thực nghiệm. Nhà khoa học khi đó sẽ quay lại kính thiên văn hoặc máy gia tốc hạt của anh ta. Lý thuyết mới sẽ chỉ được chấp nhận nếu các tiên đoán của nó được khẳng định. Các quan sát và đo đạc nhằm xác minh lý thuyết mới cũng cần phải lập lại được và được khẳng định một cách độc lập bởi các nhà nghiên cứu khác và các kỹ thuật khác. Phương pháp này là rất cơ bản, đặc biệt khi đó là các phát minh làm lật đổ các lý thuyết đã được chấp nhận rộng rãi hay nói theo cách của nhà triết học của khoa học Thomas Kuhn, là những phát minh “làm thay đổi các hình mẫu”. Các nhà nghiên cứu về bản chất là những người bảo thủ. Họ không thích các lý thuyết mới một ngày nào đó xuất hiện làm đảo lộn các tri thức mà họ đã tích lũy được sau biết bao nỗ lực. Nhưng cũng là rất may cho sự tiến bộ của khoa học, bởi vì phá hủy là chưa đủ, mà còn phải xây dựng nữa! Đã đành không có gì cực nhọc hơn là việc phải xây dựng lại trên đồng đổ nát...

Như vậy, phương pháp thực nghiệm là liên tục kết nối qua lại giữa quan sát và lý thuyết, điều này cho phép ta từ từ tiến đến một mô tả chính xác các hiện tượng, với cái giá là nguy cơ lạc đường, mắc lỗi, quay trở lại vạch xuất phát. Khoa học tiến bộ không phải theo đường thẳng, như người ta thường hình dung một cách quá đơn giản, mà theo một con đường zig zag!

*Tìm đọc.* Thomas S. Kuhn, *Cấu trúc của các cuộc cách mạng khoa học*, bản dịch tiếng Việt của Chu Lan Đình, Nxb Tri Thức, 2008.

## Khoa học và Tâm linh

Người Hy Lạp nghĩ rằng lý trí có sức mạnh vô song, rằng nó có thể giải quyết tất cả các vấn đề và lĩnh hội được tất cả các hiện tượng. Nhưng khoa học càng phát triển thì người ta càng nhận ra rằng lý trí trong một số trường hợp không thể đi đến tận cùng con đường. Cơ học lượng tử và lý thuyết Hỗn độn (xem mục từ này) đã đưa vào khoa học các khái niệm bất định, phi tất định và không thể tiên đoán được. Mạnh hơn nữa, nhà toán học người Áo Kurt Gödel (1906-1978) đã chứng minh vào năm 1931 một định lý - ngày nay mang tên ông - cho thấy việc liên quan đến logic là không đầy đủ.



Kurt Gödel

Định lý Gödel nổi tiếng chứa kết quả sau, một kết quả có lẽ là đặc biệt nhất và huyền bí nhất trong toàn bộ toán học: một hệ thống số học chặt chẽ và phi mâu thuẫn luôn chứa các mệnh đề “không quyết định được”, nghĩa là các phát biểu toán học mà người ta, chỉ bằng lập luận logic, không thể nói rằng chúng là đúng hay sai. Mặt khác, Gödel cũng đã chứng tỏ được rằng người ta không thể chứng minh được một hệ thống là chặt chẽ và phi mâu thuẫn chỉ dựa trên các tiên đề chứa trong hệ thống này; để làm điều đó, cần phải ra khỏi hệ thống và áp đặt một hoặc các tiên đề bổ sung nằm ngoài hệ. Điều này có nghĩa là bản thân hệ thống đã là không đầy đủ. Chính vì thế

định lý Gödel thường còn được gọi là “định lý về tính không đầy đủ hay định lý bất toan”.

Mặc dù Gödel chỉ đi đến kết quả này đối với hệ thống số học, nhưng các hậu quả của tiếng sấm này trên bầu trời yên ả của toán học là rất to lớn. Âm vang của tiếng sấm này đã vượt ra ngoài phạm vi của toán học và ngày hôm nay còn lan tới các lĩnh vực rất đa dạng của tư duy như triết học hay tin học. Trong triết học, bởi vì nó đã chứng minh rằng sức mạnh của tư duy lý trí không phải là không có giới hạn; trong tin học, bởi vì nó phát lộ sự tồn tại của các vấn đề toán học mà máy tính không bao giờ giải quyết được. Định lý Gödel hàm ý rằng luôn tồn tại một giới hạn trong hiểu biết của chúng ta về một hệ nhất định, bởi vì bản thân chúng ta là một bộ phận của hệ này. Đi ra ngoài giới hạn này, chúng ta phải ra khỏi hệ. Điều này gợi nhớ đến nguyên lý Vị nhân (*xem mục từ này*). Nguyên lý này quy định rằng chúng ta phải đi ra ngoài vật lý học mô tả vũ trụ để thực hiện một cú đánh cược siêu hình về sự tồn tại hay không của một nguyên lý sáng tạo được soi sáng bởi các dữ liệu của khoa học.

Khoa học có mục đích là tìm hiểu thế giới các hiện tượng. Nó mô tả và giải thích tự nhiên mà không áp đặt bất kỳ một quan điểm triết học nào, vì đó không phải là thiên hướng của nó. Đó là một công cụ, tự bản thân nó không tốt cũng không xấu, không áp đặt bất kỳ một luân lý hay đạo đức nào. Chỉ các ứng dụng kỹ thuật của nó mới có thể mang lại cho chúng ta điều thiện hay điều ác. Chẳng hạn, vật lý hạt nhân tự bản thân nó không tốt cũng không xấu; nó cho phép chúng ta hiểu tại sao Mặt trời lại tỏa sáng và cung cấp nhiệt lượng và năng lượng, nguồn của mọi sự sống trên Trái đất. Nhưng cũng chính nó là thủ phạm hủy diệt người dân hai thành phố Nhật Bản Hiroshima và Nagasaki. Như vậy, khoa học không trực tiếp sinh ra minh triết (*xem: Khoa học và Minh triết*). Nó đã chứng tỏ rằng nó có thể tác động lên thế giới và làm thay đổi thế giới để thỏa mãn nhu cầu vật chất, sức khỏe và tiện nghi của chúng ta. Nó cho phép chúng ta sống lâu hơn và giải phóng chúng ta khỏi các công việc chân tay. Ngược lại, nó cũng là thủ phạm làm cho môi trường xuống cấp: ô nhiễm nước và khí quyển, sự nóng lên toàn cầu... Do nó không áp đặt quan niệm triết học, nên nó không thể dẫn đường chúng ta



trong lĩnh vực luận lý và đạo đức. Về điểm này chúng ta phải cầu cứu tới các nguồn hiểu biết khác. Nếu tâm linh có đóng một vai trò nào đó, thì đây là bởi vì nó cho một cái nhìn lên thực tại mà khoa học không thể cung cấp, bởi vì khoa học là bất toàn theo nghĩa của định lý Gödel.

Người ta có thể nghĩ rằng khoa học bị suy yếu do nó tiếp xúc với các khái niệm bất định, phi tất định, không thể tiên đoán được, bất toàn và không thể quyết định. Nhưng từ nay khoa học biết rằng nó không thể biết hết tất cả. Nó phải chấp nhận quan niệm rằng có sự bất định và hỗn độn trong tự nhiên, rằng không phải cái gì cũng đều đã được quyết định từ trước, chẳng hạn như thời tiết trong một tháng tới hay giá cổ phiếu trên thị trường chứng khoán. Chính vì thế tôi thấy ngược lại rằng khoa học sẽ được củng cố thêm khi tiếp xúc với quan niệm rằng nó không thể biết hết tất cả. Hỗn độn và sự phi tất định cho phép tự nhiên mê đắm hơn trong trò chơi sáng tạo, tạo ra những cái mới không được ngấm chũa trong các trạng thái trước đó, và tránh được một thứ quyết định luận khô cứng và vô sinh. Số phận của tự nhiên là mờ, tương lai của nó không được quyết định bởi hiện tại cũng như quá khứ của nó. Giai điệu của tự nhiên không được soạn một lần rồi thôi. Mà nó được hoàn chỉnh dần dần. Đó là một quan điểm phong phú và thỏa mãn hơn nhiều về tính sáng tạo của thế giới.

Còn về quan niệm cho rằng logic của khoa học sẽ trở nên mờ nhòe, tương đối và định tính, thì đó là một quan niệm sai lầm. Có các định luật vật lý chi phối hỗn độn cũng như sự phi tất định. Nguyên lý Bất định của Heisenberg (nguyên lý nói rằng người ta không bao giờ có thể biết chính xác đồng thời vận tốc và vị trí của một hạt) có một dạng toán học rất xác định. Cũng giống như chính toán học đã phục vụ Gödel để chứng minh rằng không thể chứng minh một số mệnh đề trong một hệ thống số học: đó là cái được gọi là “siêu toán học”. Ở đây tất cả đều vẫn là định lượng, không có gì trở nên định tính hết, nhưng chúng ta phải chấp nhận một điều rất cơ bản rằng trong tự nhiên luôn tồn tại một phần bất định và hỗn độn.

Như vậy, hai phe hiện đang đối đầu nhau, chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm, sẽ không thể loại trừ nhau nữa nếu chúng là logic và thực tâm, vì nguyên lý bất toàn cấm hai bên khẳng định

mình mới nắm giữ toàn bộ chân lý. Chính vì thế tôi nghĩ rằng lĩnh bổ sung của các phương pháp khoa học và tâm linh là rất quan trọng. Tôi tin rằng khoa học không phải là cánh cửa duy nhất cho phép chúng ta tiếp cận với thực tại. Sẽ là tự phụ nếu một nhà khoa học khẳng định điều ngược lại. Tâm linh, ngang hàng với thơ ca hay nghệ thuật, nó tạo ra một cửa sổ khác, bổ sung cho khoa học, để chiêm nghiệm thế giới. Định lý Gödel cũng có cùng quan điểm: đối với những gì liên quan đến hiểu biết về thế giới, thì ngay cả lý trí cũng có những giới hạn. Không bao giờ khoa học có thể một mình đi đến tận cùng con đường. Và do vậy chúng ta phải kêu gọi các phương thức nhận thức khác như trực giác huyền bí hay tôn giáo (thuật ngữ Phật giáo đối với trực giác này là “Giác ngộ”), nghệ thuật hay thơ ca, được cung cấp thông tin bởi các phát minh của khoa học, để đưa chúng ta tiệm cận tới thực tại tối hậu. Những bức tranh *Hoa súng* của Monet hay những bài thơ của Rimbaud đã soi sáng cho chúng ta về hiện thực chẳng kém gì vật lý hạt hay lý thuyết Big Bang. Khoa học mang lại cho chúng ta thông tin, nhưng lại giúp chúng ta rất ít trong sự tiến bộ về tâm linh và chuyên hóa bên trong. Ngược lại, tâm linh có thể gây ra trong chúng ta một chuyển biến cá nhân sâu sắc trong cách tri giác thế giới và tác động lên thế giới. Khi phải đối mặt với các vấn đề đạo đức và luân lý, chẳng hạn như trong di truyền học, nhà khoa học phải cần đến tâm linh giúp đỡ để không quên đi nhân tính.

Tôi phải thừa nhận rằng quan điểm này là thiếu sót trong giới khoa học. Phần lớn các đồng nghiệp của tôi đều không tự đặt ra những câu hỏi về tâm linh, hoặc, trong mọi trường hợp, đều không nói về điều đó một cách cởi mở. Một số người còn dựng một bức tường ngăn cách hoàn toàn giữa khoa học và tâm linh. Họ làm khoa học trong tuần, đến nhà thờ vào cuối tuần, nhưng trong đầu họ óc không bao giờ bận tâm đến chuyện kết nối giữa hai phương pháp đó. Đó là hai ngăn hoàn toàn tách biệt trong cuộc sống của họ. Trong tâm trí họ, đức tin không có gì liên quan đến khoa học mà họ làm hết. Tôi hiểu loại quan điểm này, cũng hoàn toàn bảo vệ được như quan điểm của tôi. Và lại, nếu tôi tán thưởng một đối thoại giữa khoa học và tâm linh, thì cần phải hiểu rằng tôi không hề có ý định gán cho khoa học các dấu ấn huyền bí, cũng như bảo vệ tâm linh (mà trong trường hợp

của tôi, đó là Phật giáo) bằng các phát minh của khoa học. Khoa học đã vận hành hoàn hảo và đạt được mục đích đã đặt ra mà không cần tới giá đỡ triết học, dù triết học đó bắt nguồn từ Phật giáo hay một truyền thống tâm linh nào khác. Phật giáo là khoa học về Giác ngộ; phát hiện ra Big Bang hay các lỗ đen vận hành như thế nào không hề làm thay đổi sự việc; nhưng bởi vì hai phương pháp tư duy đều tìm kiếm tìm chân lý mà các tiêu chí của nó đều là xác thực, chặt chẽ và logic, nên cách nhìn nhận hiện thực của cả hai chắc sẽ không dẫn tới một sự đối lập không khoan nhượng, mà trái lại, sẽ dẫn đến một sự bổ sung hài hòa cho nhau.

Một thiểu số các nhà khoa học chưa sẽ cách đặt vấn đề này. Chính vì thế một đối thoại giữa khoa học và tâm linh đã được bắt đầu trong những năm gần đây, đặc biệt là ở các nước Anglo-saxon như Mỹ (nơi tôi sống) và Anh. Tại Pháp, truyền thống vô thần làm cho loại đối thoại này trở nên khó khăn hơn. Năm 2000, tôi có tham gia một nhóm nghiên cứu gồm các nhà vật lý học và vũ trụ học, trong đó một số người đã được giải Nobel (như Charles Townes, người phát minh ra laser) được tập hợp bởi một ty phú người Mỹ, ngài John Templeton, người đã từng làm giàu ở phố Wall và đã thành lập một quỹ (Quỹ John Templeton) đề tài trợ cho những nghiên cứu về các câu hỏi khả dĩ giữa khoa học và tâm linh. Nhóm của chúng tôi đã tranh luận rất nhiều về các hậu quả tâm linh và triết học của vật lý và của vũ trụ học đương đại. Như vậy, chắc chắn sẽ tồn tại một sự cởi mở tâm linh ở một số nhà khoa học trình độ rất cao, được đồng nghiệp thừa nhận rộng rãi bởi chất lượng nghiên cứu khoa học của họ, bởi vì đó là một trong các tiêu chí lựa chọn để tham gia vào nhóm này. Năm 2002, tôi cũng là một trong các thành viên sáng lập Hội Khoa học và Tôn giáo quốc tế (International Society for Science and Religion), đặt tại Đại học Cambridge, Anh quốc. Hội này quy tụ vài trăm nhà khoa học trình độ cao trên toàn thế giới, thuộc tất cả các lĩnh vực khoa học và các truyền thống tâm linh đa dạng; nó cũng có dự định khuyến khích và phát triển đối thoại giữa khoa học và tâm linh. Cuối cùng, cần phải lưu ý rằng tồn tại một mối quan tâm mạnh mẽ trong công chúng đối với loại đối thoại này: cuốn sách mà tôi viết cùng Matthieu Ricard về các mối quan hệ giữa khoa học và Phật giáo là cuốn sách bán chạy tại rất nhiều nước.

Một số nhà khoa học không cần gì đến tâm linh. Stenven Weinberg người Mỹ từng được giải Nobel về vật lý nghĩ rằng tôn giáo là nguồn gốc của rất nhiều điều tệ hại trên toàn thế giới. Ông đã viết một cách hết sức khiêu khích: “Dù có tôn giáo hay không thì những người tốt vẫn sẽ xù sự tốt, và những người xấu thì vẫn xù sự xấu. Một trong những thành tựu to lớn của khoa học là, nếu như không thể làm cho những người thông minh trở thành các tin đồ, thì chí ít cũng cho phép họ không phải là những tin đồ.” Và ông ta còn trích dẫn một số ảnh hưởng xấu của tôn giáo: các cuộc thập tự chinh, cuộc tàn sát người Do Thái và các cuộc thánh chiến (dijihad). Tôi nghĩ rằng ông đã nhầm. Trước hết, ông đã quên không nêu những mặt xấu mà khoa học, do được ứng dụng một cách không đúng, đã gây ra cho nhân loại và hệ sinh thái của mình: Hiroshima và Nagasaki, sự tuyệt chủng của nhiều loài và sự suy giảm đa dạng sinh học (xem mục từ này), lỗ thủng tầng ozon (xem mục từ này), sự nóng lên toàn cầu... Tôi có thể kể ra vô số các ví dụ. Cuối cùng, tôn giáo mà ông nói tới (tôi thích nói tâm linh hơn) không phải là tôn giáo “thật”, mà là một trong những phiên bản đã bị biến dạng của nó: những kẻ tham gia vào những cuộc chiến tranh tôn giáo không thể bị lay chuyển bởi tình cảm trắc ẩn đối với người khác, vốn là nền tảng của mọi tôn giáo.



Như vậy, các mối quan hệ giữa khoa học và tâm linh gợi lên rất nhiều tranh cãi. Về chủ đề này tồn tại nhiều quan điểm hoàn toàn đối lập với quan điểm của tôi, ngay cả khi tôi nghĩ rằng quan điểm triết học của tôi thắng thế. Nhưng, tôi xin nhấn mạnh, quan điểm này không hề ảnh hưởng trực tiếp đến công việc nghiên cứu của tôi vốn là quan sát và tìm hiểu các hiện tượng của vũ trụ. Ngay cả khi tâm linh của tôi giúp tôi sống tốt hơn và tương tác tốt hơn với những người xung quanh, và nếu, bằng cách sống tốt hơn đó, tôi làm tốt hơn công việc của mình, thì cũng không một tiên nghiệm triết học nào ảnh hưởng trực tiếp đến công việc này. Chủ đề nghiên cứu chính của tôi là sự hình thành và tiến hóa của các thiên hà, đặc biệt là các thiên hà lùn, và đó không phải là việc đánh cược về một nguyên lý sáng thế có thể ảnh hưởng đến những gì tôi tìm thấy. Phương pháp tâm linh của tôi tác động đến tất cả các phương diện khác. Hơn bao giờ hết khoa học vẫn để cho tôi được tự do.

## Khoa học và Thi ca

Khoa học được đặc trưng bởi một loại hồi quy vô hạn. Đằng sau mỗi câu trả lời lại ẩn chứa một câu hỏi mới. Đó là một dạng quái vật nhiều đầu: chặt một cái đầu của nó, ngay lập tức vô số các đầu khác lại mọc lên. Nghiên cứu khoa học không có kết thúc, và, nhà khoa học càng tiến gần đến mục đích, thì cái đích này lại càng lùi ra xa hơn.

Nhưng, bằng cách cố gắng hiểu quá nhiều và duy lý hóa tất cả, liệu chúng ta có nguy cơ giết chết toàn bộ vẻ đẹp và thơ ca không? Đó chính là ý kiến của nhà thơ John Keats (1795-1821), một trong những nhà thơ lãng mạn lớn người Anh, người từng viết năm 1820 về câu vớ vẩn:

*Not all charms fly  
At the mere touch of cold philosophy:  
There was an awful rainbow once in heaven:  
We know her woof, her texture; she is given*

*In the dull catalogue of common things.  
 Philosophy will clip an angel's wings,  
 Conquer all mysteries by rule and line,  
 Empty the haunted air, the gnomed mine-  
 Unweave a rainbow*

Cái đẹp kia liệu có biến tan  
 Khi triết lý lạnh lùng chạm đến  
 Trong bầu trời một cầu vồng uy nghi chợt hiện:  
 Nhưng bản chất, cầu vồng nó ra sao ta đã biết lòng rồi  
 Nghĩa là nó cũng tầm thường như những vật khác mà thôi.  
 Với triết lý, thiên thần như cụt cánh,  
 Khi mọi bí mật đều vỡ tan tung manh  
 Thì còn đâu thấp thoáng bóng ma trời.  
 Và cầu vồng cũng tan biến mà thôi.

Khi Keats chế nhạo sự “lạnh lùng của triết lý”, thì đó hẳn là “triết học tự nhiên”, thú triết học mà ngày nay chúng ta gọi là “khoa học”. Keats không phải là người duy nhất nghĩ rằng quá nhiều khoa học sẽ giết chết thi ca. Thi hào người Đức Johann Wolfgang von Goeth (1749-1832) cũng đồng quan điểm rằng việc Newton phân tích các màu của cầu vồng đã “khiến trái tim của tự nhiên thất lại”. Thi hào người Mỹ Walt Whitman (1819-1892) dường như cũng nghĩ rằng các công thức, các phép tính và các biểu đồ đi ngược lại với giá trị thi ca của tự nhiên. Trong một bài thơ nổi tiếng in trong tuyển tập *Lá cỏ*, xuất bản năm 1865, ông đã mô tả sự khó chịu trong một hội thảo của một nhà thiên văn, và đã ra khỏi phòng để ngược mắt nhìn bầu trời và đắm mình trong vẻ đẹp của thế giới:

*When I heard the learn'd astronomer;  
 When the profs, the figures, were ranged in columns before me;  
 When I was shown the charts and the diagrams, to add, divide, and  
 measure them;  
 When I, sitting, heard the astronomer, where he lectured with much  
 applause in the lecture-room,  
 How soon, unaccountable, I became tired and sick;  
 Till rising and gliding out, I wander'd off by myself,*

*In the mystical moist night-air, and from time to time,  
Look'd up in perfect silence at the stars.*

Khi tôi nghe nhà bác học thiên văn;  
Thấy các công thức, cột tính và bang biểu,  
Để cộng trừ nhân chia, đếm đo tất cả;  
Khi ngồi nghe nhà bác học thiên văn,  
Thuyết trình trong tiếng vỗ tay,  
Tôi bỗng cảm thấy choáng váng, mệt mỏi tột cùng;  
Thế là tôi lặng lẽ chuồn ra  
Một mình trong màn đêm mát mẻ và huyền bí,  
Và thỉnh thoảng,  
Trong yên lặng hoàn toàn, tôi ngược mắt nhìn lên các vì sao.

Tôi không hoàn toàn đồng ý với quan điểm của Keats và Whitman, ngay cả khi tôi hiểu rằng toán học, ngôn ngữ của tự nhiên, có thể trở thành nỗi kinh hoàng đối với những người không được học nó. Nhưng tri thức không giết chết thơ ca cũng như cái đẹp. Hiểu rõ bản chất khoa học của cấu vồng hay của mọi hiện tượng tự nhiên, trong bất cứ trường hợp nào, cũng không hề làm giảm giá trị mà người ta gán cho sự lộng lẫy của chúng. Ngược lại, một sự hiểu biết sâu sắc về tự nhiên sẽ khơi gợi thêm cho chúng ta sự thần phục, cung kính và tôn trọng trước vẻ đẹp và sự hài hòa của nó. Nhà khoa học không bao giờ có thể thờ ơ trước sự tráng lệ của nó.

Các nhà khoa học đã làm sáng tỏ mối quan hệ khăng khít của chúng ta với vũ trụ: tất cả chúng ta đều được tạo thành từ vụ nổ khởi thủy. Các nguyên tử hydro và heli, vốn chiếm 98% tổng khối lượng vật chất thông thường của vũ trụ, đã được tạo ra trong ba phút đầu tiên tồn tại của vũ trụ. Các nguyên tử hydro nằm trong nước biển hay trong cơ thể chúng ta đến từ món súp khởi thủy ấy. Như vậy, tất cả chúng ta đều cùng chia sẻ cùng một phả hệ vũ trụ. Còn các nguyên tố nặng thiết yếu cho sự phức tạp và sự đột sinh của sự sống, chỉ chiếm 2% còn lại của vật chất trong vũ trụ, chúng chính là sản phẩm của các lò luyện hạt nhân ở lõi của các ngôi sao và sự bùng nổ của các sao siêu mới.

Tất cả chúng ta đều sinh ra từ bụi sao. Là anh em ruột với các động vật hoang dã và anh em họ với các bông hoa đồng nội, tất cả

chúng ta đều mang trong mình lịch sử vũ trụ. Chỉ một động tác đơn giản như hít thở thôi cũng kết nối chúng ta với tất cả các sinh vật khác từng sống trên địa cầu. Chẳng hạn, ngày nay, chúng ta vẫn hít thở hàng triệu hạt nhân nguyên tử đã hòa thành máy khối trong vụ nhục hình Jeanne d'Arc năm 1431, và một vài phân tử đến từ hơi thở cuối cùng của Jules César. Khi một sinh vật chết và phân rã, các nguyên tử của nó được giải phóng vào môi trường, rồi tích hợp vào các sinh vật khác. Cơ thể của chúng ta chứa khoảng một tỷ nguyên tử đã từng thuộc cái cây mà dưới tán của nó Đức Phật đã đạt được Giác ngộ.

Khoa học còn phát hiện ra một dạng kết nối khác: tất cả chúng ta đều liên hệ với nhau về mặt di truyền. Dù khác nhau về chủng tộc hay màu da, thì tất cả chúng ta đều bắt nguồn từ *Homo habilis* xuất hiện ở châu Phi cách đây khoảng 1,8 triệu năm. Là con đẻ của các vì sao, người hiện đại có lẽ đã có cảm nhận mãnh liệt nhất về nguồn gốc vũ trụ của mình khi lần đầu tiên nhìn thấy các hình ảnh xúc động về hành tinh xanh của chúng ta trôi nổi trong mênh mông tối đen của không gian, rất đẹp nhưng cũng rất mong manh. Tinh tổng thể này khiến cho tất cả chúng ta đều phải chịu trách nhiệm về Trái đất của mình, và phải bảo vệ nó khỏi sự tàn phá sinh thái mà chúng ta đang giáng lên nó. Thi hào người Anh William Blake (1757-1807) đã diễn tả một cách tài tình tinh tổng thể vũ trụ này bằng một bài thơ tiên báo, in trong tập *Điền lành*, viết năm 1803:

*To see a world in a grain of sand  
And o Heaven in a wild flower,  
Hold infinity in the palm of your hand  
And Eternity in an hour*

Đề thấy vũ trụ trong một hạt cát  
Và thiên đường trong một bông hoa dại,  
Nắm cái vô hạn trong lòng bàn tay,  
Và Vĩnh hằng trong một phút giây.

Toàn vũ trụ thực sự được chứa trong một hạt cát, vì sự giải thích các hiện tượng đơn giản nhất cũng phải liên hệ đến toàn bộ lịch sử của vũ trụ.



Hiệu sự phụ thuộc lẫn nhau của các sự kiện khác nhau và các quan hệ nhân quả giữa các thành phần khác nhau của một tổng thể, một tổng thể trao sự gắn kết chặt chẽ và logic cho những cái, thoát nhìn, có vẻ chỉ là một chuỗi các sự kiện và sự vật hoàn toàn tách rời nhau, càng làm tăng cường thêm cảm giác tôn kính và khâm phục của chúng ta trước tự nhiên. Về điểm này, khoa học cho phép chúng ta kết nối với thế giới hoàn toàn ngang bằng và hiệu quả như thơ ca, nghệ thuật và tâm linh.

## **Khoảng cách trong vũ trụ: độ sâu của vũ trụ**

Vòm trời trình hiện trước mắt chúng ta như một bức tranh khổng lồ mà trên đó người họa sỹ đã quên mất mọi quy tắc phối cảnh. Tất cả những thiên thể ở đó dường như đều được phóng chiếu lộn xộn trên một bề mặt hai chiều. Để tiến hành đo đạc vũ trụ, nhà thiên văn phải tái lập chiều thứ ba: đó là độ sâu của vũ trụ.

Đối với các đối tượng thuộc vũ trụ gần, như các hành tinh và các ngôi sao trong vòng bán kính 100 năm ánh sáng, thì các nhà thiên văn sử dụng một phương pháp có tên là “thị sai”. Để hiểu phương pháp này, ta hãy làm một thí nghiệm đơn giản sau: hãy giơ một ngón tay ra phía trước và duỗi thẳng cánh tay, rồi nhìn thẳng vào nó bằng một mắt, rồi bằng mắt kia..., bằng cách chớp nhanh hai mắt. Ngón tay của bạn có vẻ như là chuyển động so với các vật ở xa hơn. Hiện tượng này là do hai mắt của bạn cách nhau một khoảng cách. Tương tự, các vị trí của một hành tinh so với các sao ở xa, được đo đồng thời từ hai đài thiên văn đặt trên hai lục địa khác nhau, sẽ khác nhau một góc nhỏ gọi là “thị sai”. Góc này càng lớn khi các đài thiên văn càng cách xa nhau và hành tinh càng ở gần. Như vậy đo góc và biết khoảng cách giữa hai đài thiên văn cho phép suy ra khoảng cách tới hành tinh.

Với sự lên ngôi của kính thiên văn vô tuyến, khoảng cách tới hành tinh gần Trái đất nhất, là Kim tinh, đã có thể được xác định với

độ chính xác rất cao: người ta phát các sóng radio tới bề mặt Kim tinh, chúng sẽ bị phản xạ và trở lại mặt đất. Sau đó chỉ cần nhân thời gian đi về của các sóng radio với vận tốc của ánh sáng rồi chia cho hai là thu được khoảng cách tới Kim tinh, và như vậy kích thước của Hệ Mặt trời.

Bởi vì các sao xa hơn các hành tinh rất nhiều (Diêm vương tinh, đánh dấu giới hạn của Hệ Mặt trời chỉ cách 5,2 giờ ánh sáng), nên khoảng cách giữa hai điểm quan sát cũng phải đủ lớn để sự thay đổi vị trí của sao gần so với các sao ở xa có thể đo được. Chuyển chu du hằng năm của Trái đất quanh Mặt trời cũng góp phần vào chuyện này. Hai quan sát đồng thời từ hai đài thiên văn cách nhau đã được thay thế bằng hai quan sát kế tiếp nhau ở hai vị trí khác nhau của Trái đất trên quỹ đạo của nó. Để tối đa hóa khoảng cách giữa hai vị trí quan sát kế tiếp nhau của Trái đất, các quan sát được thực hiện cách nhau một khoảng thời gian là sáu tháng. Như vậy đường cơ sở chuyển từ đường kính của Trái đất (khoảng 10.000 km) sang đường kính của quỹ đạo Trái đất quanh Mặt trời (khoảng 300 triệu km). Với phương pháp này, đã có thể đo được khoảng cách tới vài trăm ngôi sao gần nhất. Rất tiếc, các thị sai trở nên ngày càng nhỏ, và như vậy ngày càng khó xác định khi mà các khoảng cách tăng lên. Đối với các quan sát được thực hiện từ mặt đất, phương pháp thị sai không còn ứng dụng được nữa đối với các sao nằm vượt quá 100 năm ánh sáng.

Một cú nhảy vọt đã được thực hiện vào năm 1989 khi Hãng Hàng không châu Âu đưa lên quỹ đạo vệ tinh *Hipparcos* (viết gọn của cụm từ tiếng Anh *High Precision Parallax Collecting Satellite*, nghĩa là vệ tinh thu thập các thị sai có độ chính xác cao), và cũng là để vinh danh nhà toán học người Hy Lạp Hipparque (thế kỷ II tCN). Bằng cách đo vị trí của các sao từ hai vị trí khác nhau trên quỹ đạo của mình, đồng thời lại không bị tác động bởi những chày rối của khí quyển, *Hipparcos* đã có thể xác định được các thị sai và do đó xác định được các khoảng cách tới khoảng một triệu ngôi sao trong bán kính 650 năm ánh sáng.

Với phương pháp thị sai, người ta còn lâu mới có thể đạt đến giới hạn của Ngân Hà vốn trải rộng trong vùng có bán kính 45.000 năm ánh sáng. Giai đoạn đo các khoảng cách của vũ trụ tiếp theo đã

được vượt qua vào năm 1912 với sự phát hiện ra các sao xêphêit (*xem mục từ này*), đó là các sao có độ sáng biến thiên một cách tuần hoàn với chu kỳ phụ thuộc vào độ sáng thực (nội tại) của chúng. Nhà thiên văn sẽ tiến hành như một thủy thủ ước lượng khoảng cách con tàu của mình với bờ bằng cách so sánh độ sáng biểu kiến của hải đăng với độ sáng thực của nó, tức độ sáng mà anh ta cảm nhận được nếu ở ngay vị trí của hải đăng. Tương tự, để biết khoảng cách của một sao xêphêit, nhà thiên văn tính độ sáng thực của nó qua chu kỳ biến thiên độ sáng của sao này, sau đó đo độ sáng biểu kiến của nó, từ đó anh ta sẽ suy ra khoảng cách tới ngôi sao này.

Các sao xêphêit có độ sáng thực lớn, nên chúng có thể được nhìn thấy từ rất xa. Như các ngọn đèn pha trong khung cảnh vũ trụ, chúng chỉ đường cho chúng ta đến tận mép của Ngân Hà, và xa hơn thế nữa. Kính thiên văn không gian *Hubble* đã có thể nhận ra các sao này trong các thiên hà ở cách xa tới 490 triệu năm ánh sáng. Và lại chính bằng cách định vị các sao xêphêit trong thiên hà Tiên nữ (*xem mục từ này*) mà Edwin Hubble (1889-1953) đã có thể đo được khoảng cách tới thiên hà này, một bạn đồng hành của Ngân Hà trong Cụm Thiên hà Địa phương, và xác định rằng nó nằm vượt ra ngoài rất xa các giới hạn của thiên hà của chúng ta, và như vậy đã mở toang cánh cửa của vũ trụ bên ngoài Ngân Hà.

Để đo khoảng cách tới các thiên thể còn xa hơn nữa trong đó các sao xêphêit không còn có thể nhìn thấy được nữa, nhà thiên văn phải sử dụng một chiến lược mới. Chiến lược này cụ thể là tách riêng ra một lớp các sao mà độ sáng thực của chúng không thay đổi theo thời gian cũng như theo không gian. Độ sáng thực này được xác định bằng phương pháp sao xêphêit đối với các đối tượng cùng bản chất nhưng gần hơn. Trong thiên văn học, những ngôi sao được tách riêng ra này được gọi theo thuật ngữ chuyên môn là các “ngọn nến chuẩn” (từ “nến” ở đây chỉ một nguồn sáng). Tìm thấy một lớp các ngọn đèn pha vũ trụ có độ sáng thực luôn không đổi như vậy không phải là việc dễ, vì phần lớn các thiên thể đều có một xu hướng đáng ghét là tiến hóa, và như vậy, trong cuộc đời của mình, độ sáng của chúng sẽ thay đổi dù có thể là rất ít. Tuy nhiên, nhờ sự kiên trì, các nhà thiên văn đã tách ra được một số lớp các thiên thể có độ sáng nội tại biến thiên tương đối nhỏ.

Đối với vũ trụ rất xa, cần phải tìm được các đối tượng có độ sáng rất lớn, để có thể định vị được các khoảng cách rất xa và dùng chúng làm cọc tiêu. Các sao siêu kình, sáng ngang 100.000 Mặt trời, các đám sao cầu (xem mục từ này), tập hợp hình cầu gồm 100.000 ngôi sao liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn, và các thiên hà elip khổng lồ đã đóng vai trò là các đèn pha vũ trụ. Các sao siêu mới (*supernova*) (loại II) (xem mục từ này), tức các vụ bùng nổ đánh dấu cái chết của các ngôi sao nặng và giải phóng ra nhiều năng lượng mỗi giây tới mức bằng cả một thiên hà ở độ sáng cực đại của nó, cũng được điều động tham gia vai trò này. Các đèn pha vũ trụ thịnh hành nhất hiện nay thuộc một lớp đặc biệt các vụ bùng nổ sao gọi là “sao siêu mới loại Ia” (xem mục từ này). Chính nhờ các sao siêu mới này mà các nhà thiên văn đã có bằng chứng về sự tăng tốc của vũ trụ, bị thúc đẩy bởi một năng lượng tối huyền bí (xem mục từ này).

Ở những khoảng cách lớn hơn vài tỷ năm ánh sáng, thì ngay cả các đối tượng có độ sáng lớn cũng không còn có thể được nhìn thấy bởi các kính thiên văn lớn nhất hiện nay nữa, và như vậy không còn được dùng làm cọc tiêu để xác định các khoảng cách. Để đo đạc vũ trụ còn ở sâu hơn nữa, nhà thiên văn dùng đến phát minh vĩ đại của Edwin Hubble vào năm 1929: vũ trụ giãn nở và tất cả các thiên hà xa xôi đều chạy ra xa Ngân Hà như thể nó bị dịch hạch! Một sự kiện đáng chú ý, càng ở xa nhau thì vận tốc rời xa nhau của các thiên hà càng cao. Người ta gọi đó là “định luật Hubble”. Như vậy, để xác định khoảng cách của một thiên thể ở rất xa, chỉ cần phân tách ánh sáng của nó bằng một quang phổ kế, đo độ dịch chuyển về phía đỏ của phổ này, do hiệu ứng Doppler (xem mục từ này), là có thể suy ra được vận tốc chạy ra xa của thiên thể, sau đó sử dụng định luật Hubble là có thể tính toán được khoảng cách của nó. Phương pháp này cho phép chúng ta đo được các khoảng cách cho tới tận biên giới quan sát được của vũ trụ.

*Tìm đọc:* Để biết thêm chi tiết về các cọc tiêu vũ trụ, xem cuốn *Giai điệu bí ẩn*, Fayard, 1988, bản dịch tiếng Việt của Phạm Văn Thiều, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, 2000.

## Không-thời gian: một cặp không thể tách rời

Thế kỷ XX đã làm đảo lộn hoàn toàn các quan niệm thông thường của chúng ta về không gian. Theo Newton và những người kế tục ông, vũ trụ đắm mình trong một chất huyền bí gọi là ête, đóng vai trò của một không gian tuyệt đối. Với lý thuyết Tương đối của mình, Einstein (*xem mục từ này*) đã quét sạch hoàn toàn khái niệm về một hệ quy chiếu cố định và tuyệt đối. Hoàn toàn mê đắm trong trò chơi yêu thích của mình - đó là một thí nghiệm tưởng tượng - ông đã tự vấn: thế giới sẽ trình hiện trước mắt mình thế nào nếu như ta cưỡi lên một chùm sáng. Ánh sáng khi đó sẽ là đứng yên so với ông. Theo Einstein, điều đó hoàn toàn vô nghĩa: ánh sáng phải luôn chuyển động, nó không thể đứng yên được. Được dẫn dắt bởi niềm tin siêu hình rằng các định luật vật lý của tự nhiên phải đơn giản, ông đã thực hiện một bước đi có tính cách mạng: ông quyết định rằng vận tốc của ánh sáng phải luôn như nhau, bằng 300.000 km/s, bất kể điểm mốc được chọn để đo vận tốc của ánh sáng là như thế nào, dù người ta đuổi theo nó, chạy ra xa nó hay đứng yên so với nó. Bởi vì không có điểm mốc tuyệt đối, nên Einstein quyết định kết liễu ête (*xem mục từ này*). Ête chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng của con người mà thôi. Năm 1887, thí nghiệm của các nhà vật lý người Mỹ là Albert Michelson và Edward Morley nhằm phát hiện ête đã kết thúc bằng một thất bại thảm hại; nhưng Einstein đã không phát minh ra thuyết Tương đối theo thí nghiệm của Michelson và Morley; ông đã xuất phát từ các nguyên lý cơ bản và tao nhã, và chính trực giác phi thường trong lĩnh vực vật lý đã dẫn ông đến phát minh này. Chỉ bằng sức mạnh của tư duy và thiên tài của mình, ông đã đột phá được các bí mật sâu xa nhất của vũ trụ, mà chỉ ngồi trong chiếc ghế bành ở Văn Phòng cấp bằng sáng chế ở Berne, Thụy Sĩ với tờ giấy và chiếc bút chì.

Quan niệm về một vận tốc phổ quát của ánh sáng, bất kể chuyển động của người quan sát là như thế nào, đã làm đảo lộn hoàn toàn các quan niệm thông thường của chúng ta về không gian và thời gian. Trên thực tế, vận tốc là gì? Đó là tỷ số của một phép đo không gian (quãng đường đi được) với một phép đo thời gian (thời gian đi tương

ứng). Chẳng hạn, thành phố Washington nằm cách Charlosteville 200 km về phía Bắc. Nếu tôi mất hai giờ để đi đến đó, thì vận tốc chạy xe của tôi là 200 chia cho 2, tức 100 km/h. Nếu thừa nhận vận tốc là một đại lượng bất biến, thì sẽ buộc phải thừa nhận không gian và thời gian phải biến thiên theo chuyển động của người quan sát sao cho tỷ số của chúng là một hằng số.

Với Einstein, từ “chuyển động” cũng mang một ý nghĩa mới. Khi nói về chuyển động của một vật hay một người, chúng ta thường nghĩ đến sự dịch chuyển trong không gian. Với thuyết Tương đối hẹp, Einstein nhắc nhở chúng ta rằng tất cả chúng ta đều còn là những lữ khách trong thời gian. Mỗi một giây trôi qua, chúng ta lại rời xa thêm cái nôi của chúng ta và xích gần đến nghĩa địa mà không gì có thể cưỡng lại được. Newton nghĩ rằng chuyển động trong thời gian là hoàn toàn tách rời với chuyển động trong không gian, rằng thời gian và không gian là hai diễn viên tách biệt nhau hoàn toàn trên sân khấu vũ trụ. Einstein nói với chúng ta rằng quan niệm này là sai lầm. Ngược lại, thời gian và không gian tạo thành một cặp thống nhất, không thể tách rời. Kể từ đó, mọi chuyển động đều phải được mô tả trong một vũ trụ bốn chiều, ở đó chiều thời gian được thêm vào ba chiều của không gian. Thời gian và không gian mất đi tính phổ quát của chúng. Chúng trở nên co dãn, có thể kéo dài ra hoặc co lại theo chuyển động của người đo chúng. Một người đang chuyển động sẽ thấy thời gian của mình kéo dài hơn (tức trôi chậm hơn) và không gian của anh ta thu hẹp lại so với không gian và thời gian của một người đứng yên. Một giây ở một nơi ngoài Trái đất có thể dài bằng cả thiên thu trên Trái đất. Giây có thể biến thành giờ, năm, thế kỷ... tùy theo vận tốc chạy trốn của thiên hà được sự dãn nở của vũ trụ mang theo. Nếu bạn đi trên một phi thuyền không gian đẩy bạn với vận tốc bằng 87% vận tốc của ánh sáng, thì bạn sẽ già chậm hơn hai lần bạn của bạn ở trên Trái đất; sự khác biệt là rất rõ ràng: bạn có ít nếp nhăn và tóc bạc hơn, và tim bạn cũng đập ít nhịp hơn tim của bạn bạn. Ở đây, chuyển động có tác dụng như một loại nước cái lão hoàn đồng. Nếu thời gian trở nên co dãn và biến đổi, thì không gian cũng vậy. Nếu thời gian dài thêm hai lần, thì không gian cũng co lại theo cùng tỷ lệ đó: phi thuyền của bạn trình hiện đối với một người nào đó ở lại trên Trái đất như được rút ngắn lại một nửa.

Như vậy, thời gian và không gian tạo thành một cặp luôn hành động hết sức nhịp nhàng với nhau. Chúng không sống các cuộc sống tách rời, như trong vũ trụ của Newton. Sự kéo dài thời gian và sự co lại của không gian sẽ càng lớn hơn nếu vận tốc của bạn càng cao. Nếu đi chuyên với vận tốc bằng 99% vận tốc của ánh sáng, thì bạn sẽ làm chậm lại quá trình lão hóa xuống bảy lần, trong khi phi thuyền của bạn cũng co lại theo cùng tỷ lệ đó. Hãy đẩy vận tốc của bạn lên 99,9% vận tốc của ánh sáng, và bạn sẽ già chậm hơn 22,4 lần.

Nguồn nước cái lão hoàn đồng mà chuyển động tạo ra cho phép bạn du hành trong tương lai. Hãy giả định rằng chuyển du hành không gian của bạn kéo dài 10 năm. Khi quay trở lại, 200 năm đã trôi qua trên Trái đất! Bạn sẽ không còn thấy bạn của bạn đâu nữa, vì anh ta đã chết từ lâu, mà sẽ chỉ thấy các con cháu chít chít của anh ta. Như vậy là bạn đã du hành trong tương lai của bạn bạn.

Việc thời gian kéo dài ra khi chuyển động đã được kiểm chứng nhiều lần. Chẳng hạn, thời gian của một chiếc đồng hồ nguyên tử trên một chiếc máy bay hành khách chạy chậm hơn thời gian của một chiếc đồng hồ đặt trên mặt đất. Một cách để kéo dài tuổi thọ đó là đi máy bay và liên tục tiến về phía đông sao cho vận tốc của máy bay cộng với vận tốc quay của Trái đất. Nhưng vì máy bay thông thường chỉ bay với vận tốc bằng chưa đầy một phần triệu vận tốc của ánh sáng, nên sự chênh lệch thời gian giữa đồng hồ trên máy bay và đồng hồ trên mặt đất là vô cùng nhỏ, cỡ một phần triệu giây mỗi ngày. Phần giây rất nhỏ của cuộc sống mà bạn kiếm được thậm chí còn không đủ bù cho sự rút ngắn tuổi thọ của bạn do sự mệt mỏi của chuyến đi cộng với chất lượng tồi của thức ăn phục vụ trên máy bay gây ra!

## **Khúc xạ ánh sáng**

Khi ánh sáng thay đổi môi trường, chẳng hạn khi đi từ không khí vào nước, quỹ đạo của nó bị lệch hướng; nó bị khúc xạ. Tương

tự, ánh sáng Mặt trời bị khúc xạ - quỹ đạo của nó bị bẻ cong - khi nó rời không gian để đi vào khí quyển Trái đất. Chính chiết suất của khí quyển - tức tỷ số của vận tốc ánh sáng trong chân không với vận tốc của nó trong khí quyển - quyết định độ cong này. Chiết suất phụ thuộc vào màu của ánh sáng, vào bản chất của các nguyên tử và phân tử không khí cùng mật độ của chúng. Trong chân không của không gian, nó bằng 1 đối với mọi màu, nhưng tăng dần, khi đi xuống trong khí quyển, vì vận tốc ánh sáng giảm theo mật độ tăng của không khí. Chẳng hạn, chiết suất có giá trị bằng 1,0002941 đối với ánh sáng lục trong không khí thuần khiết ở trên mặt nước biển.

Sự khúc xạ của khí quyển mang lại cho chúng ta những trò ảo thuật quang học đầy kinh ngạc. Chẳng hạn, các bạn có biết rằng chúng ta nhìn Mặt trời, Mặt trăng và các sao luôn cao hơn một chút trong bầu trời so với vị trí thực của chúng không? Khi chúng ta ngắm hoàng hôn đỏ rực ở chân trời ngoài đại dương và phần dưới của Mặt trời có vẻ như chạm mặt nước, thì trên thực tế nó đã hoàn toàn nằm dưới chân trời! Sờ dĩ như vậy là vì, trong không khí khô, liên quan đến ánh sáng vàng, góc khúc xạ từ đường chân trời, đối với một người quan sát đứng ở mặt biển, là 39 phút góc, trong khi toàn bộ đĩa Mặt trời chỉ tương đương một góc 30 phút góc (hay một nửa độ). Như vậy Mặt trời mà chúng ta thấy ngay trên chân trời trước khi lặn xuống nhường chỗ cho màn đêm chỉ là một ảo tượng! Chúng ta có thể nhận thấy điều này bằng cách đo thời gian chuyển động của Mặt trời trong bầu trời. Chuyển động này dường như chậm lại khi Mặt trời đi xuống gần chân trời. Tuy nhiên, ngôi sao của chúng ta được coi là chuyển động chính xác với cùng vận tốc; bởi vì chuyển động biểu kiến của nó trong bầu trời không do nó, mà là do chuyển động quay của Trái đất, nhưng chuyển động quay của Trái đất là không đổi<sup>15</sup>. Chuyển động của Mặt trời có vẻ chậm lại là do hiện tượng khúc xạ của khí quyển. Sự khúc xạ càng trở nên lớn khi Mặt trời xuống càng thấp phía chân trời, vì ánh sáng phải xuyên qua một lớp không khí đặc hơn. Sự khúc xạ gia tăng này có tác dụng bẻ cong mạnh hơn các tia sáng Mặt trời

<sup>15</sup> Chuyển động quay của Trái đất không hoàn toàn không đổi trên các khoảng thời gian dài. Mặt trăng tác dụng một lực hãm chuyển động này bởi các thủy triều của các đại dương mà nó gây ra. Sự chậm lại này rất nhỏ, cỡ 0,002 giây mỗi một thế kỷ.



và tạo ra cảm giác rằng ngôi sao của chúng ta lưu lại lâu hơn ở trên chân trời, nhưng thực ra không phải vậy.

Các bạn đã bao giờ nhận thấy, ở vài độ trên chân trời, Mặt trời và Mặt trăng trông không còn hoàn toàn tròn nữa, mà bị dẹt đi đáng kể không? Đó cũng là do một trò ảo thuật quang học khác của khúc xạ khí quyển. Ở những nơi càng thấp thì không khí trở nên càng đặc hơn, do trọng lượng của các lớp bên trên nén nó xuống. Vậy mà, như chúng ta đã thấy, Mặt trời có đường kính góc là 30 phút góc, điều này có nghĩa là ánh sáng đến từ phần dưới của Mặt trời phải xuyên qua một lớp không khí đặc hơn so với ánh sáng đến từ phần trên, và như vậy bị lệch hướng nhiều hơn. Điều này có nghĩa là phần dưới của Mặt trời như vậy bị nâng lên phía trên nhiều hơn so với phần trên của nó, do vậy nó nhìn bị dẹt. Sự dẹt này phụ thuộc cùng lúc vào độ cao của người quan sát, vị trí của Mặt trời và các biến thiên nhiệt độ của khí quyển (không khí nóng sẽ loãng hơn). Trong các điều kiện nhiệt độ bình thường và với một bầu trời trong, độ dẹt của Mặt trời là khoảng 20% (tỷ lệ của các trục là từ 0,8 đến 1). Độ dẹt này lớn hơn khi nhìn từ trên đỉnh núi, do lượng không khí bổ sung mà ánh sáng phải xuyên qua để từ chân trời đến được mắt người quan sát, làm tăng khúc xạ ánh sáng. Độ dẹt của Mặt trời có thể đạt tới 40% (tỷ lệ của các trục khi đó là từ 0,6 đến 1).

Như vậy, gần chân trời, không chỉ Mặt trời trông cao hơn trong bầu trời, mà nó còn có vẻ dẹt hơn. Trong các tình huống đặc biệt, hình ảnh của Mặt trời có thể bị biến dạng và phân mảnh. Hình dạng bất thường này một lần nữa cũng lại do trò chơi bất ngờ của khúc xạ ánh sáng bởi khí quyển. Nó biểu hiện khi khí quyển không đồng nhất, có những biến thiên cục bộ và phân tầng về mật độ ở những vùng thấp, hay các nghịch đảo nhiệt độ bất thường, chẳng hạn khi không khí nóng đi lên trên không khí lạnh trong khi thông thường nhiệt độ của không khí giảm xuống theo độ cao.

Nói rộng ra, tất cả các hiện tượng ảo tượng - một vũng nước lấp loáng trên đường biến mất khi xe tiến lại gần, một ốc đảo đầy dừa giữa sa mạc nơi lữ khách khát khô hy vọng được giải khát, nhưng thật thất vọng, lại biến mất khi anh ta đi tới, các dãy núi như treo lơ lửng trong không trung, hay các lâu đài như trôi nổi trong bầu trời - tất cả đều là hệ quả của trò khúc xạ ánh sáng trong khí quyển.

Một ảo tượng không gì khác hơn là ánh sáng bị khúc xạ của một cái gì đó tồn tại thực, nhưng, trên thực tế lại không ở nơi mà người ta nhìn thấy nó. Chẳng hạn, ảo tượng của Mặt trời xuất hiện bên trên chân trời trong khi thực tế nó đã nằm ở bên dưới. Các ảo tượng xuất hiện ở những nơi chồng chập các lớp không khí có nhiệt độ khác nhau: trong sa mạc, trên các tầng băng trôi, hay trên mặt đường khi nhựa đường bị Mặt trời thiêu đốt làm nóng không khí lạnh. Chúng ta thậm chí còn có thể ngạc nhiên với các ảo tượng ở ngay trên nóc xe ô tô vào một ngày rất nóng hay gần một lò nướng bánh! Các nhiệt độ khác nhau của không khí sinh ra các chênh lệch về mật độ (không khí nóng loãng hơn không khí lạnh, và do đó có sự chênh lệch về chiết suất làm cho quỹ đạo của ánh sáng bị bẻ cong, tạo ra các ảo tượng và những hứa hẹn khác nhưng không bao giờ trở thành hiện thực...

Đọc thêm D. Lynch và W. Livingston, *Aurores, Mirages, Eclipses*, Dunod, 2002.

## **Khúc xạ của khí quyển**

Xem: Khúc xạ ánh sáng

## **Khúc xạ khí quyển Trái đất**

Xem: Khúc xạ ánh sáng

## **Khủng long và Tiểu hành tinh sát thủ**

Nhìn chung, các tiểu hành tinh đều ngoan ngoãn đi theo quỹ đạo của chúng trong vành đai các tiểu hành tinh nằm giữa Hỏa tinh và Mộc tinh, hoặc sống những ngày yên bình trong hai khu dự trữ của chúng, vành đai Kuiper và đám mây các sao chổi Oort, không đến quấy rối chúng ta trên Trái đất. Nhưng thì thoảng, do ảnh hưởng hấp dẫn, đặc biệt là các ảnh hưởng hấp dẫn của Mộc tinh, và trong

một chừng mực nhỏ là ảnh hưởng hấp dẫn của Hỏa tinh, chúng bị chệch ra khỏi quỹ đạo, đi ra ngoài vành đai các tiểu hành tinh và phóng vào bên trong Hệ Mặt trời. Khi đó một số trong các tiểu hành tinh đó có thể va chạm với Trái đất. Như trường hợp thôn Abracourcix trong seri truyện tranh *Astérix* không ngừng nhắc đi nhắc lại, trời có nguy cơ sập xuống đầu chúng ta. Loài khủng long đã phải lãnh đủ vì điều đó.

Cách đây 165 triệu năm, khủng long là chúa tể trên Trái đất. Những loài động vật có vú, tổ tiên trực tiếp của chúng ta, phải khôn khéo trú ẩn trong các xó xỉnh của mình để tránh sự háu ăn của lũ khủng long bạo chúa và các con quỷ ăn thịt khác. Cách đây 65 triệu năm, một tiểu hành tinh khổng lồ, lớn hơn một quả núi, có kích thước khoảng 15 kilomet nặng khoảng 10.000 tỷ tấn, phóng qua khí quyển nhanh hơn một viên đạn, đã nổ tung khi va phải Trái đất. Vụ va chạm dữ dội này có sức nổ tương đương một tỷ triệu tấn thuốc nổ TNT, tức khoảng một nghìn lần sức công phá của toàn bộ các kho vũ khí hạt nhân của cả hành tinh cộng lại. Một cơn sóng thần cao vài trăm mét đã dâng lên trong vùng biển Caribe, tàn phá Cuba, Florida và bờ biển Mexico. Vụ va chạm kinh hoàng này đã phóng lên không khí hơn 100.000 tỷ tấn đất đá bốc hơi. Những viên đá to nhất được phóng lên sẽ rơi xuống gần điểm va chạm, nhưng hàng nghìn tỷ tấn (khoảng 1%) còn lơ lửng trong không khí suốt nhiều tháng ròng dưới dạng những hạt bụi rất mịn. Gió đã gieo rắc khối bụi này đi khắp toàn cầu, tới mức toàn bộ Trái đất bị bao phủ bởi một đám mây đen mù mịt khổng lồ ngăn chặn hết ánh sáng và nhiệt của Mặt trời. Vì thế Trái đất chìm đắm trong một đêm đông kéo dài nhiều năm. Các hậu quả đối với hệ động vật và thực vật thực là kinh hoàng: 30% đến 80% số loài thực vật đã biến mất, kéo theo sự tàn sát ba phần tư các loài sinh vật, kể cả khủng long, do thiếu thức ăn.

Như vậy, sự biến mất của khủng long không bắt nguồn trực tiếp từ vụ va chạm của tiểu hành tinh, mà từ đám mây bụi mà nó hất tung lên. Đám mây này đã ngăn không cho Mặt trời tiếp tục sưởi ấm Trái đất và nhấn chìm hành tinh của chúng ta trong một mùa đông dài. Kịch bản thảm họa này thường được gọi là “mùa đông hạt nhân”, vì hậu quả cũng sẽ tương tự như vậy nếu người ta làm nổ tung một quả bom nguyên tử cực mạnh.

Bất hạnh của kẻ này lại làm nên hạnh phúc cho kẻ khác. Các tổ tiên động vật có vú của chúng ta, sống bằng các loại củ dưới đất, đã sống sót qua cuộc tàn sát trên. Kẻ thù chính giờ đây đã biến mất, nên chúng bắt đầu sinh sôi nẩy nở mạnh mẽ và phân nhánh ra thành nhiều họ. Một trong số chúng đã dẫn đến *Homo sapiens*.

Kịch bản về một tiểu hành tinh sát thủ cho tới lúc này vẫn là kịch bản tốt nhất mà chúng ta có để giải thích sự biến mất đột ngột của loài khủng long. Nhiều phát hiện quan trọng đã củng cố thêm cho cách giải thích đó. Các nhà địa chất đã co thế lặn ngược lại thời gian cho tới tận thời kỳ đại diệt này, cách đây 65 triệu năm, bằng cách nghiên cứu các địa tầng của Trái đất. Họ đã nhận thấy rằng tầng đất sét tương ứng với thời kỳ này chứa một kim loại hiếm, được gọi là iridi, thường không gặp ở bề mặt Trái đất, bởi vì nó đã hóa thành trầm tích từ rất lâu trong lòng hành tinh chúng ta. Ngược lại, người ta lại tìm thấy nó trong các tiểu hành tinh. Thế nhưng, kim loại này lại không chỉ có mặt ở địa điểm va chạm, mà còn tràn khắp hành tinh. Điều này có nghĩa là iridi có nguồn gốc ngoài Trái đất, nó chắc chắn đến từ một sự kiện có hậu quả toàn cầu, phù hợp với giả thiết về một tiểu hành tinh khổng lồ đâm vào Trái đất.

Mặt khác, người ta cho rằng đã xác định được vị trí va chạm: có một miệng hình phễu khổng lồ đã bị lấp mất một nửa ở Chicxulub, trong bán đảo Yucatan của Mexico giữa vịnh Mexico và biển Antilles.

Không có một tiểu hành tinh sát thủ, thì khủng long vẫn còn làm chúa tể trên Trái đất, và chúng ta có lẽ sẽ không bao giờ có cơ hội bước lên sân khấu. Như vậy, các tiểu hành tinh là những tác nhân mạnh của ngẫu nhiên. Chúng không chỉ đã làm thay đổi sâu sắc các đặc tính của các hành tinh (xem: *Tiểu hành tinh*), mà còn làm đổi hướng một cách căn bản quá trình tiến hóa của sự sống trên Trái đất và có thể được coi là nguyên nhân cho sự tồn tại của chúng ta.

## Kiến trúc của vũ trụ, tấm toan vũ trụ

Sau khi Hubble phát hiện ra các thiên hà năm 1923, các nhà thiên văn đã hăm hở bắt tay vào dựng bản đồ của vũ trụ. Một nhiệm vụ không hề dễ dàng chút nào, bởi vì chúng ta nhìn vũ trụ được phóng chiếu trên vòm trời hai chiều, tựa như một bức tranh không lồ trong đó họa sỹ đã quên hết các quy tắc phối cảnh. Để nghiên cứu sự phân bố của các thiên hà, bằng mọi giá phải tái lập được chiều thứ ba bằng cách đo các khoảng cách giữa chúng và chúng ta.

Vậy làm thế nào có thể đo được độ sâu của sân khấu vũ trụ? Câu trả lời là dựa vào phát minh vĩ đại về sự giãn nở của vũ trụ do Hubble thực hiện năm 1929: các thiên hà xa xôi chạy trốn ra xa Ngân Hà như thể Ngân Hà bị mắc dịch hạch vậy! Chuyển động chạy trốn của các thiên hà làm cho ánh sáng của chúng bị dịch về phía đỏ (do hiệu ứng Doppler, *xem mục từ này*), và sự dịch về phía đỏ càng lớn khi thiên hà càng ở xa (định luật Hubble). Như vậy, nhà thiên văn chỉ cần phân tách ánh sáng của một thiên hà bằng một quang phổ kế, (dụng cụ có trang bị một lăng kính giống như lăng kính mà Newton từng sử dụng), và đo độ dịch về phía đỏ của một thiên hà là tìm được khoảng cách của nó.

Công việc đo đạc vũ trụ ban đầu diễn ra với vận tốc rùa bò. Vào thời điểm phát minh ra sự giãn nở của vũ trụ, Hubble chỉ có trong tay khoảng cách của khoảng ba chục thiên hà gần. Để ghi lại ánh sáng, ngày nay nhà thiên văn đã được trợ giúp bởi một cú nhảy vọt ngoạn mục của công nghệ: các tấm kính ảnh được sử dụng cho tới cuối những năm 1960 tại các đài thiên văn và đã phải nhường chỗ cho các detector điện tử (*xem mục từ này*) (giống như các detector lắp cho các máy ảnh kỹ thuật số của chúng ta ngày hôm nay), có tính năng cao hơn tới 40 lần. Trong khi Hubble và các đồng nghiệp của ông đã phải vất vả cả đêm để đo độ dịch về phía đỏ của chỉ một thiên hà xa xôi, thì nhà thiên văn học hiện đại có thể làm điều tương tự với 700 thiên hà xa xôi chỉ trong vài giờ. Thông tin thu được chỉ sau một đêm quan sát, nếu được diễn tả bằng từ ngữ, sẽ choán đầy một cuốn sách dày nửa triệu trang! Sau một thời gian làm việc dài và kiên nhẫn, bắt đầu từ giữa những năm 1970, các nhà thiên văn ngày

nay đã có thể đo được các khoảng cách của khoảng một triệu thiên hà. Khung cảnh vũ trụ hiện ra trước con mắt sùng sốt của họ quả là rất đáng kinh ngạc.

Xuất phát từ nỗ lực khai mọ phỉ thường trong việc đo đạc này, một nhận định đầu tiên đã được đưa ra: các thiên hà, tập hợp của hàng trăm tỷ ngôi sao được liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn, không phân bố một cách ngẫu nhiên trong không gian. Chúng rất thích tập hợp lại với nhau. Nếu bạn muốn có cơ hội tìm thấy một thiên hà là lớn nhất, thì bạn hãy nhìn quanh một thiên hà khác. Cũng giống như con người, các thiên hà không hề thích cô đơn. Bản năng quần cư này không phải là kết quả của các mối liên hệ tình cảm, mà là do lực hấp dẫn hút các thiên hà lại với nhau.

Công việc đo đạc vũ trụ cũng đã tiết lộ một hệ thống thứ bậc kỳ lạ trong kiến trúc của nó. Nếu các thiên hà giống như các ngôi nhà, có kích thước khoảng một trăm nghìn năm ánh sáng, cho các ngôi sao trú ngụ, thì các cụm thiên hà, tức tập hợp chứa vài chục thiên hà, lại là các ngôi làng của vũ trụ. Chẳng hạn, Ngân Hà của chúng ta nằm trong "Cụm Địa phương", ngoài ra cụm này còn chứa thiên hà Tiên nữ và khoảng 30 thiên hà lùn khác, nhỏ hơn và nhẹ hơn (mỗi thiên hà lùn này chứa khoảng 1 tỷ Mặt trời thay vì 100 như trong các thiên hà bình thường), trong đó có các Đám mây Magellan Lớn và Nhỏ quay quanh và cách Ngân Hà khoảng 170.000 năm ánh sáng. Cụm Địa phương trải trên khoảng chục triệu năm ánh sáng, tức gấp 100 lần đường kính của một thiên hà. Ngoài ra còn có các khu kết tập rộng lớn hơn. Một số đám thiên hà tập hợp hàng nghìn thiên hà trải trên khoảng 60 triệu năm ánh sáng: đó là các tỉnh lỵ của vũ trụ.

Sự tổ chức của vũ trụ không dừng lại ở đó: các đám thiên hà cũng kết hợp lại với nhau theo nhóm năm hoặc sáu để tạo thành các siêu đám thiên hà chứa tới gần chục nghìn thiên hà và trải dài trên khoảng 200 triệu năm ánh sáng. Các siêu đám thiên hà này là các đại đô thị của vũ trụ. Cụm Địa phương của chúng ta nằm trong "Siêu đám Địa phương" tập hợp trong lòng nó khoảng chục các cụm và đám khác. Nhưng thế vẫn chưa hết! Tổ chức của vũ trụ vẫn còn tiếp tục và vũ trụ ở thang lớn hơn cũng trình hiện một khung cảnh hết sức đáng ngạc nhiên. Đến lượt mình, các siêu đám thiên hà cũng tập hợp lại với nhau thành các cấu trúc rộng lớn có dạng chiếc bánh rán

dệt, các sợi và các bức tường thiên hà trái hút tâm mắt trên những khoảng cách hàng trăm triệu năm ánh sáng, ngăn ra trong vũ trụ các khoảng chân không khổng lồ (xem: *Chân không vũ trụ*), nơi mà người ta có thể đi ngang dọc hàng trăm triệu năm ánh sáng mà không gặp một thiên hà sống nào! Các thiên hà đã phát triển bản năng quần cư của chúng mạnh tới mức chúng tập hợp lại với nhau trong các ngôi làng, các tỉnh lỵ và các đại đô thị của vũ trụ, để lại giữa chúng một vùng nông thôn hoàn toàn hoang vắng. Chúng chỉ chiếm một phần mười tổng thể tích của vũ trụ. Phần còn lại là chân không hoàn toàn.

Như vậy, các thiên hà tạo nên trong màn đêm tối đen một bức toan vũ trụ lấp lánh không lồ mà các cấu trúc của nó được làm từ các siêu đám hình bánh rán, hình các sợi và các bức tường dệt nên một «tấm vải», các đám dày đặc nhất tạo thành các “mối” vải, và các khoảng chân không tạo thành các “mắt” vải.

Vậy làm thế nào mà vũ trụ đã có thể dệt nên được tấm thảm vũ trụ phong phú các họa tiết trong khi nó được sinh ra từ một trạng thái cực kỳ đồng nhất? Bằng chứng của sự đồng nhất ban đầu này là hình ảnh của bức xạ hóa thạch (xem mục từ này), có từ năm 380.000 sau vụ nổ khởi thủy, và là hình ảnh xa nhất mà chúng ta có được về vũ trụ<sup>16</sup>. Các quan sát bức xạ hóa thạch choán đầy vũ trụ này chứng tỏ rằng nhiệt độ của nó không lệch quá vài phần trăm nghìn so với giá trị bằng giá -273°C theo mọi hướng của bầu trời. Nói cách khác, các tính chất của vũ trụ ở năm 380.000 không thể biến thiên quá 0,001%. Vậy thì bằng cách nào, trong vòng 14 tỷ năm kể từ khi ra đời, vũ trụ lại có thể chuyển từ một trạng thái vô cùng đồng nhất sang một hệ thống các cấu trúc có thứ bậc hết sức phong phú đến như vậy? Cái đơn giản đã có thể sinh ra cái phức tạp như thế nào?

Câu trả lời nằm trong thực tế là bức xạ hóa thạch là cực kỳ đồng nhất chứ không phải đồng nhất tuyệt đối. Vì nếu nó hoàn toàn đồng nhất thì vũ trụ không thể phát triển thành các cấu trúc như các thiên hà được; sự sống và ý thức cũng không thể xuất hiện và vũ trụ mãi mãi là vô sinh. Trên thực tế, các thiên hà là những ốc đảo trong sa mạc của không gian. Bị đốt nóng bởi bức xạ của hàng trăm tỷ ngôi

<sup>16</sup> Trước năm 380.000, vũ trụ là không trong suốt, nên ánh sáng không thể lan truyền, và các kính thiên văn không thể chụp ảnh vũ trụ ở tuổi trẻ hơn.

sao chứa trong mỗi thiên hà, chúng cho phép thoát khỏi sự lạnh đi vĩnh viễn của không gian giữa các thiên hà do sự dân nở của vũ trụ. Là những nơi ẩn náu trong vũ trụ, các thiên hà cung cấp một môi trường, trong đó các ngôi sao có thể bức xạ nhiệt và năng lượng tốt lành của mình, làm nảy sinh và nuôi dưỡng sự sống. Một sự đồng nhất hoàn hảo là đồng nghĩa với vô sinh, trong khi một sự không hoàn hảo nhỏ lại là khởi nguồn sáng tạo ra sự sống.

Vì thế các nhà vật lý thiên văn đã rất vui mừng khi mà vào năm 1992, vệ tinh *COBE* đã nhận ra các thăng giáng nhiệt của bức xạ hóa thạch, mặc dù là rất nhỏ. Những thăng giáng nhiệt này hàm ý sự tồn tại của các vùng đặc hơn (chính xác là 0,001%) so với các vùng khác trong vũ trụ. Các nhà vật lý nghĩ rằng các thăng giáng về mật độ này đã phát triển trong thời kỳ lạm phát điên rồ của vũ trụ, xuất phát từ các thăng giáng lượng tử vô cùng nhỏ sinh ra ở thời gian Planck, khi vũ trụ còn nhỏ hơn một nguyên tử hydro 10 triệu tỷ tỷ lần. Các thăng giáng mật độ này chính là các hạt giống thiên hà (xem mục từ này). Chúng lớn lên cho tới khi tạo ra các thiên hà lỏng lẻo trang hoàng cho bầu trời ngày hôm nay.





Như vậy, những cấu trúc lớn nhất nằm trong vũ trụ hiện nay đã sinh ra từ các quá trình diễn ra ở các thang bé không thể tưởng tượng nổi ở thời kỳ tuổi của vũ trụ mới chỉ là một phần rất nhỏ của giây. Cái vô cùng bé đã đẻ ra cái vô cùng lớn.

Nhưng vũ trụ-người thợ làm vườn đã làm như thế nào để cho các hạt giống thiên hà này nảy mầm? Đây là một nhiệm vụ hết sức tinh tế, bởi vì không được phép sai lầm. Nhiệm vụ sẽ bất thành nếu các hạt giống chỉ lớn lên đến kích thước của một hạt bụi, một hành tinh hay một sao, chứ không phải là các cấu trúc rộng lớn trải rộng trên hàng trăm nghìn năm ánh sáng, các ốc đảo nhiệt trong sa mạc lạnh giá mênh mông của không gian giữa các thiên hà và những cái nôi của sự sống cùng ý thức. Chính lực hấp dẫn của vật chất tối (*xem mục từ này*) đã ra tay cứu giúp để xây dựng nên các thiên hà lỏng lẻo (*xem: Sự hình thành thiên hà*).

## Kim tinh

Tại sao một số truyền thuyết xa xưa lại gắn hành tinh thứ hai tính từ Mặt trời với một nhân vật nữ (Kim tinh - *Venus* còn có nghĩa là thần Vệ nữ -ND)? Liệu có phải là do hành tinh này được nhìn thấy từ Trái đất trong một khoảng thời gian trung bình là 260 ngày (chu kỳ quỹ đạo của Kim tinh là 224 ngày, nhưng vì quan sát nó từ một Trái đất chuyển động, nên chúng ta có thể nhìn thấy nó lâu hơn), tương đương với thời gian mang thai của con người (255-266 ngày). Rất nhiều nền văn minh đã gắn hành tinh này với nữ thần tình yêu và sắc đẹp: người Chaldée (ở Tây Nam Babylon) gọi nó là Ishtar, còn người Hy Lạp gọi nó là Aphrodite. Kim tinh xuất hiện trước khi Mặt trời mọc ở chân trời phía Đông và được gọi là “sao Mai”, hoặc xuất hiện sau khi Mặt trời lặn ở chân trời phía Tây và được gọi là “sao Hôm”. Cũng giống như đối với Thủy tinh, người cổ đại nghĩ rằng đây là hai thiên thể riêng biệt. Người Trung Quốc gắn Kim tinh với một cặp vợ chồng, “sao Mai” biểu hiện người chồng, Tai-Po, và “sao Hôm”

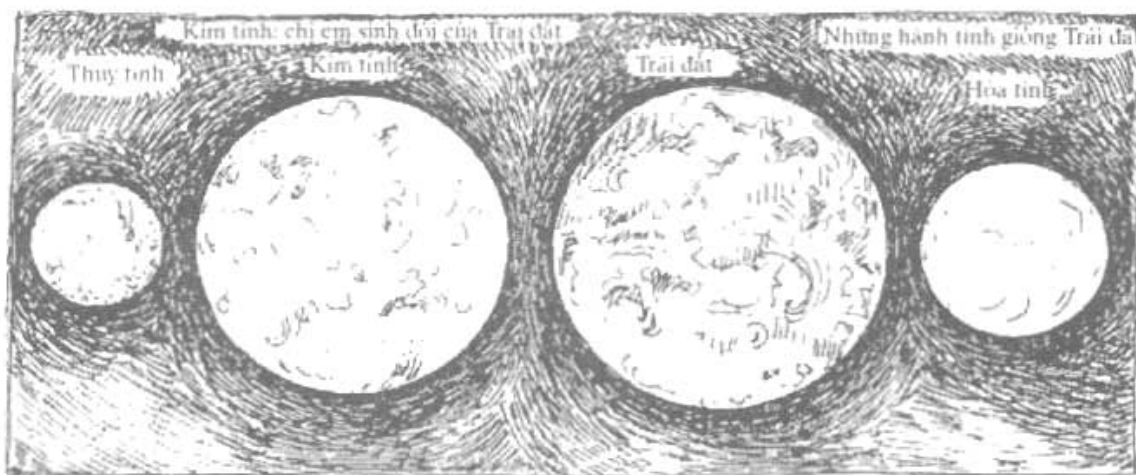
biểu hiện người vợ, Nu Chien. Tuy nhiên, các nhà thiên văn Hy Lạp đã biết rằng đây chỉ là một thiên thể duy nhất. Chỉ có người Maya và Azteque (sống ở Mexico hồi thế kỷ XIV) dường như đã gắn Kim tinh với một nhân vật nam, người em sinh đôi của Mặt trời. Họ đã kỷ công lập ra những thứ lịch phức tạp và các nghi lễ hiến tế dựa trên sự xuất hiện của Kim tinh. Trong ngôn ngữ dân gian, vì bình minh hay hoàng hôn đều đánh dấu thời điểm những người chẵn cừu thả đàn cừu của mình ra khỏi chuồng hay lừa chúng về chuồng, nên Kim tinh cũng thường được gọi là “sao người chẵn cừu”.



Sau Mặt trời và Mặt trăng, Kim tinh là thiên thể sáng thứ ba trên bầu trời. Nó sáng gấp 10 lần sao Thiên lang, ngôi sao sáng nhất của bầu trời đêm, và thậm chí có thể nhìn thấy vào ban ngày nếu bạn biết nhìn đúng chỗ. Chính Napoléon đã nhìn thấy Kim tinh vào hôm ông đang diễn thuyết trên ban công cung điện Luxembourg. Ông diễn giải phát hiện này như một điềm lành cho chiến dịch của mình tại Italia (và sau đó ông đã chiến thắng thật). Độ sáng của Kim tinh có được là do thực tế là lớp các đám mây dày của nó phản chiếu gần 80% ánh sáng mà nó nhận được từ Mặt trời (trong khi đó, mặt đất khô cằn của Mặt trăng chỉ phản chiếu 8%; và sớ dĩ trông Mặt trăng sáng như vậy là vì nó gần Trái đất hơn 100 lần). Kim tinh là hành tinh gần Trái đất nhất: ở điểm gần nhất, nó chỉ cách hành tinh của chúng

ta 38,6 triệu km (Hoa tinh ở điểm gần nhất cách chúng ta 56,3 triệu km).

Năm 1690, Galileo là người đầu tiên hướng ống kính thiên văn lên Kim tinh. Ông phát hiện ra rằng hành tinh này cũng có nhiều pha, giống như Mặt trăng, từ “Kim tinh tròn” đến “Kim tinh non”, trải qua các pha trung gian như lưỡi liềm, hạ huyền hoặc thượng huyền, đây là kết quả chiều sáng hành tinh này của Mặt trời và điều này chỉ có thể được giải thích nếu Kim tinh quay quanh Mặt trời, như Copernicus đã phát biểu năm 1543, chứ không phải là quay quanh Trái đất. Chính điều này đã thúc đẩy Galileo tuyên bố ủng hộ mạnh mẽ hệ nhật tâm, và ông do đó đã phải chịu những đòn sấm sét của Nhà Thờ.



Thoạt nhìn, Kim tinh có vẻ như hành tinh sinh đôi cùng với Trái đất, với khối lượng và kích thước gần như tương đương. Giống như Trái đất, một số tính chất của nó đã bị thay đổi khá sâu sắc do các vụ va chạm với các tác nhân ngẫu nhiên mang tên tiêu hành tinh (*xem mục từ này*). Chẳng hạn, Kim tinh quay theo chiều ngược lại với đa số các hành tinh khác và Mặt trời. Trên Kim tinh, Mặt trời mọc ở phía Tây và lặn ở phía Đông. Hơn nữa, nó quay quanh mình nó rất chậm: thời gian để Kim tinh quay hết một vòng quanh trục của nó dài hơn (243 ngày Trái đất) so với thời gian nó quay trọn một vòng quanh Mặt trời (225 ngày Trái đất). Như vậy, ngày trên Kim tinh dài hơn 8% so với năm! Người ta cho rằng, giống như Trái đất đã bị một thiên thạch lớn đâm vào làm văng ra Mặt trăng, một tiểu hành tinh kích

thuốc lớn đã đâm vào Kim tinh trong khi nó đang quay ngược lại với chiều quay hiện nay của nó, và làm cho Kim tinh quay theo chiều ngược lại với tốc độ rùa bò.

Nhưng các điểm tương đồng chỉ có thế. Khí quyển trên Kim tinh đặc hơn khí quyển Trái đất khoảng 100 lần. Trong khi 90% khí quyển của Trái đất bị giam dưới độ cao 10 km, thì độ cao tương ứng trên Kim tinh là 50 km. Cấu thành từ 96,5% là khí cacbonic và 3,5% nitơ, khí quyển của Kim tinh cho phép ánh sáng Mặt trời đi vào, nhưng không cho nó thoát ra: lý do là mặt đất của một hành tinh này hấp thụ ánh sáng nhìn thấy được của Mặt trời và phát xạ trở lại dưới dạng các sóng hồng ngoại. Thế nhưng, một số khí như cacbonic thì cho ánh sáng nhìn thấy đi qua được nhưng lại chặn ánh sáng hồng ngoại. Các khí này gọi là khí gây "hiệu ứng nhà kính" (xem mục từ này), bởi vì chúng có tác dụng giống như kính chắn của nhà kính, nó cho ánh sáng Mặt trời nhìn thấy được đi qua nhưng lại cầm tù ánh sáng hồng ngoại do cây cối sống trong nhà kính phát ra. Trên Kim tinh, sự giam hãm nhiệt Mặt trời làm cho nhiệt độ của nó tăng đến mức kinh khủng ( $460^{\circ}\text{C}$ ), cao hơn cả nhiệt độ trên Thủy tinh. Chì và thiếc ở đó sẽ tan chảy ngay lập tức.

Hiệu ứng nhà kính không phải là độc quyền của Kim tinh. Trái đất, như chúng ta đã biết, cũng bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng này. Khí quyển của Trái đất chứa một ít khí hiệu ứng nhà kính: khí cacbonic (với lượng ít hơn nhiều so với ở Kim tinh, rất may: chỉ 0,03% so với 96,5%) và hơi nước với khối lượng thay đổi (0,1% ở sa mạc, nhưng lên tới 3% ở những nơi ẩm ướt nhất). Điều này làm cho nhiệt độ trung bình của Trái đất rất dễ chịu:  $17^{\circ}\text{C}$ . Không có hiệu ứng nhà kính, thì nhiệt độ - kết quả của sự cân bằng giữa lượng ánh sáng mà Trái đất nhận từ Mặt trời và lượng ánh sáng nó phát trở lại không gian - sẽ rất thấp: chỉ  $-23^{\circ}\text{C}$ , không thuận lợi cho sự phát triển của sự sống như chúng ta biết. Nhưng cái có lợi ở lượng nhỏ lại có hại ở lượng lớn. Từ kỷ nguyên công nghiệp, bằng việc đốt dầu lửa và than đá để đi lại và vận hành các nhà máy công nghiệp, con người đã không ngừng thải ra một lượng lớn khí cacbonic vào khí quyển Trái đất. Vào thế kỷ trước, hàm lượng khí cacbonic đã tăng 20%, và sẽ tiếp tục tăng 4% cứ mỗi 10 năm. Kể từ kỷ nguyên công nghiệp, Trái đất đã nóng hơn khoảng  $1^{\circ}\text{C}$ , và nếu con người tiếp tục thực hiện chính sách

đà điều và coi như không có gì xảy ra, thì người ta dự đoán là Trái đất sẽ nóng thêm nhiều độ trong 50 năm tới. Loài người liệu có đủ thông thái để giữ cho hành tinh xinh đẹp của mình không trở thành một địa ngục như Kim tinh không?

Tại sao lại có một sự khác biệt như hiện nay giữa khí quyển Trái đất và khí quyển Kim tinh? Bởi vì Kim tinh ở gần Mặt trời hơn và do đó quá nóng nên hơi nước hiện diện trong khí quyển khơi thủy của nó không thể ngưng tụ thành thể lỏng được. Mà không có biển thì không có sự hòa tan khí cacbonic trong lòng biển như trên hành tinh xanh chúng ta (xem: *Trái đất, hành tinh xanh*). Nếu như toàn bộ khí cacbonic hòa tan trong biển và bị giam trong đá ở Trái đất, nhờ một phép thuật nào đó, đột ngột được giải phóng, thì thành phần cấu tạo mới của khí quyển Trái đất sẽ là 98% khí cacbonic và 2% nitơ, và nó sẽ nặng hơn 70 lần! Nói cách khác, ngoại trừ oxy, sản phẩm của sự sống, và hơi nước ra, khí quyển Trái đất sẽ giống với khí quyển của Kim tinh tới mức gần như khó phân biệt được. Sở dĩ hai khí quyển này đi theo những con đường khác nhau, bởi vì khác với những gì xảy ra trên Trái đất, khí cacbonic vẫn nằm nguyên trong khí quyển Kim tinh và tiếp tục gây hiệu ứng nhà kính của mình. Hiệu ứng này còn được tăng cường bởi hơi nước, vì hơi nước cũng gây hiệu ứng nhà kính, khiến cho nhiệt độ của Kim tinh trước kia chắc phải lên tới hơn 1.000°. Ở nhiệt độ cực cao này, hơi nước bay lên rất cao trong khí quyển, và các phân tử nước đã bị tia cực tím của Mặt trời phá vỡ thành các nguyên tử hydro và oxy. Hydro siêu nhẹ đã thoát vào không gian, trong khi oxy kết hợp với nhiều khí khác trong khí quyển, làm cho khí quyển ngày nay của Kim tinh không còn hơi nước nữa. Rốt cuộc, chúng ta tồn tại được trên Trái đất bởi vì hành tinh của chúng ta nằm đúng ở vùng "có thể sống được" quanh Mặt trời, ở đúng khoảng cách thuận lợi để nước được tồn tại dưới dạng lỏng chứ không phải dạng khí.

Kim tinh có kích thước gần bằng hành tinh của chúng ta. Cũng như Trái đất, phần bên trong của Kim tinh không lạnh đi quá nhanh, nó vẫn còn giữ được một phần lớn nhiệt khởi thủy sinh ra từ các vụ va chạm với các tiểu hành tinh điên rồ trong thời kỳ đại bắn phá của Hệ Mặt trời, cách đây hơn 4 tỷ năm. Nữ thần tình yêu vẫn giữ được ngọn lửa lòng, cơ thể không ngừng tỏa nhiệt và mới đây thôi còn có

hoạt động núi lửa, tất cả những điều này đã được khẳng định một cách đầy ấn tượng bởi tàu thăm dò không gian *Magellan*. Tàu này đã vẽ bản đồ gần như toàn bộ bề mặt của Kim tinh trong những năm 1990 nhờ kỹ thuật chụp ảnh bằng sóng radar. Nếu khí quyển của hành tinh có nhiệt độ hòa ngục nay chặn ánh sáng nhìn thấy được, thì các sóng radio vẫn có thể xuyên qua nó mà không hề hấn gì.

*Magellan* đã tiết lộ một khung cảnh thật lạ lùng. Bên trên những đồng bằng rộng lớn nổi lên hai "lục địa" Ishtar Terra và Aphrodite Terra, gọi theo tên các nữ thần tình yêu của người Babylon và người Hy Lạp, những cái tên khác của Venus, nữ thần tình yêu của người La Mã. Từ "lục địa" ở đây chỉ những cấu trúc rộng lớn trên cao, bởi trên Kim tinh không hề có biển. Các lục địa chiếm 8% bề mặt Kim tinh, trong khi ở Trái đất là 25%. Ishtar Terra có kích thước gần bằng châu Úc. Đây đó rải rác các hố hình miệng núi lửa bị khoét bởi va chạm của các tiểu hành tinh. So với Thủy tinh, Mặt trăng hay Hỏa tinh, thì trên Kim tinh có rất ít hố hình miệng núi lửa. Khí quyển dày của nó đóng vai trò một tấm chắn bảo vệ, có tác dụng phá hủy mọi thiên thạch nhỏ đến từ không gian. Chỉ có những thiên thạch với đường kính lớn hơn 50 m mới đáp được xuống bề mặt Kim tinh, điều này giải thích tại sao Kim tinh không có những hố hình miệng núi lửa với đường kính nhỏ hơn 3 km, và tương đối hiếm các hố có đường kính dưới 25 km. Số các va chạm trên Kim tinh chỉ bằng khoảng một phần mười số va chạm mà người ta ghi nhận được trên Mặt trăng.

Khác với Trái đất, mặt đất của Kim tinh dường như không được cấu thành bởi những mảng lục địa xô nhau để làm dựng lên những dãy núi hoặc tách rời nhau để tạo ra đất mới. Tuy nhiên, trên Ishtar Terra cũng có những dãy núi dài hàng trăm kilomet. Ở đây có dãy núi cao nhất là Maxwell Montes, cao tới 14.000 m so với mặt đất (trong khi đỉnh Everest trên Trái đất chỉ cao 8.800 m). Các dãy núi này có lẽ đã được dựng nên bởi cùng các chuyển động đối lưu trong lõi đá bị hóa lỏng một phần, mà trên Trái đất chúng làm cho các lục địa trôi dạt.

Sự hiện diện của magma nóng trong quá khứ trào từ trong lòng của hành tinh lên bề mặt được thể hiện bằng nhiều dòng nham thạch hóa rắn, rộng khoảng 1.000 m và dài hàng trăm kilomet. Kim tinh chứa dòng nham thạch dài nhất được biết đến trong Hệ Mặt trời:

dài tới 7.000 km! Có khá nhiều dấu hiệu khác cho thấy một hoạt động núi lửa tương đối gần đây (có thể cách đây dưới 500 triệu năm): nhiều vòm núi lửa có đường kính hàng chục kilomet, những núi lửa khổng lồ được tạo thành không phải ở rìa các mảng lục địa, mà là do sự tích tụ chồng chất nham thạch lặp đi lặp lại (trên Trái đất, quần đảo Hawaii cũng được hình thành bằng cách này), và còn cả những “vương miện” khổng lồ, tức các cấu trúc tròn được đánh dấu bởi những núi lửa đường kính hàng trăm kilomet, độc nhất trên Kim tinh và rất có thể bắt nguồn từ một sự phun trào cục bộ của vật liệu bị hóa lỏng của vỏ hành tinh này.

Hoạt động núi lửa này liệu ngày nay có còn tiếp tục không? *Magellan* chưa bao giờ thấy núi lửa tuôn trào hay các dòng nham thạch chưa hóa rắn. Một số dấu hiệu khiến ta nghĩ rằng hoạt động núi lửa chưa dừng hẳn trên Kim tinh - ví dụ như mức dioxyde lưu huỳnh, sản phẩm của núi lửa, hình như vẫn đang biến thiên trong khí quyển của Kim tinh; các tia sóng radio cũng đã được quan sát thấy, những tia này có thể liên quan đến sự phóng điện thường gắn liền với các phun trào núi lửa - thực ra chưa có gì là chắc chắn cả.

Các nhà hành tinh học cho rằng bề mặt của Kim tinh giống với bề mặt Trái đất cách đây khoảng một tỷ năm. Hoạt động núi lửa đã bắt đầu, nhưng vỏ của nó còn chưa hoàn chỉnh, và các khoang đối lưu trong lớp vỏ, làm chuyển động các mảng lục địa, còn chưa bị lung lay. Vậy tại sao đà tiến của Kim tinh lại bị chặn đứng? Rất nhiều giả thiết đã được đưa ra: có thể là nhiệt độ cao trên bề mặt của Kim tinh đã ngăn cản vỏ của nó lạnh đi và hóa rắn, không cho các mảng lục địa hình thành? Hay có thể là vì nước không hiện diện trên Kim tinh nên nó không thể đóng vai trò bôi trơn cho các chuyển động đối lưu và trôi dạt như trên Trái đất? Đến nay, không một giả thiết nào trong số này gây được hào hứng cả...

## Kính thiên văn không gian *Hubble*

Nhờ công cuộc chinh phục không gian, các nhà thiên văn đã có thể “vệ tinh hóa” các con mắt của mình. Họ ta đã có thể đưa lên quỹ đạo các kính thiên văn bắt ánh sáng từ vũ trụ bên trên bầu khí quyển Trái đất. Do ánh sáng này không bị chuyển động của các nguyên tử của khí quyển Trái đất làm cho lệch hướng, nên các hình ảnh thu được nét không gì sánh nổi. Hơn nữa, từ không gian, nhà thiên văn còn có thể tiếp cận được tất cả các ánh sáng vốn bị hấp thụ bởi khí quyển Trái đất (chỉ các ánh sáng nhìn thấy được và ánh sáng radio là có thể xuyên một cách nguyên vẹn qua khí quyển Trái đất). Các kính thiên văn nhạy cảm với các tia gamma, tia X, tia cực tím, tia hồng ngoại và vi sóng đã làm phong phú lên đáng kể những hiểu biết của chúng ta về vũ trụ. Nổi tiếng nhất trong số đó chắc chắn là kính thiên văn không gian *Hubble*, được trang bị một gương có đường kính 2,4 m, vận hành trong vùng ánh sáng cực tím, nhìn thấy được và hồng ngoại.

*Hubble* chắc chắn là đài thiên văn lớn nhất và phức tạp nhất đã từng được đưa lên quỹ đạo. Với chi phí 9 tỷ đôla (kể cả nhiều chuyến bay lên sửa chữa kính), đó cũng là một trong các dụng cụ khoa học đắt đỏ nhất chưa từng có. Đi lên bên trên bầu khí quyển Trái đất có hai ưu điểm: không chỉ vũ trụ phát lộ trong toàn bộ sự lộng lẫy của nó thông qua toàn bộ bảng các màu sắc của nó, mà thông điệp ánh sáng đến từ vũ trụ không bị biến dạng bởi sự chảy rối của khí quyển, điều này cho phép thu được các hình ảnh cực nét. *Hubble* đã cho chúng ta thấy vũ trụ với ít nhất gấp mười lần chi tiết hơn và ba mươi lần nhạy hơn so với các kính thiên văn lớn nhất trên mặt đất. Từ khi được đưa lên quỹ đạo năm 1990 và được chữa bệnh “cận thị” năm 1993, kính thiên văn không gian *Hubble* đã không ngừng gửi về cho chúng ta mỗi ngày các hình ảnh vừa tuyệt đẹp vừa chứa đựng nhiều thông tin. Có kích thước lớn ngang một đầu tàu hỏa (dài 13 m, rộng 12 m khi các tấm pin Mặt trời được xòe ra) và khối lượng 12,5 tấn, *Hubble* bay tròn một vòng quanh Trái đất cứ mỗi 95 phút, ở độ cao khoảng 600 km.

Tôi thường xuyên sử dụng *Hubble*. Chắc chắn, sự cạnh tranh để có được “lượt” làm việc trên kính thiên văn không gian này là rất



khóc liệt. Tôi phải mất nhiều ngày liền để chuẩn bị và hoàn thiện các yêu cầu đối với lượt của tôi, phải tập hợp tất cả các lập luận khoa học có thể thuyết phục một ủy ban các chuyên gia được NASA tập hợp để đánh giá các đề nghị đến từ khắp nơi trên thế giới. Mỗi đề nghị đều được cho điểm, và thường chỉ có 15-20% số các đề nghị là được cho phép làm việc với *Hubble*. Các ứng cử viên không may sẽ phải chờ năm sau để gửi một đề nghị mới. Còn về các ứng viên may mắn, họ sẽ phải chuẩn bị một chương trình máy tính để đưa ra các lệnh cho *Hubble* (hướng kính thiên văn tới đâu, sử dụng detector nào...). Chương trình này sẽ được gửi cho NASA thông qua Internet, và chính cơ quan này sẽ thực hiện các quan sát. Một khi các quan sát được *Hubble* thực hiện, các dữ liệu sẽ được truyền về mặt đất và xử lý sơ bộ bởi NASA, và sau đó được gửi bằng Internet đến nhà thiên văn có liên quan. Nhờ đó, tôi có thể hiển thị các quan sát của *Hubble* trên màn hình máy tính của mình trong phòng làm việc ở Đại học Virginia. Không cần phải nói các bạn cũng biết tìm tôi đã đập mạnh như thế nào mỗi khi chuẩn bị hiển thị một quan sát mới của *Hubble*! Không biết nó sẽ vén bức màn bí mật mới tuyệt vời nào của vũ trụ đây?

Không chỉ các hình ảnh của *Hubble* giúp chúng ta tiếp cận được sự lộng lẫy của một thế giới sinh ra các xúc cảm và các ước mơ, làm giàu trí tưởng tượng của chúng ta, mà chúng còn tạo ra sự tiến bộ đáng kể đối với những hiểu biết của chúng ta về vũ trụ. Bằng cách mở rộng tri giác của chúng ta về thế giới sang những vùng trước kia không thể tiếp cận được, *Hubble* không chỉ làm cho con mắt và đầu óc chúng ta thỏa mãn, mà còn là tác nhân của sáng tạo và tiến bộ.

### ***James Webb - Kính thiên văn kế nhiệm Hubble***

NASA đã dự liệu một chuyến bay cuối cùng của tàu con thoi không gian vào năm 2009 để lên trang bị cho *Hubble* các dụng cụ mới và sửa chữa các thứ bị hỏng hóc. *Hubble* sẽ tiếp tục phục vụ tận tình và trung thành ít nhất cho tới năm 2014, khi kính kế nhiệm nó, *James Webb Space Telescope (JWST)*, được đặt theo tên một cựu giám đốc của NASA, người từng phụ trách các chuyến bay *Apollo* trong những năm

1960 và 1970), lên tiếp sức. Kính thiên văn không gian này gồm 18 đoạn hình lục lăng tạo thành một gương tổng thể có đường kính 6,5 m (so với 2,5 m của *Hubble*), nó có thể thu lượm ánh sáng nhanh hơn *Hubble* sáu lần. Việc vận hành kính thiên văn này sẽ là một thách thức thực sự về mặt công nghệ. Nó sẽ được đưa lên quỹ đạo cách Trái đất 1,5 triệu kilomet, tức cao hơn rất nhiều quỹ đạo của Mặt trăng! NASA sẽ không được phép sai sót, vì các nhà thiên văn không thể đi sửa *JWST* như đối với *Hubble* được: các tàu con thoi không gian sẽ “nghỉ hưu” vào năm 2011. Nhưng ngay cả khi vẫn còn sử dụng được, thì chúng cũng không thể đi lên độ cao khoảng 600 kilomet bên trên Trái đất, nơi gì đến hơn một triệu kilomet! *JWST* sẽ hoạt động trong vùng ánh sáng nhìn thấy được và hồng ngoại, và có nhiệm vụ chính là nghiên cứu các sao và các thiên hà đầu tiên: nhờ có sức mạnh của nó, các nhà thiên văn hy vọng sẽ lần ngược lại thời gian (“nhìn mờ, nghĩa là nhìn xa, và nhìn xa, nghĩa là nhìn sớm”) khoảng 13 tỷ năm, và có thể quan sát trực tiếp sự ra đời của các sao và các thiên hà khởi thủy.

## Kính thiên văn mặt đất

Vào một đêm mùa hè trời trong không trăng, hãy nằm dài trên bãi cỏ, ở nông thôn, cách xa biển ánh sáng nhân tạo của con người, và hãy ngước mắt nhìn lên bầu trời. Bạn sẽ bị lóa mắt trước cảnh tượng hàng nghìn chấm sáng rải rác trên vòm trời tối đen như mực. Với một thấu kính (thủy tinh thể của bạn) đường kính khoảng nửa centimet, mắt là một cơ quan cảm nhận ánh sáng cực kỳ hiệu quả, bởi vì ngôi sao mờ nhất có thể nhìn được bằng mắt thường mờ hơn Mặt trăng tròn 25 triệu lần. Nếu bạn chịu khó đứng khoảng nửa tiếng trong bóng tối để mắt quên đi các vết thương của ánh sáng nhân tạo làm bạn lóa mắt khắp nơi, bạn sẽ thấy bầu trời có khoảng 3.000 ngôi sao. Còn có khoảng 3.000 ngôi sao khác ở dưới chân trời mà bạn sẽ có thể thấy khi chuyển động quay của Trái đất làm chúng nhô lên khỏi chân trời.

Tuy nhiên, mắt thường của chúng ta là quá nhỏ trên nhiều phương diện. Các hành tinh và các sao ở quá xa nên chúng ta không thể phân biệt được hình dạng và kích thước của chúng: chúng trình hiện chỉ như những chấm sáng đơn thuần. Ánh sáng của bầu trời mà mắt thường của chúng ta thấy được, chủ yếu là ánh sáng làm chúng ta vui thích, đến từ vũ trụ rất gần. Nó được phát ra bởi các ngôi sao cấu thành nên Ngân Hà và ngôi sao xa nhất, trong số những ngôi sao mà chúng ta nhìn thấy được, nằm chỉ cách chúng ta vài chục nghìn năm ánh sáng. Mắt thường hoàn toàn không nhìn thấy được vũ trụ xa. Ánh sáng của các thiên thể ở xa yếu tới mức khi nó đến Trái đất mắt người không thể ghi nhận được nữa. Nghiêm trọng hơn, ngoài ánh sáng nhìn thấy được, mắt người lại không nhạy cảm với phần lớn các tia sáng mà vũ trụ phát ra.



Để có thể giải mã được thông điệp của vũ trụ, cần phải có các con “mắt” lớn hơn, có khả năng bắt được ánh sáng quý giá mang tới thông tin. Chính để khảo sát kiến trúc của vũ trụ xa xôi trong toàn bộ sự lộng lẫy của nó mà con người đã tự trang bị cho mình các “con mắt” ngày càng lớn hơn: con người đã phát minh ra kính

thiên văn (hay còn gọi là kính viễn vọng). Loại kính này đã ra đời xuất hiện vào năm 1609 với chiếc kính thiên văn của Galileo (1564-1642), có một thấu kính đường kính 3 cm. Các kính thiên văn giúp chúng ta theo nhiều cách. Đầu tiên, chúng phóng đại hình ảnh, cho phép chúng ta thấy nhiều chi tiết hơn. Ngay khi Galileo nhìn Mặt trăng bằng kính của mình, ông đã thấy xuất hiện rất nhiều núi non và các miệng hố trên bề mặt mà nếu nhìn bằng mắt thường sẽ thấy là trơn nhẵn. Nhưng, một chức năng quan trọng ngang với phóng đại hình ảnh, đó là kính thiên văn cho phép chúng ta thu lượm được nhiều ánh sáng vũ trụ hơn trong một khoảng thời gian nhất định, điều này cho phép nhìn thấy được các vật mờ hơn. Mà nhìn mờ hơn nghĩa là nhìn xa hơn, và nhìn xa hơn nghĩa là nhìn sớm hơn, bởi vì ánh sáng phải mất một khoảng thời gian nào đó mới đến được chúng ta. Hóa ra, các kính thiên văn còn là các cỗ máy lộn ngược lại thời gian thực sự. Để lộn ngược lại xa nhất có thể về nguồn gốc của vũ trụ, cần phải nhìn được những đối tượng mờ nhất có thể, và như vậy phải thu lượm được nhiều ánh sáng nhất có thể với các kính thiên văn lớn nhất có thể được chế tạo ra. Từ Galileo, cuộc kiếm tìm các chi tiết ngày càng nhỏ hơn và mờ hơn đã được tiếp tục không ngừng nghỉ với các kính thiên văn không ngừng lớn hơn.

Kính của Galileo vận hành nhờ một thấu kính bẻ cong đường đi của tia sáng và làm chúng hội tụ vào một tiêu điểm, mà ở đó hình thành hình ảnh của thiên thể (người ta nói rằng thấu kính khúc xạ ánh sáng - từ đó kính thiên văn còn có tên khác là “kính khúc xạ”). Người ta đã chế tạo ra các kính thiên văn khúc xạ được trang bị các thấu kính ngày càng lớn hơn, nhưng chúng đã nhanh chóng bộc lộ nhiều hạn chế. Ánh sáng phải đi qua thấu kính, vì thế thấu kính phải hoàn hảo. Thế nhưng thấu kính làm từ thủy tinh có một xu hướng đáng ghét, đó là nó chứa các bọt khí, điều này làm giảm chất lượng của hình ảnh. Hơn nữa, nó còn hấp thụ một số loại tia sáng và làm cho chúng lệch hướng theo các cách khác nhau tùy theo bước sóng của chúng, điều này làm giảm độ nét của hình ảnh. Cuối cùng, khi thấu kính càng lớn thì nó càng nặng và, do được gắn lên kính thiên văn chỉ ở hai đầu mút của nó, nên dễ bị biến dạng dưới tác dụng của trọng lực của chính nó, điều này làm giảm thêm chất lượng hình

anh. Người ta đã đã thôi không chế tạo kính thiên văn khúc xạ nữa sau khi kính thiên văn khúc xạ cuối cùng của đài thiên văn Yerkes, bang Wisconsin, Mỹ, được đưa vào sử dụng năm 1897: kính thiên văn này vẫn là kính lớn nhất thế giới với thấu kính có đường kính 102 cm.

Các kính thiên văn “phản xạ” đã xuất hiện để tiếp sức cho kính thiên văn khúc xạ. Thay vì đi qua một thấu kính hội tụ, ánh sáng bị phản xạ và tụ tiêu bởi một gương, tức một khối thủy tinh có dạng một paraboloid được phủ bên một lớp mỏng chất có độ phản xạ cao như bạc hay nhôm. Các khiếm khuyết của thủy tinh bây giờ không còn đặt thành vấn đề nữa, vì ánh sáng không đi xuyên qua nó. Ánh sáng cũng không còn bị hấp thụ nữa và tất cả các tia sáng bị phản xạ theo cùng một cách, vì thế giữ được độ nét của hình ảnh. Cuối cùng, gương có thể được đồ trên toàn bộ bề mặt của nó, điều này giúp làm giảm các biến dạng do sức nặng của nó gây ra. Nhờ đó người ta đã có thể chế tạo các kính thiên văn phản xạ lớn hơn rất nhiều so với kính thiên văn khúc xạ.

Rất lâu, từ 1948 đến 1976, kính thiên văn phản xạ đường kính 5 m trên đỉnh Palomar vẫn là kính lớn nhất thế giới. Kể từ đó, việc chế tạo các “thánh đường” của thế kỷ XX đã được đẩy nhanh đáng kể. Ngày nay, trên thế giới có hàng chục kính thiên văn mà đường kính của gương lớn hơn 6 m. Các kính lớn nhất vẫn là hai kính Keck (tên của một nhà hảo tâm người Mỹ đã tài trợ để chế tạo chúng), đặt trên đỉnh núi lửa đã tắt Mauna Kea, ở Hawaii, và mỗi kính có đường kính 10 m. Một kính thiên văn Keck có thể thu lượng ánh sáng nhiều hơn mắt thường 4 triệu lần, và gấp kính thiên văn của Galileo khoảng 111.000 lần. Các kính thiên văn này được đặt trên Trái đất trong các khu vực đặc biệt, xa tiếng ồn và sự hồi hà của con người, tránh xa sự ô nhiễm của ánh sáng nhân tạo làm cho người dân đô thị mất hoàn toàn sự tiếp xúc với bầu trời. Vào những đêm trời trong, những chiếc kính khổng lồ này hướng gương của mình lên bầu trời để thu lượng cơn mưa ánh sáng quý báu đến với chúng ta từ những thời xa xưa. Nếu để tất cả các kính thiên văn trên Trái đất cạnh nhau, người ta có thể phủ kín diện tích của quang trường Ngôi sao ở Paris. Mặc dù con mắt tập thể này vẫn còn là rất nhỏ, nhưng điều tuyệt vời là con người đã biết giải mã biết bao bí mật của vũ trụ.

Các khu vực thiên văn được lựa chọn không chỉ bởi vì bầu trời ở đó không bị ô nhiễm bởi ánh sáng đô thị, mà còn bởi vì khí quyển ở đó yên tĩnh và trong trẻo nhất có thể. Trên thực tế, sự gặp gỡ của khí lạnh và khí nóng tạo ra các xoáy làm khuấy động các phân tử trong khí quyển Trái đất. Các phân tử này làm lệch hướng ánh sáng tới từ các thiên thể, làm mờ hình ảnh của chúng, cũng giống như không khí bị đốt nóng bởi đá trên mặt đường, vào mùa hè, làm cho khung cảnh trở nên mờ nhòe. Để tránh các hiệu ứng như thế, các nhà thiên văn đã xây dựng các đài quan sát của mình trên các vùng cao, nơi có khí quyển loãng. Vì lý do này, một trong những địa điểm lý tưởng của thế giới là Mauna Kea, ở độ cao 4.205 m. Địa điểm này nằm ở trên khoảng hai phần ba khí quyển Trái đất - điều này không phải là không đặt ra vấn đề thiếu oxy và gây đau đầu cho một số nhà thiên văn (trong đó có tôi).

Nếu các hiệu ứng khí xoáy có thể được giảm bớt, thì chúng vẫn hiện diện, và các nhà thiên văn đã phải đưa ra một kỹ thuật - gọi là quang học thích ứng - nhằm làm biến dạng gương để bù lại các hiệu ứng do khí xoáy của khí quyển gây ra và nhờ đó trả lại cho kính thiên văn toàn bộ thị lực của nó. Một hệ như thế đã được lắp đặt cho *Kính thiên văn cực lớn (VTL)* của Đài thiên văn Nam Âu (ESO) có sự tham gia của 14 nước châu Âu: Đức, Áo, Bỉ, Đan Mạch, Tây Ban Nha, Phần Lan, Pháp, Anh, Italia, Hà Lan, Bồ Đào Nha, Cộng hòa Séc, Thụy Điển và Thụy Sĩ. VTL gồm bốn kính thiên văn khổng lồ mỗi cái có đường kính 8,3 m, đặt tại phía bắc Chilê, cách Santiago 1.000 km, trên đỉnh Paranal, cao 2.600 m, giữa sa mạc Acatama, vùng Andes của Chilê, vốn là một trong những nơi khô nhất thế giới (hơi nước có thể làm ảnh hưởng một số loại quan sát). Với kỹ thuật quang học thích ứng, một kính thiên văn của VLT có thể phân biệt được một sân bóng đá trên bề mặt Mặt trăng, hay, nếu được đặt ở Paris, thì nó có thể đọc được số áo của cầu thủ đang chơi trên một sân vận động ở Marseille.

Với tham vọng còn lớn hơn nữa, ESO đã kết nối bốn kính thiên văn phân xa (với ba kính thiên văn khác đường kính 1,8 m) để tạo thành một cái được gọi là kính thiên văn giao thoa (VLTI). Bằng cách đó, người ta thu được một kính thiên văn có thị lực bằng một kính thiên văn có đường kính 200 m (200 m là khoảng cách tối đa giữa hai

kính thiên văn cá thể). Vậy mà, một kính thiên văn càng lớn, thì thị lực của nó càng lớn. VLTI có thể nhìn thấy các chi tiết nhỏ hơn 25 lần so với kính thiên văn VLT. Nói cách khác, nó có thể phân biệt được hai đèn pha trước của chiếc ô tô đặt trên Mặt trăng! Các nhà thiên văn học sử dụng khả năng dò xét tuyệt vời của nó để khảo sát tâm của các thiên hà có thể chứa các lỗ đen phàm ăn, hay quan sát *tận mắt* các hành tinh đang lượn quanh các ngôi sao ở gần.

Ngay từ lúc này đã lấp ló ở chân trời các kính thiên văn khổng lồ của ngày mai: các kính thiên văn mà gương của chúng có thể có đường kính từ 25 đến 50 m. Dự án Đài thiên văn Nam Âu, mang tên E-ELT (viết tắt của cụm từ *European Extremely Large Telescope* - Kính thiên văn châu Âu cực lớn), dự báo một kính thiên văn được trang bị một gương có đường kính 42 m vào cuối thập niên tới. Ngoài ra còn hai dự án khác của Mỹ. Dự án thứ nhất là TMT (*Thirty Meter Telescope* - Kính thiên văn 30 m), gồm 738 gương lục lăng mỗi gương đường kính 1,2 m, được tổ chức thành một tập hợp có đường kính 30 m. Được dự kiến hoàn thành vào cuối thập kỷ tới, nó sẽ quan sát vũ trụ bằng ánh sáng hồng ngoại và ánh sáng nhìn thấy được. Dự án thứ hai, chắc chắn là dự án tiên tiến nhất trong số các kính thiên văn khổng lồ tương lai của thiên văn học, là GMT (*Giant Magellan Telescope* - Kính thiên văn Magellan khổng lồ), được đặt theo tên của Fernand de Magellan người Bồ Đào Nha (khoảng 1480-1521), nhà hàng hải đầu tiên đi vòng quanh thế giới. Có cấu tạo cổ điển hơn, nó sẽ được đặt ở cực nam của sa mạc Acatama, ở Chilê. Bao gồm sáu gương tròn mỗi gương đường kính 8,4 m, xếp theo hình cánh hoa quanh một gương thứ bảy có cùng kích thước, nó sẽ có thể thu lượm được lượng ánh sáng bằng một kính thiên văn nguyên khối đường kính 25,3 m.

L



## Lạm phát của vũ trụ

Từ “lạm phát” được dùng để chỉ sự dân nở chóng mặt của vũ trụ kéo dài một phần rất nhỏ của giây tồn tại đầu tiên của vũ trụ, tất cả các vùng không gian của nó đẩy lẫn nhau bằng một lực đẩy mạnh không thể tương tượng nổi. Giống như lạm phát kinh tế của một nước kéo theo sự mất giá của đồng tiền và giá cả leo thang chóng mặt trong một khoảng thời gian ngắn, sự lạm phát của vũ trụ (từ do nhà vật lý người Mỹ Alan Guth, sinh năm 1947, đặt ra) kéo theo sự tăng thể tích nhanh đến đến chóng mặt trong một khoảng thời gian vô cùng ngắn.

Trong khoảng thời gian vô cùng nhỏ từ  $10^{-35}$  (số 1 sau 35 số 0) và  $10^{-32}$  giây, vũ trụ cứ sau mỗi  $10^{-34}$  giây lại tăng gấp ba kích thước của nó. Vì có 100 khoảng thời gian  $10^{-34}$  giây trong  $10^{-32}$  giây (khoảng thời gian kéo dài của pha lạm phát), nên mỗi vùng của vũ trụ lại tăng gấp ba kích thước của nó 100 lần liên tiếp. Hãy nhân  $3 \times 3 \times 3 \dots 100$  lần, bạn sẽ nhận được kết quả là kích thước vũ trụ tăng lên  $10^{50}$  lần (và thể tích của nó, do tỷ lệ với lập phương của bán kính, nên sẽ tăng lên  $10^{150}$  lần!). Nói cách khác, kích thước của vũ trụ tăng lên theo hàm mũ của thời gian. Trong pha dân nở vốn chỉ kéo dài trong một khoảng thời gian rất ngắn,  $10^{-32}$  giây, vũ trụ đã lớn lên  $10^{50}$  lần, một con số lớn không thể tương tượng nổi! Trong quá trình lạm phát chóng mặt này, vận tốc dân nở của vũ trụ hơi lớn hơn vận tốc của ánh sáng! Phải chăng sự nghiêm cấm các chuyển động nhanh hơn ánh sáng của thuyết Tương đối đã bị vi phạm? Dĩ nhiên là không. Trong Big Bang, không gian không tĩnh, mà là động. Đó là một không gian dân nở, liên tục được tạo ra. Nếu không gì có thể lan truyền nhanh hơn ánh sáng qua một không gian tồn tại từ trước, thì thuyết Tương đối không cấm bản thân không gian được sinh ra với một vận tốc lớn hơn vận tốc của ánh sáng...

Các tính toán chứng tỏ rằng chỉ cần vũ trụ xuất phát từ một mẫu nhỏ không gian có kích thước khoảng một phần triệu tỷ tỷ ( $10^{-24}$ ) cm,

tức một phần trăm tỷ kích thước của một proton, là quá trình dân nở lạm phát, và dân nở “lặng lẽ” hơn tiếp sau đó, sẽ sinh ra một vũ trụ lớn hơn vũ trụ quan sát được ngày hôm nay.

Nhưng thực tế, điều gì xảy ra ở cuối pha lạm phát ở  $10^{-32}$  giây, khi vũ trụ đã đạt đến kích thước của một siêu đám thiên hà  $10^{26}$  cm? Vũ trụ vẫn tiếp tục dân nở, loãng và lạnh thêm, nhưng với một nhịp độ ít kinh hoàng hơn nhiều. Nó có một tốc độ dân nở bình thường. Kể từ đó, nó trở nên ngoan ngoãn hơn, và không còn lổn lển lên nữa. Sự dân nở chong mặt của pha lạm phát nhường chỗ cho một quá trình dân nở uể oải, êm đềm, lặng lẽ, tiếp tục cho tới ngày nay. Thay vì lổn lển theo hàm mũ của thời gian, vũ trụ loãng đi theo hàm căn bậc hai của thời gian trong 380.000 năm đầu tiên, sau đó chỉ loãng đi theo hàm lũy thừa với số mũ  $2/3$  của thời gian.

Vậy một pha lạm phát như thế của vũ trụ có những mặt tích cực gì? Lạm phát có rất nhiều tác dụng. Trước khi Guth đưa ra ý tưởng về một giai đoạn lạm phát như thế vào năm 1981, rất nhiều đám mây đen làm u tối khung cảnh Big Bang và làm lu mờ ánh hào quang của nó. Điểm tối chủ yếu liên quan đến sự cực kỳ đồng nhất của vũ trụ đã được chứng tỏ bởi quan sát bức xạ hóa thạch choán toàn vũ trụ. Cho dù bạn có đo nhiệt độ của bức xạ hóa thạch đằng trước hay đằng sau, bên phải hay bên trái, bên trên hay bên dưới, thì nó cũng không lệch quá 0,001% so với giá trị  $-270^{\circ}\text{C}$ . Phai giai thích sao đây sự cực kỳ đồng nhất này? Đơn giản, bạn sẽ nói với tôi rằng tất cả các bộ phận của vũ trụ đều đã tiếp xúc với nhau khi vũ trụ trẻ hơn, nhỏ hơn và đặc hơn, và do đó chúng đã đồng nhất hóa nhiệt độ của chúng bằng cách trao đổi các tín hiệu sáng. Rất tiếc lời giải thích này không thể chấp nhận được. Chiều bộ phim vũ trụ theo chiều quay ngược lại, chắc chắn không gian sẽ co lại, và các phần khác nhau của nó sẽ xích lại gần nhau hơn. Nhưng không phải vì thế mà chúng có thể trao đổi thông tin cũng như phối hợp nhiệt độ của chúng với nhau, vì thời gian khả dụng để ánh sáng đi từ một vùng này sang một vùng khác (bằng tuổi của vũ trụ) sẽ rút lại còn nhanh hơn. Trong cuộc đua co lại này, thời gian luôn thắng không gian, và các vùng khác nhau của vũ trụ không có được sự nghỉ ngơi cần thiết để trao đổi thông tin với nhau. Sự đồng nhất của vũ trụ đặt ra một vấn đề thực sự trong sơ đồ “chuẩn” của Big Bang không dựa

vào pha lạm phát. Với một Big Bang bao hàm một pha lạm phát, vũ trụ là vô cùng nhỏ lúc ban đầu và tất cả các vùng của nó đã có thể trao đổi thông tin bằng ánh sáng và đồng nhất nhiệt độ của chúng. Sau giai đoạn lạm phát, các vùng của vũ trụ không còn tiếp xúc với nhau nữa, nhưng chúng đã từng tiếp xúc với nhau trong quá khứ và nhờ vết tiếp xúc đó.

Điểm thú vị hai liên quan đến hình học của vũ trụ (xem: *Hình học của vũ trụ*). Thuyết Tương đối rộng nói với chúng ta rằng vật chất và năng lượng uốn cong không gian và rằng hình dạng của không gian phụ thuộc vào mật độ vật chất và năng lượng. Nếu mật độ của vật chất và năng lượng lớn, thì vũ trụ sẽ cuộn lại giống như một mặt cầu, với một độ cong dương. Nếu mật độ vật chất và năng lượng thấp, thì vũ trụ sẽ loãng giống như mặt một cái yên ngựa, với một độ cong âm. Và nếu vũ trụ có mật độ đúng bằng cái gọi là mật độ "tới hạn" thì nó sẽ không có độ cong dương cũng không có độ cong âm, mà là phẳng với độ cong bằng không. Mật độ tới hạn này rất nhỏ. Thuyết Tương đối rộng nói với chúng ta rằng nếu mật độ vật chất và năng lượng của vũ trụ khởi thủy đúng bằng mật độ tới hạn, thì sự cân bằng hoàn hảo này sẽ được duy trì trong quá trình giãn nở của vũ trụ, vì hai mật độ này giảm chính xác theo cùng một nhịp độ. Ngược lại, nếu có một chênh lệch giữa hai mật độ, dù rất nhỏ, thì sự chênh lệch này sẽ được quá trình giãn nở của vũ trụ phóng đại lên với một hệ số khổng lồ và chỉ trong một khoảng thời gian rất ngắn. Chẳng hạn, nếu mật độ của vũ trụ lúc khởi thủy là thấp hơn mật độ tới hạn một chút thôi, ví dụ nếu nó bằng 99,99% mật độ tới hạn, thì sự chênh lệch giữa hai mật độ sẽ tăng nhanh tới mức mật độ của vũ trụ sẽ chỉ còn bằng 0,000000001% mật độ tới hạn sau một giây giãn nở! Ngược lại, nếu nó chỉ cao hơn mật độ tới hạn một chút thôi, thì sự giãn nở sẽ khuếch đại sự chênh lệch này lên hàng tỷ lần giá trị của mật độ tới hạn chỉ trong một khoảng thời gian rất ngắn. Sự cân bằng là rất mong manh, tựa như sự cân bằng của một người đi trên sợi dây căng. Cơ thể anh ta chỉ nghiêng sang bên một chút thôi là sẽ ngã.

Vậy các quan sát đã nói gì với chúng ta? Để xác định mật độ của vũ trụ, vốn là tỷ số giữa khối lượng với thể tích của nó, chỉ cần thống kê tổng lượng vật chất và năng lượng trong một thể tích không gian đủ lớn. Việc thống kê này không hề dễ dàng vì, như chúng ta sẽ thấy,

phần lớn vật chất của vũ trụ (99,5%) không phát sáng, và không có ánh sáng, thì các nhà vật lý thiên văn hoàn toàn... mù! Nhưng, bằng cách huy động kho báu của sự khéo léo và sáng tạo của mình, họ đã xác định được rằng mật độ vật chất và năng lượng của vũ trụ sau 14 tỷ năm giãn nở rất có thể là bằng mật độ tới hạn, chứ không phải là nhỏ hơn hay lớn hơn mật độ tới hạn hàng triệu hay hàng tỷ lần. Vậy vũ trụ đã thực hiện màn trình diễn này của người nghệ sĩ thăng bằng như thế nào? Vũ trụ đã điều chỉnh mật độ khởi đầu của nó như thế nào để nó bằng mật độ tới hạn với một sự chính xác đến như thế? Lý thuyết của Big Bang chuẩn không cung cấp bất kỳ một cách giải thích nào. Nhà vật lý thiên văn đành gio tay lên trời thú nhận không biết. Người ta gọi đó là *vấn đề tính phẳng*, vì hình học của một vũ trụ có chính xác mật độ bằng mật độ tới hạn là phẳng.

Lạm phát một lần nữa lại xua tan điểm tối này như có phép màu. Hình học của không gian bị phẳng trong quá trình lạm phát tương tự như một vùng rất nhỏ trên bề mặt của quả bóng tròn nên phẳng khi quả bóng được bơm căng lên. Độ cong của một mặt cầu càng nhỏ khi bán kính của nó càng lớn. Chúng ta nhận thấy độ cong của một quả bóng đá bởi vì bán kính của nó nhỏ, chỉ vài chục centimet. Nhưng bạn sẽ khó nhận ra hơn nhiều đối với hành tinh của chúng ta vốn có bán kính lớn hơn nhiều, cụ thể là 6.378 km ở xích đạo. Sờ dĩ như vậy chính là bởi vì, xét ở góc độ địa phương, trên các khoảng cách nhỏ, chúng ta thấy dường như mặt đất là phẳng, vì thế nhân loại trong suốt một khoảng thời gian dài đã nghĩ rằng mình sống trên một Trái đất phẳng, cho tới khi triết gia và vật lý người Hy Lạp Erasthène (276-194 tCN) chứng minh rằng không phải như vậy. Lạm phát, bằng cách nhân lên các kích thước của không gian với một hệ số cực lớn  $10^{50}$  (thậm chí còn hơn nữa), đã trao cho không gian một hình học phẳng, cho dù độ cong ban đầu của nó có thể nào chẳng nữa.

Điểm tối thứ ba có thể coi là một loại đối trọng của vấn đề tính đồng nhất của vũ trụ. Thay vì tự hỏi tại sao vũ trụ lại đều đặn, đồng nhất như thế, nhà vật lý thiên văn lại tự hỏi tại sao nó lại có cấu trúc như thế (xem: *Kiến trúc của vũ trụ*). Kỹ thuật đo đạc vũ trụ đã phát lộ một bức thảm vũ trụ không lồ được dệt từ các “bức tường” thiên hà trải trên hàng trăm triệu năm ánh sáng, xác định ranh giới của các khoảng không gian trống rỗng cũng rộng lớn như thế. Các “bức

tuông” thiên hà được xây lên từ hàng chục đám thiên hà đường kính hàng chục triệu năm ánh sáng, các đám này đến lượt mình lại được cấu thành từ hàng nghìn thiên hà đường kính hàng trăm nghìn năm ánh sáng. Bản thân các thiên hà này lại được cấu thành từ hàng trăm tỷ ngôi sao, có bán kính hàng trăm triệu kilomet. Một số trong các ngôi sao này ngự ở giữa của một hệ hành tinh có đường kính hàng chục tỷ kilomet. Vậy làm thế nào mà vũ trụ đã có thể phát triển được một cấu trúc phong phú như thế ở thang lớn, từ một trạng thái đồng nhất như thế ở thang nhỏ? Một lần nữa, lý thuyết chuẩn của Big Bang không thể mang lại câu trả lời. Và cũng một lần nữa, lạm phát lại bày sẵn lời giải ra trước mắt chúng ta. Nó khuếch đại một cách vô độ các thăng giáng lượng tử của chân không khởi thủy để biến chúng thành các hạt giống thiên hà. Nhờ lực hấp dẫn, các hạt giống này sẽ nảy mầm thành các thiên hà uy nghi làm đẹp cho vũ trụ ngày nay (xem: *Hạt giống thiên hà*).

Ngoài ra, lạm phát còn cung cấp cho chúng ta cơ chế “nổ” (bang) của Vụ nổ lớn (Big Bang) khởi thủy sinh ra thời gian và không gian. Nó còn giải thích cho chúng ta ánh sáng đầu tiên đã xuất hiện trong vũ trụ đồng thời với vật chất đầu tiên (xem: *Big Bang*) như thế nào. Nó cũng mang lại cho chúng ta rất nhiều lợi ích. Đó chính là lý do tại sao phần lớn các nhà vật lý thiên văn ngày nay nghĩ rằng vũ trụ đã trải qua một pha lạm phát. Chắc chắn, không phải tất cả đều đã hoàn hảo cho một thế giới hoàn hảo, vẫn còn rất nhiều vấn đề cơ bản còn cần giải quyết. Nếu vũ trụ đã tồn tại trước pha lạm phát, thì trạng thái của nó là gì? Đây là nguồn gốc của trường năng lượng? Tại sao lại có một năng lượng khác không? Chừng ấy câu hỏi vẫn chưa có giải đáp vì con người vẫn chưa phát triển được một lý thuyết hấp dẫn lượng tử. Nhưng, cho tới lúc này, Big Bang kết hợp với một pha lạm phát vẫn là lý thuyết tốt nhất khả dụng để giải thích các tính chất của vũ trụ mà chúng ta biết.

## Laplace, Pierre-Simon de

Chào đời trong một trang trại ở Normandie, Laplace (1749-1827) đã bộc lộ từ rất sớm một tài năng toán học xuất chúng. Sau khi tốt nghiệp xuất sắc Đại học Caen, năm 20 tuổi ông lên Paris để tiếp xúc với các trí tuệ lớn của thời đó. Nhờ sự độc đáo trong tư duy và nắm vững các vấn đề cơ học thiên thể, chỉ sau một khoảng thời gian rất ngắn ông đã được phong làm giáo sư toán ở Trường Quân sự. Laplace không chỉ là một nhà khoa học lớn, mà ông còn chứng tỏ một giác quan sắc sảo về đời sống chính trị khi trải qua các chính biến của lịch sử nước Pháp, từ Cách mạng<sup>17</sup> cho tới Đế chế<sup>18</sup>, rồi thời kỳ Trung hưng (*Restauration*)<sup>19</sup>, mà không bao giờ phải lo lắng cũng như mất đi sự ủng hộ của những nhà lãnh đạo tại vị. Bonaparte, lúc đó là Tổng tài, thậm chí đã bổ nhiệm ông làm Bộ trưởng Nội vụ năm 1799. Nhưng các khả năng thiên phú của ông vốn hết sức quý giá đối với khoa học - như tính chính xác, tỉ mỉ, không ngừng đặt lại vấn đề - nhưng lại làm hại ông với tư cách là nhà quản lý. "Ông ta không có cái nhìn bao quát một vấn đề, nhưng lại nhìn thấy đủ thứ tinh tế ở khắp nơi", Napoléon nói về ông như thế. Nói theo ngôn ngữ hiện đại, thì nhà thiên văn của chúng ta là một nhà "quản lý vi mô", tới mức chưa bao giờ đưa ra được quyết định. Các chức danh bộ trưởng của ông chỉ kéo dài được sáu tuần, nhưng Napoléon vẫn luôn đánh giá cao ông, sau đó ban thưởng cho ông danh hiệu bá tước của Đế chế. Napoléon không phải là không nhân ra uy tín mà các nhà khoa học lớn thời đó mang lại cho triều đại của ông; trong cuộc ganh đua giữa Pháp và Anh, ông hẳn đã rất hài lòng khi có bên mình "Newton của nước Pháp". Louis XVIII sau đó phong cho Laplace làm hầu tước và công khanh của nước Pháp.

Nếu như sự nghiệp chính trị ngắn ngủi của Laplace không thành công, thì ngược lại sự nghiệp khoa học của ông lại rất đặc biệt. Ông

<sup>17</sup> Cách mạng Tư sản Pháp 1789.

<sup>18</sup> Đế chế I (18.5.1804 - 4.1814) do Napoléon Bonaparte thiết lập thay thế chế độ Tổng tài.

<sup>19</sup> Một giai đoạn trong lịch sử nước Pháp từ sau sự sụp đổ Đế chế I ngày 6.4.1814 cho đến Cách mạng 29.7.1830.

đã có những đóng góp quan trọng trong toán học và thiên văn học. Chẳng hạn, trong cuốn *Thuyết trình về hệ thống thế giới*, công bố năm 1796, ông là một trong những người đầu tiên nói đến khái niệm “lỗ đen” mà ông gọi là “thiên thể bị bít kín”. Laplace lập luận một cách rất chính xác rằng cần phải có một vận tốc nhất định để thoát ra khỏi một trường hấp dẫn. Chẳng hạn, để thoát khỏi lực hấp dẫn của Trái đất, cần phải có vận tốc lớn hơn 11 km/s, và, để giải phóng khỏi lực hấp dẫn của Mặt trời, vận tốc phải vượt quá 617 km/s.

Giờ giả sử rằng tồn tại một khối lượng có một lực hấp dẫn lớn tới mức vận tốc cần thiết để thoát khỏi nó phải lớn hơn vận tốc của ánh sáng; trong trường hợp đó, ánh sáng sẽ không thể thoát ra khỏi khối lượng này, và khối này nhìn sẽ tối. Sự việc dừng lại ở đó trong hơn một thế kỷ, do không có lý thuyết nào tinh vi hơn và các quan sát chính xác hơn. Một ý tưởng quá tiến bộ so với thời đại của ông.



Ngay từ năm 1773, Laplace đã tấn công bài toán về tính ổn định của Hệ Mặt trời. Một vấn đề quá là rất lớn, vì cần phải tính đến đồng thời các tương tác hấp dẫn lẫn nhau giữa Mặt trời và sáu hành tinh đã biết (Thiên Vương tinh, Hải Vương tinh và Diêm Vương tinh về sau mới được phát hiện). Các quan sát này chứng tỏ rằng nhiều hành tinh như Thổ tinh và Mộc tinh không đi theo chính xác các quỹ

đạo được tiên đoán bởi lý thuyết Vạn vật hấp dẫn của Newton, mà thể hiện các bất thường trong chuyển động của chúng. Newton cho rằng các sai lệch này có thể dẫn đến sự nổ tung của Hệ Mặt trời, trừ phi, thỉnh thoảng, đồng hồ được chỉnh lại giờ như nhờ cơ phép màu (Newton thậm chí còn đi tới thừa nhận sự can thiệp của thần thánh). Laplace đã chứng tỏ được rằng các sai lệch này không thể tăng lên vô hạn, mà luôn bị ghìm cương lại. Chúng không thúc lồng lên và trở nên lớn tới mức làm nổ tung Hệ Mặt trời. Theo ông, các hành tinh sẽ mãi mãi tiếp tục vòng quay của chúng quanh Mặt trời. Trong mắt ông, Hệ Mặt trời là một chiếc đồng hồ vũ trụ kỳ diệu, một cỗ máy được bôi trơn dầu mỡ, được làm cho chuyển động chỉ bởi mỗi một lực hấp dẫn.

Trong tác phẩm chủ đạo của mình, *Luận về cơ học thiên thể*, công bố vào đầu thế kỷ XIX, ông đã chú tâm chứng tỏ toán học điều chỉnh thế giới, và định luật vĩ đại của tự nhiên do Newton phát minh ra có thể giải thích chính xác đến phi thường các chuyển động đa dạng nhất. Cũng như Newton, Laplace cho rằng vũ trụ chỉ là một cỗ máy không lồ được cấu thành từ các hạt vật chất tro tuân theo các lực mù quáng. Từ một số nhỏ các định luật vật lý, lịch sử của một hệ có thể được giải thích và tiên đoán hoàn toàn miễn là người ta xác định được các tính chất của nó một cách hoàn hảo ở một thời điểm nhất định. Laplace đã tự biến mình thành người ngời ca quyết định luận đang thắng thế trong tuyên bố nổi tiếng sau: "Một trí tuệ, tại một thời điểm đã cho, biết tất cả các lực của tự nhiên, và hoàn cảnh của từng đối tượng cấu thành nên vũ trụ, nếu cái trí tuệ ấy đủ lớn để phân tích được các dữ liệu này, thì nó sẽ thấu lóm được trong cùng một công thức chuyển động của các vật thể lớn nhất cũng như chuyển động của nguyên tử nhẹ nhất của vũ trụ; không có gì là bất định đối với nó, và cả tương lai cũng như quá khứ sẽ trình hiện ngay trước mắt nó."

Đồng hồ vũ trụ được tra dầu mỡ trơn tru tới mức nó tự vận hành một mình. Sự can thiệp thần thánh là không cần thiết nữa. Khi Laplace giới thiệu cuốn *Cơ học thiên thể* của mình với Napoléon và khi vị hoàng đế này trách ông đã không nhắc, dù chỉ một lần, đến Kiến trúc sư Vĩ đại trong tác phẩm của mình, ông đã trả lời bằng một giọng tỉnh khô: "Thưa bệ hạ, thần không cần gì thiết về Chúa". Lý trí tối cao đã ngự trị, và đẩy đức tin xuống hàng thứ yếu.



Quyết định luận cuồng bức và căn cỗi, cứng nhắc và phi nhân hóa này đã thắng thế cho lời tận cuối thế kỷ XIX. Sang thế kỷ XX, nó đã bị tư tưởng tự do và phản kích hơn nhiều của lý thuyết Hỗn độn và vật lý lượng tử (xem: *Vũ trụ sáng tạo*) quét sạch. Sau khi thống trị tư tưởng phương Tây trong suốt 300 năm, quan niệm của Newton và Laplace về một vũ trụ bị phân mảnh, mang tính cơ học và tất định, đã phải nhường chỗ cho quan niệm về một thế giới tổng thể, bất định và tràn trề sáng tạo.

## Lịch sử vũ trụ

Sau đây là lịch sử của vũ trụ như chúng ta đã biết ngày nay. Có nhiều trang sẽ còn được xem xét lại và chỉnh sửa khi mà các dụng cụ quan sát tinh vi hơn và các lý thuyết của chúng ta hoàn chỉnh hơn. Nhưng lý thuyết Big Bang được cộng đồng các nhà thiên văn hầu như nhất trí (xem: *Big Bang*). Tất nhiên là vẫn luôn tồn tại những khác biệt về quan điểm (chính những bất đồng và tranh luận này cho thấy vũ trụ học hiện đại vẫn đang giàu sức sống), nhưng đó là những bổ sung cho một cấu trúc đã được thiết lập chắc chắn, là những tô điểm cho một khung nhà đã rất vững chãi, chứ không phải là những câu hỏi đặt ra đòi xem xét lại nền móng của nó. Nếu như một ngày nào đó, lý thuyết Big Bang bị thay thế bởi một lý thuyết tinh xảo hơn, thì lý thuyết mới này vẫn sẽ phai chua đựng tất cả các thành quả của Big Bang, giống như vật lý Einstein phai chửa đựng tất cả các thành quả của vật lý Newton.

Vũ trụ liên tục tiến hóa. Lịch sử của vũ trụ là lịch sử thăng tiến không ngừng tới những cái phức tạp hơn. Đó cũng là lịch sử của một vật chất sinh ra, thức tỉnh và tự tổ chức. Tất cả chỉ là đột biến, là chuyển động, thay đổi, và vô thường. Tính bất biến của trời theo Aristotle và vũ trụ tĩnh của Newton đều đã chết. Vũ trụ sinh ra từ chân không (xem mục từ này). Không phải một chân không yên bình và tĩnh mịch, hoàn toàn không có vật chất và hoạt động, mà là một

chân không lượng tử sông dòng và sôi sục năng lượng, chứa đầy các hạt và phản hạt kỳ ảo, xuất hiện và biến mất như những bóng ma theo các chu kỳ cực ngắn, cỡ  $10^{-43}$  giây.

Lịch sử của chúng ta bắt đầu ở  $10^{-43}$  giây sau sáng thế (thời gian Planck, xem mục từ này), khi ma vũ trụ vô cùng nhỏ ( $10^{-33}$  cm, chiều dài Planck), nóng ( $10^{32}$  °C) và đặc (gấp  $10^{94}$  lần mật độ của nước). Từ  $10^{-43}$  giây đến  $10^{-32}$  giây, năng lượng của chân không đẩy vũ trụ vào một pha giãn nở lạm phát điên rồ (xem: *Lạm phát*), và, từ kích thước  $10^{-24}$  cm nhỏ hơn một hạt nhân hydro 10 triệu tỷ lần, vũ trụ đã lớn phồng lên theo hàm mũ, đạt đến kích thước của một siêu đám thiên hà, tức là cỡ hàng nghìn tỷ tỷ ( $10^{21}$ ) km. Cùng thời gian đó, vũ trụ loăng và lạnh đi đáng kể, cho phép nó leo lên các thang nấc phức tạp hơn. Vì sự lạnh đi là thiết yếu cho sự hình thành các cấu trúc. Nhiệt độ là đồng nghĩa với chuyển động, và, trong một vũ trụ quá nóng, các cấu trúc được hình thành và chạm mãnh liệt với nhau, sẽ tái yếu làm cho chúng bị phá vỡ.

Vào cuối pha lạm phát, tức ở  $10^{-32}$  giây, vũ trụ trở lại tốc độ giãn nở bình thường. Kể từ đó, nó ngoan ngoãn và không lồng lên nữa.

Năng lượng của chân không đóng một vai trò khác rất quan trọng. Chính nó cho ra đời tổng lượng vật chất của vũ trụ. Einstein đã cung cấp cho chúng ta chiếc chìa khóa của cơ chế này bằng công thức chắc chắn là nổi tiếng nhất trong lịch sử khoa học:  $E = mc^2$ . Một lượng năng lượng có thể được chuyển hóa thành một hạt vật chất (khối lượng  $m$  của nó bằng lượng năng lượng  $E$  chia cho bình phương vận tốc của ánh sáng  $c$ ). Các hạt cơ bản (quark, electron và neutrino) và các phản hạt của chúng đều xuất hiện từ chân không ban đầu. Món súp khởi thủy này sôi sục các hoạt động. Các hạt và phản hạt gặp nhau và huy lẫn nhau để trở thành ánh sáng. Đến lượt mình ánh sáng lại biến mất để trở thành các cặp hạt/phản hạt. Vật chất, phản vật chất (xem mục từ này) và bức xạ tương tác với nhau không ngừng trong sự sôi sục các hoạt động và một cuộc truy hoan náo nhiệt.

Lúc khởi đầu, vũ trụ là một hỗn hợp cân bằng giữa hạt và phản hạt. Nếu sự cân bằng hoàn hảo này được duy trì trong suốt lịch sử vũ trụ, thì chúng ta sẽ không có mặt ở đây để nói về nó. Khi đó vật chất và phản vật chất sẽ huy nhau và chỉ còn lại photon. Các photon này, bị suy yếu bởi sự giãn nở của vũ trụ, sẽ không còn đủ năng lượng để

sinh ra các cặp hạt/phản hạt. Nghĩa là sẽ chỉ còn lại một vũ trụ đầy ánh sáng, vắng bóng hoàn toàn vật chất - kể cả bạn và tôi.

Tuy nhiên, ngày nay chúng ta sống trong một vũ trụ bị thông tri không phải bởi ánh sáng, mà bởi vật chất. Chúng ta sẽ không gặp các phản-bạn và phản-tôi khiến chúng ta bị hủy thành ánh sáng khi bắt tay nhau. Thế nhưng tại sao phản vật chất lại biến mất khỏi sân khấu vũ trụ? Sở dĩ như vậy là vì tự nhiên ưu đãi vật chất hơn phản vật chất một chút. Chẳng hạn, cứ mỗi một tỷ phản-quark sinh ra từ chân không, lại có một tỷ le một quark xuất hiện. Tương tự, cứ mỗi một tỷ phản-electron sinh ra, lại có một tỷ le một electron chào đời. Chính sự thiên vị một phần tỷ dành cho vật chất này đã làm cho chúng ta tồn tại. Một sự phá vỡ nhẹ cân bằng sinh ra sáng tạo, trong khi sự cân bằng hoàn hảo lại là nguồn gốc của vô sinh.

Khi đồng hồ vũ trụ điểm một phần triệu giây, vũ trụ đã giảm nhiệt độ xuống nhưng vẫn còn lớn khủng khiếp, cỡ 10.000 tỷ độ. Nhiệt độ này đủ để lực hạt nhân mạnh (xem: *Các lực cơ bản*) phát huy tác dụng liên kết các quark lại với nhau theo nhóm ba hạt một và tạo thành những viên gạch quen thuộc của vật chất thông thường, đó là các proton và neutron. Proton và neutron lại tiếp tục rơi vào vòng ghì siết với các phản hạt của chúng để hủy nhau thành ánh sáng, rồi sau đó ánh sáng này lại biến thành các cặp hạt/phản hạt. Con diên cuồng hủy và tái sinh vật chất và phản vật chất này tiếp tục cho đến khi đồng hồ vũ trụ điểm một phần mười nghìn giây, khi nhiệt độ vũ trụ giảm xuống còn 1.000 tỷ độ. Vào lúc này, photon không còn đủ năng lượng cần thiết để chuyển hóa thành các cặp proton/phản-proton hoặc neutron/phản-neutron nữa. Ngược lại, sự hủy nhau của chúng vẫn diễn ra bình thường. Đại đa số proton và neutron đều chuyển hóa thành ánh sáng. Nhưng, vì tự nhiên có một phần tỷ ưu tiên dành cho vật chất so với phản vật chất, nên cứ mỗi một tỷ cặp hạt/phản hạt hủy nhau để trở thành photon, sẽ còn sót lại một proton hay neutron thoát khỏi cuộc đại diệt đó, do không tìm thấy một phản hạt của nó để lao vào cuộc ghì siết tử thần. Kịch bản tương tự sẽ còn diễn ra vài khoảnh khắc sau đó, tới cuối giây đầu tiên, đối với các cặp electron/phản-electron, khi nhiệt độ của vũ trụ giảm còn 6 tỷ độ. Ở nhiệt độ này, photon không còn có thể chuyển hóa thành electron/phản-electron nữa. Một lần nữa xảy ra một cuộc đại hủy diệt, và cuối

cùng, cứ mỗi một tỷ cặp electron/phản-electron biến thành ánh sáng sẽ chỉ còn một electron sống sót.

Bởi vì vũ trụ có một phần ty thiên vị dành cho vật chất so với phản vật chất, nên mới có các bạn và tôi thay vì các phản-bạn và phản-tôi. Kết quả là, trong vũ trụ hiện nay, cứ mỗi một tỷ hạt ánh sáng lại có một hạt vật chất. Tuy nhiên, tự nhiên không có sự thiên vị tương tự đối với các hạt mang điện tích dương (proton) và điện tích âm (electron), làm cho chúng ta sống trong một vũ trụ trung hòa về điện.

Đồng hồ vũ trụ điểm một phần trăm giây. Nhiệt độ của vũ trụ đã giảm đủ để proton và neutron bắt đầu kết hợp với nhau (cũng nhờ lực hạt nhân mạnh) để tạo thành hạt nhân của các nguyên tố hoá học nhẹ nhất trong tự nhiên: hydro (hạt nhân chỉ có một proton), heli (hạt nhân gồm hai proton và hai neutron), một lượng rất nhỏ các đơteri (hạt nhân gồm một proton và một neutron), liti (ba proton và bốn neutron), berili (bốn proton và ba neutron). Thời kỳ chế tạo các nguyên tố khởi thủy này tiếp diễn cho đến phút thứ ba, khi vũ trụ giảm nhiệt độ còn khoảng một tỷ độ. Việc chế tạo các nguyên tố nặng hơn và phức tạp hơn đã dừng lại đột ngột bởi vì, do vũ trụ loãng đi bởi dãn nở, proton và neutron xa nhau tới mức chúng không còn cơ hội gặp nhau, để liên kết với nhau tạo thành các nhân phức tạp hơn nữa.

Trong 380.000 năm tiếp theo, vũ trụ tiếp tục vững bước tiến lên. Nó tiếp tục dãn nở, loãng đi trong một thể tích ngày một lớn hơn, với một nhiệt độ không ngừng giảm. Không có sự kiện nào nổi bật trong suốt giai đoạn này. Cứ như thế vũ trụ dừng lại để lấy hơi vậy. Nhưng khi đồng hồ vũ trụ điểm năm thứ 380.000, một loạt các sự kiện khởi phát in dấu mãi mãi khung cảnh của nó. Trước năm thứ 380.000, vũ trụ hoàn toàn tối tăm, vì photon không thể mở đường qua cánh rừng rậm electron khi đó vẫn còn đang tự do. Chúng liên tục bị làm cho lệch hướng, bị chen lấn xô đẩy bởi electron; một bước tiến ngay lập tức bị triệt tiêu bằng một bước lùi. Do không thể lan truyền, nên photon không thể thực hiện vai trò mang ánh sáng và thông tin của mình. Vũ trụ chìm đắm trong một màn sương mù dày đặc không cho một chút ánh sáng nào lọt qua.

Đến năm 380.000: lực điện từ (làm cho các điện tích trái dấu hút nhau) nhảy vào cuộc và thúc đẩy các hạt nhân hydro và heli (tích

điện dương) kết hợp với các electron (tích điện âm) để tạo thành nguyên tử. Vật chất nguyên tử trung hòa về điện ra đời. Bởi vì nhiệt độ của vũ trụ đã giảm xuống còn khoảng  $3.000^{\circ}$ , tương đương với nhiệt độ của bề mặt Mặt trời, nên các photon xung quanh không còn đủ năng lượng để phá vỡ các nguyên tử và giải phóng electron nữa. Kết quả của việc giam cầm electron trong các nhà tù-nguyên tử là vũ trụ đã vén được bức màn bao phủ của mình. Bởi vì không còn electron tự do để ngăn cản chuyển động của photon nữa, nên ánh sáng có thể tự do đi đến nơi mà nó muốn, và vũ trụ từ tối tăm đã trở nên trong suốt.

Một hệ quả khác là các photon đến từ thời kỳ này trở thành bức xạ hóa thạch nổi tiếng (xem: *Ánh sáng hóa thạch*). Cùng với sự giãn nở của vũ trụ, bức xạ hóa thạch là một trong hai hòn đá tảng của lý thuyết Big Bang. Nếu chúng ta có mặt ở đó vào năm 380.000, thì sẽ thấy bầu trời cũng sáng rực như bề mặt Mặt trời. Trong 14 tỷ năm sau đó, nhiệt độ của bức xạ hóa thạch này giảm không gì vẫn hồi được cùng với sự giãn nở của vũ trụ. Nó trải qua các gam màu khác nhau và dịch chuyển từ vàng sang cam, rồi từ đỏ sang đỏ thẫm, trước khi trở nên không thể nhìn thấy được bằng mắt thường nữa. Ngày nay, chúng ta cần đến “con mắt-vô tuyến” mới nhìn thấy được nó!

Khoảng một tỷ năm sau, cơn cuồng nhiệt xa xưa của vũ trụ đã dịu đi đáng kể. Vũ trụ tiếp tục loãng thêm, lạnh đi và leo lên những bậc thang phức tạp mới. Các ngôi sao đầu tiên xuất hiện, chúng tập hợp lại với nhau theo nhóm hàng trăm tỷ để tạo thành những thiên hà uy nghi. Ngày nay, sau quá trình tiến hóa 14 tỷ năm, vũ trụ quan sát được chứa hàng trăm tỷ thiên hà tập hợp lại với nhau để dệt lên một tấm thảm khổng lồ trong vũ trụ (xem: *Kiến trúc của vũ trụ*). Cái vô cùng bé đã đẻ ra cái vô cùng lớn. Tại một trong những thiên hà mang tên “Ngân Hà” (xem mục từ này), gần một ngôi sao được gọi là “Mặt trời” (xem mục từ này), sinh ra cách đây 4,55 tỷ năm từ sự co sập lại do hấp dẫn của một đám mây giữa các vì sao, trên một hành tinh gọi là “Trái đất” (xem mục từ này), các phân tử tập hợp lại thành các chuỗi dài ADN, cách đây khoảng 3,8 tỷ năm, các chuỗi này dẫn tới sự sống (xem mục từ này), sau đó tới nhân loại có khả năng thần phục vẻ đẹp của thế giới xung quanh mình và tự vấn về vũ trụ đã sinh ra mình.

## Lịch vũ trụ

Vũ trụ học hiện đại đã rút vị trí của con người trong vũ trụ xuống thành vô nghĩa: Hệ Mặt trời còn nhỏ hơn cả một hạt cát trên bãi biển vũ trụ mênh mông (xem mục từ: *Bóng ma Copernicus*). Thế nhưng không gian và thời gian gắn bó mật thiết với nhau: một khoảng cách không gian không gì khác là tích của vận tốc ánh sáng nhân với thời gian. Điều này có nghĩa là một sự thu nhỏ vị trí của con người trong vũ trụ ứng với sự thu nhỏ con người trong thời gian. Chúng ta chỉ là một cái chớp mắt trong cuốn sử thi vĩ đại của vũ trụ. Chúng ta có thể nhận thức được rõ hơn vị trí vô nghĩa của mình trong vũ trụ bằng cách hình dung một cuốn lịch vũ trụ trong đó 14 tỷ năm của vũ trụ được nén lại thành chỉ một năm.

Trong cuốn lịch này, Big Bang xảy ra vào ngày 1 tháng 1, và thời kỳ hiện nay tương ứng với ngày 31 tháng 12. Bức họa khổng lồ về vũ trụ diễn ra như sau: Ngân Hà sinh ngày 21.2, nhưng Hệ Mặt trời cùng với bảy đoàn hành tinh của nó chỉ xuất hiện ngày 3.9, tức là sau khi ba phần tư của năm đã trôi qua. Những tế bào đầu tiên của sự sống bước lên sân khấu ngày 23.9, và các vì sinh vật sáng tạo ra giới tính ngày 26.10. Sự phát triển của sinh vật diễn ra chủ yếu trong nửa sau của tháng cuối cùng của năm: cá và động vật có xương sống đầu tiên bước lên sân khấu ngày 18.12, đội quân thực vật xanh xâm chiếm mặt đất ngày 20.12, những loài côn trùng đầu tiên xuất hiện ngày 21.12 rồi đến loài bò sát ngày 23.12. Rồi loài khủng long bắt đầu thống trị trên Trái đất ngày 24.12. Tiếng hót của những con chim đầu tiên làm vui Trái đất ngày 27.12. Trái đất trở thành một hành tinh đầy hoa, nhưng một tiểu hành tinh đã va đập vào nó ngày 28.12, gây ra một thảm họa toàn cầu. Khủng long bước ra khỏi sân khấu và tổ tiên chúng ta, các loài động vật có vú, bắt đầu sinh sôi nảy nở. Những người anh em họ gần của chúng ta, loài linh trưởng, bước lên sân khấu ngày 29.12.

Còn về loài người, toàn bộ sự phát triển diễn ra vào tối ngày 31.12. Những con người đầu tiên bắt đầu cất bước lúc 21g 49', tức chỉ hơn hai giờ trước khi kết thúc năm. Nhờ có giác quan phát triển về biểu tượng hóa và trừu tượng hóa, *Homo sapiens* đã biết sáng tạo và

phát minh. Những phát minh cứ nhân mãi lên và lồng vào nhau để cái thiên phúc lợi vật chất của con người, nhưng cũng là để truyền lại tri thức và hiểu biết, biểu dương và soi sáng trí tuệ con người. Tất cả diễn ra trong lĩnh vực này kéo dài ở phút cuối của năm. Con người phát minh ra nông nghiệp lúc 23g 59' 17'' và chế tạo ra các công cụ bằng đá lúc 23g 59' 26''. Thiên văn học ra đời lúc 23g 59' 50'', tiếp theo đó là bảng chữ cái, lúc 23g 59' 51'', và luyện kim lúc 23g 59' 54''. Những con người vĩ đại xuất hiện để dẫn dắt con người trong đời sống tâm linh: Phật lúc 23g 59' 55'', Chúa Giêsu lúc 23g 59' 56'' và Mahomet lúc 23g 59' 57''. Thời kỳ Phục hưng và sự ra đời của khoa học thực nghiệm xuất hiện ở giây cuối cùng của năm, lúc 23g 59' 59''.

Giờ là nửa đêm. Chúng ta đã đặt chân lên Mặt trăng và kết nối toàn bộ Trái đất như một ngôi làng điện tử toàn cầu, nhưng chúng ta cũng đã làm tổn hại nghiêm trọng sự cân bằng sinh thái và làm suy giảm đa dạng sinh học của hành tinh chúng ta.

## Lỗ đen

Trong không gian tồn tại các con quái vật có các tính chất dị thường có khả năng cầm tù ánh sáng và vật chất. Chúng được nhà vật lý người Mỹ John Wheeler (1911-2008) gọi là "lỗ đen" vào năm 1967. Triết gia người Anh John Michell (1724-1793) vào năm 1783, và, độc lập với ông, nhà toán học và vật lý học người Pháp Pierre Simon de Laplace (1749-1827) vào năm 1978 đã hiểu ra rằng nếu một vật đủ nặng và bị nén nhỏ lại (*compact*), thì lực hấp dẫn ở bề mặt của nó sẽ lớn tới mức vận tốc cần thiết để thoát khỏi nó sẽ phải lớn hơn vận tốc ánh sáng (300.000 km/s). Nhưng bởi vì không gì có thể đi nhanh hơn ánh sáng, nên điều này có nghĩa là một khi rơi vào móng vuốt của lỗ đen, thì dù là vật chất hay ánh sáng đều không thể thoát ra khỏi nó. Một khi vượt qua bán kính không thể quay lui của lỗ đen, chuyển du hành sẽ chỉ theo một chiều duy nhất: người ta có thể đi vào đó, nhưng không thể đi ra khỏi đó được. Và bởi vì ánh sáng không thể đi

ra ngoài, nên cái “lỗ” trong không gian này là không nhìn thấy được: nó là đen. Laplace đặt cho nó cái tên xinh đẹp là “thiên thể bịt kín”.

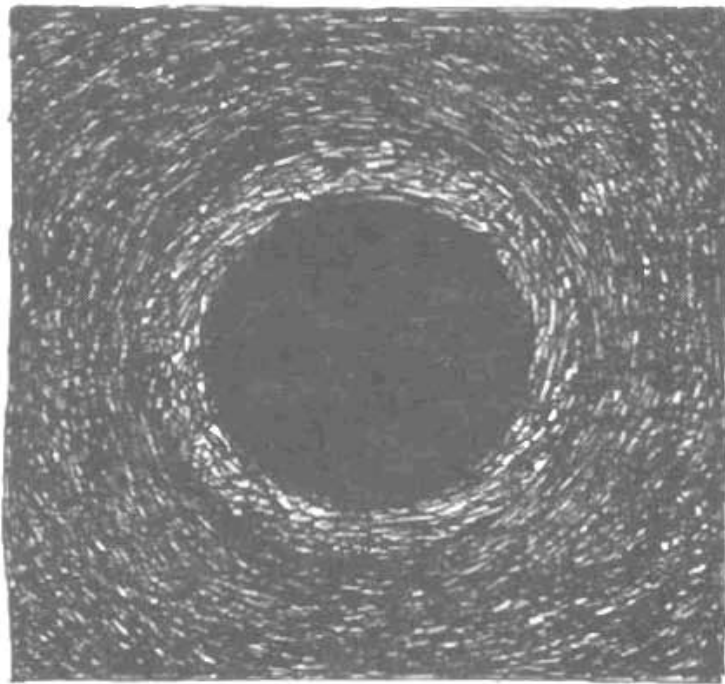
Nghiên cứu lỗ đen chỉ thực sự cất cánh với sự phát triển của thuyết Tương đối rộng của Albert Einstein, mặc dù chính nhà vật lý thiên tài này cũng không tin vào sự tồn tại của chúng. Ông nghĩ rằng lý thuyết của mình sẽ không còn đứng vững nữa khi lực hấp dẫn trở nên lớn vô hạn, và rằng tự nhiên phải đủ khéo léo để tránh được sự tồn tại những cái lỗ kỳ lạ như vậy. Nhưng ông đã nhầm. Các lỗ đen thực sự tồn tại. Và thuyết Tương đối yêu quý của ông đã cung cấp một cách giải thích hoàn toàn tự nhiên cho những điểm kỳ dị này của không gian. Thuyết Tương đối nói rằng lực hấp dẫn tác dụng bởi mọi vật chất đều làm cong không gian; thế nhưng, lực hấp dẫn của một lỗ đen là lớn tới mức không gian xung quanh nó bị gập cong lại. Ánh sáng, bị buộc phải đi theo các đường ngoằn ngoèo của không gian bị gập cong lại này, nhưng không thể thoát ra khỏi đó được nữa.

Vậy một lỗ đen đã ra đời như thế nào? Về nguyên tắc, mọi vật đều có thể trở thành lỗ đen. Chỉ cần nén nó xuống dưới một kích thước nhất định. Bởi vì trường hấp dẫn tăng tỷ lệ nghịch với bình phương của kích thước (nếu bạn nén một vật nhỏ lại mười lần, thì lực hấp dẫn của nó sẽ tăng một trăm lần), nên nó sẽ trở nên đủ mạnh khi vật trở nên đủ nhỏ để ngăn được không cho ánh sáng thoát ra ngoài. Kích thước giới hạn này biến thiên tỷ lệ thuận với khối lượng của lỗ đen. Chẳng hạn, bạn cần nặng dưới 100 kg, bạn sẽ trở thành lỗ đen nếu như có hai bàn tay không lỗ bóp nén bạn lại tới kích thước nhỏ hơn  $10^{-23}$  cm, tức có bán kính nhỏ hơn bán kính của proton 10 tỷ lần. Trái đất có khối lượng  $6 \cdot 10^{27}$  g sẽ trở thành lỗ đen nếu người ta nén nó tới kích thước bằng một quả bóng bàn. Mặt trời, với khối lượng  $2 \cdot 10^{33}$  g, sẽ trở thành lỗ đen nếu người ta nén bán kính 700.000 km của nó xuống còn nhỏ hơn 3 km.

Trên thực tế, cả bạn và tôi, cả Trái đất và Mặt trời nữa, đều sẽ không bao giờ trở thành lỗ đen. Không một ai có khả năng nén chúng ta xuống tới kích thước nhỏ đến thế. Rất may cho chúng ta, vì nếu điều đó xảy ra, thì chỉ cần một ai đó không thích chúng ta, nén chúng ta thành lỗ đen và thế là chúng ta biến mất khỏi thế giới nhìn thấy được! Chỉ một lực hấp dẫn lớn khủng khiếp mới có được sức nén kinh hoàng này. Vậy mà, cả bạn và tôi, cả Trái đất lẫn Mặt trời, đều



không đủ nặng để lực hấp dẫn tạo bởi khối lượng của chúng ta đủ lớn để thắng được các lực chống lại sức nén. Chẳng hạn, trong cơ thể của chúng ta, chính lực điện từ gắn kết các nguyên tử lại với nhau, mang lại sự vững chắc cho cơ thể và chống lại mọi lực nén. Để lực hấp dẫn đủ lớn và thắng thế, cần phải có các vật có khối lượng ít nhất là bằng hàng chục lần khối lượng Mặt trời. Chỉ các sao lớn hơn và nặng hơn ngôi sao của chúng ta mới đáp ứng được điều kiện này. Trong khi các ngôi sao này còn sống, thì lực của bức xạ mạnh mà chúng sinh ra trong lõi thông qua lò luyện hạt nhân của chúng, sẽ kiên cường chống lại lực hấp dẫn. Nhưng ngay khi ngôi sao cạn kiệt nhiên liệu và không thể bức xạ được nữa, lực hấp dẫn sẽ thắng thế và ngôi sao sẽ co sập lại. Lõi của nó bị sẽ bị nén mạnh tới mức nó trở thành cái mà người ta gọi là "lỗ đen sao". Các xác sao tạo thành lỗ đen này nằm rải rác khắp nơi trong thiên hà, đặc biệt là dải Ngân Hà của chúng ta.



Vậy bằng cách nào mà nhà thiên văn có thể quan sát được các xác sao này? Nếu lỗ đen cấm tù ánh sáng, thì bằng cách nào nhà khoa học có thể biết chắc chắn về sự tồn tại của nó? Không có ánh sáng, chẳng phải nhà thiên văn sống hoàn toàn "trong bóng tối" sao? Câu trả lời là không, vì lỗ đen tự để lộ mình bởi tính háu ăn của nó. Bằng

lực hấp dẫn của mình, nó hút tất cả những gì bên mình đến gần, do đó nuốt chửng và tăng thêm khối lượng. Thói hấu ăn này có các hậu quả có thể quan sát được. Một nửa các ngôi sao của Ngân Hà sống, như con người, theo từng cặp. Trong cái mà người ta gọi là các hệ “sao đôi”, các cặp sao này ở rất gần nhau và quay quanh nhau. Nếu ngôi sao nặng hơn của một cặp co sập lại để trở thành lỗ đen, thì sao kia vẫn sẽ tiếp tục quay quanh bạn đồng hành vô hình của mình như thể không có chuyện gì xảy ra. Trường hấp dẫn mạnh của lỗ đen hút khí quyển của ngôi sao nhìn thấy được, và các khí này rơi đường xoắn ốc về phía cái miệng há hốc của lỗ đen. Trong chuyển động rơi của nó, các nguyên tử khí va chạm vào nhau một cách dữ dội và nóng lên tới hàng triệu độ, phát ra một lượng khổng lồ các tia X trước khi vượt qua bán kính không thể quay lui và biến mất mãi mãi. Chính bằng cách dò bức xạ tia X này nhờ các kính thiên văn không gian mà các nhà thiên văn đã tóm được các lỗ đen sao ra khỏi hang ổ của chúng. Chẳng hạn, theo hướng của chòm sao Thiên nga, vào năm 1971, người ta đã phát hiện ra một nguồn tia X rất mạnh; ở vị trí này có một ngôi sao, mà nhờ nghiên cứu chuyển động của nó, người ta biết được nó quay quanh một thiên thể khác có khối lượng bằng chục lần Mặt trời. Mà vật thể này lại không nhìn thấy được: người ta nghĩ rằng đó chính là một lỗ đen sao. Trong Ngân Hà có khoảng 200 đến 1.000 cặp sao đôi chứa một thiên thể compact và vô hình như thế này.

Trong một tương lai gần, các nhà thiên văn học hy vọng sẽ phát hiện được các lỗ đen bằng cách sử dụng không phải các sóng ánh sáng nữa (như ánh sáng nhìn thấy được hoặc tia X), mà dùng các sóng hấp dẫn (xem mục từ này). Thuyết Tương đối nói với chúng ta rằng một cặp lỗ đen quay quanh nhau sinh ra các sóng của “độ cong không gian” lan truyền với vận tốc ánh sáng. Vì độ cong của không gian là do hấp dẫn gây ra, nên các sóng của độ cong không gian này còn được gọi là “sóng hấp dẫn”. Bằng cách lan truyền trong không gian, chúng đánh cắp năng lượng chuyển động của hai lỗ đen, làm cho hai lỗ đen này rơi vào nhau theo đường xoắn ốc cho tới khi sáp nhập vào nhau. Sự sáp nhập này được đón chào bằng sự phát ra các sóng hấp dẫn mới.

## Lỗ đen trong tâm Ngân Hà

Ngoài các lỗ đen sao, tự nhiên còn chế tạo ra các lỗ đen kinh khủng hơn nhiều, và nặng hơn rất nhiều. Trong khi các lỗ đen sao có khối lượng bằng chục lần Mặt trời, thì các lỗ đen "siêu nặng" có khối lượng bằng từ vài triệu cho tới vài tỷ Mặt trời. Các con quỷ này nằm ở tâm của các thiên hà. Người ta nghĩ cho chúng sinh ra từ sự kết tập do hấp dẫn của vô số các lỗ đen sao. Chẳng hạn, có một lỗ đen bằng ba triệu khối lượng Mặt trời ngự ở tâm của Ngân Hà của chúng ta (xem mục từ này). Nó phát lộ sự hiện diện của nó không chỉ bởi bức xạ tia X, mà còn bởi một bức xạ radio rất mạnh. Nguồn radio này, được đặt tên là "Sagittaire A" (do nó phát theo hướng của chòm sao Sagittaire - Nhân Mã), là vô cùng compact, không lớn hơn Hệ Mặt trời của chúng ta. Bức xạ radio được phát ra bởi các electron bị bứt ra khỏi đĩa kết tụ bao quanh lỗ đen, và được gia tốc tốc độ rất cao trong một từ trường mạnh.

Lỗ đen ở trung tâm của Ngân Hà còn để lộ sự hiện diện của nó bởi vận tốc cao của các ngôi sao nằm trong vùng lân cận của nó. Trên thực tế, các vận tốc cao này là cần thiết để chống lại lực hút hấp dẫn của một khối lượng khổng lồ. Bằng các máy dò ánh sáng hồng ngoại (ánh sáng này không bị hấp thụ bởi lượng lớn bụi sao nằm giữa Trái đất và trung tâm Ngân Hà, cách nhau một khoảng 26.000 năm ánh sáng), các nhà thiên văn đã quan sát được các sao nằm cách tâm Ngân Hà khoảng 0,03 năm ánh sáng, và thực hiện trọn vẹn một vòng quay trong khoảng thời gian chỉ bằng một đời người! So với nó, Mặt trời, kéo theo Hệ Mặt trời và cả chúng ta, có một chuyển động uể oải hơn nhiều, nó thực hiện trọn vẹn một vòng quay quanh tâm Ngân Hà mất tới 250 triệu năm.

Vậy lỗ đen nằm ở tâm Ngân Hà liệu có thể là một mối nguy hiểm đối với chúng ta không? Liệu có nguy cơ nó sẽ xé tan Trái đất và cả chúng ta nữa hay không? Điều đó có thể xảy ra, nhưng trong tương lai rất xa gần như vĩnh hằng. Lỗ đen này có một bán kính không thể quay lui là 9 triệu km. Vì Trái đất nằm cách nó 26.000 năm ánh sáng, nên chúng ta ở rất xa móng vuốt của lỗ đen này! Bạn tự nhủ rằng, chắc chắn, lỗ đen này có thể mở rộng bán kính ảnh hưởng bằng cách ăn ngấu nghiến các sao đi vào tầm với của nó, và, bằng

cách đó, tăng khối lượng và do đó tăng bán kính của nó. Chẳng hạn, nếu một lỗ đen ăn ngẫu nhiên một khối lượng các sao bằng chín lần khối lượng ban đầu của nó, thì khối lượng và bán kính của nó sẽ tăng lên gấp 10 lần. Nhưng ngay cả khi giả định rằng lỗ đen có thói háu ăn vô độ, và nó ngẫu nhiên nuốt tất cả các ngôi sao có trong Ngân Hà, thì bán kính của nó cũng sẽ chỉ tăng lên tới 3.000 tỷ km, tức là nhỏ hơn khoảng cách từ tâm Ngân Hà đến Hệ Mặt trời tới 90.000 lần. Hơn nữa, nó còn cần phải mất hàng tỷ tỷ năm mới nuốt hết được toàn bộ Ngân Hà, tức một khoảng thời gian dài hơn tuổi của vũ trụ hiện nay (14 tỷ năm) 100 triệu lần. Như vậy, chúng ta có thể yên tâm mà ngủ ngon! Viễn cảnh bị lỗ đen của tâm Ngân Hà xé tan xác thực sự là điều rất không đáng quan tâm. Đối với những người cả tin và lo lắng cho sự tận thế, thì cái chết của Mặt trời, trong khoảng 5 tỷ năm tới, mới là mối nguy hiểm cụ thể hơn nhiều.

### ***Lỗ đen siêu nặng***

Ngân Hà của chúng ta (xem mục từ này) không phải là thiên hà duy nhất chứa chấp một con quỷ dữ trong tâm. Các lỗ đen còn quý quái hơn nữa, có khối lượng bằng từ vài chục triệu cho tới vài chục tỷ lần khối lượng Mặt trời, đã được tìm thấy ở tâm của các thiên hà khác. Người ta định vị được chúng trong các thiên hà “bình thường”, không có hoạt động mạnh mẽ tại tâm, các thiên hà láng giềng của chúng ta, như thiên hà Tiên nữ (xem mục từ này), chẳng hạn. Nhưng người ta cũng phát hiện thấy chúng ẩn náu trong các thiên hà gọi là “có nhân hoạt tính” (xem mục từ này), phát ra ở tâm một ánh sáng có cường độ cực lớn, gấp cỡ mười lần độ sáng của các thiên hà sáng nhất, trong một thể tích rất compact, chỉ nhìn hơn Hệ Mặt trời một chút. Nói tính compact ở đây có nghĩa là nói vật thể bị nén rất mạnh, và như vậy có nghĩa là nói tới các lỗ đen. Một số thiên hà có nhân hoạt tính bộc lộ tính khí của chúng bằng cách phóng vật chất từ các vùng trung tâm thành các tia dài ngược chiều nhau và vuông góc với đĩa kết tụ bao quanh lỗ đen.

Còn ấn tượng hơn nữa là các lỗ đen có khối lượng bằng hàng tỷ khối lượng Mặt trời tụ tập ở tâm của các quasar (xem mục từ này), các thiên thể quái dị này phát ra một năng lượng khủng khiếp bằng hàng

trăm tỷ thiên hà tu một vùng compact như Hệ Mặt trời. Các dấu hiệu chỉ báo về các lỗ đen này là vận tốc cực kỳ nhanh của các sao ở vùng trung tâm, chúng to một lực hấp dẫn lớn, và như vậy một khối lượng lớn, và một độ sáng lớn, và do đó có một số lớn các sao bị lỗ đen đớp và nuốt ngấu nghiến.

Vậy các lỗ đen siêu nặng đã ra đời như thế nào? Làm thế nào mà chúng có thể đạt đến khối lượng hàng triệu, thậm chí hàng tỷ lần khối lượng của Mặt trời? Câu trả lời nằm trong thực tế là các thiên hà được hình thành theo một quá trình gọi là có “thứ bậc”, nghĩa là bằng sự hợp nhất các phôi thiên hà có khối lượng bằng vài triệu khối lượng Mặt trời, tương đương khối lượng của thiên hà lùn nhỏ của vũ trụ, thành các thiên hà lớn hơn, cho tới khi hình thành các thiên hà đồ sộ trang hoàng cho vũ trụ ngày hôm nay. Mỗi khi xảy ra sự hợp nhất hai phôi thiên hà, thì sóng xung kích tạo thành từ đó có tác dụng nén khí giữa các sao, vốn chưa bị chuyển hóa thành các sao trong hai thiên thể này, tạo ra các tràng sao sáng và năng. Bởi vì mỗi phôi thiên hà chứa các lỗ đen tạo thành từ các sao nặng bị chết, nên sự hợp nhất liên tục của các phôi sẽ gây ra sự hợp nhất của các lỗ đen và làm tăng đáng kể khối lượng của chúng. Khoảng một tỷ năm sau Big Bang, một số thiên hà chứa ở tâm chúng một lỗ đen có khối lượng có thể bằng vài tỷ lần khối lượng Mặt trời.

### ***Đi thăm lỗ đen***

Chúng ta hãy lên một phi thuyền không gian và đi thăm một lỗ đen. Để quyết định hướng đi, chúng ta phải tra cứu Atlas các lỗ đen lập bởi Hội Thiên văn quốc tế. Chúng ta sẽ tha hồ mà lựa chọn. Một trong các lỗ đen thú vị nhất và gần nhất tất nhiên là lỗ đen của chòm Nhân Mã, cách Trái đất 8 năm ánh sáng. Nó là xác sao, kết cục của cái chết bùng nổ của một sao có khối lượng bằng mười lần Mặt trời, xảy ra cách đây khoảng 5.000 năm. Cũng có một lỗ đen của chòm sao Cung Thủ, có khối lượng bằng ba triệu lần khối lượng Mặt trời, ngự ở trung tâm của Ngân Hà, cách Trái đất 260.000 năm ánh sáng (xem: *Lỗ đen ở tâm Ngân Hà*). Ngoài ra còn có các lỗ đen siêu nặng nằm trong các quasar (xem mục từ này), các thiên thể cực sáng. Đặc biệt, sự chú ý của chúng ta bị thu hút bởi lỗ đen của quasar 3C273.

Có khối lượng bằng hơn một tỷ Mặt trời, nó ở cách chúng ta khoảng 2 tỷ năm ánh sáng, tức gấp một nghìn lần khoảng cách giữa chúng ta với thiên hà Tiên nữ bên cạnh. Nhưng lỗ đen của chòm sao Cung Thủ và lỗ đen của quasar 3C273 ở quá xa. Ngay cả lướt trên phi thuyền không gian với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng, thì chúng ta cũng phải mất 5.000 năm (thời gian đo bằng lịch trên Trái đất) để thực hiện hành trình khứ hồi đến lỗ đen của chòm sao Cung Thủ, và 4 tỷ năm để đến lỗ đen của quasar 3C273 và từ đó trở về. Tất nhiên, thuyết Tương đối nói với chúng ta rằng thời gian trôi trên phi thuyền không gian sẽ chậm đi đáng kể: nó phụ thuộc vào vận tốc bay của chúng ta. Chẳng hạn, nếu chúng ta đi với vận tốc trung bình bằng 99,99997% vận tốc ánh sáng, thì thời gian của chúng ta sẽ chậm lại đáng kể: hành trình của chúng ta đến lỗ đen ở tâm Ngân Hà sẽ chỉ kéo dài 20 năm, và chừng ấy thời gian để trở về. Còn về lỗ đen của quasar 3C273, hành trình khứ-hồi sẽ chỉ mất 84 năm.

Nhưng, ngay cả nếu chúng ta già đi chậm hơn nhiều so với những người thân ở lại Trái đất, thì chúng ta cũng phải chọn một cái đích không quá xa, nếu muốn gặp lại họ còn sống khi trở về. Như vậy là đã quyết định, chúng ta sẽ đi thăm lỗ đen của chòm Nhân Mã. Bay với vận tốc 80% vận tốc ánh sáng, chúng ta chỉ cần 20 năm Trái đất và 12 năm thời gian trên phi thuyền là có thể thực hiện chuyến khứ-hồi. Một thời gian hợp lý ở thang một đời người.

Sau một hành trình xuyên các vì sao dài 6 năm theo lịch trên phi thuyền, 10 năm theo lịch trên Trái đất, lỗ đen của chòm Nhân Mã đã hiện ra trước mắt. Qua cửa kính phi thuyền không gian, chúng ta phát hiện ra một cảnh tượng lộng lẫy. Lỗ đen bộc lộ mình bằng lực hút mà nó tác động lên khí giữa các vì sao xung quanh. Bị hút đến từ tất cả các hướng, khí này trở nên ngày càng đặc hơn và đi càng nhanh hơn khi tiến gần lỗ đen. Vật chất khí không rơi theo đường thẳng vào miệng của lỗ đen, mà theo đường xoắn ốc ngày càng nhỏ dần, bị kéo bởi chuyển động quay nhanh của lỗ đen, rồi chìm vào trong đó. Các lực li tâm do chuyển động quay làm cho khí phân bố thành một đĩa dẹt, như một quả trứng ôp-la, mà ở đó lỗ đen chiếm vị trí của lòng đỏ. Bởi vì lỗ đen kết tụ vật chất của đĩa, nên đĩa này có tên là "đĩa kết tụ".

Ở xa lỗ đen, lực hút hấp dẫn yếu và khí chuyển động khá uể oải. Còn ở rìa của lỗ đen, lực hút hấp dẫn tăng rất nhanh, và khí chuyển

đông điên cuồng. Các nguyên tử khí va chạm vào nhau và nóng lên. Từ nhiệt độ còn thấp hơn cả băng giá  $-260^{\circ}\text{C}$  ở cách xa lỗ đen, nhiệt độ của khí tăng lên tới hàng triệu độ khi ở gần lỗ đen. Do sự chênh lệch nhiệt độ cực lớn này, và bởi vì bản chất của ánh sáng bức xạ phụ thuộc vào nhiệt độ của khí, nên đĩa phát ra một kính vạn hoa các bức xạ. Ở xa lỗ đen, tức ở mép ngoài của đĩa, ánh sáng phát bởi khí lạnh nên có bản chất là sóng radio. Rồi bức xạ trở nên dần dần giàu năng lượng hơn, chuyển từ ánh sáng vi ba (loại ánh sáng trong lò vi sóng của bạn), hồng ngoại, nhìn thấy được, cực tím và tia X, cho tới ánh sáng gamma khi ở rất gần lỗ đen. Tất nhiên, mắt chúng ta chỉ nhạy cảm với ánh sáng nhìn thấy được. Qua cửa sổ phi thuyền không gian, chúng ta chỉ thấy một loại vành ánh sáng quanh lỗ đen, phô ra tất cả các màu cầu vồng: từ đỏ, ở mép ngoài của vành, đến cam, vàng, lục, lam cho tới tím ở mép trong của vành. Vùng trung tâm của đĩa không phát ra bất kỳ một dạng bức xạ nào: đó là lỗ đen nổi tiếng của chòm Nhân Mã. Lỗ đen này có bề mặt-chân trời có bán kính bằng 30 km, chúng ta không thể vượt qua bán kính đó để phiêu lưu, nếu còn muốn một ngày nào đó quay trở lại Trái đất.

Càng gần chân trời của lỗ đen, chúng ta càng cảm thấy ảnh hưởng hấp dẫn của nó tác động lên cơ thể chúng ta. Các hiệu ứng là cực kỳ đau đớn. Như thế chúng ta bị kéo cả ở đầu và ở chân. Sự kéo này là do *chênh lệch* giữa các lực hấp dẫn mà lỗ đen tác động lên đầu và chân chúng ta. Chân chúng ta, vì gần lỗ đen hơn (chân cách đầu một khoảng cách bằng chiều dài cơ thể), chịu một lực hút mạnh hơn so với đầu. Các lực được gọi là lực thủy triều này (cũng chính vì sự *chênh lệch* giữa các lực hấp dẫn tác dụng bởi Mặt trăng lên tâm Trái đất và bề mặt của nó mà xuất hiện thủy triều trên Trái đất) kéo cơ thể chúng ta (hay mọi vật rơi về phía lỗ đen), làm chúng ta rất đau xương. Ở cách chân trời 13.000 km, chúng ta cảm thấy một lực thủy triều bằng một phần tư trọng lực ở Trái đất (0,25g); ở 8.000 km, một lực 1g; ở 3.000 km, một lực 15 g. Để giảm ảnh hưởng của các lực thủy triều, chúng ta phải cố gắng bằng mọi cách để ở tư thế như trong bụng mẹ, nghĩa là nằm gập người, co đầu gối lên ngực và đầu gập xuống chân để thu ngắn cơ thể lại nhất có thể được. Lý tưởng sẽ là, nếu đầu và chân chúng ta tạo thành một điểm duy nhất trong không gian, và chiều dài cơ thể của chúng ta giảm xuống còn

bằng 0, thì các lực thủy triều sẽ bị triệt tiêu. Nhưng cố gắng này là không thể! Các lực này mạnh tới mức chúng buộc cơ thể của chúng ta phải duỗi ra để chúng có thể tiếp tục công việc kéo căng chúng ta ra. Nếu cơ thể của chúng ta đàn hồi, như một dây cao su, thì nó sẽ ngày càng dài thêm ra. Nhưng do được làm bằng xương bằng thịt, nên nó sẽ bị đứt làm đôi ngay khi các lực thủy triều trở nên mạnh hơn các lực gắn kết các phân tử của cơ thể chúng ta. Nếu chúng ta không quay lui, thì cơ thể chúng ta sẽ bị kéo dài như một sợi mì ống, và cuối cùng sẽ bị đứt làm đôi. Phi thuyền không gian càng sắp lại gần lỗ đen, thì mỗi một phân này sẽ lại đứt làm đôi để tạo thành bốn đoạn. Mỗi một trong bốn đoạn này sẽ lại bị đứt làm đôi để cho ra tám đoạn, và cứ như vậy tiếp tục: cơ thể của chúng ta sẽ bị đứt thành 2, 4, 8, 16, 32, 64... đoạn. Kích thước của mỗi đoạn này sẽ giảm xuống cho tới kích thước của phân tử và nguyên tử. Cái từng là "chúng ta" trước đây sẽ tan thành một khối không còn hình thù gì nữa của các hạt cơ bản. Chúng ta không có bất kỳ hy vọng nào có thể đến được chân trời của lỗ đen mà cơ thể vẫn còn nguyên vẹn. Tốt hơn ca la hãy điều khiển các động cơ của phi thuyền để con tàu vạch các quỹ đạo tròn theo đường xoắn ốc ngày càng rộng hơn và thoát ra khỏi đó!

Nhưng cơn đau đớn kinh khủng mà chúng ta suýt phải cảm nhận là do đích đến của chúng ta là một lỗ đen sao có khối lượng tương đối nhỏ, chỉ bằng mười lần khối lượng Mặt trời. Chúng ta phải ý thức rằng lực thủy triều mà các lỗ đen tác dụng lên cơ thể khổng lồ của chúng ta là không như nhau. Thực vậy, lực thủy triều của một lỗ đen giảm theo bình phương khối lượng của nó. Chẳng hạn, các lực thủy triều tác dụng bởi lỗ đen siêu nặng bằng một tỷ khối lượng Mặt trời, như lỗ đen của quasar 3C273, chỉ bằng một phần mười triệu tỷ các lực thủy triều tác dụng bởi một lỗ đen bằng mười lần khối lượng Mặt trời như lỗ đen của chòm Nhân Mã. Điều này là do bán kính không thể quay lui của một lỗ đen tỷ lệ với khối lượng của nó. Một lỗ đen nhẹ hơn sẽ rất nhỏ, trong khi một lỗ đen siêu nặng có kích thước khổng lồ, điều này kéo theo một chênh lệch lớn giữa các lực thủy triều mà chúng tác dụng lên cơ thể chúng ta.

Bây giờ chúng ta hãy xét, chẳng hạn, một lỗ đen rất nhẹ, bán kính 2 m. Nếu kích thước của bạn cũng là 2 m, thì vào thời điểm bạn



vượt qua bán kính không thể quay lui của lỗ đen, đầu của bạn sẽ cách tâm của lỗ đen gấp hai lần chân của bạn. Chênh lệch giữa các lực hấp dẫn tác dụng lên đầu và lên chân của bạn sẽ rất lớn. Ngược lại, nếu lỗ đen lớn hơn 1 triệu lần, thì bán kính không thể quay lui của nó sẽ là 2 triệu kilomet; khi vượt qua bán kính không thể quay lui của lỗ đen, chân của bạn sẽ gần tâm của lỗ đen hơn một phần một tỷ so với đầu, tới mức các lực thủy triều là không đáng kể và bạn sẽ không cảm thấy bất kỳ một sự giằng kéo nào.

Mật độ của một lỗ đen siêu nặng như vậy là thấp hơn mật độ của không khí. Khi chúng ta vượt qua bán kính không thể quay lui của nó bằng phi thuyền không gian, thoát tiên chúng ta sẽ không nhận thấy điều gì bất thường cả. Chỉ đến khi quyết định quay đầu để trở lại căn cứ xuất phát thì chúng ta mới phát hiện ra rằng chúng ta không thể trở ra khỏi mặt cầu-chân trời của lỗ đen và rằng chúng ta mãi mãi sẽ bị cầm tù trong đó. Chúng ta sẽ không thể giao tiếp với thế giới bên ngoài được nữa, vì các sóng radio bị lực hấp dẫn của lỗ đen giữ không sao thoát ra được. Thực tại mà chúng ta phát hiện ra ở bên trong của lỗ đen sẽ không bao giờ được truyền ra ngoài cho bất cứ ai. Nó sẽ không bao giờ được cập nhật. Như thế lỗ đen tác dụng một loại "kiểm duyệt vũ trụ" đối với nhận thức của chúng ta. Tất cả các đặc tính bên ngoài của lỗ đen - cường độ của lực hấp dẫn của nó, độ cong của không gian mà nó gây ra, sự lệch hướng quỹ đạo của ánh sáng - chỉ phụ thuộc vào ba đại lượng: khối lượng của lỗ đen, chuyển động quay và điện tích của nó (thường bằng không). Mọi thông tin khác liên quan đến lỗ đen đều bị mất đối với thế giới bên ngoài. Thật vậy, một khi ở bên trong của lỗ đen, các thông tin về giới tính, chủng tộc, màu mắt, màu tóc, quần áo mà chúng ta mặc, đều bị xóa vĩnh viễn. Lỗ đen thực sự là một nguồn xóa thông tin trong vũ trụ.

Chắc chắn, ngay cả các lực thủy triều là rất yếu khi chúng ta vượt qua bán kính không thể quay lui của một lỗ đen siêu nặng và khi cơ thể của chúng ta chưa bị đứt thành hàng nghìn mảnh, thì điều đó cũng chỉ làm chậm lại cái kết cục chắc chắn của chúng ta mà thôi. Một khi vượt qua đường chân trời, theo mức độ vật chất bị đớp bởi lỗ đen (kể cả chúng ta và phi thuyền không gian của chúng ta) rơi về phía trung tâm của lỗ đen, mật độ địa phương và các lực thủy triều sẽ tăng dần không gì cưỡng lại được. Sự tan rã cơ thể chúng ta, mà

chúng ta chưa bị khi vượt qua bán kính không thể quay lui, sẽ tất yếu xảy ra khi sáp gần đến tâm của lỗ đen.

Mọi vật chất bên trong của một lỗ đen, dù đó là vật chất bằng hàng chục hay hàng tỷ Mặt trời, rốt cuộc sẽ bị tập trung vào một vùng vô cùng bé của không gian, có kích thước cỡ  $10^{-33}$  cm, tức là nhỏ hơn mười triệu tỷ lần kích thước của một nguyên tử, cái mà các nhà vật lý học gọi là điểm "lý di".

Ngoại trừ một luồng nhỏ khí giữa các vì sao đổ vào đó, còn tất cả chỉ là chân không bên trong của lỗ đen, một chân không trải từ bề mặt chân trời cho tới điểm kỳ dị của nó. Một trong hai điều sau sẽ phải xảy ra: hoặc là mật độ tiếp tục tăng cho tới khi trở nên vô hạn, hoặc là phải xuất hiện các định luật vật lý mới ngăn nó, không cho trở nên vô hạn. Hiện chúng ta chưa biết câu trả lời, vì thuyết Tương đối không còn đúng vững nữa trong vùng không gian bé hơn  $10^{-33}$  cm. Chỉ có lý thuyết *Hấp dẫn lượng tử*, một lý thuyết đang cần được xây dựng, mới có thể giúp chúng ta làm sáng tỏ điều đó.

Các nhà vật lý ưa mạo hiểm đã đưa ra giả thuyết rằng mật độ của lỗ đen không trở nên vô hạn. Họ đã đẩy lên cao nhất có thể các phương trình của thuyết Tương đối rộng để xây dựng các kịch bản trong đó một khách thăm có thể đi tới điểm kỳ dị của một lỗ đen và trở ra bằng một điểm kỳ dị của một lỗ đen khác, trong cùng một vũ trụ hay trong một vũ trụ song song. Như vậy hai điểm kỳ dị sẽ được kết nối với nhau bằng một loại đường hầm nằm không phải trong một không gian thông thường, mà trong một "siêu-không gian" giống như đường ngầm nối hai lỗ mà con giun đào trong đất, và được gọi một cách hình tượng là "lỗ giun đào" (xem mục từ này). Kịch bản này hiện thuộc về lĩnh vực khoa học viễn tưởng và cho tới lúc này chưa được khẳng định bởi bất kỳ bằng chứng quan sát nào. Không có gì chắc chắn là các vũ trụ song song như thế tồn tại và người ta có thể tiếp cận nó bằng các lỗ đen mà không bị xé rách không gì cứu vãn nổi bởi các lực thủy triều không trừ một ai. Đây là còn chưa tính tới việc đi vào trong một hố giun đào và trở ra không hề là chuyện dễ dàng: lối vào vô cùng nhỏ ( $10^{-33}$  cm), và cần phải phản ứng rất nhanh. Một hố giun đào chỉ tồn tại trong một khoảng thời gian vô cùng ngắn, cỡ  $10^{-43}$  giây, tức một khoảng thời gian 10 triệu tỷ tỷ lần ngắn hơn một chớp đèn máy ảnh.

## *Lỗ đen và thời gian*

Các lỗ đen không chỉ làm biến dạng không gian, mà chúng còn đưa giỡn với thời gian. Cũng vẫn như trong các tình huống ở đó thuyết Tương đối rộng có tiếng nói, không gian và thời gian gắn bó với nhau một cách mật thiết. Để nhận thấy điều đó rõ hơn, hãy giả định rằng trước khi vượt qua chân trời của lỗ đen, chúng ta giữ liên lạc bằng radio với bạn Bob đang ở trên Trái đất. Bob tái dựng thành hình ảnh các sóng radio mà anh ta nhận được và như vậy có thể theo dõi trên màn hình tivi các sự kiện diễn ra trên phi thuyền không gian của chúng ta. Theo mức độ càng tiến gần tới lỗ đen thì trường hấp dẫn trở nên càng mạnh, và các sóng radio mà chúng ta gửi đi càng phải cố gắng nhiều mới thoát khỏi được trường hấp dẫn này để đến được Bob. Các sóng radio ngày càng mất nhiều năng lượng, và khoảng thời gian giữa hai sóng liên tiếp nhận được trên Trái đất sẽ ngày càng dài ra. Các hình ảnh mới phải mất ngày càng nhiều thời gian để được tái tạo lại. Bộ phim các sự kiện sẽ diễn ra ngày càng chậm hơn. Bob thấy chúng ta hai phút, hai giờ, hai năm, hai thế kỷ, hai tỷ năm... chỉ để chải xong tóc! Cuối cùng, đúng vào thời điểm chúng ta vượt qua bán kính không thể quay lui của lỗ đen, thì hình ảnh mà Bob nhìn thấy sẽ đứng lại. Trên màn hình vô tuyến của Bob, chúng ta sẽ thấy mãi cùng một pô ảnh đó, mãi vẫn nụ cười ấy và cử chỉ ấy. Bob sẽ không bao giờ nhìn thấy phi thuyền của chúng ta biến mất trong cái mồm há hốc của lỗ đen. Đối với Bob, phi thuyền sẽ mãi lơ lửng trong không gian ở bán kính không thể quay lui. Theo quan điểm của Bob, lỗ đen đã làm dừng thời gian của chúng ta lại.

Trên phi thuyền không gian, chúng ta thấy các sự kiện diễn ra theo cách hoàn toàn khác. Trước khi vượt qua bán kính không thể quay lui, chúng ta tiếp tục nhận được các hình ảnh radio của Bob. Bị đớp bởi trường hấp dẫn lỗ đen, luôn tăng dần khi chúng ta sáp đến gần nó, các sóng radio này ngày càng có thêm nhiều năng lượng và đến với chúng ta ngày càng nhanh hơn. Chúng ta có cảm tưởng rằng thời gian của Bob tăng lên rất nhanh. Tới điểm chúng ta vượt qua bán kính không thể quay lui, toàn bộ vĩnh hằng trình hiện trước mắt chúng ta chỉ trong một khắc: Bob và cả con cháu chót chít của anh già đi và chết, Mặt trời cũng chết, sự cáo chung của các sao và thiên hà, cáo chung của vũ trụ...

Chúng ta sẽ không thê ra khỏi lỗ đen để tái hòa nhập vũ trụ bên ngoài, bởi vì, theo quan điểm của chúng ta, vũ trụ này đã sống hết cuộc đời của nó rồi. Bởi vì chúng ta đã vượt qua thời gian của thế giới bên ngoài, nên chúng ta bị án sẽ phải vĩnh viễn nằm trong lỗ đen, chết và bị xé rách bởi các lực thủy triều tàn nhẫn của nó.

### *Lỗ đen khởi thủy*

Người ta nghĩ rằng lỗ đen không thể phát ra bất kỳ một dạng bức xạ nào, rằng nó hoàn toàn “đen”, rằng sự kiểm duyệt vũ trụ mà nó thực hiện là tuyệt đối. Đó là còn chưa tính đến những điều kỳ quặc của cơ học lượng tử (xem mục từ này), lý thuyết vật lý của những cái vô cùng bé giải thích hành trạng của các hạt dưới nguyên tử. Năm 1974, bằng cách kết hợp (một phần) cơ học lượng tử với thuyết Tương đối rộng (vật lý của những cái vô cùng lớn mô tả các tính chất của trường hấp dẫn cực mạnh của một lỗ đen), nhà vật lý học người Anh Stephen Hawking (sinh năm 1942) đã phát hiện ra một điều thật kỳ lạ là lỗ đen có thể bức xạ!

Hawking thực hiện kỳ tích này như thế nào? Ông đã phải viện đến nguyên lý Bất định của Heisenberg. Nguyên lý này nói rằng không bao giờ chúng ta có thể biết chính xác đồng thời vị trí và vận tốc của một hạt. Nói cách khác, quỹ đạo của nó là không xác định: người ta gọi đó là sự nhòe lượng tử. Sự nhòe này không chỉ ảnh hưởng đến quỹ đạo của một hạt, mà còn đến cả năng lượng của nó nữa. Sự nhòe năng lượng có một hệ quả cơ bản: nó cho phép tự nhiên có thể vi phạm định luật bảo toàn năng lượng, một định luật ngự trị tuyệt đối trong thế giới vĩ mô, nói rằng “không có gì là cho không trong cuộc đời này”, hay “không thê có gì mà lại chẳng mất gì cả”. Nhờ sự nhòe lượng tử mà phương châm của tự nhiên trong thế giới vi mô là ngược lại “năng lượng có thể cho không, nó có thể nhận được mà không mất gì cả”. Ngân hàng tự nhiên có thể cho vay năng lượng, và có thể dùng năng lượng này để làm xuất hiện các hạt cơ bản. Nhưng các giao dịch của Ngân hàng tự nhiên phải tuân theo nguyên lý bất định nói rằng năng lượng vay càng lớn, thì sự hoàn trả sẽ phải càng nhanh. Khi Ngân hàng tự nhiên thu hồi khoản vay năng

lượng và cân bằng số sách, thì các hạt này sẽ biến mất. Như vậy, nhờ sự nhòe năng lượng mà không gian bao quanh chúng ta nhưng nhúc các hạt “ảo” xuất hiện và biến mất theo các chu kỳ sinh tử dữ dội, cực kỳ ngắn, cỡ  $10^{-43}$  giây (số 1 sau 43 số 0). Ở một thời điểm đã cho, một khối lập phương trong không gian có mỗi cạnh dài 1 cm có thể chứa tới 1.000 tỷ tỷ tỷ ( $10^{40}$ ) electron ao.

Vậy các hạt ao này có lợi ích gì, khi mà nếu bị để mặc thì chúng sẽ không bao giờ có thể rời khỏi thế giới bóng tối và bước ra thế giới thực? Vấn đề là ở chỗ, trong một số hoàn cảnh đặc biệt, chúng có thể được cụ thể hóa và trở thành thực. Chẳng hạn, nếu một hạt ảo tìm được một nhà hảo tâm đủ hào hiệp trả giúp nó khoản vay năng lượng của Ngân hàng tự nhiên, thì nó sẽ rời thế giới ảo và được vật chất hóa trong thế giới vật lý cùng với phần hạt của nó.

Trường hấp dẫn của một lỗ đen có đủ năng lượng để bán lại. Nó sẽ đảm nhận vai trò nhà hảo tâm này và thanh toán khoản vay năng lượng của các hạt ảo và các phần hạt của chúng nằm ngay ngoài bán kính không thể quay lui của lỗ đen. Một khi khoản vay đã được hoàn trả, các hạt ảo này sẽ rời thế giới bóng tối để đi vào thế giới thực. Trong các cặp electron/phản electron (hay positon) xuất hiện ở biên của lỗ đen, có một số hủy nhau để trở thành ánh sáng; điều này có nghĩa là lỗ đen bức xạ. Năng lượng tiêu tốn bởi lực hấp dẫn để vật chất hóa các hạt ảo, xét cho cùng, là lấy từ năng lượng gắn liền với khối lượng của lỗ đen. Lỗ đen càng bức xạ, thì khối lượng của nó càng giảm cho tới khi trở thành Không (0). Nói một cách hình ảnh thì lỗ đen đã “bốc hơi” hoàn toàn thành ánh sáng.

Phải chăng điều đó có nghĩa là các lỗ đen sẽ biến mất khỏi sân khấu vũ trụ trong nháy mắt? Chắc chắn là không, vì tỷ lệ bay hơi của một lỗ đen phụ thuộc vào khối lượng của nó. Một lỗ đen càng nặng thì nó bay hơi càng chậm. Thời gian bốc hơi của một lỗ đen tỷ lệ với lập phương khối lượng của nó. Một lỗ đen nặng hơn mười lần thì thời gian bốc hơi của nó sẽ lớn hơn một nghìn lần. Một lỗ đen sao bằng mười lần khối lượng Mặt trời sẽ phải mất gần  $10^{68}$  năm, tức khoảng hàng chục nghìn tỷ tỷ tỷ tỷ tỷ lần tuổi của vũ trụ, để bốc hơi hết. Còn về lỗ đen siêu nặng bằng một tỷ khối lượng Mặt trời ở tâm một quasar thì sẽ phải mất gấp hàng triệu tỷ tỷ tỷ lần. Nói cách khác, các lỗ đen sao và siêu nặng gần như không bốc hơi: chúng thực sự là “đen”.

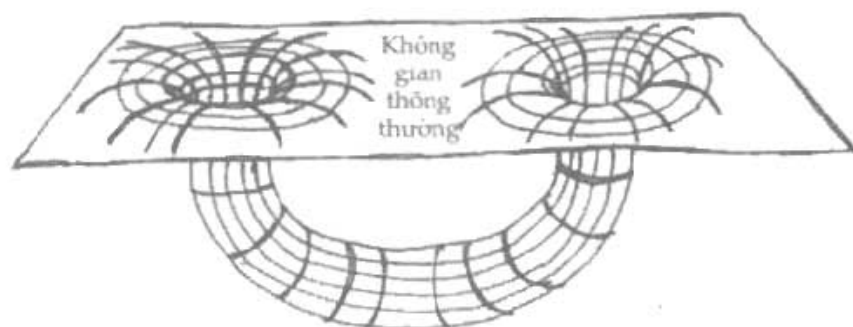
Hawking đã tính được rằng một lỗ đen có kích thước chỉ bằng một hạt nhân nguyên tử có thể bốc hơi trong khoảng thời gian dài bằng tuổi của vũ trụ, tức khoảng 14 tỷ năm. Để chế tạo một lỗ đen như thế, cần phải nhồi vào nó một khối lượng cỡ một tỷ tấn ( $10^{12}$ g), tức bằng khối lượng của một quả núi nhỏ hay 1.000 tỷ tỷ tỷ tỷ ( $10^{30}$ ) proton, trong một vùng có kích thước chỉ bằng một proton ( $10^{-13}$ cm). Hawking gợi ý rằng các lỗ đen nhỏ và đặc như thế đã có thể sinh ra từ “bọt lượng tử của không-thời gian” trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ, ở thời gian vô cùng ngắn, cỡ  $10^{-43}$  giây, gọi là “thời gian Planck”. Một lỗ đen “mini” khởi thủy như thế sẽ có kích thước  $10^{-33}$ cm, tức một trăm tỷ tỷ lần nhỏ hơn kích thước của một proton. Sau đó nó sẽ lớn dần lên bằng cách kết tụ vật chất trong môi trường rất đặc xung quanh nó để đạt đến kích thước của một proton. Một lỗ đen khởi thủy phát ra một công suất cỡ 6.000 mega oát, tức tương đương với sản lượng của sáu nhà máy điện hạt nhân cộng lại. Càng bốc hơi thì khối lượng của nó càng giảm, nó bức xạ càng nhanh và mất càng nhiều khối lượng hơn. Quá trình diễn ra ngày một nhanh, sau 14 tỷ năm khối lượng của lỗ đen chỉ còn bằng 20 micro gam, tức là bằng khối lượng của một hạt bụi, và đó là lúc tận thế của nó: lỗ đen mini khởi thủy kết thúc cuộc đời trong một vụ nổ lớn, giải phóng ánh sáng gamma với năng lượng bằng năng lượng của 10 triệu tỷ thiên hà. Nhưng, cho tới nay, các màn pháo hoa kinh hoàng này vẫn chưa hề được phát hiện trong vũ trụ. Người ta chưa bao giờ quan sát được sự bốc hơi của các lỗ đen mini khởi thủy. Chúng vẫn ở trạng thái của các thực thể giả thuyết, và khái niệm bốc hơi của lỗ đen vẫn là một ý tưởng chưa bao giờ được kiểm chứng bằng thực nghiệm, mặc dù nó đã được suy ra một cách chặt chẽ từ hai lý thuyết cột trụ của vật lý thế kỷ XX: cơ học lượng tử và thuyết Tương đối rộng.

## Lỗ giun đào

Điều gì sẽ xảy ra nếu bạn rơi vào một lỗ đen (xem mục từ này)? Bạn sẽ rơi vào tâm lỗ đen, nơi mà người ta gọi là điểm “kỳ dị”, ở đó vật chất bị nén tới mật độ vô hạn, ca lực hấp dẫn và độ cong của

không gian cũng trở nên vô hạn. Tại đây, cặp không-thời gian như chúng ta biết không còn tồn tại nữa. Không gian trở nên nhỏ hơn  $10^{-33}\text{cm}$  (chiều dài Planck - xem mục từ này) và các sự kiện diễn ra trong một thời gian dưới  $10^{-43}$  giây (thời gian Planck). Và ở đây, vật lý mà hiện nay chúng ta biết - tức thuyết Tương đối rộng và Cơ học lượng tử - không đứng vững nữa. Cần phải xây dựng một lý thuyết *Hấp dẫn lượng tử* kết hợp hai lý thuyết này. Nhưng con đường để đi đến lý thuyết như thế vẫn còn rất dài và không ít chông gai.

Tuy nhiên, điều đó đã không ngăn được các nhà vật lý dùng cảm sử dụng các phương trình của thuyết Tương đối rộng để khám phá khả năng đi qua bên cạnh điểm kỳ dị (nơi có mật độ và lực hấp dẫn lớn vô hạn) trong một góc của vũ trụ (bằng cách chấp nhận rằng người ta có thể tiếp cận nó mà không bị xé rách không gì cứu vãn nổi bởi các lực thủy triều tàn nhẫn), rồi đi ra ở một vị trí khác cũng của vũ trụ qua bên cạnh một điểm kỳ dị khác. Hai điểm kỳ dị này được kết nối với nhau bằng một dạng đường hầm không phải nằm trong không gian thông thường, mà trong một "siêu-không gian" giống như đường đi ngầm dưới đất nối hai lỗ mà loài giun đào trong đất - từ đó mà có cái tên "lỗ giun đào" (*wormhole* trong tiếng Anh) gắn với một cặp điểm kỳ dị như vậy.



Lỗ giun đào rất giống một lỗ đen, chỉ trừ điều là nó không có mặt cầu-chân trời mà một khi bị vượt qua sẽ không cho phép được quay lui. Trong khi các chuyến chu du trong lỗ đen chỉ đi theo một chiều, thì chu du trong các lỗ giun đào có thể được thực hiện theo hai chiều. Bạn tự do đi vào, nhưng cũng có thể đi ra và giao tiếp với phần còn lại của thế giới tùy thích: các hố giun đào không thực hiện việc kiểm duyệt vũ trụ. Đặc biệt, chúng có một tính chất kỳ lạ khiến các

nhà vật lý và các tác giả khoa học viễn tưởng phải mơ tưởng: chúng cho phép du hành qua thời gian. Hãy đi vào một hố giun đào theo một hướng nào đó, và bạn sẽ đi vào tương lai. Hãy đi theo hướng ngược lại, và bạn sẽ quay lại quá khứ. Không cần phai là một nhà du hành vũ trụ, lỗ sâu đào cho phép bạn trở thành một nhà du hành trong thời gian!

Nhưng bạn chớ vội mua vé: vẫn còn rất nhiều vấn đề cần giải quyết, mà một số có vẻ như không thể vượt qua được, trước khi có thể sử dụng các lỗ giun đào này làm cỗ máy du hành trong thời gian! Trước hết, làm thế nào chế tạo được chúng đây? Chúng ta biết rằng các lỗ đen được sinh bởi sự co sập lại do hấp dẫn của các ngôi sao nặng đã cạn kiệt nhiên liệu. Nhưng tác nhân nào là nguồn gốc của các điểm kỳ dị tạo thành các lối vào và lối ra của các lỗ giun đào? Các định luật của hấp dẫn lượng tử tiên đoán sự tồn tại của một thứ "bọt lượng tử" trong không gian bao quanh chúng ta, chứa các điểm kỳ dị có kích thước  $10^{-33}$  cm và có tồn tại như những bóng ma, xuất hiện đây rồi biến mất đây trong một chu kỳ sinh tử vô cùng ngắn ngủi, cỡ  $10^{-41}$  giây. Thi thoảng, hai điểm kỳ dị sập lại gần nhau và nối với nhau để tạo thành một lỗ giun đào. Như vậy, sự tồn tại của lỗ giun đào này không phụ thuộc vào các định luật có tính tất định, mà vào các định luật có tính xác suất.

Và một khi lỗ giun đào đã được tạo ra, thì bạn sẽ dùng nó như thế nào để du hành trong thời gian? Hai rào cản dựng lên trước mặt bạn, mà cho tới lúc này có vẻ như không thể vượt qua. Trước hết, bạn phải hành động rất nhanh, bởi vì bạn chỉ có thời gian vô cùng ngắn là  $10^{-41}$  giây để lướt qua lối vào của lỗ giun đào và thoát ra khỏi nó! Các chuyến du hành trong lỗ giun đào không dành cho những người thích đứng đĩnh... Thứ hai, bởi vì lối vào là vô cùng nhỏ ( $10^{-33}$  cm) nên cần phải có một phương tiện để mở rộng nó ra thì con người có thể lướt vào được. Một vài nhà vật lý quan tâm tới vấn đề này nghĩ rằng sự mở rộng lỗ giun đào sẽ kéo theo sự tự phá hủy của lỗ này trong một vụ nổ dữ dội. Và có lẽ, đây chính là cách mà tự nhiên tự bảo vệ mình tránh được tính phi-nhân quả và phi-lý. Thực vậy, nếu một người có thể du hành trong thời gian và quay về được quá khứ, thì về nguyên tắc anh ta có thể ngăn cha mẹ anh ta gặp nhau, và do đó, việc anh ta được thụ thai và sinh ra trên



cõi đời này trở nên không thể, quá là một điều phi lý. Sự tự bảo vệ chống lại tính phi-lý này có vẻ như đã được kiểm chứng. Như nhà vật lý người Anh Stephen Hawking (sinh năm 1942) đã nhận xét rất xác đáng rằng, chúng ta không thấy các đoàn người du lịch lũ lượt đến thăm chúng ta từ tương lai, vì điều này sẽ xảy ra nếu như sự du hành trong quá khứ là khả dĩ. Trong mọi trường hợp, các chuyến du hành trong thời gian bằng các lỗ giun đào, cho tới lúc này, vẫn chỉ nằm trong trí tưởng tượng.

## Lỗ thủng tầng ozon

Năm 1985, thế giới sững sờ hay tin khí quyển của Trái đất bị “rách” bên trên Nam Cực, tạo ra cái mà ngày nay người ta gọi là “lỗ thủng tầng ozon”. Ozon là một dạng phân tử oxy chứa ba nguyên tử ( $O_3$ ) thay vì hai ( $O_2$ ) mà chúng ta vẫn hít thở hằng ngày. Tầng ozon nằm cách mặt đất khoảng 50 km trong khí quyển. Nó được tạo thành cách đây khoảng 400 triệu năm, khi các đội quân xanh xâm chiếm đất liền và làm giàu oxy trong khí quyển Trái đất bằng quá trình quang hợp. Nó đóng một vai trò vô cùng quan trọng đối với sự sống trên Trái đất, vì nó bảo vệ chúng ta khỏi các tia cực tím độc hại của Mặt trời bằng cách hấp thụ chúng. Không có tầng ozon, tất cả chúng ta sẽ bị ung thư da. “Lỗ thủng” này không hoàn toàn rỗng, mà là vùng khí quyển ở đó nồng độ khí ozon đã giảm xuống đáng kể. Nồng độ này đã không ngừng giảm xuống: năm 1995, nó chỉ còn bằng một nửa của năm 1970.

Vậy tầng ozon đã bị “rách” như thế nào? Một lần nữa hoạt động của con người lại chính là nguyên nhân. Ozon được sinh ra một cách tự nhiên khi các tia cực tím của Mặt trời phá vỡ oxy phân tử ( $O_2$ ) thành hai nguyên tử oxy, các oxy này sau đó kết hợp với một oxy thứ ba. Phân tử ozon khi được hình thành lại một lần nữa bị phá vỡ bởi tia cực tím thành một phân tử oxy ( $O_2$ ) và một nguyên tử oxy (O). Rồi một sự cân bằng được thiết lập giữa các chu trình sinh sản và

phá hủy, duy trì một nồng độ ozon ổn định. Nhưng nếu sự cân bằng này bị phá vỡ bởi các chất lạ, thì sự phá hủy có thể sẽ chiến thắng sự sinh sản - và nồng độ ozon sẽ giảm. Người ta đã nhận ra rằng ozon bị phá hủy nhanh hơn nó được tái tạo nếu xuất hiện brom (phái sinh của các sản phẩm được sử dụng trong các bình cứu hỏa, hay một số sản phẩm khử trùng được sử dụng trong nông nghiệp) và clo (bắt nguồn từ các phân tử phức tạp gọi là "chlorofluorocarbon" - viết tắt là CFC - được sử dụng trong các bình xịt và máy lạnh). Như vậy, mỗi khi bạn sử dụng một bình xịt để nhuộm tóc hay để phun thuốc trừ sâu, là bạn đang góp phần làm giảm tầng ozon đấy.

Sự phá hủy tầng ozon chỉ có thể xảy ra nếu có ánh sáng Mặt trời. Do các vùng cực chìm trong bóng tối trong suốt nửa năm, nên sự suy giảm ozon sẽ lại tái diễn mỗi năm khi Mặt trời xuất hiện, tạo ra một lỗ thủng lan rộng dần. Bên trên Nam cực, lỗ thủng mỗi năm đạt đến kích thước cực đại vào khoảng tháng Mười. Nếu sự tàn phá này xảy ra rõ ràng hơn ở các cực (vì ở đây Mặt trời xuất hiện liên tục trong sáu tháng), thì nó cũng rất có thể xảy ra ở các vĩ độ khác.

Ozon giảm khoảng 3% mỗi năm. Trước vấn đề này, và sau rất nhiều tranh luận gay gắt và căng thẳng giữa các nhà chính trị, khoa học và công nghiệp, Nghị định thư Montreal đã được ký năm 1987, theo đó các nước thành viên cam kết giảm dần việc sử dụng chlorofluorocarbon và các chất tham gia vào sự phá hủy này.

Và từ năm 1995, người ta đã đo được sự sụt giảm rõ rệt của các sản phẩm độc hại này trong khí quyển Trái đất. Sự phá hủy tầng ozon có vẻ như đã bị chặn lại. Nhưng lỗ thủng tầng ozon vẫn chưa được vá lành. Chlorofluorocarbon là các sản phẩm rất bền vững, chính điều này làm cho chúng không bị cháy và cũng không độc hại, và đó cũng là những tính chất được mong muốn cho phép chúng ta xịt chúng lên tóc hoặc cơ thể. Nhưng điều đó cũng có nghĩa là một khi ở đó, chúng sẽ tồn tại trong một thời gian rất dài (từ một đến hai trăm năm) trong khí quyển Trái đất. Như vậy, người ta không thể trông đợi tầng ozon sẽ được vá lành trước cuối thế kỷ XXI.

Vấn đề "lỗ thủng tầng ozon" là một ví dụ điển hình về sự nhận thức của nhân loại. Đó là một tình huống trong đó nhân loại đã kiên quyết giải quyết một vấn đề nghiêm trọng có nguy cơ gây ra một thảm họa toàn cầu, để khắc phục nó trước khi đã quá muộn.

Rất tiếc, điều tương tự đã không xảy ra đối với nhiều vấn đề khác về môi trường toàn cầu đang đe dọa hành tinh chúng ta, như vấn đề nóng lên của Trái đất.

## Lục quang tuyến

Một hiện tượng nổi tiếng gắn liền với cảnh hoàng hôn và thường chứa đựng một chiều kích gần như huyền thoại, thậm chí huyền bí, trong trí tưởng tượng của dân gian, là hiện tượng “lục quang tuyến”. Theo một truyền thuyết xa xưa của Scotland, những người đã nhìn thấy “lục quang tuyến” sẽ không bao giờ lừa dối nhau trong chuyện tình cảm. Đạo diễn người Pháp Éric Rohmer (sinh năm 1920), một người quan sát tinh tế các xúc cảm của trái tim và sự nhầm lẫn về tình cảm của những người đương thời, đã thực hiện cả một bộ phim về chủ đề này. Nhưng chính tiểu thuyết gia người Pháp Jules Verne (1828-1905) mới là người đầu tiên phát lộ lục quang tuyến cho công chúng. Chúng ta hãy cùng nghe Jules Verne mô tả thật trữ tình và đầy thi hứng trong cuốn tiểu thuyết tình yêu *Lục quang tuyến* của ông:

“Bạn đã bao giờ quan sát cảnh Mặt trời lặn trên biển chưa? Rồi! Chắc chắn là thế. Bạn đã theo dõi cho tới lúc Mặt trời sắp lặn hết khi mà phần trên của đĩa Mặt trời chạm nhẹ vào mặt nước chưa? Cũng rất có thể là rồi. Nhưng bạn có thấy cái hiện tượng diễn ra vào đúng lúc Mặt trời chói lọi chiếu tia cuối cùng của nó, nếu bầu trời hoàn toàn trong suốt chưa? Chưa! Có thể lắm. Vậy thì lần đầu tiên khi bạn được chứng kiến - cơ hội rất hiếm khi xuất hiện - sẽ không phải là một tia đỏ chiếu vào vông mạc của bạn như người ta thường nghĩ, mà sẽ là một “lục quang tuyến”, một màu xanh lục tuyệt diệu, mà không một họa sỹ nào có thể tạo ra được trên bảng màu, một màu xanh mà tự nhiên, kể cả trong màu sắc hết sức đa dạng của cỏ cây hoa lá, cũng như trong màu xanh trong vắt của nước biển, cũng không bao giờ tái tạo được sắc thái của nó! Nếu như có màu xanh lục trong

thiên đường, thì đó chắc chắn phải là màu xanh này, một màu xanh đích thực của Hy vọng!”

Có điều lạ là, trước năm 1882, ngày xuất bản tác phẩm của Jules Verne, không một ai biết tới lực quang tuyến, ngoại trừ vài báo cáo hiếm hoi không được công bố. Chẳng hạn, nhà thiên văn người Pháp Camille Flammarion (1842-1925) chỉ nhắc qua đèn lực quang tuyến trong tác phẩm *Khí quyển: Khí tượng học phổ cập* của ông xuất bản năm 1872, dù rằng trong đó ông miêu tả rất chi tiết cảnh Mặt trời lặn và màn đêm buông xuống. Chỉ sau khi Jules Verne “phổ cập hóa” nó thì các quan sát, các bài báo, các luận án và các chuyên luận mới bắt đầu dồn dập xuất hiện. Ngày nay, bản chất của hiện tượng này đã được hiểu rõ. Tuy nhiên vẫn có những trang web riêng dành cho nó.

Theo Jules Verne (và tín ngưỡng dân gian), lực quang tuyến rất hiếm khi xuất hiện. Nữ nhân vật chính của tiểu thuyết, Helena Campbell, đã sử dụng hiện tượng hiếm hoi này để hoãn hôn kẻ cầu hôn nực cười có cái tên kỳ cục là Aristobulus Ursiclos, mà gia đình muốn ép cô: cô nói với người cầu hôn rằng sẽ chỉ chấp nhận làm vợ anh ta sau khi nhìn thấy lực quang tuyến. Trên thực tế, lực quang tuyến không hiếm đến mức như thế: chỉ cần bắt nó ở đúng vị trí và đúng thời điểm. Những điều kiện tốt nhất để quan sát lực quang tuyến: một hoàng hôn có các tông vàng hơn là đỏ, khi bầu trời trong và quang mây, ít bụi và các hạt lơ lửng khác nhau nhất, và trên một chân trời thấp. Vì tia này quan sát được rõ nhất ở nơi thấp, với một chân trời quang mây, nên biển là vị trí lý tưởng để nhìn thấy nó, từ bờ biển hoặc trên cầu tàu.

Lực quang tuyến xuất hiện với các cường độ khác nhau ở mỗi hoàng hôn (hoặc bình minh) của Mặt trời. Khó khăn nằm ở chỗ rình bắt được nó ở đúng thời điểm, vì nó chỉ kéo dài một hoặc hai tíc tắc đồng hồ. Chính sự tồn tại ngắn ngủi này là lý do vì sao rất khó quan sát được lực quang tuyến khi Mặt trời mọc: không thể biết trước vị trí chính xác của các tia nắng đầu tiên lộ ra. Khi mép trên của đĩa Mặt trời xuất hiện trên chân trời, thời điểm mà mắt chúng ta định vi được điểm sáng và quay về phía nó, thì lực quang tuyến đã xuất hiện và biến mất. Cũng không hề dễ chụp được nó lúc hoàng hôn, vì lực quang tuyến xuất hiện vào thời điểm ánh sáng của ban ngày giảm nhanh. Vì lực quang tuyến trải trên một góc khoảng một phút

góc (góc tạo bởi một đồng xu ở khoảng cách 140 m), nên chúng ta có thể quan sát nó bằng mắt thường; ánh sáng của Mặt trời lặn là khá yếu nên không gây bất kỳ nguy hiểm nào đối với mắt của chúng ta.

Nếu Jules Verne đã “phổ cập hóa” lục quang tuyến, thì những giải thích của ông trong cuốn tiểu thuyết thông qua nhân vật kỳ cục Aristobulus Ursiclos lại là sai lầm. Để giải thích màu xanh lục, nhân vật này viện đến hoặc là các tia Mặt trời nhuộm màu của nước - “tia cuối cùng mà Mặt trời phát ra vào thời điểm mép trên của nó chạm nhẹ vào chân trời, nên nếu nó màu xanh lục, thì rất có thể bởi vì, vào thời điểm nó đi ngang qua lớp nước mỏng, nó đã nhuộm màu của nước” -, hoặc là viện đến lý thuyết theo đó màu xanh lục là màu bổ sung của màu đỏ - “trừ phi màu xanh này là nối tiếp tự nhiên màu đỏ của đĩa, biến mất đột ngột, nhưng mắt thường của chúng ta vẫn giữ ấn tượng về nó, bởi vì, trong quang học, màu xanh lục là màu bổ sung của màu đỏ!” Jules Verne đã đề cập lại lý thuyết về màu bổ sung này trong tác phẩm *En Magellanie* viết năm 1897-1898 và xuất bản năm 1908 dưới nhan đề *Những người đắm tàu Jonathan*: “Mặt trời chói lọi vừa tiếp xúc với chân trời. Được mở rộng bởi sự khúc xạ, nó nhanh chóng bị thu lại thành một bán-cầu mà các tia cuối cùng của nó chiếu sáng bầu trời, rồi nó chỉ còn là một cái mép sáng rực sắp chìm xuống mặt nước. Và khi đó nó phát ra cái tia màu xanh lục sáng này, màu bổ sung của màu đỏ đã biến mất.”

Các giải thích trên không đúng. Tuy nhiên, Jules Verne đã tiến rất gần đến lời giải thích đúng: ông đã nhắc đến trong đoạn vừa trích một từ kỳ diệu đó là từ “khúc xạ”, mà không biết rằng chính nó là chìa khóa mở ra bí mật của lục quang tuyến. Khi ánh sáng thay đổi môi trường, chẳng hạn khi nó đi từ không khí vào trong nước biển, quỹ đạo của nó bị lệch hướng: nó đã bị khúc xạ (xem: *Khúc xạ ánh sáng*). Tương tự, ánh sáng Mặt trời cũng bị khúc xạ - quỹ đạo của nó bị bẻ cong - khi nó rời không gian để đi vào khí quyển Trái đất. Chính chiết suất của khí quyển - tỷ số của vận tốc ánh sáng trong chân không và trong khí quyển - quyết định độ cong này.

Vì chiết suất phụ thuộc vào bước sóng, nên mỗi ánh sáng bị lệch hướng theo một góc khác nhau tùy theo màu của nó, hiện tượng mà các nhà vật lý gọi là sự “tán sắc”. Ở gần chân trời, sự tán sắc do khí quyển tạo ra các hình ảnh tách biệt của đĩa Mặt trời đối với mỗi màu.

Những hình ảnh này hơi bị dịch so với nhau theo hướng thẳng đứng. Vì sự khúc xạ lớn hơn ở các bước sóng ngắn, nên hình ảnh tím của Mặt trời nằm cao hơn một chút trong bầu trời so với hình ảnh xanh lam, và hình ảnh màu xanh lam lại cao hơn một so với chút hình ảnh xanh lục, và cứ như vậy cho tới màu đỏ. Vì sự dịch chuyển của mỗi màu là rất nhỏ so với đường kính của Mặt trời, nên các hình ảnh chồng chập lên nhau, ngoại trừ mép trên có màu tím và mép dưới có màu đỏ.

Những tia Mặt trời cuối cùng nhìn thấy được trước khi ngôi sao của chúng ta lặn xuống biên, do đó, phải có màu của mép trên, nghĩa là màu tím. Nói cách khác, chúng ta phải quan sát thấy một tia tím. Vậy thì tại sao lại có cái tia màu xanh lục nổi tiếng quý quái kia?

Ở đây đã có sự can thiệp của sự hấp thụ và tán xạ ánh sáng. Chúng đã lấy đi một số màu của ánh sáng Mặt trời đến với mắt ta. Chẳng hạn, sự hấp thụ bởi hơi nước của khí quyển lấy đi một phần lớn màu vàng và màu cam. Sự khuếch tán bởi các phân tử không khí và các hạt mịn lơ lửng trong khí quyển lấy đi màu xanh lam và màu tím của chùm sáng. Như vậy chỉ còn lại màu xanh lục ở mép trên và màu đỏ ở mép dưới. Khi tất cả đều biến mất dưới chân trời, ngoại trừ mép trên, chúng ta sẽ chỉ còn thấy một tia màu xanh lục. Trong các dịp rất hiếm hoi, khi không khí cực trong và chỉ có rất ít hạt lơ lửng, thì ánh sáng màu xanh lam gần như không bị tán xạ, khi đó chúng ta sẽ thấy một tia màu lam, chứ không phải tia màu lục.

Sự kéo dài của lục quang tuyến phụ thuộc phần lớn vào thời gian mà Mặt trời phải mất để lặn xuống dưới chân trời. Mà bản thân thời gian này lại phụ thuộc vào góc mà dưới nó Mặt trời đi xuống chân trời, và đến lượt mình góc này phụ thuộc vào độ cao của vị trí người ngắm cảnh hoàng hôn. Khoảng thời gian này rất ngắn ở xích đạo, nơi Mặt trời đi xuống vuông góc với chân trời. Khi tôi về Việt Nam, một nước ở gần xích đạo (nằm trong phạm vi từ vĩ tuyến 9 đến 23), tôi luôn ngạc nhiên bởi sự chuyển tiếp quá đột ngột giữa ngày và đêm. Thời gian Mặt trời lặn dài hơn vào mùa hè ở các khu vực cao, vì, tại các vùng này, Mặt trời đi xuống chân trời dưới một góc xiên hơn và lặn xuống chân trời chậm hơn. Ở các vĩ độ của chúng ta, lục quang tuyến có thể kéo dài vài giây. Nếu bạn đến cực Bắc (hoặc cực Nam), trong các vùng cực ở đó Mặt trời mùa hè không bao giờ lặn hoàn toàn (ngày ở đó kéo dài sáu tháng!), Mặt trời của chúng ta quét chân trời

bắc (hoặc nam) và chỉ cho thấy mép trên của mình. Lục quang tuyến vì thế có thể được nhìn thấy trong nhiều phút, thậm chí vài chục phút. Trong chuyến viễn chinh của thống chế Mỹ Richard Byrd (1888-1957) đến Nam cực, năm 1929, lục quang tuyến đã được nhìn thấy một cách dứt quãng giữa các tầng băng trôi, trong khoảng thời gian 35 phút, khi Mặt trời, mọc trở lại sau một đêm dài, quét qua chân trời.

## Lực hấp dẫn

Lực hấp dẫn ngự trị trong thế giới vĩ mô. Đó là thứ “keo dính” của vũ trụ. Nó hút tất cả các vật lại với nhau. Chính nó giữ chúng ta trên Trái đất, giữ Mặt trăng trong quỹ đạo quanh Trái đất, các hành tinh xung quanh Mặt trời, các ngôi sao trong các dải thiên hà, và các thiên hà trong các đám. Không có lực hấp dẫn thì chúng ta sẽ lơ lửng trong không gian. Mặt trăng, các hành tinh và sao sẽ tàn nát về mọi phía trong vũ trụ mênh mông.

Trên Trái đất, lực hấp dẫn làm cho mọi vật rơi từ trên cao xuống thấp. Vào thế kỷ IV ICN, Aristotle đã cho rằng chuyển động thẳng đứng này chỉ đặc trưng cho thế giới không hoàn hảo của Trái đất và Mặt trăng, và rằng thế giới của các hành tinh khác, của Mặt trời và các vì sao, chỉ có những chuyển động tròn hoàn hảo, không bị lực hấp dẫn chi phối. Khái niệm vạn vật hấp dẫn chi phối toàn bộ vũ trụ chỉ xuất hiện với Newton vào thế kỷ XVII: chính cùng một lực hấp dẫn đã quyết định chuyển động rơi của quả táo trong vườn và chuyển động của Mặt trăng quanh Trái đất.

Không gì thoát khỏi sự chi phối của lực hấp dẫn. Tất cả những gì có khối lượng đều phải phục tùng luật của nó. Cường độ của lực hấp dẫn tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai vật: khi tách hai vật ra xa nhau gấp 10 lần thì lực hấp dẫn giữa chúng sẽ giảm 100 lần.

Một điều thật nghịch lý là, lực hấp dẫn có ảnh hưởng khắp nơi là thế nhưng nó lại vô cùng yếu ớt ở những thang nhỏ. Thực tế, lực

hấp dẫn là lực yếu nhất trong bốn lực cơ bản (xem mục từ này) trong tự nhiên. Ở cấp độ các hạt cơ bản, nó đóng một vai trò không đáng kể, trong khi ba lực cơ bản khác - hai lực hạt nhân mạnh và yếu và lực điện từ - điều khiển cuộc chơi. Chẳng hạn, lực hấp dẫn giữa một electron và một proton yếu hơn  $10^{40}$  (sau số 1 là 40 số 0) lần so với lực điện giữa hai hạt này. Nguyên tử hydro, nguyên tố đơn giản nhất và nhẹ nhất trong vũ trụ, gồm một proton và một electron, là cực kỳ nhỏ (đường kính bằng 1 phần trăm triệu centimet) bởi vì lực điện mạnh hút electron đến rất gần của proton. Nhưng ví thử nếu loại bỏ lực điện đi, thì nguyên tử hydro, lúc này chỉ chịu lực hấp dẫn, sẽ phồng ra tới mức choán cả vũ trụ: lực hấp dẫn yếu đến nỗi nó không thể hút được electron ở dưới vài chục tỷ năm ánh sáng khỏi proton!

Cường độ của lực hấp dẫn biến thiên tỷ lệ thuận với tích khối lượng của các vật có liên quan. Cường độ lực hấp dẫn tác dụng giữa proton và electron cũng rất yếu bởi vì khối lượng của electron ( $10^{-27}$ g) và proton vô cùng nhỏ, dù proton nặng hơn electron khoảng 2.000 lần. Ngay cả ở cấp độ các vật trong cuộc sống hằng ngày, lực hấp dẫn cũng không đủ mạnh để chúng ta tác dụng của nó. Toàn bộ lực hấp dẫn của Trái đất (nặng 6.000 tỷ tỷ tấn) tác dụng lên một chiếc đinh nằm trên mặt đất cũng không thể chống lại được lực điện từ của một chiếc nam châm: nam châm dễ dàng hút chiếc đinh và nhấc nó lên khỏi mặt đất. Một người đàn ông nặng 70 kg không hề cảm thấy lực hấp dẫn của người phụ nữ xinh đẹp ngồi đối diện với mình; nếu anh ta cảm thấy bị nàng "hút", thì đó là vì một điều gì đó hoàn toàn khác chứ không phải lực hấp dẫn! Khi bạn đến gần một tòa nhà lớn nặng vài trăm tấn, lực hấp dẫn cũng không khiến bạn bị hút dính vào tường. Để phát hiện được ảnh hưởng hấp dẫn của một ngôi nhà, các nhà vật lý phải chế tạo các dụng cụ cực kỳ tinh vi.

Nhưng đối với các vật nặng hơn hoặc bằng Trái đất, thì lực hấp dẫn sẽ bước lên sân khấu và giành lấy quyền kiểm soát các hoạt động: chính nó giữ chúng ta trên mặt đất và ngăn chúng ta không bị bay vào không trung như các nhà du hành vũ trụ trong phi thuyền không gian. Cũng chính lực này đã gây ra sự quay không ngừng của các hành tinh quanh Mặt trời. Cũng vẫn là nó luôn giữ các sao ở trong Ngân Hà và các thiên hà ở trong các đám. Cuối cùng, cũng chính nó chi phối sự dân nở của vũ trụ. Như vậy, phạm vi tác dụng của lực



hấp dẫn là phạm vi của những cái vô cùng lớn. Bởi vì các khối lượng nhỏ không cho phép lực hấp dẫn thể hiện ảnh hưởng của nó, nên hấp dẫn sẽ áp dụng phương châm: “Liên hợp tạo nên sức mạnh.” Vấn đề ở đây là sự liên hợp các hạt: lực hấp dẫn sẽ tác dụng lên các vật cực lớn và cực nặng, chứa một số rất lớn các hạt. Khối lượng khổng lồ của các thiên thể làm cho lực hấp dẫn trở thành lực thống trị trong vũ trụ. Mặt trời ( $10^{31}$  g), sao (từ  $10^{32}$  đến  $10^{35}$  g), thiên hà ( $10^{41}$  g), cụm thiên hà ( $10^{46}$  g), đám thiên hà ( $10^{49}$  g) và vũ trụ sẽ tạo thành những bậc thang khối lượng tăng dần và một đế chế luôn rộng lớn hơn, nơi lực hấp dẫn thống trị tuyệt đối.

Lực hấp dẫn nhào nặn nên hình học của không gian. Thực vậy, một trong những hệ quả kỳ lạ nhất của thuyết Tương đối của Einstein là toàn bộ khối lượng làm uốn cong không gian ở xung quanh nó. Chẳng hạn, lực hấp dẫn của một lỗ đen (xem mục từ này), kết quả từ cái chết của một ngôi sao nặng, mạnh đến mức không gian xung quanh nó bị bẻ gấp lại, ngăn không cho ánh sáng thoát ra và làm cho “lỗ” có màu đen. Lực hấp dẫn của đám thiên hà uốn cong không gian xung quanh chúng, làm cho ánh sáng của các thiên thể ở xa hơn bị lệch hướng, tạo ra các ảo tượng hấp dẫn. Các đám gây ra những ảo tượng vũ trụ này được gọi là “thấu kính hấp dẫn” (xem mục từ này).

Chính lực hấp dẫn quyết định độ cong của vũ trụ. Số phận của vũ trụ phụ thuộc vào kết quả của cuộc đại chiến giữa các lực đối lập: lực do vụ nổ khởi thủy và do “năng lượng tối” (xem mục từ này) có tác dụng làm dãn nở vũ trụ, và lực hấp dẫn có tác dụng hút mọi vật và do đó chống lại sự dãn nở đó. Nếu lực đầu tiên thắng thế, thì sự dãn nở sẽ là mãi mãi và vũ trụ là “mở”. Độ cong của không gian là âm, như độ cong của một con đèo trên núi hoặc một chiếc yên ngựa. Ngược lại, nếu lực hấp dẫn chiến thắng, vũ trụ là “đóng”: nó sẽ nở ra cho đến khi đạt được một bán kính cực đại, rồi sẽ co sập lại (các thiên hà, thay vì chạy ra xa nhau, sẽ sáp lại gần nhau), và sẽ chết trong nhiệt độ và mật độ cao kinh hoàng của một vụ co lớn (Big Crunch). Trong trường hợp này, độ cong của vũ trụ là “dương” như một mặt cầu. Vũ trụ trung gian giữa vũ trụ mở và vũ trụ đóng là một vũ trụ được gọi là “phẳng”, có độ cong bằng không. Nó sẽ dãn nở mãi mãi.

Cuối cùng, chính lực hấp dẫn đã tiết lộ cho chúng ta sự hiện diện của “vật chất tối” trong vũ trụ, vật chất này đóng góp khoảng 26%

khối lượng và năng lượng của toàn vũ trụ, và không phát ra một dạng bức xạ điện từ nào. Không có lực hấp dẫn của vật chất tối này, các thiên hà và các đám thiên hà không thể còn tồn tại. Có lẽ chúng đã bị tách ra xa nhau từ lâu lắm rồi: các sao có lẽ đã rời khỏi các thiên hà, và các thiên hà rời khỏi các đám của mình. Như vậy lực hấp dẫn, bằng tác dụng của mình, đã cho phép ta “thấy” cái không thể nhìn thấy được.

## Lý thuyết Dây

Chúng ta vẫn chưa biết cách kể lịch sử của vũ trụ tính từ lúc khởi đầu của nó, ở chính cái thời điểm sinh ra không gian và thời gian. Trước mặt chúng ta sừng sững một bức tường ngăn chặn việc tìm hiểu về nguồn gốc đó, mà người ta gọi là bức tường Planck (xem mục từ này). Vật lý hiện nay không còn đúng vững đối với thời gian trước thời gian Planck ( $10^{-43}$  giây) và đối với các kích thước nhỏ hơn chiều dài Planck ( $10^{-33}$  cm). Sở dĩ như vậy là vì chúng ta còn chưa biết thống nhất hai lý thuyết lớn của thế kỷ XX, những hòn đá tảng của vật lý hiện đại: đó là Cơ học lượng tử và thuyết Tương đối. Cơ học lượng tử mô tả những cái vô cùng bé và giải thích hành trạng của các nguyên tử và ánh sáng khi lực hấp dẫn không đóng vai trò quan trọng. Lý thuyết Tương đối mô tả những cái vô cùng lớn và cho phép chúng ta tìm hiểu vũ trụ và các cấu trúc ở thang vũ trụ, khi lực hấp dẫn chi phối cuộc chơi và hai lực hạt nhân và lực điện từ không chiếm mặt trước của sân khấu. Thế nhưng - và đây chính là điểm yếu -, ở thời gian Plank, cái vô cùng lớn lẫn với cái vô cùng bé, bốn lực có vai trò ngang nhau, nhưng chúng ta lại chưa có một lý thuyết “hấp dẫn lượng tử” để thống nhất chúng thành một “lý thuyết của Tất cả”. Lý thuyết này đã trở thành chiếc chén thánh được mong mỏi của vật lý hiện đại. Trong khoa học, thường các khủng hoảng sâu sắc và các vấn đề lớn chưa được giải quyết khiến người ta phải xem xét lại và tạo ra các cuộc cách mạng, khởi phát những thay đổi của cái mà nhà nghiên cứu lịch sử khoa học Thomas Kuhn gọi là những “hình mẫu”. Đầu thế kỷ XXI, có thể chúng ta cũng đang ở trong một bối cảnh lịch sử có khả năng làm đảo lộn vật lý học.

Nhiều lý thuyết đã tìm cách thống nhất lực hấp dẫn với ba lực khác. Một trong những lý thuyết thịnh hành là lý thuyết Dây. Theo lý thuyết này, các hạt cơ bản không phải là hạt điểm, mà là kết quả dao động của các dây vô cùng nhỏ cỡ  $10^{-33}$  cm, chiều dài Planck. Các hạt vật chất và ánh sáng truyền các lực (ví dụ, photon truyền lực điện từ), kết nối các yếu tố của thế giới, làm cho thế giới thay đổi và tiến hóa, chỉ là các biểu hiện khác nhau của dao động của các dây này. Vậy mà, có một bất thường, graviton - hạt truyền lực hấp dẫn - vốn vắng bóng một cách vô vọng trong các lý thuyết thống nhất trước, lại xuất hiện như có phép màu, trong lý thuyết Dây, giữa các biểu hiện này. Sự thống nhất của lực hấp dẫn với ba lực khác như vậy xem ra đã là có thể. Cũng giống như các dây đàn vĩ cầm dao động sinh ra các âm thanh thay đổi theo họa âm của chúng, trong lý thuyết Dây, các âm và các họa âm của các "dây" xuất hiện trong tự nhiên và đối với các dụng cụ của chúng ta dưới dạng các photon, proton, electron, graviton... Như vậy các sợi dây hát và dao động xung quanh chúng ta, và thế giới chỉ là một bản giao hưởng vĩ đại.

Một trong những dấu hiệu phân biệt nhất của lý thuyết Dây là sự cần thiết phải thừa nhận sự tồn tại của các chiều không gian dư trong vũ trụ. Trong phiên bản đơn giản nhất của lý thuyết Dây, các dây này nằm trong một vũ trụ chín chiều không gian, tức là có sáu chiều dư bổ sung. Trong số chín chiều này, lạm phát (xem mục từ này) đã làm dãn nở ba - ngoài chiều thời gian -, tạo ra vũ trụ quen thuộc với chúng ta. Sáu chiều còn lại nhỏ tới mức không thể phát hiện được.

Ngoại trừ các dây, lý thuyết này còn tiên đoán rằng phải tồn tại trong không-thời gian này các trường lực và các mặt gọi là các "brane" (có gốc là từ "membrane" nghĩa là màng). Chính vì thế một phiên bản khác phức tạp hơn của lý thuyết Dây thừa nhận mười chiều không gian (thay vì chín) và như vậy có tổng cộng mười một chiều được biết đến dưới cái tên "Lý thuyết M" (M ở đây ban đầu nghĩa là "membrane"). Các brane có thể có các chiều biến thiên. Chẳng hạn, trong một phiên bản của lý thuyết, vũ trụ của chúng ta là một brane bốn chiều (ba chiều không gian và một chiều thời gian) tồn tại trong một không gian có một chiều lớn hơn, như một lớp nước mỏng hai chiều phủ trên một đại dương ba chiều. Các brane là nơi

trú ngụ của các dây; các dây không thể ở nơi nào tùy thích, mà chỉ ở trên bề mặt của các brane.

Một tiên đoán khác thường khác của lý thuyết Dây: quần thể các hạt trong vũ trụ phải nhiều gấp đôi. Thực vậy, lý thuyết Dây dựa trên ý tưởng của siêu đối xứng (viết tắt là Susy). Susy đã được sáng tạo ra để thống nhất vật chất và ánh sáng. Đó là một nguyên lý đối xứng gắn hai loại hạt khác nhau lại với nhau: các hạt vật chất có spin lẻ ( $1/2, 2/3, \dots$ ), như các quark và các electron, được gọi bằng cái tên chung loại là "fermion", và các hạt có spin chẵn ( $0, 1, \dots$ ) như các hạt ánh sáng (các photon) và các hạt truyền các lực, như các gluon, được gọi bằng cái tên chung loại là "boson". Trong một vũ trụ mà ở đó Susy có thể bộc lộ một cách đầy đủ, mỗi một boson được gắn với một "siêu đối tác" fermion, và mỗi một fermion lại được gắn với một siêu đối tác boson. Như có phép thuật, quần thể các hạt trong vũ trụ được tăng lên gấp đôi. Siêu đối tác là đồng nhất về mọi phương diện với hạt thông thường (cùng khối lượng, cùng điện tích...), chỉ trừ spin là phải luôn luôn khác một giá trị bằng  $1/2$ . Chẳng hạn, siêu đối tác của electron (có spin  $1/2$ ) là "selectron" (các siêu đối tác của các fermion được giữ nguyên tên cũ và chỉ thêm tiền tố "s" vào đằng trước), có spin 0, trong khi siêu đối tác của photon spin 1 là photino (đối với các siêu đối tác của boson, người ta chỉ thêm vào hậu tố "ino" có nghĩa là "nhỏ hơn" trong tiếng Italia, mặc dù một số trong các hạt liên quan không nhỏ hơn như ý nghĩa của hậu tố này), có spin là  $1/2$ . Nhưng vũ trụ dường như không hợp với sơ đồ này. Chúng ta chưa bao giờ nhìn thấy selectron, mặc dù chúng ta đã có các máy gia tốc hạt đủ mạnh để phát hiện ra các khối lượng như thế. Để cứu Susy khỏi nghĩa địa các ý tưởng chết, các nhà vật lý đã phải thừa nhận rằng sự đối xứng giữa các hạt và các siêu đối tác của chúng là không hoàn hảo trong những thứ có liên quan đến khối lượng. Người ta nói rằng đã có các "phá vỡ đối xứng". Chẳng hạn, các hạt và các siêu đối tác của chúng có thể có các khối lượng khác nhau, các hạt đối tác nặng hơn rất nhiều.

Một hậu quả quan trọng khác của sự phá vỡ đối xứng Susy trong lý thuyết Dây: chân không có một năng lượng khác không, vì các hạt và các siêu đối tác của chúng không có chính xác cùng một khối lượng. Các nhà vật lý đã bắt tay tính toán năng lượng này của chân không trong khuôn khổ của lý thuyết Dây với Susy bị phá vỡ.

Câu hỏi đáng giá ngàn vàng là: năng lượng của chân không được tính toán liệu có bằng năng lượng cần thiết để giải thích sự tăng tốc của vũ trụ? Những kết quả đầu tiên cơ ve đang khích lệ. Mặc dù đại đa số các lời giải đưa ra đều cho năng lượng của chân không lớn hơn năng lượng cần thiết, nhưng có một số đã cung cấp các giá trị phù hợp với năng lượng được quan sát. Như vậy là ở đây có một tiến bộ nhất định. Nhưng một vấn đề vẫn còn tồn tại, và rất quan trọng: lý thuyết Dây chấp nhận một số gần như là vô hạn các lời giải khác nhau trong cùng mức mà số lượng lớn các chiều không gian dư cho phép một tập hợp gần như vô hạn các hình học khác nhau của vũ trụ. Trong phiên bản đơn giản nhất của lý thuyết này (với sáu chiều dư), các hình dạng (hay các tôpô) mà mỗi một trong các chiều có thể chấp nhận là rất nhiều - cầu, xuyên, hai xuyên kép, v.v. - điều này dẫn đến một tập hợp gần như là vô hạn các hình học. Các nhà vật lý đã tính toán rằng có một bộ sưu tập khổng lồ gồm khoảng  $10^{500}$  (số 1 đứng trước 500 số 0) vũ trụ khả dĩ! Họ gọi đó là một "đa vũ trụ" (xem mục từ này).

Không chỉ mỗi một trong các cấu hình hình học của các chiều ẩn giấu gán một năng lượng cụ thể cho không gian trống rỗng (nghĩa là hoàn toàn không có vật chất và ánh sáng), mà nó còn cho phép diễn ra các hiện tượng khác nhau trong thế giới vĩ mô được xác định bằng không-thời gian bốn chiều nơi chúng ta đang sống. Trên thực tế, chính cấu hình hình học quyết định bản chất của các hạt và bản chất của các lực có thể tồn tại ở đó. Chẳng hạn, lý thuyết Dây có thể mang lại khả năng tiết lộ cho chúng ta biết tại sao các định luật cơ bản có dạng như vậy. Nó nói với chúng ta rằng các định luật vật lý mà chúng ta quan sát thấy trong thế giới vĩ mô không gì khác hơn là hệ quả của các chiều bổ sung bị che giấu. Điều này liệu có nghĩa là rốt cuộc chúng ta rồi sẽ hiểu được tại sao thế giới lại như nó vốn thế, và rằng sự cáo chung của vật lý đã cận kề? Hoàn toàn không!

Hiện nay, lý thuyết Dây đang có một khiếm khuyết nghiêm trọng nhất trong khoa học: nó chưa bao giờ được kiểm chứng bằng thực nghiệm. Với tư cách là một lý thuyết khoa học chưa được kiểm chứng bằng quan sát, chúng ta không thể biết rằng liệu nó có đúng hay không, có phù hợp với tự nhiên hay không, hay nó chỉ là một sản phẩm của trí tưởng tượng hết sức phong phú của các nhà vật lý, và

không có bất kỳ mối quan hệ nào với thực tại ca. Không được kiểm chứng bằng thực nghiệm, vật lý học sớm muộn gì cũng sẽ rơi vào siêu hình. LHC (*Large Hadron Collider*, Máy va chạm lớn các hadron) ở CERN, Thụy Sĩ được đưa vào hoạt động năm 2009 đã tạo ra những hy vọng to lớn. Một số khía cạnh của lý thuyết, như Susy, cuối cùng rồi sẽ được kiểm chứng. Các nhà vật lý nghĩ rằng khối lượng của các hạt siêu đối tác là lớn hơn khối lượng của electron vài triệu lần. Thế nhưng, một khối lượng lớn sẽ tương ứng với một năng lượng lớn, theo công thức nổi tiếng của Einstein,  $E = mc^2$ . LHC có thể đạt đến các năng lượng cực cao ứng với khối lượng được dự báo của hàng trăm trong số các hạt siêu đối tác này. Vậy các hạt siêu đối xứng này liệu rốt cuộc có được LHC phát hiện? Vụ việc còn cần được theo dõi...

Nhưng ngay cả khi lý thuyết Dây một ngày nào đó được kiểm chứng và nếu chúng ta hiểu được các dạng thức được khoắc bởi các định luật vật lý, thì đó mới chỉ là đẩy lùi xa hơn một chút các nghi vấn tối hậu. Thực tế, các câu hỏi mới vẫn sẽ được đặt ra: trong số  $10^{500}$  khả năng của đa vũ trụ, tại sao vũ trụ chúng ta lại chọn cấu hình hình học và năng lượng của chân không đặc trưng cho nó? Thế các cấu hình khác thì sao?

Để trả lời cho các câu hỏi này, nhà vật lý người Mỹ Steven Weinberg đã đưa ra một lập luận thuộc loại "vị nhân" (xem: *Nguyên lý Vị nhân*) nói rằng các tính chất của vũ trụ phải tương thích với sự tồn tại của chúng ta. Chính xác như sự sống con người đã không thể xuất hiện trên các bề mặt nóng bỏng của Thủy tinh và Kim tinh, cũng như không thể trên các bề mặt khí của Mộc tinh và Thổ tinh, nó cũng không thể xuất hiện trong một vũ trụ có năng lượng của chân không quá dương. Lực hấp dẫn đẩy của nó sẽ gây ra một sự giãn nở dữ dội tới mức không một vật chất nào có thể kết tụ lại được với nhau để tạo thành sao, sinh ra các nguyên tố nặng cần thiết cho sự sống và ý thức. Tương tự, sự sống và ý thức không thể xuất hiện trong một vũ trụ có năng lượng chân không quá âm. Lực hấp dẫn hút khổng lồ của nó sẽ gây ra một sự co sập của vũ trụ thành một vụ co lớn, sau một thời kỳ tương đối ngắn, và điều này cũng ngăn cản sự hình thành của các sao và các nguyên tố nặng cần thiết cho sự xuất hiện của sự sống và ý thức. Vũ trụ chỉ có thể đón tiếp sự sống và ý thức nếu năng lượng của chân không chỉ nhỏ hơn zero một chút. Trong số  $10^{500}$  vũ trụ khả dĩ, chỉ có

duy nhất vũ trụ của chúng ta có các điều kiện cần thiết. Và chính vì thế mà chúng ta đã co mặt ở đây đề đặt ra những câu hỏi về nó. Tất cả các vũ trụ khác đều là vô sinh, không hề có sự sống và ý thức.

## Lý thuyết thống nhất

Đầu thế kỷ XXI, có hai lý thuyết lớn tạo thành trụ cột của vật lý hiện đại. Lý thuyết thứ nhất là Cơ học lượng tử (*xem mục từ này*) mô tả thế giới của các nguyên tử và ánh sáng, nơi mà hai lực hạt nhân mạnh và yếu cùng với lực điện từ (*xem: Các lực cơ bản*) điều khiển cuộc chơi và lực hấp dẫn đóng vai trò không đáng kể. Lý thuyết thứ hai là thuyết Tương đối (*xem mục từ này*), giải thích các tính chất của vũ trụ ở thang lớn, thang của các thiên hà, sao và hành tinh, nơi mà lực hấp dẫn chiếm mặt tiền của sân khấu trong khi các lực hạt nhân và lực điện từ không còn đóng vai trò hàng đầu nữa. Hai lý thuyết lớn này, đã được kiểm chứng nhiều lần bởi rất nhiều đo đạc và quan sát, vận hành hết sức tốt chừng nào chúng còn tách rời nhau và giới hạn ở lĩnh vực riêng của mình. Nhưng vật lý học sẽ lung lay và mất chỗ đứng khi lực hấp dẫn, bình thường vốn là không đáng kể ở thang dưới nguyên tử, trở nên lớn ngang bằng ba lực kia. Thế nhưng, đó lại chính là điều đã xảy ra ở các khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ, khi mà cái vô cùng bé đẻ ra cái vô cùng lớn. Để hiểu nguồn gốc của vũ trụ và do đó nguồn gốc của chính chúng ta, cần phải có một lý thuyết vật lý thống nhất Cơ học lượng tử và thuyết Tương đối, một lý thuyết “hấp dẫn lượng tử” có khả năng mô tả được tình huống ở đó bốn lực cơ bản có ảnh hưởng ngang bằng nhau.

Sự thống nhất nay không hề dễ dàng, vì giữa Cơ học lượng tử và thuyết Tương đối rộng tồn tại một sự không tương thích rất cơ bản liên quan đến bản chất của không gian. Theo thuyết Tương đối, không gian ở thang lớn nơi triển khai các thiên hà và các vì sao là yên tĩnh và trơn nhẵn, hoàn toàn không có những thăng giáng hay sần sùi. Trái lại, không gian ở thang dưới nguyên tử của Cơ học lượng tử

là tất cả trừ trơn nhẵn. Do sự mờ nhòe của năng lượng, nó trở thành một dạng bọt lượng tử có các hình dạng liên tục thay đổi, chứa đầy các lượn sóng và những ghồ ghề bất thường xuất hiện và biến mất đây đó theo các chu kỳ vô cùng ngắn ngủi. Độ cong và topology của bọt lượng tử này là hỗn độn và chỉ có thể được mô tả bằng xác suất. Cũng giống như một bức tranh điểm họa của Seurat được tách ra thành hàng hà sa số các chấm đa sắc khi người ta nhìn gần, không gian tự tan thành vô số các thăng giáng khi người ta dò xét nó ở thang dưới nguyên tử. Sự không tương thích rất cơ bản giữa hai lý thuyết về bản chất của không gian khiến cho chúng ta không thể ngoại suy các định luật của thuyết Tương đối cho tới “thời gian zero” của vũ trụ, khi không gian và thời gian được tạo ra. Một bức tường nhận thức đã được dựng lên để cản đường chúng ta. Người ta gọi đó là “bức tường Planck” (xem mục từ này), theo tên của nhà vật lý người Đức Max Planck, người đầu tiên nghĩ đến vấn đề này. Các định luật của thuyết Tương đối cũng không còn đứng vững nữa ở thời gian vô cùng nhỏ  $10^{-43}$  giây sau Big Bang, tức thời gian Planck.

Bị đặt trước thách thức, các nhà vật lý đã kiên trì khoan thủng bức tường Planck. Họ đã có những nỗ lực phi thường để xây dựng cái mà người ta gọi có lẽ hơi quá cường điệu là một “lý thuyết của Tất cả” (hay lý thuyết của vạn vật) thống nhất Cơ học lượng tử và thuyết Tương đối, cũng như bốn lực của tự nhiên, thành một “siêu lực” duy nhất. Nhiều giai đoạn quan trọng đã được vượt qua. Năm 1967, hai nhà vật lý người Mỹ là Steven Weinberg (sinh năm 1933) và Sheldon Glashow (sinh năm 1932), và nhà vật lý Pakistan là Abdus Salam (1926-1996) đã thống nhất được các lực điện từ và hạt nhân yếu thành lực điện yếu. Các hạt W và Z được lý thuyết của họ tiên đoán để truyền lực điện yếu này đã được phát hiện trong máy gia tốc hạt của CERN, và ba nhà vật lý trên đã được trao giải Nobel về vật lý năm 1979. Các lý thuyết “thống nhất lớn” cũng đã được khởi thảo để thống nhất lực hạt nhân mạnh với lực điện yếu. Hiện chúng vẫn chưa được kiểm chứng bằng thực nghiệm, vì các máy gia tốc hiện nay vẫn chưa thể đạt tới năng lượng mà ở đó diễn ra sự đại thống nhất này. Trong suốt một thời gian dài, lực hấp dẫn vẫn ngoan cố không chịu hợp nhất với các lực khác. Chỉ với sự lên ngôi của lý thuyết Dây (xem mục từ này), vào năm 1984, thì lực hấp dẫn dường như mới chịu khuất phục.



**M**

## **MACHO và vật chất thông thường**

Chúng ta đã biết rằng vật chất thông thường, vật chất của cuộc sống hằng ngày, được tạo bởi các proton, neutron và electron, chiếm 4% tổng lượng của vũ trụ. Thế nhưng, vật chất sáng có trong các sao và các thiên hà chỉ đóng góp vào đó 0,5%. Vậy 3,5% còn lại trốn đi đâu?

Các nhà vật lý thiên văn đã muốn tìm hiểu xem liệu vật chất tối thông thường có ẩn mình dưới dạng các sao nằm trong các quầng thiên hà, nhưng bức xạ yếu tới mức không thể nhận biết được: các sao lùn đỏ (nhiệt độ bề mặt của các ngôi sao rất nhẹ này là rất thấp, làm cho nó có màu đỏ), các sao lùn trắng (xác chết của các sao bức xạ rất yếu) hoặc các sao lùn nâu (*xem các mục từ tương ứng*) - trên thực tế, là tất cả những đối tượng hầu như không phát ra ánh sáng nhìn thấy được. Các sao lùn nâu là các sao "bị chột". Chúng không đủ nặng (khối lượng của chúng thấp hơn 8% khối lượng Mặt trời, hay 80 lần khối lượng Mộc tinh) và lõi của chúng không được nén đủ để nhiệt độ ở trung tâm đạt đến được 10 triệu độ cần thiết để khởi phát các phản ứng hạt nhân và biến một khối cầu khí thành sao. Các nhà vật lý thiên văn đã gọi một cách hài hước các sao lùn đỏ, trắng và nâu này bằng một tên chung là **MACHO** (viết tắt của cụm từ tiếng Anh *Massive Compact Halo Objects*, hay "các đối tượng nặng compact của quầng"), để liên tưởng tới các **WIMP** (những "anh chàng béo bệu" - *xem mục từ này*).

Nhưng làm sao phát hiện được những đối tượng này nếu như chúng gần như không bức xạ? Hiện tượng thấu kính hấp dẫn (*xem mục từ này*) đã có đóng góp: tự bản thân **MACHO** là không nhìn thấy được, nhưng khi nó đi qua trước một ngôi sao của quầng, tác dụng thấu kính của nó (các nhà thiên văn học gọi đây là "hiệu ứng vi thấu kính", do kích thước cực kỳ nhỏ gọn của **MACHO**) làm cho độ sáng của ngôi sao tăng lên trong một khoảng thời gian rất ngắn. Tùy thuộc

vào khối lượng, khoảng cách và vận tốc của *MACHO* mà độ sáng của ngôi sao có thể tăng lên từ 2 đến 5 lần trong khoảng thời gian vài ba tuần. Ở mỗi thời điểm, xác suất để có một sự thăng hàng như vậy chỉ là một phần triệu. Nhưng nếu người ta quan sát hàng triệu ngôi sao cùng một lúc, thì một sự kiện như thế sẽ là phát hiện được. Thực tế, nhờ lòng kiên nhẫn, nhờ có các kính thiên văn tự động và các máy tính rất mạnh để xử lý thông tin, các nhà vật lý thiên văn đã theo dõi độ sáng của hàng triệu ngôi sao trong Đám mây Magellan Lớn, một thiên hà lùn là vệ tinh của Ngân Hà, trong suốt bảy năm ròng. Nhưng, thật đáng thất vọng, công việc của họ đã chỉ được đền đáp bằng một tài liệu sơ sài gồm mười hai sự kiện vì thấu kính. Một con số quá nhỏ để có thể coi *MACHO* là bộ phận cấu thành chính của vật chất tối của các thiên hà.

Cái nhìn của các nhà thiên văn cũng đã hướng đến không gian giữa các thiên hà. Họ đã phát hiện ra rằng không gian này không trống rỗng như người ta lầm tưởng. Thật vậy, nhờ các kính thiên văn tia X được phóng lên trên bầu khí quyển Trái đất, họ đã phát hiện ra trong không gian giữa các thiên hà liên kết với nhau thành cụm (các ngôi làng của vũ trụ), khí được đốt nóng lên đến các nhiệt độ khoảng một triệu độ, phát ra rất nhiều bức xạ tia X. Các đám thiên hà (các thành phố tinh lị của vũ trụ) cũng không ngồi yên. Không gian giữa các thiên hà thuộc các đám chứa đầy khí còn nóng hơn nữa, với các nhiệt độ lên tới từ 10 đến 100 triệu độ và bức xạ vô cùng nhiều bức xạ tia X. Người ta cho rằng khí này đã được bắn ra từ các thiên hà tại các tai nạn giao thông trong vùng không gian tương đối chật chội của các cụm và các đám thiên hà, và rằng chính các sóng xung kích phát ra từ các vụ va chạm dữ dội này của các thiên hà đã làm cho khí nóng lên tới các nhiệt độ cao đến như thế.

Ở bên ngoài các cụm và các đám thiên hà, cũng tồn tại trong không gian giữa các thiên hà rất nhiều đám mây hydro và heli lạnh hơn nhiều (cỡ khoảng  $-270^{\circ}\text{C}$ ). Các đám mây này thể hiện sự hiện diện của chúng bằng cách hấp thụ ánh sáng của các quasar xa xôi.

Bằng cách cộng toàn bộ khí có trong các cụm và các đám thiên hà cùng với khí lạnh có trong không gian giữa các thiên hà lại, chúng ta thu được một tổng số khoảng vài phần trăm tổng lượng vật chất của vũ trụ, điều này có vẻ như giải thích được 3,5% vật chất tối bị

thiếu. Như vậy vật chất tối thông thường không cấu thành chủ yếu từ các *MACIO*, mà từ khí giữa các thiên hà.

## Màu sắc

Chúng ta đang sống giữa một lễ hội các màu sắc. Hoa hồng và hoa tulip làm chúng ta thích thú bởi màu sắc sống động của chúng. Màu xanh của lá làm tâm hồn chúng ta dịu mát. Màu ngọc lam quanh cổ phụ nữ khiến chúng ta say lòng. Những sắc màu tinh tế trong bức *Hoa Súng* của Monet khiến chúng ta biết bao rung cảm. Ấy vậy nhưng việc hiểu chúng không hề hiển nhiên chút nào. Trên thực tế, chúng ta tiếp xúc thì giác với tất cả những gì bao quanh chúng ta thông qua trò chơi giữa ánh sáng và vật chất. Ban ngày, một phần lớn trải nghiệm về màu sắc của chúng ta đến từ sự phản xạ ánh sáng Mặt trời trên các đồ vật của cuộc sống hằng ngày. Nhưng ánh sáng Mặt trời là màu trắng. Vậy tại sao hoa hồng lại có màu hồng, phần lại màu trắng? Tại sao các vật của cuộc sống hằng ngày lại trình hiện trước mắt chúng ta dưới các màu sắc khác nhau?

Câu trả lời nằm trong các mức năng lượng gián đoạn của các nguyên tử cấu thành nên vật chất. Thế giới trình hiện trước mắt ta có màu trắng nếu các vật bằng lòng phản ánh một cách thụ động màu trắng của ánh sáng Mặt trời. Thế nhưng thực tế lại không phải như vậy. Ánh sáng Mặt trời tương tác với các nguyên tử của vật được chiếu sáng và do đó nó bị thay đổi.

Trước hết cần phải nhớ lại rằng Newton đã chứng tỏ bằng chiếc lăng kính của mình rằng ánh sáng trắng không phải là không chia tách được, mà nó là một tập hợp các màu theo trật tự giảm dần năng lượng của các hạt ánh sáng theo trình tự đỏ cam, vàng, lục, lam, chàm và tím. Một số các màu này bị các nguyên tử của vật được chiếu sáng hấp thụ. Chẳng hạn, hoa hồng hấp thụ ánh sáng màu lam và màu tím; nó chỉ phản xạ màu đỏ, màu này hòa lẫn với màu trắng để ban tặng cho chúng ta màu hồng đẹp mắt. Vậy tại sao các cánh hoa hồng lại thích màu lam và màu tím hơn? Đó là do các mức năng lượng

của các nguyên tử và các phân tử cấu thành cánh hoa hồng. Để một nguyên tử hay phân tử có thể hấp thụ ánh sáng nào đó, thì nó cần phải có các mức năng lượng được phân bố sao cho hiệu năng lượng của chúng chính xác bằng năng lượng của hạt ánh sáng có một màu nào đó. Khi một hạt ánh sáng bị hấp thụ, electron thực hiện một cú nhảy lượng tử từ một mức năng lượng thấp sang một mức năng lượng cao hơn, năng lượng của ánh sáng bị hấp thụ vì thế bằng hiệu năng lượng giữa hai mức này. Thế mà, một số mức năng lượng trong các nguyên tử của hoa hồng được phân bố sao cho hiệu năng lượng của chúng tương ứng chính xác với năng lượng của các màu lam và tím. Chính vì thế mà các màu này bị hấp thụ. Ngược lại, không tồn tại các mức năng lượng mà hiệu của chúng tương ứng với năng lượng của màu đỏ, và do đó màu đỏ không bị hấp thụ - điều này làm cho hoa hồng có màu hồng.

Về phần mình, các mức năng lượng của các phân tử diệp lục của lá cây được phân bố một cách sao cho chúng có thể hấp thụ màu đỏ và màu lam, nhưng không hấp thụ màu lục, khiến cho rừng cây làm cho chúng ta thích thú bởi bộ lá xanh bạt ngàn của nó. Tương tự, phấn có màu trắng bởi vì nó được cấu thành từ các phân tử mà các mức năng lượng của chúng được phân bố sao cho chúng không thể hấp thụ bất kỳ năng lượng nào trong số các năng lượng của các màu cầu vồng. Tất cả các màu của ánh sáng ban ngày đều bị phản xạ, vì vậy phấn và các bức tường quét vôi đều trình hiện trước mắt chúng ta có màu trắng.

Sở dĩ chúng ta đã thoát khỏi thế giới ảm đạm nơi vắng bóng những cánh bướm sặc sỡ hay những quả táo đỏ tím và cam của Cézane, thì đó là nhờ sự gián đoạn của các mức năng lượng đặc trưng cho vật chất và ánh sáng, và nhờ sự đa dạng tuyệt vời của cấu trúc các nguyên tử và phân tử cấu thành thực tại.

## Mặt khuất của Mặt trăng

Mặt trăng thường làm ra vẻ bí mật với chúng ta. Nó giấu chúng ta một nửa bề mặt của nó bằng cách luôn quay một mặt về phía những người trên Trái đất chúng ta. Từ Trái đất, chúng ta vĩnh viễn sẽ chỉ nhìn thấy một nửa của nó. Tuy nhiên, Mặt trăng không đứng im; nó quay quanh mình nó trong chu kỳ chu du mỗi vòng mất gần một tháng quanh Trái đất. Lẽ ra nó phải cho chúng ta thấy toàn bộ bề mặt của nó. Vậy thì nó đã chơi trò ảo thuật này bằng cách nào mà chỉ cho chúng ta nhìn thấy một nửa của nó? Câu trả lời ở đây là nó đồng bộ chuyển động quay của mình với chuyển động trên quỹ đạo của nó xung quanh Trái đất: nó đã mất chính xác cùng một thời gian (29,5 ngày) để hoàn thành cả hai chuyển động đó.

Sự đồng bộ này là rất quan trọng ở đây. Để tin vào điều đó, bạn hãy thử làm một thí nghiệm sau: hãy đặt một người ngồi trên ghế, rồi đi một vòng quanh anh ta nhưng luôn đảm bảo để anh ta giữ cái nhìn cố định và bạn không bao giờ quay lưng lại anh ta. Bạn sẽ nhận thấy rằng chỉ có thể làm điều đó nếu như bạn cũng đồng thời quay cơ thể bạn sao cho khi bạn quay quanh mình được đúng một vòng thì cũng chính xác là lúc bạn đi được trọn một vòng xung quanh chiếc ghế.

Việc thực hiện đồng bộ hóa hai chuyển động một cách hoàn hảo như vậy của Mặt trăng không phải chuyện ngẫu nhiên. Nó là do các lực hấp dẫn mà Trái đất tác dụng lên Mặt trăng. Thực vậy, nếu, bằng lực hấp dẫn của mình, Mặt trăng là thủ phạm gây ra thủy triều của các đại dương trên Trái đất, thì Trái đất cũng không chịu nằm ngoài cuộc chơi. Trong một chừng mực nào đó, nó ăn miếng trả miếng đối với Mặt trăng, nhưng theo tỷ lệ lớn hơn vì lực hấp dẫn biến thiên theo khối lượng, mà Trái đất nặng hơn Mặt trăng tới 80 lần. Do Mặt trăng không có các đại dương, nên lực hấp dẫn của Trái đất có tác dụng nâng bề mặt bằng đá của Mặt trăng lên và điều này làm cho Mặt trăng không có dạng cầu hoàn hảo. Đường kính của nó ở xích đạo lớn hơn từ 2 - 3 km so với đường kính trung bình (3.476 km). Đồng thời với việc nâng lên và làm biến dạng bề mặt của Mặt trăng, các lực thủy triều mà Trái đất tác dụng lên Mặt trăng còn có tác dụng làm kìm hãm chuyển động quay của nó (cách đây vài tỷ năm Mặt

trăng quay quanh mình nó nhanh hơn), buộc nó phải đồng bộ hóa chuyển động quay với chính chuyển động trên quỹ đạo quanh Trái đất. Điều này giải thích tại sao Mặt trăng chỉ trình hiện một nửa bề mặt của nó trước sự tò mò của những người trên Trái đất.

Nửa bị che khuất của Mặt trăng đối với chúng ta chỉ có thể tiếp cận được từ những năm 1960, khi con tàu thăm dò nhân tạo đầu tiên là *Lunar Orbiter* cuối cùng cũng đã khám phá được bí mật của bộ mặt bị che giấu này của Mặt trăng. Một sự bất ngờ đã chờ đợi những người quan sát: khung cảnh mà họ phát hiện ra không hoàn toàn giống khung cảnh của bề mặt quay về phía Trái đất; trong khi người ta chờ đợi sẽ được nhìn thấy những cái hồ hình phễu giống như miệng núi lửa ngăn cách nhau bởi các biên dung nham hóa rắn lớn, thì bề mặt bị che khuất của Mặt trăng lại chỉ cho thấy một mớ lộn xộn các hố đang miệng núi lửa, nhân chứng câm lặng của thời kỳ Mặt trăng bị bắn phá bởi các tiểu hành tinh trong giai đoạn hình thành Hệ Mặt trời, cách đây 4,5 tỷ năm. Tại sao ở đây lại không có các biên dung nham hóa rắn này? Các nhà thiên văn cho rằng vỏ của Mặt trăng ở bề mặt bị che khuất dày hơn, tới mức các thiên thạch đập vào nó bị vỡ vụn chứ không thể khoan thủng được, nên dung nham ở bên trong Mặt trăng trẻ không trào được lên bề mặt của nó.

## Mặt trăng, con đẻ của Trái đất

Mặt trăng được sinh ra từ Trái đất. Người ta cho rằng chính cú va chạm khủng khiếp của một tiểu hành tinh diên rồ với hành tinh của chúng ta đã làm bứt ra từ đó một phần mà tạo nên Mặt trăng - và như vậy nó chính là thủ phạm đã sinh ra vệ tinh của chúng ta.

Trên thực tế, Trái đất-Mặt trăng là một cặp rất đặc biệt. Mặt trăng quá lớn đối với Trái đất. Trong số các hành tinh kiểu Trái đất, thì chỉ duy nhất Trái đất là có một vệ tinh lớn như thế: đường kính của Mặt trăng (3.400 km) gần bằng một phần tư đường kính của Trái đất (12.700 km). Thủy tinh và Kim tinh không có vệ tinh. Hỏa tinh có

hai vệ tinh có kích thước rất nhỏ là Phobos và Deimos, vốn không gì khác hơn là hai tiểu hành tinh lớn (đường kính lần lượt là 28 và 16 km). Tất nhiên, Mộc tinh, Thổ tinh, Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh có các vệ tinh có khối lượng so được với Mặt trăng, nhưng các hành tinh khổng lồ này có khối lượng lần lượt lớn hơn Trái đất tới 318, 95 và 17 lần. Một sự kiện khác gây bối rối: Mặt trăng có một mật độ trung bình thấp hơn mật độ của Trái đất (3,3 thay vì 5,5 lần mật độ của nước). Sự chênh lệch này là do hành tinh của chúng ta có một lõi sắt, trong khi Mặt trăng thì không có. Nhưng, có một sự trùng hợp cực kỳ thú vị, đó là mật độ của Mặt trăng đúng bằng mật độ của đá granit của vỏ Trái đất. Liệu có một mối liên hệ giữa vỏ Trái đất và Mặt trăng không?

Dấu hiệu thứ ba: 382 kg đá lấy ở sáu địa điểm khác nhau trên Mặt trăng và được mang về Trái đất trong thời kỳ 1969-1972 bởi Neil Armstrong (sinh năm 1930) và 11 nhà du hành vũ trụ khác của chương trình *Appollo* từng đặt chân lên Mặt trăng, nói với chúng ta rằng vật liệu trên bề mặt Mặt trăng là cực kỳ khô. Không có một dấu vết của phân tử nước nào, ngược lại với các núi đá trên Trái đất vốn, ngay cả trong các sa mạc khô cằn nhất, cũng chứa nước.

Một khác biệt biệt nơi khác: so với đá cuội trên Trái đất, đá trên Mặt trăng không có các thành phần dễ bay hơi (tức bay hơi ở các nhiệt độ tương đối thấp), như kali, natri, nhưng chứa nhiều nguyên tố chịu nhiệt hơn (tan và bốc hơi ở các nhiệt độ cao hơn), như canxi và nhôm. Cấu tạo này gợi ý rằng Mặt trăng, khi sinh ra, được tạo bởi một vật liệu nóng ở một nhiệt độ cao hơn (hơn 1.000°C) so với vật liệu trên Trái đất. Các nguyên tố dễ bay hơi đã bay vào không gian, để lại Mặt trăng giàu các nguyên tố chịu nhiệt hơn.

Giống như Sherlock Holmes tập hợp các dấu hiệu có ý nghĩa nhất của vụ án thành một kịch bản có kết cấu chặt chẽ để tìm ra thủ phạm, nhà thiên văn phải xây dựng một lý thuyết tính đến các đặc tính quan sát được để giải thích Mặt trăng đã được sinh ra như thế nào. Lý thuyết thịnh hành nhất hiện nay là thuyết "Va chạm Lớn". Theo lý thuyết này, Mặt trăng được sinh ra từ Trái đất vào thời kỳ đại bắn phá của Hệ Mặt trời, sau sự ra đời của Mặt trời, cách đây 4,55 tỷ năm. Kịch bản diễn ra như sau: thông qua trò kết tu các vật liệu cấu thành hành tinh (xem mục từ này), các hành tinh được hình thành;



trong vòng hàng trăm triệu năm sau đó, các thiên thạch lớn được gọi là tiểu hành tinh chuyển động trong Hệ Mặt trời như mắc cui theo mọi hướng, với tốc độ hàng chục km/s. Thi thoảng giữa các hành tinh và các tiểu hành tinh lại xảy ra những cú va chạm dữ dội không sao tưởng tượng nổi, phóng các chùm vật chất vào không gian. Chẳng hạn, một va chạm kinh hoàng của một trong các tiểu hành tinh điển rồ này với Trái đất đã làm cho Trái đất bị nghiêng đi, và chính cái trục quay của Trái đất bị nghiêng đi này đã ban tặng cho chúng ta vòng quay của các mùa. Và cũng chính một trong các va chạm dữ dội này đã bứt Mặt trăng ra khỏi vỏ Trái đất. Một tiểu hành tinh đá khổng lồ có kích thước bằng Hỏa tinh và có khối lượng bằng khoảng một phần mười Trái đất đã đâm vào Trái đất. Dưới tác động của vụ va chạm dữ dội này, các khối vật chất tách ra đồng thời từ Trái đất và tiểu hành tinh khổng lồ phóng vào không gian. Một phần lớn năng lượng kinh hoàng của vụ va chạm được chuyển hóa thành nhiệt làm hóa lỏng và bốc hơi vật chất bị phóng ra. Nước và các nguyên tố dễ bay hơi đã bốc hơi và mất hút trong không gian. Phần vật chất phóng ra không bị bốc hơi chủ yếu cấu thành từ các nguyên tố chịu nhiệt. Phần này kết hợp lại với nhau để tạo thành Mặt trăng nghèo các nguyên tố dễ bay hơi và giàu các nguyên tố chịu nhiệt.

Lý thuyết về vụ va chạm khổng lồ này còn giải thích được nhiều sự kiện khác. Mặt trăng có một mật độ đúng bằng mật độ của vỏ Trái đất, bởi vì nó đã được tách ra từ vỏ Trái đất. Lõi của Mặt trăng rất nghèo sắt, vì phần trung tâm của tiểu hành tinh va chạm giàu sắt đã sáp nhập vào Trái đất.

Sức mạnh của các máy tính hiện đại đã cho phép kiểm chứng khả năng có thể chấp nhận được của một kịch bản như thế. Trong cách nhìn này, người ta hiểu được rằng Trái đất là hành tinh duy nhất trong bốn hành tinh bên trong có một Mặt trăng lớn, vì ngẫu nhiên đã làm cho nó là hành tinh duy nhất chịu một va chạm khủng khiếp với một tiểu hành tinh lớn đến thế. Và lại, tiểu hành tinh này cũng rất có thể đã phá tan hành tinh yểu quý của chúng ta thành hàng nghìn mảnh nếu như nó nặng hơn một chút. Nếu ngẫu nhiên làm cho nó nặng hơn một chút, thì Trái đất sẽ không tồn tại và chúng ta sẽ không có mặt ở đây để nói về nó! Một sự kiện ngẫu nhiên như vậy là thú phạm không chỉ của “ánh trăng huyền ảo” từng khơi nguồn cảm

hứng cho các nhà thơ, từng buông xuống các đôi tình nhân vào các đêm trăng tròn, mà còn của cả các cơn thủy triều lên xuống. Vì chính Mặt trăng, bằng ảnh hưởng hấp dẫn mà nó tác động lên Trái đất, đã làm nước ở các đại dương dâng lên, gây ra thủy triều.

Nhưng Mặt trăng đóng một vai trò còn quan trọng hơn: nó có tác dụng làm ổn định trục quay của Trái đất, cho phép đánh thức sự sống trên hành tinh xanh của chúng ta. Thực vậy, nếu Mặt trăng không hiện diện, thì trục này sẽ hành xử một cách hoàn toàn hỗn độn, đi từ một vị trí vuông góc với mặt phẳng Hoàng đạo cho tới gần như nằm nghiêng trong mặt phẳng này (nghiêng tới  $85^\circ$ ). Điều đó sẽ dẫn tới những thay đổi khí hậu cực đoan thành linh rơi xuống đầu chúng ta - một hành trạng hỗn độn không dự báo được -, và sự sống khi đó sẽ rất khó có thể phát triển được. Một lần nữa, ở đây ngẫu nhiên đóng vai trò cơ bản trong sự nhào nặn nên thực tại. Một va chạm ngẫu nhiên của một tiểu hành tinh với Trái đất, đẻ ra Mặt trăng, đã cho phép sự sống xuất hiện!



## Mặt trăng đang rời xa Trái đất

Nếu Mặt trăng làm dâng nước biển trên Trái đất bởi các lực thủy triều mà nó tác dụng lên hành tinh của chúng ta, thì hành tinh của chúng ta cũng không chịu ngồi yên. Trái đất cũng tác dụng các lực thủy triều lên bề mặt đá của Mặt trăng, và, khi làm như vậy, nó có tác

dụng hãm chuyển động quay của Mặt trăng quanh mình nó. Bằng chứng sống của lực hãm này là một sinh vật biển có cái tên rất đẹp là “ốc anh vũ”. Loài nhuyễn thể này nổi tiếng vì vẻ đẹp của vỏ hình xoắn ốc hoàn hảo của nó. Vỏ này được chia làm nhiều khoang bằng các vách ngăn ngang. Con ốc không chiếm chỗ trong toàn bộ vỏ ốc mà chỉ ở trong khoang ngoài cùng. Như một người thợ nề mỗi ngày thêm vào một hàng gạch, ốc anh vũ hàng ngày thêm vào vỏ của nó một lớp mới, đánh dấu bằng một vân sọc mới. Vào cuối tháng, khi Mặt trăng hoàn thành một vòng quay quanh Trái đất và con ốc anh vũ tiết ra ba mươi vân sọc, nó lại rời khoang ở cũ để chuyển sang khoang ở mới, ngăn cách với khoang ở cũ bằng một vách ngăn. Như vậy, có thể nói vỏ của ốc anh vũ đã mang trên nó một thứ giống như cuốn lịch ghi chép của niên đại của quá khứ, cho phép chúng ta lần lại quá trình tiến hóa của chuyển động Mặt trăng xung quanh Trái đất theo thời gian.

Khi nghiên cứu các hóa thạch của tổ tiên loài ốc anh vũ hiện nay, người ta đã nhận thấy một điều thật đáng kinh ngạc: số các vân sọc ở giữa hai vách liên tiếp giảm xuống khi tuổi của các hóa thạch tăng. Thay vì ba mươi vân sọc mà người ta thấy hiện nay ở ốc anh vũ sống sâu dưới Thái Bình Dương, người ta chỉ đếm được có mười bảy vân sọc trong các hóa thạch cách đây 2,8 tỷ năm. Như vậy, các con ốc anh vũ thời xa xưa này nói với chúng ta rằng Mặt trăng, trong quá khứ, đã thực hiện chuyển chu du của nó quanh Trái đất nhanh hơn nhiều: thay vì 29,5 ngày như hiện nay, nó chỉ mất 29,1 ngày cách đây 45 triệu năm, và 17 ngày cách đây 2,8 tỷ năm! Nói cách khác, tháng đã không ngừng dài thêm theo thời gian trôi...

Sự hãm chuyển động quỹ đạo của Mặt trăng quanh Trái đất được thể hiện bằng một sự nở rộng dần quỹ đạo của nó: Mặt trăng dần dần rời xa chúng ta. Các chùm laser phát đi từ Trái đất và bị phản chiếu bởi các gương được các nhà du hành đặt trên Mặt trăng đã khẳng định với chúng ta điều đó. Thực vậy, các chùm laser này cho phép chúng ta đo khoảng cách Trái đất - Mặt trăng với một độ chính xác rất cao: chỉ cần nhân thời gian hành trình đi về với vận tốc ánh sáng và chia cho hai. Các chùm này kể với chúng ta rằng vận tốc của chúng ta rời xa Trái đất theo hình xoắn ốc khoảng 3,5 cm mỗi năm, tức là gần bằng tốc độ mọc của móng tay. Nếu chúng ta đảo ngược lại

chiều thời gian, thì điều đó có nghĩa là Mặt trăng phai ở rất gần Trái đất khi nó mới được hình thành, cách đây 4,5 tỷ năm.

## Mặt trăng hãm chuyển động quay của Trái đất

Từ khi hành tinh xinh đẹp của chúng ta ra đời, cách đây 4,5 tỷ năm, Trái đất đã không ngừng quay quanh mình nó chậm dần, và ngày thì dài thêm. Và đó là do Mặt trăng. Vệ tinh của chúng ta đã có tác dụng kìm hãm đối với chuyển động quay đó thông qua thủy triều mà nó gây ra. Sự lên và xuống của thủy triều làm cho khối lượng nước của các đại dương cọ xát với vỏ Trái đất. Thế nhưng, nói tới ma sát là nói tới nhiệt tỏa ra và năng lượng tiêu hao. Để nhận ra điều đó, bạn chỉ cần chạm tay vào ma phanh xe đạp của bạn sau khi bị phanh gấp để tránh tai nạn là thà ngav. Trái đất mất năng lượng quay của nó, và điều này làm cho nó quay quanh mình nó chậm hơn. Bởi vì ngày được định nghĩa là thời gian mà hành tinh của chúng ta phải mất để quay được trọn một vòng quanh mình nó, nên điều đó cũng có nghĩa là ngày dài thêm.

Nhưng những người tham công tiếc việc thường than phiền không có đủ thời gian trong ngày để hoàn thành tất cả các nhiệm vụ hãy chớ vội vui mừng! Ngày dài thêm, đúng thế, nhưng với một tốc độ rất chậm chạp. Một người sống 100 năm sẽ thấy khoảng thời gian giữa ngày anh ta sinh ra và ngày anh ta chết đi chỉ dài thêm có 0,002 giây. Nhưng, trên các khoảng thời địa chất, đo không phải bằng hàng trăm, mà bằng hàng tỷ năm, thì hiệu ứng tích lũy của sự kìm hãm đối với chuyển động quay của Trái đất sẽ là đáng kể. Chẳng hạn, cách đây 350 triệu năm, ngày chỉ dài có 22 giờ. Cách đây vài tỷ năm, Trái đất quay nhanh gấp bốn lần hiện nay. Mặt trời vội vàng trong hành trình hằng ngày của nó trên bầu trời, từ lúc mọc cho tới lúc lặn, chỉ trong có vài giờ!

Cháu chắt chít chúng ta sau này sẽ thấy ngày càng dài hơn. Tháng của chúng thì cũng sẽ như vậy, vì Mặt trăng sẽ ngày một xa

dẫn Trái đất. Quỹ đạo của nó sẽ ngày càng nở rộng ra và ngày càng mất nhiều thời gian hơn để thực hiện trọn một vòng chu du của nó quanh Trái đất, mà theo định nghĩa chính là một tháng. Ngày, vì dài thêm tương đối nhanh hơn so với tháng, sẽ đuổi kịp tháng trong khoảng 10 tỷ năm, tức khoảng 5 tỷ năm nữa sau khi Mặt trời cạn kiệt nhiên liệu hydro và heli và sẽ biến thành một sao lùn trắng. Ngày và tháng khi đó sẽ dài bằng 47 ngày hiện nay! Mặt trăng khi đó sẽ không còn rời xa Trái đất nữa. Thời gian để Trái đất quay trọn một vòng quanh mình nó sẽ đúng bằng thời gian để Mặt trăng đi trọn một vòng quanh Trái đất. Tình cảnh này sẽ hoàn toàn giống với tình cảnh hiện nay của Mặt trăng: thời gian để Mặt trăng quay được một vòng quanh mình nó đúng bằng thời gian để nó đi trọn một vòng quanh Trái đất. Tương tự như Mặt trăng ngày nay luôn phô cùng một bộ mặt cho những người trên Trái đất thấy, thì Trái đất khi đó sẽ luôn luôn trình hiện một nửa bề mặt của nó cho các miệng núi lửa của Mặt trăng...

## Mặt trăng và thủy triều

Thủy triều, nước biển lên và xuống, là một hậu quả của lực hút hấp dẫn của Mặt trăng lên Trái đất. Vẻ tinh của chúng ta, bề ngoài có vẻ như yếu ớt, mỏng manh trong màn đêm, nhưng thực tế đã làm dâng lên một lượng nước khổng lồ của các đại dương, làm cho nước tràn lên bãi biển và xóa tan các lâu đài cát của trẻ nhỏ. Chẳng hạn, thủy triều lên cao ở nơi Trái đất gần Mặt trăng nhất, vì lực hút hấp dẫn của Mặt trăng ở đó là mạnh nhất: cường độ của lực hấp dẫn càng cao nếu khoảng cách càng ngắn. Ở đó nước biển được Mặt trăng nâng lên. Nhưng, một điều tương tự rất nghịch lý là, thủy triều cũng dâng cao tại nơi đối diện trực tiếp, ở phía bên kia của địa cầu (cũng gọi là hai điểm *đối kinh*, tức ở hai đầu một đường kính của Trái đất) trong vùng Trái đất xa vẻ tinh của chúng ta nhất. Sở dĩ như vậy là do Mặt trăng hút các đại dương ở vị trí xa này yếu hơn là hút Trái

đất trong tổng thể của nó. Điều này cũng giải thích được thực tế là ở một địa điểm nào đó trên Trái đất, hai lần triều cường diễn ra kế tiếp nhau không phải cách nhau 24 giờ, mà chỉ khoảng 12 giờ thôi. Triều cường lần thứ nhất xảy ra khi địa điểm này ở gần Mặt trăng nhất; và triều cường lần thứ hai diễn ra khi một nửa vòng quay của Trái đất đã đưa vị trí này đến điểm đối kính, tức là ở điểm xa Mặt trăng nhất. Khoảng thời gian trên thực tế không chính xác là 12 giờ, vì Mặt trăng không đứng im mà cũng dịch chuyển nhẹ trên quỹ đạo của nó quanh Trái đất trong khoảng thời gian này.

Nếu Mặt trăng làm dâng nước biển, thì Mặt trời cũng không nằm ngoài cuộc chơi. Newton đã dạy chúng ta rằng các lực thủy triều tác dụng bởi một thiên thể biến thiên theo khối lượng, nhưng tỷ lệ nghịch với lập phương khoảng cách của nó. Mặt trời chắc chắn là nặng hơn Mặt trăng: nó nặng gấp 27 lần Mặt trăng. Nhưng nó lại ở xa hơn rất nhiều: khoảng cách Trái đất - Mặt trời (8 phút ánh sáng) xa gấp 389 lần khoảng cách Trái đất - Mặt trăng (hơn một giây ánh sáng). Như vậy rốt cuộc, khả năng Mặt trời làm dâng nước biển chỉ bằng khoảng một nửa khả năng của Mặt trăng. Tùy theo các vị trí tương ứng của cặp Mặt trời - Mặt trăng so với Trái đất, mà Mặt trời có thể làm tăng hoặc giảm tác động của Mặt trăng. Thế nhưng, chính xác các vị trí tương ứng này lại quyết định các pha của Mặt trăng, khiến cho biến độ của thủy triều đi liền với vẻ bề ngoài của Mặt trăng. Chẳng hạn, ở tuần trăng non và ở tuần trăng tròn, Mặt trời và Mặt trăng thẳng hàng với Trái đất; khả năng làm dâng nước biển trên Trái đất của chúng bổ sung cho nhau, và thủy triều đạt biên độ lớn nhất. Ngược lại, ở tuần thượng huyền và hạ huyền, Mặt trời và Mặt trăng ở vuông góc so với Trái đất, Mặt trời triệt tiêu một nửa khả năng dâng nước biển của Mặt trăng, và lúc đó thủy triều có biên độ nhỏ hơn.

## Mặt trăng và trục quay của Trái đất

Trái đất bị nghiêng  $23,5^\circ$  so với đường thẳng vuông góc với mặt phẳng hoàng đạo. Chính sự nghiêng này là nguyên nhân sinh ra các mùa. Nếu Trái đất đứng thẳng, thì chúng ta sẽ không có cơ hội để ngắm vẻ đẹp của những bông hoa đua sắc vào mùa xuân cũng như lễ hội các màu vàng son và tím hoa cà của mùa thu. Sự ổn định tương đối của các mùa trên Trái đất cho chúng ta thấy trục quay của Trái đất không biến thiên quá  $1,3^\circ$  trong một triệu năm trở lại đây. Tuy nhiên, sự ổn định này thoát tiên không hề là hiển nhiên. Chỉ cần khảo sát trường hợp hành tinh hàng xóm của chúng ta, Hỏa tinh, ngày nay nghiêng  $25,2^\circ$ , tức là chỉ nghiêng không quá  $2^\circ$  so với Trái đất. Vậy mà, người ta cho rằng trục quay của nó đã có một hành trạng thất thường và đã biến thiên khoảng  $10^\circ$  trong quá khứ, sinh ra các mùa với thời tiết rất cực đoan. Rất có thể là nhiệt của các mùa hè nóng như thiêu đã làm bay hơi hết nước từng chảy thành dòng trên bề mặt của hành tinh đỏ này cách đây 2 triệu năm, chỉ để lại các lòng sông suối khô khốc nhắc nhở về thời kỳ huy hoàng của nó.

Tại sao trục quay của Hỏa tinh lại tỏ ra điên rồ như vậy, trong khi hành trạng của trục quay Trái đất lại ngoan ngoãn một cách đáng ngạc nhiên? Rất có thể đó là do sự chênh lệch về kích thước giữa các vệ tinh của hai hành tinh. Trong số tất cả các hành tinh kiểu Trái đất thuộc Hệ Mặt trời (tức là những hành tinh có một mặt đất rắn), thì chỉ riêng Trái đất là có một Mặt trăng hay vệ tinh lớn. Thủy tinh và Kim tinh không có vệ tinh. Hỏa tinh có hai vệ tinh kích thước rất nhỏ, hai tiểu hành tinh đường kính khoảng 30 và 20 km, được gọi là Phobos và Deimos. Khối lượng của chúng nhỏ tới mức lực hấp dẫn yếu của chúng đã không thể nào nặn chúng thành hình tròn, khiến cho bề mặt của chúng trông gồ ghề và nham nhò. Trong khi đó, Mặt trăng yếu quý của chúng ta, nàng thơ của những người đang yêu và của các nhà thơ, thì lại lớn hơn rất nhiều. Với bán kính 1.783 km, khối lượng bằng 1,2% khối lượng của Trái đất và một lực hấp dẫn bằng một phần sáu lực hấp dẫn của Trái đất (nếu ở đây bạn cân nặng 72 kg, thì trên Mặt trăng bạn chỉ cân nặng 12 kg), vệ tinh của chúng ta đã được lực hấp dẫn nào nặn thành một khối cầu phản chiếu ánh

sáng Mặt trời và chiếu sáng những vùng nông thôn chìm trong giấc ngủ bằng một thứ ánh sáng huyền ảo, dịu dàng. Mặt trăng không chỉ là nguyên nhân của thủy triều, mà nó còn lam bình ổn trực quay của hành tinh chúng ta.

Làm sao mà các nhà vật lý thiên văn nhân ra điều đó? Chắc chắn, họ không thể chơi trò Chúa sáng thế và quyết định nhắc Mặt trăng ra để xem điều gì sẽ xảy ra nếu nó không còn ở đó nữa. Nhưng họ đã có sự trợ giúp của máy tính. Máy tính nói với họ rằng nếu không có Mặt trăng, thì trực quay của Trái đất sẽ hành xử một cách hỗn độn. Hành trạng của nó sẽ trở nên không thể dự báo được và độ nghiêng của nó có thể sẽ biến thiên thành linh từ  $0^\circ$  (Trái đất đứng thẳng) sang  $85^\circ$  (Trái đất gần như nằm ngang trong mặt phẳng hoàng đạo). Các biến thiên này sẽ xảy ra trong thời gian rất ngắn tính theo địa chất học, tức là cỡ vài triệu năm. Các thay đổi về độ nghiêng này sẽ kéo theo các thay đổi sâu sắc về khí hậu, có hại cho sự sống trên Trái đất. Nếu Trái đất đứng thẳng, thì lượng ánh sáng và nhiệt nhận được ở mỗi điểm của địa cầu sẽ la như nhau trong suốt cả năm (nếu bỏ qua các biến thiên nhỏ gây bởi việc quỹ đạo của Trái đất quanh Mặt trời không phải là tròn tuyệt đối, mà là một elíp). Ngược lại, nếu nó nằm ngang trong mặt phẳng hoàng đạo (như Thiên Vương tinh, chẳng hạn), thì một nửa Trái đất sẽ chìm trong bóng tối và cái lạnh băng giá của mùa đông trong vòng sáu tháng, trong khi nửa kia lại phải chịu ánh nắng thiêu đốt của một Mặt trời mùa hè nóng nực - tình cảnh này sẽ đảo ngược lại sáu tháng sau. Với những khí hậu cực đoan như vậy thành linh rơi xuống đầu (do trực quay của Trái đất có hành trạng hỗn độn nên chúng ta không thể dự báo được nó sẽ làm gì), sự sống sẽ không có bất kỳ cơ hội nào để sinh sôi và phát triển.

Như vậy, bằng cách lam bình ổn tính cách thất thường của trực quay của Trái đất, Mặt trăng, con đẻ của Trái đất, rốt cuộc lại là nguyên nhân của sự hiện diện của chúng ta ở đây.



## Mặt trời, nguồn ánh sáng

Mặt trời là nguồn ánh sáng của chúng ta. Hào phóng ban phát cho chúng ta gấp hàng triệu lần lượng ánh sáng, nhiệt và năng lượng mà toàn bộ các vì sao và các thiên hà trong bầu trời cung cấp cho chúng ta, Mặt trời duy trì sự sống trên Trái đất. Cứ mỗi giây, mỗi centimet vuông trên mặt đất lại nhận được trung bình khoảng  $10^{45}$  photon. Tổng công suất mà Mặt trời phát ra là 400 triệu tỷ tỷ ( $4 \cdot 10^{26}$ ) oát, tức bằng năng lượng phát ra mỗi giây bởi 100 tỷ quả bom nguyên tử mỗi quả có đương lượng nổ một triệu tấn (Mt)\*, hay một triệu tỷ tỷ nhà máy điện mỗi nhà máy có công suất 1.000 MW. Chỉ cần sử dụng ba phút công suất kinh hoàng này cũng đủ để làm tan chảy vỏ Trái đất, sáu giây để làm bốc hơi tất cả các đại dương của hành tinh xanh. Sở dĩ các thảm họa này không xảy ra bởi vì phần lớn năng lượng khổng lồ này tỏa ra khắp xung quanh và mất hút trong không gian. Trái đất, chốn nương thân bé nhỏ của con người, mất hút trong mênh mông vũ trụ, chỉ nhận được một phần rất nhỏ: khoảng một phần tỷ của năng lượng đó.

Hành tinh của chúng ta mỗi giây trung bình nhận được từ Mặt trời  $342 \text{ W/m}^2$ , tương đương với năng lượng nhận được từ một bóng đèn 50 W đặt cách xa khoảng chục mét. Một phần lớn của bức xạ này (khoảng 42%) có bản chất "nhìn thấy được", nghĩa là mắt chúng ta có thể cảm nhận được. Quá trình tiến hóa đã ban tặng cho con người (cũng như nhiều loài khác) con mắt, bộ phận thụ cảm ánh sáng tuyệt vời cho phép chúng ta hoạt động và phát triển trong một thế giới tràn ngập ánh sáng Mặt trời. Nhưng Mặt trời cũng phát ra rất nhiều loại ánh sáng khác mà mắt thường chúng ta không nhìn thấy được và chúng kết hợp với ánh sáng nhìn thấy được tạo thành cái mà người ta gọi là phổ điện từ. Ngôi sao của chúng ta phát các tia cực tím (9%), thù phạm gây ra các cơn say nắng khi chúng ta phơi nắng quá lâu, và hồng ngoại (49%), một lượng nhỏ tia gamma, tia X và sóng radio. Bởi vì khí quyển tạo thành một lá chắn bảo vệ sự sống khỏi các tia cực tím giàu năng lượng và độc hại của Mặt trời, và vì chúng ngăn phần lớn các tia hồng ngoại, nên bức xạ Mặt trời đến mặt đất chủ yếu là ánh sáng nhìn thấy được. Trong bức xạ Mặt trời nhìn thấy được này, khoảng một phần ba bị phản xạ vào không gian bởi các đám mây

nằm trong khí quyển cao hoặc bị bề mặt Trái đất, trong khi hai phần ba còn lại bị hấp thụ và chuyển hóa thành nhiệt hoặc là ở trong khí quyển hoặc ở bề mặt của địa cầu.

Trái đất thực hiện chuyển chu du hằng năm của nó quanh Mặt trời theo một quỹ đạo gần như tròn, bán kính trung bình là 150 triệu km. Điều này có nghĩa là ánh sáng Mặt trời lan truyền với vận tốc 300.000 km/s luôn đến với chúng ta với độ trễ 8 phút sau khi rời bề mặt của nó: nếu một bàn tay không lồ đột ngột nhắc ngôi sao của chúng ta đi, thì chúng ta sẽ chỉ nhận biết được điều đó sau 8 phút! Mặt trời sáng tới mức, ban ngày, khi ở trên chân trời, nó làm lu mờ hoàn toàn tất cả các tinh tú khác. Ban đêm, khi Mặt trời lặn xuống dưới chân trời sau khi đã ban tặng cho chúng ta cảnh hoàng hôn rực lửa, nó không còn làm lu mờ các vì tinh tú khác nữa, và ban tặng cho chúng ta cả một vòm trời đầy sao lấp lánh. Ánh sáng của Mặt trăng, ngọn đèn sáng nhất của bầu trời đêm, không gì khác chính là ánh sáng Mặt trời bị bề mặt của Mặt trăng phản chiếu.

Mặt hút trong mệnh môn của Ngân Hà (*xem mục từ này*), một cánh đồng sao khổng lồ có dạng một chiếc đĩa dẹt trải dài trên gần 100.000 năm ánh sáng, ở cách tâm Ngân Hà một khoảng 26.000 năm ánh sáng (nghĩa là hơn một nửa bán kính của Ngân Hà ra mép), Mặt trời rẽ không gian với vận tốc khoảng 220 km/s, chuyển động không mệt mỏi quanh tâm của Ngân Hà cứ mỗi 250 triệu năm một vòng. Nó mang theo trong chuyển chu du này một bầu đoàn gồm chín hành tinh, trong đó có Trái đất.

## Mặt trời sinh ra, sống và chết

Mặt trời, ngôi sao thuộc thế hệ thứ ba, sinh ra cách đây 4,55 tỷ trong vùng ngoại ô của Ngân Hà, cách trung tâm của nó khoảng 260.000 năm ánh sáng, từ một đám mây khí giữa các vì sao, với 98% là hydro và heli, bị co sập lại dưới ảnh hưởng của lực hấp dẫn. Bằng cách co sập lại như vậy, lõi của đám mây trở nên đặc hơn và nóng

hơn, đủ để khởi phát phản ứng hạt nhân tổng hợp các proton (hạt nhân của nguyên tử hydro), theo nhóm bốn hạt một, để tạo thành các hạt nhân heli. Các phản ứng hạt nhân này giải phóng rất nhiều năng lượng dưới dạng các hạt ánh sáng gọi là photon. Khối khí phát sáng và ngôi sao của chúng ta ra đời. Kể từ đó, sự chuyển hóa hydro thành năng lượng đã diễn ra liên tục không ngừng nghỉ, và ngày nay mỗi giây Mặt trời chuyển hóa 4,3 triệu tấn hydro thành ánh sáng và năng lượng.

Nhưng trữ lượng nhiên liệu hydro sẽ không kéo dài được mãi mãi. Trong 4,5 tỷ năm tới, Mặt trời sẽ chuyển hóa toàn bộ lõi hydro của nó thành heli và đó sẽ là khởi đầu của sự kết thúc. Như vậy, ngôi sao của chúng ta đã sống được gần nửa cuộc đời, bởi vì nó sinh ra cách đây 4,55 tỷ năm. Sự thiếu nhiên liệu hydro sẽ làm cho lõi heli của nó co sập lại cho tới khi đạt tới kích thước bằng vài lần kích thước của Trái đất, với một mật độ khổng lồ cỡ một phần mười tấn trên mỗi centimet khối. Khoảng một phần tư khối lượng của sao sẽ được chứa trong đó. Sự co sập lại này sẽ làm cho lớp hydro bao quanh lõi heli nóng lên. Ngưỡng 10 triệu độ sẽ bị vượt qua, và lớp hydro này sẽ được đốt cháy trong phản ứng tổng hợp các hạt nhân hydro thành heli. Ngôi sao của chúng ta khi đó sẽ nhận được một luồng năng lượng mới. Vỏ bọc của nó sẽ phình ra tới khoảng một trăm lần kích thước hiện nay, và sẽ vươn tới quỹ đạo của Thuy tinh: khi này nó sẽ trở thành một sao kền đỏ. Tương phản với mật độ cực kỳ đậm đặc ở tâm của nó, mật độ của vỏ sao kền đỏ chỉ là cỡ  $10^{-6} \text{g/cm}^3$ , tức bằng một phần triệu mật độ của nước.

Giai đoạn “sao kền đỏ” này sẽ rất ngắn. Sau khoảng 100 triệu năm, nó sẽ kết thúc - một ngọn lửa rom ơ thang vũ trụ. Hydro có trong lớp bao quanh lõi heli sẽ cạn kiệt và Mặt trời một lần nữa sẽ thiếu nhiên liệu. Rồi lõi heli của nó sẽ co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của nó và sẽ tiếp tục nóng thêm nữa. Lần này, ngưỡng 100 triệu độ sẽ nhanh chóng bị vượt qua; và đến lượt lõi heli bị đốt cháy trong phản ứng tổng hợp cứ ba hạt nhân heli một để tạo thành một hạt nhân cacbon. Các nhà vật lý thiên văn gọi sự bùng cháy này là “chớp sáng heli”. Giai đoạn đốt cháy heli thành cacbon sẽ còn ngắn hơn nữa: nó diễn ra không quá vài chục triệu năm. Khi giai đoạn này kết thúc, vẫn chuỗi các sự kiện tương tự xảy ra. Lõi cacbon sẽ co sập

lai, nhiệt độ sẽ lại tăng lên, và người ta sẽ được chứng kiến sự bùng cháy của các lớp hydro và heli bao quanh lõi cacbon. Sau các bùng cháy này, sao sẽ phát triển một cấu trúc hình kiểu “củ hành”, mỗi “lớp vỏ” chứa một nguyên tố hóa học, đi từ nặng nhất ở lõi (cacbon) đến nhẹ nhất ở ngoài (hydro).

Sự bùng cháy thứ hai này sẽ làm cho vỏ của sao kênh đỏ loãng thêm nữa. Lớp vỏ nóng bỏng của nó liệu có nuốt chửng hành tinh yêu quý của chúng ta để đổi nó thành tro không? Câu trả lời phụ thuộc vào khối lượng ma ngôi sao của chúng ta sẽ mất trong pha sao kênh đỏ. Trên thực tế, các lớp trên của sao kênh đỏ, do phồng lên một cách vô độ, nên được gắn kết rất yếu bởi lực hấp dẫn với phần còn lại của sao (lực hấp dẫn giảm tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa tâm và vỏ của sao). Bị đẩy ra phía ngoài bởi bức xạ Mặt trời, chúng sẽ tách ra khỏi Mặt trời. Một luồng vật chất sẽ đổ vào không gian giữa các vì sao, mà người ta gọi là “gió Mặt trời”. Bởi vì lực hấp dẫn biến thiên tỷ lệ với khối lượng của Mặt trời, nên Mặt trời, do mất khối lượng, sẽ tác dụng lực hấp dẫn nhỏ hơn lên các hành tinh quay không biết mệt mỏi quanh nó. Các quỹ đạo hành tinh sẽ được nới rộng ra, điều này sẽ có hậu quả là hành tinh của chúng ta sẽ rời xa vòng ảnh hưởng của sao kênh đỏ. Các tính toán cho thấy nếu sao kênh đỏ mất đi ít nhất hai phần mười khối lượng của nó, thì Trái đất sẽ an toàn. Nhưng nếu thiên thể của chúng ta mất ít hơn khối lượng nói trên, thì chốn nương thân trong vũ trụ của chúng ta sẽ nằm trong lớp vỏ bốc cháy của nó. Và trong trường hợp này, chuyển động của nó sẽ bị hãm bởi vật chất trong vỏ của sao kênh đỏ, và chỉ trong nháy mắt (chưa đến 50 năm), nó sẽ rơi theo đường xoắn ốc vào lõi nóng sáng của Mặt trời. Cùng thời gian này, ngọn lửa hỏa ngục của Mặt trời, còn nóng hơn tất cả các hỏa ngục mà nhà văn Dante đã tưởng tượng ra, sẽ làm bốc hơi Trái đất không gì cứu vãn được và sẽ xóa sạch mọi dấu vết của sự sống trên hành tinh xanh.

Các quan sát về sự mất khối lượng của các sao kênh đỏ khác trong Ngân Hà gợi ý rằng Mặt trời được coi là sẽ mất cỡ ba phần mười khối lượng của nó, điều này chắc sẽ làm cho Trái đất rời đủ xa khỏi ngôi sao của chúng ta và cứu nó khỏi vòng lửa khi Mặt trời trở thành sao kênh đỏ. Nhưng nếu, không may, sao kênh đỏ không mất đi chừng ấy khối lượng, thì lớp vỏ cháy bỏng của nó sẽ nuốt chửng

Thủy tinh và Kim tinh. Những người trên Trái đất sẽ thấy cái đĩa đỏ của Mặt trời xâm chiếm một phần lớn bầu trời. Khí quyển sẽ bay đi. Biển sẽ bốc hơi. Các lớp đá cũng sẽ bay hơi. Rừng rậm sẽ bốc cháy. Sự sống sẽ là không thể nữa. Nhân loại có lẽ sẽ phải tổ chức một cuộc di dân lên Diêm Vương tinh để hưởng một nhiệt độ ôn hòa hơn. Trong mọi trường hợp, sự cáo chung sẽ rất gần. Nhiên liệu hydro và heli quanh lõi cacbon của Mặt trời sẽ cạn kiệt sau một trăm nghìn năm. Mỗi pha đốt cháy tiếp sau sẽ ngắn hơn đáng kể so với pha trước đó, Mặt trời sẽ cố gắng làm chậm lại hồi kết của mình, nhưng uổng công: nó sẽ không đủ nặng để nén thêm lõi của nó và đạt đến một nhiệt độ đủ cao để khởi phát sự đốt cháy cacbon. Do không có nhiên liệu hạt nhân, ngôi sao của chúng ta sẽ tắt.

Kể từ đó, sẽ không còn bức xạ để đương đầu với lực hấp dẫn nữa. Lực hấp dẫn sẽ thắng thế và lõi sẽ co sập lại để trở thành một sao lùn trắng (*xem mục từ này*). Gọi là "lùn", vì bán kính của nó chỉ cỡ 10.000 km: một khối lượng bằng khoảng một nửa khối lượng của Mặt trời được nén trong một hình cầu có thể tích bằng Trái đất. Vật chất ở đây đặc tới mức một thìa vật chất của sao lùn trắng cân nặng tới một tấn, ngang một con voi! Sao lùn phát ra ánh sáng trắng, vì nhiệt độ của lõi của sao nóng hơn nhiều bề mặt Mặt trời và có thể đạt tới khoảng 30.000 độ Kelvin. Vậy điều gì ngăn cản sao lùn trắng không cho nó co sập thêm nữa? Cái gì đương đầu được với lực hấp dẫn vốn đang cố gắng nén sao lùn trắng trong một thể tích nhỏ nhất có thể? Chính các electron bên trong sao lùn trắng đã tổ chức kháng cự chống lại sự nén đó. Chúng từ chối để bị nén sát vào nhau quá, và như vậy loại trừ lẫn nhau, theo "nguyên lý loại trừ" được phát biểu bởi một trong những cha đẻ của cơ học lượng tử, đó là nhà vật lý người Đức Wolfgang Pauli (1900-1958).

Trong hàng tỷ năm, sao lùn trắng vẫn tiếp tục bức xạ trong không gian nhiệt và năng lượng mà nó đã giam hãm trong sự co sập lại do hấp dẫn của ngôi sao chết, do đó nó sẽ lạnh đi và độ sáng ngày càng yếu hơn. Cuối cùng, nó sẽ trở thành một sao lùn đen (*xem mục từ này*) và sẽ nhập với vô số các xác sao vô hình nằm rải rác trong các thiên hà. Còn vỏ vỏ của ngôi sao chết, nó sẽ được phóng vào không gian. Bị nóng lên bởi bức xạ của sao lùn trắng, vỏ khí này sẽ chiếm một thể tích bằng cả Hệ Mặt trời, và người ta gọi nó là "tinh vân hành

trinh" (xem mục từ này), sẽ tỏa sáng bằng tất cả ngọn lửa của mình<sup>20</sup>. Tinh vân này sẽ dần dần giảm độ sáng và sẽ tan vào không gian giữa các vì sao, gieo các nguyên tử heli, cacbon và oxy được chế tạo bởi lò luyện hạt nhân của ngôi sao chết.

Mặt trời chết sau khi đã sống một cuộc sống đẹp trong khoảng 10 tỷ năm. Con cháu chút chít chúng ta, nếu muốn sống sót, sẽ phải đi tìm các ngôi sao khác có khả năng cung cấp nhu cầu năng lượng của chúng. Có lẽ khi đó sẽ bắt đầu cuộc di dân xuyên các vì sao của nhân loại mà các tác giả khoa học viễn tưởng rất ưa chuộng!

## Mặt trời huyền thoại



Mặt trời, ngôi sao nuôi dưỡng Trái đất bằng ánh dương chói lòa, và bằng sự hiện diện của mình, nó chi phối sự luân phiên giữa đêm và ngày, giữa lạnh và nóng, chi phối nhịp của vòng quay các mùa, đã

<sup>20</sup> Tên gọi "tinh vân hành tinh" ở đây là không chính xác: nó không có gì liên quan đến các hành tinh cả; người ta nghĩ sai lầm rằng tinh vân này có thể là một Hệ Mặt trời đang hình thành.

\* Đương lượng nổ 1Mt có nghĩa là năng lượng mà quả bom nguyên tử giải phóng ra khi nổ bằng năng lượng giải phóng ra của 1 triệu tấn thuốc nổ TNT - ND.

được nhiều nền văn minh cổ đại kính sợ và tôn thờ. Mặt trời là biểu tượng của sự sống. Chẳng hạn, ở người Esquimo, Mặt trời đối lập với Mặt trăng, biểu tượng của chết chóc. Mặt trời cũng là một vị thần. Ở những người Ai Cập, Mặt trời có rất nhiều hình dạng phản ánh sự toàn năng của nó: Khepi khi mọc, Râ trong ngày, Aton khi lặn; nó xuất hiện dưới dạng một cái đĩa hoặc một con chim ưng. Ở những người Inca, Aztèque và Maya, rất nhiều hiện tượng tự nhiên bắt nguồn từ tình yêu và hận thù của các vị thần Mặt trời. Đối với người Aztèque, chính nữ thần Coatlicue (Trái đất), mang thai một viên đạn lông (linh hồn của một chiến binh hiến sinh), sinh ra Mặt trời, đưa con kỳ diệu vàng và xanh, được trang bị vũ khí rắn lửa Xiucoatl, để bảo vệ mẹ mình, đã giết chết Centon Uiznawa, tức bốn trăm ngôi sao của phương Nam, biểu tượng của bóng tối, và chị của chúng là Coyloxauhqui, ban đêm.

Mặt trời cũng là biểu tượng của phi nhiêu. Tại miền Bắc Australia, "Ông Thái Dương" là nguyên lý đực, vào đầu mùa mưa, đến làm phi nhiêu "Bà Địa". Chuyển động của Mặt trời qua bầu trời trong ngày thường được tái hiện bằng chuyển động của một cỗ xe ngựa, có cánh hoặc không, như trong thần thoại Hindu trong đó Mặt trời mang tên Sûrya, nhưng cũng còn được gọi là "Thần thanh lọc", "Chúa tể các hành tinh", hay "Lữ khách không gian". Người Ấn Độ biểu diễn Mặt trời như một người đàn ông trẻ đứng trên một cỗ xe thất mã hoặc độc mã bảy đầu. Xe ngựa chỉ có một bánh, tượng trưng cho năm với 12 nan hoa tượng trưng cho 12 tháng. Một thành của xe ngựa gói lên sao Bắc Cực, trong khi thành kia gói lên đỉnh Meru, trục trung tâm của vũ trụ. Người Trung Quốc diễn giải một cách thâm thương hơn chuyển động của Mặt trời trên bầu trời. Theo họ, chính thần gió Kong-Kong làm lung lay đỉnh Pourchéou và khởi phát nạn Đại hồng thủy, phá hủy cột chống trời và Đất, và làm chúng chao đảo, gây ra chuyển động của Mặt trời về phía tây. Hôm sau, Mặt trời mọc trở lại, vì trong đêm thần Niukoua đã chữa cột bị gãy bằng chân rùa (rùa là biểu tượng của vũ trụ, mai tròn của nó biểu thị vòm không cầu của bầu trời, và bụng vuông của nó biểu thị Trái đất). Sự nối tiếp nhau của các mùa cũng được thần thoại Trung Hoa đề cập. Bầu trời, hình qua trứng, quay kéo theo Mặt trời; Trái đất, trôi nổi trên một khối lòng như lòng đo qua trứng, khi tiến gần và rời xa thiên đình và bốn phương trời theo một chuyển động tuần hoàn, tạo ra các mùa.

## Mặt trời và khí hậu Trái đất

Độ sáng hiện nay của Mặt trời biến thiên dưới 1%, tức một biến thiên khoảng  $0,3 \text{ W/m}^2$ , tương đương với công suất của một bóng điện 50 W đặt cách xa 4 m. Bạn sẽ nói rằng quá nhỏ, không đủ để đuổi mèo! Tuy nhiên, một số nhà nghiên cứu đã gợi ý rằng ngay cả các chênh lệch rất nhỏ của ánh sáng Mặt trời nhận được cũng có thể là nguồn gốc của những đảo lộn sâu sắc khí hậu trên Trái đất. Họ nghĩ rằng một sự giảm số các vết Mặt trời, và như vậy là giảm hoạt động của Mặt trời, có thể sẽ khởi phát các "tiểu kỳ băng giá", với sự lạnh đi toàn cầu từ  $0,5$  đến  $1^\circ$ . Từ năm 1645 đến 1715, đã có một thời kỳ dài Mặt trời kém hoạt động như vậy, cái được gọi là "cực tiểu Maunder", theo tên của nhà thiên văn người Anh đã nghiên cứu nó. Thời kỳ Mặt trời có rất ít vết này dường như trùng với "tiểu kỳ băng giá" đã từng nhấn chìm Bắc Âu vào một mùa đông băng giá dài ở cuối thế kỷ XVII. Dường như cũng có sự tương quan giữa chu kỳ Mặt trời 22 năm (cuối một chu kỳ 11 năm, các vết Mặt trời đảo cực; vì vậy cần phải hai chu kỳ 11 năm, tức 22 năm, thì chúng mới lấy lại cực ban đầu) và các thời kỳ hạn hán hoành hành trên Trái đất. Chẳng hạn, ở Bắc Mỹ, các thời kỳ hạn hán kéo dài từ 3 đến 6 năm đã trùng hợp với sự bắt đầu 8 chu kỳ Mặt trời đã qua. Thời kỳ hạn hán gần đây nhất đã xảy ra vào cuối những năm 1950. Tuy nhiên, thời kỳ hạn hán được dự báo là sẽ xảy ra vào đầu những năm 1980 đã không xảy ra một cách rõ ràng.

Các nhà nghiên cứu khác thì cho rằng sự nóng lên toàn cầu quan sát được trong thế kỷ vừa qua là do sự tăng hoạt động của Mặt trời. Mặc dù rất khó có thể mô hình hóa chi tiết những tương tác phức tạp giữa khí quyển, các lục địa và đại dương, nhưng các tính toán vẫn chứng tỏ rằng một sự tăng  $0,1\%$  bức xạ của Mặt trời trong thế kỷ trước đã có thể gây ra một sự nóng lên nhiều nhất là  $0,2^\circ\text{C}$  trên một thế kỷ, con số này nhỏ hơn nhiều  $0,6^\circ\text{C}$  quan sát được. Và lại, nếu sự nóng lên toàn cầu có thể gán cho Mặt trời chứ không phải cho các khí gây hiệu ứng nhà kính (xem mục từ này) do con người thải vô độ vào hệ sinh thái của mình, thì sẽ giải thích thế nào sự bám sát như hình với bóng của những biến thiên của nhiệt độ toàn cầu với các biến thiên về nồng độ khí cacbonic trong khí quyển Trái đất?

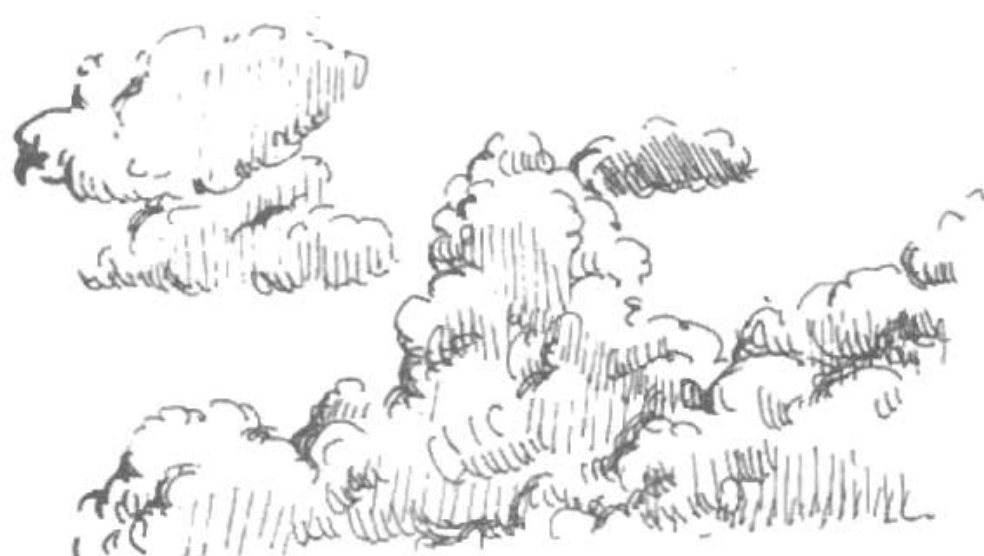


Như Shakespeare đã từng nói rất hay trong tác phẩm *Jules César*, “lỗi không nằm trong các vì sao, mà trong chính chúng ta”!

## Mây (Lịch sử các đám mây)

Một trong những hình ảnh đẹp nhất và xúc động nhất của thế kỷ XX là hình ảnh Trái đất của chúng ta trôi nổi trong không gian tối đen và mất hút trong mênh mông vô tận của vũ trụ. Hình ảnh này nhấn mạnh không chỉ tính duy nhất và mong manh của hành tinh xanh chúng ta, mà còn cả vẻ đẹp và môi trường thần thiện của nó: với các đại dương và khí quyển - các đám mây trắng bay lượn trên màu xanh của nước và màu đất son của các lục địa - môi trường đã bảo vệ sự sống trước những cuộc tấn công của các tia vũ trụ và các bức xạ độc hại khác của Mặt trời, Trái đất là chỗ nương thân của sự sống.

Các khối trắng như bông trôi nổi trong mênh mông bao la của bầu trời, dù được nhìn từ bên ngoài không gian hay từ mặt đất, những đám mây ấy đều mang đến cho chúng ta một bản giao hưởng các hình thù thuộc loại kỳ diệu và lạ lùng nhất. Chúng dâng hiến cho chúng ta một cảnh tượng vô cùng đa dạng và phong phú, phá vỡ sự nhàm chán đơn điệu của một bầu trời xanh ngắt trái xa hút tầm mắt, làm cho bầu trời thêm vui nhộn. Nhưng một đám mây là gì?



Là tập hợp các hạt rất mịn được giữ lơ lửng trong khí quyển (xem mục từ này) bởi các chuyển động theo phương thẳng đứng của không khí, một đám mây thường được cấu thành từ các giọt nước nhỏ hoặc các tinh thể nước đá có kích thước dao động từ 1 đến 100 micromet (một micromet bằng một phần triệu met). Do lực hấp dẫn, tất cả các hạt này đều từ từ hạ dần xuống phía dưới. Những hạt nặng nhất (có kích thước 100 micromet) rơi với vận tốc khoảng 30 cm mỗi giây. Quá 100 micromet, các giọt nước trở nên quá nặng không thể lơ lửng trong không trung được nữa: chúng rơi xuống dưới dạng sương mù hoặc mưa. Còn đối với các giọt nhỏ hơn, có kích thước cỡ 1 micromet, chúng quá nhẹ nên không rơi được xuống đất; vận tốc rơi của chúng chỉ khoảng một phần milimet mỗi giây, nên chúng lơ lửng vô định trong không trung, phó mặc cho gió. Các đám mây hình thành khi không khí trở nên “bão hòa” độ ẩm, nghĩa là khi trong khí quyển có nhiều hơi nước có tới mức không khí không thể chứa thêm chúng được nữa. Không khí nóng có thể chứa nhiều hơi nước hơn không khí lạnh. Chẳng hạn, ở mực nước biển, không khí bão hòa ở 23°C chứa 23 gam hơi nước trên mỗi met khối, trong khi nó chứa ít hơn gần 5 lần (dưới 5 g/m<sup>3</sup>) ở 0°C.

Mặc dù rất dễ thấy trên bầu trời, nhưng các đám mây là những thực thể cực kỳ tinh tế. Tùy theo cách phát triển và tùy theo độ cao, mà các đám mây được phân thành mười loại khác nhau: mây trung tích, mây trung tầng, mây quyển tích, mây quyển tầng, mây quyển, mây tích vũ, mây tích, mây tầng mưa, mây tầng tích và mây tầng. Một đám mây tích có thể chứa 1.000 giọt trong một centimet khối, nhưng các giọt này cách rất xa nhau, điều này làm cho mây tích (và các đám mây tương tự) chiếm một thể tích lớn. Ngược lại, nếu bạn tập trung tất cả các giọt nước của mây tích lại với nhau, chúng sẽ chỉ chiếm một phần tỷ thể tích của đám mây: toàn bộ còn lại chỉ là không khí. Người ta có thể hỏi tại sao các đám mây này lại có những hình thù hết sức kỳ lạ và khác nhau đến thế. Tại sao chu vi hay đường biên của chúng lại không nhòe mờ hơn, mà lại rõ nét như vậy? Trong chừng mực các đám mây bắt nguồn từ luồng không khí thẳng đứng, thì câu trả lời nằm trong cách không khí dâng lên cao. Các đám mây có các hình dạng rõ nét như vậy là bởi vì không khí không đi lên theo một luồng liên tục, mà theo các “gói khí” rời rạc.

Trong khi rất ít thú trong tự nhiên thực sự trắng, thì các đám mây lại cho chúng ta một minh họa hoàn hảo về màu này. Chúng có cùng màu với bọt nước (*xem mục từ này*), chủ yếu do cùng lý do: đó là sự tán xạ ánh sáng Mặt trời bởi các thể cầu nhỏ. Thực vậy, các đám mây trong một chừng mực nào đó là một dạng “ngược” của bọt nước: trong khi các đám mây là tập hợp các giọt nước được bao quanh bởi không khí, thì bọt nước lại được làm từ các bọt không khí được bao quanh bởi nước. Các giọt nước và bọt không khí có một hành trạng rất tương đồng trên phương diện liên quan đến sự tán xạ ánh sáng. Nếu mỗi giọt nước (hay mỗi bọt khí) có một kích thước chuyên biệt làm tán xạ một màu cụ thể, thì sự tán xạ bởi tập hợp các giọt nước trong một đám mây, với đủ mọi loại kích thước khả dĩ, sẽ làm cho tất cả các màu được biểu hiện và chúng kết hợp lại với nhau để cho ra màu trắng. Điều đó đặc biệt đúng đối với các đám mây dày: ánh sáng Mặt trời đi vào đó sẽ gặp rất nhiều giọt nước và bị lệch hướng nhiều lần liên tiếp (gọi là “tán xạ nhiều lần”) trước khi đi ra ngoài đám mây. Sự tán xạ ánh sáng bởi các tinh thể băng còn phức tạp hơn, bởi vì các tinh thể này rất không đều đặn, chứ không có dạng cầu; nhưng, rốt cuộc, kết quả vẫn như nhau: các đám mây băng cũng hoàn toàn màu trắng.

Bạn hãy ngược mắt lên bầu trời và ngắm một cụm mây tích. Một số sáng và có màu trắng muốt; một số khác, tối hơn, và có màu xám nhạt. Đừng có suy luận rằng các cụm mây tích xám được cấu thành từ các giọt nước bẩn hơn các giọt của các đám mây trắng! Màu tối của các đám mây này không hề liên quan gì đến độ bẩn của chúng, mà liên quan đến độ sáng của chúng: chúng trông tối hơn bởi vì chúng được chiếu sáng ít hơn các đám xung quanh. Một đám mây có thể ít sáng hơn bởi vì nó nằm trong bóng của các đám bên cạnh, hay bởi vì nó mỏng hơn các đám khác. Trên thực tế, ngoài độ chiếu sáng ra, một nhân tố khác quyết định độ sáng của một đám mây là bề dày của nó. Độ trong suốt của nó cũng phụ thuộc vào độ dày này. Đối với một đám mây dày, sự tán xạ nhiều lần của ánh sáng Mặt trời là rất quan trọng. Nếu không một nguồn sáng nào chiếu sáng đám mây từ phía sau, thì độ sáng của nó sẽ chủ yếu được quyết định bởi ánh sáng chiếu tới nó từ phía trước, sau đó bị tán xạ và tái định hướng về phía chúng ta. Nhận được nhiều ánh sáng, trông nó sẽ rất trắng.

Ngược lại hãy xét trường hợp một đám mây mỏng hơn. Nó sẽ truyền một phần ánh sáng của bầu trời xanh ở sau nó, trong khi phần lớn nhất của ánh sáng Mặt trời trực tiếp đến từ phía trước sẽ xuyên qua nó mà không bị hướng đến mắt chúng ta. Ánh sáng của bầu trời được truyền qua các đám mây vì thế sẽ có màu xanh nhạt và mờ, so với màu trắng chói và sáng của các đám mây xung quanh, và đám mây mỏng trông có màu xám nhạt.

Cũng chính sự tán xạ nhiều lần đã là nguyên nhân gây ra vẻ tối đen và đầy hăm dọa của các đám mây đông. Chẳng nào một đám mây đông còn tiếp tục tích tụ các giọt nước và lớn lên, thì chẳng ấy nó còn cung cấp ánh sáng. Nhưng khi đám mây tích đã “chín muồi”, nghĩa là nó không lớn thêm và không dâng lên cao nữa, thì phần trên của nó tối lại. Nếu bản thân chúng ta có thêm các vết nhăn theo tuổi tác, thì các đám mây tích cũng sẫm lại theo thời gian. Sở dĩ như vậy là vì theo thời gian các giọt nước của chúng lớn lên và giảm về số lượng, làm cho sự tán xạ nhiều lần ánh sáng trở nên kém hiệu quả hơn.

Chúng ta hãy cùng tìm hiểu xem tại sao.

Các giọt nước của một đám mây “trẻ” còn nhỏ tí. Rồi, theo thời gian, chúng sẽ va chạm và kết tụ với các giọt nước khác để trở nên lớn hơn. Khi tăng lên về kích thước, chúng sẽ mất ít nước hơn do bay hơi, so với các giọt nước nhỏ, và điều này giúp cho chúng giữ được kích thước của chúng. Nhưng, bằng cách kết tụ lại với nhau, số lượng của các giọt nước cũng giảm xuống. Để làm ví dụ, ta hãy xét hai đám mây có tuổi khác nhau nhưng chứa cùng một lượng nước trong một centimet khối. Đám mây “già” chứa những giọt nước có đường kính chừng 50 micromet, trong khi các giọt nước của đám mây “trẻ” có đường kính nhỏ hơn 10 lần, tức chỉ cỡ 5 micromet. Như vậy, thể tích của một giọt nước hình cầu thuộc đám mây già là một nghìn lần lớn hơn thể tích của một giọt nước thuộc đám mây trẻ. Bởi vì hai đám mây chứa chính xác cùng lượng nước trong centimet khối, nên điều đó có nghĩa là đám mây già có số giọt nước trong một centimet khối ít hơn một nghìn lần so với đám mây trẻ. Thế nhưng khả năng tán xạ ánh sáng của một giọt nước tỷ lệ với diện tích bề mặt của nó, tức là tỷ lệ với bình phương đường kính của nó. Kết quả là một giọt nước nhỏ của đám mây trẻ tán xạ ánh sáng kém hơn một giọt nước lớn của đám mây già một trăm lần. Nhưng, bất chấp hiệu quả thấp hơn

này, sự tán xạ ánh sáng bởi các giọt nước trong một gam nước của đám mây trẻ rất cuộc vẫn cứ lớn hơn sự tán xạ của các giọt nước lớn của đám mây già tới mười lần, do chúng có số lượng lớn hơn nhiều! Giống như trong cuộc cạnh tranh toàn cầu, dân số đóng một vai trò quan trọng: ngay cả khi một đất nước có nguồn nhân lực trình độ thấp hơn, nhưng rốt cuộc vẫn chiến thắng do dân số của nước này quá đông, vì, xét cho cùng, giá nhân công ở đó rẻ hơn! Bởi vì sự tán xạ nhiều lần là kém hiệu quả hơn khi đám mây già đi, nên đám mây này nhìn sẽ ngày càng tối. Chính vì thế các đám mây đông đầy hăm dọa chứa đầy các giọt nước lớn có vẻ bề ngoài là tối và xám hơn.

*Tim đọc: D. Lynch và W. Livingston, Aurares, Mirages. Éclipses, Dunod, 2002.*

## Mây phân tử

Đế leo lên những bậc thang của quá trình phức tạp hóa, tự nhiên đã sử dụng tất cả các con át chủ bài của mình. Tự nhiên đã không chỉ sáng tạo ra các hạt bụi (*xem mục từ này*) để tạo điều kiện thuận lợi cho các nguyên tử gặp gỡ nhau, mà còn tạo ra một môi trường mà trong đó các phân tử giữa các vì sao (*xem mục từ này*) được tạo thành từ những liên kết nối trên được bảo vệ và duy trì. Bởi vì môi trường giữa các vì sao là cực kỳ không thân thiện và chứa đầy các mối đe dọa đối với sự sống còn của các phân tử này: những tia cực tím giàu năng lượng của các sao trẻ nặng và các tia vũ trụ (*xem mục từ này*), những dòng proton và electron, do các sao siêu mới phát ra, phóng hết tốc lực (hàng nghìn kilomet mỗi giây) ngang dọc khắp không gian giữa các vì sao và chỉ chực lao thẳng vào các phân tử, làm cho chúng tan rã và phá hủy chúng đồng thời giải phóng các nguyên tử.

Thực tế, các phân tử không sống ở bất kỳ đâu trong môi trường mênh mông giữa các vì sao của một thiên hà xoắn ốc như Ngân Hà. Chúng tỏ ra thích thú tụ tập ở những vùng có mật độ cao nhất. Người

ta thấy ở đó các đám mây cơ mật độ đạt đến tới hàng triệu nguyên tử khí hydro trên centimet khối. Mặc dù mật độ của chúng là tương đương với chân không hoàn hảo nhất mà chúng ta có thể tạo ra được trên Trái đất, nhưng các đám mây này vẫn còn đặc hơn hàng chục tỷ lần một đám mây bình thường giữa các vì sao, nên người ta gọi chúng là “mây phân tử”. Tương tự như các nguyên tử khí, các hạt bụi xuất hiện ở đây với số lượng lớn. Các hạt bụi này đóng một vai trò kép: một mặt, chúng khuyến khích sự liên kết của các nguyên tử bằng cách ban tặng cho chúng các bề mặt thân thiện; mặt khác, chúng đóng vai trò bảo vệ các phân tử mới sinh ra từ đó. Các hạt bụi như vậy không chỉ là người mai mối, mà còn là lá chắn bảo vệ cho các phân tử yếu ớt bằng cách hấp thụ và phá hủy các tia cực tím độc hại cũng như các tia vũ trụ tàn phá khác. Bởi vì bụi hấp thụ ánh sáng nhìn thấy được, nên các đám mây phân tử, được chiếu sáng bởi các ngôi sao bị chôn vùi ở đây, làm xuất hiện các vùng tối với các đường viền không đều đặn, đó không gì khác chính là bóng của các đám mây bụi.

Các đám mây phân tử không sống một cách đơn lẻ. Chúng có bản năng quần cư và thích tập trung với nhau thành các phức hệ không lồ trải trên khoảng cách 150 năm ánh sáng và chứa đủ khí để sinh ra một triệu Mặt trời. Người ta biết một nghìn các phức hệ phân tử này nằm rải rác trong Ngân Hà. Các đám mây phân tử là những vùng phì nhiêu của vũ trụ. Chính chúng, bằng cách co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn, sẽ cho ra đời các ngôi sao mới (xem: *Sự ra đời của sao*).

## Mộc tinh

Mộc tinh là chúa tể của các hành tinh thuộc Hệ Mặt trời. Nó xứng đáng được mang lên “chúa tể”, vị thần trị vì ở đỉnh Olympia trong thần thoại La Mã (người Hy Lạp gọi là thần Zeus), vì hành tinh này có rất nhiều cái nhất. Nó lớn hơn và nặng hơn rất nhiều so với

các hành tinh khác: với khối lượng bằng 318 lần Trái đất, nó nặng hơn 2,5 lần khối lượng của tất cả các hành tinh khác và vệ tinh cộng lại. Nó có đường kính lớn hơn đường kính của Trái đất 11 lần, thể tích khổng lồ của nó có thể nuốt chửng 1.330 Trái đất. Nó là thiên thể sáng thứ tư trong bầu trời, sau Mặt trời, Mặt trăng và Kim tinh. Dù có kích thước khổng lồ nhưng nó lại là hành tinh quay nhanh nhất trong Hệ Mặt trời: nó quay trọn một vòng quanh mình nó mất chưa đến 10 giờ, nghĩa là quay nhanh hơn hành tinh của chúng ta gần 27 lần

Được cấu thành đến 98% là khí hydro và heli, nên Mộc tinh không có bề mặt cứng. Hãy thử đặt bạn lên Mộc tinh, có đường kính 70.000 km, và bạn sẽ rơi 60.000 km mới đến được lõi đá của nó! Áp suất và nhiệt độ ở đó cao tới mức bạn sẽ không sống được ở đó lâu. Ở độ sâu khoảng 100 km, các lớp bên trên mờ tối tới mức Mặt trời không còn nhìn thấy được nữa. Bóng tối đen như mực. Tuy nhiên, phần bên trong của Mộc tinh lại nóng. Người ta quan sát thấy rằng nó tỏa ra lượng năng lượng nhiều hơn gấp hai lần lượng năng lượng mà nó nhận được từ Mặt trời. Nhưng năng lượng bổ sung này đến từ đâu? Chắc chắn không phải từ vụ va chạm với các tiểu hành tinh, cũng không phải từ bức xạ của các nguyên tố phóng xạ như trong trường hợp của Trái đất. Cũng không phải từ các phản ứng hạt nhân. Mộc tinh có một thân phận đặc biệt, nó là trung gian giữa hành tinh và sao: nó không sinh ra năng lượng của riêng nó, như một ngôi sao, vì nó không đủ nặng để nhiệt độ trong lõi của nó lên tới 10 triệu độ - nhiệt độ cần thiết để khởi phát sự đốt cháy hạt nhân hydro. Người ta cho rằng Mộc tinh, bằng cách tự nén lại để hình thành cách đây 4,5 tỷ năm, đã chuyển hóa một phần năng lượng hấp dẫn của nó thành nhiệt, và nhiệt này vẫn tiếp tục lan tỏa.

Chúng ta có một hiểu biết trực tiếp về các điều kiện ngự trị trong lớp khí quyển cao của Mộc tinh nhờ một máy dò tự sát được thả dù xuống từ con tàu không gian *Galileo* đã bay vào đó tháng 12 năm 1995. Máy dò này đã tồn tại được khoảng 1 giờ, xuống tới độ sâu 150 km, và sau đó bị áp lực khổng lồ của các lớp trên nghiền nát, nhưng trước đó nó đã kịp truyền về cho chúng ta các thông tin quý báu. Trong lớp khí quyển cao của Mộc tinh đầu tiên là một lớp mây trắng amoniac. Do khoảng cách từ Mộc tinh đến Mặt trời lớn gấp 5 lần khoảng cách Trái đất - Mặt trời nên nhiệt độ ở đó rất thấp (-148°C).

Nếu không có nguồn năng lượng bổ sung nói ở trên thì nhiệt độ của nó chỉ cỡ  $-168^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ này tăng lên nhanh chóng khi xuống sâu hơn và đạt đến  $-73^{\circ}\text{C}$  ở độ sâu vài chục kilomet. Tại đó, hóa học đã can thiệp để tạo ra cái đẹp: lưu huỳnh kết hợp với ammoniac và các hợp chất của lưu huỳnh mang lại cho Mộc tinh một lễ hội rực rỡ các màu sắc - đỏ, nâu, vàng, hoa cà, son - đặc trưng cho khí quyển của nó và tạo nên niềm vui của chúng ta. Phốt pho cũng có đóng góp vào màu sắc của Mộc tinh.

Các tàu thăm dò *Voyager 1* và *2* năm 1979, *Galileo* năm 1995, *Cassini* năm 2001 đã tiết lộ cho chúng ta thấy một khí quyển Mộc tinh chuyển động không ngừng, chứa đầy các xoáy khí trong cơn thịnh nộ. Bảo tổ lớn nhất của Hệ Mặt trời đã hoành hành tại đây và những trận gió dữ dội thổi liên hồi. Về mặt thị giác, khí quyển của Mộc tinh bị thống trị bởi hai loại khung cảnh chính: các dải mây song song với xích đạo, có màu sắc đan xen giữa sáng và sẫm, bao phủ toàn bộ hành tinh, liên tục chuyển động và thăng giáng, và, ở bán cầu Nam, một Vết Đỏ Lớn hình ôvan, giống như một con mắt khổng lồ nhìn chăm chăm vào vũ trụ. Do trục quay của Mộc tinh gần như đứng thẳng (độ nghiêng của nó chỉ là  $3^{\circ}$ ), nên Mộc tinh không có mùa, vì vậy những thay đổi liên tục của các dải mây không phải là do các biến thiên theo mùa, mà bắt nguồn từ những chuyển động đối lưu liên tục của các khối khí trong khí quyển của nó. Các dải sáng là những vùng có áp suất cao ở đó khí bay lên từ các lớp dưới, trong khi các dải sẫm là các vùng có áp suất thấp ở đó khí đi xuống. Các dải này như vậy là tương đương với các vùng khí xoáy thuận (áp thấp) và xoáy nghịch (áp cao), những hiện tượng gây ra mưa và trời đẹp trên hành tinh chúng ta. Nhưng thay vì được định xu như trên hành tinh của chúng ta, ở đây chuyển động quay cực kỳ nhanh của Mộc tinh đã tạo ra các cơn gió dữ dội đẩy chúng ra quanh chu vi của nó.

Mộc tinh, như chúng ta đã thấy, là hành tinh quay nhanh nhất trong Hệ Mặt trời. Nó hoàn thành một vòng quanh mình nó trong vòng chưa đầy nửa ngày trên Trái đất (chín giờ năm mươi lăm phút), tức gấp 27 lần vận tốc Trái đất! Chuyển động quay rất nhanh này tạo ra các lực li tâm khổng lồ ở xích đạo của nó, làm cho nó có dạng quả cầu dẹt, với bán kính xích đạo (71.500 km) lớn hơn 6,5% bán kính cực (66.900 km). Các trận gió ở đây đạt tới vận tốc 400 km/h,



tương đương với vận tốc xe thể thao *jet stream* trên Trái đất.

Không một tàu thăm dò không gian nào, và càng không một mắt thường nào đi vào được các độ sâu hơn 150 km dưới các lớp trên của Mộc tinh. Nhưng các máy tính đã ra tay giúp đỡ các nhà vật lý thiên văn xây dựng các mô hình lý thuyết dựa trên các định luật vật lý, và tuân theo các sự kiện được quan sát như khối lượng của Mộc tinh, bán kính, cấu tạo hóa học hay chuyển động quay của nó. Mô hình kha dụng tốt nhất nói với chúng ta rằng ở một độ sâu vài nghìn kilomet, các phân tử khí hydro hóa lỏng dần dần. Ở độ sâu 20.000 km, áp suất tăng lên gấp 3 triệu lần áp suất của khí quyển Trái đất, và nhiệt độ lên tới 11.000°C. Trong các điều kiện này, hydro lỏng nóng bị nén tới mức nó thay đổi trạng thái một lần nữa, biến thành hydro “kim loại” với các tính chất dẫn điện của một kim loại lỏng. Chính chuyển động của các hạt mang điện trong hydro kim loại này đã sinh ra một từ trường mạnh của Mộc tinh (mạnh hơn 19.000 lần từ trường của Trái đất!).

Khi tới lõi đá của Mộc tinh, ở độ sâu 60.000 km, áp suất ở đó lên tới 12 triệu lần áp suất của Trái đất, và nhiệt độ lên tới 25.000°C. Người ta cho rằng áp suất ở lõi của Mộc tinh lớn hơn 50 triệu lần áp suất ở bề mặt Trái đất, và lớn hơn 10 lần áp suất ở tâm của Trái đất. Nhiệt độ ở đó là 40.000°C. Rõ ràng là Mộc tinh hoàn toàn không thuận lợi cho sự sống!

### ***Vết Đò Lớn của Mộc tinh***

Vết Đò Lớn là một khối không lồ khí xoáy và rối, có các tông màu nâu và cam nhìn rực rỡ như một bức tranh thuộc trường phái ấn tượng. Ở kích thước cực đại (40.000 km trên 14.000 km), mình Vết này đã có thể nuốt chửng ba Trái đất. Khối khí xoáy khổng lồ bị cầm tù ở giữa các dải mây này đã hiện diện trên Mộc tinh từ ít nhất bốn thế kỷ. Galileo đã nhìn thấy nó năm 1609 khi ông hướng kính thiên văn đầu tiên lên bầu trời. Cảnh tượng khiến người ta liên tưởng tới một cơn bão vô cùng lớn trên Trái đất.

Nhưng tại làm sao mà cái xoáy khí khổng lồ này lại không bao giờ dịu bớt? Trên Trái đất, một trận bão sinh ra trên đại dương, kéo

dài nhiều ngày rồi tan khi nó gặp đất liền, một điều thật may cho những người trên Trái đất sống dọc theo đường đi qua của nó! Trên Mộc tinh, các lục địa không tồn tại. Điều này có nghĩa là khi một trận bão nổi ra, và khi, giống như Vết Đò Lớn, nó đạt đến một kích thước đủ lớn để không bị nhiễu động bởi các trận bão khác có tầm cỡ nhỏ hơn, nó sẽ không tan nữa.

Vậy cái gì đã khởi phát cơn giận giữ của Vết Đò Lớn? Theo lý thuyết Hỗn độn (xem mục từ này), xoáy khí lâu đời này có thể được hiểu như một hệ tư-tổ chức, một vùng ổn định được sinh ra và duy trì bởi các hiện tượng hỗn độn thu phạm của mọi hoạt động và các rối loạn xung quanh. Nói cách khác, Vết Đò Lớn được coi như một hòn đảo nhỏ ổn định trong một đại dương bất ổn định, một nơi ẩn náu các cấu trúc giữa vô số những cái không-cấu-trúc<sup>21</sup>.

### *Vệ tinh của Mộc tinh*

Một đêm đông năm 1610, một giáo sư thiên văn trẻ ở Đại học Padoue là Galileo, khi hướng kính thiên văn của mình lên Mộc tinh - "nhờ số phận run rui", như sau này ông viết - ông đã phát hiện ra bốn vệ tinh (đôi khi cũng được gọi là Mặt trăng - ND) quay xung quanh hành tinh khổng lồ này. Galileo đã nhìn thấy ở đó một phương tiện tốt để thăng tiến trên con đường sự nghiệp của mình: ông đã đặt tên cho bốn vệ tinh vừa phát hiện được theo tên của hoàng tử trẻ xứ Florence Côme de Médicis, và ba cô công chúa, với hy vọng được dòng họ hùng mạnh này ủng hộ, giúp ông được vào phục vụ tại cung đình Toscane. Vì tầm quan trọng của Mộc tinh trong lá số tử vi của hoàng tử do chính Galileo lập, nên bốn "vệ tinh Medicis" dĩ nhiên phải được gắn với hoàng tử và ba cô em gái. Nhưng lịch sử đã không giữ lại những tên này do Galileo đề xuất: bốn vệ tinh lớn nhất của Mộc tinh ngày nay được gọi là các "Mặt trăng Galileo".

Với các kính thiên văn mặt đất ngày càng lớn, và như vậy có thể nhìn các đối tượng "mờ hơn", và với những chuyến thăm dò của nhiều phi thuyền không gian lên Mộc tinh (như *Voyager 1* và *2* và *Galileo*), số lượng các Mặt trăng của hành tinh khổng lồ này đã không

<sup>21</sup> Xem thêm *Hỗn độn và Hài hòa*, sdd

ngừng tăng lên: vào đầu năm 2007, con số này đã lên tới 63. Việc thống kê còn lâu mới đầy đủ, ít nhất là đối với những gì liên quan đến các Mặt trăng nhỏ nhất, nhẹ nhất và mờ nhất: Một tinh và các vệ tinh của nó thực sự là một Hệ Mặt trời mini!

Các Mặt trăng của Mộc tinh (và của ba hành tinh khí khác) có hai loại. Đầu tiên là các vệ tinh “tròn trặn”, đây là những vệ tinh đủ lớn (với bán kính lớn hơn 500 km) và đủ nặng để lực hấp dẫn có thể nhào nặn chúng thành hình cầu. Các vệ tinh tròn trặn này quay quanh Mộc tinh, trong mặt phẳng xích đạo của Mộc tinh, và theo cùng một chiều với chuyển động quay của Mộc tinh xung quanh trục của nó. Quỹ đạo của các Mặt trăng này gần như là tròn. Có lẽ chúng đã ra đời cùng thời với Mộc tinh nhờ sự kết tụ của các vật liệu cấu thành hành tinh (*xem mục từ này*). Tiếp đến là các vệ tinh “gồ ghề”. Chúng nhỏ (với bán kính dưới 150 km) và nhẹ tới mức lực hấp dẫn không đủ mạnh để tạo cho chúng có dạng cầu. Hậu quả là chúng có hình củ khoai, hình dạng đặc trưng của các tiểu hành tinh. Quỹ đạo của các Mặt trăng này nghiêng so với mặt phẳng xích đạo của Mộc tinh, chúng lệch tâm (tức quỹ đạo là elip chứ không tròn - ND) và đôi khi quay ngược (tức là quay ngược với chiều quay quanh trục của Mộc tinh). Rất có thể đó là các tiểu hành tinh bị bắt bởi trường hấp dẫn khổng lồ của Mộc tinh, rất lâu sau khi hành tinh này và bảy vệ tinh lớn của nó ra đời. Lực hấp dẫn yếu không cho phép các Mặt trăng này giữ được một khí quyển hay có các đại dương, khiến cho bề mặt của chúng lộ chỗ những miệng hố hình phễu. Cơ may để sự sống có thể phát triển ở đó gần như bằng không.

Số lượng các vệ tinh tròn trặn của Mộc tinh chỉ bao gồm bốn vệ tinh Galileo (tất cả các vệ tinh khác đều là gồ ghề cả). Theo trật tự xa dần Mộc tinh lần lượt có Io, Europe, Ganymede và Callisto: tất cả đều mang tên những người tình của thần Jupiter trong thần thoại La Mã. Hai vệ tinh Galileo nhỏ nhất có kích thước gần bằng Mặt trăng của chúng ta (Io có đường kính 3.640 km, và Europe 3.130 km), trong khi hai vệ tinh lớn nhất có kích thước tương đương với Thủy tinh (Ganymède có đường kính 5.270 km và Callisto 4.800 km). Phong cảnh trên các vệ tinh Galileo hết sức đa dạng. Tất cả chúng đều là những thế giới quỳn rũ, kỳ lạ và tuyết vôi. Trong đó, vệ tinh Europe thậm chí còn nổi tiếng vì có khả năng đón nhận sự sống.

Io là nơi hoạt tính nhất về mặt địa chất của Hệ Mặt trời, và cùng với Trái đất, nó là nơi duy nhất cho thấy các phun trào núi lửa trên bề mặt. Tàu thăm dò *Voyager 1* đã nhìn thấy 8 núi lửa đồng thời phun trào, và tàu thăm dò *Galileo* còn nhìn thấy nhiều hơn nữa. Dung nham phun ra có thể lên tới các độ cao hơn 100 km và nhiệt độ hơn 2.000°C, cao hơn cả nhiệt độ của mọi dung nham trên Trái đất. Các dòng chảy dài tung tóe trên bề mặt. Lưu huỳnh và các hợp chất của nó trong vật chất bị phóng ra tạo cho Io có một màu phân đỏ, vàng, cam và đen, tựa như một chiếc bánh pizza khổng lồ. Ngược với các vệ tinh Galileo khác, trên Io không tồn tại bất kỳ một dấu vết miệng núi lửa hay kẽ nứt nào. Dung nham choán đầy và làm bằng phẳng tất cả. Io có một bề mặt liên tục được nhào nặn lại và thay đổi bởi hoạt động núi lửa: đó là bề mặt trẻ nhất của Hệ Mặt trời. Nhưng cái gì đã nuôi cho ngọn lửa ở bên trong vệ tinh này? Cái gì đã làm cho nó tuôn trào? Chính Mộc tinh và Europe là thủ phạm: bị lực hấp dẫn mạnh của Mộc tinh hút về phía này, và lực hấp dẫn, yếu hơn, của Europe kéo sang phía kia, khiến cho phần bên trong của Io liên tục bị kéo, đẩy, biến dạng, và nhào trộn. Sự dư thừa năng lượng hấp dẫn này được chuyển hóa thành một nhiệt lượng kinh hoàng, tương đương với nhiệt lượng của một nghìn tỷ bóng đèn điện 100 W. Chính nó đã cung cấp năng lượng cho những cơn giận dữ của các núi lửa trên vệ tinh Io.

Io cũng đã đóng một vai trò lịch sử quan trọng trong việc xác định vận tốc ánh sáng. Trong một thời gian dài, người ta đã cho rằng sự lan truyền của ánh sáng là tức thì. Chính bằng cách xem xét quỹ đạo của Io quanh Mộc tinh mà vào năm 1676 nhà thiên văn người Đan Mạch là Ole Römer (1644-1710), làm việc tại Đài thiên văn Paris, đã phát hiện ra một sự kiện kỳ lạ: thời gian mà Io phải mất để thực hiện trọn một vòng quanh Mộc tinh, trung bình là 42,5 giờ, lại không cố định, mà biến thiên một cách tuần hoàn theo vị trí của Trái đất trong chuyển chu du hằng năm của nó quanh Mặt trời. Thời gian này tăng lên khoảng hai mươi phút khi Trái đất ở xa Mộc tinh nhất, và ngược lại. Römer đã giải thích rằng chính sự biến thiên biểu kiến này của chu kỳ quỹ đạo của Io là bằng chứng cho thấy ánh sáng của Io phải mất một khoảng thời gian nhất định để đi đến được Trái đất, và rằng độ trễ hai mươi phút chính là khoảng thời gian cần có thêm để ánh sáng đi từ Io tới tận vị trí xa nhất của Trái đất so với nó. Năm

1678, nhà vật lý người Hà Lan Christian Huygens (1629-1695) dựa trên các quan sát của Römer đã xác định được vận tốc của ánh sáng trong chân không gần với giá trị 300.000 km/s mà chúng ta biết ngày nay.

Europe, vệ tinh Galileo kế tiếp Io theo trật tự xa dần Mộc tinh, lại hoàn toàn khác. Sau thế giới bốc lửa của Io, chúng ta chuyển sang một thế giới băng giá. Hầu như không có miệng núi lửa nào - điều này gợi ý rằng nó được hình thành khá gần đây - bề mặt trắng và phản xạ của Europe được băng bao phủ. Chỉ một mạng lưới khổng lồ các vết nứt nhỏ và ngoằn ngoèo, đan bện và cắt nhau theo mọi hướng, là phá vỡ khung cảnh nhàm chán, phẳng phiu và trơn nhẵn. Các nhà thiên văn cho rằng dưới lớp băng, ở độ sâu vài kilomet, tồn tại một đại dương nước lỏng sâu tới 100 km. Trong trường hợp này, Europe có thể chứa nhiều nước hơn tất cả các đại dương trên Trái đất cộng lại! Một số quan sát của tàu thăm dò *Galileo* xác minh giả thiết này: nó đã nhìn thấy trên bề mặt của Europe nhiều tang băng khổng lồ đang chuyển động. Một số tảng băng này tách rời ra, trong khi một số khác tập hợp lại với nhau. Từ trường yếu của Europe cũng có thể được giải thích bằng sự hiện diện của một lớp nước mặn ở bên dưới băng. Người ta cho rằng chính năng lượng sinh bởi các lực thủy triều mạnh do Mộc tinh và các vệ tinh khác tác dụng lên phần bên trong đóng băng của Europe đã làm tan phần băng bên trong này và cho ra đời một đại dương nước lỏng. Vì nước là một bộ phận thiết yếu cho sự đột sinh và phát triển của sự sống, nên các tư biện về sự hiện diện khả dĩ của các vi sinh vật trên Europe được dịp nở rộ. Sẽ phải chờ đợi các tàu thăm dò trong tương lai lên thăm vệ tinh này mới có thể biết chắc chắn về điều đó.

Hai vệ tinh Galileo ở ngoài cùng, Ganymède và Callisto, là hai anh em sinh đôi: các tính chất vật lý của chúng là khá giống nhau. Bề mặt của chúng lộ chỗ những miệng hố hình phễu do va chạm của các thiên thạch và bị cắt bởi các vực gọi nhớ đến khung cảnh của Mặt trăng, nhưng có nhiều băng hơn. Địa chất của chúng đã được cố định và gần như không tiến hóa nữa từ ba tỷ năm đối với Ganymède và bốn tỷ năm đối với Callisto (người ta biết rằng bề mặt của Callisto đã ngừng tiến hóa sớm hơn, vì nó phô bày nhiều miệng hố hình phễu hơn).

Một phát hiện đáng chú ý của chuyến thăm dò của *Voyager* 1979 lên Mộc tinh là làm sáng tỏ một vành mờ, nằm trong mặt phẳng xích đạo của hành tinh và bao quanh nó. Vành này rất mỏng: độ rộng của nó cỡ vài nghìn kilomet và độ dày chỉ vài chục kilomet. Phát hiện này, đồng thời với phát hiện ra các vành quanh Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh, cũng nhờ công của *Voyager*, đã chứng tỏ rằng các vành này gắn với tất cả các hành tinh kiểu Mộc tinh, chứ không phải là sở hữu của riêng Thổ tinh như người ta đã từng nghĩ.

## Môi trường giữa các vì sao

Không gian giữa các vì sao của một thiên hà được gọi là “môi trường giữa các vì sao”. Nó không trống rỗng, mà chứa vật chất giữa các vì sao mà mắt chúng ta không nhìn thấy được. Nhiệt độ trung bình của môi trường giữa các vì sao rất thấp:  $-173^{\circ}\text{C}$ . Mật độ trung bình của nó cực thấp, thấp hơn mật độ của các sao và các thiên hà hàng triệu tỷ lần. Chứa trung bình một nguyên tử hydro trên một centimet khối, hay  $10^{-24} \text{ g/cm}^3$ , không gian giữa các vì sao loãng hơn hàng vạn lần so với mọi chân không mà chúng ta có thể tạo ra trên Trái đất.

Tuy nhiên, sự gần như trống rỗng hoàn toàn này đóng một vai trò cực kỳ quan trọng trong hệ sinh thái các thiên hà, và sẽ dĩ nhiên vậy là vì nhiều lý do. Một mặt, do môi trường giữa các vì sao này là vô cùng rộng lớn (một thiên hà trải trên hàng trăm nghìn năm ánh sáng), do đó tổng khối lượng vật chất giữa các sao cũng là rất lớn, chiếm từ một phần mười đến khoảng một phần hai tổng khối lượng nằm trong các sao. Mặt khác, không gian giữa các vì sao này là môi trường lý tưởng ở đó vật chất được tái sinh từ một thể hệ sao này sang một thể hệ sao khác. Chẳng hạn, chính tại đây các sao nặng phóng các mảnh vỡ giàu các nguyên tố hóa học được chế tạo trong quá trình sao sống, và trong cơn hấp hối bùng nổ của chúng. Cũng chính tại đây các mảnh của ngôi sao bị phân rã sẽ tập hợp lại với nhau, được lực hấp dẫn thúc đẩy, để cho ra đời các thể hệ sao mới.

Môi trường giữa các vì sao của một thiên hà như Ngân Hà được cấu thành từ hai thành phần. Khí và bụi, hòa trộn mật thiết với nhau trong không gian. Khí được cấu thành không chỉ từ các nguyên tử hydro và heli, mà còn từ các nguyên tố hóa học nặng hơn và phức tạp hơn, sản phẩm của lò luyện hạt nhân của các ngôi sao, như cacbon, oxy và nitơ. Trên thực tế, cả một bảng 81 các nguyên tố bên trong tự nhiên (tức các nguyên tố không phân rã) đều có mặt cả ở đó. Con bụi (*xem mục từ này*), nó trình hiện dưới dạng các hạt tạo thành từ sự kết hợp hàng tỷ nguyên tử silic, manhê, sắt, cacbon và oxy.

## Mũi tên thời gian

Một đứa trẻ sinh ra, lớn lên, trưởng thành, già và chết. Kịch bản này lặp lại với mỗi người trong chúng ta. Bước đi của thời gian là lạnh lùng, không gì cưỡng nổi và luôn theo một chiều, từ cái nôi cho tới nấm mộ. Quá khứ đã qua trong khi tương lai chưa đến. Như một mũi tên luôn bay thẳng khi rời khỏi dây cung, thời gian tâm lý học (*xem mục từ này*) luôn tiến lên phía trước và không bao giờ trở lại đằng sau. Nó là bất thuận nghịch.

Tính bất thuận nghịch của thời gian, thủ phạm gây ra nỗi ám ảnh đối với cái chết của chúng ta, tuy vậy lại vắng bóng trong thế giới của các hạt cấu thành vật chất. Ở thang dưới nguyên tử, thời gian không còn là một chiều nữa. Mũi tên thời gian biến mất và thời gian có thể trôi theo hai chiều. Trong thế giới của các nguyên tử, nếu quay một bộ phim các sự kiện và chiếu nó theo chiều ngược lại với chiều nó đã được quay, thì chúng ta sẽ không hề nhận thấy sự khác nhau. Hai electron gặp nhau, va chạm, rồi bắn ra. Hãy đảo ngược lại chuỗi các sự kiện và bạn vẫn sẽ có hai electron này tới gặp nhau, va chạm, rồi bắn ra. Các định luật vật lý mô tả các sự kiện này - với chi một ngoại lệ rất nhỏ - không mang dấu vết gì về hướng cụ thể của thời gian; các bộ phim của thế giới các hạt có thể được chiếu theo cả hai chiều.

Ngoại lệ duy nhất đối với quy luật này liên quan đến một hạt dưới nguyên tử có tên là "kaon". Sự phân rã của nó xác định một mũi tên "nhỏ", vì nó không thuận nghịch theo thời gian. Nhưng bởi vì kaon không hiện diện trong vật chất cấu thành chúng ta, nên nó cũng không tồn tại trong vật chất của các sao và các thiên hà, và chỉ xuất hiện trong các va chạm dữ dội trong các máy gia tốc hạt, vì vậy cái mũi tên thời gian nhỏ bé này dường như không đóng một vai trò quan trọng. Nhưng thông điệp mà nó để lại cũng không kém phần huyền bí.

Cũng giống như một mũi tên tâm lý tiến lên phía trước, còn tồn tại một mũi tên thời gian nữa, đó là mũi tên nhiệt động lực học cũng chỉ đi theo một hướng. Mũi tên này dựa trên nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học (khoa học về nhiệt), nói rằng thời gian luôn trôi theo hướng về phía có sự bất trật tự lớn hơn. Một tách trà nóng sẽ nguội đi. Một giọt mực tan dần trong cốc nước. Những viên đá của nhà thờ gothic rồi sẽ rời ra và vỡ thành hàng nghìn mảnh. Biết bao những tình huống khác cũng mang trong mình hướng của thời gian. Bạn sẽ không bao giờ thấy xảy ra chuỗi các sự kiện này nhưng theo chiều ngược lại. Tách trà không tự nóng lên. Các hạt mực, cũng như các viên đá không tự kết hợp lại với nhau để tái tạo lại giọt mực giữa chậu nước trong hay để tái dựng lại vẻ đẹp long lanh trước kia của nhà thờ. Tương tự như sự chuyển từ quá khứ sang tương lai xác định hướng của thời gian tâm lý, sự chuyển từ trật tự sang bất trật tự xác định hướng của thời gian nhiệt động lực học. Vậy liệu điều này có nghĩa là vũ trụ sẽ hướng tới sự hỗn loạn? Không, vì không gì ngăn cản được các góc trật tự vẫn xuất hiện ở bên trong vũ trụ và ngay khi trật tự được sinh ra, nó lập tức được bù trừ bởi một bất trật tự còn lớn hơn được tạo ra ở nơi khác, và tổng cộng bất trật tự vẫn sẽ tăng một cách rõ rệt. Các sao chính là những tác nhân sinh ra bất trật tự này (xem: *Nhiệt động lực học và Vũ trụ*).

Tồn tại một mũi tên thời gian thứ ba dựa trên sự dẫn nỏ của vũ trụ: đó là mũi tên vũ trụ học. Theo thời gian trôi, vũ trụ lạnh đi, trải rộng thêm và loãng đi. Sự chuyển từ nóng hơn sang lạnh hơn và từ đặc hơn sang loãng hơn xác định hướng của mũi tên vũ trụ học. Các mũi tên vũ trụ học và nhiệt động lực học gắn bó với nhau chặt chẽ. Trên thực tế, để cho các sao có thể hoàn thành vai trò tạo ra bất trật



tự, thì không gian trong đó chúng đổ nhiệt vào phải lạnh hơn bề mặt của chúng, vì nhiệt chỉ đi một cách tự nhiên từ nóng sang lạnh, chứ không theo chiều ngược lại. Vậy làm thế nào tạo ra được một môi trường lạnh cho các sao? Chính ở đây sự dẫn nỏ của vũ trụ đã nhập cuộc: chính nó đã gây ra sự lạnh đi của vũ trụ.

Các câu hỏi liên quan đến hướng của thời gian sẽ còn lâu mới được giải đáp được và hiện vẫn còn bị bao phủ bởi một lớp sương dày đặc. Nếu, một ngày nào đó, vũ trụ đạt đến một bán kính tối đa và tự co sập lại (các quan sát gần đây không cổ vũ cho trường hợp này, mà cổ vũ cho trường hợp một vũ trụ dẫn nỏ mãi mãi), thì hướng của thời gian nhiệt động lực học gắn với sự dẫn nỏ của vũ trụ liệu có bị đảo ngược trong một vũ trụ co lại không? Đống đá lộn xộn, không hình thù gì liệu có tự phát biến thành tòa lâu đài lộng lẫy không? Thời gian tâm lý học liệu có trôi theo chiều ngược lại không? Trên thực tế, nếu mệnh đề thứ hai trở nên đúng, thì các cư dân của một vũ trụ đang co lại vẫn nghĩ rằng họ đang ở trong một vũ trụ dẫn nỏ, vì các quá trình thần kinh của họ cũng bị đảo ngược lại. Như vậy, vấn đề đảo ngược thời gian không phải được đặt ra một cách thực sự, nếu không muốn nói nó chỉ như một trò chơi trí tuệ...

**N**

## Năm ánh sáng

Một năm ánh sáng không phải là đơn vị đo thời gian, mà là đơn vị đo khoảng cách: đó là khoảng cách mà ánh sáng đi được sau một năm; nó tương đương với 9.460 tỷ km. Tương tự, một giây ánh sáng tương ứng với khoảng cách 300.000 km, một phút ánh sáng là 18 triệu km, một giờ ánh sáng là 1,08 tỷ km, và một ngày ánh sáng là 25,9 tỷ km. Cách biểu diễn khoảng cách này rất hữu ích, vì nó cho phép chúng ta biết ngay lập tức thời gian mà ánh sáng đã mất để đến được chúng ta từ một thiên thể. Vì vận tốc của ánh sáng không phải là vô hạn, mà là 300.000 km/s, nên sự lan truyền của nó không phải là tức thì, do đó chúng ta luôn nhìn thấy vũ trụ với một độ trễ nhất định. Chẳng hạn, Mặt trăng ở cách chúng ta hơn một giây ánh sáng (tức 384.000 km), Mặt trời cách 8 phút ánh sáng, ngôi sao gần Mặt trời nhất, Proxima của chòm sao Nhân Mã, cách 4,2 năm ánh sáng, và thiên hà Tiên nữ cách 2,3 triệu năm ánh sáng.

Đối với các thiên thể ở gần, thời gian mà ánh sáng của một thiên thể phải mất để đến được chúng ta về con số thì đúng bằng khoảng cách được biểu diễn bằng năm ánh sáng của nó. Chẳng hạn, ánh sáng mà ngày nay chúng ta nhận được từ một thiên hà ở cách xa ta 10 triệu năm ánh sáng đã xuất phát từ thiên hà này cách đây 10 triệu năm. Và sơ dĩ như vậy là vì sự giãn nở của vũ trụ vốn làm cho thiên hà này liên tục rời xa khỏi Ngân Hà (và Trái đất) là rất nhỏ và khoảng thời gian 10 triệu năm cũng là tương đối ngắn so với tuổi khoảng 14 tỷ năm của vũ trụ. Nhưng, đối với các thiên thể cách xa hơn 200 triệu năm ánh sáng, sự giãn nở của vũ trụ phải được tính đến: khoảng cách của một thiên hà về con số (tính theo năm ánh sáng) là lớn hơn thời gian mà ánh sáng của nó phải mất để đến được chúng ta. Chẳng hạn, một thiên hà bị sự giãn nở của vũ trụ kéo đi và giờ nằm cách chúng ta 47 tỷ năm ánh sáng, thì ánh sáng từ nó tới được chúng ta đã được phát đi khi nó ở khoảng cách 14 tỷ năm ánh sáng, khoảng cách tối đa mà

ánh sáng có thể vượt qua trong sự tồn tại của vũ trụ. Như vậy bán kính của vũ trụ quan sát được không phải là 14 tỷ năm ánh sáng, mà là khoảng 47 tỷ năm ánh sáng.

## Năng lượng sao

Một ngôi sao như Mặt trời lấy năng lượng và tỏa sáng nhờ vô số các phản ứng hạt nhân trong lõi của nó đã được nung nóng đến 10 triệu độ, mỗi một phản ứng tổng hợp bốn proton (hay hạt nhân hydro) thành một hạt nhân heli (với sự giải phóng hai positron - positron là phản hạt của electron - và hai neutrino). Khi đã đốt cháy toàn bộ dự trữ hydro của mình, ngôi sao sẽ không còn đủ bức xạ để chống đỡ được lực hấp dẫn của chính nó: sao bị co sập lại và nhiệt độ ở trung tâm của nó nhảy lên tới 100 triệu độ. Khi đó bắt đầu sự tổng hợp ba hạt nhân heli thành hạt nhân cacbon, mang lại cho sao một nguồn năng lượng mới. Sao sẽ tiếp tục tỏa ra năng lượng bằng cách tổng hợp các nhân ngày càng nặng hơn và sản sinh ra các nguyên tố ngày càng phức tạp hơn. Nhưng, một khi nguồn dự trữ hydro của nó cạn kiệt, nó đã cháy đến đoạn cuối và độ kéo dài của từng giai đoạn sau đó sẽ giảm xuống dần: sự đốt cháy heli và các nguyên tố nặng sẽ chỉ chiếm chưa đầy 1% tuổi thọ của sao.

*Xem thêm: Sao*

## Năng lượng tối: một vũ trụ tăng tốc

Các nhà vật lý ngày nay nghĩ rằng vũ trụ chứa đầy một thứ “năng lượng tối huyền bí” chiếm khoảng 74% tổng lượng vật chất và

năng lượng của nó. Các nhà thiên văn tìm ra năng lượng tối sau một phát hiện kỳ diệu và hoàn toàn bất ngờ: đó là sự tăng tốc của vũ trụ.

Trong những năm 1990, hai nhóm các nhà thiên văn quốc tế - một do nhà vật lý người Mỹ Saul Permuter, thuộc Phòng Thí nghiệm Quốc gia Lawrence Berkeley Californie, đứng đầu, còn nhóm thứ hai do nhà thiên văn người Australia Brian Schmidt làm việc tại Đại học Quốc gia Canberra, lãnh đạo - đã tiến hành đo sự giảm tốc độ giãn nở của vũ trụ. Năng lượng tối không hề nằm trong mối quan tâm của họ. Họ muốn đo tổng lượng vật chất trong vũ trụ, dù đó là vật chất nhìn thấy được hay không nhìn thấy được. Lập luận của họ như sau: sự tiến hóa của vũ trụ về nguyên tắc phụ thuộc vào kết quả của cuộc đại chiến giữa lực gây giãn nở khởi thủy và lực hấp dẫn tác dụng bởi toàn bộ lượng vật chất mà có trong vũ trụ. Bởi vì lực hấp dẫn là hút, nên nó được coi là làm chậm lại sự giãn nở của vũ trụ. Nói cách khác, vũ trụ phải giảm tốc. Khối lượng (hay mật độ) của vũ trụ càng cao, thì lực hấp dẫn mà nó tác dụng càng mạnh, và sự giảm tốc phải càng lớn. Như vậy, một phép đo chính xác tỷ lệ giảm tốc của vũ trụ sẽ cho chúng ta kết quả đo tổng lượng vật chất của vũ trụ, dù nó có phát sáng hay không.

Vậy đo sự giảm tốc của vũ trụ như thế nào? Nếu muốn đo sự giảm tốc của xe khi nhấn phanh, chúng ta chỉ cần đo vận tốc giữa hai thời điểm khác nhau. Độ giảm tốc thu được bằng cách lấy hiệu vận tốc chia cho khoảng thời gian giữa hai thời điểm đó. Tương tự, để đo sự giảm tốc của vũ trụ, nhà vật lý thiên văn phải đo vận tốc giãn nở của vũ trụ ở các thời kỳ khác nhau. Tất nhiên, một trăm năm của đời người, hàng chục nghìn năm của nền văn minh nhân loại, thậm chí ba hay bốn triệu năm kể từ khi xuất hiện con người ở châu Phi, đều chỉ là những khoảng thời gian quá ngắn ngủi để sự giảm tốc của vũ trụ có thể nhận thấy được và đo được. Chúng ta phải quan sát sự giảm vận tốc giãn nở của vũ trụ trên một khoảng thời gian ít nhất là trên nhiều tỷ năm. Như vậy chúng ta phải lần ngược trở lại thời điểm xa nhất có thể trong quá khứ của vũ trụ.

Thế nhưng làm thế nào để du hành được theo thời gian? Chúng ta phải viện đến các cỗ máy lần ngược thời gian như các kính thiên văn, và áp dụng công thức: "càng nhìn xa, nghĩa là càng nhìn được sớm". Để thu được vận tốc giãn nở của vũ trụ ở các thời điểm khác

nhau trong tồn tại của nó, chúng ta chỉ cần đo vận tốc chạy trốn của các thiên thể nằm ở những khoảng cách khác nhau so với Trái đất. Vận tốc chạy trốn của các thiên thể ở xa cho chúng ta vận tốc dân nở của vũ trụ trong thời kỳ trẻ, trong khi vận tốc chạy trốn của các thiên thể ở gần cho chúng ta biết vận tốc dân nở hiện nay của vũ trụ. Nếu vũ trụ giảm tốc thì vận tốc dân nở hiện nay phải thấp hơn vận tốc thời trẻ của nó.

Nhưng biết chọn những thiên thể nào để dùng làm cọc tiêu và đo độ biến thiên vận tốc dân nở của vũ trụ theo thời gian? Để làm được nhiệm vụ này, một thiên thể phải cung cấp cho chúng ta hai thông tin: vận tốc chạy trốn và khoảng cách của nó. Đại lượng thứ nhất, vận tốc chạy trốn, không là gì khác chính là vận tốc dân nở của vũ trụ. Nó tương đối dễ tính. Hiệu ứng Doppler (xem mục từ này) làm cho ánh sáng của một vật rời xa chúng ta dịch chuyển về phía đỏ một lượng tỷ lệ với vận tốc chạy trốn của nó. Như vậy chỉ cần phân tích ánh sáng của thiên thể này thành các thành phần màu khác nhau bằng một quang phổ kế và đo sự dịch chuyển về phía đỏ là có thể từ đó suy ra vận tốc chạy trốn ra xa của nó. Đại lượng thứ hai, khoảng cách của vật, thì lại khó hơn nhiều! Đây là đại lượng rất căn bản, bởi vì chỉ cần đơn giản lấy khoảng cách này chia cho vận tốc của ánh sáng là chúng ta biết được khoảng thời gian mà chúng ta có thể lần ngược trở lại trong quá khứ của vũ trụ và do đó cũng là tuổi của vũ trụ tương ứng với vận tốc dân nở đo được.

Đo khoảng cách của các cọc tiêu không phải là việc dễ. Tất cả các thiên thể trên thực tế đều được phóng chiếu lộn xộn trên vòm trời hiện dưới mắt ta là một mặt hai chiều. Vòm trời này giống như một bức tranh mà họa sỹ đã quên hết các quy luật phối cảnh. Nhiệm vụ của nhà thiên văn là phải tái lập chiều thứ ba, chiều sâu của vũ trụ. Để xác định khoảng cách của các cọc tiêu, nhà thiên văn sẽ tiến hành như một thủy thủ xác định khoảng cách của tàu với bờ biển bằng cách so sánh độ sáng biểu kiến của ngọn hải đăng với độ sáng thực của nó, tức độ sáng mà anh ta thấy nếu ở ngay vị trí của hải đăng<sup>22</sup>. Tương tự, để biết khoảng cách của một thiên thể, nhà thiên văn học

<sup>22</sup> Độ sáng biểu kiến biến thiên như độ sáng thực chia cho bình phương khoảng cách. Do đó, biết các độ sáng biểu kiến và thực sẽ cho phép tính được khoảng cách.

phải biết độ sáng thực của nó; rồi bằng cách đo độ sáng biểu kiến của thiên thể, anh ta sẽ tính được khoảng cách của nó. Như vậy, cách tính này thực chất là tách ra một lớp các thiên thể có độ sáng thực không biến thiên theo thời gian cũng như trong không gian<sup>23</sup>. Tìm được một lớp các ngọn đèn pha có độ sáng thực không đổi không phải là việc dễ, vì phần lớn các thiên thể đều có xu hướng không cường nổi là tiến hóa, và như vậy độ sáng của chúng trong cuộc đời sẽ có những biến thiên, dù là rất ít. Tuy nhiên, nhờ kiên nhẫn, các nhà thiên văn cuối cùng cũng đã tách ra được một số lớp các thiên thể có độ sáng thực biến thiên tương đối ít. Các ngọn đèn pha vũ trụ thịnh hành nhất hiện nay thuộc một lớp đặc biệt các bùng nổ sao gọi là "sao siêu mới loại Ia" (xem mục từ này). Các sao siêu mới này thực chất là các bùng nổ của các sao lùn trắng, tức là xác các sao nặng tự hủy trong các sự kiện nhiệt hạch khổng lồ.

Như vậy, hai nhóm các nhà thiên văn đã bắt đầu hướng đến các sao siêu mới loại Ia, và sử dụng chúng như các ngọn đèn pha vũ trụ để đo tỷ lệ giãn tốc của vũ trụ. Tất cả các nhà nghiên cứu này đều định ninh rằng sự giãn nở của vũ trụ phải chậm lại, vì lực hấp dẫn của tổng lượng vật chất của nó sẽ có tác dụng kìm hãm xung lượng ban đầu. Chụp được các sao lùn trắng đang bùng nổ không phải là chuyện đơn giản. Điều đó chỉ xảy ra trung bình trong một thiên hà điển hình một lần mỗi vài trăm năm. Nhiều cuộc đời của nhà thiên văn cũng không đủ. Rất may, các nhà vật lý thiên văn đã tìm ra một phương pháp để khắc phục sự ngắn ngủi của sự nghiệp của họ! Nhờ các kính thiên văn có trường nhìn rộng và các detector điện tử (xem mục từ này) có bề mặt không ngừng tăng lên với những tiến bộ nhanh chóng của công nghệ (thực ra đây cũng chính là các detector lắp trong camera của bạn, nhưng ở đây có kích thước lớn hơn mà thôi), họ có thể chụp ảnh tức thì hàng nghìn thiên hà rải rác trong không gian nằm ở các khoảng cách khác nhau, điều này giúp họ phát hiện nhiều sao siêu mới chỉ trong một đêm. Kỹ thuật này nhằm so sánh, nhờ sự trợ giúp của các máy tính mạnh, cùng một số các trường thiên hà được chụp ảnh ở các thời kỳ khác nhau. Một sao siêu mới sẽ

<sup>23</sup> Trong thuật ngữ thiên văn học, người ta gọi chúng là các "ngọn nến chuẩn". Từ "nến" ở đây chỉ mọi nguồn sáng.

được báo hiệu bởi sự xuất hiện của một điểm sáng mới trong thiên hà: trớ trêu thay, cái chết của một ngôi sao lại được báo hiệu bằng một nguồn sáng mới trong bầu trời! Nguồn sáng này không kéo dài lâu, nó chỉ như một ngọn lửa rơm trong thang thời gian vũ trụ... Sau một sự gia tăng nhanh về độ sáng, kéo dài khoảng chục ngày, sao siêu mới sẽ đạt đến cực đại rồi giảm chậm dần độ sáng. Sau khoảng sáu tháng, độ sáng của nó sẽ giảm xuống 1.000 lần: nó sẽ chỉ còn là cái bóng của chính nó.

Sau nhiều năm lao động cật lực, mỗi nhóm đã tập hợp được khoảng 50 sao siêu mới. Năm 1998, sau khi đo khoảng cách của mỗi sao siêu mới và vận tốc dẫn nở của vũ trụ ở khoảng cách này, hai nhóm đã đi đến, một cách độc lập nhau, cùng một kết luận kỳ lạ khiến mọi người (hay gần như tất cả mọi người) kinh ngạc: vũ trụ đúng là đã giảm tốc, nhưng chỉ trong bảy tỷ năm đầu tiên tồn tại của nó. Kể từ năm thứ 7 tỷ, sự dẫn nở của vũ trụ đã không tiếp tục đã giảm nữa, mà ngược lại, nó đã tăng tốc. Vũ trụ đang giảm tốc lại trở thành một vũ trụ tăng tốc! Nói cách khác, vận tốc dẫn nở của vũ trụ ở năm tỷ năm sau Big Bang lớn hơn vận tốc dẫn nở của nó ở sáu tỷ năm, vận tốc ở sáu tỷ năm lớn hơn vận tốc ở bảy tỷ năm, nhưng vận tốc dẫn nở ở bảy tỷ năm lại thấp hơn vận tốc ở tám tỷ năm, vận tốc ở tám tỷ năm này lại thấp hơn vận tốc ở 9 tỷ năm, và cứ tiếp tục như vậy. Chuyển động dẫn nở của vũ trụ là tương tự như chuyển động của xe ô tô khi bạn gặp đèn đỏ. Bạn nhấn phanh để giảm tốc và dừng xe trước đèn đỏ; khi đèn đỏ chuyển sang đèn xanh, bạn nhấn ga tăng tốc để tiếp tục đi. Cũng giống như đối với vũ trụ, tiếp sau chuyển động giảm tốc của bạn là chuyển động tăng tốc.

Nhưng tại sao vũ trụ lại có thể thay đổi vận tốc dẫn nở như vậy? Nếu nó chỉ chứa vật chất thôi, dù đó là vật chất nhìn thấy được hay không nhìn thấy được, thì vật chất tất yếu sẽ tác dụng một lực hấp dẫn hút, và vũ trụ sẽ phải luôn luôn giảm tốc. Chứ không thể nào là tăng tốc được. Do đó buộc phải thừa nhận có tồn tại một cái gì đó khác vật chất (hay ánh sáng). Cái gì đó khác này có thể là một trường năng lượng huyền bí choán đầy vũ trụ và tác dụng một lực đẩy lớn hơn lực hấp dẫn hút của vật chất. Vậy mà, khái niệm về lực đẩy này chính xác đã được Einstein đưa vào từ năm 1917 dưới cái tên "hằng số vũ trụ" (xem mục từ này) để xây dựng một mô hình vũ trụ tĩnh



(không giãn nở) với các phương trình của thuyết Tương đối rộng, một mô hình được chỉnh sửa cho phù hợp với các quan sát thiên văn của thời đó. Nhưng, năm 1929, Edwin Hubble thông báo đã phát hiện ra sự giãn nở của vũ trụ, làm cho vũ trụ tĩnh trở nên lỗi thời, Einstein (*xem mục từ này*) bèn rút bỏ hằng số vũ trụ ra khỏi các phương trình của mình đồng thời tuyên bố rằng việc đưa vào hằng số vũ trụ là một sai lầm lớn nhất đời ông.

Tuy nhiên, phát hiện ra sự tăng tốc của vũ trụ đã làm sống lại hằng số vũ trụ, khi người ta khai quật nó từ nghĩa địa các khái niệm chết, hơn 80 năm sau khi nó ra đời. Lực đẩy hay “năng lượng tối” (được gọi như vậy bởi vì, giống như vật chất tối ngoại lai, bản chất của nó còn hoàn toàn chưa biết) được gắn với hằng số vũ trụ vừa được phục sinh chắc chắn phải mạnh hơn rất nhiều lực do Einstein tính toán. Trên thực tế, lần này vấn đề không phải là xây dựng một vũ trụ tĩnh nữa, mà là một vũ trụ giãn nở tăng tốc. Các tính toán chứng tỏ rằng để tái tạo sự giãn nở của vũ trụ được quan sát từ năm thứ bảy tỷ sau Big Bang, năng lượng tối phải chiếm khoảng 74% tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ! Nhận thấy rằng phần lớn vật chất của vũ trụ của chúng ta là tối đã là một phát hiện thuộc loại đáng kinh ngạc nhất. Nhưng nhận thấy rằng toàn bộ không gian được choán đầy bởi một năng lượng tối mà chúng ta vẫn chưa biết bản chất thì còn kỳ lạ hơn và có thể còn quan trọng hơn đối với vật lý cơ bản.

Khi phát hiện ra sự tăng tốc của vũ trụ, và do đó cả năng lượng tối, vào năm 1998, một số nhà vật lý thiên văn vẫn giữ thái độ hoài nghi, vì họ vẫn nuôi những nghi ngờ về độ tin cậy của các sao siêu mới loại Ia như các cọc tiêu của quá khứ vũ trụ. Tuy nhiên, một sự xác minh vừa bất ngờ vừa ngoài mong đợi đã đến từ WMAP, vệ tinh vẽ bản đồ bức xạ hóa thạch, tức là nhiệt còn sót lại từ thời sáng tạo ra vũ trụ. Bức xạ này đến chúng ta từ thời kỳ hình thành vũ trụ, chính xác là từ thời kỳ vũ trụ mới chỉ ở 380.000 năm tuổi, và choán toàn vũ trụ, nó chứa đựng nhiều chỗ bất thường. Các bất thường này, mà sẽ là mầm mống của các thiên hà, được biểu hiện trên bản đồ bức xạ hóa thạch dưới dạng các vùng bị tác động bởi các thăng giáng nhiệt độ (cỡ khoảng vài phần trăm nghìn độ, so với nhiệt độ của bức xạ hóa thạch cỡ 2,725 độ Kelvin). Thế nhưng, kích thước của các thăng giáng này lại phụ thuộc vào hình học của vũ trụ. Nếu vũ trụ có một độ cong

duong, như mặt cầu chẳng hạn, thì các vùng thăng giáng nhiệt độ phai lớn hơn một chút. Trong một vũ trụ có độ cong âm, như một mặt yên ngựa, thì các vùng thăng giáng sẽ nhỏ hơn một chút. Nằm trong khoảng trung gian sẽ là một vũ trụ phẳng, không có độ cong. Vào năm 2003, *WMAP* đã đo kỹ lưỡng kích thước các thăng giáng nhiệt độ của bức xạ hóa thạch. Kết luận của nó là dứt khoát: hình học của vũ trụ là phẳng! Hình học phẳng này chỉ có thể hiểu được nếu chắc chắn tồn tại một bộ phận cấu thành khác của vũ trụ, đó chính là cái năng lượng tối huyền bí chiếm 74% tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ!

Tuy nhiên, một câu hỏi được đặt ra: tại sao sự tăng tốc của vũ trụ lại chỉ được thể hiện kể từ khoảng 7 tỷ năm sau Big Bang? Tại sao năng lượng tối lại không chứng tỏ sự hiện diện của mình sớm hơn? Thực tế, lực hấp dẫn đẩy do năng lượng tối đã luôn hiện hữu, nấp trong bóng tối, nhưng, trong khoảng bay ty năm đầu tiên sau Big Bang, nó còn quá yếu nên không chống lại được lực hấp dẫn hút khổng lồ tác dụng bởi tổng lượng vật chất (thông thường và ngoại lai) và năng lượng của vũ trụ. Chính lực hút khi đó điều khiển cuộc chơi, và nó làm giảm tốc độ giãn nở của vũ trụ. Tuy nhiên, thời gian đã ủng hộ lực đẩy, vũ trụ dần loạng đi, khoảng cách giữa các thiên hà tăng lên, và lực hút vốn biến thiên tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa các thiên hà giảm cường độ. Trái lại, cường độ của lực đẩy vẫn không đổi. Theo thời gian, lực đẩy này ngày càng lớn so với lực hút. Sự chuyển giao quyền lực đã diễn ra khi đồng hồ vũ trụ điểm 0 bay ty năm. Lực đẩy khi đó mạnh hơn, nó nắm mọi vật trong tay và kể từ đó làm tăng tốc độ giãn nở của vũ trụ.

Dù thế nào chăng nữa, thì năng lượng tối vẫn tồn tại. Các nhà lý thuyết miệt mài nghiên cứu với hy vọng hiểu được nguồn gốc huyền bí của nó. Còn các nhà quan sát, họ đã lập kế hoạch cho một vệ tinh gọi là *SNAP* (viết tắt của cụm từ *Supernova Acceleration Probe* nghĩa là "Thăm dò sự tăng tốc của vũ trụ nhờ các sao siêu mới"). Vệ tinh này sẽ đưa lên bên trên khí quyển Trái đất một kính thiên văn đường kính 2 m cho phép phát hiện ra hơn hai nghìn sao siêu mới, nhờ đó sẽ đo được tốc độ giãn nở tại tận thời điểm hai tỷ năm sau Big Bang, và kiểm tra cả chuỗi các lý thuyết đang đua nhau giải thích sự tồn tại của năng lượng tối...

## Newton, Isaac

Cùng với Albert Einstein, Isaac Newton (1642-1727) là một trong những nhân vật hiếm hoi trong lịch sử tư tưởng nhân loại, là người làm việc đơn độc, chỉ bằng sức mạnh tư duy và thiên tài kỳ diệu của mình đã làm thay đổi một cách căn bản bộ mặt của thế giới. Newton là nhà ảo thuật đã thống nhất được Trời với Đất. Chính ông đã chôn vùi vĩnh viễn quan niệm của Aristotle về vũ trụ, theo đó Trời và Đất được chi phối bằng các định luật tự nhiên khác nhau, rằng các chuyển động trên Trời là tròn còn trên Trái đất là thẳng. Cũng chính ông là người đã vén bức màn bí mật về cầu vồng.

Như một cuộc chạy tiếp sức, Newton sinh đúng vào năm mất của Galileo (1564-1642). Chính cuộc đời của họ đã phân định thời kỳ của cuộc cách mạng khoa học vĩ đại mà họ đã có những đóng góp to lớn. Là sinh viên ở Đại học Cambridge trong những năm 1664-1665, chàng trai trẻ Newton đã thấm nhuần các tác phẩm của Descartes, Galileo và Kepler. Để tránh nạn dịch hạch hoành hành vào năm 1665, ông đã về ở nhà mẹ mình ở Woolsthorpe, vùng nông thôn Lincolnshire. Hai năm sau đó có thể nói là hai năm kỳ diệu, đó là thời gian nhà vật lý trẻ đã làm thay đổi bộ mặt thế giới bằng sức mạnh trí tuệ của mình. Năm 24 tuổi, ông đã phát minh ra phép tính vi tích phân, có những phát hiện cơ bản về bản chất của ánh sáng, và đặc biệt là xây dựng được lý thuyết Vạn vật hấp dẫn. Người ta kể rằng khi nhìn một quả táo rơi xuống chân trong vườn táo nhà mẹ mình, trực giác của nhà vật lý trẻ tuổi đã lóe sáng mách bảo rằng chính lực hấp dẫn và chỉ có duy nhất lực này là nguyên nhân dẫn đến sự rơi của quả táo và chuyển động của Mặt trăng xung quanh Trái đất. Chưa bao giờ trước đó và chưa bao giờ kể từ đó, trừ năm 1905 khi Albert Einstein (*xem mục từ này*) phát minh đồng thời thuyết Tương đối hẹp, hiệu ứng quang điện và chuyển động của các nguyên tử, vũ trụ lại biết đến những đảo lộn to lớn đến thế trong một khoảng thời gian ngắn đến thế.

Newton được phong giáo sư ở Đại học Cambridge danh tiếng khi mới 27 tuổi. Nhưng, ngoại trừ một vài đồng nghiệp biết đến các phát minh của ông ra, Newton là người duy nhất chứng kiến thiên

tài của chính mình. Đơn độc làm việc, ông viết đầy hàng trăm trang tính toán để rồi cuối cùng khóa chặt trong ngăn kéo. Newton không công bố các tác phẩm của mình, có thể bởi vì ông coi chúng còn chưa hoàn chỉnh, mà cũng có thể vì ông có bản tính hay ngờ vực và cuống ám. Thực tế, vị giáo sư trẻ này nghĩ rằng những công bố sẽ gây ra các cuộc tấn công chống lại các tư tưởng của ông, và các ý tưởng này sẽ bị các đồng nghiệp đánh cắp mà không hề hổ thẹn.

Cuộc đời Newton có một bước ngoặt căn bản vào năm 1684, khoảng 20 năm sau khi phát minh ra định luật Vạn vật hấp dẫn, khi ông gặp nhà thiên văn hoàng gia Edmund Halley (1654-1742). Qua một cuộc nói chuyện, Halley tình cờ biết rằng Newton đã giải quyết xong vấn đề chuyển động của các hành tinh - tại sao các hành tinh lại tuân theo các định luật của Kepler? - gần hai thập kỷ trước. Và bằng một kỹ thuật toán học, đó là phép tính vi tích phân mà chính Newton đã phát minh ra!

Halley đã kiên trì thuyết phục cho tới khi Newton chịu công bố lý thuyết của mình. Nhượng bộ trước sự cố vũ và thuyết phục của nhà thiên văn hoàng gia và sau hai năm viết cật lực, năm 1687, Newton cuối cùng đã cho công bố, với chi phí của Halley, kiệt tác của mình, *Các nguyên lý toán học của triết học tự nhiên* (thường được gọi tắt bằng tên Latin là *Principia mathematica*). Trong tác phẩm này ông đã trình bày một cách tài tình lý thuyết Vạn vật hấp dẫn của mình. Ngày nay, *Principia* vẫn là cuốn sách vật lý có ảnh hưởng nhất trong số các sách đã được viết ra. Chính nhờ sử dụng lý thuyết Vạn vật hấp dẫn của Newton mà Halley đã tính toán được quỹ đạo của sao chổi mà sau này mang tên ông, đây là sao chổi cứ mỗi 76 năm lại tới thăm nhân loại một lần, và làm yên lòng hậu thế của ông.

Với kiệt tác trí tuệ là một trong những tác phẩm hài hòa nhất mà trí óc con người có thể xây dựng được, Newton đã tổng hợp các kiến thức thu được bởi Kepler và Galileo (xem các mục từ tương ứng) và mang lại câu trả lời cho rất nhiều câu hỏi mà những người đi trước ông vẫn còn bỏ ngỏ. Nếu các tinh cầu, mà các hành tinh được coi là gắn trên đó, chỉ là một sản phẩm của trí tưởng tượng con người, như Tycho Brahe (xem mục từ này) đã cảm nhận một cách chính xác, vậy thì cái gì giữ cho các hành tinh ở trên các quỹ đạo elip của chúng? Tại sao chúng không bị rơi về phía Mặt trời? Cái gì làm cho chúng

chuyển động, bởi vì không có các thiên thần để đẩy chúng, như trong trường hợp vũ trụ Cơ đốc giáo của thánh Thomas d'Aquin (khoảng 1225-1274)? Tại sao chúng lại tăng tốc khi gần Mặt trời và giảm tốc khi xa Mặt trời?



Newton đã thực hiện một cú đại nhảy vọt về khái niệm bằng cách kết nối chuyển động rơi của quả táo trong vườn với chuyển động của Mặt trăng xung quanh Trái đất. Theo ông, Mặt trăng, cũng giống như quả táo, đều tuân theo lực hấp dẫn và chỉ mình lực đó; cả hai đều "rơi" về phía Trái đất cả. Nhưng tại sao một quả táo tung lên không trung lại rơi xuống mặt đất chỉ sau vài giây, trong khi Mặt trăng lại quay quanh Trái đất dường như mãi mãi? Câu trả lời là vì quả táo không nhận được một xung lực đủ mạnh vào thời điểm tung lên. Nếu được tung ngày càng mạnh hơn, thì nó sẽ ở trên không trung ngày càng lâu hơn và sẽ đáp xuống đất ở vị trí càng xa hơn. Cho tới thời điểm khi mà khoảng cách của điểm rơi của quả táo lớn hơn đường kính của Trái đất. Giống như Mặt trăng, quả táo khi đó sẽ tiếp tục quay vĩnh viễn quanh Trái đất trên một quỹ đạo elip. Và cũng giống như các hành tinh, nó sẽ không cần được cố định trên một tinh cầu và được đẩy bởi các thiên thần để tiếp tục chuyển động! Lực hấp dẫn phổ quát làm cho mọi vật hút mọi vật khác với một lực tỷ lệ thuận với tích các khối lượng của chúng và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Một hành tinh ở gần Mặt trời sẽ bị lực hấp dẫn hút mạnh hơn về phía Mặt trời, và chuyển động của nó sẽ được tăng tốc. Ngược lại, khi ở xa Mặt trời, nó sẽ bị Mặt trời hút

yếu hơn, và nó sẽ giam tỏa. Nhờ lý thuyết Vạn vật hấp dẫn, Newton đã có thể không chỉ giải thích được các định luật Kepler về chuyển động của các hành tinh, mà còn giải thích được quỹ đạo của các sao chổi, quỹ đạo của các vệ tinh của Mộc tinh, chuyển động của Mặt trăng, giải thích được Mặt trăng chính là nguyên nhân gây ra thủy triều trên Trái đất và rất nhiều hiện tượng tự nhiên khác nữa.

Với Newton, thế giới đã thay đổi bộ mặt của mình. Vũ trụ là vô hạn, điều đó trước kia được Giordano Bruno cam nhận nhờ các lập luận triết học và thần học, thì giờ đây đã có được một vị thế khoa học. Vũ trụ không thể có các giới hạn được, vì nếu nó có giới hạn, sẽ tồn tại một vị trí trung tâm được ưu tiên. Lực hấp dẫn hút tất cả, khi đó sẽ làm cho tất cả các bộ phận của vũ trụ co sập về phía tâm này, tạo ra ở đó một khối lượng trung tâm rất lớn, điều này không phù hợp với vũ trụ được quan sát.

Quyết định luận ngay khi đó đã hùng dũng bước lên sân khấu. Các chuyển động trên Trái đất cũng như trên Trời được quyết định bởi các định luật toán học chặt chẽ và chính xác. Một khi được khởi phát, các chuyển động này sẽ không cần sự can thiệp thần thánh hay bất cứ thứ gì khác. Tất cả đã được quyết định từ trước. Vũ trụ Newton vận hành như một cỗ máy đã được bôi trơn dầu mỡ. Chúa khi đó có rất nhiều thời gian rỗi. Thay vì phải liên tục canh chừng vũ trụ Aristotle đề theo dõi đội quân các thiên thần và bảo đảm sự vận hành tốt của các hành tinh và các thiên thể khác, Chúa chỉ cần cho vũ trụ Newton một cái búng nhẹ ban đầu rồi để cho nó tự vận động.

Newton đã làm thay đổi một cách căn bản nhận thức về thế giới. Cuối thế kỷ XVIII, con người thấy mình mất hút trong một vũ trụ bao la vô tận chứa đầy một cách đồng nhất các ngôi sao trong đó con người không còn là trung tâm nữa. Được đặt trên một Trái đất nhỏ nhoi, con người sống trong một vũ trụ tất định và cơ giới với ngón ngang các vật vô tri hành xử theo các định luật tất định chặt chẽ mà lý trí của con người có thể phát hiện được. Chúa hiện diện, nhưng rất xa vời. Sau khi tạo ra vũ trụ và lên "dây cót" cho nó, Chúa đứng từ xa chứng kiến sự tiến hóa của nó và không can thiệp vào các công việc của con người nữa. Nỗi hoang mang về sự mệnh mông vô hạn của vũ trụ khi đó đã xâm chiếm một số người. Blaise Pascal (1623-1662) đã thốt lên một tiếng kêu buốt lòng nổi tiếng: "Sự im lặng vĩnh viễn

của các không gian vô hạn này làm cho tôi sợ!" Nhưng, đối với phần lớn các nhà bác học, quan niệm cho rằng lý trí con người có khả năng đột phá những bí mật của Chúa và hiểu được các định luật chi phối vũ trụ là một điều hết sức phấn khích.

Các ý tưởng của Newton đã lan truyền ra khắp lục địa và làm cho ông trở nên nổi tiếng. Danh tiếng này cũng đã được sự chấp cánh của những nhà phổ biến khoa học, họ đã đưa khoa học và triết học Newton vào tầm tay của giới trí thức châu Âu. Trong số họ, người xuất sắc và nổi tiếng nhất có lẽ là Voltaire (1694-1778), triết gia Khai sáng và người hâm mộ Newton cuồng nhiệt. Voltaire đã cho công bố cuốn *Các yếu tố của triết học Newton dành cho mọi người* vào năm 1738. Trong tác phẩm dành tặng cho người tình của mình, nữ hầu tước Châtelet, này, triết gia người Pháp đã tự giao cho mình nhiệm vụ "nhổ gai khỏi các tác phẩm của Newton nhưng không tò điếm cho chúng các bông hoa vốn không phải của chúng". Sau khi cuốn sách được công bố, ngay cả những tu sĩ dòng Tên, những kẻ thù của Voltaire, cũng phải thừa nhận rằng "cả Paris đều vang lên cái tên Newton, cả Paris nghiên cứu và học Newton".



Ảnh hưởng rộng lớn của Newton còn được cảm nhận trong suốt thế kỷ XVIII, thế kỷ Khai sáng. Lý trí đã ngày càng đẩy lùi đức tin xuống hàng thứ yếu. Chúa lại càng xa vời thêm nữa, tới mức nhà

thiên văn Pierre Simon de Laplace (1749-1827 - xem mục từ này), người ngợi ca quyết định luận, đã quyết định bỏ qua Chúa. Bị Napoléon Bonaparte trách không nhắc tới dù chỉ một lần người Thọ đông hồ Vĩ đại trong tác phẩm *Cơ học thiên thể* của mình, ông đã rất tự tin trả lời: “Thưa bệ hạ, thần không cần đến giả thiết này!” Niềm tin này vào lý trí con người đã lan truyền trong tất cả các lĩnh vực hoạt động của con người. Quan niệm về sự tiến bộ - tức quan niệm cho rằng tự nhiên có thể bị thuần hóa vì lợi ích của con người, rằng con người có thể liên tục cải thiện và hoàn thiện, rằng các thể chế xã hội và chính trị có thể làm cho số phận của con người ngay một tốt hơn - đã xuất hiện. Cuối thế kỷ XVIII đã chứng kiến không chỉ bắt đầu cuộc cách mạng công nghiệp, mà còn cả cuộc Cách mạng Mỹ năm 1776, rồi Cách mạng Pháp năm 1789. Sự lên ngôi của chủ nghĩa lãng mạn vào thế kỷ XIX đã đánh dấu một phản ứng chống lại quan điểm quá mất nhân tính của vũ trụ cơ học và quyết định luận của Newton, nhưng vật lý Newton thì vẫn không ngừng ghi điểm. Hải Vương tinh đã được phát hiện không phải bằng cách thăm dò bầu trời, mà bằng các tính toán của các nhà thiên văn người Pháp Urbain Le Verrier (1811-1877) và người Anh John Couch Adams (1819-1892), từ lý thuyết Vạn vật hấp dẫn - là một bằng chứng nữa cho thấy cỗ máy vũ trụ vận hành một cách hoàn hảo.

Vài năm sau khi công bố *Principia*, một cơn trầm cảm tinh thần đã chấm dứt khả năng sáng tạo khoa học của Newton. Ông rời Cambridge để tới London, ở đây ông được phong làm “Giám đốc Sò đúc tiền”, và nhiều năm lo về chuyện tiền tệ của nước Anh. Cũng chính trong thời kỳ này ông đã biên soạn một tác phẩm lớn khác, *Opticks* (Quang học), được công bố năm 1704. Trong tác phẩm này ông đã mô tả các nghiên cứu quang học do ông thực hiện khoảng 40 năm trước. Thiên tài của Newton không chỉ phát lộ trong các nghiên cứu yêu thích của ông về toán học và lý thuyết. Ông còn tỏ ra là một nhà thực nghiệm ngoại hạng. Các thí nghiệm mô tả trong cuốn *Opticks* về sự phân tách ánh sáng thành bảy màu cơ bản của cầu vồng, nhờ một lăng kính thủy tinh, nằm trong số những thí nghiệm tao nhã và cơ bản nhất của vật lý. Trung thành với triết học cơ giới về vũ trụ của mình, Newton đề cao quan điểm coi ánh sáng là hạt. Theo ông, một tia thị giác là một chuỗi các hạt nối đuôi nhau trên đường



thăng này. Để giải thích bảy màu cầu vồng - đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm và tím -, Newton đã lấy cảm hứng từ những khái niệm được đưa vào lý thuyết Vạn vật hấp dẫn của mình. Ông thừa nhận rằng các hạt có bảy kích thước khác nhau và đưa vào sự can thiệp của các lực hút và đẩy, chúng hút và đẩy các hạt ánh sáng, mà nếu không có các lực này, chúng sẽ lan truyền theo đường thẳng. Chẳng hạn, một lăng kính làm lệch ánh sáng lam nhiều hơn là ánh sáng đỏ, bởi vì lực hấp dẫn mà nó tác dụng lên ánh sáng lam lớn hơn lực hấp dẫn mà nó tác dụng lên ánh sáng đỏ. Cách nhìn đó của Newton về ánh sáng sau đó đã thông trị toàn bộ tư tưởng của thế kỷ XVIII về ánh sáng và màu sắc với uy quyền gần như là tuyệt đối, để lại rất ít cơ hội cho lý thuyết cạnh tranh khẳng định ánh sáng có bản chất sóng. Cần phải chờ đến tận thế kỷ XX thì các nhà vật lý mới nhận ra rằng, ánh sáng có thể vừa là sóng vừa là hạt.

Như vậy, trước hết, Newton là nhà khoa học đã khai mào kỷ nguyên của Lý trí. Tuy nhiên, nhà kinh tế học John Maynard Keynes (1883-1946) không tán đồng quan điểm này. Theo ông, "Newton không phải là người đầu tiên của kỷ nguyên lý trí. Mà ông là người cuối cùng trong số các nhà ảo thuật, người cuối cùng trong số những người Babylon và Sumérien, là trí tuệ lớn cuối cùng chiêm ngưỡng thế giới hữu hình và thế giới trí tuệ bằng chính cặp mắt của những người đã bắt đầu xây dựng di sản trí tuệ của chúng ta cách đây khoảng mười nghìn năm trước". Niềm tin của Keynes dựa trên những bản thảo của Newton được phát hiện trong một cuộc bán đấu giá ở nhà Sotheby's năm 1936, những bản thảo mà Newton chưa bao giờ công bố và chưa có ai từng tra cứu trong hơn hai thế kỷ. Từ các bản thảo này, Keynes đã ngạc nhiên phát hiện ra rằng các nghiên cứu khoa học chỉ chiếm một phần nhỏ trong cuộc đời Newton. Ông đã dành phần lớn thời gian của mình cho giả kim thuật và thần học, và đã ký thác các khám phá của mình lên hàng nghìn trang viết tay. Có lẽ những hoạt động ngoài khoa học này chỉ ra rằng Newton đã cảm thấy khó chịu với một cái nhìn thuần túy cơ học về thế giới, với quan niệm về một thế giới vận hành như một chiếc đồng hồ được bôi trơn dầu mỡ? Ông luôn coi sự biến đổi kim loại thành vàng như một hành động thanh lọc tinh thần. Trong khi các đồng nghiệp của ông chỉ giới hạn ở các quan sát thông thường và các thí nghiệm khoa học,

thì Newon đã dám phiêu lưu vào trong một thế giới song song trong đó các thiên thể không còn được mô tả bằng ngôn ngữ vật lý, mà bằng tiên tri thần thánh: một vũ trụ không còn trơ lỳ nữa mà được khuấy động bằng một lực huyền bí vô hình mà theo ông chắc chắn phải trùng hợp với lực hấp dẫn. Vũ trụ là một cơ thể có một tâm hồn. Nó chứa đầy òtê, một chất tinh túy và kỳ diệu vô hạn, các sức sống vô hình, thực vật và nhục dục. Chính Chúa thổi sinh khí vào thế giới vật chất và tạo ra những kết cấu và phức tạp của nó.

Đây là nghịch lý đầu tiên ở Newton: bất chấp vẻ bề ngoài, nhà vật lý của chúng ta không bao giờ là một đệ tử trung thành tuyệt đối của trường phái Newton! Thiên tài sáng lập ra khoa học hiện đại, nhưng lại được phú cho một tinh thần Trung đại, nhà khoa học của chúng ta trên thực tế vẫn thuộc về thế giới tiền Newton! Đối với ông, giả kim thuật và thần học, ngang hàng với vật lý, chỉ là các bộ phận của cùng một sự nghiệp, đó là sự nghiệp tìm kiếm Chúa.

Đó không phải là nghịch lý duy nhất liên quan đến Newton. Còn có một nghịch lý nữa, cũng hết sức kêu gọi: trong khi trí tuệ của Newton cũng rộng lớn như vũ trụ, tinh thần ông bao bọc toàn bộ vũ trụ, các thành tựu khoa học của ông vươn cao như những ngọn núi cao nhất, thì nhân cách của ông lại thuộc loại hẹp hòi và bun xìn nhất. Cuộc đời ông cô độc một cách bệnh hoạn ngay từ thời niên thiếu. Là con trai của một người chủ trang trại mù chữ chết trước khi ông ra đời, mẹ ông gửi ông cho bà ngoại nuôi để tái giá. Sau một tuổi thơ trầm mặc và bất hạnh, được đánh dấu bằng sự tù đọng của người mẹ, trí tuệ siêu đẳng của ông được thừa nhận và giúp ông được nhận vào Đại học Cambridge. Sau khi tốt nghiệp, ông trở thành giáo sư ở đó. Khi ấy, ông trở nên lạnh lùng, kiêu kỳ và xa cách, sống xa lánh mọi người, coi thường đồng nghiệp và giam mình trong phòng để nghiên cứu. Mặc dù tinh thần ông không biết đến các giới hạn để khám phá sự mệnh mông vô tận của vũ trụ, nhưng thế xác ông lại thường không vượt quá bốn bức tường nhà. Chẳng hạn, trong khi thuyết Vạn vật hấp dẫn của ông giải thích một cách tài tình hiện tượng thủy triều bởi lực hấp dẫn mà Mặt trăng và Mặt trời tác dụng lên nước biển, thì rất nhiều khả năng là Newton chưa bao giờ tận mắt nhìn thấy biển! Thích im lặng, suy tư hơn là nói chuyện, thích đơn độc hơn là giao tiếp và quan hệ xã hội, ông không có bạn và gần như không có cuộc

sống xã hội. Khi rời Cambridge để trở thành “Giám đốc Sở đúc tiền” ở London, nhà vật lý của chúng ta thậm chí còn không thèm viết thư để chào những người quen.

Trong suốt cuộc đời Newton không hề có lấy một quan hệ xác thịt với phụ nữ. Là người theo Thanh giáo cực đoan, ông đã buộc tội triết gia người Anh John Locke (1632-1704) đã làm ông bối rối vì đã giới thiệu những người phụ nữ cho ông, mặc dù ông từng viết trong nhật ký rằng ông thường “mơ thấy phụ nữ và hình dáng họ”. “Để trong trắng”, ông viết, “cần không chỉ đấu tranh trực tiếp với các suy nghĩ dâm ô, mà còn phải cố gắng làm tiêu tan chúng bằng cách đọc hoặc suy nghĩ về một chủ đề khác”.

Đối với các đồng nghiệp khoa học, Newton cũng chứng tỏ một lối hành xử vừa kỳ lạ vừa bệnh hoạn. Đa nghi đến cực độ, lo ngại đến mức cuồng ám rằng người ta sẽ ăn cắp các ý tưởng của mình, nên mãi vài thập kỷ sau, như chúng ta đã thấy, ông mới cho công bố các công trình của ông được thực hiện trong những năm kỳ diệu 1665 và 1666. Sau khi tác phẩm của ông được công bố rộng rãi, việc một số các quan điểm của ông bị chỉ trích là điều không thể tránh khỏi. Newton tỏ ra hẹp hòi và nhẫn tâm đối với những người gièm pha ông. Ông đã tố cáo sai nhà bác học người Đức Gottfried Leibnitz (1664-1716) là đã ăn cắp của ông phát minh ra phép tính vi phân trong khi Leibnitz đã thai nghén nó một cách độc lập. Ông lãnh đạo một cách chuyên chế Hội Hoàng gia London, đối xử một cách trơ trẽn với những người cạnh tranh ông, như nhà vật lý Robert Hooke (1635-1703) và nhà thiên văn hoàng gia hàng đầu John Flamsteed (1646-1719). Trong khi ông lớn tiếng tuyên bố sự hài hòa và phụ thuộc lẫn nhau của vũ trụ, thì chưa bao giờ trong đầu Newton nghĩ rằng sự hài hòa và phụ thuộc lẫn nhau này cũng có thể áp dụng cho các quan hệ của con người. Nhân cách của ông đã chứng tỏ một thực tế rằng không nhất thiết tồn tại một sự tương liên giữa thiên tài khoa học của một con người và các phẩm chất tinh thần hay đạo đức của người đó.

Đồng thời là nhà khoa học và thuật sỹ, một tín đồ và kẻ dị giáo (ông bác bỏ học thuyết về tam vị nhất thể), con người và quý dữ, nhân cách của Newton đã cung cấp rất nhiều khía cạnh đầy nghịch lý. Nhưng có một điều chắc chắn là ông đã làm thay đổi thế giới bằng thiên tài của mình. Thế giới như chúng ta biết đã được chủ yếu xác

định bởi Newton. Dù chúng ta tung một quả bóng lên không, chơi bi-a hay đánh tennis, dù chúng ta đi máy bay, NASA đưa con người lên Mặt trăng hay các tàu thăm dò không gian lên quỹ đạo quanh Thổ tinh, thì tất cả các chuyển động này đều được quy định bởi định luật vạn vật hấp dẫn và các định luật chuyển động được thiết lập bởi Newton. Đúng là, vào thế kỷ XX, Einstein đã dạy chúng ta, với thuyết Tương đối của ông, rằng thời gian và không gian không phải là tuyệt đối (tức là nhu nhau đối với tất cả mọi người), như Newton đã từng quan niệm, mà chúng phụ thuộc vào vận tốc của người quan sát và cường độ của trường hấp dẫn mà anh ta đang ở trong đó. Nhưng các vận tốc mà chúng ta đạt được bằng ô tô, máy bay hay tàu thủy trong cuộc sống hằng ngày là rất nhỏ so với vận tốc của ánh sáng, và trường hấp dẫn của Trái đất cũng rất yếu so với trường hấp dẫn của một lỗ đen (chẳng hạn), khiến cho những thay đổi về thời gian và không gian là không đáng kể trong cuộc sống hằng ngày của chúng ta. Thực tại của con người được mô tả rất chính xác bởi các định luật của Newton, và sẽ vẫn như vậy trong một tương lai rất xa. Chúng ta đang tiến hóa trong một thế giới Newton. Hơn hai thế kỷ sau, Einstein tưởng nhớ tiền bối của mình bằng những lời như thế này: “Newton đã kết hợp được nhà thực nghiệm, nhà lý thuyết và nghệ sỹ trong một con người duy nhất. Tự nhiên đối với ông như một cuốn sách mở. Ông sừng sững trước chúng ta, mạnh mẽ, tự tin và cô đơn: niềm vui của ông trong sáng tạo và sự chính xác tỉ mỉ của ông được thể hiện rất rõ ràng trong từng câu chữ và từng phép tính của ông.”

*Tìm đọc: J. Gleick, Isaac Newton, một số phận phi thường, Dunod, 2005.*

## **Ngân Hà: quan niệm hiện đại**

Những phỏng đoán khoa học về hình dạng của Ngân Hà đã xuất hiện từ khi Galileo hướng ống kính thiên văn còn đơn sơ của

mình lên bầu trời vào năm 1609. Rất nhiều các ngôi sao phát lộ và nhân lên nhiều hơn nữa nhờ các kính thiên văn ngày một lớn thêm, vậy chúng nằm cách chúng ta bao xa? Liệu dải Ngân Hà có giới hạn, hay là nó trải đến vô tận, choán đầy vũ trụ vô hạn của Newton với các ngôi sao được phân bố một cách đồng đều? Nó có hình dạng gì? Hình cầu hay dẹt?

Nhà vật lý người Anh Thomas Wright (1711-1786) đã xác định được một khía cạnh cơ bản của Ngân Hà: sự phân bố của các ngôi sao trong bầu trời không thể là đồng nhất, mà được giới hạn trong một lớp mỏng. Nếu chúng ta nhìn theo hướng tiếp tuyến với lớp này, thì có vô số các ngôi sao trình hiện trước mắt chúng ta, tạo ra cảnh tượng kỳ diệu của cái vòm trắng nhợt vắt ngang qua bầu trời và làm vui mắt chúng ta trong những đêm hè đẹp trời không trăng. Trái lại, nếu nhìn theo hướng vuông góc với lớp mỏng này, thì hầu như chúng ta không bắt gặp ngôi sao nào. Vì thế năm 1750, Wright đã cho rằng Ngân Hà có dạng cầu, với Mặt trời và các sao khác phân bố trong một lớp mỏng kẹp giữa hai mặt cầu đồng tâm. Ngân Hà như một quả cam bị bóc ruột, với Mặt trời và các sao ở trong vỏ của nó. Triết gia người Đức Emmanuel Kant (1724-1804), lấy lại các ý tưởng của Wright và hiểu rằng dạng cầu không phải là thiết yếu để giải thích về bề ngoài của Ngân Hà, và ông cho rằng nó có dạng một chiếc đĩa dẹt. Được gợi ý từ sự quay của các hành tinh xung quanh Mặt trời, ông cũng ban cho các ngôi sao một chuyển động tròn, trong mặt phẳng của đĩa, xung quanh tâm Ngân Hà. Sơ dĩ chúng nhìn có vẻ như bất động chẳng qua là vì chúng ở quá xa chúng ta khiến cho chuyển động của chúng trở nên không nhận thấy được. Trực giác thiên tài của Kant đã được kiểm chứng bởi những nghiên cứu kiên nhẫn và tỉ mỉ của nhà thiên văn người Đức gốc Anh William Herschel (1738-1822), người phát hiện ra Thiên Vương tinh (xem mục từ này). Bằng cách đếm các sao trong Ngân Hà theo các hướng khác nhau của bầu trời, ông đã thấy nó quả thật có dạng dẹt.

Trong Ngân Hà của Herschell (vào lúc đó được coi là trùng với toàn bộ vũ trụ), ngôi sao Mặt trời của chúng ta chiếm vị trí trung tâm. Như vậy, trên thực tế, bàn ghế của con người vẫn không chịu thua: nếu Trái đất không còn là trung tâm của thế giới nữa, thì ngôi sao của chúng ta phải là trung tâm! Việc đếm các sao không thể xác

định được giới hạn của thiên hà một cách chính xác. Bằng mọi giá phải thâm nhập sâu vào vũ trụ theo một phương pháp khác. Để xác định khoảng cách tới các ngôi sao gần nhất, các nhà thiên văn đã vận dụng một phương pháp gọi là "thị sai" (xem mục từ này): cùng một sao được quan sát từ hai vị trí khác nhau của Trái đất trong chuyến chu du hằng năm của nó xung quanh Mặt trời, cách nhau một khoảng thời gian là sáu tháng, khi hành tinh của chúng ta hoàn thành nửa vòng quay của nó quanh Mặt trời. Hai quan sát được thực hiện như vậy từ hai địa điểm cách nhau một khoảng 300 km, đường kính trung bình của quỹ đạo elíp của Trái đất quanh Mặt trời. Vì điểm nhìn là khác nhau, nên các vị trí của ngôi sao được quan sát cách nhau sáu tháng sẽ khác nhau một góc nhỏ gọi là "thị sai" (trong tiếng Hy Lạp *parallaxis*, nghĩa là "thay đổi") so với nền của các ngôi sao xa dường như là đứng yên trong bầu trời. Vì khoảng cách của ngôi sao biến thiên tỷ lệ nghịch với góc đo được (sao càng xa, thì góc càng nhỏ), nên chỉ cần đo thị sai của sao là có thể suy ra khoảng cách của nó. Và vũ trụ như vậy cứ ngày càng lớn hơn. Khoảng cách tới các ngôi sao không còn được đo bằng giờ ánh sáng nữa, như đối với các hành tinh nữa, mà phải bằng năm ánh sáng. Sao gần Mặt trời nhất là Proxima của chòm Nhân Mã nằm cách chúng ta 4,3 năm ánh sáng; Thiên Lang - cách 8 năm ánh sáng; Chức Nữ - cách 22 năm ánh sáng.

Nhưng không phải lúc nào cũng với tới được các giới hạn của Ngân Hà. Vượt ra ngoài khoảng một trăm năm ánh sáng, thì thị sai của các sao trở nên quá nhỏ nên không thể đo được. Cần phải tìm các ngọn đèn pha vũ trụ mà độ sáng của chúng là đủ lớn để có thể nhận thấy được từ rất xa và hướng tầm nhìn của chúng ta đến các vùng xa xôi này. Các ngọn đèn pha vũ trụ này được thể hiện dưới dạng các sao xêphêit (xem mục từ này), đó là những ngôi sao có độ sáng biến thiên một cách tuần hoàn. Sao xêphêit có một tính chất rất đáng chú ý: càng sáng thì khoảng thời gian giữa hai cực đại sáng (gọi là chu kỳ) càng dài (trong khoảng từ nhiều ngày cho tới vài tuần). Như vậy chỉ cần đo chu kỳ của xêphêit là ta có thể suy ra độ sáng nội tại (thực) của nó. Sau đó, khoảng cách tới ngôi sao này sẽ được tính bằng cách lưu ý rằng độ sáng biểu kiến đo được của nó đúng bằng độ sáng thực chia cho bình phương khoảng cách.

Các coc tiêu nay của các vùng xa xôi trong thiên hà sẽ được nhà thiên văn người Mỹ Harlow Shapley (1885-1972) sử dụng một cách tài tình để xác định giới hạn của Ngân Hà. Đặc biệt, ông đã dùng nó để trục xuất Mặt trời ra khỏi vị trí trung tâm trong Ngân Hà và giáng cho con người một vết thương tâm lý nữa. Shapley đã tự trao cho mình nhiệm vụ vén bức màn bí mật của các đám sao cầu (xem mục từ này), tức tập hợp hình cầu đường kính vài trăm năm ánh sáng chứa gần một triệu ngôi sao liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Ông đặc biệt quan tâm đến phân bố không gian của chúng quanh thiên hà. Sử dụng các ngọn đèn pha là các sao xêphêit, ông đã xác định khoảng cách của hàng trăm đám sao cầu. Các đám này được phân bố trong một thể tích lớn hình cầu và điều rất đáng ngạc nhiên là, trung tâm của khối cầu này lại không trùng với vị trí của Mặt trời, mà nằm cách vài chục nghìn năm ánh sáng theo hướng chòm sao Cung Thủ. Shapley đã kết luận một cách chính xác vào năm 1917 rằng, cũng giống như Trái đất không phải là trung tâm của Hệ Mặt trời, ngôi sao của chúng ta không phải là trung tâm của Ngân Hà (tâm của Ngân Hà cũng chính là tâm của khối cầu các đám sao), mà ở rất xa trong ngoại ô của nó. Copernicus, hay chính xác hơn là bóng ma của ông (xem mục từ này), lại một lần nữa trở lại ám ảnh chúng ta!

Ngày nay, chúng ta biết rằng Ngân Hà chứa vài trăm tỷ ngôi sao liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Nó có một đĩa rất mảnh đường kính 100.000 năm ánh sáng và dày khoảng 1.000 năm ánh sáng, trong đó Mặt trời theo đuổi không biết một mõi vòng quay của mình. Ở khoảng cách 26.000 năm ánh sáng, tức hơn một nửa khoảng cách tính từ tâm của Ngân Hà và mép của nó, Mặt trời kéo theo bầu đoàn các hành tinh của nó qua không gian Ngân Hà ở với vận tốc 220 km/s (hay 790.000 km/h). Từ khi ra đời cách đây 4,55 tỷ năm, Mặt trời đã thực hiện trọn vẹn 20 vòng quay quanh tâm Ngân Hà, mỗi vòng mất 220 triệu năm. Hệ Mặt trời giờ đây thật là nhỏ nhoi, kích thước của nó chỉ bằng một phần trăm triệu kích thước của thiên hà! Công việc khám phá đã thực hiện quả là rất to lớn. Đo đạc toàn bộ Ngân Hà từ cái góc nhỏ nhoi của chúng ta trong Hệ Mặt trời cũng chẳng khác gì chiến công của một con giun phiêu lưu dám đo độ rộng của toàn nước Pháp!

## Ngân Hà – truyền thuyết

Vào những đêm hè đẹp trời, cái nhìn của chúng ta bị cuốn hút bởi một dải màu trắng nhạt vắt ngang bầu trời. Ở đất nước tôi (Việt Nam), người ta đặt tên cho dải sáng này là “sông Ngân”. Người xưa kể lại rằng, vợ chồng nhà Ngâu bị Ngọc Hoàng phân li và phải sống ở hai bên bờ sông này. Sau đây là câu chuyện lãng mạn và đượm buồn của họ dưới ngòi bút giàu chất thơ của nhà văn Việt Nam Phạm Duy Khiêm (1908-1974):

“Chức Nữ, một trong những nàng công chúa đẹp nhất của Ngọc Hoàng, nàng là người khéo léo và siêng năng nhất. Sáng nào nàng cũng đến dệt cửi bên bờ sông Ngân, và cho tới tận tối đôi chân nàng vẫn miệt mài đập cửi, tay nàng vẫn thoăn thoắt đưa thoi. Chính nàng là người may xiêm y cho tất cả những nàng tiên của Thượng giới, và chính vì lẽ đó mà khung cửi của nàng luôn rộn tiếng thoi đưa hòa với tiếng sóng vỗ bờ của dòng sông bạc.

Hằng ngày, chàng mục đồng Ngưu Lang chăn thả đàn trâu của Ngọc Hoàng dọc bờ sông. Ngày nào chàng cũng nhìn thấy nàng công chúa siêng năng canh cửi, và chàng không thể rời mắt ngắm nhìn khuôn mặt tuyệt mỹ và cử chỉ yêu kiều của nàng.

Chàng mục đồng trẻ trung và đẹp trai, đến mức Chức Nữ không thể kéo dài sự vô cảm của mình trước ánh mắt của chàng. Nhưng Ngưu Lang đã không dám tin vào hạnh phúc của mình. Khi Ngọc Hoàng nhận thấy hai người đã đắm say nhau, Ngài không hề phản đối, mà ngược lại còn cho phép họ lấy nhau, chỉ yêu cầu cả hai đều phải tiếp tục làm công việc của mình sau đám cưới.

Trong niềm hoan lạc sẻ chia, Ngưu Lang và Chức Nữ, chao ôi, đã quên mất lệnh của Ngọc Hoàng. Bỗng lại tiên canh khiến đôi uyên ương mái vui quên hết những công việc trước kia, chúng không còn quyền rũ họ như xưa nữa. Bị bỏ mặc, đàn trâu chạy lóng nhông quanh các cánh đồng của nhà trời. Khung cửi không còn rộn ràng những âm thanh náo nức và bi mạng nhện bám đầy.

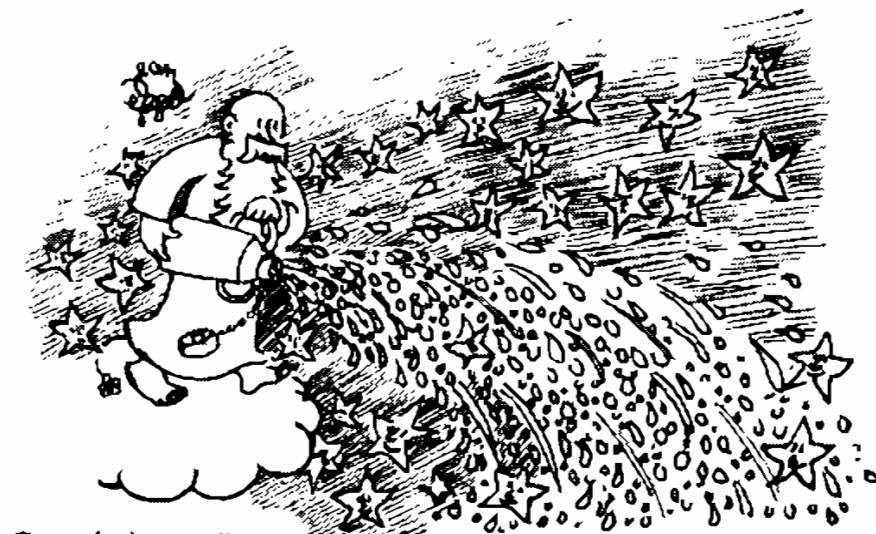
Ngọc Hoàng nhân từ nhưng cũng rất nghiêm khắc. Ngài bèn phân li hai vợ chồng, bắt cả hai phải trở lại làm công việc trước kia của mình, mỗi người ở một bên bờ sông Ngân. Và, kể từ đó, hai vợ



chồng ngóng nhau qua làn nước lấp lánh: xa nhau, nhưng cả hai không thôi nghĩ về nhau.

Mỗi năm, hai người được phép gặp nhau một lần: vào tháng Bảy, và từ đó người ta gọi tháng này là tháng Ngâu. Mỗi khi gặp nhau, Ngưu Lang và Chức Nữ lại tuôn trào nước mắt vì sung sướng; và họ lại khóc như mưa khi phút chia li lại đến gần. Chính vì thế tháng Bảy là tháng mưa dầm dề, mà người ta gọi là Ngâu. Ngoài ra, nếu bạn về nông thôn vào tháng này, các bác nông dân sẽ giúp bạn hiểu tại sao vào mùa này lại vắng bóng những chú quạ: chúng bay lên trời để đỡ chiếc cầu giúp hai vợ chồng nhà Ngâu qua sông gặp nhau..."

Hẳn các bạn đã biết, sông Ngân trong truyện cổ tích của Việt Nam chính là cái mà ở phương Tây người ta gọi là Con đường sữa (tiếng Pháp là *Vie lactée*, tiếng Anh là *Milky way*). Từ ngàn đời nay, dù thuộc nền văn hóa nào, con người cũng đều biểu lộ nhu cầu không thể cưỡng nổi là tạo cho thế giới xung quanh mình một khuôn mặt quen thuộc và gắn kết những mâu thông tin rời rạc - trong trường hợp câu chuyện cổ tích trên, là cái dải lớn màu trắng nhạt hình vòng cung tô điểm cho bầu trời trong những đêm hè đẹp trời và những cơn mưa dầm dề đổ xuống đất nước Việt Nam trong tháng Bảy - thành một sơ đồ nhất quán và thống nhất để xóa đi nỗi lo âu trước những không gian vô tận và cảm thấy bớt xa lạ hơn trong vũ trụ bao la mà con người sống trong đó. Một dòng sông Ngân trong một nền văn hóa trở thành một Con đường sữa trong một nền văn hóa khác, vì màu trắng nhạt của nó gợi đến màu của sữa.



Con đường sữa

Hãy tự xoay sở đi! Ta không còn muốn nuôi  
tất cả chúng bay bằng sữa nữa

## Ngẫu nhiên và Tất nhiên

Vũ trụ của chúng ta có một lịch sử, và lịch sử này liên quan chặt chẽ với chúng ta, bởi nó dẫn đến chính chúng ta. Sự thi vế vũ trụ cũng là sự thi của chúng ta. Sự xuất hiện của chúng ta là kết quả của một chuỗi các sự kiện ngẫu nhiên trong bức tranh vũ trụ mênh mông 14 tỷ năm, hay là kết quả tất yếu của một quá trình tiến hóa vũ trụ? Liệu tất cả đều chỉ là ngẫu nhiên, hay có một loại mục đích đã được ghi sẵn trong quá trình tiến hóa của sự sống, như những người theo thuyết tạo hóa khẳng định? Nói theo cách của Jacques Monod, vậy nó là kết quả của ngẫu nhiên hay tất nhiên?

Không còn nghi ngờ gì nữa, ngẫu nhiên đóng một vai trò rất lớn trong quá trình tiến hóa của sự sống, chúng ta là sản phẩm của một chuỗi các ngẫu nhiên không thể dự đoán và những ngã rẽ với xác suất thấp. Sự xuất hiện của chúng ta rõ ràng là kết quả của một chuỗi các sự kiện ngẫu nhiên. Mỗi giai đoạn có thể diễn ra theo hàng nghìn cách khác nhau, và những khác biệt rất nhỏ, tương chừng như vô nghĩa vào thời điểm chúng xảy ra, lại có thể đưa sự tiến hóa đến những con đường hoàn toàn khác nhau, tới những cái đích khác nhau, thậm chí đối lập nhau. Chúng ta là những đứa con của một vở kịch lịch sử khổng lồ, nơi ngẫu nhiên và tình cờ đóng một vai trò to lớn không thể chối cãi. Chẳng hạn, ngẫu nhiên là nguồn gốc của một loạt các biến dị di truyền nhỏ ở từng cá thể, làm cho chúng ta không ai giống hệt ai. Chính sự đa dạng gần như vô hạn này cho phép chọn lọc tự nhiên nhập cuộc và trao cho các sinh vật có khả năng thích nghi tốt hơn với môi trường một khả năng duy trì nòi giống tốt hơn. Ngẫu nhiên cũng đóng vai trò cơ bản trong sự gặp gỡ giữa các tế bào sinh sản đực và cái trong việc quyết định giới tính.

Như vậy, tiến hóa là một lịch sử trong đó các sự kiện không bao giờ tái diễn một cách y chang. Lịch sử của sự sống được điểm đầy những lựa chọn và lối rẽ nhào nặn nên sự phát triển và định hướng dòng chảy của nó, nhưng tuyệt nhiên không bao giờ áp đặt trước. Chẳng hạn, cách đây hơn 2 tỷ năm, sự xuất hiện của nhân tế bào, đánh dấu sự chuyển tiếp từ các tế bào nhân sơ (*prokaryotic*) sang tế

bào nhân chuẩn (*eukaryotic*), có thể đã không thể diễn ra. Việc chuyển từ đơn bào sang đa bào, cách đây hơn 1 tỷ năm, không phải là hoàn toàn tất yếu. Các loại động vật có vú là tổ tiên của chúng ta có thể đã không thể sống sót sau vụ va chạm của tiểu hành tinh sát thủ, cách đây 65 triệu năm. Lịch sử thế giới sinh vật chứa đầy các sự kiện đặc biệt đẩy sự sống vào những trạng thái mới cho phép nó, đến lượt mình, lại sáng tạo và đổi mới.

Lịch sử của chúng ta đã diễn ra theo một cách nhất định, nhưng chuỗi các sự kiện của nó có thể diễn ra hoàn toàn khác. Chúng ta hãy cùng lần ngược dòng sự kiện cho tới thời kỳ bùng nổ Cambri, cách đây 580 triệu năm, khi diễn ra sự đa dạng hóa có tính bùng nổ các dạng thức của sự sống, và hãy cho sự tiến hóa của sinh vật một cơ hội mới. Trong mắt của một số nhà cổ sinh học, không có gì đảm bảo chắc chắn rằng nếu sự tiến hóa phải diễn ra một lần nữa thì nó vẫn sẽ dẫn đến sự xuất hiện của con người chúng ta. Hãy cùng nghe Stephen Jay Gould (1941-2002) người Mỹ: "Hãy cuộn lại cuốn băng về sự tiến hóa cho đến những thời nguyên thủy thạch phiến Burgess, sau đó để cho nó diễn ra một lần nữa từ chính điểm xuất phát đó, thì toàn bộ cơ may tìm thấy lại ở đó một cái gì đó như trí tuệ của con người đều tiêu tan." Chỉ cần một sự kiện duy nhất không xảy ra thôi, chỉ cần một phân nhánh hơi khác đi một chút, hay một loài vật duy nhất không sống sót trong diễn tiến mới của sự sống này, là chúng ta đã không có mặt ở đây để nói về nó.

Vậy từ những điều nói trên có cần phải cho rằng ngẫu nhiên là ngự trị tuyệt đối, rằng sự xuất hiện của chúng ta không hề có một chút logic và ý nghĩa nào, và mọi sáng tạo của các nhân tài - như những bản cangtát của Bach, như những bức tranh *Hoa súng* của Monet, những vần thơ của Shakespeare, thuyết Tương đối của Einstein, các tác phẩm của Khổng Tử... - chỉ là sản phẩm của một chuỗi các ngẫu nhiên, của những phân nhánh ít có khả năng xảy ra và hoàn toàn vô nghĩa? Liệu chúng ta có phải tán đồng với viễn cảnh ảm đạm mà Jacques Monod mô tả: ngẫu nhiên là người quyết định duy nhất, và "rối cuộc con người biết rằng mình là lẻ loi trong khoảng mệnh mông dưng dưng của Vũ trụ mà mình đã đột sinh từ đó một cách ngẫu nhiên", "không chỉ số phận, mà cả bốn phận của con người đều đã không được viết sẵn ra ở đâu cả",

“vũ trụ không thai nghén sự sống, cũng như sinh quyền của con người”<sup>24</sup>?

Tôi không tin như vậy. Từ việc lịch sử sự sống chứa đầy các sự kiện không thể dự đoán, từ việc nó không tuân theo các định luật cho phép tiên đoán một tương lai theo kiểu tất định, như đối với vật chất vô tri vô giác, không nhất thiết phải suy ra rằng sự tiến hóa của sinh vật diễn ra một cách hoàn toàn lộn xộn, không có phương hướng xác định nào. Các nghiên cứu cổ sinh học nói cho chúng ta biết một cách chắc chắn rằng trong 3,8 tỷ năm trở lại đây của lịch sử sự sống trên Trái đất, sự sống đã không ngừng tiến hóa từ đơn giản đến phức tạp, từ tổ chức thấp đến tổ chức tinh xảo hơn. Sự thăng tiến này đặc biệt rõ ràng đối với một số nhóm vào một số thời kỳ nhất định. Ví dụ, đối với nhóm động vật có xương sống, các biến đổi mang tính quyết định đã diễn ra kế tiếp nhau, dẫn tới những sinh vật ngày một phức tạp hơn để dẫn đến sự xuất hiện của con người: lần lượt là sọ não, các chi, màng ối và nhau; bộ xương được thay đổi để cho cơ thể chuyển từ tư thế nằm ngang sang tư thế thẳng đứng, sau đó là đứng bằng hai chân. Tuy nhiên, các nhóm không tiến hóa theo cùng một nhịp độ: một số tiến nhanh, một số khác đứng im, trong khi một số khác nữa lại thoái hóa.

Đúng là ngẫu nhiên và tình cờ đóng một vai trò nhất định trong tiến hóa của sự sống, nhưng chúng không phải tự do muốn làm gì thì làm và lái sự tiến hóa theo ý mình. Những đổi mới của sự sống được định hướng bởi các ràng buộc bên trong và bên ngoài tạo điều kiện cho một số lựa chọn nhưng lại ngăn cấm những lựa chọn khác, mở ra một số con đường, nhưng lại bịt kín những con đường khác. Tiến hóa không diễn ra trong một thế giới với vô hạn các khả năng. Chẳng hạn, ngẫu nhiên bị vật lý và hóa học ràng buộc: những tính chất của các liên kết hóa học giữa các nguyên tử hạn chế các tính chất của những phân tử lớn tạo nên nền tảng của sự sống. Các đột biến gen không phải là tác phẩm của riêng ngẫu nhiên: đúng là chúng diễn ra một cách bấp bênh, nghĩa là chúng ta không thể tiên đoán được chúng sẽ xảy ra khi nào và như thế nào, nhưng chúng không diễn ra một cách hoàn toàn hỗn loạn. Một số bộ phận của bộ gen nhạy

<sup>24</sup> Jacques Monod, *Ngẫu nhiên và Tất yếu*, Le Seuil, 1970.

cảm với các ảnh hưởng từ bên ngoài hơn so với các bộ phận khác, và những bộ phận này thường là ở cùng các khu vực chịu tác động với một tần suất đo đếm được. Ngoài ra, nếu mỗi phân nhánh mở ra những khả năng mới và mang lại những hứa hẹn phát triển bất ngờ, thì nó cũng có thể đóng lại vĩnh viễn các con đường tiềm năng. Nói cách khác, một khi một hướng nào đó đã được chọn, thì trò chơi các khả năng sẽ co hẹp lại và phạm vi mở cho các đột biến gen tương lai cũng bị hạn chế hơn. Danh mục các khả năng sẽ còn hạn chế hơn nữa mỗi khi có một đổi mới quan trọng trong tiến hóa. Nếu một chìa khóa có thể mở một cánh cửa, thì nó cũng có thể đóng nó lại.

Tồn tại cả tác động của những tương tác và hoàn cảnh khiến cho, ở mỗi phân nhánh của cái cây "gia phả" sinh vật, ngẫu nhiên lại đẩy sự sống vào những con đường mới, nhưng ngày càng hẹp hơn. Chẳng hạn, một đột biến gen đã cho chỉ có thể ảnh hưởng tới sự diễn tiến của sự vật ở trong một cơ thể đã cho. Thế nhưng nếu các bình diện vật lý của cơ thể này sinh vật này được định hình bởi những đột biến gen trước đó mà không tương thích với đột biến mới, thì sẽ không có gì xảy ra hết. Bên cạnh những ràng buộc nội tại này còn có các ràng buộc bên ngoài, đến từ môi trường. Một số biến đổi gen chỉ có lợi, và thực tế, chỉ được chọn lọc tự nhiên giữ lại khi các điều kiện khí hậu và môi trường đã sẵn sàng cho điều đó. Như vậy, những biến đổi khí hậu hay địa chất thường là những thúc đẩy hiệu quả đối với sự tiến hóa của sinh vật. Chẳng hạn, sự thay đổi một môi trường rừng thành đồng cỏ đã đóng vai trò quan trọng trong quá trình chuyển từ khỉ thành người. Chính sự co hẹp dần phạm vi những điều có thể này là nguyên nhân của các dòng đổi tiến hóa như của ngựa. Cũng chính sự giới hạn khả năng này đã làm tăng nhịp độ tiến hóa theo các dòng dõi này: bởi vì danh mục các lựa chọn ngắn hơn, nên có ít các mò mẫm, các thử nghiệm không được biến đổi hơn, và vì thế ít thất bại hơn<sup>25</sup>.

Như vậy, ngẫu nhiên đóng một vai trò cơ bản trong các quá trình tiến hóa của sự sống, nhưng nó phải tuân theo sự vận hành hết sức tinh tế tất cả những ràng buộc do các định luật vật lý và hóa học áp đặt. Chính ngẫu nhiên tuân theo các ràng buộc này đã sinh ra cái cây

<sup>25</sup> Christian de Duve, *Poussière de Vie*, Fayard, 1996.

pha hệ của sự sống mà thân của nó, theo xu hướng tiến hóa thẳng đứng, sẽ vươn lên cao, hướng tới một sự phức tạp cao hơn. Cũng tồn tại cả sự tiến hóa theo phương ngang: đó là tiến hóa tạo ra hàng triệu cành và nhánh của cây sự sống. Chính ở đây, sự tinh cò có thể tự do biểu lộ nhất, - như một người chơi nhạc jazz ngẫu hứng trên một chu đề chính theo cảm hứng của mình và phản ứng của công chúng - sẽ tạo ra vô vàn các biến dị nhỏ từ một bình diện chính được cành me cung cấp. Một vài trong số các cành này đã được tỉa bớt bởi các thay đổi môi trường. Cành của họ tiến hóa của chúng ta, chẳng hạn, chỉ có thể giữ lại một nhánh duy nhất: nhánh dẫn tới *Homo sapiens* (con người có trí khôn). Bài học lớn nhất cần phải ghi nhớ về tất cả những điều này là trong quá trình tiến hóa của sự sống, không phải cái gì cũng được phép. Không phải cứ chờ một thời gian đủ dài là mọi thứ sẽ xảy ra. Các lựa chọn có giới hạn, và ngẫu nhiên bị ghìm cương.

Nếu ngẫu nhiên bị kiềm tỏa ở cấp độ gien và tiến hóa của sinh vật, thì nó còn bị hạn chế hơn nữa ở cấp độ toàn vũ trụ. Vũ trụ học hiện đại đã phát hiện ra rằng vũ trụ được điều chỉnh một cách cực kỳ chính xác để cho sự sống và ý thức xuất hiện. Sự tồn tại của sự sống đã được ghi sẵn trong các tính chất của mỗi nguyên tử, mỗi ngôi sao và mỗi thiên hà, và của mỗi một định luật vật lý chi phối vũ trụ. Nếu một số tính chất của vũ trụ chỉ khác đi một chút thôi thì chúng ta sẽ không có mặt ở đây để nói về nó. Ngay từ đầu, vũ trụ đã manh nha các điều kiện cần thiết cho sự đột sinh của một sinh vật sống và có ý thức. Người ta gọi đó là “nguyên lý vị nhân mạnh” (xem mục từ này), trong tiếng Hy Lạp “anthropos” nghĩa là “người”. Còn *anthropique* (“vị nhân”) ở đây được dùng chưa thật chính xác bởi vì nó hàm ý rằng vũ trụ được điều chỉnh chỉ cho mỗi sự xuất hiện của con người. Quan điểm có tính nhân hình luận này là không hoàn toàn chính xác. Trên thực tế, vũ trụ được điều chỉnh để cho đột sinh bất kỳ sự sống và ý thức nào, dù ở trên Trái đất hay ngoài Trái đất. Dù sao chẳng nữa, vũ trụ học hiện đại cũng đã làm loài người vui trở lại khi cho chúng ta biết rằng vũ trụ ngay từ đầu đã thai nghén sự sống và ý thức, ngược với những suy nghĩ của Jacques Monod.

Vậy phải có thái độ như thế nào trước một sự điều chỉnh hết sức chính xác như thế? Một lần nữa chúng ta phải lựa chọn giữa ngẫu nhiên và tất yếu. Những người ủng hộ ngẫu nhiên đưa ra ý tưởng

“đa vũ trụ” (xem mục từ này) theo đó, mỗi một trong vô số các thăng giáng của bọt lượng tử của không-thời gian gốc sẽ cho ra đời một vũ trụ. Thế giới của chúng ta chỉ là một bọt nhỏ giữa vô vàn các bọt khác trong một siêu-vũ trụ được gọi là “đa vũ trụ”. Mỗi một trong các bọt-vũ trụ này có một tổ hợp các hằng số cơ bản và các điều kiện ban đầu riêng; trong số các vũ trụ đó, không một vũ trụ nào chứa sự sống và ý thức - bởi vì chúng không có một tổ hợp đúng -, ngoại trừ vũ trụ của chúng ta, do ngẫu nhiên mà có được một tổ hợp thích đáng. Ngược lại, những người ủng hộ tất yếu thì khẳng định rằng không thể thừa nhận có một số vô hạn các vũ trụ, rằng vũ trụ của chúng ta là duy nhất và sự điều chỉnh cực kỳ chính xác của nó để cho xuất hiện một nhà quan sát không phải chỉ do mỗi ngẫu nhiên mà còn phải là sự biểu hiện của một nguyên lý tổ chức tinh tế thể hiện trong các quy luật của tự nhiên.

Cho tới nay khoa học vẫn chưa có cách để lựa chọn dứt điểm giữa hai giả thuyết trên. Cả hai đều phù hợp với những gì chúng ta biết về vũ trụ. Vì vậy, chúng ta phải nhảy xuống nước và đánh cược, giống như Pascal. Về phần mình, tôi đặt cược cho tất yếu (xem các lý do của sự đặt cược này trong mục từ *Vị nhân*). Tôi nghĩ, ý thức không chỉ là sự ngẫu nhiên may mắn của tiến hóa vũ trụ, mà nó đã phải được “lập trình” từ trước trong vũ trụ, giống như vũ trụ đã được điều chỉnh một cách cực kỳ chính xác ngay từ khi ra đời để cho sự sống có thể xuất hiện. Sự tồn tại của ý thức không phải là ngẫu nhiên, mà là tất yếu, vì vũ trụ chỉ có ý nghĩa nếu nó chứa một ý thức có khả năng lĩnh hội sự tổ chức, vẻ đẹp và sự hài hòa của nó.

## **Nghịch lý Olbers**

Xem: Đêm đen

## Nguyệt thực



Trong kỳ trăng tròn, nguyệt thực có thể xảy ra khi Mặt trời, Trái đất và Mặt trăng nằm chính xác thẳng hàng và Mặt trăng nằm trong bóng của Trái đất (tức Trái đất nằm giữa Mặt trăng và Mặt trời - ND). Trái đất tạm thời chặn ánh sáng của Mặt trời và nhấn chìm Mặt trăng trong bóng tối. Chúng ta thấy bóng của Trái đất gặm nhấm dần bề mặt Mặt trăng. Cảnh nguyệt thực cũng rất thú vị, nhưng kém ấn tượng hơn nhiều so với nhật thực, và sò dĩ như vậy là vì nhiều nguyên nhân. Thứ nhất, chúng ta không thấy đêm buông xuống giữa ban ngày, vì nguyệt thực luôn xảy ra vào ban đêm. Thứ hai, rất nhiều người trên thế giới - cụ thể là tất cả những ai sống ở phần đêm của Trái đất - đều có thể quan sát được nguyệt thực toàn phần mà chẳng cần phải cất công đi đâu mới xem được. Thứ ba, nguyệt thực kéo dài hơn: thay vì vài phút của một nhật thực toàn phần, nguyệt thực toàn phần kéo dài khoảng một tiếng rưỡi - thời gian mà Mặt trăng phải mất để đi vào và đi ra khỏi bóng của Trái đất. Cuối cùng, Mặt trăng không biến mất hoàn toàn trong nguyệt thực toàn phần: nó vẫn được chiếu sáng một cách yếu ớt bằng một thứ ánh sáng đỏ nhạt do một phần của ánh sáng Mặt trời bị khí quyển của Trái đất làm cho đỏ đi và bị lệch hướng (hay khúc xạ). Sự chuyển sang đỏ của ánh sáng



Mặt trời là do các hạt bụi nhỏ lơ lửng trong khí quyển Trái đất gây ra (cũng chính những hạt này gây ra màu đỏ như lửa của hoàng hôn).



## Nguồn gốc

Vũ trụ của chúng ta có một lịch sử, và lịch sử này liên quan chặt chẽ với chúng ta vì nó dẫn đến chúng ta. Các tiến bộ khoa học thế kỷ XX đã làm thay đổi căn bản quan niệm về nguồn gốc của chúng ta. Ngày nay chúng ta có một bức họa lịch sử không lỗ. Chưa bao giờ lịch sử về nguồn gốc của chúng ta lại trải trên một thời gian dài đến thế - khoảng 14 tỷ năm - cũng như trong một không gian rộng lớn đến thế. Chưa bao giờ nó lại xác thực đến thế, vì tất cả các khoa học, từ vật lý thiên văn cho tới hóa học, từ nhân chủng học cho tới sinh học thần kinh, từ vật lý học cho tới sinh học, tất cả đều chạy đua không ngừng nghỉ để làm cho nó chi tiết hơn và chính xác hơn. Việc

giải mã thiên sử thi hùng vĩ này, câu chuyện thống nhất vĩ đại của tất cả các khoa học này, đã trải qua nhiều biến cố, vô số các ngõ cụt và các bước thụt lùi, nhưng chưa bao giờ thôi hấp dẫn và không ngừng lôi cuốn và phong phú thêm.

Vũ trụ không còn là vĩnh cửu và bất biến như Aristotle từng nghĩ nữa. Nó vô thường và liên tục thay đổi. Trải qua tiến hóa không ngừng được đánh dấu bởi vô số các biến cố và rất nhiều ngõ cụt này, vũ trụ đã luôn chứng tỏ sự sáng tạo và luôn biết tìm ra giải pháp cho phép nó tiếp tục đã thăng tiến trên con đường phức tạp hóa. Ngay nay, chúng ta nghĩ rằng vũ trụ được sinh ra trong một vụ nổ kinh hoàng gọi là Big Bang, được đặc trưng bởi các nhiệt độ cực cao và các mật độ không thể tưởng tượng nổi. Kể từ đó, vũ trụ đã lạnh đi rất nhiều (nhiệt độ của không gian giữa các thiên hà là rất thấp, cỡ  $-270^{\circ}\text{C}$ ) và loãng (mật độ trung bình của nó là vài nguyên tử hydro/ $\text{m}^3$ ). Nó đã sinh ra hàng trăm tỷ thiên hà, mỗi một thiên hà lại chứa tới hàng trăm tỷ Mặt trời. Và ở một trong các thiên hà này được gọi là Ngân Hà, bên cạnh một ngôi sao có tên là Mặt trời, con người được làm từ các bụi sao đã xuất hiện, có khả năng tự vấn về vũ trụ đã sinh ra mình.

Lịch sử về nguồn gốc của chúng ta được chia thành nhiều giai đoạn. Từ một chân không chứa đầy năng lượng, vũ trụ đã sinh ra một món súp ban đầu của các hạt cơ bản. Ở phút thứ ba, nó đã lắp ghép các "viên gạch" của vật chất để chế tạo ra các hạt nhân nguyên tử hydro và heli đầu tiên. Nhưng, do vũ trụ loãng đi, nên các nguyên tử nặng cần thiết để tạo ra sự phức tạp, và, sau đó, tạo ra sự sống và ý thức, không thể hình thành. Để thoát khỏi sự vô sinh, vũ trụ đã sáng tạo ra các ngôi sao và thiên hà đầu tiên, vào khoảng một tỷ năm đầu tiên. Các thiên hà, tập hợp của hàng trăm tỷ ngôi sao, của khí và bụi gắn với nhau bằng lực hấp dẫn, được bao quanh bởi các quầng có khối lượng lớn được làm từ vật chất tối ngoại lai mà bản chất của nó chúng ta vẫn hoàn toàn chưa biết, đó là các hệ sinh thái khổng lồ cho phép các đám mây khí hydro và heli có từ Big Bang thoát khỏi sự lạnh đi liên tục do vũ trụ giãn nở, và co sập lại dưới hiệu ứng của lực hấp dẫn để tạo thành các sao. Và chính các sao này sẽ đóng một vai trò cơ bản đối với sự tiến hóa vũ trụ. Bằng lò luyện hạt nhân kỳ diệu của mình, các ngôi sao chế tạo ra các nguyên tố hóa học nặng cần thiết cho sự sống và cứu vũ trụ thoát khỏi sự vô sinh. Các sao siêu mới, những

cơn hấp hồi bùng nổ của các ngôi sao nặng, gicco vào các vườn ươm thiên hà các nguyên tố nặng mà từ đó sẽ nảy mầm các thể hệ sao mới, và, chuyển động quanh chung là các hành tinh. Một số các hành tinh này có khả năng cung cấp môi trường thân thiện - một bề mặt cứng, các đại dương nước lỏng và một khí quyển bảo vệ - mà sự sống cần có để phát triển. Cách đây 4,55 tỷ năm (tức 9,15 tỷ năm sau Big Bang), trong Ngân Hà, một đám mây giữa các vì sao đã co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của nó để cho ra đời Mặt trời và bảy đoàn tám hành tinh (Diêm Vương tinh không phải là một hành tinh thực sự - *xem mục từ này*), ở cách tám Ngân Hà 26.000 năm ánh sáng.

Vào khoảng 3,8 tỷ năm trước, trên hành tinh thứ ba kể từ Mặt trời được gọi là Trái đất, đã xảy ra một sự kiện ngoạn mục: cái vô sinh đã trở thành cái hữu sinh, và sự sống đã xuất hiện. Xuất hiện ban đầu là một phân tử axit kỳ lạ có hình dạng là một chuỗi xoắn kép được gọi là ADN, nó phát minh ra cách sinh sản bằng cách tự phân chia. Và sau đó là sự bước lên sân khấu, cách đây khoảng 3,5 tỷ năm, của vi khuẩn đầu tiên, một tế bào đơn giản không nhân được bao quanh bởi một màng và là tổ tiên chung của toàn bộ các sinh vật. Tiếp theo là toàn bộ quá trình tiến hóa của sự sống: các tế bào, vào khoảng 1,8 tỷ năm tCN, đã phát hiện ra rằng liên kết tạo nên sức mạnh, và chúng hợp nhất thành các tế bào phức tạp hơn. Các đột biến gen và chọn lọc tự nhiên tham gia cuộc chơi để tạo ra sự đa dạng đến kỳ lạ của các loài sinh vật trên Trái đất. Tiếp nối các thực vật đa bào đầu tiên, là tảo và các tảo giết, cách đây 600-700 triệu năm, và các động vật đa bào đầu tiên, cách đây khoảng 580 triệu năm. Cách đây khoảng 570 triệu năm đã xảy ra một big bang về sinh học, đó là "bùng nổ cambri", tạo ra sự đa dạng tuyệt vời nhất mà sự sống đã trải qua. Bùng nổ sinh học này có thể là do khí quyển Trái đất giàu oxy hơn nhờ tảo lam và lục. Sự sống đã trao quyền tự do cho khả năng sáng tạo và biến báo của nó, và thế là vô số các loài đa dạng nhất đã xuất hiện. Trong một khung cảnh sinh thái còn gần như nguyên sơ, sự sống tha hồ mà nhân lên và thay hình đổi dạng. Tự nhiên như một nghệ sỹ chơi nhạc jazz: một khi chủ đề chính đã xác lập - ở đây là sự triển khai, trong các sinh vật, những cơ chế cho phép sinh sản và trao đổi oxy, thức ăn và chất thải với môi trường bên ngoài - nó tha hồ ngẫu hứng thêm det trên chủ đề này để phát minh ra vô số cái mới.



Động vật sống nhúc nhúc trong các đại dương. Xuất hiện trước hết là các động vật không xương sống. Tổ tiên của bọt biển, sứa, hải quỳ, san hô và rất nhiều động vật biển khác đã bước lên sân khấu. Rồi tự nhiên đã phát hiện ra nguyên lý phân đốt nhờ đó nó có thể tái sinh một phần cơ thể thành nhiều phiên bản gần như đồng nhất và kết hợp chúng lại với nhau để tạo thành một cơ thể. Phát hiện này đã khởi phát một thí nghiệm cuống nhiệt các dạng sinh học, và đã xuất hiện các bộ ba thù (ngày nay đã tuyệt chủng), sâu bọ và côn trùng có cơ thể được phân đốt. Rồi một số các động vật biển này, như nhuyễn thể cổ, lần đầu tiên có một vỏ cứng. Và sau đó đến lượt các động vật có xương sống. Cách đây 500 triệu năm đã xuất hiện cả, những động vật có xương sống đầu tiên ở đó nguyên lý phân đốt đã được ứng dụng để chế tạo ra một cột sống bảo vệ ống thần kinh mềm yếu phân phối các tín hiệu giữa bộ não và cơ thể. Phần lớn các động vật ngày nay - kể cả chúng ta - đều có tổ tiên là các sinh vật sống ở thời kỳ này.



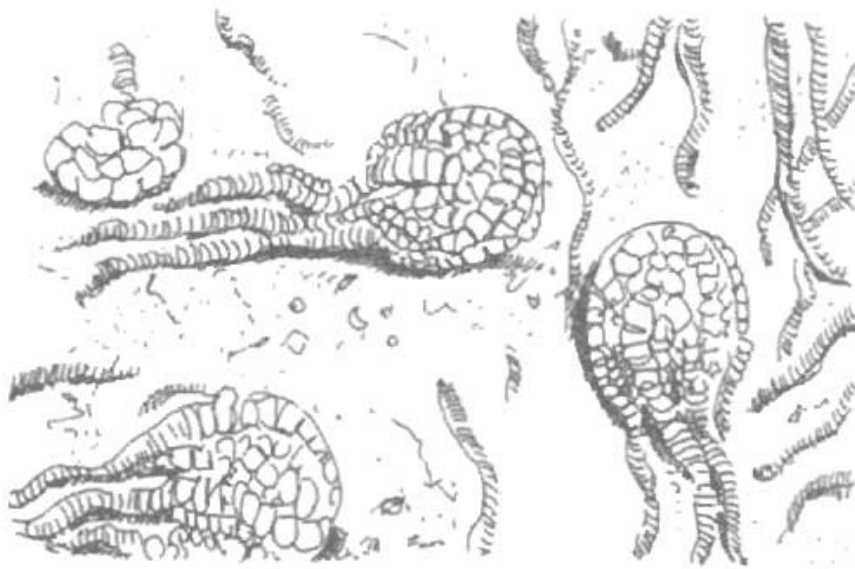
Ở Canada, trong các dãy núi đá Colombie-Britannique, có một công trường đá vôi, "bãi thạch phiến Burgess", còn lưu giữ được các hóa thạch của một số sinh vật cổ. Thạch phiến này từng nằm dưới biển, trong các vùng nước nóng, gần xích đạo, nhưng nó đã được vận chuyển tới vị trí hiện nay và đã được đẩy lên độ cao khoảng 2.600 m bởi chuyển động của các lục địa. Các hóa thạch nằm trong bãi thạch phiến Burges kể cho chúng ta sự sống trên Trái đất cách đây khoảng 500 triệu năm. Người ta có thể bắt gặp ở đây các manh xương động vật thuộc loại kỳ lạ nhất. Một số có dòng dõi thịnh vượng sống sót cho tới tận ngày nay, trong khi một số khác, như các sinh vật năm mắt mà người ta cho là đi ra từ sân khấu của khoa học viễn tưởng, đã biến mất từ lâu lắm rồi.

Cách đây 400 triệu năm, sự sống dưới biển đã lao vào cuộc chinh phục đất liền. Lớp ozon mới được hình thành đã làm cho sự sống trở nên khả dĩ trên các bãi đá rộng. Một số tảo biển (loại tảo lục) đã rời bỏ sự dịu êm của sóng nước để đương đầu với những điều kiện khắc nghiệt của đất liền. Tại sao? Rất có thể bởi vì một số vùng nước đã bị tách khỏi các đại dương và bị khô cạn; và các cây này, ban đầu sống dưới biển, đã phải thích nghi để tồn tại. Thông qua trò đột biến gen và chọn lọc tự nhiên, chúng sáng tạo ra sự phân bố mạch, phát triển trong thân các đường ống cho phép nước và các chất khoáng của đất có thể từ rễ đi lên tới các phần khác của cây, và, ngược lại, các sản phẩm của quang hợp được chế tạo bởi cây đi xuống rễ.

Các đôi quán xanh từ nước đã lan tỏa lên các lục địa. Đất được bao phủ bằng các đầm nhiệt đới có một hệ thực vật sum suê. Một số loại cây tăng lên về kích thước, phát triển một thân trảng kiện và biến thành cây gỗ đôi khi đạt đến độ cao hàng chục met và đường kính tới gần một met. Than và dầu hòa hòa mãn các nhu cầu năng lượng của chúng ta ngày nay đã bắt nguồn từ những hóa thạch còn lại của cây cối thời kỳ này. Bởi vì các hóa thạch này giàu cacbon, nên kỳ địa chất từng chứng kiến của sự sum suê thực vật và kéo dài khoảng từ 360 tới 286 triệu năm tCN này được gọi là "kỳ cacbon".

Sau kỳ cacbon là kỳ permi, trải từ 286 đến 250 triệu năm tCN, và từng chứng kiến sự hủy diệt kinh hoàng nhiều loài nhất trong lịch sử sự sống trong một tai họa mà người ta gọi là "đại khủng hoảng kỳ permi". Một cái lạnh băng giá và hạn hán cực hạn đã hoành hành

trên hành tinh, loại bỏ phần lớn sự sống dưới biển, và cả hầu hết cây cối trên đất liền. Chỉ có những cây phát triển được một chiến lược sinh sản bằng cách phân tán không phải các bào tử tương đối yếu ớt, mà bằng các hạt để kháng tốt hơn, mới sống qua được tai họa này. Trong số các hậu duệ hiện nay của các loài sống sót khỏi cuộc đại thảm họa này có bộ thông: nhờ có những kẻ tiên phong gan dạ này mà các rừng thông, bách và củ tùng giờ mới có thể mang lại niềm vui cho chúng ta.



*Các hóa thạch Ginoide thuộc Kỳ Phân trắng*

Thông qua trò đột biến gen và chọn lọc tự nhiên, tự nhiên tiếp tục thử nghiệm các dạng và màu sắc cây mới, tạo ra hương thơm mê hoặc lôi cuốn côn trùng, chim chóc, dơi và các loại động vật tham gia vào trò chơi thụ phấn. Cách đây gần 100 triệu năm, tự nhiên đã sinh ra các loài hoa và vô số các chấm màu làm cho bức tranh đơn điệu của các thảm cỏ và những cánh rừng nguyên sinh xanh muốt thêm sinh động. Một số loài hoa đã nhanh chóng biến thành quả mà các hậu duệ của chúng - cam, táo, nho và các loại quả có hạt khác - ngày nay mang lại sự khoái khẩu cho chúng ta.

Sự xâm chiếm đất liền của thực vật cũng kéo theo sự xâm chiếm của động vật. Đến lượt mình, vi khuẩn, nấm và động vật đầu tiên cũng lên mặt đất sinh sống. Để sinh tồn, động vật một lần nữa phải thích nghi và phát minh ra chiến lược sinh học mới để kháng sự thiếu nước, hút oxy, di chuyển trên đất liền và sinh sản ngoài môi trường

nước. Chẳng hạn, do ngẫu nhiên của các đột biến gen, cách đây 100 triệu năm, một số loài cá đã trở thành những loài lưỡng cư, có khả năng sống đồng thời cả trong nước lẫn trên đất liền. Vây của chúng đã biến thành các chi và chúng có phôi nguyên thủy cho phép chúng thở nhưng đồng thời vẫn giữ khả năng sử dụng oxy hòa tan trong máu của chúng. Tổ tiên của ếch nhái và cóc ngày nay đã ra đời như thế.

Động vật lưỡng cư và các động vật biển đã phải trả một cái giá rất đắt trong cuộc đại khủng hoảng permian. Một lần nữa, sự sống đã vượt qua thách thức bằng cách thích nghi với các điều kiện mới lạnh và khô. Một động vật lưỡng cư sống sót khỏi cuộc đại họa đã phát triển một cách sinh sản mới. Thay vì đẻ trứng được thu tinh dưới nước, như các loài lưỡng cư khác, nó đẻ trứng trên cạn. Phôi sẽ tiếp tục phát triển trong môi trường nước, nhưng nước ối, thay vì ở bên ngoài, giờ sẽ được bao bọc trong một vỏ cứng và có lỗ xóp, gọi là vô trứng. Trứng chứa đầy chất lỏng, điểm khởi đầu của sinh sản trên mặt đất đánh dấu sự bước lên sân khấu của loài bò sát đầu tiên đã được sáng tạo ra như thế.

Các tổ tiên của loài thằn lằn, rắn và rùa sinh sôi nảy nở, nhưng các động vật bò sát nổi tiếng nhất thời kỳ đó chắc chắn phải là khủng long (xem mục từ này). Các sinh vật khổng lồ có vẻ bề ngoài kỳ lạ này đã xuất hiện cách đây khoảng 245 triệu năm và thống trị sự sống trên Trái đất trong các kỷ trias, jura và phấn trắng, dài hơn bất kỳ nhóm nào trong lịch sử sự sống. Khủng long đã đột ngột biến mất cách đây 65 triệu năm, vào cuối kỷ phấn trắng, trong một cuộc đại hủy diệt loại bỏ ba phần tư số loài động vật (trong đó có loài cừu thạch hình vô ốc tuyệt đẹp, có họ hàng với mục the hiện nay) và thực vật. Người ta nghĩ rằng tai biến này là do một tiểu hành tinh khổng lồ (xem: *Vụ chạm của các tiểu hành tinh*) đâm vào Trái đất.

Sự bước ra khỏi sân khấu của khủng long đúng là một món quà trời cho tổ tiên động vật có vú của chúng ta. Động vật có vú đã xuất hiện gần như đồng thời với khủng long, cách đây hơn 200 triệu năm, từ các tổ tiên bò sát. Cơ thể của chúng được bao phủ bằng một bộ lông dày, và chúng đã phát triển các tuyến vú tiết ra sữa để nuôi con. Có kích thước nhỏ (kích thước trung bình của chúng không vượt quá kích thước của thỏ), chúng sống một cuộc sống khiêm tốn và ẩn dật trong rừng rậm và khe đá để tránh thói háu ăn của lũ khủng long và



các loại thằn lằn. Sống bằng các hạt dưới đất và quả có hạt, chúng đã thoát khỏi cuộc đại hủy diệt. Thoát khỏi các kẻ thù ăn thịt chính, chúng đã có thể choán đầy các hốc sinh thái bị bỏ trống bởi khủng long, và bắt đầu sinh sôi nảy nở và phân nhánh thành nhiều họ. Các đột biến gen và chọn lọc tự nhiên đã giúp chúng hoàn thiện các chiến lược sinh sản. Các động vật có vú cái thôi không đẻ trứng nữa, và phôi của chúng từ đó có thể được ấp và phát triển trong bụng mẹ bằng cách lấy dinh dưỡng và oxy trong máu của mẹ. Trong vòng vài triệu năm (chưa bằng 0,1% tuổi của Trái đất) đã xuất hiện mèo, chó, hươu cao cổ, linh dương, sư tử và voi. Nhưng, đặc biệt, họ khi đã xuất hiện, chúng sau đó dẫn tới *Homo sapien* cách đây chưa đầy 6 triệu năm.



Trước khi biến mất, khủng long đã để lại cho chúng ta một món quà lớn, đó là chim. Chim đầu tiên được biết đã sống cách đây 150 triệu năm, vào khoảng cuối kỷ jura; nó mang tên "chim thủy tô". Năm 1864, người ta đã phát hiện ra các hóa thạch của loài động vật đặc biệt nửa chim nửa khủng long, có kích thước bằng một con chim bồ câu, trong một công trường đá ở Bavière. Các hóa thạch này tiết lộ một loài động vật có tất cả các đặc tính của một động vật bò sát (răng, móng vuốt và một cái đuôi dài với các đốt sống), nhưng ngoài ra còn có



một cái mỏ, hai cánh và một cơ thể phủ đầy lông! Được làm thành từ cùng protein keratine giống như tóc, sừng và móng, bộ lông này đã tiến hóa từ vảy của loài bò sát. Các đột biến gen sau đó đã tạo ra các bộ lông đa sắc tuyệt đẹp mà chúng ta được chiêm ngưỡng ngày nay.

Vậy khủng long đã biến thành chim<sup>26</sup> như thế nào? Các loài khủng long nhỏ, như một chiếc máy bay lao trên đường băng, đã lấy đà và chạy ngày càng nhanh hơn cho tới khi các cánh nguyên thủy của chúng nâng chúng lên không trung? Hay là chúng leo lên cây để tìm thức ăn và tránh loài thú ăn thịt, rồi học cách lượn và bay với bộ lông thô sơ đầu tiên, bằng cách nhảy từ cành này sang cành khác, như loài sóc ngày nay? Các tranh luận về chủ đề này sẽ vẫn còn tiếp tục. Trong mọi trường hợp, sau cái chết của khủng long, các loài chim đã phân bố, giống như động vật có vú, ra toàn bộ hành tinh, chiếm tất cả các ổ sinh thái khả dĩ.

Nghệ thuật bay không phải là một độc quyền của loài chim. Loài chuồn chuồn, ruồi, ong, bướm và muỗi cũng đã chinh phục được bầu trời. Không một ai biết thông qua quá trình huyền bí nào của tiến hóa mà các loài côn trùng đã có được cánh. Khác với loài chim, các cánh này không phải là các chi bị biến hóa mà thành.

Cùng với cây cối và động vật, nấm hoàn thiện bộ ba của thế giới đa bào<sup>27</sup>. Mặc dù, trong các siêu thị, nấm được xếp vào gian hàng cà rốt, cà tím và rau diếp, nhưng chúng gần với động vật hơn là thực vật về cấu trúc ADN. Chúng ta có cảm giác sai lệch rằng nấm là thực vật vì, giống như thực vật, chúng cố định ở nơi chúng mọc và không thể di chuyển như động vật để đi tìm thức ăn. Nhưng, giống như động vật, chúng không tự chế tạo ra thức ăn riêng (trong khi cây cối tự tạo ra dinh dưỡng bằng quang hợp), mà hường những cố gắng của kẻ khác, thích thú với những đoạn cây chết mà chúng giúp cho phân hủy. Nấm tiệc tùng trên sự thối rữa. Bởi vì chúng chứa các enzyme có khả năng phân hủy xenlulô - thành phần tạo sự vững

<sup>26</sup> Tiến hóa và tuyệt chủng sau đó của bò sát bay được đặt cho cái tên "thần lẫn cánh" đã xảy ra một cách độc lập và không có liên quan gì đến tiến hóa của loài chim.

<sup>27</sup> Các nấm này thuộc nhóm mycètes, trong tiếng Hy Lạp *mykés*, "môc" bao gồm cả nấm men khởi phát sự lên men cần thiết cho việc làm bánh, rượu và pho mát.

chắc cho cây cối - nên chúng đóng vai trò quan trọng trong sự tái tạo các thành phần sinh học. Chúng có thể gây ra nhiều căn bệnh (đặc biệt đối với cây cối) và tỏ ra nguy hiểm đến tính mạng đối với những người bất cần đối với thịt của chúng, nhưng chúng cũng có thể cứu nhiều mạng sống. Chính nhờ một bào tử nấm vô tình đậu vào một nơi nuôi vi khuẩn của nhà sinh học người Ireland Alexander Fleming (1881-1955) mà thuốc kháng sinh đầu tiên, penicilline, đã được phát minh.

Nấm đã xâm chiếm vương quốc ngấm dưới đất, nơi chúng dệt nên một mạng lưới sợi có thể trải trên nhiều kilomet vuông. Bằng cách trải qua phần lớn cuộc đời xa lánh sự ồn ào và cuồng nhiệt của mặt đất, chúng chỉ ra khỏi mặt đất - làm vui mắt chúng ta, và đôi khi làm chúng ta khoái khẩu nữa - để sinh sản bằng cách phát tán các bào tử của chúng vào gió.

Tiếp sau đó là giai đoạn cơ bản của lịch sử tiến hóa vũ trụ, đó là sự phát triển của con người và sự đột sinh của ý thức: động vật họ người đầu tiên bước đi trên Trái đất cách đây khoảng 3,5 triệu năm, sự phát minh ra công cụ đầu tiên cách đây 2,5 triệu năm, sự đột sinh của tư duy phản xạ và tư duy biểu tượng ở châu Phi với *Homo sapien* cách đây khoảng 200.000 năm, cuộc di dân của những người đầu tiên ở châu Phi sang các vùng khác của thế giới cách đây 100.000 năm, những bức tranh đá trong hang Chauvet cách đây khoảng 30.000 năm, sự phát minh ra nông nghiệp cách đây 10.000 năm, phát minh ra chữ viết và sự ra đời văn minh cách đây 3000 năm, phát minh ra thuốc kháng sinh, ô tô, máy bay, tàu ngầm, điện thoại, máy ảnh, máy tính, máy fax, Internet và cuộc chinh phục không gian trong 200 năm trở lại đây.



Nhịp độ của lịch sử sự sống đã tăng lên đáng kể ở đoạn cuối. Quá trình tiến hóa diễn ra như bản *Boléro* của Maurice Ravel (1875-1937). Nó bắt đầu một cách êm đềm và chậm rãi với các sinh vật đơn

bào, tiếp theo là một chuỗi dài các biến thiên nhỏ gần như không nhận thấy được trên cùng một chủ đề không ngừng trở lại ám ảnh chúng ta. Rồi nhịp độ ngày càng tăng lên theo thời gian, và sự bùng nổ của các dạng sự sống vào kỷ cambri giống như sự tham gia dồn dập của các khí cụ trong đoạn nhạc của Ravel. Nhưng sự thống nhất của sự sống vẫn luôn hiện diện, giống như chủ đề âm giấu bên dưới của bản Boléro vẫn luôn được cảm nhận. Cho tới tận đoạn mạnh dần và cao trào ở đó tất cả các nhạc cụ đều cùng chơi trong một vòng xoáy các nốt nhạc, đoạn cuối cùng ca ngợi sự đột sinh kỳ diệu của tư duy và ý thức.

## **Nguồn gốc của sự sống trên Trái đất**

Dù đến từ Hỏa tinh hay một nơi nào khác trong không gian (xem: *Thuyết Tha sinh*), hay có nguồn gốc trên Trái đất, thì sự sống cũng đã xuất hiện trên Trái đất cách đây khoảng 3,8 tỷ năm. Sự xuất hiện của sự sống, thách thức mọi xác suất, cần được giải thích. Cái vô sinh đã trở thành cái hữu sinh như thế nào? Sự kỳ diệu của sự sống đã được tạo ra ra sao?

Để giải thích điều này, một số người tán đồng quan điểm theo đó các sinh vật tạo thành một lớp riêng, không bị chi phối bởi cùng các quy luật như với cái vô sinh. Chẳng hạn, trong các lý thuyết gọi là “thuyết sức sống”, tồn tại một yếu tố phụ thời sự sống vào vật chất vô sinh. Thuyết sức sống đã được triết gia người Pháp Henri Bergson (1859-1941) nhiệt thành bảo vệ. Theo ông, một “luồng sức sống” đã đấu tranh chống lại vật vô sinh để buộc nó phải tự tổ chức lại. Trường phái này có một lịch sử lâu dài. Vào thế kỷ IV tCN, Aristotle (384-322 tCN - xem mục từ này) nghĩ rằng một lực sống mà ông gọi là *tâm thần* (*psyché*) trao quyền tự trị của mình cho các sinh vật. Trong nhiều thế kỷ sau đó, lực sống đã vay mượn thêm nhiều khía cạnh, như không khí (niềm tin được thể hiện trong thành ngữ “thời nguồn sinh khí”), máu, điện (trong tiểu thuyết của Mary Shelley [1797-1851], cơ thể của

Frankenstein, được cấu thành từ các bộ phận của người chết lắp ghép lại với nhau, đã sống lại sau khi bị sét đánh) hay phóng xạ.

Ngày nay, thuyết sức sống không còn thịnh hành nữa, bởi vì các định luật thông thường của vật lý và hóa học áp dụng cho vật chất vô sinh đã giải thích được ngày càng sáng rõ hơn các tính chất đặc biệt của các cơ thể sống. Người ta không còn cần phải viện các lực sống để giải thích các dạng của sự sống nữa. Sự sống đã đột sinh một cách tự nhiên, bằng một chuỗi các quá trình vật lý bình thường, và đó cũng là quan điểm của tôi về vấn đề này.

Sự sống cũng không phải xuất hiện một cách tự phát, một huyền thoại đã từng thắng thế cho tới thế kỷ XIX. Thời đó, người ta vẫn tin rằng chuột có thể sinh ra từ một đồng quần áo bẩn hoặc một bó lúa mì. Cho đến khi Louis Pasteur (1822-1895) bằng một loạt các thí nghiệm trước Viện Hàn lâm Khoa học, vào năm 1862, đã chứng tỏ rằng một cơ thể sống không thể sinh ra một cách tự phát, mà chỉ có thể từ một sinh vật khác.

Nhưng nếu Pasteur đã giáng đòn kết liễu đối với lý thuyết phát sinh tự phát của sự sống, vậy thì sinh vật *đầu tiên* thì sao? Trừ phi giả định rằng sự sống luôn tồn tại mãi mãi, vô thủy vô chung, hoặc nó có một nguồn gốc thần kỳ nằm ngoài khuôn khổ bình thường của các định luật vật lý và sinh học, còn thì chắc chắn rằng sinh vật đầu tiên này phải là kết quả của sự chuyển hóa từ vật chất vô sinh! Pasteur đã ý thức rằng việc phá bỏ lý thuyết phát sinh tự phát sự sống cần phải được thêm vào một yếu tố phụ để giải thích nguồn gốc của sinh vật đầu tiên. Bản thân ông cũng là người bảo vệ nhiệt thành lý thuyết sức sống. Về phần mình, Charles Darwin (1809-1882 - xem mục từ này) không chống lại quan niệm cho rằng vật chất vô sinh có thể trở thành hữu sinh. Trong một bức thư nổi tiếng viết năm 1871, ông đã mô tả cái nôi của sự sống như một “vũng nước nóng nhỏ” chứa các muối phốt pho dưới tác dụng của ánh sáng, nhiệt và các tia phóng điện của các đám mây dông hoành hành trên Trái đất thời non trẻ, qua đó đó vạch ra con đường mà đa số các nhà nghiên cứu về nguồn gốc sự sống đi theo trong thế kỷ sau.

Stanley Miller (1930-2007) người Mỹ, từng làm việc trong phòng thí nghiệm của Harold Urey (1893-1981), là người đầu tiên đã thử nghiệm ý tưởng của Darwin về “vũng nước nóng”. Năm 1953, ông đã

cho phóng điện phóng theo các trận mưa đông khơi thủy vào một hỗn hợp các khí metan, amoniac và hydro đựng trong một cốc thủy tinh kín - hỗn hợp mà Urey cũng nghĩ là khí quyển khơi thủy của Trái đất. Nước (*xem mục từ này*), yếu tố tuyệt vời có tầm quan trọng sống còn, liên tục được tái tạo bởi sự bốc hơi và ngưng tụ qua hỗn hợp, phóng theo vũng nước nóng của Darwin hay đại dương nguyên thủy. Kết quả vượt qua mọi sự mong đợi. Sau vài ngày, nước chuyển sang mang màu đỏ hung và sự phân tích món "súp nguyên thủy" này cho thấy sự hiện diện của các phân tử hữu cơ và axit amin, những viên gạch tạo nên các protein - nền tảng của sự sống trên Trái đất. Niềm phấn khích sau đó thật là to lớn: dường như các bước đầu tiên cho phép tạo ra sự sống trong phòng thí nghiệm đã được vượt qua. Nếu các axit amin xuất hiện chỉ sau vài ngày, thì tự nhiên chắc chắn có thể tạo ra sự sống vì nó đã có hàng triệu năm (thậm chí hàng tỷ năm trong trường hợp sự sống có nguồn gốc ngoài Trái đất). Chỉ cần chờ đợi để cho một sinh vật sống xuất hiện từ món súp nguyên thủy.

Nhưng niềm hy vọng to lớn mà thí nghiệm của Miller và Urey nhằm tạo ra sự sống trong phòng thí nghiệm mang lại đã nhanh chóng tiêu tan. Có rất nhiều lý do: thứ nhất, một số người cho rằng khí quyển khơi thủy của Trái đất không giàu hydro và các hợp chất của hydro như metan hay amoniac, mà chủ yếu là khí carbonic và nitơ phân tử, như các khí quyển hiện nay của Kim tinh và Hỏa tinh. Thế nhưng, khi người ta phóng điện vào hỗn hợp khí carbonic và nitơ phân tử, thì axit amin vẫn vắng bóng một cách vô vọng! Mặt khác, ngay cả khi hỗn hợp khí của Miller và Urey là đúng đi nữa, thì cũng chưa có ai chế tạo được sự sống trong ống nghiệm cả: con đường cần vượt qua từ các axit amin vô sinh tới các cơ thể sống đầu tiên vẫn còn rất dài và lắm chông gai, giống như việc phát hiện ra một đồng gạch không đảm bảo rằng một ngày nào đó một tòa lâu đài lộng lẫy sẽ được mọc lên.

Trong khi chờ đợi, ngay cả khi chúng ta vẫn chưa biết chính xác các axit amin đầu tiên xuất hiện trên Trái đất như thế nào, thì tự nhiên vẫn không ngừng sản sinh ra vô số axit amin mới trong một số thiên thạch và sao chổi. Chẳng hạn, phân tích thiên thạch (*xem mục từ này*) Murchison (tên một địa danh ở Áo nơi thiên thạch này rơi xuống vào năm 1969) cho thấy nhiều axit amin giống một cách đáng ngạc

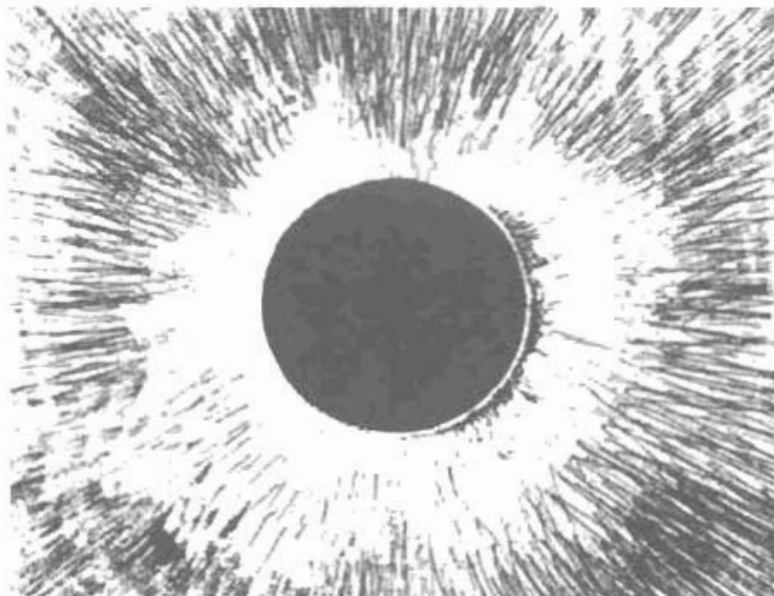
nhiên với các axit amin được tạo ra trong ống nghiệm của Miller. Rất nhiều phân tử hữu cơ đã được phát hiện trong các sao chổi. Một số axit amin cũng hiện diện trong những nơi cực lạnh ( $-260^{\circ}\text{C}$ ) và trông rộng gần như hoàn toàn của môi trường giữa các vì sao (xem mục từ này). Có vẻ như là chính loại hợp chất phân tử này đã tạo ra các mầm sống đầu tiên. Có 20 loại axit amin khác nhau: chúng xuất hiện khắp nơi, ở con người cũng như trong các vi khuẩn, ở cá heo, chuồn chuồn hay hoa hồng. Chúng được sinh ra trên Trái đất hay từ trên trời rơi xuống, điều đó hiện nay vẫn còn là một bí mật.

## Nhật thực

Thình thoảng, nhưng luôn ở tuần trăng non, Mặt trời, Mặt trăng và Trái đất nằm thẳng hàng một cách chính xác (theo đúng thứ tự đó) và tạo ra một trong những thiên cảnh kỳ vĩ và ấn tượng nhất: một nhật thực toàn phần. Mặt trăng, đi qua trước Mặt trời và chặn hết ánh sáng của nó chiếu tới Trái đất, biến ngày thành đêm trong khoảng vài phút. Trong một vùng rộng khoảng 250 km ứng với bóng của Mặt trăng phủ lên Trái đất, mọi người đều nhận thấy bóng tối buông xuống quanh họ, nhiệt độ giảm, và những ngôi sao xuất hiện. Những chú chim ngừng hót để nhường chỗ cho một sự im lặng đầy mê hoặc. Toàn bộ tự nhiên như nín thở. Từ Mặt trời người ta chỉ còn nhìn thấy “vòng nhật hoa”, một loại quầng sáng có dạng không đều bao quanh đĩa Mặt trời, được cấu thành từ khí bị đốt nóng lên đến hàng triệu độ (do nhiệt độ cực kỳ cao này mà chúng ta chỉ nhìn thấy một phần nhỏ ánh sáng của nhật hoa, vì phần lớn ánh sáng này là tia X: ánh sáng rất giàu năng lượng này giải thích tại sao không bao giờ được nhìn nhật thực mà không đeo kính đặc biệt bảo vệ mắt), và trải trên nhiều triệu kilomet ra ngoài bề mặt Mặt trời. Vì chuyển động của Mặt trăng xung quanh Trái đất và chuyển động quay của chính Trái đất nên bóng mà Mặt trăng chiếu lên hành tinh của chúng ta không cố định, mà dịch chuyển với vận tốc 1.700km/h, làm cho người quan sát nhanh chóng ra khỏi bóng của Mặt

trắng để trở lại với ánh nắng Mặt trời. Vì vậy nhật thực toàn phần dài nhất cũng không kéo dài quá bảy phút rưỡi. Sau khoảng ít phút, ban ngày trở lại, để lại cho con người hoài niệm là đã được ngắm nhìn một trong những cảnh tượng đẹp và đặc biệt nhất.

Ngay cả ngày hôm nay, khi mà chúng ta biết rằng nhật thực chẳng qua chỉ là kết quả của một trò ú tim ở trên trời, nhưng việc nhìn Mặt trời bị cái đĩa đen của Mặt trăng ăn dần vẫn còn rất ấn tượng. Nhật thực đã từng làm cho những dân tộc sống trong một vũ trụ huyền thoại còn bối rối hơn. Trên thực tế, nhật thực đã khơi nguồn cảm hứng cho rất nhiều thần thoại, thay đổi theo từng tôn giáo. Đối với người Trung Quốc, ngày biến thành đêm không phù hợp với trật tự hoàn hảo của thế giới, và việc xảy ra nhật thực bị quy kết là do một hành vi phi đạo đức của các vị hoàng đế. Đối với các dân tộc khác như Maya, sự biến mất của Mặt trời là biểu hiện sự giận dữ của các vị thần, và cần phải xoa dịu bằng các hiến sinh. Đối với người Esquimo ở Alaska, nhật thực tượng trưng cho cái chết của Mặt trời và báo hiệu các thảm họa, chiến tranh hay dịch bệnh. Đối với người Kalina, ở Surinam, nhật thực là kết quả của các bất đồng giữa Mặt trời và Mặt trăng dù trước đó cả hai vẫn hòa thuận trong nhiều năm; dân tộc này cũng nhắc đến một cuộc chiến giữa hai thiên thể, và kết cục là Mặt trăng bị tổn thương. Ở những người Arawak châu Phi, kết cục của cuộc chiến này còn thảm họa hơn: nhật thực không còn gắn với cái chết của Mặt trời như đối với người Esquimo nữa, mà chính Mặt trăng bị Mặt trời tấn công và Mặt trăng bị chết trong một vũng máu...



Bởi vì dải tối hoàn toàn là tương đối hẹp, nên thường thì chúng ta phải đi đến vị trí phù hợp mới có thể được chứng kiến nhật thực toàn phần. Và điều này đã không thoát khỏi sự chú ý của những người thích du lịch và những hãng du lịch tổ chức rất nhiều chuyến đi ra nước ngoài cùng các chuyến du hành trên những tàu thủy chở khách có boong rộng (khi bóng của Mặt trăng đổ xuống mặt đại dương) để cho phép mỗi người có thể chứng kiến được nhật thực. Nếu bạn thích ở nhà và không muốn xé dịch, thì xác suất để được chứng kiến nhật thực ở một điểm nào đó của hành tinh là một lần trong 200 năm.

Trong một tương lai rất xa, nhật thực toàn phần liệu có còn làm mãn nhãn con người không? Rất đáng ngạc nhiên là không. Do các lực thủy triều mà Trái đất tác dụng lên Mặt trăng, nên Mặt trăng sẽ dần dần rời xa hành tinh của chúng ta (xem mục từ: *Mặt trăng rời xa Trái đất*). Càng rời xa, Mặt trăng trông sẽ ngày càng nhỏ hơn, kích thước góc của nó thay đổi tỷ lệ nghịch với khoảng cách tới Trái đất. Hiện tại, kích thước góc của Mặt trăng và Mặt trời là tương đương nhau (khoảng  $0,5^\circ$ ), một trùng hợp kỳ lạ, và điều này cho phép Mặt trăng chắn được hoàn toàn đĩa Mặt trời và mang lại cho chúng ta cảnh nhật thực toàn phần. Nhưng trong tương lai, chấu chắt chút chắt chúng ta sẽ không còn cơ hội để rung động trước cảnh màn đêm hoàn toàn buông xuống giữa ban ngày nữa, vì khi tiếp tục rời xa Trái đất, Mặt trăng sẽ trở nên quá nhỏ nên không thể che khuất được đĩa Mặt trời. Hậu duệ của chúng ta sẽ chỉ còn được ngắm cảnh nhật thực một phần kém ấn tượng hơn nhiều.

## Nhiệt động lực học và Vũ trụ

“Trong một vũ trụ khép kín và cô lập, độ bất trật tự (được đo bằng một đại lượng mà các nhà vật lý gọi là “entropy”) phải luôn luôn tăng (hay chí ít là không giảm) theo thời gian”: đó là phát biểu của nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học, ngành khoa học nghiên cứu hành trạng của nhiệt. Chúng ta đã thấy các biểu hiện của sự tăng bất trật tự này khi quan sát một mẫu nước đá tan chảy dưới nhiệt



Mặt trời, hay các viên đá của một lâu đài phế tích. Trong hai tình huống này, trạng thái ban đầu có tổ chức hơn trạng thái cuối cùng. Mẫu nước đá, với cấu trúc tinh thể của nó, trật tự hơn vũng nước tạo thành sau khi băng tan. Sự tổ chức của lâu đài vào thời kỳ huy hoàng của nó vượt xa sự tổ chức của đồng đá vô hình dạng mà nó biến thành. Chính ý tưởng về sự tăng tất yếu của tính bất trật tự của vũ trụ đã làm cho nhà vật lý người Đức Hermann von Helmholtz (1821-1894) phải kêu lên một cách tuyệt vọng vào năm 1854: "Vũ trụ đang chết!" Theo ông, entropy tăng tất yếu đi kèm với mọi quá trình trong tự nhiên sẽ phải dẫn đến sự dừng lại của mọi hoạt động sáng tạo bên trong vũ trụ. Su xây dựng vũ trụ (các hành tinh, sao, thiên hà...), những sáng tạo của các thiên tài (các vở nhạc kịch của Mozart, bức tranh *Hoa súng* của Monet...) sẽ bị chôn vùi dưới đồng đồ nát của một vũ trụ suy sụp không gì cứu vãn được.

Nếu nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học tất yếu dẫn đến sự suy thoái và cái chết của vũ trụ, thì làm sao hiểu được rằng chúng ta không sống trong một vũ trụ hoàn toàn hỗn độn? Làm sao giải thích được sự tổ chức và hài hòa của thế giới? Làm sao giải thích được thực tế là vũ trụ đã leo lên cây kim tự tháp của sự phức tạp? Làm sao có thể hiểu được rằng, trong lịch sử 13,7 tỷ năm của nó, vũ trụ, ở một số khu vực, đã tiến từ bất trật tự sang trật tự, từ đơn giản lên phức tạp, từ không-tổ chức sang có tổ chức? Làm thế nào mà xuất phát từ một chân không chứa đầy năng lượng, Vũ trụ đã có thể sinh ra các hạt cơ bản, các thiên hà, sao và hành tinh, và trên một trong các hành tinh này, sinh ra sự sống (xem: *Sự sống và entropy*) và ý thức? Như vậy, nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học liệu có bị vi phạm tại một số nơi của vũ trụ?

Câu trả lời cho câu hỏi cuối cùng ở trên là không. Nhiệt động lực học không cấm các vùng có trật tự và có tổ chức xuất hiện trong vũ trụ, với điều kiện là sự tăng trật tự địa phương này phải đi liền với sự tạo ra, ở nơi khác, một bất trật tự lớn hơn.

Chúng ta hãy trở lại ví dụ về lâu đài phế tích. Một đội thợ có thể xây dựng lại nó, nhưng để hoàn thành công việc này, họ sẽ phải ăn uống, và như vậy, họ đã chuyển hóa năng lượng có trật tự của thức ăn thành năng lượng bất trật tự của nhiệt bị tiêu tán bởi cơ thể họ. Rốt cuộc, bất trật tự sinh bởi những người công nhân sẽ còn lớn hơn

trật tự được tạo ra từ sự trùng tu lâu dài. Nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học như vậy là vẫn được tôn trọng.

Trong vũ trụ, sao là các tác nhân tạo ra bất trật tự cần thiết để bù lại cho trật tự không thể thiếu cho sự tổ chức vũ trụ. Theo thời gian trời và các thiên hà rơi xa nhau do sự giãn nở của vũ trụ, vũ trụ lạnh đi, trải rộng và loãng thêm. Ở phút thứ ba, nhiệt độ của vũ trụ đạt tới một tỷ độ. Sau 13,7 tỷ năm tiến hóa, nhiệt độ đó tụt xuống mức băng giá  $-270^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ của bức xạ hóa thạch (xem mục từ này) của Big Bang. Trong cái lạnh giá cực độ này, sao tạo thành các nguồn nhiệt và năng lượng nhờ các phản ứng hạt nhân diễn ra trong lõi của chúng bị nóng lên đến hàng chục triệu độ. Giống như nước nóng sẽ bị lạnh đi khi tiếp xúc với không khí lạnh và truyền sự bất trật tự của các phân tử của nó sang các phân tử của không khí xung quanh, và, qua đó làm tăng bất trật tự của vũ trụ, cũng vậy các ngôi sao phát ra ánh sáng nóng vào môi trường lạnh hơn và qua đó làm tăng tổng bất trật tự của vũ trụ. Sự giảm bất trật tự sinh bởi sự đột sinh của các cấu trúc phức tạp như các thiên hà, sao và hành tinh, sự sống và ý thức, được bù lại thừa đủ bởi những bất trật tự bắt nguồn từ nhiệt mà các sao nhả vào không gian. Nghĩa là nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học vẫn được tôn trọng.

## Những sinh vật ưa các điều kiện cực hạn

Ngày nay, chúng ta vẫn còn chưa biết sự sống đã thực sự xuất hiện trên Trái đất cách đây 3,8 tỷ năm như thế nào, và bằng cách nào sự kết hợp giữa các bụi sao vô sinh lại có thể cho ra đời các sinh vật. Có phải sự sống đã xuất hiện trên bề mặt Trái đất, như Charles Darwin (1809-1882), cha đẻ của thuyết tiến hóa các loài, đã từng nghĩ? Ông miêu tả sự xuất hiện của sự sống như thế này: "Chúng ta có thể hình dung rằng một cái ao nước nóng nhỏ, có sự hiện diện của tất cả các dạng amoniac và muối phosphoric, ánh sáng, nhiệt độ, điện..., một hợp chất protein được hình thành về mặt hóa học, sẵn sàng chịu

các thay đổi còn phức tạp hơn." Trong kịch bản này, ánh sáng đóng một vai trò thiết yếu. Chính nó cung cấp nhiệt lượng và năng lượng cần thiết cho sự đột sinh của các tế bào của sự sống đầu tiên, chính nó, cùng với sự giúp đỡ của các tiêu hành tinh từng bắn phá không ngừng Trái đất thời kỳ đầu, đã làm nóng cái "ao nước" này.

Nhưng sự phát hiện ra các "sinh vật ưa các điều kiện cực hạn", tức là các sinh vật có thể sinh sôi nảy nở trong các môi trường nóng (các sinh vật ưa nhiệt), axit (các sinh vật ưa axit) hay mặn (các sinh vật ưa mặn), tới mức chúng thách thức trí tưởng tượng của chúng ta, đã gieo một mối nghi ngờ lên kịch bản của Darwin về cái "ao nước nóng". Vào cuối những năm 1970, một nhóm các nhà hải dương học đã phát hiện ra ở đáy của Thái Bình Dương, trong những kẽ nứt ở quần đảo Galapagos, ở độ sâu khoảng 2,5 km, một hệ động vật khác thường như cua, những con sâu kền và những vi khuẩn khác tụ tập quanh các ống thông núi lửa khổng lồ, trong một môi trường hoàn toàn không có ánh sáng. Các ống thông này thải vào đại dương các chất lỏng núi lửa thoát lên từ lòng đất, và nước biển bị nóng lên đến khoảng  $110^{\circ}\text{C}$ , tức nóng hơn cả nước sôi (tuy nhiên nước biển không sôi, vì nhiệt độ sôi ở những nơi áp suất cao như dưới đáy đại dương lớn hơn  $100^{\circ}\text{C}$ ). Các sinh vật ưa nhiệt có thể sinh sôi nảy nở ở các nhiệt độ tới  $170^{\circ}\text{C}$  chắc chắn sẽ không giống với các dạng sống quen thuộc với chúng ta. Một số động vật ở sa mạc có thể chịu được các nhiệt độ thiêu đốt  $50^{\circ}\text{C}$ , nhưng nếu vượt qua ngưỡng này, động vật và thực vật bắt đầu bị nướng chín. Một nhiệt độ quá cao sẽ làm cho protein bị biến dạng và enzym mất khả năng hoạt động. Đó là điều đã xảy ra đối với một quả trứng khi bạn thả nó vào trong nước sôi: nó sẽ trở nên cứng lại.

Ngoài các nhiệt độ hoa nguc ngự trị ở quanh các ống thông núi lửa, các đáy đại dương cũng chìm trong một bóng tối hoàn toàn; ánh sáng Mặt trời không thể đi xuống những nơi sâu hơn 2 km. Trước khi phát hiện ra các sinh vật ưa nhiệt, các nhà sinh học đánh giá rằng ánh sáng Mặt trời là thứ không thể thiếu được đối với mọi dạng sống. Cây cối sẽ tàn lụi nếu không có ánh sáng và động vật phụ thuộc vào sự tiêu thụ cây cối hay các động vật khác cho sự sống còn của mình. Nhưng giờ cần phải kết luận rằng loại lập luận này không thể áp dụng được cho các sinh vật ưa nhiệt. Người ta cho rằng chúng lấy

năng lượng sống không phải từ ánh sáng Mặt trời, mà trực tiếp từ chất lỏng núi lửa nóng phun ra từ các ống thông dưới đáy biển.

Trong những năm tiếp sau đó, các hoạt động khoan dầu khí đã tiết lộ rằng các sinh vật ưa nhiệt không chỉ tồn tại ở xung quanh các ống thông núi lửa, mà còn cả ở dưới đáy đại dương và ở những nơi sâu (từ 0,5 đến 3 km) dưới đất liền, những khu vực mà ánh sáng hoàn toàn vắng bóng. Mặt khác, nhiều nghiên cứu đã chứng tỏ rằng gien của các sinh vật ưa nhiệt giống như hai giọt nước với gien của các sinh vật cổ xưa mà con người đã biết: đó là các vi khuẩn cổ (*archaea*). Từ đó người ta cho rằng sự sống trên Trái đất có thể đã bắt đầu ở đáy biển sâu, trong một môi trường cực kỳ nóng và hoàn toàn không có ánh sáng, để rồi sau đó trôi lên trên bề mặt.

## Notrino

Notrino là một hạt cơ bản có khối lượng rất nhỏ và không có điện tích, nó tương tác rất ít với vật chất. Sự tồn tại của nó đã được nhà vật lý học người Áo Wolfgang Pauli (1900-1958) tiên đoán năm 1931 để giải thích hiện tượng phóng xạ, nghĩa là tính chất của một số hạt nhân nguyên tử tự phát mất khối lượng đồng thời phát ra các hạt (trong đó có notrino) hay các bức xạ điện từ. Chính nhà vật lý học người Italia là Enrico Fermi (1901-1954) đã đặt cho nó cái tên “notrino” (trong tiếng Italia, notrino có nghĩa là tiểu notron) để nhắc nhở rằng hạt này không có điện tích, giống như notron, nhưng cũng là để phân biệt nó với notron, vốn là hạt nặng hơn nó rất nhiều.

Trong số bốn lực cơ bản của tự nhiên (xem mục từ này), thì các lực hấp dẫn, điện từ và hạt nhân mạnh không có bất kỳ ảnh hưởng nào đến notrino; chỉ có lực hạt nhân yếu có tác động lên nó. Điều đó giải thích tại sao notrino lại tương tác rất ít với vật chất thông thường, vật chất được tạo thành từ proton, notron và electron vốn chỉ tương tác với các lực điện từ và hạt nhân mạnh. Chính sự thiếu tương tác này đã làm cho notrino rất khó bị phát hiện, vì các máy dò được làm từ

vật chất thông thường. Pauli nghĩ rằng, có lẽ, ông đã phạm một tội lỗi tồi tệ nhất đối với một nhà vật lý: đó là thừa nhận sự tồn tại của một hạt không bao giờ kiểm chứng được. Về điều này thì ông đã nhầm. Xác suất để một neutrino tương tác với một hạt nhân nguyên tử chắc chắn là rất nhỏ, nhưng nó không bằng không. Cơ hội tương tác và do đó, cơ hội bị phát hiện có thể được nhân lên bằng cách đặt trên đường đi của neutrino nhiều nguyên tử nhất có thể, chẳng hạn một bể chứa chất lỏng không lồ. Và sau đó thì cần phải trang bị sự kiên nhẫn, vì chờ đợi một tương tác của neutrino với các nguyên tử vật chất có thể kéo dài nhiều tháng, thậm chí nhiều năm. Nhờ miệt mài làm việc, nhà vật lý người Mỹ Frederick Reines (1918-1998) và Clyde Cowan (1919-1974) cuối cùng cũng đã xác nhận được sự tồn tại của neutrino vào năm 1955, hơn hai thập kỷ sau trực giác thiên tài của Pauli. Ngày nay, mỗi ngày người ta có thể tạo ra cả chùm các neutrino trong các máy gia tốc hạt như máy gia tốc của CERN (Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu), tại Genève. Reines đã được trao Giải Nobel về vật lý năm 1995 vì đã phát hiện ra neutrino.

Neutrino cũng đóng một vai trò cơ bản trong lịch sử và tiến hóa của vũ trụ. Lý thuyết Big Bang nói với chúng ta rằng phần lớn các neutrino đã ra đời ngay từ những phân giây đầu tiên sau vụ nổ khởi thủy (và một phần rất nhỏ trong các phản ứng hạt nhân ở tâm của các ngôi sao nặng và nóng). Số lượng neutrino khởi thủy là vô cùng lớn, cũng gần lớn bằng số lượng các hạt ánh sáng tạo thành bức xạ hóa thạch (nhiệt còn sót lại của ngọn lửa khởi thủy - xem: *Ánh sáng hóa thạch*). Trong vũ trụ hiện nay có khoảng 55 triệu neutrino (so với 5 nguyên tử hydro) trong mỗi mét khối không gian. Vào thời điểm bạn đang đọc các dòng này, thì có tới hàng trăm tỷ neutrino từ mặt đất vọt lên sau khi đã xuyên qua cả Trái đất như chỗ hư không, rồi xuyên qua cơ thể bạn mỗi giây. Bị các tính chất kỳ lạ của vô số các hạt không nhìn thấy được này chinh phục, tiểu thuyết gia người Mỹ John Updike (1932-2009) thậm chí đã sáng tác một bài thơ về neutrino:

*Chúng không đếm xin đến các bức tường dày nhất  
Cũng chẳng bận tâm đó là thép cứng, hay đồng vụn  
Chúng tạo ra chuẩn riêng cho đồng bọn,  
Và không hề phân biệt hèn sang  
Chúng xuyên qua tất cả chúng ta, cả tôi và bạn*

Như các máy chém kênh cũng không một chút dớn dàu  
 Chúng rơi từ đầu cho tới tận đằm cỏ dưới chân  
 Ban đêm, chúng đột nhập vào Népal  
 Và đèn xuyên qua cơ thể của đôi tình nhân đang quấn chặt lấy nhau. .

Vì các neutrino khối thủy tương tác rất ít với vật chất thông thường, nên dân số khổng lồ của chúng không bao giờ bị bắt bởi các kính thiên văn hay bởi các máy dò của chúng ta, vốn được làm đúng từ thứ vật chất thông thường đó. Cho tới nay, chúng vẫn là những đối tượng không thể nắm bắt được.

Bởi vì số lượng neutrino là rất lớn, so với số lượng các nguyên tử, nên chỉ cần mỗi neutrino có một khối lượng ít nhất bằng một phần trăm triệu khối lượng của proton là neutrino có thể tạo nên toàn bộ vật chất tối ngoại lai (xem mục từ này) của vũ trụ. Các quan sát thiên văn đã chứng tỏ rằng neutrino chắc chắn có một khối lượng. Năm 1987, những người sống trên Trái đất đã nhìn thấy một ngôi sao cháy sáng trong một cơn hấp hối bùng nổ gọi là sao siêu mới, trong Đám mây Magellan Lớn, một thiên hà lùn quay quanh Ngân Hà ở khoảng cách 170.000 năm ánh sáng. Một luồng năng lượng khủng khiếp đã được giải phóng chủ yếu dưới dạng neutrino (tổng cộng tới  $10^{58}$  hạt). Mười một hạt trong số đó đã bị một máy dò của Nhật Bản bắt được: đó là một bể khổng lồ chứa 50.000 m<sup>3</sup> nước đặt ở đáy của một mỏ kẽm thuộc làng Kamiokande, Nhật Bản. Nếu khối lượng của các neutrino không bằng không thì chúng phải lan truyền chậm hơn vận tốc của ánh sáng (vì chỉ có các hạt không có khối lượng như photon mới có thể truyền với vận tốc ánh sáng) và phải đến Trái đất ở những thời điểm hơi lệch nhau một chút. Thực tế, sau một hành trình dài tới 170.000 năm ánh sáng, các neutrino đã đến cách nhau vài giây. Điều này có nghĩa là khối lượng của các neutrino không lớn. Khối lượng này trên thực tế là quá nhỏ, và phải nhân lên 100 lần (hoặc thậm chí hơn nữa), thì mới đủ tạo thành toàn bộ vật chất tối ngoại lai cần thiết.

## Núi lửa của Trái đất

Trái đất là một hành tinh sống động. Phần bên trong của nó sôi sục, còn bề mặt của nó không ngừng thay đổi và tiến hóa theo thời gian. Ngọn lửa bên trong của Trái đất có thể biểu lộ ra ngoài bằng nhiều cách. Trước hết bằng các cơn giận dữ của núi lửa liên tục phun trào. Các núi lửa này do các dòng dung nham nóng bỏng trào lên từ lòng đất. Một cảnh tượng khiến ta ngợp thớ là núi lửa Kilauea, trên đảo Hawaii, tại đây khách tham quan có thể kinh ngạc đứng chiêm ngưỡng các dòng đá nóng chảy đổ xuống Thái Bình Dương; lạnh đi rồi hóa rắn, tạo ra các vùng đất mới lần lần ra biển. Các núi lửa khác tình giắc le tẻ hơn. Chìm trong một giắc ngủ vờ vĩnh, khi cơn giận dữ nổi lên chúng khạc vào khí quyển hàng tấn tro với lượng năng lượng hơn cả năng lượng cả nghìn quả bom nguyên tử cộng lại, tàn phá xung quanh hàng kilomet. Bằng chứng là vụ phun trào núi lửa trên đỉnh Saint Helens, miền Tây nước Mỹ, ngày 18.5.1980.

Ngọn lửa bên trong này có từ thời đại bắn phá lúc Hệ Mặt trời ra đời, khi, như chúng ta đã thấy, hệ này bị bắn phá từ mọi hướng bởi vô số các tiểu hành tinh (*xem mục từ này*) kích thước khác nhau. Một số trong các thiên thạch này bị vỡ và bị nghiền nát trên bề mặt của các hành tinh vừa được hình thành, và những va chạm tàn phá của chúng tạo ra ở đây các vết thương còn há miệng. Các miệng hố này có vô số trên bề mặt của Thủy tinh hay Mặt trăng là các nhân chứng câm lặng của thời kỳ hình thành hành tinh dữ dội này.

Các thiên thạch điên rồ này không chỉ là các tác nhân mạnh mẽ của ngẫu nhiên giúp tự nhiên chế tạo ra thực tại ở cấp độ sâu sắc nhất, mà chúng còn là nguyên nhân của nhiệt trong lòng Trái đất. Va chạm của các tiểu hành tinh trên bề mặt của các thiên thể non trẻ ra đời từ trò kết tụ của vật liệu cấu thành hành tinh (*xem mục từ này*) giải phóng nhiệt. Nếu các thiên thể này là nhỏ, có đường kính dưới 300 km, thì toàn bộ nhiệt này sẽ nhanh chóng tiêu tán vào không gian, các thiên thể lạnh đi và nhiệt bên trong của chúng không đủ để làm nóng chảy đá, khiến cho lực hấp dẫn không thể nhào nặn chúng thành dạng cầu và chúng vẫn giữ cái hình dáng ghồ ghề, vụn vẹo như củ khoai, một hình dạng rất đặc trưng của các tiểu hành tinh. Mặt

trăng và Thủy tinh, vì lớn hơn (bán kính của chúng lần lượt là 1.783 và 2.440 km), nên mất nhiệt chậm hơn. Phần bên trong của chúng tan chảy, cho phép lực hấp dẫn nhào nặn chúng thành hình cầu. Nhưng nhiệt này hao tán dần đi sau vài trăm triệu năm, khiến cho ngày nay chúng trình hiện một khung cảnh gần như đóng cứng, gần như không tiến hóa gì từ bốn tỷ năm nay.

Trái đất lớn hơn Thủy tinh và Mặt trăng, nó mất đi nhiệt bên đầu của mình một cách chậm chạp hơn. Ngoài nhiệt được giải phóng bởi sự va chạm với các tiểu hành tinh cách đây hơn 4 tỷ năm còn có nhiệt tỏa ra bởi các khoáng phóng xạ trong tâm nó. Chính nhiệt này đã không ngừng tỏa ra làm cho ở dưới vỏ Trái đất đã bị hóa lỏng và tan chảy, và đó là nguyên nhân sinh ra lửa của các núi lửa.

## Nước

Nước là cái nôi của sự sống. Nước bao phủ ba phần tư bề mặt hành tinh của chúng ta, và điều này làm cho nó thật xứng với cái biệt danh xinh đẹp là “hành tinh xanh”. Với vô hạn các biến thiên về màu sắc, cảnh tượng nước chơi đùa với ánh sáng luôn là một hạnh phúc khó tả đối với mắt ta. Ngay cả một cốc nước cũng làm chúng ta phải trầm trồ thỏa mãn bởi sự trong suốt hoàn hảo của nó. Dù ở đâu đi nữa thì nước dường như cũng có hàng nghìn sắc thái thay đổi tùy theo hoàn cảnh. Vậy thì liệu nó có một màu sắc riêng không? Nếu có, thì đó là màu gì? Hay cái gì đã làm cho nó có thể phô ra hàng nghìn màu sắc mang lại niềm vui cho chúng ta?

Sở dĩ nước có các màu sắc đa dạng như thế là bởi vì ánh sáng từ nó dội lại mắt ta, làm cho chúng ta nhìn thấy, là tổng hợp của ba ánh sáng phân biệt. Ánh sáng của một vũng nước có thể đến từ bề mặt, từ giữa hay từ đáy của nó. Nó có thể là ánh sáng phản chiếu, tán xạ hay khúc xạ. Chẳng hạn, một tia sáng Mặt trời có thể được phản xạ bởi bề mặt của nước, hoặc là bị khúc xạ lần thứ nhất ở bề mặt rồi đi vào trong nước, và một khi đã ở trong nước, nó bị nước làm cho tán



xạ, rồi khúc xạ lần thứ hai ở bề mặt và đi ra không khí. Hoặc tia Mặt trời có thể bị khúc xạ lần đầu tiên ở mặt nước, rồi đi qua nước và bị phản xạ ở đáy, sau đó bị khúc xạ lần thứ hai ở mặt ngăn cách giữa nước và không khí. Chính sự đa dạng của những tổ hợp của ba loại ánh sáng này đã cho ra đời gam các màu của nước. Tùy theo hoàn cảnh, một trong số các ánh sáng nói trên có thể trội hẳn lên. Chẳng hạn, ở chỗ nước sâu và trong, ánh sáng bị đáy phản xạ là không đáng kể, và chính ánh sáng bị bề mặt phản xạ mới có vai trò dẫn dắt cuộc chơi; màu của nước khi đó chủ yếu là màu của trời bị phản xạ. Ở những nơi nước nông và trong, chính ánh sáng bị đáy phản xạ mới là quan trọng nhất, và vì vậy chủ yếu là màu của đáy quyết định màu của nước. Ngược lại, ở những nơi nước đục, ánh sáng chủ yếu là ánh sáng tán xạ bởi các cặn lắng lơ lửng ở gần mặt nước.

Thế nhưng liệu nước có một màu sắc riêng hay không? Câu trả lời là có, nếu nước đủ sâu để ánh sáng bị phản xạ là không đáng kể, như trường hợp nước biển, chẳng hạn. Nước ở biển có một màu nội tại và đó là màu xanh lam. Màu lam này là kết quả của các hiệu ứng kết hợp của sự tán xạ và hấp thụ ánh sáng Mặt trời bởi các khối nước trong đại dương. Sự hấp thụ ở đây đóng một vai trò thiết yếu, vì nếu một đại dương bằng lòng với sự tán xạ thôi thì nó sẽ có một màu trắng nhạt, toàn bộ ánh sáng trắng của Mặt trời đi vào trong nước cuối cùng sẽ đi ra khỏi nó. Sự tán xạ cũng không kém phần quan trọng bởi vì một đại dương chỉ làm mỗi một việc là hấp thụ ánh sáng thì sẽ đen như mực. Thực tế, trong trường hợp này, cách duy nhất để ánh sáng thoát ra khỏi đó là đi xuống đáy và bị đáy phản xạ. Đường đi dài cho tới tận đáy đại dương này được thể hiện bằng sự hấp thụ hoàn toàn ánh sáng. Chỉ có tán xạ các photon là cho phép ánh sáng quay trở lại và đập vào mắt chúng ta mà không phải chạm xuống đáy để rồi bị hấp thụ hoàn toàn. Sờ dĩ màu của nước là xanh lam thì đó là bởi vì các phân tử nước thích hấp thụ màu cam và màu đỏ hơn so với màu xanh lam và tím. Và thực tế, đỉnh trong suốt của nước nằm trong lam-lục.

Bởi vì sự hấp thụ càng lớn khi ánh sáng phải đi qua nước càng nhiều, nên khối lượng nước càng lớn thì màu lam của nó càng trội hơn. Chẳng hạn, khi khối lượng nước rất nhỏ, như trong một giọt nước hay thậm chí một cốc nước, sự hấp thụ gần như không có, và

nước có màu sáng như pha lê. Nhưng khi bạn xả đầy nước vào bồn tắm, bạn sẽ thấy ngay một màu xanh lam rất nhạt. Thực tế, một lớp nước sâu một mét đã hấp thụ 10% màu vàng và 20% màu đỏ, so với 1% màu lam. Nước của một bể bơi còn xanh hơn, và màu của đại dương là hoàn toàn xanh. Ở độ sâu 10 m so với mặt biển, 60% màu vàng và 90% màu đỏ bị hấp thụ, so với chỉ 20% màu xanh lam. Khi bạn lặn xuống rất sâu trong đại dương, mọi ánh sáng đều bị hấp thụ, và nước trở nên đen. Lần sau khi đi lặn dưới biển, bạn đừng quên rằng màu của đại dương càng trở nên sẫm hơn khi bạn lặn càng sâu xuống đáy.

Bạn sẽ nói với tôi rằng chẳng cần phải lặn xuống đáy biển mới thấy một biển xanh. Không cần phải ướt chân, bạn cũng hoàn toàn có thể ngắm các màu xanh lam nhạt của mặt biển khi đứng trên bờ hay trên mạn tàu hoặc cửa sổ máy bay. Bạn hoàn toàn có lý, vì không phải sự hấp thụ cũng không phải sự tán xạ ánh sáng Mặt trời, mà chính sự phản xạ bầu trời bởi mặt nước là nguyên nhân chính gây ra màu của đại dương. Chính bởi vì trời có màu xanh lam (*xem mục từ này*) mà màu của đại dương cũng có màu xanh lam. Sự phản xạ ánh sáng Mặt trời diễn ra theo hàng nghìn cách khác nhau: mặt biển luôn chuyển động và thay đổi, được tạo sóng như gió và địa lý của bờ. Trời càng nhiều mây thì biển càng có một màu xám buồn bã. Màu xám này bắt nguồn từ sự hỗn hợp của ánh sáng màu xanh lam nhạt bị tán xạ, đến từ dưới mặt nước, với màu trắng ở bên trên, tới từ các đám mây. Khi Mặt trời đi ngủ, biển phản xạ bầu trời hoàng hôn và được trang hoàng bằng vô số các màu đỏ và cam. Đáy đại dương không có tác động trực tiếp lên màu của nó ở trên một mét độ sâu. Nhưng, ở gần bờ, khi nước trong và nông, ánh sáng bị đáy phản chiếu đến được mắt chúng ta và, được trộn lẫn với ánh sáng lam của bầu trời bị mặt nước phản xạ, làm cho biển có một màu xanh lục tuyệt đẹp.

Màu của nước cũng bị ảnh hưởng bởi các hạt li ti trong lòng nó. Ngay cả nước hồ trên núi tinh khiết nhất cũng chứa các hạt căn lắng lơ lửng, và tùy theo bản chất chuyên biệt của các khoáng cấu thành các hạt đó, mà chúng tán xạ ánh sáng thuộc một màu nhất định và làm cho nước hồ có một màu đặc trưng. Chẳng hạn, chính thứ bùn quánh lơ lửng đến từ các sóng băng đã tạo cho các hồ trên núi màu lam ngọc tuyệt đẹp. Màu này bắt nguồn từ sự hỗn hợp màu xanh lam

đặc trưng của nước và màu trắng nhạt do sự tán xạ ánh sáng Mặt trời của bùn quánh.

Một câu hỏi đặt ra: nếu màu riêng của nước là màu lam, thì tại sao bọt xuất hiện trong một vùng nước động lại trắng thê? Làm thế nào giải thích được màu trắng của bọt sóng bi vờ trên bãi biển, hay bọt của nước đổ xuống trong thác nước Niagara? Sơ dĩ như vậy là do bọt không được cấu thành chỉ từ mỗi nước, như chúng ta đã nghĩ một cách hơi ngây thơ, mà còn có các bọt khí bao quanh nước. Các bọt khí này làm tán xạ ánh sáng. Chúng có các đường kính rất đa dạng, từ vài trăm nanomet cho tới nhiều milimet. Tùy theo kích thước của mình mà mỗi bọt khí làm tán xạ ánh sáng của một màu nào đó, nhưng tổng hợp của tất cả các màu bắt nguồn từ sự tán xạ bởi tất cả các loại bọt được xét trong tổng thể của chúng sẽ là màu trắng. Hiện tượng tương tự cũng xảy ra khi bạn nghiền một vật liệu màu thành bột: bất kể màu ban đầu là thế nào đi nữa thì các hạt rất mịn sinh ra từ nó cũng đều có màu trắng. Giờ bạn đã hiểu tại sao bọt rượu sâm panh - dù rượu có màu vàng nhạt - lại luôn có màu trắng: màu đẹp của nó bắt nguồn từ hiệu ứng tập thể của sự tán xạ ánh sáng bởi tổng thể các bọt rượu sâm panh...



## Ô nhiễm ánh sáng

Vào một đêm hè đẹp trời, hãy nằm dài trên bãi cỏ ở một vùng quê, và ngược mắt nhìn lên bầu trời. Các bạn sẽ lóa mắt trước một cảnh tượng lộng lẫy. Hàng nghìn chấm sáng nằm rải rác khắp nơi trên vòm trời đen như mực phát sáng bằng tất cả sức nóng của mình. Cái nhìn của bạn sẽ bị cuốn hút bởi một vòm lớn màu trắng nhạt vắt ngang bầu trời, đó chính là dải Ngân Hà. Tuy nhiên, cái cảnh tượng hùng vĩ và gọi biết bao cảm hứng, kết nối chúng ta với vũ trụ mênh mông ấy đã hoàn toàn biến mất khỏi bầu trời đêm thành phố. Bằng mắt thường, người dân thành thị chỉ có thể phân biệt được khoảng hai mươi ngôi sao, trong khi một người ở nông thôn có thể dễ dàng nhận ra khoảng ba nghìn ngôi. Sự xuống cấp của cảnh tượng bầu trời đêm này chính là do ánh sáng nhân tạo.

Phát minh ra chiếu sáng bằng điện của Thomas Edison (1847-1931) vào cuối thế kỷ XIX đã làm thay đổi căn bản diện mạo và phong cách sống đô thị. Ông đã làm cho đường phố trở nên an toàn hơn. Hoạt động của con người không còn dừng lại khi màn đêm buông xuống. Ánh sáng nhân tạo đã biến đêm thành ngày. Con người sinh ra, sống và chết trong một bốn liên tục ánh sáng tự nhiên và/hoặc nhân tạo. Hơn nữa, ánh sáng điện còn mang lại cho một số thành phố một khía cạnh thẩm mỹ nhất định. Chỉ cần ngắm các tòa nhà được chiếu sáng dọc bờ sông Seine, hay chiêm ngưỡng giàn thép được chiếu sáng của tháp Eiffel ban đêm là có thể thấy Paris thật xứng với cái tên "Kinh đô ánh sáng". Rất tiếc, hơn một thế kỷ sau phát minh của Edison, không phải ai cũng có điện để dùng; chỉ cần xem một bức ảnh toàn cảnh thế giới chụp bởi một vệ tinh NASA là thấy: trong khi hầu hết các nước phương Bắc sáng đèn thì phần lớn các nước ở phương Nam lại chìm trong bóng tối mịt mù.

Điều đó nói lên rằng, mặc dù ánh sáng nhân tạo mang lại những ích lợi không thể phủ nhận, nhưng nó đã tách chúng ta ra khỏi môi

trường, và theo tôi đó là một mất mát lớn. Bởi vì sự chiếu sáng của chúng ta không còn tuân theo nhịp Mặt trời và Mặt trăng, nên chúng ta đã đánh mất sự tiếp xúc mật thiết mà tổ tiên xa xôi của chúng ta đã từng có với bầu trời và thiên nhiên. Ánh sáng đèn neon và đèn dây tóc ở thành phố đã lấy mất của người dân đô thị cảnh tượng lộng lẫy của bầu trời sao. Trẻ em thành phố không còn ngược mắt nhìn lên bầu trời nữa. Tôi thậm chí còn nghĩ rằng chính sự mất tiếp xúc mật thiết với vũ trụ này là nguyên nhân khiến cho giới trẻ không quan tâm tới khoa học. Chỉ khi lên các đài thiên văn để thu lượm ánh sáng từ bầu trời, xa tiếng ồn và sự hối hả của con người, thì tôi mới có thể thấm nhuần cái thông điệp của vũ trụ đến với chúng ta từ những thời xa xưa nhất. Nhưng bản thân các đài thiên văn cũng đang bị ánh sáng nhân tạo đe dọa. Ánh sáng của các thành phố gây ra sự "ô nhiễm ánh sáng" thực sự, ngăn cản chúng ta được nhìn bầu trời đêm trong toàn bộ sự lộng lẫy của nó. Sự bành trướng không ngừng của các thành phố lớn đang gặm nhấm dần không gian xung quanh các khu vực thuận lợi cho con người còn có thể tiếp xúc với vũ trụ. Chẳng hạn, tại đài thiên văn trên đỉnh Wilson, ở ngoại ô Los Angeles, nơi nhà thiên văn người Mỹ Edwin Hubble (xem mục từ này) đã khám phá ra bản chất của các thiên hà vào năm 1923 và sự dân nở của vũ trụ vào năm 1929, sự ô nhiễm ánh sáng của thành phố này hiện nay lớn tới mức từ đây không còn có thể quan sát được các thiên hà nữa. Khoảng 20% diện tích của địa cầu đã bị ô nhiễm ánh sáng, và quảng sáng trên các thành phố tăng 5% mỗi năm tại châu Âu.

Ô nhiễm ánh sáng tại các khu vực thành thị chủ yếu là do chiếu sáng không được định hướng tốt (một phần hướng lên trời, hoặc phản chiếu lên trời), không hiệu quả, thái quá hoặc đơn giản là không cần thiết. Ánh sáng sau đó bị phân tán bởi các lớp khí quyển, tạo ra một quảng sáng trên các thành phố và làm cho bầu trời đêm bớt tối đi.

Nhưng ô nhiễm ánh sáng không chỉ ảnh hưởng tới việc nghiên cứu và chiêm ngưỡng bầu trời. Nó còn có các ảnh hưởng tiêu cực lên các nguồn lực kinh tế và sinh thái của thế giới. Thật vậy, việc chiếu sáng thái quá hoặc không cần thiết là một sự lãng phí năng lượng mà những người đóng thuế phải gánh chịu. Nếu điện được sinh ra từ các năng lượng hóa thạch, thì điều đó góp phần làm tăng lượng khí gây

hiệu ứng nhà kính thái vào khí quyển Trái đất và do đó đóng góp vào sự nóng lên toàn cầu.

Ánh sáng nhân tạo còn làm rối loạn hệ động vật và thực vật. Việc chiếu sáng ban đêm làm nhiễu loạn các đàn chim di trú vì chúng mất các điểm mốc của chúng trên bầu trời. Số chim chết mỗi năm tại Mỹ trong hành trình di trú do đâm vào cửa kính của các tòa nhà cao tầng có thể lên tới hàng trăm triệu con. Ô nhiễm ánh sáng cũng có thể làm rối loạn sự di chuyển của một số loài động vật giúp cho thụ phấn như bướm đêm, gây ra các hậu quả trực tiếp, như sự biến mất của nhiều loài cây có hoa phụ thuộc vào sự thụ phấn để sinh sản. Loài sâu đóm cũng bị ảnh hưởng: ánh sáng nhân tạo làm triệt tiêu hiệu ứng huỳnh quang của con cái, làm cho nó không được con đực phát hiện và thụ tinh; mà không có thụ tinh thì loài đó sẽ biến mất. Sự chiếu sáng ban đêm còn làm đảo lộn các nhịp sinh học và ảnh hưởng tới các hệ sinh thái. Chẳng hạn, trong các hồ nước, một sự chiếu sáng thái quá có thể làm cho động vật phù du không ăn tảo nữa, dẫn tới sự sinh sôi nảy nở của loài tảo, làm vi khuẩn biến đổi và tăng mạnh hoạt động, và nhiều động vật có xương sống và cá thiếu oxy.

Vậy chống lại thảm họa ô nhiễm ánh sáng này như thế nào? Nhiều giải pháp đã được đưa ra: ánh sáng của các thiết bị chiếu sáng phải được hướng đến nơi cần, chứ không sang bên hay hướng lên trời (sử dụng đèn chụp, đèn hướng xạ); dùng các nguồn chiếu sáng hiệu quả, ít gây ô nhiễm, như bóng đèn hơi natri; chỉ thấp khi cần thiết, và không lãng phí (sử dụng thiết bị ngắt tự động, giảm chiếu sáng nơi công cộng mà không ảnh hưởng đến an toàn của người dân). Để giữ được bầu trời tối đen, ý tưởng về các "khu dự trữ quốc tế bầu trời sao" đã ra đời: bảo vệ các vùng phụ cận các đài thiên văn khỏi ánh sáng nhân tạo bằng các vùng đệm cấm sử dụng ánh sáng nhân tạo. Một khu dự trữ bầu trời sao như vậy đã được lập năm 2007 tại Québec (Canada): một vùng bảo vệ 5.500 km<sup>2</sup> trong một bán kính 50 km xung quanh đài thiên văn trên đỉnh Mégantic. Một dự án tương tự sẽ được lập cho đài thiên văn Midi, trên dãy Pyrénées của Pháp, năm 2009, hưởng ứng "Năm thiên văn quốc tế" do UNESCO phát động để kỷ niệm 400 năm ngày Galileo sử dụng kính thiên văn lần đầu tiên.

Ô nhiễm ánh sáng không giới hạn ở ánh sáng nhìn thấy được. Nó còn liên quan đến cả các sóng radio, một dạng ánh sáng mà các nhà thiên văn vô tuyến sử dụng để thăm dò vũ trụ. Họ thường xuyên phải thương lượng với các quan chức, các quân nhân và các nhà công nghiệp để giữ các tần số cho phép họ nghiên cứu các nguồn radio trong bầu trời. Đó là một cuộc đấu tranh khó khăn, vì các đài phát thanh và vô tuyến, điện thoại di động đang không ngừng đòi hỏi các tần số mới. Liệu con người có đủ sáng suốt để kìm nén mong muốn không bao giờ chán xây dựng và thắp sáng ngày càng nhiều hơn nữa, sao cho con cháu chúng ta còn có thể ngắm nhìn và lắng nghe bầu trời trong toàn bộ sự lộng lẫy của nó hay không?



**P**

## Phản vật chất

Phản vật chất giống như ảnh của vật chất, nhưng được nhìn qua chiếc gương làm đảo đầu của các điện tích. Ngoại trừ điện tích ra, các tính chất vật lý của vật chất và phản vật chất là hoàn toàn giống nhau. Chẳng hạn, một phản proton có thể kết hợp với một electron để tạo thành một phản nguyên tử hydro. Các phản nguyên tử có thể liên kết với nhau để tạo thành các phản phân tử, và sự sống cũng có thể xuất hiện sau các chuỗi dài phản gen ADN tạo thành một chuỗi xoắn kép.

Ngày nay, chúng ta sống trong một vũ trụ do vật chất ngự trị. Các tia vũ trụ, những cơn gió các hạt tích điện, có xuất xứ từ những ngôi sao nặng trong cơn bùng nổ giây chết, đến với chúng ta trong giới hạn của dải Ngân Hà, hầu như chỉ chứa vật chất, mà chủ yếu là proton. Chúng ta không có nguy cơ gặp phản-anh và phản-tôi, những người khi bắt tay chung ta sẽ làm chúng ta phân hủy thành anh sáng. Tuy vậy, vào lúc khởi đầu, vũ trụ là một hỗn hợp cân bằng của các hạt và phản hạt. Nếu sự cân bằng hoàn hảo này được duy trì trong suốt lịch sử của vũ trụ, thì chúng ta không có mặt ở đây để nói về nó. Vật chất sẽ bị hủy cùng với phản vật chất và cuối cùng sẽ chỉ còn lại các photon. Các photon này, bị yếu đi do sự giãn nở của vũ trụ, sẽ không còn nhanh chóng sinh ra các cặp hạt/phản hạt nữa. Vì thế sẽ chỉ còn một vũ trụ chứa đầy ánh sáng, mọi vật chất, kể cả bạn và tôi, đều sẽ không thể xuất hiện.

Tại sao phản vật chất lại biến mất khỏi sân khấu? Theo nhà vật lý người Nga Andrei Sakharov (1921-1989), sự vắng bóng của phản vật chất có thể được hiểu là do tự nhiên hơi ưu ái vật chất một chút so với phản vật chất. Chúng ta hãy xét các hạt quark, những viên gạch cơ bản tạo nên vật chất. Theo Sakharov thì cứ mỗi một tỷ phản quark xuất hiện từ chân không khởi thủy trong những phân giây tồn tại đầu tiên của vũ trụ, thì lại có một tỷ lẻ một hạt quark xuất hiện. Tương tự, cứ mỗi một tỷ phản electron sinh ra lại có một tỷ lẻ một

electron chào đời. Chính sự thiên vị một phần môt tý này đối với vật chất đã làm cho chúng ta tồn tại.

Chúng ta hãy xét xem tại sao. Khi đồng hồ vũ trụ điểm một phần triệu giây, nhiệt độ của vũ trụ đã giảm xuống nhưng vẫn còn rất lớn, cỡ 10.000 tỷ độ. Nhưng điều đó là đủ để lực hạt nhân mạnh phát huy tác dụng tập hợp các quark theo ba hạt một để tạo thành các viên gạch quen thuộc của vật chất thông thường: đó là các proton và notron. Các proton và notron này sau đó lại ghi siết điên cuồng với các phản hạt của chúng để hủy thành ánh sáng, rồi ánh sáng này lại biến thành các cặp hạt/phản hạt. Sự cuồng nhiệt phá hủy và tái sinh vật chất và phản vật chất này tiếp diễn cho tới khi đồng hồ vũ trụ điểm ở 1/10.000 giây, khi mà nhiệt độ của vũ trụ đã giảm xuống còn 1.000 tỷ độ. Ở thời điểm này, các photon bị yếu đi do vũ trụ dãn nở không còn đủ năng lượng để chuyển hóa thành các cặp proton/phản proton nữa. Ngược lại, sự hủy của chúng vẫn diễn ra bình thường. Phần lớn các proton và notron đều chuyển hóa thành ánh sáng. Nhưng bởi vì tự nhiên có một phần tỷ thiên vị vật chất so với phản vật chất, nên cứ mỗi một tỷ cặp hạt/phản hạt hủy nhau để trở thành photon thì lại dư ra một proton hay một notron thoát khỏi cuộc đại diệt đó, do không tìm được một phản hạt đối tác để kéo nó vào một cuộc ghi siết hủy diệt. Kịch bản tương tự cũng xảy ra vài khoảnh khắc sau đối với các cặp electron/phản electron, vào cuối của giây đầu tiên, khi vũ trụ giảm nhiệt độ xuống dưới 6 tỷ độ. Ở nhiệt độ này, photon không còn có thể chuyển hóa thành các cặp electron/phản electron được nữa. Lại một lần nữa diễn ra cuộc đại hủy diệt, và, cuối cùng, cứ sau mỗi một tỷ cặp electron/phản electron trở thành ánh sáng sẽ còn chỉ một electron sống sót. Các proton, notron và electron thoát khỏi hai cuộc đại hủy diệt sẽ kết hợp với nhau nhờ lực điện từ để tạo thành các nguyên tử vật chất và cho ra đời vẻ đẹp và sự phức tạp của thế giới, cũng như bạn và tôi.

Bởi vì vũ trụ có một phần tỷ ưu ái hơn đối với vật chất chứ không phải với phản vật chất, nên có các bạn và có tôi thay vì có các phản-bạn và phản tôi. Tiếp đến là, trong vũ trụ ngày nay, tồn tại một hạt vật chất (hạt sống sót) tính trên mỗi một tỷ hạt ánh sáng (những hạt tạo thành từ sự hủy của các hạt vật chất và phản vật chất). Sự thiên vị của tự nhiên là như nhau đối với những hạt mang điện tích

dương (các proton) và âm (các electron), khiến cho chúng ta sống trong một vũ trụ trung hòa về điện.

## Phân tử giữa các vì sao

Sự hình thành các phân tử - hay các kết tập của các nguyên tử - là một giai đoạn quan trọng và thiết yếu trong việc chắt tạo ra thực tại. Hạt nhân của các nguyên tử hydro và heli đã được sinh ra trong ba phút đầu tiên của vũ trụ trong khi hạt nhân của các nguyên tố hóa học nặng nhất và phức tạp nhất, như cacbon, oxy hay nitơ, được sinh ra sau đó, từ lò luyện hạt nhân trong các ngôi sao. Các nguyên tử này ở trong các đám mây nằm rải rác trong môi trường mênh mông giữa các vì sao của các thiên hà xoắn ốc. Để leo lên tới tận đỉnh hình chóp của quá trình phức tạp hóa, tự nhiên đã phải sử dụng các nguyên tử này như những viên gạch vật chất để xây dựng nên các cấu trúc phức tạp hơn, mà bắt đầu là các phân tử.

Nhưng làm thế nào để tạo điều kiện thuận lợi cho sự gặp gỡ của các nguyên tử nhằm kích thích sự hình thành của các phân tử? Các đám mây giữa các vì sao đậm đặc nhất, ngay cả khi đạt đến mật độ một triệu nguyên tử trên mỗi centimet khối, cũng chưa tạo thành một môi trường lý tưởng cho các cuộc gặp gỡ này, vì chúng vẫn còn trống rỗng như các chân không cao nhất mà chúng ta có thể tạo ra được trong các phòng thí nghiệm trên Trái đất. Vũ trụ vì thế đã sáng tạo ra các hạt bụi giữa các vì sao. Các hạt bụi này sẽ dùng làm "câu lạc bộ gặp gỡ" cho các nguyên tử của các nguyên tố hóa học. Trên bề mặt của các hạt bụi giữa các vì sao, các hạt nhân nguyên tử sẽ lao vào một cuộc truy hoan cặp đôi và kết hợp, được kích thích bởi lực điện từ dùng làm chất "keo" để gắn các nguyên tử lại với nhau. Và từ đó xuất hiện các phân tử bao gồm hai, ba, bốn, thậm chí tới chục nguyên tử.

Do sự dư thừa các nguyên tử hydro (chiếm tỷ lệ chín phần mười số nguyên tử trong môi trường giữa các sao), nên các phân tử hydro ( $H_2$ ) hình thành từ sự kết hợp của hai nguyên tử khí này

vuốt trội hẳn về số lượng các phân tử trong môi trường giữa các vì sao của các thiên hà xoắn ốc như Ngân Hà. Chúng nhiều hơn hàng triệu, thậm chí hàng tỷ lần các phân tử khác, trong đó có một số phân tử quen thuộc với chúng ta, như các phân tử monoxýt cacbon ( $\text{CO}$ ), hydro xyanua ( $\text{HCN}$ ), amoniac ( $\text{NH}_3$ ), nước ( $\text{H}_2\text{O}$ ), rượu etylic ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), fomandehyt ( $\text{H}_2\text{CO}$ ) hay axit phoócmic ( $\text{H}_2\text{CO}_2$ ). Ngoại trừ các phân tử hydro chỉ phát và hấp thụ ánh sáng cực tím - ánh sáng này đã bị khí quyển Trái đất chặn mất và chỉ các kính thiên văn không gian mới bắt được - còn thì mỗi phân tử đều phát ra các tín hiệu radio mà các kính thiên văn radio trên mặt đất đều có thể bắt được, và từ đó ta có thể nhận dạng được các phân tử đó. Hiện các nhà thiên văn vô tuyến đã phát hiện được khoảng 120 các phân tử này. Chúng luôn là kết quả của sự kết hợp, theo các tổ hợp khác nhau, của bốn viên gạch nguyên tử dồi dào nhất trong môi trường giữa các vì sao: đó là hydro ( $\text{H}$ ), cacbon ( $\text{C}$ ), nitơ ( $\text{N}$ ) và oxy ( $\text{O}$ ). Dường như người ta đã phát hiện được các phân tử phức tạp như các phân tử glycine ( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ), một trong số các axit amin, nền tảng của các protein trong các tế bào sống.

Cần phải biết rằng môi trường giữa các vì sao (xem mục từ này) là rất không thân thiện và đầy những mối đe dọa cho sự sống còn của các phân tử: các tia cực tím năng lượng cao do các sao trẻ và nặng phát ra, rồi các tia vũ trụ, các đám dày đặc proton và electron do các sao siêu mới phóng ra chuyển động hết tốc lực (hàng nghìn kilomet mỗi giây) dọc khắp không gian giữa các vì sao và luôn sẵn sàng bắn thẳng vào các phân tử, làm tan rã và phá hủy chúng đồng thời giải phóng các nguyên tử.

Rất may, các phân tử không phải sống ở bất kỳ nơi nào trong môi trường giữa các vì sao rộng lớn. Chúng thường ưa tụ tập ở các vùng có mật độ cao nhất. Người ta đã tìm thấy ở đó những đám mây đạt đến mật độ hàng triệu nguyên tử khí hydro mỗi centimet khối. Các đám mây này có mật độ cao hơn hàng chục tỷ lần so với một đám mây bình thường trong không gian giữa các vì sao (mặc dù mật độ của chúng vẫn thấp hơn chân không hoàn hảo nhất mà chúng ta có thể tạo ra được trên Trái đất). Người ta gọi chúng là các "đám mây phân tử" (xem mục từ này). Các hạt bụi (xem mục từ này) cũng xuất hiện ở đây với số lượng lớn. Chúng đóng một vai trò kép: một mặt,

chúng thúc đẩy sự kết hợp của các nguyên tử bằng cách cung cấp cho chúng các bề mặt thân thiện; mặt khác, chúng đảm nhiệm vai trò bảo vệ các phân tử sinh ra từ đó. Như vậy, bụi không chỉ đóng vai trò làm người môi lái, mà còn là lá chắn bảo vệ cho các phân tử yếu ớt bằng cách hấp thụ và tiêu hủy các tia cực tím độc hại và các tia vũ trụ tàn phá khác. Bởi vì bụi hấp thụ ánh sáng nhìn thấy được, nên các đám mây phân tử, được chiếu sáng bởi các sao ở đó, trình hiện các vùng tối với các chu vi nhám nhờ vốn không là gì khác mà chính là bóng của các đám mây bụi.

Các đám mây phân tử không sống một cách riêng lẻ. Chúng có bản năng quần cư và thích kết tụ lại với nhau thành các phức hợp rộng lớn trải trên khoảng 150 năm ánh sáng và chứa đủ khí để sinh ra một triệu Mặt trời. Người ta biết khoảng một nghìn các phức hợp phân tử này nằm rải rác trong Ngân Hà. Chính trong các đám mây phân tử này sẽ ra đời các ngôi sao mới (xem: *Vườn trẻ sao*).

## Phổ biến khoa học

“Tại sao anh lại viết sách phổ biến khoa học?”. Tôi thường được đặt câu hỏi này trong các cuộc phỏng vấn. Tôi luôn trả lời rằng lý do chính là chu đề nghiên cứu của tôi thuận lợi cho việc phổ biến khoa học. Ai trong chúng ta cũng đã từng ngược mắt nhìn lên bầu trời và cũng choáng ngợp trước sự rộng lớn của một bầu trời đêm. Ai trong chúng ta cũng đã từng tự vấn mình về sự vô hạn của vũ trụ. Ai trong chúng ta cũng đều đã tự vấn mình về nguồn gốc của vũ trụ và số phận của nó. Và thực tế, nói về các hành tinh sẽ dễ hơn nhiều so với nói về proton, electron và các hạt quark mà không một ai, ngoại trừ các nhà khoa học, từng nhìn thấy. Các ngôi sao và các tinh vân luôn toát ra một chất thơ và một vẻ đẹp mà các hạt cơ bản chắc chắn không có. Phổ cập hóa thiên văn học chắc chắn là dễ dàng hơn phổ cập hóa vật lý về các hạt này, về lý thuyết Dây (*xem mục từ này*), về công thức của một chất hóa học, về chức năng của một tế bào sống hay của một virus.

Còn có các lý do khác quan trọng hơn thúc đẩy tôi đóng vai trò “chờ con đồ kiến thức”, phổ biến khoa học. Không thể tranh cãi rằng xã hội ngày nay phụ thuộc vào khoa học và các hệ quả công nghệ của nó. Các sản phẩm công nghệ là thiết yếu cho sự tiến bộ và tồn vong của nhân loại. Và cũng chắc chắn rằng khoa học, một khi được áp dụng không đúng đắn bởi những người hoạch định chính sách, các chính trị gia, các nhà công nghiệp hay quân sự, có thể gây ra những tác hại kinh khủng: như sự tan phá Hiroshima và Nagasaki, lỗ thủng tầng ozon (xem mục từ này), sự nóng lên toàn cầu do hiệu ứng nhà kính (xem mục từ này) và rất nhiều các vết thương khác giáng xuống hành tinh của chúng ta là những minh chứng rõ ràng nhất. Trong một thế giới ngày càng phụ thuộc lẫn nhau, nơi mà ý niệm “dân chủ” thắng thế và người dân ngày càng có quyền quyết định về người lãnh đạo mình, thì việc người dân có những hiểu biết cơ bản về khoa học và công nghệ trong mọi khía cạnh của đời sống, cả các khía cạnh tích cực lẫn tiêu cực của khoa học là điều rất quan trọng, và sô dĩ như vậy là để chọn lựa tốt hơn những người lãnh đạo mình. Những người lãnh đạo phải thực hiện các lựa chọn trong hằng hà sa số các giải pháp thay thế có thể ảnh hưởng đến hàng triệu con người, thậm chí cả tương lai của hành tinh. Để đưa ra các quyết định đúng đắn và lãnh đạo thông minh, đến lượt mình, những người ra quyết định này phải có một hiểu biết chung về khoa học và các ứng dụng khả dĩ của nó.

Báo chí khoa học đóng một vai trò quan trọng trong phổ biến khoa học. Nó thông tin đến công chúng hiện trạng những hiểu biết và các ứng dụng sẽ được thực hiện trong xã hội. Nó cũng phản ánh các phản ứng của công chúng - tán đồng hay phản đối - đối với một số ứng dụng - chẳng hạn sự ngò vức của công chúng châu Âu đối với các sinh vật biến đổi gen. Nhưng các nhà báo khoa học không làm khoa học, nên thì thoảng khó tránh khỏi những sai lầm trong các bài báo hoặc các chương trình phát thanh hay truyền hình của họ. Còn ai có thể tốt hơn chính các nhà khoa học trong việc giải thích chính các phát minh của mình hay của các đồng nghiệp mình? Anh ta có thể nói về nó một cách chính xác hơn: vì bản thân cũng thực hành phương pháp khoa học, nên anh ta biết rõ các thành công chói lọi, các chiến thắng vang dội của nó, nhưng cũng biết cả những giới hạn và

các ngõ cụt của nó. Ngoài ra anh ta có thể tạo cho khoa học một hình ảnh bớt nhàm chán hơn nếu như biết nói về nó một cách sự phạm và đầy cảm hứng. Anh ta có thể xua tan hình ảnh sai lầm về nhà bác học điên rồ thường xuyên xuất hiện trong các bộ phim kinh dị hay các truyện tranh.

Trong một số quốc gia phát triển, những bạn trẻ tài năng nhất đã khước từ sự nghiệp khoa học, mà chạy theo con đường mang lại nhiều lợi lộc hơn, như kinh doanh, luật hay y học. Cần khẩn cấp đánh thức và duy trì sự quan tâm của thế hệ trẻ đối với khoa học. Mặc dù một vài đồng nghiệp của tôi thích núp trong tháp ngà và không muốn tiếp xúc với công chúng, để yên ổn tập trung thực hiện các nghiên cứu của mình, thì tôi vẫn nhận thấy rằng, nhìn chung, thế hệ các nhà khoa học trẻ cởi mở hơn trong việc trao đổi và đối thoại với công chúng.

Tôi nghĩ rằng tất cả chúng ta (đặc biệt ở Mỹ) đều ý thức được rằng chính tiền bạc của nhân dân - thông qua đóng thuế - đã tài trợ cho các nghiên cứu của chúng ta, và rằng chúng ta phải giải thích cho công chúng biết những kết quả của các nghiên cứu đó, giống như mọi người làm công ăn lương phải giải thích cho người sử dụng lao động các kết quả thu được và các tiến bộ đạt được. Trong lĩnh vực nghiên cứu của tôi, một kính thiên văn mặt đất lớn đòi hỏi chi phí hàng trăm triệu đôla, việc phóng một kính thiên văn không gian như *Hubble* (xem: *Kính thiên văn không gian*) tiêu tốn của người đóng thuế một món tiền nhỏ cũng khoảng cả chục tỷ đôla!, nên việc duy trì sự quan tâm và hứng thú của công chúng đối với thiên văn học là điều có tầm quan trọng sống còn. Và sở dĩ như vậy là vì, trong một nền dân chủ, công luận luôn được tính đến và có thể gây áp lực lên những người ra quyết định để thúc đẩy họ tài trợ nhiều hơn nữa cho nghiên cứu khoa học. Trong trường hợp các quyết định ngược lại với lợi ích của khoa học, thì áp lực của công chúng có thể làm họ thay đổi ý kiến và sửa lại hành động.

Một ví dụ rất ấn tượng chợt nảy ra trong óc tôi, đó là vào năm 2004, một năm sau vụ nổ của phi thuyền không gian *Columbia* làm thiệt mạng bảy phi hành gia, NASA đã quyết định hủy chuyến bay sửa chữa kính thiên văn *Hubble* được dự kiến từ nhiều năm trước, lấy lý do là một chuyến bay như thế là quá nguy hiểm. Quyết định



này đánh dấu sự kết liễu của kính thiên văn không gian đã từng tạo ra cuộc cách mạng trong thiên văn học khi phát lộ cho chúng ta biết rất nhiều bí mật của vũ trụ: trên thực tế, nhiều thiết bị của *Hubble* - đặc biệt là một kính quang phổ, nhiều con quay hồi chuyển dùng để định hướng kính thiên văn, các tấm Mặt trời cung cấp điện cho kính - đã bị hỏng hoặc bị hư hại nặng và, nếu không có chuyến bay lên để sửa chữa, người ta chắc chắn rằng *Hubble* không thể tiếp tục vận hành được nữa. Một sự phản đối mạnh mẽ của công chúng đã nổi lên, vì viện quản lý kính *Hubble* đã tiến hành rất tài tình một chiến dịch quan hệ công chúng: ai trong chúng ta chưa một lần bị choáng ngợp trước sự lộng lẫy của một trong những hình ảnh của kính thiên văn không gian chuyển về Trái đất? Một phong trào nhằm cứu kính *Hubble* đã được tổ chức. Nhiều người viết thư cho các vị dân biểu của mình ở Nghị viện, và các chính trị gia thuyết phục người đứng đầu NASA rút lại quyết định. Chuyến bay sửa chữa *Hubble* gần đây nhất đã được thực hiện năm 2009. *Hubble* sẽ tiếp tục mang lại sự phục vụ chu đáo và tận tụy cho tới năm 2014, khi kính *James Webb* (xem mục từ này) tiếp bước nó. Đây là một ví dụ chứng tỏ một cách hùng hồn rằng phổ cập cho công chúng một số chủ đề khoa học quả là... đáng giá!

Nhưng còn nhiều lý do khác nữa, mang tính siêu hình, thúc đẩy tôi "phổ cập khoa học". Ngoài sự mô tả các hiện tượng - Big Bang hay tập hợp các đối tượng kỳ lạ và tuyệt diệu của vật lý thiên văn như các lỗ đen, quasar và pulsar -, điều khiến tôi thích thú trong nghiên cứu của mình, đó là các hệ quả triết học và siêu hình học mà nó có thể có. Tôi nghĩ rằng thiên văn học "giúp ta nhìn", rằng nó làm thay đổi thế giới quan của chúng ta, hay, nói theo cách của nhà triết học của khoa học Thomas Kuhn, nó làm thay đổi "hình mẫu" tư duy của chúng ta. Vũ trụ học hiện đại đã làm thay đổi sâu sắc các quan niệm của chúng ta về địa vị của con người trong vũ trụ. Con người đã bị thu nhỏ lại rất nhiều cả trong không gian và trong thời gian (xem: *Bóng ma Copernicus*).

Tuy vậy, liệu có nên buông xuôi tuyệt vọng và tự nhủ rằng tồn tại của chúng ta là không có ý nghĩa gì trong vũ trụ mênh mông này? Tôi không nghĩ thế. Thiên văn học hiện đại đã tái phát hiện sự gần bó xa xưa của chúng ta với vũ trụ. Là những hạt bụi sao, chúng ta chia sẻ

cùng một lịch sử vũ trụ với những con sư tử trên các trăng cỏ và hoa mỹ nhân trên đồng nội. Được kết nối qua không gian và thời gian, tất cả chúng ta đều phụ thuộc lẫn nhau. Chỉ đơn giản như việc hít thở cũng kết nối chúng ta với toàn bộ nhân loại: hàng tỷ phân tử oxy mà chúng ta hít vào mỗi nhịp, một ngày nào đó, đã từng đi vào phổi của ai đó trong số 50 tỷ người từng sống trên Trái đất.

Viễn cảnh vũ trụ và hành tinh đó nhấn mạnh không chỉ sự phụ thuộc lẫn nhau của chúng ta, mà cả sự mong manh của hành tinh xanh và sự cô đơn của chúng ta giữa các vì sao. Các vấn đề môi trường đe dọa chôn vùi thân của chúng ta trong mênh mông vũ trụ vượt qua các hàng rào chủng tộc, văn hóa và tôn giáo. Các chất độc công nghiệp, các chất thải phóng xạ và khí gây hiệu ứng nhà kính (*xem mục từ này*) làm nóng hành tinh của chúng ta cũng không biết đến các biên giới quốc gia. Các vấn đề này và nhiều vấn đề khác nữa - đói nghèo và chiến tranh - đe dọa nhân loại có thể được giải quyết nếu chúng ta ý thức được rằng chúng ta phụ thuộc lẫn nhau và rằng lợi ích và hạnh phúc của chúng ta gắn bó chặt chẽ với lợi ích và hạnh phúc của người khác, hay nói cách khác, là nếu chúng ta để mình bị điều khiển bởi lòng trắc ẩn để phát triển trong chúng ta cái mà Đạt Lai Lạt Ma đã gọi rất chính xác là "trách nhiệm toàn nhân loại". Ý thức được sự phụ thuộc lẫn nhau này, chúng ta phải thay đổi từ bên trong để suy nghĩ và hành động đúng đắn hơn. Về phương diện này, không nghi ngờ gì nữa, một văn hóa khoa học đúng đắn sẽ giúp chúng ta sống tốt hơn.

Trên phương diện cá nhân, tôi có may mắn được làm nghề tôi thích, và điều này mang lại cho tôi một niềm vui to lớn được chia sẻ không chỉ điều tôi biết - như một người thợ thủ công tự hào chứng tỏ tài nghệ của mình -, mà còn cả cảm xúc và tình cảm kết nối vũ trụ mà tôi nhận thấy mỗi khi đến các đài thiên văn khác nhau trên thế giới để thu lượm thú ánh sáng quý báu đến với chúng ta từ các vùng xa xôi của vũ trụ. Hoạt động của "người phổ biến" đã mang lại cho tôi một cuộc sống mới, ngoài cuộc sống của nhà nghiên cứu và nhà giáo. Nó đã mang lại cho tôi hạnh phúc lớn lao khi có thể giao tiếp, thông qua các cuốn sách và hội thảo của tôi, với một công chúng rất rộng rãi. Không thể làm được điều này khi đó là một công bố khoa học: một bài báo mà người ta từng vất lộn nghiên cứu trong nhiều tháng,

thậm chí nhiều năm, chỉ có thể được đọc và được hiểu bởi một số ít ỏi các chuyên gia, vì tri thức đã trở nên quá chuyên sâu. Sự chuyên môn hóa quá sâu này đã khiến tôi hết sức thất vọng: dần dần tri thức khoa học đã được định nghĩa như “biết tất mà gần như chẳng biết gì cả”! Phổ biến khoa học đã cho phép tôi vượt qua khuôn khổ quá chật hẹp - và đôi khi cần cỗi - của một cuộc sống hàn lâm khép mình trong môi trường đại học. Tôi đã có thể gặp gỡ những người khác nhau ở các môi trường khác nhau - văn chương, nghệ thuật, kinh tế, chính trị -, mà sự tiếp xúc với họ đã làm tôi giàu lên đáng kể và đã mở rộng thế giới quan của tôi.

Một trong những sự kiện đã xảy ra trong hoạt động phổ biến khoa học của tôi và vẫn hằn in trong trí nhớ của tôi là chuyến về thăm Việt Nam cùng với Tổng thống François Mitterrand. Năm 1993, tại phòng làm việc của tôi tại Đại học Virginia, tôi nhận được một cuộc điện thoại từ văn phòng điện Elysée. Lúc đầu tôi tưởng là trò đùa. Tổng thống François Mitterrand thuyết phục tôi tham gia phái đoàn tháp tùng ông trong chuyến thăm Nhà nước Việt Nam. Tổng thống Pháp ngày đó là vị Nguyên thủ Quốc gia đầu tiên của phương Tây nối lại quan hệ với Việt Nam sau khi nước này bị cô lập với phương Tây trong một thời gian dài. Tại sao tổng thống lại mời tôi? Không một ai cho tôi lý do chính xác. Rất có thể, ông muốn làm vinh dự cho nước chủ nhà bằng cách mời một người con của đất nước này, một nhà khoa học có uy tín quốc tế. Tôi cũng nghĩ rằng cuốn sách đầu tiên của tôi, cuốn *Giai điệu bí ẩn*, do nhà xuất bản Fayard ấn hành năm 1988, trong đó tôi đã trình bày các suy tư của mình về vũ trụ học và vị trí của con người trong vũ trụ, chắc đã làm hài lòng vị tổng thống đầy học thức thích tập hợp quanh mình các triết gia và trí thức. Trở lại thành phố Hà Nội nơi chôn nhau cắt rốn của tôi trong những điều kiện này, bốn thập kỷ sau khi rời nơi đây vào năm 1954, thời Việt Nam phân chia hai miền, làm tôi rất xúc động. Bên cạnh tổng thống, tôi đã có thể gặp gỡ những gương mặt huyền thoại của Việt Nam như cố thủ tướng Phạm Văn Đồng hay đại tướng Võ Nguyên Giáp, người chỉ huy chiến dịch Điện Biên Phủ và trong cuộc kháng chiến của Việt Nam chống Mỹ. Còn Chủ tịch Hồ Chí Minh thì đã mất lâu rồi.

## Platon

Khi tìm hiểu thế giới, chúng ta phải đương đầu với tình thế lưỡng phân sâu sắc, giữa thời gian và phi thời gian, giữa cái đang trở thành và cái đang tồn tại, hay nói theo ngôn ngữ của nhà Phật, giữa vô thường và hằng thường. Các quy luật tự nhiên được áp dụng cho một vũ trụ liên tục tiến hóa và không ngừng thay đổi, trong khi bản thân chúng lại bất biến và không thay đổi được.

Triết gia người Hy Lạp Platon (khoảng 427-327 tCN) là một trong những người đầu tiên suy nghĩ một cách nghiêm túc về nghịch lý cơ bản này của tồn tại. Do tình thế lưỡng phân này mà ông nghĩ rằng tồn tại hai cấp độ thực tại. Đầu tiên là thực tại của thế giới mà các giác quan của chúng ta có thể tiếp cận được, một thế giới thay đổi, phù du và hư ảo. Cái thế giới cảm giác và tạm thời này chỉ là sự phản ánh nhợt nhạt của thế giới "thực", thế giới của các Ý niệm vĩnh cửu và bất biến, nơi ngự trị các quan hệ toán học và những cấu trúc hình học hoàn hảo. Theo Platon, tất cả các sinh linh của thế giới cảm giác chỉ là những bản sao không hoàn hảo của các hình dạng vĩnh cửu trong thế giới các Ý niệm. Chẳng hạn, những con chó cùng một loài là giống nhau vì tất cả chúng đều là biểu hiện vật chất của cùng một ý niệm hoàn hảo về chó. Con chó của thế giới vô thường và phù du rồi sẽ già đi, ốm yếu và chết, nhưng ý niệm chó là vĩnh cửu, bất biến. Điều này làm cho loài chó đó có thể tồn tại lâu dài qua nhiều thế kỷ, vì nó có thể tự tái vật chất hóa từ ý niệm bất biến về chó.

Để minh họa sự lưỡng phân giữa thế giới cảm giác và thế giới Ý niệm, Platon đã đưa ra một phúng dụ nổi tiếng về Cái hang trong tác phẩm viết theo thể đối thoại mang nhan đề *Cộng hòa* của ông. Các bạn hãy hình dung, ông nói, có những người bị cầm tù trong một cái hang. Họ đứng quay lưng ra cửa hang, mặt hướng về phía các vách hang. Bên ngoài hang là một thế giới lung linh ánh sáng, màu sắc và các hình thể, nhưng những người trong hang không ý thức được điều đó. Tất cả những gì mà họ có thể nhìn thấy chỉ là những cái bóng của các đồ vật và động vật của thế giới bên ngoài được phóng chiếu lên các vách hang. Đối với họ, thế giới những cái bóng là thực tại duy nhất, vì họ không biết đến các thế giới khác. Họ không thể biết rằng

bóng chỉ là một phản chiếu nhợt nhạt của một thực tại sống động tồn tại ở bên ngoài hang. Họ không thể ý thức được rằng, nếu một ai đó trong số họ thoát ra và phiêu lưu trong thế giới bên ngoài, anh ta sẽ lóa mắt bởi ánh sáng và vẻ đẹp của các sinh vật cũng như các đồ vật được chiếu sáng bởi ánh nắng vàng. Bóng tối buồn tẻ và các hình ảnh mờ nhòe nhường chỗ cho vô số các sắc màu và các hình dạng rõ ràng của thế giới "thực". Thế giới này sẽ đẹp hơn và hoàn hảo hơn rất nhiều thế giới của những cái bóng.

Theo Platon, thế giới cảm giác giống như thế giới những cái bóng của những người trong hang. Nó chỉ là một biểu hiện không hoàn hảo của một thế giới hoàn hảo, thế giới của các ý niệm, "được chiếu sáng bởi Mặt trời lý tính".

Bởi vì tồn tại hai cấp độ thực tại, nên con người, theo Platon, cũng có bản chất nhị nguyên. Con người có một thể xác vật chất, thay đổi và già đi theo thời gian, và nhờ đó mà nó tiên hóa và giao tiếp được với thế giới không hoàn hảo, vô thường của cảm giác. Nhưng con người cũng có một tâm hồn bất tử có lý trí có thể tiếp cận thế giới hoàn hảo và hằng thường của các ý niệm. Linh hồn tồn tại trước thể xác nhưng ngay khi nhập vào vỏ bọc thể xác đó, nó liền quên mất là đã từng tiếp xúc với thế giới các ý niệm. Theo thời gian, nó khám phá các hình dạng tự nhiên của thế giới cảm giác - một bông hoa, một con mèo, một em bé... -, một trí nhớ lơ mơ và xa xăm về thế giới các ý niệm sẽ trở lại với nó. Con người ý thức được rằng, khi anh ta nhìn một bông hồng, thì trước mắt anh ta chỉ là một biểu hiện không hoàn hảo của ý niệm bông hồng. Từ đó sinh ra một hoài niệm về sự hoàn hảo, và mong muốn cháy bỏng của tâm hồn (Platon gọi đó là ham muốn) quay lại thế giới hoàn hảo của các ý niệm, nơi trú ngụ thực sự của nó.

Platon còn đi xa hơn nữa: tính nhị nguyên của thế giới kéo theo tính nhị nguyên của Đấng tối cao. Trong thế giới các ý niệm ngự trị ông Thiện, vĩnh cửu và bất biến tồn tại ngoài thời gian và không gian. Trong thế giới cảm giác, Con tạo nhào nặn vật chất theo các kế hoạch của thế giới các ý niệm; nó liên tục phải chú ý, vì thế giới vật chất tiêu hao và thoái biến không ngừng, đòi hỏi một sự can thiệp liên tục. Bằng cách viện dẫn hai Đấng tối cao này, Platon không tìm cách giải quyết tính lưỡng phân giữa thế giới thay đổi của kinh nghiệm và thế

giới các hình dạng vĩnh cửu. Ông bằng lòng với việc tuyên bố rằng thế giới thay đổi của các cảm giác là hư ảo và chỉ thế giới vĩnh cửu của các ý niệm mới là thực.

## Poincaré, Henry: nhà tiên tri hỗn độn

Có một trí tuệ hết sức độc đáo, Henry Poincaré là nhà nghiên cứu lỗi lạc và là một trong những nhà toán học xuất sắc nhất của thời đại ông. Là giáo sư Đại học Paris khi mới 27 tuổi, ông đã có những đóng góp cơ bản cho rất nhiều lĩnh vực của toán học, như các hàm biến phức, phương trình vi phân và cả topo học nữa. Về thiên văn học, nhân một cuộc thi toán do Đại học Stockholm tổ chức để kỷ niệm sinh nhật lần thứ 60 của vua Thụy Điển và Na Uy Oscar II, ông đã đề cập đến một bài toán của cơ học thiên thể liên quan đến sự ổn định các quỹ đạo của các hành tinh trong Hệ Mặt trời. Qua đó ông đã tạo ra một cuộc cách mạng trong lĩnh vực này của toán học, lĩnh vực nghiên cứu các mối quan hệ giữa các lực và chuyển động, có tên là "động lực học". Quan trọng hơn, ông đã làm nổi lên từ bóng tối một nhân vật hoàn toàn bất ngờ, mà sau đó sẽ đóng một vai trò thiết yếu trong quá trình tạo dựng nên Hiện thực, đó chính là hỗn độn.



*Jules Henry Poincaré*

Vấn đề động lực học của hai vật tương tác bởi lực hấp dẫn của chúng đã được Kepler và Newton giải quyết vào đầu thế kỷ XVII: hai ông đã chỉ ra rằng một hành tinh chuyển động không một mội xung quanh Mặt trời theo một quỹ đạo elip, với Mặt trời nằm ở một trong các tiêu điểm của elip đó. Nhưng Hệ Mặt trời không chỉ gồm có hai vật: ảnh hưởng hấp dẫn của các hành tinh khác và các vệ tinh của chúng phải được tính đến. Thoạt nhìn, bạn có thể nghĩ rằng chuyển từ hai vật sang nhiều vật là việc đơn giản. Nhưng bạn đã nhầm to! Ngay cả các quỹ đạo của ba vật cũng không thể được mô tả bằng một công thức toán đơn giản, như trường hợp của hai vật. Vấn đề càng khó hơn khi người ta chuyển sang bốn vật hoặc nhiều hơn nữa.

Trước Poincaré, các nhà toán học nghĩ rằng có thể trả lời câu hỏi về tính ổn định của Hệ Mặt trời bằng cách khảo sát bản chất các nghiệm của các phương trình Newton. Các nghiệm này dựa trên ý tưởng cho rằng vị trí và vận tốc của một vật ở một thời điểm nhất định sẽ quyết định tất cả các vị trí và vận tốc trong tương lai của vật này, giống như chúng là kết quả của các vị trí và vận tốc của nó trong quá khứ. Như vậy, các định luật vật lý kết nối trạng thái hiện tại của thế giới với một trạng thái ngay trước hoặc sau đó trong thời gian. Chúng mô tả sự khác biệt giữa thời điểm hiện tại và thời điểm ngay trước hoặc sau. Điều này khiến cho các định luật của Newton có thể viết dưới dạng các phương trình gọi là “vi phân”.

Nghiệm của các phương trình vi phân có dạng dễ sợ nhất - đó là một tổng vô hạn các biểu thức số học mà các nhà toán học gọi là “chuỗi”. Vì các nhà toán học nhìn chung không có đủ kiên nhẫn hay tuổi thọ cần thiết để tính toán tất cả các số hạng của một chuỗi, nên họ nghĩ rằng có thể thu được một ý tưởng tương đối chính xác về hành trạng của các hành tinh bằng cách tính một vài số hạng đầu của chuỗi thôi. Họ hy vọng rằng các số hạng tiếp theo của chuỗi sẽ nhỏ tới mức chúng chỉ đóng góp rất ít vào tổng chung. Chuỗi sẽ nhanh chóng hội tụ đến đáp số cuối cùng (và một chuỗi như thế được gọi là “chuỗi hội tụ”). Nhưng không phải chuỗi nào cũng hội tụ cả. Có những chuỗi phân kỳ: các số hạng tiếp sau không nhỏ, sự tham gia của chúng vào trong chuỗi làm tăng kết quả cuối cùng, và kết quả này không bao giờ tiến đến một giá trị hữu hạn cả. Liên quan tới Hệ

Mặt trời, vấn đề đặt ra là: chuỗi mô tả chuyển động của các hành tinh liệu có hội tụ không, và trong trường hợp có thì Hệ Mặt trời là ổn định và các hành tinh sẽ tiếp tục không mệt mỏi quay xung quanh Mặt trời; hay là nó phân kỳ, nếu vậy thì quỹ đạo của các hành tinh sẽ thay đổi không gì cứu vãn được?

Poincaré đã tấn công vấn đề này theo cách của ông. Ông không cần đến các nghiệm có dạng các chuỗi vô hạn. Ông muốn bao quát hiện thực trong tổng thể của nó. Vậy mà, phương pháp truyền thống của các phương trình vi phân lại cô lập các mảnh của hiện thực. Chỉ sau đó, hiện thực mới được tái dựng bằng cách ghép nối các mảnh này với nhau. Như Poincaré từng viết: "Thay vì xét sự phát triển tuần tự của một hiện tượng trong tổng thể của nó, người ta lại chỉ tìm cách (bằng phương pháp phương trình vi phân) kết nối một thời điểm này với thời điểm khác ngay trước nó. Người ta đã giả thiết rằng trạng thái hiện tại của thế giới chỉ phụ thuộc vào quá khứ ngay trước đó, chứ không bị ảnh hưởng bởi kỷ ức về quá khứ xa xôi." Sự mất trí nhớ về quá khứ này nhất thiết sẽ làm cho sự tri giác về thực tại như một continuum, loại bỏ mọi bất trật tự và hỗn độn. Poincaré bác bỏ phương pháp phương trình vi phân và các chuỗi vô hạn vì chúng cho một cái nhìn quá giản lược và cục bộ về thực tại. Thay vì một cái nhìn thấp như con kiến bị giới hạn ở mô đất hay ngọn cỏ, ông muốn có một cái nhìn của con chim ưng bay lượn trên các ngọn núi và thung lũng. Để đạt được mục đích này, ông đã đưa ra một kỹ thuật gọi là "không gian pha", mà cho tới nay vẫn là nền tảng của nghiên cứu hỗn độn.

Chúng ta đang sống trong một không gian ba chiều. Chúng ta có thể lùi hoặc tiến, rẽ trái hoặc rẽ phải, đi lên hoặc đi xuống. Trong không gian này, vị trí của một quả bóng tennis, bay qua bay lại trên lưới được xác định bởi ba tọa độ không gian. Để hiển thị cái "tổng thể", Poincaré đã phải từ bỏ không gian quen thuộc của cuộc sống hằng ngày. Bằng sức mạnh của trí tưởng tượng, ông đã đi vào một không gian trừu tượng nhiều chiều, gọi là "không gian pha". Trong không gian trừu tượng này, vị trí của quả bóng tennis được xác định không chỉ bởi ba tọa độ không gian mà còn bởi ba tọa độ vận tốc: vận tốc từ trên xuống dưới, vận tốc từ phải sang trái và vận tốc từ trước ra sau (hoặc ngược lại). Như vậy, cần một không gian sáu chiều để



mô tả một quả bóng tennis. Tương tự, nếu muốn mô tả hành trạng của 8 hành tinh của Hệ Mặt trời (Điểm Vương tinh không phải là một hành tinh thực sự - xem mục từ này), thì ngoài 6 tọa độ được sử dụng để mô tả Mặt trời, sẽ còn cần tới 48 ( $6 \times 8$ ) tọa độ nữa. Như vậy là cần phải có một không gian 54 chiều ( $48 + 6$ ). Nhờ một mở các chiều này, Poincaré không còn là một con kiến nữa mà là một con chim ưng. Ông bay trên cao thay vì bò dưới đất. Ông không còn bị giới hạn chỉ có một cái nhìn riêng rẽ về một nhân vật, mà ông có một cái nhìn tổng thể và đồng thời về tất cả các nhân vật có mặt trên sân khấu. Trong không gian đa chiều này, Hệ Mặt trời sẽ được biểu diễn bằng chỉ một điểm, thay vì 9 điểm (1 cho Mặt trời, 8 cho 8 hành tinh) trong một không gian ba chiều quen thuộc. Đó là điều làm nên sức mạnh của cái cấu trúc toán học mà người ta gọi là "không gian pha". Dù hệ được nghiên cứu có phức tạp thế nào, trạng trí có cấu kỳ đến đâu và các nhân vật nhiều đến mức nào, thì chỉ cần một điểm trong không gian trừu tượng này thôi cũng đủ để biểu diễn được tính tổng thể của một hệ.

Khi Hệ Mặt trời thay đổi và tiến hóa, điểm biểu diễn nó trong không gian pha đa chiều cũng chuyển động và vạch ra một đường cong. Hãy thay đổi các điều kiện ban đầu và nó sẽ vẽ ra một quỹ đạo khác. Để kiểm tra xem liệu quá trình tiến hóa của hệ có phụ thuộc một cách nhạy cảm vào các điều kiện ban đầu hay không, thì chỉ cần nghiên cứu hai quỹ đạo rất gần nhau. Nếu quỹ đạo của chúng phân kỳ, thì hệ sẽ rất nhạy cảm với các điều kiện ban đầu. Ngược lại, nếu hai quỹ đạo bám sát nhau và giống nhau thì hệ không như vậy. Chính khi khảo sát các quỹ đạo này mà Poincaré đã bắt gặp hỗn độn.

Ông đã khám phá ra rằng một hệ ba vật bên ngoài có vẻ đơn giản như hệ gồm Mặt trăng, Trái đất và Mặt trời, chịu sự chi phối của một định luật chính xác và nghiêm ngặt như lực hấp dẫn của Newton, cũng có thể xảy ra bất định và không thể tiên đoán được. Thiên tài của ông đã giúp ông phát hiện ra rằng tồn tại các tính huống mà ở đó chỉ một thay đổi rất nhỏ trong vị trí hay vận tốc ban đầu của một trong ba vật cũng có thể làm thay đổi hoàn toàn quỹ đạo của nó. Thay đổi nhỏ này có thể làm cho nó mất ổn định và rơi vào hỗn độn. Poincaré đã nhận ra rằng tính quy luật và hỗn độn hòa trộn với

nhau chặt chẽ, và rằng cái không thể tiên đoán không ở cách xa cái có thể tiên đoán là bao. Một số hiện tượng nhạy cảm với các điều kiện ban đầu tới mức một thay đổi rất nhỏ ban đầu cũng có thể dẫn tới, trong quá trình tiến hóa sau đó của hệ, một thay đổi lớn tới mức mọi tiên đoán trở nên vô ích. Ước mơ của Laplace (xem mục từ này) ở đầu thế kỷ XVIII về một trí tuệ “bao quát được trong cùng một công thức chuyển động của các vật thể lớn nhất của vũ trụ cũng như chuyển động của các nguyên tử nhẹ nhất”, và đối với nó “không có gì là bất định cả... và tương lai cũng như quá khứ sẽ trình hiện trước mắt nó”, giờ đây đã tan thành mây khói. Đối lập với niềm tin có tính quyết định luận này, Poincaré đã trình bày trong tác phẩm *Khoa học và Phương pháp* của ông điều mà chúng ta có thể coi là sự phát biểu đầu tiên về lý thuyết Hỗn độn:

“Một nguyên nhân rất nhỏ, mà chúng ta không thấy, lại quyết định một hậu quả to lớn mà chúng ta không thể không thấy; khi đó chúng ta thường nói rằng hậu quả này là do ngẫu nhiên. Nếu chúng ta biết chính xác các định luật của Tự nhiên và tình trạng của vũ trụ vào thời điểm ban đầu, thì chúng ta có thể tiên đoán chính xác tình trạng của vũ trụ ở một thời điểm sau. Nhưng ngay cả khi các định luật của Tự nhiên không còn gì là bí mật đối với chúng ta nữa, thì chúng ta cũng chỉ có thể biết được tình trạng ban đầu một cách gần đúng. Nếu điều đó cho phép chúng ta tiên đoán được tình trạng tiếp sau với cùng một mức độ gần đúng như thế, thì đó là tất cả những gì chúng ta cần. Khi đó, chúng ta nói rằng hiện tượng đã được tiên đoán, rằng nó được chi phối bởi các định luật. Nhưng không phải lúc nào cũng như thế, có thể những khác biệt rất nhỏ trong các điều kiện ban đầu lại sinh ra những khác biệt rất lớn trong các hiện tượng cuối cùng; một sai sót nhỏ ban đầu có thể gây ra một sai sót lớn về sau. Và tiên đoán trở nên không thể.”

## Pulsar

Tùy theo khối lượng của chúng mà các sao khi chết sẽ để lại sau chúng ba loại xác sao: sao lùn trắng, sao neutron hay lỗ đen (*xem các mục tài tương ứng*).

Các sao để lại di sản là sao neutron có một lõi có khối lượng bằng 1,4 đến khoảng 5 lần khối lượng Mặt trời. Một ngôi sao như thế, khi cạn kiệt nhiên liệu, không còn đủ lực của các bức xạ hạt nhân trong lõi của nó để chống lại lực hấp dẫn muốn nén nó, sẽ bị co sập lại dưới sức nặng của chính ngôi sao. Bán kính của lõi sao thu nhỏ lại, từ vài triệu kilomet xuống còn 10 kilomet. Vật chất của lõi khi đó bị nén tới mức mật độ của nó lên tới một tỷ tấn/cm<sup>3</sup>! Điều này cũng tựa như bạn nén khối lượng của một trăm tháp Eiffel vào trong một thể tích chỉ bằng đầu bút bi... Các hạt nhân nguyên tử bên trong của sao không thể kháng cự nổi lực nén này và tan vỡ thành hàng nghìn mảnh, giải phóng proton và neutron. Các electron cũng bị ép sát proton tới mức chúng buộc phải kết hợp với nhau để cho ra đời neutron (và neutrino {*xem mục từ này*}) thoát ra ngoài vì nó tương tác rất ít với vật chất). Như vậy, lõi của sao trở thành một tập hợp khổng lồ các neutron. Khối neutron này không thể bị nén quá một bán kính 10 km. Trên thực tế, hai neutron không thể bị nén sát nhau tùy thích: khi khoảng cách giữa chúng trở nên quá nhỏ, chúng sẽ kháng cự lại mọi sự nén thêm. Nói cách khác, chúng loại trừ lẫn nhau. Nguyên lý loại trừ này đã được nhà vật lý người Đức Wolfgang Pauli (1900 - 1958) phát hiện năm 1925. Sự co sập lại của lõi sao bây giờ sẽ dừng lại đột ngột, sau một phần giây ngắn ngủi, do sức kháng cự của các neutron gây ra một sóng xung kích lan truyền đến bề mặt và đẩy các lớp trên của sao vào môi trường giữa các vì sao với vận tốc hàng nghìn km/s, làm cho nó bị nổ tung. Như vậy, sự chào đời của một pulsar được đón chào bằng một vụ nổ kinh hoàng gọi là "sao siêu mới".

Khi co sập lại, sao neutron quay quanh chính nó ngày càng nhanh hơn. Sao neutron trở thành một con quay thực sự trong vũ trụ. Chỉ một tích tắc thôi là ngôi sao có kích thước gần bằng Paris đã quay 10, 100, thậm chí 1.000 vòng quanh chính nó. Lực ly tâm (là lực xô bạn vào cửa xe ô tô khi xe ngoặt quá đột ngột) lớn tới mức ngôi sao lẽ ra

đã bị vỡ tan nếu nó không được cấu thành từ các notron được gắn chặt với nhau bởi lực hạt nhân mạnh.

Bên cạnh việc quay hết tốc lực quanh chính mình, sao notron còn phát ra các sóng radio sinh ra bởi các electron bay lượn với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng dọc theo các đường sức của một từ trường mạnh. Bức xạ radio này thoát ra dưới dạng một chùm hẹp quét không gian giống như một chùm sáng của ngọn hải đăng quét trên biển. Mỗi khi chùm sóng radio quét qua Trái đất, các kính thiên văn của chúng ta sẽ bắt được một tín hiệu ánh sáng. Các xung ánh sáng này cách nhau một khoảng thời gian đều đặn như máy giữ nhịp, đó là thời gian để sao notron quay trọn một vòng quanh chính nó, và chính vì thế sao mà notron còn được gọi là “sao xung động” (pulsar, trong tiếng Anh *pulse* nghĩa là “xung động”).

Cũng giống như nhiều phát hiện lớn khác, pulsar được phát hiện một cách tình cờ. Các nhà thiên văn California là Walter Baade (1893-1960) và Fritz Zwicky (1898-1974) đã tiên đoán sự tồn tại của các sao notron ngay từ năm 1933, đúng một năm sau khi nhà khoa học người Anh James Chadwick (1891-1974) phát hiện ra notron. Nhưng nghiên cứu của họ đã bị lãng quên. Năm 1967, một phụ nữ người Anh tên là Jocelyn Bell (sinh năm 1943), làm luận án tiến sĩ tại Đại học Cambridge do Antony Hewitt (sinh năm 1924) hướng dẫn, đã hướng kính thiên văn vô tuyến lên bầu trời để nghiên cứu không phải các pulsar mà là các quasar (*xem mục từ này*). Theo một hướng của bầu trời, bà đã phát hiện ra các tín hiệu radio đến theo những khoảng thời gian đều đặn như thể chúng là một dạng điện báo vũ trụ vậy. Lúc đầu, bà đã tin là “những người xanh nhỏ” ngoài Trái đất gửi tới các thông điệp radio của họ, và đã đặt tên cho nguồn radio là “Little Green Men-1”. Tuy không khám phá ra nền văn minh đầu tiên ngoài Trái đất, nhưng Bell đã khám phá ra một loại thiên thể trong danh mục các thiên thể ngày một phong phú hơn của vật lý thiên văn. Phát hiện này đã mang lại cho giáo sư hướng dẫn của bà giải Nobel Vật lý năm 1974... và cho Ủy ban Nobel rất nhiều chỉ trích và tranh luận vì đã “quên” đưa Bell vào danh sách những người được giải!



## Quá khứ của vũ trụ

Xem: Lịch sử vũ trụ

## Quang hợp

Cây xanh giúp chúng ta duy trì sự sống bằng cách thu lượm ánh sáng Mặt trời để tạo ra chất dinh dưỡng. Chúng tạo điều kiện cho chúng ta hô hấp bằng cách làm cho khí quyển giàu thêm oxy. Vậy chúng đã phát minh và hoàn thiện phép mầu này như thế nào? Câu trả lời là thông qua quá trình có tên là quang hợp, phản ứng sinh hóa quan trọng nhất và thiết yếu nhất cho sự sinh tồn của chúng ta trên Trái đất.

Trong số tất cả các sự kiện xảy ra từ khi sự sống nảy nờ trên Trái đất cách đây 3,8 tỷ năm, thì phát minh ra quang hợp chắc chắn là sự kiện nổi bật nhất. Quang hợp không chỉ cho phép chuyển hóa năng lượng Mặt trời thành năng lượng hóa học - là cơ sở của sự chuyển hóa của tất cả các cơ thể sống - mà còn làm thay đổi hoàn toàn diện mạo hành tinh chúng ta bằng cách cho phép đội quân xanh xâm lấn các lục địa và sinh sôi nảy nờ trên đó. Quang hợp đã khởi phát một sự thay đổi sâu sắc tới mức tất cả các dạng sự sống trên mặt đất ngày nay đều phụ thuộc vào ánh sáng Mặt trời - hoặc là trực tiếp hoặc là gián tiếp, thông qua một sản phẩm của quang hợp, đó là oxy để tồn tại. Không có ánh sáng, thì sự sống trên mặt đất có lẽ là không thể.

Các nhà khoa học đã không dễ dàng giải mã được các bí ẩn của quang hợp: họ đã mất tới bốn thế kỷ mới tìm ra câu trả lời cuối cùng. Lý do là một trong các khí tham gia vào quá trình quang hợp, cụ thể là khí cacbonic, là không nhìn thấy được và khá hiếm trong khí quyển Trái đất.

Cách đây hơn 350 năm, bác sĩ và nhà hóa học xứ Flamand Jan Baptist Van Helmont (1579-1644) là người đầu tiên đặt vấn đề về cách

thức dinh dưỡng của cây cối. Ông đã trồng một cây liễu nhỏ trong một cái chậu và quan sát sự sinh trưởng của nó, đồng thời ghi chép lại cẩn thận khối lượng của cây, khối lượng của đất trong chậu, và nước để tưới cho nó, v.v. Năm năm sau, khối lượng của cây tăng khoảng 70 kg nhưng khối lượng của đất thì gần như không thay đổi. Helmont đã suy ra rằng sự tăng khối lượng của cây chắc chắn là do nước. Thật là trớ trêu: mặc dù ông là người đặt cho các chất "khí" cái tên đó của chúng, nhưng ông lại nghĩ rằng chúng là các thể tro không thể nào ảnh hưởng đến quá trình chuyển hóa của cây liễu được. Ý tưởng cho rằng cây được nuôi dưỡng từ không khí vẫn còn quá xa vời với trí tuệ của ông.

Phải đợi đến tận thế kỷ XVIII thì các nhà hóa học Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), người Pháp và Joseph Priestley (1733-1804), người Anh mới tiến hành việc xác định về mặt hóa học các khí trong không khí. Nhờ có hiểu biết này, Priestley đã chứng minh được rằng thực vật đã sử dụng các khí trong khí quyển vào quá trình chuyển hóa của mình nhưng theo cách ngược lại với các loài động vật hay quá trình đốt cháy. Thay vì tiêu thụ oxy, như trong quá trình hô hấp của động vật hay trong đốt cháy, cây tiêu thụ khí cacbonic và nhả ra oxy. Như Priestley đã đúc kết: "Không khí mà một ngọn nến cháy sử dụng lại được tái tạo bởi một cây lớn lên."

Ngày nay chúng ta biết rằng các tế bào thực vật đã phát triển một cơ chế cực kỳ tinh vi để thực hiện phép thuật quang hợp: bằng cách sử dụng năng lượng Mặt trời, chúng biến đổi khí cacbonic (mà cây lấy từ không khí xung quanh) và nước (nước tưới hoặc nước mưa) thành đường (nuôi dưỡng chúng ta) và oxy (mà chúng ta thở hằng ngày). Bộ máy quang hợp của thực vật là một trong những cỗ máy phân tử phức tạp nhất, đòi hỏi hàng chục phân tử được phân bố trong một trật tự đặc biệt để cho phép các electron đi từ phân tử này sang phân tử khác. Quang hợp được thực hiện bên trong các cấu trúc siêu nhỏ có dạng các thấu kính gọi là "lục lạp", và bản thân các lục lạp này được chứa trong các cấu trúc lớn hơn, đó là các tế bào thực vật. Lục lạp chứa các sắc tố, chủ yếu là diệp lục gắn kết mật thiết với các protein. Cấu trúc nguyên tử của diệp lục làm cho nó hấp thụ các phần đỏ và xanh lam của ánh sáng Mặt trời, và cho phần còn lại đi qua. Chính vì thế mà cây cối có màu xanh lục, nằm giữa màu lam và vàng trong ánh sáng Mặt trời được phân tách.

Để thực hiện quá trình quang hợp, toàn bộ thực vật sử dụng khoảng 0,06% năng lượng mà Mặt trời chiếu xuống Trái đất, tức  $9,6.10^{14}$  kW.h. Lượng năng lượng này nghe có vẻ rất nhỏ, nhưng thực ra là lớn gấp bốn lần lượng năng lượng mà chúng ta tiêu thụ cho những nhu cầu của mình. Bằng cách hấp thụ năng lượng này, đội quân xanh nuôi dưỡng toàn bộ sinh quyển, kể cả hơn 6 tỷ người. Dân số này tạo nên một sinh khối lớn gấp hơn một trăm lần sinh khối của toàn bộ động vật đã từng sống trên Trái đất. Chúng ta đã tiêu thụ 40% chất hữu cơ của hành tinh được tạo ra bởi hệ thực vật phân bố trên 1,4 tỷ hecta đất canh tác. Sự tiêu thụ của *toàn bộ* thực vật trên hành tinh, kể cả ở đất liền lẫn dưới biển, sẽ cung cấp một năng lượng quang hợp tương đương 40.000 tỷ watt, đủ để nuôi hơn 17 tỷ người. Nhưng đó là giả định rằng các nguồn tài nguyên của hành tinh được phân bố một cách đồng đều! Chúng ta có thể tưởng tượng rằng với các tiến bộ công nghệ, ngoài nguồn năng lượng quang hợp ra, chúng ta còn có thể sử dụng năng lượng của các nguồn dự trữ dầu mỏ hay năng lượng tổng hợp hạt nhân để phát triển hệ thực vật và nuôi sống nhiều người hơn nữa. Nhưng chừng nào khả năng sinh sản quá mức của con người còn chưa được "kiểm soát", thì chừng ấy các tiến bộ mới này cũng chỉ mang lại một sự tiếp sức ngắn ngủi mà thôi.

Bằng cách hấp thụ khí cacbonic của khí quyển Trái đất và sử dụng ánh sáng Mặt trời để chuyển hóa nó thành oxy thông qua phép thuật quang hợp, thực vật đóng vai trò là "lá phổi" của Trái đất, hay nói chính xác hơn là lá phổi "ngược" vì, ngược với quang hợp, chúng ta hít thở oxy và thải ra khí cacbonic. Như vậy, rừng bù đắp lại sự tiêu thụ oxy và sản sinh ra khí cacbonic bởi các cơ thể sống vật khác. Bằng cách lọc khí cacbonic trong không khí, rừng giúp chúng ta chống sự tích tụ của khí này trong khí quyển Trái đất, đe dọa làm cho Trái đất nóng lên thông qua hiệu ứng nhà kính (*xem mục từ này*). Thế mà, để đương đầu với một dân số tăng phi mã, con người không ngừng chặt phá rừng để khai khẩn đất canh tác. Do đó, khẩn cấp ngăn chặn hành động chặt phá rừng tràn lan, hành động không chỉ đang phá hủy đa dạng sinh học trên Trái đất (*xem mục từ này*) mà còn có nguy cơ làm cho Trái đất trở thành nơi không thể sống được, là một việc có tầm quan trọng sống còn.



## Quasar

Quasar là những thiên thể có độ sáng nội tại lớn nhất trong vũ trụ. Nằm ở rìa của vũ trụ, các quasar là các thiên hà có chứa tại tâm chúng một lỗ đen quỷ quái có khối lượng lớn gấp hàng tỷ lần khối lượng Mặt trời. Do có thời thẩm ăn vô độ, lỗ đen khổng lồ này sẽ tàn phá quân thể các sao của thiên hà chủ. Bằng lực hấp dẫn khổng lồ của mình, lỗ đen sẽ đớp tất cả các ngôi sao bất cần phiêu lưu đến quá gần bán kính không thể quay lui của nó, và dùng lực hấp dẫn kéo dãn chúng thành dạng như những sợi mì ống, rồi xé nát chúng và nuốt chửng luôn. Khí của các ngôi sao tuần tiết này rơi theo đường xoắn ốc về phía cái miệng há hốc của lỗ đen, phân bố thành dạng một đĩa dẹt quanh con quỷ mà mép trong của nó nằm ngay ngoài bán kính không thể quay lui của lỗ đen, trước khi rơi hết tốc lực vào tâm của lỗ đen siêu năng. Khí nóng lên và bức xạ bằng toàn bộ sức nóng của mình trước khi vượt qua bán kính không thể quay lui, và kể từ đó bức xạ của khí không thể nhìn thấy được nữa. Tiếng hát cuối cùng của con thiên nga trước khi lao xuống...

Đồng thời với sự hình thành của đĩa khí, vật chất bị phóng thành hai tia vuông góc với đĩa, theo hướng ngược nhau. Độ sáng của nó lớn gấp hàng nghìn lần độ sáng của thiên hà chủ: bằng 100.000 tỷ Mặt trời cộng lại. Năng lượng kinh khủng như vậy nhưng lại đến từ một vùng chỉ lớn hơn Hệ Mặt trời của chúng ta một chút, chưa bằng một phần trăm nghìn kích thước của thiên hà chủ, điều này làm cho, đối với người quan sát trên Trái đất, quasar nhìn như một chấm sáng, một ngôi sao bình thường. Vì thế mà nó được gọi là “quasar”, viết tắt của từ *quasi-star* trong tiếng Anh, có nghĩa là chuẩn sao hay chuẩn tinh.

Và chính cái vẻ ngoài giống như ngôi sao này đã khiến các nhà thiên văn học đầu những năm 1960 bị nhầm lẫn, khi quasar đầu tiên được phát hiện. Ánh sáng của nó sau khi được phân tách cho thấy không giống với bất kỳ ánh sáng sao nào đã biết. Cuộc tìm kiếm giằng co tại chỗ trong suốt nhiều năm. Mãi đến năm 1963 thì câu đố ghép hình này mới giải được. Ánh sáng của các quasar chính là ánh sáng của tập hợp các sao, nhưng bị dịch về phía đỏ nhiều tới mức người ta không còn nhận ra được nữa.

Edwin Hubble (1889-1953) đã chỉ ra rằng do sự giãn nở của vũ trụ mà ánh sáng của một thiên hà càng dịch nhiều về phía đỏ, thì nó càng ở xa. Do vậy sự dịch chuyển quá lớn về phía đỏ của ánh sáng phát ra từ các quasar chứng tỏ chúng nằm ở rìa của vũ trụ quan sát được, tức là xa hơn rất nhiều phần lớn các thiên hà. Và vì nhìn xa nghĩa là nhìn được sớm, nên các quasar mà chúng ta nhìn thấy hôm nay thực ra là hình ảnh của chúng khi vũ trụ còn đang trong thời kỳ tuổi trẻ, khi mà nó mới chỉ được vài tỷ năm tuổi.

Các kính thiên văn hiện nay vẫn chưa cho phép chúng ta lần ngược lại thời gian tới thời điểm ra đời của các sao và các thiên hà đầu tiên, được xác định là một tỷ năm đầu tiên sau Big Bang (chúng ta hy vọng sẽ làm được điều này vào giữa thập kỷ sau, khi thế hệ kính thiên văn mới chào đời). Như vậy, quasar là các điểm mốc duy nhất mà chúng ta có hiện nay để phân định thời kỳ xa xưa này. Ánh sáng của quasar xa nhất mà chúng ta biết đã xuất phát khi vũ trụ chưa đầy một tỷ năm tuổi. Tuy nhiên, có một điều chắc chắn, đó là ánh sáng của các quasar xa chúng ta nhất tiết lộ cho thấy rằng chúng chứa rất nhiều kim loại. Điều đó có nghĩa là, các quasar này được sinh ra sau lò luyện hạt nhân đầy sáng tạo của thế hệ các sao đầu tiên.

Để duy trì độ sáng của các quasar, thì con quỷ lỗ đen phải không ngừng được cung cấp thức ăn. Một lỗ đen siêu nặng đòi hỏi phải được cung cấp một nghìn ngôi sao tương tự như Mặt trời mỗi năm, tức gần một trăm ngôi sao mỗi tháng. Chắc chắn đó không phải là một đòi hỏi thức ăn thái quá. Trên thực tế, lỗ đen chuyển hóa rất hiệu quả khối lượng mà nó nuốt thành bức xạ. Hiệu suất này là khoảng 10-20%, cao hơn rất nhiều so với hiệu suất của các phản ứng hạt nhân xảy ra trong tâm của các sao, vốn chỉ là 0,7%. Nhưng trữ lượng sao khả dụng cho lỗ đen tiêu thụ không phải là vô hạn. Nếu lỗ đen được nuôi dưỡng theo chế độ đó từ khi chào đời, nghĩa là trong 13 tỷ năm qua, thì nó đã xơi hết 13.000 tỷ Mặt trời, tức là gấp từ 10 cho tới 1.000 lần số lượng sao mà thiên hà chủ có. Do thói háu ăn, lỗ đen dần dần tạo ra khoảng trống rỗng xung quanh nó, nghĩa là tự nó dần dần cắt khỏi mọi nguồn lương thực. Không được tiếp tế, quasar sẽ suy giảm độ sáng rồi tắt. Cuối cùng, thiên hà chủ sẽ an bài với một lỗ đen hầu như không hoạt động ở tâm của nó.

Sinh ra vào cuối một tỷ năm đầu tiên (thời gian cần thiết để xảy ra sự hợp nhất các lỗ đen nhỏ tạo thành các lỗ đen siêu nặng), quần thể các quasar đạt đến thời kỳ rực rỡ nhất vào khoảng 3,5 tỷ năm sau Big Bang. Đó là thời kỳ cường thịnh dồi dào thức ăn. Nhưng rồi thức ăn bắt đầu trở nên hiếm hơn, và quần thể quasar bắt đầu suy tàn. Ngày nay, 10 tỷ năm sau, nó gần như hoàn toàn bị triệt tiêu. Chỉ còn các lỗ đen siêu nặng không hoạt động lang thang trong tâm của các thiên hà ở gần làm chứng cho thời kỳ vinh quang này. Các nhà thiên văn đã định vị được khoảng một chục quasar như thế. Chắc chắn, quasar không chịu chết mà không giãy giụa, không có một phản ứng kiêu hãnh cuối cùng. Thi thoảng, các va chạm và sáp nhập của thiên hà chủ với các thiên hà khác lại trở thành các nguồn tiếp tế bất ngờ. Khi đó, khí và các sao mới lại đổ vào cái miệng há hốc của lỗ đen và thời bùng lên độ sáng của quasar, trả lại cho nó sự lộng lẫy trước kia. Nhưng cơn giãy giụa này không dài (chỉ vài chục triệu năm) và, sau ba tỷ năm đầu tiên, do sự giãn nở của vũ trụ làm cho các thiên hà ngày càng rời xa nhau (khoảng trống rộng mới lại được tạo ra giữa các thiên hà) và làm cho chúng ít có cơ hội va chạm và hợp nhất với nhau hơn.

**S**

## Sao

Sao là tổ tiên của chúng ta. Chính chúng, bằng lò luyện hạt nhân trong lòng mình, đã sản xuất ra tất cả các nguyên tố cấu thành nên chúng ta, và là tác giả của vẻ đẹp và sự phức tạp của thế giới. Một bức tượng của Rodin, những cánh hoa hồng, các con vật hoang dã, và cả con người nữa, không gì khác là các hạt bụi sao.

Mỗi một ngôi sao là một khối khí khổng lồ được lực hấp dẫn bóp nặn thành dạng cầu, nó bức xạ mạnh năng lượng và ánh sáng sinh ra trong lõi của nó bởi vô số các phản ứng hạt nhân. Tất cả các nguyên tố hóa học của tự nhiên sinh ra từ các phản ứng hạt nhân này và từ cái chết bùng nổ của các ngôi sao nặng (các sao siêu mới). Cũng giống như con người, sao sinh ra, sống và chết, không phải trên thang thời gian khoảng một trăm năm, mà hàng là triệu, thậm chí hàng tỷ năm.

### *Sự ra đời của sao*

Vũ trụ tự đôi mới không ngừng. Các ngôi sao trẻ sinh ra liên tục ở đâu đó trong vũ trụ. Khắp nơi trong vũ trụ diễn ra vô số các sự kiện sao, bị thảm cũng có hạnh phúc cũng có: đó là cái chết của những ngôi sao già, nhưng cũng có cả sự ra đời của bấy sao sơ sinh tiếp được đề thấp sáng những vùng tối tăm lạnh giá của không gian. Nếu đi dạo trong Ngân Hà, chúng ta sẽ gặp rất nhiều sao trưởng thành như Mặt trời của chúng ta, sinh ra cách đây 4,55 tỷ năm, nhưng cũng cả rất nhiều các vườn trẻ sao chưa hàng trăm sao trẻ ra đời cách đây chưa đến vài triệu năm - một khoảnh khắc trong lịch sử vũ trụ.

Các đám mây phân tử (*xem mục từ này*) là những nơi phì nhiêu nhất của vũ trụ. Chính những đám mây này, bằng cách co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của chính bản thân chúng, sẽ cho ra đời các sao mới. Thật vậy, các đám mây phân tử ở trạng thái cân bằng rất mong manh: để chống lại sức ép của lực hấp dẫn muốn nén chúng

lại, những đám mây này chỉ có cách đối phó bằng chuyển động rất ưê oải của các nguyên tử khí (chuyển động này được đo bằng nhiệt độ của khí có giá trị rất thấp là  $-263^{\circ}\text{C}$ ), bằng các lực từ và bằng chuyển động quay của các đám mây (chuyển động này tác dụng một lực đẩy li tâm theo hướng ngược với lực hấp dẫn). Chỉ cần một cái búng nhẹ ép và nén các đám mây phân tử, thế là lực hấp dẫn trở nên thắng thế và các đám mây này co sập lại.

Thế mà, môi trường giữa các vì sao lại chứa đầy các đám mây đủ loại, các ngôi sao thuộc mọi lứa tuổi và các tinh vân khí cực kỳ đa dạng. Toàn bộ thế giới tươi đẹp này không sống theo kiểu mỗi thứ ăn mình trong một góc riêng, mà tương tác với nhau, tạo thành một loại hệ sinh thái thiên hà. Một số sự kiện khởi phát các sóng xung kích lan truyền và có tác dụng như một cú hích nén các đám mây phân tử khí làm cho chúng co sập lại. Các tác nhân hiệu quả nhất nay chủ yếu là các sóng xung kích gây ra bởi sao siêu mới, tức sự bùng nổ của các ngôi sao nặng. Như vậy sự ra đời của các ngôi sao mới thường bắt nguồn từ cái chết dữ dội và bùng nổ của các ngôi sao khác. Trong rất nhiều thiên hà, người ta thậm chí còn có thể nhìn thấy dấu vết của sự hình thành một chuỗi nhiều thế hệ nối tiếp nhau: một thế hệ sao đầu tiên, trong đó những sao nặng nhất đã bùng nổ sau vài triệu năm, khởi phát sự ra đời của thế hệ thứ hai và những ngôi nặng nhất của thế hệ này sau đó cũng bùng nổ, cho ra đời thế hệ thứ ba, và cứ tiếp diễn như vậy. Người ta cho rằng sự ra đời của Mặt trời chúng ta cũng đã được khởi phát bởi một sao siêu mới ở lân cận.

Một khi bị hích bởi các sóng xung kích, lực hấp dẫn trở nên thắng thế và các đám mây phân tử co sập lại. Những đám mây này không hoàn toàn đồng nhất, mà chứa trong lòng chúng có những chỗ hơi đặc hơn những chỗ khác. Mà lực hấp dẫn thì vốn ưa thích các vùng đặc hơn, và nó thể hiện sự yêu thích đó bằng cách hút thêm nhiều vật chất về các vùng này, rồi nén chúng lại và nhân mật độ của chúng lên. Đám mây ban đầu có kích thước khoảng một trăm nghìn tỷ kilomet, mật độ của nó khoảng một nghìn nguyên tử hydro trong mỗi centimet khối, nhiệt độ là  $-263^{\circ}\text{C}$ , và nặng hơn Mặt trời khoảng một nghìn lần. Nó co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn và bị chia thành hàng chục, hàng trăm, thậm chí hàng nghìn đám mây nhỏ kích thước khoảng chục tỷ kilomet, tất cả vẫn tiếp tục co sập nhanh hơn và

có hình dạng ưa thích đối với lực hấp dẫn - đó là một khối khí hình cầu. Quá trình chia nhỏ thêm nữa này sẽ kéo dài trong vài triệu năm.



Các đám mây nhỏ được lực hấp dẫn bóp nặn thành khối khí hình cầu vẫn tiếp tục co lại. Các nguyên tử ở lõi của những đám mây nhỏ này rơi vào nhau trong một không gian ngày càng hẹp hơn, chúng va đập vào nhau, làm nóng nhau lên và giải phóng electron, proton (hạt nhân của nguyên tử hydro) và các hạt nhân heli. Món súp các hạt này bị giam hãm trong một không gian ngày càng đặc hơn và nóng hơn không khối khiến người ta nhớ lại không gian của vũ trụ trong những khoảnh khắc đầu tiên tồn tại của nó. Rồi ngưỡng 10 triệu độ - nhiệt độ tối thiểu cần thiết để khởi phát các phản ứng tổng hợp hạt nhân - đã được vượt qua. Các phản ứng hạt nhân, trước đó biến mất khỏi sân khấu từ phút thứ ba sau vụ nổ khởi thủy, giờ đây được khởi phát trở lại. Các proton được tổng hợp theo bốn hạt một tạo thành các nhân heli và chuyển hóa 0,7% khối lượng của chúng thành năng lượng. Một làn sóng bức xạ phát ra từ lõi của mỗi quả cầu khí, có tác dụng như một lực đẩy có xu hướng làm cho nó nổ tung ra, đối lập với lực hút hấp dẫn muốn nén nó thêm nữa.

Rồi sự co sập dừng lại đột ngột. Hai lực triệt tiêu nhau và một trạng thái cân bằng được thiết lập: mỗi một khối cầu khí trở thành một ngôi sao.

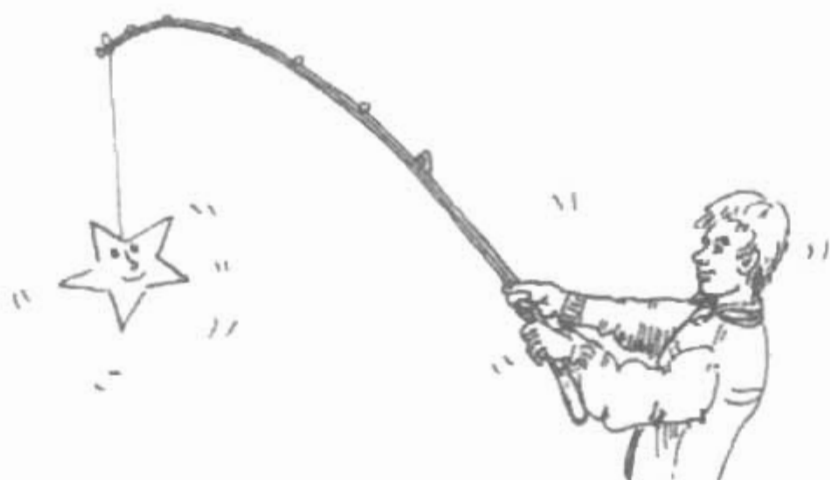
Thời gian thai nghén để cho ra một ngôi sao mới tăng tỷ lệ nghịch với khối lượng của nó. Dài hơn rất nhiều so với 9 tháng thai nghén của con người, để một ngôi sao lớn gấp vài chục lần khối lượng Mặt trời sinh ra, phải mất một triệu năm; một ngôi sao bằng khối lượng Mặt trời mất khoảng 50 triệu năm; một ngôi sao bằng khoảng vài chục phần trăm khối lượng Mặt trời, khoảng một tỷ năm. Các ngôi sao nhẹ có lực hấp dẫn yếu hơn và đòi hỏi nhiều thời gian hơn để co sập lại và đạt đến ngưỡng nhiệt độ ở lõi là 10 triệu độ cần thiết cho sự tổng hợp các nhân hydro.

Kịch bản trên được lặp lại đối với hàng trăm, thậm chí hàng nghìn đám mây nhỏ ở bên trong đám mây-mẹ. Như vậy chỉ một đám mây phân tử giữa các vì sao thôi cũng có thể cho ra đời hàng chục ngôi sao lớn hơn Mặt trời rất nhiều, hay một tập hợp hàng trăm ngôi sao có khối lượng bằng hoặc nhỏ hơn khối lượng Mặt trời, và được gọi là “đám sao” (xem mục từ này). Như vậy, các ngôi sao không sinh ra một cách lẻ tẻ, mà luôn theo đám. Mặt trời, thiên thể cô đơn, chắc là đã bị một tương tác hấp dẫn với một sao khác hoặc một đám mây phân tử khác đẩy ra khỏi đám mây ban đầu của nó.

Để tiếp tục con đường thăng tiến về độ phức tạp, vũ trụ đã chứng tỏ một sức sáng tạo tuyệt vời. Nó đã biết tái tạo ở lõi của vô số khối cầu khí nhiệt độ và mật độ từng ngụt trị trong những phút đầu tiên tồn tại của mình. Tuy nhiên, có một khác biệt lớn: ở lõi của các khối cầu khí, các điều kiện cho sự chế tạo ra các nguyên tố hóa học phức tạp thuận lợi hơn nhiều so với trong vũ trụ khởi thủy (vốn chỉ có thể chế tạo ra hydro và heli). Các hạt kể từ đó có đầy đủ thời gian cần thiết để gặp gỡ và tổng hợp với nhau. Bị cầm tù bởi lực hấp dẫn của các khối cầu khí trong một môi trường đậm đặc thuận lợi cho sự gặp gỡ, chúng không còn phải vật lộn chống lại sự dãn nở của vũ trụ vốn làm cho chúng rời xa nhau một cách không thể cưỡng nổi như khi những giây đầu tiên sau Big Bang trôi qua. Lò luyện hạt nhân của các ngôi sao cuối cùng đã có thể bắt đầu.



## Cuộc đời của một ngôi sao



Một ngôi sao còn sống và tiếp tục tỏa sáng chừng nào nó còn nhiên liệu để cung cấp cho lò luyện hạt nhân ở lõi của nó. Nhưng khi nguồn dự trữ nhiên liệu này cạn kiệt, nó sẽ chết. Hydro là nguồn nhiên liệu chủ yếu của sao. Ngôi sao phát sáng chủ yếu nhờ phản ứng tổng hợp các hạt nhân hydro, theo bốn hạt một, tạo thành các hạt nhân heli.

Vậy tuổi thọ của sao là bao nhiêu? Câu trả lời phụ thuộc vào khối lượng của nó. Vì cũng giống như con người, sao có thể gầy hoặc béo. Những ngôi sao gầy và nhỏ nhất có khối lượng chỉ bằng một phần mười khối lượng Mặt trời, và như vậy trữ lượng nhiên liệu của nó rất ít. Những ngôi sao béo và lớn nhất ngược lại có khối lượng bằng hàng trăm Mặt trời, và như vậy có trữ lượng hydro lớn. Chúng ta có thể hồn nhiên nghĩ rằng các ngôi sao lớn này sẽ sống lâu hơn. Nhưng đó là một sai lầm nghiêm trọng! Những kẻ giàu có nhất thường là những kẻ hoang phí nhất, và những kẻ nghèo nhất là những kẻ dè sẻn nhất. Chẳng hạn, một ngôi sao có khối lượng bằng sáu mươi lần khối lượng Mặt trời sẽ bức xạ hết tốc lực. Để duy trì độ sáng khổng lồ, nó tiêu thụ rất nhanh nguồn dự trữ hydro. Nó đốt nén cả hai đầu, nên trữ lượng hydro của nó cạn kiệt chỉ trong vài triệu năm - một ngọn lửa rom so với 13,7 tỷ năm của vũ trụ! Một ngôi sao có khối lượng như Mặt trời hoạt động điều hòa hơn. Nguồn dự trữ hydro của nó chỉ cạn kiệt sau 9 tỷ năm (điều này có nghĩa là ngôi sao của chúng ta đã sống được một nửa đời, vì đã sinh ra cách

đây 4,55 tỷ năm). Nhưng kẻ hà tiện nhất chắc chắn là một ngôi sao có khối lượng bằng một phần mười Mặt trời. Nó bức xạ rất yếu, điều này cho phép nó tiết kiệm trữ lượng hydro. Nó có thể tiếp tục bức xạ trong vòng 20 tỷ năm, dài hơn cả tuổi của vũ trụ.

Vậy điều gì sẽ xảy ra khi ngôi sao tiêu thụ hết nguồn dự trữ nhiên liệu và khi lõi hydro của nó bị chuyển hóa hoàn toàn thành lõi heli? Bức xạ của nó khi đó sẽ yếu đi và không còn đương đầu với lực hấp dẫn được nữa. Ngôi sao sẽ lại bị co lại. Mật độ và nhiệt độ ở lõi của nó tăng vọt, điều này cho phép nó đốt cháy một loạt các nhiên liệu khác để tiếp tục sống. Khi ngưỡng 100 triệu độ bị vượt qua, lõi heli bốc cháy dữ dội. Các hạt nhân heli tổng hợp với nhau theo nhóm ba hạt một để cho ra đời các hạt nhân cacbon, những thứ tạo thành vỏ cây, hay các trang sách mà bạn đang đọc đây. Bằng cách chế tạo ra các nguyên tố hóa học tinh xảo hơn hydro và heli của những phút đầu tiên sau Big Bang, ngôi sao cho phép vũ trụ đạt đến độ phức tạp, chuẩn bị cho sự lên ngôi của sự sống và ý thức, thoát khỏi sự vô sinh. Bằng cách đốt cháy, lõi heli biến thành lõi cacbon. Ngôi sao đạt tới cấu trúc kiểu “cu hành”, càng ở xa lõi thì càng nghèo các nguyên tố nặng. Bao quanh vùng lõi cấu thành từ cacbon là một lớp heli rồi một lớp hydro.

Thời gian sống thêm sẽ không kéo dài được lâu. Nó tùy thuộc vào khối lượng của sao. Đốt cháy hết heli cho phép một ngôi sao có khối lượng bằng Mặt trời sống thêm khoảng 50 triệu năm nữa, tức chỉ năm phần nghìn thời gian mà nó dành để đốt cháy hết hydro của nó, và chỉ là một cái nháy mắt trong lịch sử vũ trụ. Khi toàn bộ tâm lõi được chuyển hóa thành lõi cacbon, lõi của sao lại co sập lại một lần nữa làm tăng mật độ và nhiệt độ ở lõi. Nhưng liệu cacbon có thể được dùng làm nhiên liệu hạt nhân? Câu trả lời là không vì đốt cháy cacbon thì cần phải có một nhiệt độ tối thiểu là 600 triệu độ. Vậy mà một ngôi sao như Mặt trời đơn giản là không đủ nặng để nén thêm lõi của nó và làm cho nó nóng lên đến nhiệt độ trên 300 triệu độ. Không còn được cung cấp nhiên liệu, ngọn lửa trung tâm bị tắt, lực của bức xạ không còn có thể đương đầu được với lực hấp dẫn nữa, ngôi sao co sập lại và chết.

Như vậy, các sao có khối lượng cỡ khối lượng Mặt trời (hoặc nhỏ hơn) không thể có khả năng chế tạo ra các nguyên tố hóa học nặng hơn và phức tạp hơn cacbon. Mà không có các nguyên tố nặng này

thứ sự sống và ý thức không thể xuất hiện trên Trái đất và chúng ta sẽ không có mặt ở đây để nói về nó. Rất may, các sao nặng (những ngôi sao nặng hơn tám lần khối lượng Mặt trời) đã ra tay cứu giúp. Chính chúng cho phép tự nhiên tiến xa hơn trên con đường tạo ra sự phức tạp. Vào cuối quá trình đốt cháy heli thành cacbon, do khối lượng lớn hơn và lực hấp dẫn mạnh hơn, nên lõi của các ngôi sao này một lần nữa lại được nén mạnh, làm cho chúng nóng lên đến nhiệt độ cao hơn. Ngưỡng 600 triệu độ dễ dàng bị vượt qua. Khi đó bắt đầu sự đốt cháy cacbon, cụ thể là nó tổng hợp với heli để cho ra đời oxy. Khi ngôi sao đã tiêu thụ hết trữ lượng cacbon, nó lại co lại, nhiệt độ lõi của nó lại tăng lên, và đến lượt oxy được dùng làm nhiên liệu và tổng hợp với heli để sinh ra neon. Chuỗi các sự kiện trên sẽ lặp lại rất nhiều lần: khi một nhiên liệu cạn kiệt, lõi co sập lại và trở nên đặc và nóng hơn. Một sự đốt cháy mới bắt đầu, sinh ra các nguyên tố mới, nặng hơn. Các sự kiện diễn ra theo chiều tăng tốc; các chu kỳ ngày càng ngắn hơn. Chẳng hạn, một ngôi sao lớn hơn hai mươi lần Mặt trời đốt cháy hydro trong vòng mười triệu năm, heli trong vòng một triệu năm, cacbon trong vòng 1.000 năm, oxy trong chỉ một năm, và silic trong chỉ một tuần! Còn về lõi sắt, nó được hình thành chỉ trong chưa đầy một ngày... Ngôi sao cố gắng một cách tuyệt vọng để giành lấy nhiều thời gian hơn và đẩy lùi thời hạn chót bằng cách đốt cháy các nguyên tố ngày càng nặng hơn, nhưng những quãng nghỉ ngày càng ngắn hơn, và sự kết thúc là điều không thể tránh khỏi.

Như vậy, hơn hai chục nguyên tố hóa học mới ra đời trong vòng vài triệu năm. Chúng ta hãy chào đón sự ra đời của các nguyên tố quen thuộc và có tầm quan trọng sống còn cho sức khỏe của chúng ta như natri, manhê, nhôm, silic, cũng như lưu huỳnh và canxi. Các ngôi sao đã mang trong nó hydro, cacbon, nitơ và oxy, những nguyên tố đã tạo nên hơn 90% các nguyên tử trong cơ thể chúng ta. Ngôi sao có cấu trúc kiểu "củ hành": mỗi nguyên tố được phân bố thành một lớp đồng tâm, lớp càng ở xa tâm thì chứa nguyên tố càng nhẹ. Chẳng hạn, vào cuối cuộc đời, lõi của ngôi sao nặng được cấu thành từ sắt. Cao hơn, tiến về phía bề mặt, là các lớp silic, manhê và neon; cao hơn nữa là các lớp oxy, cacbon, heli và hydro. Lò luyện hạt nhân của các sao nặng đã cho phép vũ trụ lấy lại đà thăng tiến của nó vốn đã bị dừng lại ở phút thứ ba sau Big Bang. Trong khi vũ trụ không thể

sản xuất ra các nguyên tố nặng hơn heli - có hạt nhân cầu thành từ 2 proton và 2 neutron -, thì các sao nặng đã biết chế tạo một hạt nhân nguyên tử nặng ngang hạt nhân của sắt, gồm 26 proton và 30 neutron.

Tuy nhiên, mặc dù có trong tay lò luyện hạt nhân, nhưng các sao nặng không thể đi đến tận cùng con đường chế tạo các nguyên tố hóa học. Chúng không thể cho ra đời các nguyên tố nặng như vàng mà phụ nữ thường đeo trên cổ để trang điểm, hay bạc dùng để chế tác tiền xu. Tại sao vậy? Tại vì, trước các ngôi sao nặng, đã có một rào cản bằng sắt được dựng lên! Trong tất cả các lần đốt cháy trước, khối lượng của hạt nhân nguyên tử cuối cùng (hạt nhân của tro tàn còn lại sau khi cháy) là luôn nhỏ hơn tổng khối lượng của các hạt nhân nguyên tử tham gia phản ứng tổng hợp: khối lượng của hạt nhân heli nhỏ hơn khối lượng của bốn proton, khối lượng của cacbon thấp hơn khối lượng của ba hạt nhân heli, v.v. Độ hụt khối này được chuyển hóa thành năng lượng, làm cho ngôi sao phát sáng và không bị co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn. Tất cả điều đó hoàn toàn thay đổi đối với sắt. Kể từ sắt, hiệu ứng bị đảo ngược lại: khối lượng của hạt nhân nguyên tử cuối cùng bây giờ lại lớn hơn tổng khối lượng của các nhân tham gia phản ứng tổng hợp. Điều này có nghĩa là sắt đòi hỏi người ta cung cấp cho nó năng lượng để tham gia vào các phản ứng hạt nhân. Ngôi sao nặng, khi đi đến cuối đời và thiếu năng lượng, sẽ không đáp ứng được đòi hỏi này. Do đó, các phản ứng hạt nhân dừng lại. Cứ như thế sắt đóng vai trò của một chất dập lửa chặn đứng một đám cháy lớn. Ngôi sao nặng không bức xạ nữa và co sập lại dưới tác dụng của khối lượng của nó. Và thế là hết.

## Cái chết của sao

Cái chết của một ngôi sao có thể nhẹ nhàng hoặc dữ dội tùy theo khối lượng của nó. Các sao gầy, có khối lượng thấp hơn 1,4 lần khối lượng Mặt trời, sẽ tắt trong bình lặng. Khi hết nhiên liệu, ngôi sao bị nén bởi lực hấp dẫn cho tới khi bằng kích thước của Trái đất (bán kính khoảng 6.000 km), và trở thành sao lùn. Nhiệt độ ở bề mặt của nó là khoảng 6.000<sup>0</sup>. Nhiệt bị bức xạ vào trong không gian. Màu trắng của bức xạ, giống với màu của Mặt trời, làm cho nó xứng với cái tên "sao lùn trắng" (xem mục từ này). Đồng thời với sự co sập lại

của lõi, các lớp ở bên trên tách khỏi sao. Được chiếu sáng bởi sao lùn trắng, chúng trông như một cái vành khí sặc sỡ vàng và đỏ, và được gọi là “tinh vân hành tinh” (*xem mục từ này*) (Thực ra thuật ngữ này dùng không chính xác. Sở dĩ như vậy là do người ta đã từng nghĩ một cách sai lầm rằng các hành tinh sinh ra trong các tinh vân hành tinh này). Vài tỷ năm sau sao lùn trắng mới mất hết nhiệt của mình. Cuối cùng nó bị biến thành sao lùn đen (*xem mục từ này*), không còn nhìn thấy được nữa và mất hút trong mênh mông của thiên hà. Mặt trời của chúng ta sẽ chết theo cách nhẹ nhàng như thế.

Nhưng nếu khối lượng của sao lớn hơn 1,4 lần khối lượng Mặt trời, thì con hấp hối của sao sẽ dữ dội hơn nhiều. Tuy nhiên, ở đây cũng vậy, đoạn kết của sao cũng sẽ khác nhau tùy theo lõi của nó nặng hơn hay nhẹ hơn khoảng ba lần Mặt trời. Trước hết chúng ta hãy theo dõi đoạn kết của một sao có khối lượng lõi của nó bằng khoảng từ 1,4 đến 3 lần khối lượng Mặt trời. Ngay khi sự đốt cháy hạt nhân kết thúc, ngôi sao bị co sập lại trong một phần giây để trở thành một khối cầu bán kính 10 km. Mọi vật chất khi đó được chuyển hóa thành neutron. Kết quả cuối cùng nhận được là một ngôi sao neutron quay quanh chính nó như một con quay khổng lồ: hãy tưởng tượng một khối cầu có kích thước bằng cả Paris và ngoại ô của nó quay hàng chục, thậm chí hàng trăm vòng quanh chính nó chỉ trong một tích tắc đồng hồ! Sao neutron không bức xạ trên toàn bộ bề mặt của nó, mà thành hai chùm ánh sáng hẹp. Vì thế người ta có cảm giác rằng sao phát sáng và tắt mỗi khi một trong hai chùm sáng này quét qua Trái đất. Chính vì tính chất này mà nó còn được gọi là “pulsar” - sao xung động (*xem mục từ này*). Pulsar sẽ đóng vai trò là những ngọn đèn pha vũ trụ trong nhiều triệu năm. Nguồn năng lượng dự trữ của nó, được tích trữ trong quá trình co sập lại, rồi sẽ cạn kiệt. Nó sẽ quay ngày càng chậm hơn và cuối cùng không thể bức xạ nữa. Bị bao bọc trong sự im lặng của cái chết, xác sao này sẽ không còn được nhìn thấy cũng như được nghe thấy nữa. Cứ trong một nghìn sao thuộc Ngân Hà sẽ có một sao kết thúc cuộc đời bằng pulsar.

Đồng thời với lõi bùng nổ vào trong và trở thành một sao neutron, phần ngoài của sao bị phân rã trong một vụ nổ kinh hoàng gọi là “sao siêu mới” (*xem mục từ này*). Các lớp kiểu vỏ hành chứa nhiều các nguyên tố nặng bị phóng vào không gian với vận tốc vài nghìn

km/s. Chúng gieo vào môi trường giữa các vì sao các nguyên tố nặng được sinh ra bởi lò luyện sáng tạo của các sao, và tự nhiên sẽ sử dụng chúng để tạo ra sự phức tạp của thế giới và dọn đường cho sự lên ngôi của sự sống và ý thức.

Giờ chúng ta hãy xem cái chết quyết định nhất trong số những cái chết của các ngôi sao, cái chết dẫn đến một "lỗ đen". Đó là số phận của các sao có lõi nặng hơn gấp 3 lần khối lượng Mặt trời và tổng khối lượng của nó lớn hơn 25 lần khối lượng Mặt trời. Khối lượng này lớn tới mức cả electron lẫn neutron đều không thể làm gì để chống lại lực nén hấp dẫn. Lực hấp dẫn nén vật chất của lõi sao trong một thể tích nhỏ tới mức lực hấp dẫn trở nên khổng lồ, có thể gấp cả không gian ở đó lại. Ánh sáng, và mọi vật chất - vì vật chất di chuyển luôn chậm hơn ánh sáng, ánh sáng có vận tốc lớn nhất khả dĩ trong vũ trụ (300.000 km/s) - không còn có thể thoát ra khỏi ngôi sao chết này được nữa: từ đó mà nó có tên là "lỗ đen" (xem mục từ này). Cũng như trong trường hợp trước, sự co sập lại dữ dội cũng sinh ra một vụ nổ khổng lồ: nghĩa là sự ra đời của một lỗ đen cũng được chào đón bằng sự bùng nổ của một sao siêu mới. Trong Ngân Hà, các lỗ đen ít hơn rất nhiều so với các sao lùn trắng và pulsar: các sao nặng chỉ chiếm thiểu số trong dân số thiên hà.



## Sao Bắc Cực

Sao Bắc Cực là một ngôi sao nằm trong chòm Tiểu hùng và trong tất cả các điểm sáng nhấp nháy trong đêm tối, nó là ngôi sao đứng yên trên bầu trời bất chấp chuyển động quay của Trái đất, trong khi chuyển động này làm cho tất cả các ngôi sao khác (kể cả Mặt trời của chúng ta) mọc ở trên chân trời phía Đông và lặn dưới chân trời phía Tây. Do gần như hoàn toàn đứng im, nên Ngôi sao phương Bắc đã dẫn đường cho biết bao lữ khách từ thời rất xa xưa. Sở dĩ Sao Bắc Cực có vẻ đứng im trong bầu trời là bởi vì trục quay của Trái đất hướng về nó.

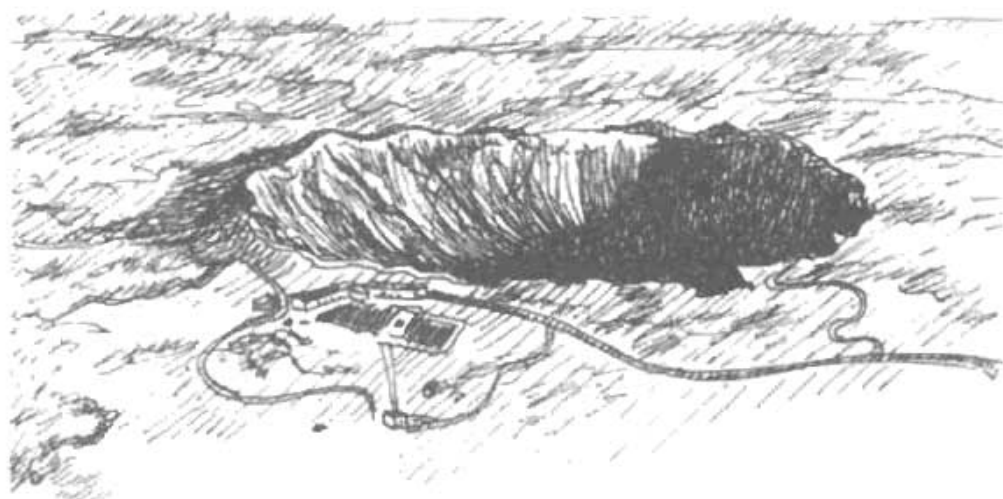
Nhưng có phải ngôi sao này sẽ mãi mãi như vậy? Liệu Sao Bắc Cực có còn chỉ đường cho con cháu chúng ta trong vài chục nghìn năm tới không? Câu trả lời chắc chắn là không, vì hướng của trục quay của Trái đất không cố định trong không gian. Nhà thiên văn người Hy Lạp Hypparque (khoảng 190-120 tCN) đã biết điều đó từ năm 120 tCN. Hồi nhỏ, ai trong chúng ta cũng bị trò chơi con quay chinh phục: trục của con quay không cố định, mà tạo nên một hình nón trong không gian. Trục quay của Trái đất cũng có hành trạng tương tự, nó cũng vạch nên một hình nón. Chu kỳ (thời gian để vạch nên một hình nón trọn vẹn) không phải chỉ vài giây, như đối với con quay, mà là khoảng 26.000 năm. Các nhà thiên văn học gọi chuyển động này là "tuế sai hay tiến động của các điểm phân". Thật vậy, cách đây 4.000 năm, trục cực Bắc-cực Nam không hướng về sao Bắc Cực, mà hướng về một ngôi sao có tên là Alpha, trong chòm sao Thiên Long. Trong 14.000 năm tới, con cháu chúng ta sẽ thấy trục quay của Trái đất hướng tới một sao mới, đó là sao Chức Nữ, trong chòm sao Thiên Cầm.

Vậy tại sao lại có chuyển động ấy của trục quay? Trong trường hợp con quay, thủ phạm chính là lực hấp dẫn của Trái đất. Trong trường hợp của Trái đất, nguyên nhân chính sự tương tác hấp dẫn giữa Trái đất, Mặt trời và Mặt trăng. Dù thế nào chăng nữa thì, ngay cả nếu các lữ khách không còn phải lo ngại bị mất phương Bắc với sao Bắc Cực, thì các nhà thiên văn cũng phải tính đến tuế sai của trục quay Trái đất nếu họ muốn hướng các kính thiên văn của mình một cách chính xác tới thiên thể mà họ muốn.

## Sao băng

Gần 200 sao chổi đã biết, trong những khoảng thời gian đều đặn, cắt ngang quỹ đạo của Trái đất. Chúng ta cũng biết sự tồn tại của ít nhất 1.200 tiểu hành tinh (*xem mục từ này*) có quỹ đạo cắt quỹ đạo của hành tinh chúng ta. Trong số những “kẻ cắt ngang Trái đất” này, có ít nhất 300 kẻ có đường kính lớn hơn 150 m, và tạo thành một mối nguy hiểm thực sự. Khả năng một sao chổi hay một tiểu hành tinh như vậy va chạm với Trái đất luôn có thể xảy ra. Nhưng liệu đó có là lý do để chúng ta phải lo sợ không? Một số sao chổi liệu có thể là nguyên nhân gây ra những tàn phá kinh hoàng của ngày tận thế, như các thầy bói ngày xưa đã tin hay không?

Chắc chắn, Trái đất đã nhiều lần bị các sao băng này va phải. Thật vậy, mỗi ngày hành tinh của chúng ta nhận một cơn mưa khoảng 300 tấn đá và bụi từ trên trời rơi xuống. Thật may mắn, khí quyển Trái đất là một lá chắn bảo vệ chúng ta tránh được tất cả các sao băng đá có khối lượng dưới 100.000 tấn và kích thước dưới vài chục met này. Thực tế, sự ma sát với không khí, sự hãm lại trong khi đi vào khí quyển mạnh tới mức phần lớn các sao băng này bị tan vỡ thành vô số các mảnh nhỏ. Ma sát của các mảnh đá này với các phân tử không khí kích thích các phân tử này, khiến chúng phát ra ánh sáng. Đồng thời, các mảnh đá bị nóng lên đến mức bốc cháy và tiêu rụi, khiến cho chúng vạch ra các đường sáng trên bầu trời sao, mang đến cho con người cảnh tượng “sao băng” cực kỳ ngoạn mục.





Sao băng phần lớn bắt nguồn từ cái chết nóng sáng của những mảnh vỡ của các sao chổi già. Thực tế, cứ mỗi lần đi qua gần Mặt trời, sự bốc hơi làm cho sao chổi mất thêm một chút vật chất. Các mảnh vỡ bị tách ra thường đi theo cùng quỹ đạo với sao chổi mẹ. Lúc đầu chúng tập hợp lại với nhau thành nhóm, nhưng rồi theo thời gian các mảnh vỡ này khuếch tán trên toàn bộ quỹ đạo của sao chổi cũ. Điều này làm cho, nếu quỹ đạo của Trái đất cắt quỹ đạo của sao chổi, thì mỗi năm con người, vào cùng một ngày, sẽ được chứng kiến các cơn mưa sao băng bắt nguồn từ sự cọ xát của các mảnh vỡ sao chổi chết với khí quyển Trái đất. Các "cơn mưa sao băng" thường được gọi tên theo chòm sao theo hướng mà có vẻ như chúng bắt nguồn từ đó và mang các tên rất nên thơ như Geminids hay Leonids. Chẳng hạn, vào những đêm hè đẹp trời tuần thứ hai của tháng tám, bạn có thể ngắm cảnh tượng rực rỡ của cơn mưa sao băng Perseid, bắt nguồn từ chòm sao Dũng Sĩ (Perseus). Cảnh tượng pháo hoa này kéo dài nhiều đêm, nhưng đạt tới đỉnh điểm vào bình minh ngày 12 tháng 8, khi Trái đất nằm hoàn toàn trong đám các mảnh vỡ của sao chổi già (tên là Swift-Tuttle, được phát hiện năm 1862), khi mà 50 sao băng vẽ nên các đường sáng của chúng chỉ trong một giờ.

## Sao chổi, những đối tượng của mê tín

Sao chổi là các thiên thể được đặc trưng bởi các vệt sáng dài giống như tóc bay trong gió (sao chổi - *comet* bắt nguồn từ tiếng Hy Lạp, *kome* nghĩa là "tóc") và thỉnh thoảng lại xuất hiện trong bầu trời. Chúng gọi những tinh cảm rất khác nhau ở con người. Là đối tượng chiêm ngưỡng của các nhà thiên văn (chính sự quan sát sao chổi năm 1572 đã gieo trong đầu óc nhà thiên văn Đan Mạch Tycho Brahe (xem mục từ này) mối nghi ngờ về tính bất biến của trời theo quan niệm của trường phái Aristotle), nhưng chúng cũng thường bị các nhà chiêm tinh học và các thầy bói coi là kẻ báo hiệu những điềm xấu.



*Sao chổi được quan sát năm 1511*

Ngày xưa các nhà thiên văn học kiêm linh mục thường tìm cách liên hệ sự xuất hiện của một sao chổi trong bầu trời với một thảm họa quốc gia như nạn đói, chiến tranh hay sự băng hà của nhà vua. Chẳng hạn, truyền thuyết của cả hai tộc người Aztec và Inca đều nhắc đến một sao chổi báo trước cho người Aztec ở Montezuma và người Inca ở Huaina Capac về sự xuất hiện của người Tây Ban Nha và sự sụp đổ vương quốc của họ. Những người Bantou ở Kasai, Congo, cũng gắn những bất hạnh lớn với sự xuất hiện của sao chổi. Sao chổi cũng là điềm báo trước các xáo trộn lớn trong thần thoại Hindu: theo thần thoại này, sự hoá thân thứ mười và cũng là cuối cùng trên Trái đất của Thần Vishnu, gọi là Kalki, được gắn với sự xuất hiện của một sao chổi trong tương lai. Theo các kinh sách, "Kalki sẽ xuất hiện trên một con ngựa trắng tay cầm một cây kiếm, và băng qua bầu trời giống như một sao chổi. Thần sẽ tái lập thời kỳ hoàng kim, rồi sẽ phá hủy thế giới". Như vậy, trong quan niệm của người Hindu, sao chổi trong tương lai gắn liền với một cái nhìn tận thế về vũ trụ. Quan niệm về một xáo trộn lớn sắp xảy ra, nhưng lần này là điềm lành, cũng xuất hiện trong tâm hồn của họa sĩ người Italia Giotto khi trên bức tranh Giáng sinh, *Sự tôn kính các đức Vua đạo sĩ*, ông đã vẽ sao chổi Halley trong lần nó băng qua bầu trời vào năm 1301. Bức thảm thêu

xứ Bayeux cũng miêu tả sao chổi Halley, nhưng đây là lần nó băng qua bầu trời vào năm 1066; sao chổi cũng được coi là điềm báo hiệu Guillaume, người đi chinh phục, xâm lược nước Anh. Mê tin về sao chổi cũng kéo dài cho tới tận năm 1910, thời kỳ trước chuyến băng qua bầu trời gần đây nhất của sao chổi Halley, khi đuôi sao chổi phát triển dài tới mức nó dường như quét qua Trái đất. Không một ai nghĩ rằng sao chổi chứa các khí độc hại có nguy cơ đầu độc con người, và các lang băm đã uống công tìm cách bán thứ thuốc “chống sao chổi” của họ!

### *Sao chổi, đối tượng của vật lý*

Được cấu thành từ hỗn hợp băng và các hạt bụi, sao chổi thường được miêu tả như các “khối tuyết bẩn”. Phần lớn thời gian, chúng nằm ngoan ngoãn trong khu dự trữ của chúng. Nhưng thi thoảng sự yên tĩnh của chúng lại bị một trong vô số những đám mây khí và bụi giữa các vì sao lướt qua làm cho xáo trộn hoặc một vài ngôi sao ở gần cho một số sao chổi một cú hích hấp dẫn nhẹ đẩy chúng vào bên trong Hệ Mặt trời. Khi các sao chổi này tiến gần Mặt trời, nhiệt của Mặt trời làm bốc hơi hàng chục tấn tuyết bán ngưng tụ trên các lõi đá, tạo ra một quầng khí lớn đường kính tới 100.000 km (lớn gần bằng Mộc tinh) bao quanh lõi đá có kích thước vài kilomet. Các đuôi sao chổi tuyệt đẹp được phát triển từ khi bị đẩy theo hướng ngược với phía Mặt trời bởi các tia sáng Mặt trời (tạo ra các đuôi hơi bị cong) và bởi gió Mặt trời gồm các hạt điện tích (tạo ra các đuôi thẳng), dài hàng triệu kilomet, mang lại niềm vui thắm mỹ cho con người. Khối lượng của một sao chổi có thể cỡ 100 tỷ tấn, tức bằng trọng lượng của một khối đá băng ở địa cực có cạnh dài 10 km.



Sao chổi năm 1066 được dệt trên tấm thảm xù Bayeux thế kỷ XI

Đại đa số các sao chổi đến từ Oort - khu dự trữ xa xôi (xem mục từ: *Khu dự trữ sao chổi*) và phải mất hàng trăm nghìn, thậm chí hàng triệu năm mới hoàn thành chuyến chu du của chúng xung quanh Mặt trời, cách xa tầm mắt của con người. Ngược lại, những sao chổi đến từ ngoại ô gần của Hệ Mặt trời, tức vành đai Kuiper (xem: *Khu dự trữ Tiểu hành tinh*) chỉ mất chưa đầy hai năm để đi trọn một vòng quỹ đạo của chúng quanh ngôi sao của chúng ta. Nổi tiếng nhất trong các sao chổi có chu kỳ ngắn là sao chổi Halley, gọi theo tên của nhà thiên văn người Anh, người đầu tiên khám phá ra rằng, cũng giống như chuyển động của các hành tinh, chuyển động của các sao chổi cũng chịu sự chi phối của trường hấp dẫn của Mặt trời, và chúng phải đi theo quỹ đạo elip với Mặt trời ở một trong hai tiêu điểm của nó, đúng như Kepler và Newton đã dạy chúng ta. Năm 1682, sau khi quan sát sự xuất hiện ngoạn mục trong bầu trời của sao chổi này, bằng cách sử dụng các phương trình vạn vật hấp dẫn của Newton, Halley đã tiên đoán nó sẽ trở lại vào bảy mươi ba năm sau, tức là vào năm 1758. Và sao chổi này đã trở lại đúng thời điểm dự báo, mang lại một chiến thắng rực rỡ cho cơ học thiên thể. Nhưng thật tiếc là điều đó lại xảy ra mười ba năm sau khi Halley mất. Kể từ đó, cứ bảy mươi sáu năm - tương đương tuổi thọ của một con người - sao chổi này lại quay lại một cách trung thành nhắc nhở nhân loại nhớ đến tên tuổi của ông.



Trong lần xuất hiện gần đây nhất, vào năm 1986, các nhà khoa học đã khẳng định rằng sao chổi *Halley*, cũng như tất cả các sao chổi khác, chỉ là một khối tuyết khổng lồ có lõi đá. Những người sống trên Trái đất đã chào mừng sự trở lại của nó bằng cách gửi một đội lớn các tàu thăm dò lên gặp nó. Đặc biệt, tàu thăm dò *Giotto* của châu Âu (được gọi như vậy để tưởng nhớ họa sỹ người Italia từng vẽ về sao chổi) đã đi được vào quãng của sao chổi cách tâm của nó chỉ 600 km! Đây là một trong số những nhiệm vụ táo bạo nhất, vì một sai sót nhỏ trong thao tác cũng có thể làm con tàu thăm dò vỡ tan tành khi đập vào lõi đá của sao chổi: với vận tốc 70 km/s của con tàu, thì va chạm với một hạt bụi nhỏ cũng có hậu quả tàn phá như một viên đạn! Thực tế, các mảnh bụi đã phá hủy thiết bị chụp ảnh của *Giotto*, nhưng là sau khi nó đã chụp được các khung cảnh ngoạn mục và phi thực của một nhân sao chổi: lớp băng xốp và nứt nẻ trên một mặt đất không bằng phẳng, đen như than, bao gồm phần lớn là các hợp chất cacbon và các phân tử hữu cơ. Từ bề mặt phun ra dữ dội các tia khí và tuyết. Lực hấp dẫn của tâm sao chổi yếu (ở trên đó một nhà thiên văn chỉ cân nặng 1 gam) đến mức vật chất bị phun ra từ các mạch nứt này mất hút vào không gian. Xung lực gây ra bởi các tia khí này làm cho nhân sao chổi quay quanh mình nó một vòng mất khoảng 53 giờ, giống như các động cơ phản lực của máy bay dùng để đẩy và chỉnh hướng máy bay vậy.

Hai sao chổi khác cũng đã được đón các tàu thăm dò không gian.

Tháng 1.2004, tàu thăm dò *Stardust* đã tiến vào cách nhân của sao chổi Wild-2 khoảng 200 kilomet và lấy mẫu vật chất của sao chổi trước khi quay lại Trái đất vào tháng 1.2006, mang về nhiều hiên vật quý báu cho các nhà khoa học. Các nhà khoa học đã miệt mài nghiên cứu để vén lên tấm màn bí mật về vật lý, hóa học và có thể cả sinh học nữa của một thiên thể sinh ra cùng thời với Hệ Mặt trời, cách đây 4.55 tỷ năm, và đã không thay đổi nhiều kể từ đó. Do vậy, việc phân tích vật chất của sao chổi Wild-2 chắc hẳn sẽ cho phép chúng ta lần ngược lại thời gian và khảo sát trực tiếp các điều kiện vật lý và hóa học nổi bật vào thời kỳ ra đời Hệ Mặt trời.

Ngày 4.7.2005, NASA đã kỷ niệm ngày quốc khánh Mỹ bằng một màn pháo hoa vũ trụ kỳ vĩ khi ra lệnh cho tàu thăm dò *Deep Impact* phóng một viên đạn nặng 372 kg, to bằng một chiếc máy giặt, vào sao chổi Tempel 1. Vụ va chạm với sao chổi này, một tảng băng khổng lồ có kích thước cỡ bằng nửa hòn đảo Manhattan, được cấu thành từ một tỷ tấn băng tuyết và bụi, và phóng vùn vụt trong không khí với vận tốc kinh hoàng 37.000 km/h, đã giải phóng ra một năng lượng tương đương với năng lượng của 4.800 kg thuốc nổ. Viên đạn đã đâm vào Tempel 1 với vận tốc 10 km/s, tạo ra một hố hình phễu khổng lồ và hất tung lên hàng tấn bụi và khí cho phép chúng ta nghiên cứu thành phần hóa học của sao chổi, và như vậy cũng là của Hệ Mặt trời vào thời kỳ nó ra đời. Lập trình cho một vụ va chạm ở xa Trái đất khoảng 133 triệu kilomet là một kỳ tích công nghệ thực sự. Điều này cũng tựa như phóng một viên bi đâm vào một chiếc Boeing 747 ở một khoảng cách cỡ khoảng cách Trái đất - Mặt trời! Phân tích khí được phóng ra từ va chạm đã phát lộ, ngoài băng tuyết, còn có sự hiện diện của nhiều phân tử hữu cơ. Quan sát hố hình phễu do vụ va chạm tạo ra đã cho thấy một cấu trúc tương đối loãng của sao chổi, và điều này phù hợp với sự mô tả sao chổi giống như “một viên tuyết bẩn”.

### ***Khu dự trữ sao chổi***

Phần lớn các sao chổi đến từ một khu dự trữ các tiểu hành tinh rất xa Hệ Mặt trời được gọi là “Đám mây các sao chổi Oort”, theo tên của nhà thiên văn người Hà Lan Jan Oort (1900-1992) người đã khẳng

định sự tồn tại của nó. Khu dự trữ này trải trên một khoảng cách gấp từ năm mươi nghìn đến một trăm nghìn khoảng cách Trái đất - Mặt trời, giới hạn xa nhất của nó trải đến tận sao Proxima của chòm Nhân mã (Centaurus), ngôi sao gần Mặt trời nhất. Khu dự trữ này bao gồm các tiểu hành tinh đã bị đẩy một cách dữ dội ra khỏi Hệ Mặt trời sau thời kỳ hình thành các hành tinh. Người ta cho rằng nó chứa hàng nghìn tỷ các thiên thể bằng đá với tổng khối lượng có thể tương đương với khối lượng của bốn hành tinh rắn cộng lại (Thủy tinh, Kim tinh, Trái đất và Hỏa tinh). Chúng không nằm trong một cấu trúc dẹt, như trong vành đai Kuiper (xem: *Tiểu hành tinh*), mà phân bố theo hình cầu xung quanh Mặt trời. Nhiệt độ trong các vùng rất xa Hệ Mặt trời như thế là rất thấp, cỡ khoảng  $-250^{\circ}\text{C}$ . Một hỗn hợp của băng, mêtan, amoniac và khí cacbonic được trộn lẫn với các hạt bụi bao phủ các lõi đá của các tiểu hành tinh, và nếu được ánh sáng Mặt trời hun nóng, chúng có thể trở thành các sao chổi (xem mục từ này). Trên thực tế, thi thoảng, một vài trong số các thiên thể đá này bị hút ra khỏi đám mây Oort bởi nhiễu động hấp dẫn do một ngôi sao đi ngang qua gây ra và được phóng vào một quỹ đạo elip quanh Mặt trời. Sau hành trình hàng trăm nghìn, thậm chí hàng triệu năm, chúng đã đi vào phần bên trong của Hệ Mặt trời nơi có Trái đất chúng ta. Khi tiến gần đến Mặt trời, tuyết băng bao phủ tiểu hành tinh bị bay hơi dưới tác dụng của nhiệt Mặt trời, tạo ra các đuôi khí và bụi tuyệt đẹp trải dài hàng trăm triệu kilomet, gợi đến một mái tóc bay trong gió và cho những người sống trên Trái đất một cảnh tượng đẹp mắt.



Montezuma II



## Sao kênh đỏ

Pha “kênh đỏ” (hay còn gọi là khổng lồ đỏ) là pha chín mười của một ngôi sao. Trong thời niên thiếu và trưởng thành, sao tỏa sáng và phát ra năng lượng từ lõi của nó: ở đó đã diễn ra phản ứng tổng hợp các hạt nhân hydro (tức các proton) thành hạt nhân heli, và chính sự tổng hợp hạt nhân này đã chuyển hóa vật chất thành bức xạ. Sự sản sinh năng lượng hạt nhân đã tạo cho sao sự cân bằng và ổn định. Trên thực tế, khối cầu khí cầu thành sao phải chịu hai lực, lực hấp dẫn muốn làm nó co sập lại, và lực của bức xạ ở lõi có xu hướng làm cho nó dãn nở ra. Trong trò giằng co liên tục này, hai lực điều chỉnh để luôn bằng nhau và ngược chiều nhau, đảm bảo cho sao ở trạng thái cân bằng ổn định: nó không co sập lại cũng không nở ra. Một thay đổi nhỏ ở một trong hai lực này luôn được bù lại bằng một điều chỉnh nhỏ ở lực kia.

Nhưng cái gì rồi cũng phải kết thúc. Khi dự trữ nhiên liệu hydro ở lõi sao cạn kiệt, khi gần như toàn bộ hydro đã được chuyển thành heli, các bức xạ phát ra từ khu vực trung tâm giảm xuống, và lực hấp dẫn thắng thế. Đó là điều sẽ xảy ra đối với Mặt trời của chúng ta trong 4,55 tỷ năm nữa, tức là bằng thời gian từ khi nó ra đời đến nay: Mặt trời đang sống ở quãng giữa cuộc đời của mình. Lực hấp dẫn sẽ làm lõi của nó co lại, làm tăng mật độ của lớp hydro xung quanh lõi heli và đẩy nhiệt độ lên tới 10 tỷ độ, khiến cho nó bị ghì xiết trong lò lửa hạt nhân kinh hoàng. Sự vận hồi năng lượng này sẽ làm phình lên đáng kể các lớp bên ngoài Mặt trời, làm cho nó lớn gấp khoảng 100 lần kích thước hiện nay. Bức xạ phân bố trên một bề mặt rộng hơn gấp khoảng 10 nghìn lần (vì thế mà được gọi là “kênh” hay “khổng lồ”), bề mặt này sẽ lạnh đi chỉ còn gần 2.000°C, vì thế màu của nó sẽ chuyển từ trắng sang đỏ. Mặt trời trở thành sao kênh đỏ, nó sẽ nuốt chửng Thủy tinh và Kim tinh vào trong cái vỏ cháy bùng của nó. Nhìn từ Trái đất, ba phần tư bầu trời sẽ chuyển thành màu đỏ. Nhiệt độ sẽ tăng đến mức không thể chịu được. Biển sẽ bốc hơi và rừng sẽ bốc cháy. Để thoát khỏi cái nóng khủng khiếp của sao kênh đỏ, con cháu chắt chít chút của chúng ta sẽ phải di cư ra phía rìa Hệ Mặt trời, đến Diêm Vương tinh!



Sao kênh đỏ là một sao được cấu thành từ những thứ đối lập nhau: vỏ của nó rất loãng - bằng một phần triệu mật độ của nước - trong khi lõi heli của nó đặc gấp 100 tỷ lần. Khi thời điểm đến, quá trình Mặt trời chuyển thành sao kênh đỏ sẽ mất 100 tỷ năm.

Rồi chẳng bao lâu, đến lượt nhiên liệu hydro xung quanh lõi heli của sao kênh đỏ cũng bị cạn kiệt. Bức xạ sẽ yếu đi và lực hấp dẫn lại thắng thế, nó nén sao lại và làm tăng nhiệt độ ở tâm sao. Khi ngưỡng 100 triệu độ được vượt qua, đến lượt lõi heli bốc cháy. Nhưng sao kênh đỏ sẽ nhanh chóng cạn kiệt nhiên liệu. Nhiên liệu mới nay (heli) sẽ cho phép nó sống thêm 50 triệu năm nữa, tức là chỉ bằng 1/5 thời gian để đốt cháy hydro, và chỉ như một nháy mắt trong lịch sử vũ trụ. Thời gian phục hồi này sẽ rất ngắn, và thời hạn đã rất gần. Khi toàn bộ lõi heli được chuyển hóa thành cacbon, nó sẽ lại co sập làm tăng mật độ và nhiệt độ ở tâm. Cacbon có thể sẽ được dùng làm nhiên liệu tiếp theo. Nhưng để đốt cháy cacbon, cần phải có nhiệt độ tối thiểu 600 triệu độ. Vậy mà, bất chấp mật độ cực kỳ cao của lõi cacbon, nhiệt độ của tâm Mặt trời không thể vượt quá 300 triệu độ. Mặt trời không đủ đặc để nén tâm của nó thêm nữa và đẩy nó lên các nhiệt độ cao hơn. Không được cung cấp nhiên liệu, ngọn lửa ở lõi sẽ tắt, lực bức xạ sẽ không thể đương đầu được với lực hấp dẫn nữa, và sao sẽ co sập lại. Thế là hết.

## Sao lùn đen

Sao lùn đen là trạng thái cuối cùng của một sao lùn trắng (xem mục từ này) khi nó đã bức xạ vào không gian toàn bộ nhiệt của nó. Sao lùn trắng khi đó trở thành “sao lùn đen” vì nó không còn nhìn thấy được nữa. Sao lùn đen làm tăng thêm hàng ngũ vô số các xác sao chết nằm rải rác trong mệnh mông của các thiên hà.

## Sao lùn nâu, sao bị chột

Các sao sinh ra từ sự co sập và phân mảnh của các đám mây giữa các vì sao cấu thành từ 9% hydro và heli, và một chút (khoảng 2%) các nguyên tố nặng hơn như cacbon, nitơ và oxy. Tuy nhiên, một số mảnh mây này không bao giờ trở thành sao được: do khối lượng của chúng quá nhỏ, lực hấp dẫn không thể nén chúng đủ để cho nhiệt độ ở trung tâm của chúng đạt đến ngưỡng tối hạn 10 triệu độ cần thiết cho sự khởi phát các phản ứng hạt nhân. Thay vì bắt đầu một sự nghiệp sao vẻ vang, chúng vẫn tồn tại ở trạng thái các thể nhỏ, gọn (*compact*) và tối, được tạo thành từ một vật chất sẽ không bao giờ được phát sáng nhờ sự tổng hợp hạt nhân hydro, và rồi sẽ mất hút trong mênh mông tối tăm của không gian. Các sao bị chột nay được gọi là “sao lùn nâu”, chúng có khối lượng nằm giữa khoảng tám phần trăm khối lượng Mặt trời (tức khoảng tám mươi lần khối lượng của Mộc tinh) và mười hai lần khối lượng của Mộc tinh. Tuy nhiên, lõi của chúng đủ nóng để tổng hợp một nguyên tố hóa học có tên là đơteri; do sự tổng hợp này mà các sao lùn nâu phát sáng rất ngắn trước khi tắt và biến mất trong bóng tối. Do sao lùn nâu bức xạ rất yếu, nếu so với các sao, nên chúng rất khó bị phát hiện, nhưng các nhà thiên văn cũng đã phát hiện được vài chục sao lùn nâu bằng cách sử dụng các kính thiên văn hồng ngoại.

Ngược lại, các đối tượng có khối lượng nhỏ hơn khoảng mười hai lần khối lượng Mộc tinh sẽ không bao giờ phát sáng. Mộc tinh vì thế mà là một hành tinh: khối lượng khí của nó cũng co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn, nhưng tổng khối lượng của nó quá nhỏ nên các phản ứng hạt nhân không thể khởi phát trong lõi nó được. Nhưng năng lượng có được từ sự co lại do hấp dẫn của hành tinh vẫn tiếp tục bị toa ra: Mộc tinh phát ra năng lượng nhiều gấp hai lần so với nó nhận được từ Mặt trời. Nếu nó tích lũy được lượng khí của tinh vân Mặt trời khởi thủy lớn hơn khoảng chục lần, thì chắc chắn nó đã trở thành ngôi sao ngang hàng với Mặt trời - và Hệ Mặt trời của chúng ta đã có hai Mặt trời, có lẽ khi đó sẽ không thuận lợi cho sự sống trên Trái đất...

Xem: Tương lai xa của vũ trụ.

## Sao lùn trắng

Sao lùn trắng là xác chết của một ngôi sao có khối lượng nhỏ hơn khối lượng giới hạn (khoảng 1,4 lần khối lượng Mặt trời), và đã cạn kiệt nhiên liệu hydro và heli<sup>28</sup>. Chẳng hạn, bản thân Mặt trời sẽ ngừng bức xạ và cung cấp năng lượng cho Trái đất trong khoảng 5 tỷ năm nữa. Không có áp lực của bức xạ chống đỡ lại lực hấp dẫn không ngừng muốn nén ngôi sao lại, Mặt trời sẽ co sập thành một sao lùn có bán kính khoảng 10.000 km. Như vậy, một nửa khối lượng của Mặt trời ( $10^{33}$  g) sẽ được nén trong một thể tích tương đương thể tích của Trái đất, và sao lùn sẽ có mật độ là một tấn trên một centimet khối<sup>29</sup>. Một thìa vật chất của sao lùn này nặng một tấn, ngang với một con voi! Sở dĩ người ta gọi nó là “sao lùn trắng” bởi vì lõi của ngôi sao chết vẫn còn rất nóng (tới  $30.0000^{\circ}\text{C}$ , không phải nhờ năng lượng của các phản ứng hạt nhân vì chúng không còn xảy ra nữa do thiếu nhiên liệu, mà là nhờ năng lượng bị cấm tù trước khi ngôi sao chết, khi mà sao đốt cháy heli thành cacbon) và phát ra một bức xạ có màu trắng.

Vậy điều gì ngăn cản sao lùn trắng co sập lại thêm nữa? Chính các electron, ở bên trong, đã tổ chức sự kháng cự lại hành động nén của lực hấp dẫn. Do đã tiến đến sát nhau, nên chúng từ chối bị nén thêm vào nhau nữa và loại trừ lẫn nhau, theo đúng “nguyên lý loại trừ” được phát biểu bởi nhà vật lý người Áo Wolfgang Pauli (1900-1958), một trong những cha đẻ của cơ học lượng tử.

Nếu sao lùn trắng sống riêng rẽ, nó sẽ tiếp tục tỏa vào không gian năng lượng đã bị cấm tù của nó trong vài tỷ năm nữa. Khi kết thúc, trở nên không nhìn thấy được nữa, nó sẽ gia nhập hàng ngũ vô

<sup>28</sup> Khối lượng giới hạn khoảng 1,4 khối lượng Mặt trời này thường được gọi là “khối lượng Chandrasekhar”, để vinh danh nhà vật lý thiên văn người Mỹ gốc Ấn Độ Subrahmanyan Chandrasekhar (1930-1995), người được giải Nobel Vật lý năm 1983 một phần vì đã chứng minh được sự tồn tại của nó. Công trình này đã được Chandrasekhar hoàn thành ở tuổi hai mươi, trong một chuyến đi dài trên con tàu thuy đưa ông từ Ấn Độ đến Anh nơi ông muốn nghiên cứu ở Đại học Cambridge với nhà thiên văn hoàng gia Arthur Eddington (1882-1944).

<sup>29</sup> Một nửa còn lại, tạo thành vỏ của Mặt trời, sẽ bị đẩy vào môi trường giữa các vì sao, tạo thành cái mà người ta gọi là “tinh vân hành tinh” (xem mục từ này). Các sao lùn trắng vì vậy thường được nhìn thấy ở trung tâm của các tinh vân hành tinh.

số các xác sao chết đầy trong khu vực thiên hà. Đó sẽ là một cái chết nhẹ nhàng. Nhưng cái chết này có thể dữ dội nếu sao lùn trắng cặp đôi với một ngôi sao sống. Bị hút bởi lực hấp dẫn của sao lùn trắng, vỏ của ngôi sao sống sẽ bị rút sang và tích tụ lên bề mặt của sao lùn trắng; bề mặt này sẽ tăng lên về khối lượng, cho tới khi vượt qua giới hạn 1,4 lần khối lượng Mặt trời; lúc đó electron sẽ không còn kháng cự được lực hấp dẫn nữa, và sao lùn trắng lại co sập lại; vật chất bị nén nóng lên và nhiệt độ ở tâm của lùn trắng, được cấu thành chủ yếu từ cacbon, tăng lên tới tận 600 triệu độ, nhiệt độ tối thiểu để một hạt nhân cacbon có thể tổng hợp với một hạt nhân heli. Sự đốt cháy cacbon được khởi phát, làm cho nhiệt độ tăng thêm nữa, và điều này làm gia tốc các phản ứng hạt nhân; làm cho chúng lồng lên và toàn bộ sao lùn trắng bị tan rã trong một vụ bùng nổ khủng khiếp, mà độ sáng cực đại có thể bằng 10 tỷ Mặt trời cộng lại, tức bằng khoảng một phần mười độ sáng của Ngân Hà. Bởi vì những cái chết bùng nổ này, mà người ta gọi là "sao siêu mới loại Ia" (*xem mục từ này*), xảy ra mỗi khi vượt qua khối lượng tới hạn khoảng 1,4 lần khối lượng Mặt trời, nên chúng phô bày một sự thường hằng thuộc loại đáng chú ý nhất trong các tính chất vật lý của chúng, đặc biệt là ở độ sáng cực đại. Và vì vậy, chúng là các ngọn đèn pha vũ trụ lý tưởng.

Trong một kịch bản khác mà một số nhà thiên văn cho rằng dễ chấp nhận hơn, đó là hai sao lùn trắng ở trong một hệ đôi rơi vào nhau, tạo thành một vật nặng hơn 1,4 khối lượng Mặt trời, gây ra sự co sập lại do hấp dẫn của vật này. Đoạn kết của đôi tượng này cũng tương tự như trong kịch bản trước: đó là một bùng nổ do sự đốt cháy cacbon. Độ sáng của các sao siêu mới loại Ia này lớn tới mức chúng có thể được nhìn thấy từ một khoảng cách rất xa trong vũ trụ. Như vậy, chúng là các cọc tiêu hảo hạng cho phép chúng ta lần ngược lại rất xa trong quá khứ của vũ trụ và đo được tốc độ giãn nở của nó ở các thời kỳ rất xa xưa. Chính nhờ có chúng mà người ta đã phát hiện ra được sự tăng tốc của vũ trụ (*xem mục từ này*).

## Sao neutron

*Xem: pulsar*

## Sao siêu mới loại Ia: các sao lùn trắng bùng nổ

Sao siêu mới loại Ia là vụ nổ của các sao lùn trắng tự phá hủy trong các sự kiện nhiệt hạch khổng lồ. Một sao lùn trắng (*xem mục từ này*) là xác một ngôi sao có khối lượng thấp hơn một khối lượng giới hạn khoảng 1,4 lần khối lượng của Mặt trời, và đã cạn kiệt nhiên liệu hydro và heli. Có khi một sao lùn trắng cặp đôi với một sao sống. Vỏ của ngôi sao sống này đổ vào và tích tụ trên bề mặt của sao lùn trắng, do bị hút bởi lực hấp dẫn của nó. Sao lùn trắng tăng lên về khối lượng cho tới khi giới hạn 1,4 lần khối lượng Mặt trời bị vượt qua, và khi đó nó sẽ co sập lại. Vật chất bị nén nóng lên và nhiệt độ ở lõi của sao lùn trắng, cấu thành chủ yếu từ cacbon, tăng lên tới 600 triệu độ, và khởi phát sự đốt cháy cacbon. Nhiệt độ còn tăng thêm nữa, làm gia tăng các phản ứng hạt nhân. Các phản ứng này lồng lên và toàn bộ sao lùn trắng bị phân rã trong một vụ nổ khổng lồ mà độ sáng cực đại của nó có thể bằng 10 tỷ Mặt trời cộng lại, tức khoảng một phần mười độ sáng của Ngân Hà. Bởi vì những cái chết bùng nổ này xảy ra mỗi khi khối lượng tới hạn khoảng 1,4 khối lượng Mặt trời bị vượt qua, nên chúng cho thấy một độ sáng cực đại thuộc loại ổn định nhất.

Theo một kịch bản khác mà một số nhà thiên văn đánh giá là dễ chấp nhận hơn, hai sao lùn trắng, trong một hệ sao đôi, rơi vào nhau, tạo thành một thiên thể vượt qua 1,4 khối lượng Mặt trời, và gây ra sự co sập lại do hấp dẫn của hệ sao đôi này. Đoạn kết của nó cũng tương tự như trong kịch bản trước: một vụ bùng nổ khổng lồ do sự đốt cháy cacbon.

Bởi vì độ sáng của các sao siêu mới loại Ia này là rất lớn, nên chúng có thể được nhìn thấy từ rất xa. Như vậy, chúng chính là những cọc tiêu tuyệt vời (*xem: Khoáng cách*) cho phép chúng ta lần ngược lại rất xa trong quá khứ của vũ trụ và đo tỷ lệ giãn nở của nó ở các thời kỳ.

## Sao siêu mới loại II: cơn hấp hối bùng nổ của các sao nặng

Vào cuối đời, các sao nặng (các sao có lõi nặng hơn 1,4 khối lượng Mặt trời) bùng nổ. Đồng thời với lõi của chúng bị co sập lại (thành một sao neutron hoặc một lỗ đen - *xem các mục từ này*), một vụ nổ khổng lồ xảy ra, làm phân rã hoàn toàn phần còn lại của ngôi sao và, trong một vài ngày, giải phóng ra một lượng năng lượng bằng năng lượng tỏa ra của cả một thiên hà gồm trăm tỷ các ngôi sao. Người ta gọi đó là sao siêu mới loại II - và không nên nhầm với sao siêu mới loại Ia (*xem mục từ này*) là sự bùng nổ của một sao lùn trắng (*xem mục từ này*), mà bản thân nó cũng là hậu duệ của một ngôi sao có khối lượng nhỏ (dưới 1,4 khối lượng Mặt trời). Sao siêu mới loại II bắt nguồn từ cái chết của một ngôi sao nặng hơn tám lần khối lượng Mặt trời.

Nhưng tại sao các ngôi sao nặng lại bùng nổ? Cuối đời, các sao này có một lõi sắt, và khi lõi này bị co sập lại trong thời gian chưa đầy một giây, thì vật chất của nó bị nén lại và nhiệt độ tăng vọt một cách chóng mặt, lên tới gần 10 tỷ độ! Trong cái lò lửa địa ngục này, các hạt nhân nguyên tử sắt va chạm vào nhau dữ dội. Toàn bộ công việc kiến tạo của lò luyện hạt nhân được thực hiện bởi ngôi sao trong mười triệu năm trước để xây dựng nên các cấu trúc nguyên tử phức tạp như nguyên tử sắt, bị phá hủy trong chưa đầy một giây. Mỗi hạt nhân sắt bị vỡ thành 26 proton và 30 neutron. Lõi sao trở thành một món súp cực kỳ đặc của electron, proton, neutron và photon. Rồi nó tiếp tục co sập lại hơn nữa, nén các electron và proton lại với nhau và biến chúng thành neutron và neutrino. Neutrino (*xem mục từ này*) là những hạt ma quái có khối lượng rất nhỏ, tương tác rất ít với vật chất (hàng tỷ neutrino sinh ra trong các phản ứng đầu tiên của vũ trụ xuyên qua cơ thể chúng ta mỗi giây mà chúng ta không nhận ra). Ngay cả khi lõi sao trở nên cực kỳ đặc (hơn một tỷ g/cm<sup>3</sup>), thì neutrino cũng xuyên qua nó như không hề thoát vào không gian. Rốt cuộc, toàn bộ vật chất ở lõi sao biến thành một số vô cùng lớn (10<sup>57</sup>) các neutron.

Sự co sập lại vẫn tiếp tục. Rất nhanh sau đó vật chất bị nén tới mật độ 1.000 tỷ (10<sup>12</sup>) g/cm<sup>3</sup>. Đến mức này, thì neutron không chịu đê

bị nén thêm nữa (đó là do một nguyên lý mà trong cơ học lượng tử gọi là “nguyên lý loại trừ”) và tác dụng một lực phản kháng tập thể chống lại lực hấp dẫn (electron cũng đã làm tương tự trong sao lùn trắng - xem mục từ này). Chuyển động co sập lại của lõi sao chậm dần lại, rồi nó bị chặn đứng và đảo ngược lại, như một quả bóng đập vào tường rồi nảy ra. Một sóng xung kích lan truyền đủ dôi ra ngoài hàng chục nghìn kilomet, đẩy ra xa các lớp ở bên trên. Nó cho ngôi sao bị nổ tung thành vô số mảnh. Một chấm sáng, sáng bằng cả một thiên hà, xuất hiện trong bầu trời: đó chính là một sao siêu mới loại II, nó thông báo không phải sự ra đời, mà là cái chết của một ngôi sao.

Những cái chết bùng nổ này xảy ra gần như cứ mỗi một trăm năm một lần trong một thiên hà. Nếu chúng ta tính tới hàng trăm tỷ thiên hà của vũ trụ quan sát được, thì sẽ có khoảng một sao siêu mới xuất hiện mỗi giây ở đâu đó trong vũ trụ. Ngân Hà cũng không phải là ngoại lệ: từ khi biết ghi lại những quan sát bầu trời của mình, con người đã thống kê được hàng chục sao siêu mới trong Ngân Hà, hoặc là bằng quan sát trực tiếp vụ nổ, hoặc bằng cách phát hiện các mảnh vỡ và các mảnh sao từng bị nó tung - người ta gọi là “phần sót lại của sao siêu mới”. Năm 1572, Tycho Brahe, nhà thiên văn người Đan Mạch đã xác định được trong chòm sao Tiên Hậu (Cassiopeia) “một sao mới” và điều này đã gieo mối nghi ngờ vào đầu óc ông đối với tính bất biến của trời theo Aristotle. Một trong các sao siêu mới nổi tiếng nhất trong các biên niên thiên văn học là sao từng là nguồn gốc của phần sót lại của sao siêu mới mang tên “tinh vân Con Cua”, bởi vì hình dạng của các mảnh vỡ của sao trông giống như một con cua. Các nhà thiên văn học Trung Quốc đặt cho nó một cái tên rất đẹp là “sao khách” khi họ thấy nó xuất hiện trên bầu trời, vào buổi sáng ngày 4.7.1054, nhìn sáng hơn cả Kim tinh, hành tinh sáng nhất của bầu trời. Sách của người Trung Quốc và của các nhà thiên văn Trung Đông thuật lại rằng nó vẫn nhìn thấy được giữa ban ngày trong suốt nhiều tháng! Người Da đỏ ở Mỹ cũng ghi nhớ sự xuất hiện của nó bằng các bức tranh khắc trên đá. Tuy nhiên, tại phương Tây, nó lại không được ghi trong các tác phẩm thiên văn thời kỳ đó; rõ ràng, các nhà thiên văn học phương Tây lúc này vẫn còn tin vào tính bất biến của bầu trời theo Aristotle hơn là tin vào chính mắt mình!

Trong Ngân Hà, không có sao siêu mới nhìn thấy được từ Trái đất từ khi kính thiên văn đầu tiên được Galileo sử dụng vào năm 1609. Gần bốn thế kỷ trôi qua, tức gần bốn lần khoảng cách trung bình giữa hai sao siêu mới xuất hiện kế tiếp nhau trong một thiên hà như thế. Như vậy, một sao siêu mới trong Ngân Hà sẽ sắp xuất hiện. Tuy nhiên, xác suất để một sao siêu mới mới xảy ra gần Hệ Mặt trời là rất nhỏ. Để một sao siêu mới xuất hiện trong bán kính khoảng 300 năm ánh sáng, sẽ cần phải chờ không phải một trăm năm sau khi sao siêu mới xuất hiện gần đây nhất (sao siêu mới mà Tycho Brahe phát hiện), mà là một trăm nghìn năm.

Ngày 24.1.1987, một sao siêu mới án tượng trong Đám mây Magellan Lớn - một thiên hà lùn vệ tinh của dải Ngân Hà - đã xuất hiện trước những con mắt kinh ngạc của các nhà thiên văn. Thiên hà lùn này nằm cách chúng ta khoảng 170.000 năm ánh sáng, tức vụ nổ đã xảy ra cách đây 170.000 năm, như vậy là vào thời kỳ người tiền Neandertal bước đi chân trên Trái đất, nhưng thông tin này chỉ đến được chúng ta vào năm 1987. Tất cả các kính thiên văn hiện đại trên mặt đất và trong không gian đã được huy động để nghiên cứu sự kiện lạ thường này. Các quan sát thu được phần lớn đều khẳng định và làm sáng tỏ những quan niệm của chúng ta về cái chết của các ngôi sao nặng. Neutrino thoát khỏi lõi bị co sập lại của ngôi sao chết cũng đã bị bắt giữ bởi các "máy dò" - các bể nước lọc không lồ đặt sâu vài kilomet dưới đất, trong các hầm mỏ đã ngừng hoạt động ở Nhật Bản và Mỹ.

## Sao xêphêit

Xêphêit là các sao biến quang, tức là có ánh sáng thay đổi một cách rất đặc biệt: thời gian giữa hai cực đại (hay cực tiểu) của độ sáng, được gọi là chu kỳ, phụ thuộc vào độ sáng nội tại hay độ sáng thực của chúng. Xêphêit càng sáng thì chu kỳ của nó (có thể kéo dài từ vài ngày đến một tháng) càng dài. Các nhà thiên văn đã lợi dụng



tính chất này để sử dụng các xêphêit như các chỉ báo khoảng cách (xem mục từ này). Nói tóm lại các sao xêphêit được dùng làm các cọc tiêu của vũ trụ.

Xêphêit đã được nhà thiên văn học nữ trẻ tuổi là Henrietta Leavitt, thuộc Đại học Harvard, phát hiện năm 1912. Bà nhận nhiệm vụ nghiên cứu hai vết tinh vân lớn và tàn mát tô điểm bầu trời bán cầu Nam (cũng giống như vòng cung của Ngân Hà tô điểm bầu trời mùa hè của bán cầu Bắc), đã từng làm kinh ngạc Magellan khi ông trên tàu vượt qua xích đạo. Ngày nay, chúng ta biết rằng hai tinh vân được gọi là các "Đám mây Magellan" này là hai thiên hà lùn, vệ tinh của Ngân Hà chúng ta, ở cách khoảng 170.000 năm ánh sáng.

Chỉ cần định vị trí các sao xêphêit này trong Ngân Hà hay trong một thiên hà gần và quan sát biến thiên độ sáng của chúng để nhận được chu kỳ và do đó nhận được độ sáng thực của chúng. Độ sáng thực này, kết hợp với độ sáng biểu kiến quan sát được, sẽ cho ta biết khoảng cách. Nhà thiên văn người Mỹ Edwin Hubble (xem mục từ này) đã sử dụng các sao xêphêit để chứng tỏ sự tồn tại của các thiên hà nằm rất xa Ngân Hà chúng ta. Cũng chính nhờ các sao này mà cánh cửa của vũ trụ ra ngoài thiên hà đã được mở toang.

## Sét

Các cơn dông tạo ra những cảnh tượng ánh sáng khủng khiếp, đôi khi nguy hiểm, nhưng không phải là không mang một vẻ đẹp nhất định: đó là những tia chớp. Tia chớp, chỉ sáng trong vài giây, thường kéo theo một tiếng sấm. Chúng ta nhìn thấy chớp trước khi nghe thấy tiếng sấm bởi vì vận tốc của ánh sáng lớn hơn nhiều vận tốc của âm thanh. Ánh sáng của chớp đến tới chúng ta với vận tốc gần 300.000 km/s (vận tốc của ánh sáng trong điều kiện không khí trong, trên mặt biển, thấp hơn 0,03% vận tốc của nó trong chân không), trong khi âm thanh truyền tới chúng ta với vận tốc 340 m/s. Như vậy, nếu tính thời gian giữa chớp và sấm, chúng ta có thể suy

ra khoảng cách (tính bằng km). Bạn chỉ cần nhân thời gian này (tính bằng giây) với 0,34. Nhìn chung, độ trễ thời gian này không lớn hơn một phút, vì không thể nghe thấy tiếng sấm ở khoảng cách lớn hơn 20 km.

Độ sáng của chớp không ổn định, mà thay đổi rất nhanh. Sự nhấp nháy này có nghĩa là chớp không thuộc một sự kiện duy nhất, mà là thuộc một chuỗi nhiều cú sét rất ngắn, rất gần nhau về thời gian. Thật vậy, một tia chớp có thể gồm 25 cú sét riêng biệt, mỗi cú dài khoảng 1/10 micro giây. Khi gió thổi mạnh, đường đi của sét có thể bị đẩy sang bên, tạo ra chuỗi chớp.

Nhìn từ không trung thông qua các vệ tinh trên quỹ đạo, Trái đất chìm trong màn đêm lộ rõ những vùng gần như liên tục có dông. Phần lớn các cơn dông xảy ra trên các lục địa. Chớp và sét đi cùng với chúng gieo rắc chết chóc và tàn phá trên Trái đất nhiều hơn bất cứ sự kiện thời tiết nào. Sét đánh vào một nơi nào đó trên Trái đất khoảng một trăm lần mỗi giây. Chu trên lãnh thổ Mỹ, mỗi năm sét đánh chết 100 người và làm bị thương gần 200 người. Thiệt hại gây ra đối với nhà cửa, tàu thuyền đã được giảm đáng kể nhờ phát minh ra cột thu lôi, nhưng rất khó bao vệ con người và động vật trong cơn dông. Trốn trong xe ô tô là một ý hay, bởi vỏ xe bằng kim loại tạo ra một chiếc "lồng" bảo vệ ngăn dòng điện. Nhưng cây cối trong rừng thì không có cách nào bảo vệ, đành bỏ mặc cho sét và các đám cháy mà nó gây ra hoành hành.

Vậy từ đâu sinh ra thứ sét biểu hiện bằng các đường sáng ngoằn ngoèo chạy từ trời xuống đất giữa các cơn gió bão, mưa tuôn xối xả và những tiếng sấm kinh hoàng, cứ như là để trừng phạt con người vì những tội lỗi của họ? Tất cả các thần thoại cổ xưa đều giải thích sét như là sự thể hiện cơn tức giận của thần thánh. Người Hy Lạp tưởng tượng ra thần Zeus, vị thần tối cao ngự trị ở đỉnh Olympia, người nắm sét trong tay và duy trì trật tự và công lý trên Trái đất bằng cách phóng sét xuống đảo những kẻ mà ông muốn trừng phạt. Đối với người La Mã, sét là biểu hiện của sự không hài lòng của thần Jupiter và, đối với người Ấn Độ, đó là sự bực mình của thần Indra.

Chính nhà vật lý vô thần và duy vật người La Mã là Lucretius (khoảng 98-55 tCN) là người đầu tiên nghi ngờ cách hiểu sét là biểu hiện cơn giận dữ của các vị thần, và tìm một cách giải thích khoa học

cho hiện tượng này. Bởi vì trong khuôn khổ của cách giải thích thần bí, ông không thể tìm thấy câu trả lời thỏa đáng cho nhiều câu hỏi mà ông đặt ra. Nếu sét thực sự là cách mà thần Jupiter sử dụng để trừng phạt những kẻ độc ác, thì tại sao nó lại đánh không phân biệt người tốt và kẻ xấu?, ông tự hỏi. Tại sao nó đánh cả ở giữa sa mạc, nơi chẳng có linh hồn nào sống? Tại sao thần trời, thần ánh sáng, thần sấm, thần sét lại lãng phí sức mạnh như vậy? Tại sao Jupiter có lúc lại đánh cả vào những ngôi đền tuyệt đẹp được dựng lên để tôn vinh mình, trong khi lẽ ra ông phải làm điều ngược lại là bao vệ chúng? Tại sao thần không bao giờ giận giữ và phóng sét khi trời đẹp và có nắng? Tại sao thần lại tỏ ra đặc biệt ưa thích những nơi cao, vì sét thường đánh vào các đỉnh núi hơn là đồng bằng? Vì không có câu trả lời, Lucrèce muốn tìm đến một cách giải thích khoa học. Ông đã đưa ra một lý thuyết theo đó sét và sấm được sinh ra bởi những đám mây đâm vào nhau. Theo ông, sét như một cái lò cùi lửa - điều này không phải quá phi lý, nếu nghĩ đến những đám cháy rừng mà nó gây ra. Mãi rất lâu sau người ta mới hiểu rằng các tia chớp của sét rất có thể sinh ra cháy dù bản thân chúng không phải là lửa.

Nghiên cứu thực nghiệm về sét chỉ thực sự bắt đầu vào năm 1750, với nhà vật lý và chính trị gia người Mỹ Benjamin Franklin (1706-1790). Ông đã muốn kiểm tra giả thiết theo đó sét có bản chất điện. Giả thiết này, dựa trên quan sát các tia chớp trong cơn dông rất giống với những tia lửa điện, trước đó đã được nhiều nhà khoa học đặt ra, trong đó có Isaac Newton lỗi lạc. Trong một bức thư gửi Hội Hoàng gia London, tức Viện hàn lâm Khoa học uy nghiêm của Anh quốc, nhà vật lý người Mỹ này đã đề xuất thí nghiệm sau: từ đỉnh một ngọn tháp cao, thu điện của một đám mây dông từ trời xuống đất bằng một dây kim loại dài. Franklin không thể tự làm thí nghiệm này, bởi thành phố Philadelphia của ông khi đó chưa có ngọn tháp nào đủ cao cả. Khó khăn này đã không được các nhà khoa học Anh tháo gỡ, nhưng đã được khắc phục tại Pháp, nơi các công trình khoa học của Franklin được theo dõi và ngưỡng mộ. Năm 1752, Thomas Francois d'Alibard người Pháp (1703-1799) đã thu được các tia lửa điện từ trên trời bằng một thanh sắt dài hơn mười mét cắm trong một khu vườn ở Marly-la-Ville, gần Paris. Việc chứng minh các đám mây trong cơn dông có chứa điện đã được đăng trên trang nhất các

báo và được đánh giá là “phát minh lớn nhất từ sau các phát minh của Isaac Newton”.

Trong khi đó, Benjamin Franklin đã tìm được một cách khác, rất tài tình, để thực hiện thí nghiệm nổi tiếng của mình: dù không thể đưa một dây kim loại lên đỉnh một ngọn tháp cao, nhưng ông vẫn có thể thu điện của một đám mây dông bằng cách gắn một chiếc khóa bằng kim loại vào một chiếc điều! Bằng cách này ông cũng đã thu được sét của trời. Với tư tưởng cực kỳ thực dụng, ông đã ngay lập tức biết cách làm thế nào để dùng phát minh của mình vào việc bảo vệ nhà cửa khỏi sét: chỉ cần lắp một ống kim loại trên mái nhà để thu điện tích của trời và dẫn chúng xuống mặt đất, tại đó chúng mất đi sức tan phá. Đó chính là phát minh ra cột thu lôi, phát minh đã mang thêm vinh quang đến cho Franklin. Khoảng cuối năm 1752, không chỉ ngôi nhà của nhà vật lý người Mỹ này được lắp cột thu lôi, mà cả rất nhiều công sở và nhà thờ trong các nước thuộc địa của Mỹ. Được bổ nhiệm làm đại sứ của nước Mỹ non trẻ tại Pháp, người đàn ông thuần hóa sét này cũng được các phụ nữ đẹp trong các phòng trà ở Paris yêu mến, và uy tín nổi như cồn đã giúp ông đạt nhiều thành công trong lĩnh vực ngoại giao (và cả yêu đương nữa!)

Cũng như tất cả các phát minh lớn khác, phát minh của Franklin đã đi qua nhiều thế kỷ: cột thu lôi được lắp trên các tòa nhà ngày nay giống y hệt với cột thu lôi mà ông đã phát minh ra, trừ một điểm là thay vì có một cột nhọn duy nhất, hệ thống cột thu lôi hiện nay gồm nhiều cột nhọn, bao bọc toàn bộ mái nhà và sườn nhà để bảo vệ.

Nhưng lý thuyết về điện của Franklin lại không có tuổi thọ dài như thế. Nhà vật lý này đã cho rằng điện là một chất lỏng. Khái niệm này rất phổ biến trong thời ông và một số lý vụng về về điện mà chúng ta sử dụng ngày nay vẫn còn phản ánh điều này: như từ dòng điện chẳng hạn. Ngày nay thì đã rõ ràng, điện không phải là một chất lỏng, mà là một dòng gồm một lượng lớn các hạt đồng nhất gọi là “electron”, mỗi hạt mang một điện tích nguyên tố âm. Tuy nhiên, Franklin đã đoán được bản chất hạt của điện khi ông tiên đoán rằng: “Chất điện được cấu thành bởi các hạt cực nhỏ, vì nó có thể xâm nhập vào vật chất thông thường, kể cả các kim loại đặc nhất, một cách dễ dàng và tự do đến mức nó không gặp một chút cản trở nào.”

Nhưng ý tưởng này là quá tiên bộ so với thời đại ông và đã bị gạt đi bởi sự phổ biến của lý thuyết điện là một chất lỏng.

Ngày nay, người ta cho rằng một tia chớp nổ ra khi tự nhiên tìm cách trung hòa các chênh lệch về điện trường sinh ra trong lòng các đám mây, hoặc giữa các đám mây và mặt đất, trong một cơn dông. Ý tưởng này như sau: khi rơi xuống đất, các giọt nước mưa tách ra và trở nên phân cực về điện. Khi chia tách, phần dưới của giọt nước, lớn hơn, tích điện dương, trong khi phần trên, nhỏ hơn, tích điện âm. Nếu các cơn gió mạnh theo chiều thẳng đứng mang nhiều giọt nước nhỏ lên cao trong đám mây hơn, thì những giọt nước lớn hơn bị lực hấp dẫn kéo xuống phía dưới, tạo ra một sự chênh lệch về cực tính: phía trên đám mây tích điện âm, trong khi phía dưới tích điện dương. Mặt đất nằm phía dưới một đám mây như thế sẽ tích điện âm. Sự chênh lệch về cực tính này tạo ra một hiệu điện thế (đại lượng đo công sinh bởi điện trường). Tự nhiên ghét những chênh lệch này và loại bỏ chúng bằng cách phóng điện, tạo ra sét. Sự phóng điện giữa một đám mây và mặt đất tạo ra "chớp trên mặt đất". Còn sự phóng điện xảy ra bên trong cùng một đám mây hoặc giữa hai đám mây được gọi "chớp trong mây".

Lucrece đã đi đúng hướng: chính những đám mây là nguồn gốc của chớp; chỉ có điều đó không phải là sự va chạm giữa các đám mây, mà chính các giọt nước bị phân cực về điện trong các đám mây tạo ra hiện tượng này. Còn sấm, chẳng qua nó chỉ là kết quả của các sóng xung kích được khởi phát trong khí quyển bởi các phóng điện.

Hiện nay, chúng ta vẫn chưa biết tại sao chớp lại đi theo một đường ngoằn ngoèo hoàn toàn không thể đoán trước được khi nó hướng xuống đất. Trong lộ trình của nó từ trời xuống đất, nó nhiều lần phân nhánh và rẽ hướng nhỏ. Gần tới đất, một số phóng điện có thể đi trệch con đường ban đầu, tạo ra những tia chớp trùng như cái "xiên" hay "bờ cào". Một chớp sáng, như chúng ta đã biết, không phải là một sự kiện duy nhất, mà là một chuỗi các tia chớp riêng biệt. Những tia chớp kép này, dù đi cùng một đường, nhưng lại khác nhau bởi những khác biệt rất tinh tế bộc lộ các đặc tính của sự phóng điện. Nhờ chuỗi các bức ảnh chụp liên tiếp theo thời gian của các tia chớp trong cơn dông, người ta đã nhận thấy rằng tia chớp đầu tiên gồm nhiều nhánh, các nhánh này không xuất hiện trong các tia chớp tiếp

theo. Do có hình dạng đặc biệt và cực kỳ bất thường, tia chớp được gọi là một "đối tượng fractal", nghĩa là một vật có số chiều không được biểu diễn bằng một số nguyên, mà bằng một phân số. Chiều của tia chớp không phải là 1 như một đường thẳng, cũng không phải là 2 như một mặt phẳng, mà là ở giữa hai con số này.

Các tia chớp nổi những đám mây với mặt đất dường như có màu sắc khác nhau. Chính sự tán xạ và hấp thụ của khí quyển đã gây ra hiện tượng này: chúng làm đỏ các tia chớp ở xa nhất.

Một số núi lửa phun trào cũng có thể tạo ra chớp. Cũng vậy, sự phóng điện chính là nguyên nhân: tro bắt nguồn từ sự phun trào núi lửa, khi va chạm vào nhau, sẽ giải phóng các điện tích dương và âm, tạo ra các chênh lệch về cực tính ở bên trong đám mây núi lửa. Những chênh lệch này sẽ bị loại bỏ bằng sự phóng ra các tia chớp.

## Sinh vật ngoài Trái đất

Với tình trạng hiểu biết của chúng ta hiện nay, thì chúng ta hiện đang là dạng sống duy nhất được biết đến trong Hệ Mặt trời. Bốn hành tinh khí khổng lồ không thể cho sự sống trú ngụ, bởi vì chúng không có bề mặt cứng. Trong số bốn hành tinh giống Trái đất - tức những hành tinh có một mặt đất đá - thì chỉ duy nhất Trái đất là thai nghén sự sống có trí tuệ. Thủy tinh, hành tinh gần Mặt trời nhất, không có khí quyển; với nhiệt độ lên tới  $400^{\circ}\text{C}$  ban ngày và  $-170^{\circ}\text{C}$  ban đêm, nó thực sự không thuận lợi cho sự sống. Các điều kiện trên Kim tinh còn ít hứa hẹn cho sự sống hơn nữa: khí quyển của nó, khoảng chín mươi lần nặng hơn khí quyển của chúng ta và chứa 96% là khí cacbonic, sinh ra một hiệu ứng nhà kính kinh hoàng đưa nhiệt độ ở bề mặt Kim tinh lên tới khoảng  $460^{\circ}\text{C}$ , tức hơn bốn lần nhiệt độ sôi của nước.

Còn Hỏa tinh? Các giấc mơ và huyền tưởng của con người về chuyện người trên Hỏa tinh đã từng xây dựng các hệ kênh mương phức tạp trên bề mặt của hành tinh này và đang chuẩn bị xâm chiếm

Trái đất yêu quý của chúng ta, đã tiêu tan ngay khi những hình ảnh đầu tiên được các tàu thăm dò không gian truyền về chúng tỏ một bề mặt Hòa tinh có màu gỉ sắt, sa mạc, khô cằn, hoàn toàn không có sự sống có trí tuệ. Tuy vậy, ngày nay Hoa tinh vẫn còn là địa điểm tràn đầy hy vọng sẽ tìm thấy sự sống ngoài Trái đất ở trạng thái vi sinh vật. Vì người ta nghĩ rằng nước ở đó đã từng chảy thành dòng trong quá khứ. Các lòng sông bị cạn kiệt, các vết tích của lũ lụt và rì nước gợi ý với chúng ta điều đó. Các robot hiện tại và tương lai sẽ đào xới mặt đất và các chòm cực của Hoa tinh để tìm kiếm các vi sinh vật ấy.

Nếu các trí tuệ ngoài Trái đất vẫn vắng bóng một cách vô vọng trong Hệ Mặt trời, thì liệu nó có tồn tại đâu đó trong mệnh mệnh của Ngân Hà không? Và, nếu có, liệu chúng ta có thể giao tiếp được với chúng không? Vì các định luật vật lý, hóa học và sinh học là phổ quát nên quả là sẽ rất ngạc nhiên khi chúng ta là duy nhất trong thiên hà, nếu không có ở đâu đó các sinh vật khác có khả năng tự đặt cho mình những câu hỏi về vũ trụ và thần phục trước vẻ đẹp và sự hài hòa của nó. Một tính toán nhỏ được nhà thiên văn người Mỹ Frank Drake (sinh năm 1930) đưa ra cho phép ước lượng số các nền văn minh công nghệ mà chúng ta có thể trao đổi các thông điệp radio. Ngân Hà của chúng ta chứa 100 tỷ ngôi sao, nếu mỗi sao lại được hộ tống bởi một đoàn các hành tinh, thì sẽ có 100 tỷ hệ hành tinh; nếu mỗi hệ hành tinh chứa trung bình 10 hành tinh (Hệ Mặt trời của chúng ta có 9 hành tinh), thì sẽ tồn tại 1.000 tỷ hành tinh trong thiên hà của chúng ta.



Tất nhiên, không phải hành tinh nào cũng có khả năng cuu mang sự sống. Cần phải đáp ứng được một loạt các điều kiện trước khi có thể đóng một vai trò như thế. Sự sống như chúng ta biết đòi hỏi sự vừa phải và dịu dàng (rất nhiều quan niệm của chúng ta về những sinh vật ngoài Trái đất đều toát lên một hơi hướng nhân hình học vì, cho tới khi một trật tự mới được thiết lập, chúng ta vẫn chỉ biết một dạng sống thông minh duy nhất, đó chính là chúng ta. Tuy nhiên, việc phát hiện ra các sinh vật ưa các điều kiện cực hạn (xem mục từ này) đã mở rộng đáng kể quan niệm của chúng ta về sự sống). Một hành tinh mà ở đó sự sống thông minh có thể xuất hiện và nay nó, không thể quá nóng cũng như quá lạnh, và như vậy không quá gần cũng không quá xa ngôi sao mẹ của nó. Nó phải nằm trong một vùng có thể “ở được” xung quanh ngôi sao, sao cho nhiệt độ ở bề mặt của một hành tinh có khối lượng và cấu tạo giống như Trái đất phải từ  $0^{\circ}\text{C}$  đến  $100^{\circ}\text{C}$ . Nước ở đó phải ở thể lỏng (các định kiến của chúng ta liên quan đến nguồn gốc của sự sống trên Trái đất ở đây là rất rõ ràng!). Trong số chín hành tinh của Hệ Mặt trời, chỉ riêng Trái đất hội đủ những điều kiện này. Như vậy người ta có thể giả định rằng trung bình, khoảng 1/10 số hành tinh là có thể “ở được”.

Ngôi sao còn phải không quá nặng cũng như không quá nhẹ. Các sao nặng và sáng tiêu thụ hết nhiên liệu sau vài triệu, hay kể ca vài chục triệu năm: quá ngắn để sự sống có thể hình thành và phát triển. Ngược lại, một ngôi sao quá nhẹ và qua mờ sẽ không có đủ năng lượng để đánh thức và duy trì sự sống. Các sao lý tưởng cho sự sống phải có khối lượng bằng một nửa hoặc bằng khối lượng Mặt trời. Chúng chiếm khoảng một phần năm dân số sao trong Ngân Hà.

Một điều kiện khác: sao mẹ không được sống cặp đôi với một ngôi sao khác trong một “sao đôi”. Quỹ đạo của các hành tinh bên trong một sao đôi nhìn chung không ổn định; những hành tinh như thế sẽ chịu rất nhiều thay đổi về khí hậu hoặc bị đẩy vào không gian giữa các vì sao, điều này không thuận lợi cho sự sống! Các sao “độc thân” có quỹ đạo các hành tinh ổn định chiếm khoảng một phần ba dân số sao của Ngân Hà.

Cũng phải loại bỏ tất cả các hệ hành tinh có các hành tinh khí ở quá gần ngôi sao mẹ, điều này có thể dẫn đến hậu quả là các hành tinh nhỏ và rắn có khả năng cho sự sống trú ngụ sẽ bị tương tác hấp



dẫn đây ra ngoài hệ. Gần như tất cả các hành tinh ngoài Hệ Mặt trời được phát hiện cho tới nay đều thuộc loại này. Người ta đã có thể xác lập tỷ lệ của những hành tinh này: khoảng 1/10 dân số của các hệ hành tinh. Như vậy người ta cho rằng 9/10 các hệ hành tinh còn lại chứa các hành tinh giống như Trái đất ở gần một Mặt trời, giống như hệ hành tinh chúng ta.

Nếu tính đến tất cả các điều kiện nói trên, thì dân số các sao có khả năng cho sự sống trú ngụ chỉ còn là  $1/10 \times 1/5 \times 1/3 \times 9/10$ , tức là khoảng 1/150. Như vậy sẽ có khoảng 10 tỷ hành tinh có thể "sống được" trong Ngân Hà. Vì số lượng các hành tinh ban đầu lớn tới mức ngay cả khi người ta áp đặt đủ tất cả các loại điều kiện để chúng thuận lợi cho sự sống, thì số hành tinh còn lại cuối cùng vẫn lớn... một cách kinh khủng!

Nếu một vũ trụ thai nghén sự sống và ý thức, thì như vậy đã phải tồn tại 10 tỷ trí tuệ ngoài Trái đất tiềm tàng kể từ khi Ngân Hà ra đời, cách đây 10 tỷ năm. Điều này có nghĩa là trung bình có một nền văn minh ngoài Trái đất trên mỗi năm tồn tại của Ngân Hà.

Nhưng điều mà chúng ta muốn không phải là ước lượng tổng số các nền văn minh ngoài Trái đất trong Ngân Hà, mà là số các nền văn minh đã phát triển được những kỹ thuật đủ tiên tiến để có thể liên lạc với chúng ta. Trên thực tế, không thể trao đổi thông tin với các hành tinh ở đó sự tiến hóa mới chỉ đạt đến cấp độ vi khuẩn, hay thậm chí người Neandertal. Số các nền văn minh công nghệ tồn tại ở một thời điểm nhất định trong Ngân Hà phụ thuộc vào hai nhân tố: thời gian mà một nền văn minh cần phải có để đạt đến trình độ công nghệ, và, một khi đã có được một công nghệ, thời gian tồn tại của nền văn minh này. Thời gian sống sẽ là dài nếu nền văn minh đủ thông thái và không tự tiêu hủy mình, nhưng nó có thể sẽ là ngắn nếu, chẳng hạn, nó không những không tồn trọng mà ngược lại còn phá hủy sự cân bằng hệ sinh quyển của nó.

Cho tới khi có một trật tự mới thì chúng ta vẫn cứ tiếp tục là loài thông minh duy nhất được biết đã bước vào kỷ nguyên công nghệ. Con người mới tiếp cận kỷ nguyên công nghệ cách đây chưa đến 200 năm, chúng ta đã gây nguy hiểm cho các loài sinh vật khác và cho hành tinh của chúng ta bởi sự vô ý thức, thói ích kỷ và tham lam. Điều này không cho phép ta dự đoán được tuổi thọ của loài người

kéo dài bao lâu. Nhưng chúng ta hãy tin một cách có lý trí vào tương lai và hãy nhân lên 10 lần thời gian nói trên. Nếu tuổi thọ trung bình của một nền văn minh công nghệ là 2.000 năm, thì như vậy người ta ước tính sẽ có 2.000 nền văn minh công nghệ nằm rải rác trong Ngân Hà. Theo tính toán của Frank Drake, số các nền văn minh công nghệ trong Ngân Hà bằng tuổi thọ (tính theo năm) của các nền văn minh đó. Chúng ta hãy thử lạc quan tếu và giả định rằng các xã hội công nghệ co đủ thông thái để tồn tại được một triệu năm (ở đây chúng ta không tính các thảm họa tự nhiên như cú va chạm chết người của một tiểu hành tinh): như vậy sẽ có khoảng một triệu nền văn minh ngoài Trái đất trong Ngân Hà mà chúng ta có thể giao tiếp.

Bạn thừa hiểu, kiểu ước lượng này thuộc loại không gì thiếu chắc chắn hơn, vì nó chứa đầy các chữ “nếu”, tất cả đều ít nhiều có thể chấp nhận được: nếu mỗi một ngôi sao chứa một bầu đoàn các hành tinh, nếu một trên mười hành tinh trong mỗi hệ hành tinh chứa các điều kiện thuận lợi cho sự sống, nếu một nền văn minh công nghệ kéo dài một triệu năm... Nhưng từ “nếu” bấp bênh nhất chắc chắn là giả thiết cho rằng vũ trụ thai nghén sự sống và ý thức, rằng sự sống chắc chắn sẽ được đánh thức trên mọi hành tinh và rằng ở đó nó sẽ trở nên có ý thức nếu có các hoàn cảnh thuận lợi.

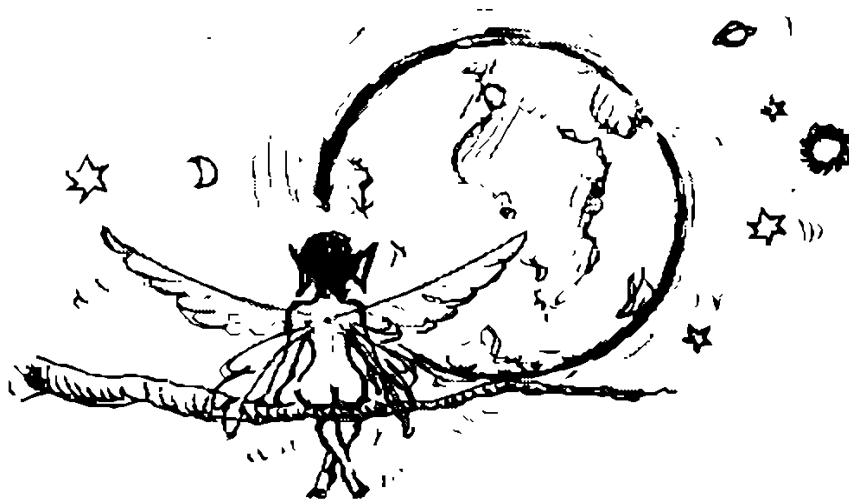
Một số nhà sinh học, như Stephen Jay Gould người Mỹ (1941-2002) hay Richard Dawkins người Anh (sinh năm 1941), hoàn toàn không tán thành ý kiến này. Họ cho rằng sự sống trên Trái đất là kết quả của cả một chuỗi các ngẫu nhiên cực kỳ không chắc chắn. Sự không chắc chắn này lớn tới mức sự thần kỳ của sự sống đã chỉ có thể xảy ra một lần duy nhất trong toàn bộ lịch sử của vũ trụ, thông qua ngẫu nhiên lớn nhất trong các ngẫu nhiên, và trên hành tinh của chúng ta. Có thể sẽ không có lần thứ hai. Theo Gould, nếu người ta quay ngược bộ phim các sự kiện và để nó tự diễn ra lại, thì có lẽ sẽ không có ếch nhái, cũng chẳng có chim họa mi, cá heo hay con người. Con người không phải là hiện thân của các nguyên lý chung của tự nhiên, mà chỉ đơn giản là một chi tiết của một lịch sử, mà nó rất có thể đã không xảy ra. Trên con đường dài và ngoằn ngoèo của quá trình tiến hóa, ban đầu con người có rất ít cơ may<sup>30</sup>. Bởi vì sự sống dựa trên

<sup>30</sup> Xem Stephan J. Gould, *Sự sống tươi đẹp: những bất ngờ của tiến hóa*, Le Seuil, 1991.

một điều rất không chắc chắn, nên tất cả các hành tinh khác đều phải không có sự sống và trí tuệ, và chúng ta là duy nhất trong vũ trụ. Đó là luận đề về sự cô đơn vũ trụ.

Tôi không tán thành luận đề này. Theo tôi, sự sống không phải là kết quả của ngẫu nhiên thuần túy, mà là một ngẫu nhiên được kiểm soát. Sự sống đã đột sinh sau một chuỗi các sự kiện ngẫu nhiên, hãn hãn thế rồi, nhưng tuân theo các ràng buộc. Cái ngẫu nhiên bị kiểm soát này làm cho chúng ta có lẽ không phải là những người duy nhất, trong mệnh mông bao la của vũ trụ, để thần phục vẻ đẹp và sự tổ chức của nó.

Tuy vậy có một lập luận ủng hộ những người theo luận đề về sự cô đơn của chúng ta trong vũ trụ. Lập luận này được nhà vật lý người Italia Enrico Fermi (1901-1954) đưa ra từ cách đây nhiều thập kỷ. Ông tóm tắt một cách ngắn gọn quan điểm của mình trong một câu nổi tiếng dưới cái tên "nghịch lý Fermi": "Nếu các sinh vật ngoài Trái đất tồn tại, thì chúng đã có mặt ở đây rồi". Lập luận của ông rất đơn giản: vì Trái đất trẻ hơn rất nhiều so với vũ trụ (4,5 tỷ năm, so với 14 tỷ năm), nên các nền văn minh công nghệ ngoài Trái đất có thể đã phát triển cách đây nhiều tỷ năm đã có đầy đủ thời gian để xâm chiếm toàn bộ Ngân Hà, kể cả hành tinh xanh yêu quý của chúng ta. Vậy mà, không có bất kỳ dấu hiệu đáng tin cậy nào chứng tỏ các sinh vật ngoài Trái đất đã ở giữa chúng ta, hoặc chúng đã đến thăm chúng ta trong quá khứ. Kết luận: không có các sinh vật ngoài Trái đất và chúng ta chắc chắn là những người duy nhất trong vũ trụ.



Theo một phác họa của P. Mougérou

Lập luận của Fermi dựa trên giả thiết rằng chiếm toàn bộ Ngân Hà làm thuộc địa của mình là chuyện tương đối dễ đối với một nền văn minh công nghệ. Nhưng làm thế nào để thực hiện điều đó? Theo cách mà những nha hàng hải Polynésie đã chinh phục các đảo trên Thái Bình Dương: bằng cách tiến từ một đảo này sang một đảo khác. Những người ngoài Trái đất sẽ chinh phục không gian bằng cách tiến từ hành tinh này sang hành tinh khác. Họ sẽ đáp xuống một hành tinh đầu tiên, chiếm nó làm thuộc địa, và, sau nhiều thế hệ, khi dân số đã đạt đến một số tối hạn, họ sẽ gửi một đoàn viễn chinh mới đến một hành tinh thứ hai, và cứ như vậy tiếp tục. Vậy thì cần phải mất bao nhiêu thời gian để chinh phục toàn bộ thiên hà? Thoạt tiên, người ta nghĩ rằng đó là một nhiệm vụ có vẻ như bất khả thi, có đến cả thiên thu cũng không đủ: không một phi thuyền không gian nào có thể di chuyển nhanh hơn ánh sáng; nghĩa là các phi thuyền không gian chỉ có vận tốc chậm như rùa để vượt qua mệnh mông của Ngân Hà trải trên khoảng 100.000 năm ánh sáng<sup>31</sup>.

Trên thực tế, chinh phục thiên hà sẽ được thực hiện trong một thời gian ngắn, vì số các hành tinh bị chinh phục sẽ tăng lên theo hàm mũ. Giả định rằng cần phải mất khoảng 10.000 năm để đi từ một hành tinh này sang một hành tinh khác, chinh phục nó và, sau nhiều thế hệ, thực hiện một cuộc viễn chinh mới đến một hành tinh mới. 10.000 năm này là khoảng thời gian cần thiết để nhân đôi số các hành tinh bị chinh phục trong Ngân Hà. Ngoài ra, giả định rằng có 10 tỷ hành tinh sống được trong thiên hà của chúng ta. Để chinh phục tất cả, sẽ cần thời gian ngắn... chưa đầy một triệu năm! Ngay cả các nhà thám hiểm không gian rề rà và mất không phải 10.000 năm, mà gấp một trăm lần thế, tức một triệu năm, để phát triển công nghệ cần thiết để đi vào trong các sao, và còn cần thêm một triệu năm nữa để đi từ một hành tinh này sang một hành tinh khác, thì khoảng thời gian để chinh phục toàn bộ Ngân Hà sẽ chỉ là 34 triệu năm, tức chưa đến 1% tuổi của Hệ Mặt trời và chưa đến 0,25% tuổi của vũ trụ: một

<sup>31</sup> Tuy nhiên, người ta có thể tiến gần đến vận tốc ánh sáng, điều này có thể làm giảm đáng kể thời gian hành trình: Einstein trên thực tế đã cho chúng ta biết rằng thời gian chậm đi đáng kể ở các vận tốc gần vận tốc ánh sáng

chuyện nhỏ! Fermi đã có lý: các sinh vật ngoài Trái đất đã có đủ thời gian cần thiết để chế tạo các phi thuyền không gian và đến thăm chúng ta. Vậy họ phải ở ngay giữa chúng ta. Nhưng tại sao họ lại không ở đây?

Nhiều giả thuyết đã được đưa ra để giải thích sự vắng bóng huyền bí này. Chúng ta đã kể ra nguyên nhân đầu tiên: sở dĩ các sinh vật ngoài Trái đất không ở đây, chính là bởi vì chúng thực sự không tồn tại! Chúng ta là dạng tri tuệ duy nhất tồn tại trong vũ trụ. Quan điểm thuộc loại ít bị quan nhất về sự sống trong vũ trụ...

Đối với những người ghét sự cô đơn vũ trụ, một số giả thuyết khác cũng đã được đưa ra.

Đầu tiên, đó là giả thiết "vườn thú người": những sinh vật ngoài Trái đất đã ở đây, nhưng vì chúng ta quá chậm tiến hóa so với họ cả về công nghệ lẫn tinh thần, nên họ hoàn toàn không có mong muốn tiếp xúc với chúng ta, họ chỉ quan sát chúng ta từ xa, giống như những người đi xem vườn thú quan sát những con vật trong lồng.

Một số người khác đánh giá rằng lập luận của Fermi vay mượn các động cơ quá ư con người cho các sinh vật ngoài Trái đất. Có lẽ các sinh vật ngoài Trái đất đã không được phú cho trí tò mò, lòng ham muốn khám phá, chinh phục cũng như tính thực dân như con người? Có thể họ không có mong muốn nhân lên, mở rộng trong không gian, giành giật mọi nơi cư trú khả dĩ? Nhưng lập luận này không mấy thuyết phục vì, để chinh phục toàn bộ Ngân Hà, chỉ cần một nền văn minh công nghệ duy nhất có óc tò mò và thích khám phá trong số hàng nghìn, thậm chí hàng triệu nền văn minh khác sống trong thiên hà của chúng ta.

Cuối cùng một số người khác nghĩ rằng sự chinh phục không gian là quá tốn kém, rằng nó đòi hỏi các nguồn lực quá lớn và những người ngoài Trái đất thích sử dụng các nguồn lực này cho sự phát triển hành tinh của mình hơn là đi chiếm các thế giới khác làm thuộc địa.

*Xem thêm: Sự sống ngoài Trái đất.*

## ***Liên lạc với người ngoài Trái đất***

Đối với các nhà thiên văn học ngày nay, khả năng tiếp xúc với các nền văn minh ngoài Trái đất không còn là khoa học viễn tưởng nữa. Nhiều cố gắng nghiêm túc đã được triển khai nhằm mục đích này. Tuy nhiên, khả năng tới thăm các nền văn minh như thế còn rất xa xôi. Thực tế, hãy giả định rằng mỗi nền văn minh công nghệ nằm trong Ngân Hà có tuổi thọ một triệu năm, tức một trăm lần thời gian mà nền văn minh con người trải qua cho tới nay. Với một tuổi thọ trung bình như thế, người ta ước tính được một triệu nền văn minh công nghệ nằm rải rác trong Ngân Hà (xem: *Sinh vật ngoài Trái đất*). Khoảng cách trung bình giữa các nền văn minh này là 100 năm ánh sáng. Một phi thuyền thăm dò hiện nay sẽ mất khoảng 625.000 năm để vượt qua khoảng cách này, tức khoảng thời gian giữa sự xuất hiện của những người đầu tiên ở châu Âu cho tới con người hiện đại. Hiện nay, các cuộc viễn chinh giữa các vì sao trên một khoảng cách như thế chưa thể thực hiện được hiện nay.

Do không thể thực hiện được các cuộc viễn chinh không gian, nên những người sống trên Trái đất đã phóng nhiều tàu thăm dò đến các ngôi sao, không tới địa chỉ cụ thể nào, nhưng với hy vọng một ngày nào đó chúng sẽ được những người ngoài Trái đất thu nhận. Các con tàu thăm dò này tựa như những chiếc chai chứa các thông điệp được ném vào đại dương vũ trụ mênh mông. Chẳng hạn, con tàu thăm dò *Pioneer 10*, xuất phát từ Trái đất giữa những năm 1970, đã rời Hệ Mặt trời mang theo một tấm khắc hình một người đàn ông và một người đàn bà, cùng với một loại bản đồ thiên văn chỉ rõ vị trí của Hệ Mặt trời trong Ngân Hà. Một số người khi đó phản đối rằng làm như thế thật là bất cần vì để tiết lộ “địa chỉ” của chúng ta cho những người ngoài Trái đất, những người mà chúng ta không hề biết khuynh hướng hòa bình hay tham vọng chinh phục của họ...

Các tàu thăm dò *Voyager*, được phóng năm 1978, cũng sẽ rời Hệ Mặt trời mang theo một chiếc đĩa ghi nhiều âm thanh khác nhau của Trái đất: từ “xin chào” được nói bằng 60 ngôn ngữ, rồi tiếng kêu của cá voi, hay âm nhạc của rất nhiều nền văn hóa - trong số đó có một bản giao hưởng của Beethoven và một bài hát của ban nhạc Beatles. Các tàu thăm dò này di chuyển với vận tốc rùa bò trong mênh mông

vũ trụ. Ngay cả với vận tốc 50 km/s - vận tốc tối đa của các tàu thăm dò hiện nay - thì *Pioneer 10* và *Voyager 1* và 2 sẽ mất khoảng 25 năm mới đến được ngôi sao gần nhất, Proxima thuộc chòm Nhân mã, nằm cách chúng ta 4 năm ánh sáng.

Thay vì các tàu thăm dò không gian di chuyển với vận tốc chậm chạp đáng ghét, tại sao không chọn cách đơn giản hơn là gửi các thông điệp bằng sóng vô tuyến (radio)? Đó là việc làm ít tốn kém hơn nhiều so với việc tổ chức các cuộc viễn chinh hay phóng các tàu thăm dò không gian! Hơn nữa, đó là phương tiện nhanh nhất để liên lạc, vì các sóng radio lan truyền với vận tốc ánh sáng, một vận tốc nhanh nhất có thể trong vũ trụ. Một thông điệp radio sẽ chỉ mất bốn năm để đi đến Proxima thuộc chòm Nhân mã. Thông điệp đầu tiên và cho tới nay là duy nhất của Trái đất gửi tới vũ trụ đã được kính thiên văn vô tuyến lớn nhất thế giới Arecibo, đặt ở Porto Rico, gửi đi năm 1974. Đích đến là đám sao cầu Messier 13, một tập hợp hình cầu gồm 300.000 ngôi sao được gắn với nhau bằng lực hấp dẫn. Người ta hy vọng qua đó hướng đến được một lượng lớn người nghe ngoài Trái đất. Cho tới nay, thông điệp này vẫn đang hướng đến đám sao và sẽ chỉ tới được nó trong vòng 23.000 năm nữa! Ngay cả khi một nền văn minh ngoài Trái đất trong Messier 13 nhanh chóng trả lời chúng ta đi nữa, thì câu trả lời cũng sẽ không thể đến được chúng ta trước 46.000 năm sau! Để đối thoại với nền văn minh công nghệ gần nhất, cần phải mất ít nhất 200 năm, thời gian để gửi một thông điệp và chờ câu trả lời trở lại chúng ta - ấy là với giả định rằng những người đối thoại ngoài Trái đất của chúng ta sẽ trả lời ngay lập tức! Các đối thoại giữa các vì sao sẽ không thể thực hiện trong khoảng thời gian của một đời người, mà trong khoảng thời gian vài chục, thậm chí vài nghìn thế hệ.



Thay vì gửi đi các thông điệp, chúng ta có thể quyết định đóng vai trò thụ động hơn và tự bằng lòng ngồi lắng nghe. Không gian có thể chứa đầy các thông điệp được gửi đi bởi các nền văn minh khác. Nhưng nói thì bao giờ cũng nhanh hơn làm! Dò các tín hiệu ngoài Trái đất còn khó hơn là tìm kim đáy bể, vì chúng ta không biết hướng các kính thiên văn vô tuyến của chúng ta đến đâu, cũng không biết phải nghe trên tần số nào. Tuy nhiên, chúng ta nghĩ rằng đã có những dấu hiệu để hướng kính thiên văn của chúng ta. Chúng ta đã biết rằng, để đánh thức và duy trì sự sống trên một hành tinh, sao mẹ phải không quá nặng, không quá nóng, và không quá sáng. Nó không được quá nhẹ, không được quá lạnh và không được quá mờ. Như vậy người ta sẽ chia các kính thiên văn vô tuyến đến các sao tương tự như Mặt trời, vốn hội đủ tất cả các điều kiện này.

Còn sẽ nghe trên tần số nào? Người ta già định rằng, vì những người ngoài Trái đất là những người giỏi thiên văn và hóa học, nên họ không thể không biết rằng hydro (H) là nguyên tố hóa học dồi dào nhất trong vũ trụ, rằng bằng cách kết hợp với phân tử hydroxyle (OH) nó sẽ tạo thành phân tử nước ( $H_2O$ ), đóng vai trò tiên quyết trong sự thúc tỉnh của sự sống (hay ít nhất là dạng sự sống quen thuộc với chúng ta trên Trái đất); thế mà, cả nguyên tử hydro và phân tử hydroxyle đều tự phát bức xạ radio ở tần số khoảng 1.400 MHz. Như vậy, những người ngoài Trái đất phải dành một sự chú ý đặc biệt với tần số này. Đây là chưa kể ở các tần số trên dưới 1.400 MHz, bức xạ radio của các sao và các đám mây giữa các vì sao (những sóng gây nhiễu khi nghe các tín hiệu ngoài Trái đất) là rất nhỏ và gây nhiễu rất ít. Vì vậy người ta nghĩ rằng dải tần số radio nằm ở quanh 1.400 MHz - giữa 1.000 và 3.000 MHz - là thuận lợi nhất cho các sự liên lạc giữa các vì sao. Bởi vì các tần số giới hạn ở ốc đảo điện từ yên bình này là gần với các tần số của bức xạ của hai bộ phận cấu thành nước, nên người ta gọi nó là "hố nước" và hy vọng rằng các nền văn minh tiên tiến của Ngân Hà đã hoặc sẽ sử dụng nó nếu họ muốn bắt đầu các đối thoại giữa các vì sao.

Như vậy Trái đất bắt đầu lắng nghe bầu trời thông qua một chương trình mang tên SETI (viết tắt của cụm từ tiếng Anh *Search for Extraterrestrial Intelligence* - Tìm kiếm trí tuệ ngoài Trái đất). Nhiều nhóm nghiên cứu đã tham gia vào chương trình này trên



khắp nơi trên thế giới, hướng hàng loạt kính thiên văn vô tuyến về phía hàng nghìn ngôi sao gần nhất tương tự Mặt trời và lắng nghe đồng thời trên hàng triệu, thậm chí hàng tỷ tần số xung quanh 1.400 MHz. Thực ra thì chính các máy tính chịu trách nhiệm “nghe”. Con người chỉ can thiệp khi, trong số các tín hiệu đến, có những tín hiệu vượt ra ngoài thông thường. Cho tới nay, chỉ có toàn những báo động giả: không một tín hiệu khả nghi nào được phát hiện đến từ một trí tuệ ngoài Trái đất; không gian vẫn cảm lạnh một cách đầy thất vọng. Từ đó, chúng ta phai kết luận rằng hoặc là người ngoài Trái đất không tồn tại, và chúng ta là dạng trí tuệ duy nhất trong vũ trụ, hoặc là họ không có bất kỳ mong muốn nào sử dụng các nguồn lực quý giá để gửi các tín hiệu vào không gian và khoe sự hiện diện của mình. Xét cho cùng, nếu chúng ta không sẵn sàng làm điều đó (do không có tiền, đã chẳng có gì được phóng đi từ Trái đất nữa sau năm 1974, ngày mà thông điệp được phóng lên đám sao cầu Messier 13), thì tại sao những nền văn minh công nghệ khác lại làm điều đó?

Tuy nhiên, ngay cả khi chúng ta không tự nguyện phóng đi các tín hiệu radio vào không gian, thì cũng không thể ngăn các sóng phát ra bởi vô số các đài phát thanh và truyền hình trên Trái đất - các sóng truyền các chương trình mà chúng ta yêu thích - thoát ra khỏi hành tinh của chúng ta. Nếu những người ngoài Trái đất đang “nghe” Trái đất, họ sẽ nhận thấy rằng Trái đất phát ra nhiều năng lượng dưới dạng các sóng radio hơn cả Mặt trời (nguồn gốc của các sóng radio Mặt trời là tự nhiên, do sự bức xạ của các electron bị cầm tù trong từ trường của ngôi sao chúng ta). Họ sẽ phát hiện ra các “chớp sáng” radio phát đi từ Trái đất ở tất cả các giờ. Các chớp radio này đến từ vô số các đài phát thanh FM (các đài AM không liên quan, vì các sóng radio AM bị cầm tù dưới một lớp khí quyển được gọi là “tầng điện ly” và không thể thoát ra không gian được) và đài truyền hình của các vùng phát triển trên địa cầu. Chuyển động quay của Trái đất đặt chúng nối tiếp nhau vào đường ngắm của các kính thiên văn, nếu có, của những người ngoài Trái đất. Chẳng hạn, trong mỗi vòng quay của hành tinh của chúng ta quanh mình nó, sẽ có trước hết các chớp radio ở bờ Đông của Bắc Mỹ, rồi đến bờ Tây, rồi đến của Nhật và Australia, và cuối cùng là Tây Âu.

Các chương trình truyền thanh và truyền hình của chúng ta đã được phát và lan truyền trong không gian từ khoảng 65 năm nay. Có khoảng một nghìn ngôi sao nằm trong mặt cầu bán kính 65 năm ánh sáng, có tâm là Trái đất. Nếu tồn tại một nền văn minh công nghệ ngoài Trái đất ở trên một hành tinh nằm gần một ngôi sao trong mặt cầu này, thì nó sẽ có thể nhìn thấy nổi tiếp nhau theo thời gian lần lượt tất cả các hình ảnh của nhân loại từ Đại chiến thế giới II, năm nguyên tử ở Hiroshima, bước chân đầu tiên của con người trên Mặt trăng, cho đến cuộc chiến tranh Irac. Khá ngược đời là Trái đất đã trở nên yên lặng kể từ khi phát minh ra cáp, cách đây hơn chục năm, bởi vì các sóng radio được truyền bởi cáp không còn thoát ra được ngoài không gian nữa. Vì vậy người ta cũng có thể nghĩ rằng các nền văn minh ngoài Trái đất tiên tiến nhất cũng có thể là những nền văn minh im lặng nhất...

Bất chấp sự im lặng như tờ này, cuộc tìm kiếm vẫn đang tiếp tục. Các nhà nghiên cứu đã không mệt mỏi hướng kính thiên văn của mình đến các ngôi sao mới. Họ liên tục dò tìm các tần số nghe mới, bởi vì chẳng có lý do gì mà các sóng truyền thanh và truyền hình của những người ngoài Trái đất lại chỉ phát ở các tần số gần với tần số của "hồ nước".

Ăn chơi phải tốn kém. Ngay mà sự im lặng vũ trụ cuối cùng bị phá vỡ sẽ đánh dấu một sự đảo lộn lớn trong lịch sử của nhân loại. Niềm tin chắc chắn rằng chúng ta không phải là đơn độc sẽ khẳng định rằng vũ trụ thai nghén sự sống và ý thức. Sự tiếp xúc với một trí tuệ khác sẽ giúp chúng ta lĩnh hội rõ hơn điều làm nên sự chuyên biệt của con người. Chúng ta sẽ cảm thấy đỡ cô đơn, vì khi đó chúng ta khi đó biết rằng ở đâu đó cũng có các sinh vật khác có khả năng thần phục vẻ đẹp và sự hài hòa của thế giới như chúng ta.

### *Người ngoài Trái đất và Chúa*

Sự tồn tại của các nền văn minh ngoài Trái đất làm nổi lên nhiều vấn đề về thần học rất thú vị, liên quan chủ yếu đến Cơ đốc giáo. Theo Cơ đốc giáo, chúng ta đã thừa hưởng "tội tổ tông" của Adam và Eva. Một chủng tộc ngoài Trái đất phát triển độc lập trên một hành

tinh khác sẽ không có di sản này: phải chăng họ sẽ chẳng phải chịu một tội lỗi nao? Mặt khác, Chúa đã gửi con trai của mình là Jésus-Christ xuống Trái đất để cứu rỗi loài người. Liệu có không vô số các Jésus-Christ ngoài Trái đất tới thăm mỗi một hành tinh cho trú ngụ sự sống để cứu rỗi các sinh vật phát triển ở đó? Các câu hỏi thoát tiên có vẻ phi lý đó, nhưng các nhà thần học sẽ phải đương đầu nếu, ngày mai, chúng ta tiếp xúc được với một nền văn minh ngoài Trái đất. Đối với các truyền thống tâm linh vô thần, như Phật giáo, thì những câu hỏi như thế hiển nhiên sẽ không được đặt ra.

Triết gia người Italia Giordano Bruno (1548-1600) đã từng nêu lên các câu hỏi này khi đưa ra quan điểm về một vũ trụ vô hạn, cắt đứt với quan niệm theo Aristotle về một vũ trụ khép kín và ca tụng một chủ nghĩa nhân đạo phiếm thần. Vũ trụ vô hạn này có thể chứa một số vô hạn các thế giới được ở bởi một số vô hạn các dạng sự sống, tất cả đều ngợi ca vinh quang của Chúa. Nhưng Nhà thờ, thay vì cố gắng giải quyết vấn đề này, đã chọn cách huộc Giordano Bruno phải im lặng và kết tội ông phai chết trên giàn hỏa thiêu!

## Sinh vật ưa nhiệt

*Xem:* Những sinh vật ưa các điều kiện cực hạn

## Sóng hấp dẫn

Hãy ném một hòn đá xuống ao. Các sóng sẽ xuất hiện dưới dạng các vòng tròn lan truyền trong nước từ chỗ hòn đá rơi xuống, cho tới khi choán toàn bộ mặt nước. Giờ chúng ta hãy xét một cặp đôi tượng rất nặng, tức là lực hấp dẫn tác dụng lên chúng rất lớn, chẳng hạn như hai lỗ đen (*xem mục từ này*) quay quanh nhau. Các phương trình của thuyết Tương đối rộng của Einstein nói với chúng ta rằng trong vũ điệu kinh hoàng của chúng, các lỗ đen, tức các hõm sâu trong kết cấu không-thời gian, cũng sinh ra các sóng lan truyền ra phía ngoài. Những sóng này giống như các sóng mà chúng ta thấy trên mặt ao, nhưng, thay vì là những đỉnh và hõm trên mặt nước, trong trường

hợp này, đó là các đỉnh và hõm trong độ cong của không gian cong, do lực hấp dẫn của các lỗ đen sinh ra. Các sóng trong độ cong của không gian này được gọi là các “sóng hấp dẫn”.

Vậy các biến dạng của không gian do lực hấp dẫn của một vật nặng gây ra lan truyền với vận tốc nào? Phải mất bao nhiêu thời gian để ảnh hưởng hấp dẫn của một lỗ đen mới trở nên cảm nhận được và không gian xung quanh sẽ trở nên cong?

Einstein đã tính toán được vận tốc lan truyền của các sóng hấp dẫn qua không gian. Câu trả lời qua là tuyệt vời: vận tốc này đúng bằng vận tốc của ánh sáng! Nói cách khác, nếu có một bàn tay khổng lồ thỉnh thoảng nhấc Mặt trăng đi chỗ khác thì, do không phải chịu lực hút hấp dẫn của vệ tinh này nữa, chúng ta sẽ thấy thủy triều trên các đại dương của Trái đất sẽ biến mất sau 1,3 giây, thời gian để các biến dạng hình học của không gian do Mặt trăng gây ra phải mất để vượt qua khoảng cách 384.000 km giữa Mặt trăng và Trái đất. Thời gian này đúng bằng thời gian ánh sáng đi từ Mặt trăng tới Trái đất. Nói cách khác, thủy triều sẽ biến mất vào đúng lúc chúng ta nhận thấy Mặt trăng không còn trên bầu trời nữa, điều này thật là logic và nhất quán.

Tình trạng này là phù hợp với tinh thần của lý thuyết Einstein hơn là lý thuyết của Newton. Theo Newton, sự lan truyền của lực hấp dẫn của Trái đất tới Mặt trăng là tức thì, vì vận tốc lan truyền của nó là vô hạn. Trong trường hợp đó, thủy triều sẽ biến mất 1,3 giây trước khi ta nhìn thấy Mặt trăng biến mất, vì thông tin cho biết vệ tinh của chúng ta đã biến mất lan truyền không phải với vận tốc vô hạn, như vận tốc của lực hấp dẫn, mà với vận tốc ánh sáng. Như vậy, trong lý thuyết của Newton, kết quả biến mất trước cả nguyên nhân, một điều thật không có gì kỳ lạ hơn!

Nói chung, một vật chuyển động không đều, tức là có gia tốc, đều gây ra sóng hấp dẫn. Chẳng hạn, một cặp các đối tượng bị nén chặt (*compact*), như các sao lùn trắng, các sao neutron hay pulsar, hay các lỗ đen (xem các mục từ này), nháy múa quanh nhau là một nguồn mạnh của các sóng hấp dẫn. Khi lan truyền ra ngoài, các sóng này lấy cắp động năng của cặp đối tượng nói trên, làm cho chúng rơi vào nhau theo hình xoắn ốc trong một chuyển động quay tăng tốc cho tới khi đạt tới vận tốc ánh sáng. Hai đối tượng này sẽ ngày càng sáp gần

nhau để hợp nhất làm một, sự kiện được báo hiệu bởi sự phát ra các sóng hấp dẫn mới.

Ví dụ, hai nhà vật lý người Mỹ là Joseph Jaylor (sinh năm 1941) và Russel Hulse (sinh năm 1950) đã theo dõi bằng kính thiên văn vô tuyến khổng lồ Arecibo trong suốt nhiều thập kỷ vũ điệu điên cuồng của hai pulsar - một pulsar là sao neutron quay rất nhanh và mỗi vòng có một chùm sáng radio quét qua Trái đất - và hai pulsar này rơi về phía nhau. Họ đã chứng minh được rằng hành trạng của cặp pulsar này chính xác như thể chúng phát ra các sóng hấp dẫn với một lượng đúng như thuyết Tương đối dự báo. Nhờ phát hiện này mà họ đã được trao giải Nobel Vật lý năm 1993.

Một nguồn sóng hấp dẫn khác là vũ trụ khởi thủy. Thuyết Tương đối rộng cho rằng, trong những phân giây đầu tiên của vũ trụ, rất nhiều sóng hấp dẫn đã được sinh ra choán toàn vũ trụ. Dò được những sóng này sẽ cho phép chúng ta lần ngược lại thời gian về lúc vũ trụ ra đời.

Trên Trái đất, các sóng hấp dẫn đến với chúng ta như những âm thanh của một giai điệu rất xa. Cũng giống như các sóng âm mang các nốt nhạc tới tai chúng ta để chúng ta có thể thưởng thức một bản giao hưởng của Beethoven, các sóng hấp dẫn cung cấp cho chúng ta những thông tin quý báu về cuộc sống của các đối tượng *compact*. Nếu một ngày nào đó chúng ta có thể bắt được các sóng này, thì chúng sẽ mang lại cho chúng ta nhiều điều thú vị, chẳng hạn như lịch sử của các lỗ đen. Do không tương tác với vật chất giữa các vì sao, nên các sóng hấp dẫn không bị hấp thụ, cũng không bị biến dạng, và có thể mang lại cho chúng ta những thông tin mới nguyên vẹn về các vùng ở rất gần bán kính không thể quay lui (hay chân trời) của các lỗ đen. Nhờ thông tin cho chúng ta về những biến dạng của không-thời gian, nên các sóng hấp dẫn đóng một vai trò bổ sung cho các sóng ánh sáng (cũng tức là sóng điện từ) vốn cung cấp cho chúng ta các thông tin về các tính chất của vật chất ở xung quanh các lỗ đen, như nhiệt độ hay mật độ của khí giữa các vì sao, hay cường độ của từ trường. Các sóng hấp dẫn kể cho chúng ta rất nhiều chi tiết về khối lượng của các lỗ đen, về chuyển động quay cũng như hình dạng quỹ đạo của chúng, hay các diễn biến trong sự hợp nhất của chúng và các dao động của không-thời gian bắt nguồn từ đó.

Vậy thì làm thế nào có thể bắt được và giải mã các sóng hấp dẫn? Vấn đề quả là rất hóc búa, vì các đối tượng *compact* có khối lượng lớn sinh ra các sóng hấp dẫn không ở trong tầm tay chúng ta, mà ở rất xa trong không gian. Chẳng hạn, các cặp lỗ đen có khối lượng bằng hàng chục lần Mặt trời nằm rải rác trong Ngân Hà ở cách xa chúng ta hàng chục, thậm chí hàng nghìn năm ánh sáng. Còn về các lỗ đen siêu nặng cỡ vài tỷ Mặt trời lang vang bên trong các quasar, thì người ta chỉ thấy chúng ở cách hàng triệu, thậm chí hàng tỷ năm ánh sáng. Cũng giống như âm thanh của một dàn nhạc yếu dần theo mức độ người ta đi ra xa nó, các sóng hấp dẫn cũng sẽ yếu đi về cường độ khi các lỗ đen này càng ở xa chúng ta: cường độ của các sóng không-thời gian tỷ lệ nghịch với khoảng cách của các lỗ đen. Bạn ở cách xa mười lần, thì bạn sẽ thấy cường độ yếu đi mười lần.

Các nhà vật lý đã xoay xò mọi cách để chế tạo ra các dụng cụ đủ nhạy để bắt các sóng hấp dẫn này. Joseph Weber người Anh (1919-2000) là người đầu tiên tìm cách chế tạo một máy dò sóng hấp dẫn bằng cách sử dụng một khối trụ lớn bằng nhôm dài 2 m và đường kính 0,5 m, nặng cả thảy một tấn. Ý tưởng của ông như sau: khối nhôm có một tần sóng dao động riêng, giống như một chiếc ly dùng để uống sâm panh cũng có tần số rung riêng của nó. Hãy gõ nhẹ nhưng dứt khoát vào cái ly này, bạn sẽ luôn nghe thấy một âm thanh trong như pha lê của nó. Tương tự, khi các sóng hấp dẫn đi xuyên qua máy dò, khối nhôm sẽ bắt đầu dao động. Khi đó chỉ cần đo các dao động của khối này là các sóng hấp dẫn sẽ kể cho chúng ta thông điệp mà chúng mang theo. Nhưng nói thì bao giờ cũng nhanh hơn làm! Bởi vì khối nhôm chỉ dài có hai mét, tức nhỏ hơn đường kính của Trái đất khoảng 6 triệu lần, nên mỗi dao động của khối sẽ yếu hơn sự dâng lên của nước ở đại dương gây bởi các sóng hấp dẫn sáu triệu lần. Ngay cả với các nguồn sóng hấp dẫn gần nhất và mạnh nhất, thì biên độ của một dao động cũng chỉ bằng khoảng  $10^{-18}$  cm, tức bằng một phần trăm nghìn kích thước của một proton! Một thách thức kỹ thuật thật là khủng khiếp!

Ngoài ra còn có vấn đề cách ly khối nhôm khỏi mọi nguồn dao động ở Trái đất có thể gây ra nhiễu tạp: các dao động gây bởi các sóng địa chấn, bởi ô tô hay tàu hỏa chạy qua, bởi cây đổ, hay thậm chí bởi sóng vô vào bờ biển ở cách xa hàng trăm kilomet. Với chiếc khối

trụ của mình, Weber đã đo được các dao động có biên độ cỡ  $10^{-12}$  cm, tức là chỉ bằng mười lần kích thước của một proton. Nhưng, bất chấp một kỹ tích kỹ thuật như thế, kết quả này vẫn còn là quá lớn, lớn gấp hàng trăm nghìn lần, để dò được các sóng hấp dẫn phát ra, chẳng hạn, từ sự hợp nhất của hai lỗ đen có khối lượng bằng mười khối lượng Mặt trời nằm ở khoảng cách một tỷ năm ánh sáng.

Đứng trước các khó khăn này, các nhà vật lý đã hướng đến một loại máy dò khác: đó là giao thoa kế laser. Các đầu của một máy dò như thế ở cách nhau không phải hai mét, mà nhiều kilomet, nghĩa là họ có thể dò các sóng hấp dẫn có biên độ yếu hơn hàng nghìn lần khối nhôm của Weber. Máy dò bao gồm ba trọng vật đặt ở mỗi điểm mút và ở đỉnh góc vuông của chữ "L" không lồ, mỗi nhánh của chữ "L" này dài nhiều kilomet. Một sóng hấp dẫn đến sẽ làm thay đổi rất nhỏ khoảng cách giữa các trọng vật, nghĩa là làm thay đổi chiều dài mỗi nhánh của chữ "L": một trong hai nhánh sẽ co lại trong khi nhánh kia, theo hướng vuông góc, sẽ dài ra. Các thay đổi vô cùng nhỏ về chiều dài này - chỉ cỡ  $10^{-12}$  cm, tức là chỉ một phần trăm kích thước của một proton - được theo dõi một cách tỉ mỉ nhờ một hệ thống các tia laser đi về dọc theo mỗi nhánh, được phản xạ bởi các gương đặt ở mỗi điểm mút. Nếu một trong hai nhánh của chữ "L" dài ra và nhánh kia co lại, thì tia laser đầu tiên mất nhiều thời gian hơn để thực hiện chuyến khứ-hối so với tia thứ hai. Hai tia laser như vậy sẽ lệch pha nhau. Các tia này được kết hợp lại trong một máy gọi là "giao thoa kế" để đo độ lệch pha của chúng. Và chính các độ lệch pha này cho chúng ta biết tính chất của các sóng hấp dẫn và các nguồn vũ trụ đã sinh ra chúng.

Máy dò tinh xảo nhất cho tới nay có tên là *LIGO*, viết tắt của từ *Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory*, nghĩa là "Đài quan sát các sóng hấp dẫn bằng giao thoa kế laser". *LIGO* được cấu tạo gồm ba giao thoa kế, một đặt ở Livingston, bang Louisiana, và hai cái còn lại đặt ở Hanford, bang Washington. Các giao thoa kế này cách nhau về mặt địa lý là cần thiết để đảm bảo rằng các sóng hấp dẫn chắc chắn đến từ vũ trụ. Trong trường hợp này, cả ba giao thoa kế sẽ dò chúng đồng thời. Ngược lại, nếu đó chỉ là một nhiễu động địa phương, như một đoàn tàu đi qua chẳng hạn, thì chỉ có một giao thoa kế là "nhảy cảm" với nó.

Các máy dò khác cũng đã được lên kế hoạch và đang được chế tạo (*VIRGO*, *GEO*, *TAMA*). mục tiêu của chúng là đẩy các giới hạn dò tới các sóng hấp dẫn có biên độ nhỏ hơn một trăm lần. Các máy dò này có thể phát hiện được các thay đổi chiều dài cỡ  $10^{-17}$  cm, tức một phần mười nghìn kích thước của một proton.

Nhưng tất cả các quan sát được thực hiện bởi các máy dò đặt trên mặt đất đều bị hạn chế, như chúng ta thấy, bởi các nhiễu tạp như động đất hay chuyển động của một chiếc ô tô. Để khắc phục khó khăn đó, một giải pháp là đưa chúng lên trên không gian. Một hệ thống giao thoa kế không gian có tên là *LISA* (viết tắt của *Laser Interferometer Space Antenna*, nghĩa là "Ăngten không gian dùng các giao thoa kế laser") đang được nghiên cứu ở *NASA*. Nguyên lý của *LISA* cũng giống như nguyên lý của các giao thoa kế laser đặt trên mặt đất: các khối, lần này đặt cách nhau không phải vài kilomet, mà 5 triệu kilomet! Các trọng vật được đặt trên các vệ tinh không gian riêng nhưng được kết nối với nhau bằng các chùm laser. Tuy nhiên, ngay cả không gian cũng không loại trừ hoàn toàn được các nguồn nhiễu tạp: sẽ phải rất chú ý đến các nhiễu tạp gây bởi các tia vũ trụ hay gió Mặt trời.

Các nhà vật lý thiên văn đang nóng lòng chờ đợi thời điểm lần đầu tiên dò được trực tiếp sóng hấp dẫn. Một sự kiện như thế sẽ mở ra một kỷ nguyên mới trong thăm dò vũ trụ. Các nhà vật lý thiên văn cuối cùng sẽ có thể được chứng kiến, như thế họ có mặt tại hiện trường, sự gặp gỡ và hợp nhất của các lỗ đen và các sao neutron, sự hình thành của các lỗ đen siêu nặng cung cấp lửa cho các quasar, cũng như sự ra đời của chính vũ trụ.

## Stonehenge

Sự giao tiếp với trời và nỗi lo lắng mà nó gây ra đã thôi thúc người cổ đại xây dựng từ rất sớm các đài thiên văn dành để đánh dấu sự chuyển mùa. Một trong các ví dụ ấn tượng nhất là quần



thể các khối đá lớn ở Stonehenge (Anh quốc), có thể đã được xây dựng trong thiên niên kỷ thứ hai trước Công nguyên, trong khi vua Hammourabi trị vì ở Babylone và các pharaon trị vì ở Ai Cập. Khách thăm đến vùng đồng bằng Salisbury, miền Nam nước Anh, thấy sừng sững trước mắt nhiều hàng đá dài xếp đồng tâm, trong đó có một số cao tới 6 m. Stonehenge như một quyển lịch vũ trụ không lồ đánh dấu bước chuyển của các mùa.

Những người xây dựng Stonehenge đã đánh dấu sự tới lui đều đặn của vị trí mọc của Mặt trời ở chân trời tùy theo các mùa. Ngày 21 tháng 6 đánh dấu sự bắt đầu mùa hè (hạ chí), Mặt trời mọc ở điểm xa nhất về phía bắc trên chân trời. Sáu tháng sau, ngày 21 tháng 12 báo hiệu sự bắt đầu mùa đông (đông chí), Mặt trời mọc ở điểm xa nhất về phía nam trên chân trời. Sáu tháng sau, nó lại mọc ở điểm xa nhất về phía Bắc, và cứ như vậy tiếp diễn. Các nhà "khảo cổ thiên văn" đã xác lập được rằng lối vào chính của Stonehenge hướng tới điểm xa nhất về phía Bắc nói ở trên, ứng với ngày hạ chí, và rằng quần thể cự thạch này chắc chắn là một đài quan sát Mặt trời. Mỗi quan tâm của những người xây dựng Stonehenge có lẽ mang màu sắc tâm linh nhiều hơn là thiên văn học, và tại địa điểm này đã diễn ra các nghi lễ tôn giáo. Người ta cho rằng nó cũng dùng làm đài quan sát Mặt trăng. Nhiều gò và hồ ngang dọc khu vực này dường như được định hướng đến hướng Mặt trăng mọc ở điểm xa nhất về phía Bắc trên chân trời, mặc dù các đường thẳng là không rõ ràng lắm, vì chuyển động của Mặt trăng phức tạp hơn chuyển động của Mặt trời.



Ngoài Stonehenge, còn tồn tại hàng trăm di tích cự thạch khác nhỏ hơn ở Anh. Một số có một ý nghĩa thiên văn, giống Stonehenge, đặc biệt là quần thể được làm từ đá dài xếp thành vòng tròn. Một số khác có ý nghĩa nghi lễ và biểu trưng hơn và là những nơi mai táng. Tại Pháp, ở vùng Carnac, có các dãy hàng nghìn đá cự thạch, cũng là nhân chứng của mối quan tâm tâm linh về sự giao tiếp với trời.

## Sự hình thành Hệ Mặt trời

Cách đây 4,55 tỷ năm, trong vùng ngoại ô của Ngân Hà, ở cách hơn một nửa khoảng cách từ tâm ra mép, tức cách tâm Ngân Hà 26.000 năm ánh sáng, một đám mây giữa các vì sao đường kính khoảng một năm ánh sáng (10.000 tỷ kilomet), với thành phần tới 98% là khí hydro và heli và một ít các nguyên tố nặng (2%), trộn với vô số các hạt bụi, bị co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của nó. Chuyển động co sập lại này, được khởi phát bởi một sao siêu mới, cái chết bùng nổ của một ngôi sao ở lân cận, hoặc bởi sự đi qua của một đám mây giữa các vì sao bên cạnh, làm cho phần trung tâm của nó trở nên ngày càng đặc và nóng hơn. Rất nhanh, mật độ của vùng trung tâm đạt tới 150 lần mật độ của nước, và nhiệt độ của nó là 15 triệu độ Kelvin. Các phản ứng hạt nhân được khởi phát, trong đó các hạt nhân hydro (hay proton) được tổng hợp theo nhóm bốn hạt một thành hạt nhân heli, giải phóng rất nhiều ánh sáng và năng lượng. Khối cầu khí bốc cháy: Mặt trời, ngôi sao thế hệ thứ ba, ra đời. Sự chuyển hóa hydro thành năng lượng đã tiếp tục không ngừng nghỉ kể từ đó, và Mặt trời ngày nay vẫn tiếp tục chuyển hóa mỗi giây 4,3 triệu tấn hydro thành ánh sáng và năng lượng.

Bằng cách co sập lại, đám mây giữa các vì sao, hay “tinh vân Mặt trời”, quay quanh chính nó ngày càng nhanh hơn, giống như một người trượt băng nghệ thuật quay ngày càng nhanh hơn khi thu tay về đặt dọc theo cơ thể. Trong khi vùng trung tâm của tinh vân Mặt trời co lại để cho ra đời Mặt trời, các lực ly tâm sinh bởi chuyển

động quay làm cho phần ngoài của nó phân bố thành một đĩa dẹt đường kính khoảng 5 giờ ánh sáng, tức bằng một trăm lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời (150 triệu kilomet). Trong đĩa khí này rải rác vô số các hạt bụi sinh ra trong khí quyển của các sao kền đỏ trước đó, có kích thước bằng một phần mười nghìn milimet. Được lực hấp dẫn khuyến khích, lại có lực điện từ làm chất kết dính, các hạt này kết tụ lại với nhau để tạo thành các viên gạch xây nên hành tinh được gọi là “vật liệu cấu thành hành tinh” (*xem mục từ này*). Quá trình kết tụ vẫn tiếp diễn và các vật liệu cấu thành hành tinh đạt đến lần lượt kích thước của viên sỏi nhỏ, cái kẹo, quả trứng, quả bóng tennis, quả bóng đá, sân vận động, khu dân cư, thành phố, tỉnh, và cả nước Pháp, rồi Mặt trăng... Quá trình kết tụ chậm lại đáng kể vào lúc cuối: trong khi chỉ cần vài trăm năm để chuyển từ hạt bụi sang quả bóng đá, thì phải cần tới hàng trăm triệu năm để chuyển từ quả bóng đá sang các hành tinh.

Vào cuối thời kỳ hình thành Hệ Mặt trời, cách đây khoảng 4 tỷ năm, phần lớn các vật liệu cấu thành hành tinh đã được gắn kết lại với nhau, dưới tác dụng của lực hấp dẫn, tạo thành tám hành tinh. Diêm Vương tinh, ở rìa của Hệ Mặt trời, không còn được coi là một hành tinh “thực sự” nữa: các nhà thiên văn nghĩ rằng nó không được tạo thành đồng thời với các anh chị em của nó, mà là một tiểu hành tinh lớn được phóng vào từ khu dự trữ sao chổi Kuiper (*xem mục từ này*), nằm ở ngưỡng cửa của Hệ Mặt trời.

Và từ bốn ty năm nay, các hành tinh thực hiện không biết một mội vòng quay của chúng xung quanh Mặt trời.

## Sự hình thành thiên hà

Các cấu trúc lớn nhất trong vũ trụ ngày nay được sinh ra từ các quá trình diễn ra ở các thang vô cùng nhỏ, ở thời kỳ mà tuổi của vũ trụ mới chỉ là một phần rất nhỏ của giây. Cái vô cùng bé đã sinh ra cái vô cùng lớn. Các thăng giáng lượng tử vô cùng nhỏ đóng vai trò như

các hạt giống (xem: *Hạt giống thiên hà*) để nảy mầm thành các thiên hà hùng vĩ. Nhưng vũ trụ-người thợ làm vườn đã hành động như thế nào để làm nảy mầm các hạt giống thiên hà này?

Đây là một nhiệm vụ hết sức tinh tế, một thí nghiệm không được phép hỏng! Thí nghiệm sẽ là thất bại, nếu các hạt giống chỉ lớn lên đến kích cỡ một hạt bụi, một hành tinh hay một ngôi sao, chứ không đạt đến được các cấu trúc khổng lồ trải trên một trăm ngàn năm ánh sáng, các ốc đảo nhiệt trên sa mạc băng giá rộng lớn của không gian giữa các thiên hà, và là những cái nôi của sự sống và ý thức. Chính lực hấp dẫn của vật chất tối (xem mục từ này) đã ra tay kiến thiết nên các thiên hà tráng lệ này.

Các nhà vật lý thiên văn cho rằng thời kỳ hình thành các thiên hà đầu tiên khoảng từ một đến hai tỷ năm sau vụ nổ khởi thủy. Hiểu biết của chúng ta về thời kỳ này vẫn còn bị bao phủ bởi một lớp sương mù dày đặc. Các kính thiên văn ngày nay vẫn hoàn toàn chưa có khả năng lần ngược lại thời gian cho đến thời điểm ra đời của những ngôi sao và thiên hà đầu tiên. Nhưng chúng không ngừng được hoàn thiện, để nhìn được ngày càng mờ, và như vậy ngày càng xa hơn, do đó ngày càng sớm hơn, và đám sương mù đang bắt đầu tan. Đặc biệt, kính thiên văn không gian *James Webb* (xem mục từ này), kính kế tục kính thiên văn *Hubble*, được trang bị một gương đường kính 6,5 m (so với 2,4 m đường kính của *Hubble*) dự kiến là vào năm 2013 sẽ cho phép chúng ta được chứng kiến trực tiếp sự ra đời của những ngôi sao và thiên hà đầu tiên.

Để vũ trụ có thể chuyển từ một trạng thái đồng nhất gần như hoàn hảo, vào năm 380.000 sau Big Bang như bức xạ hóa thạch từ thời kỳ này chứng thực, sáng một cảnh tượng phức tạp hết sức phong phú của bức tranh vũ trụ làm chúng ta choáng ngợp bởi sự tráng lệ của nó sau 14 tỷ năm, các hạt giống thiên hà không thể được cấu thành từ vật chất thông thường, tức là chủ yếu từ proton và neutron, như bạn và tôi. Lý do thật đơn giản: nếu được làm từ vật chất thông thường, thì chúng đã không thể lớn lên để trở thành những thiên hà uy nghi mà chúng ta thấy ngày nay. Trên thực tế, các hạt giống này “nảy mầm” thành sao và thiên hà là nhờ lực hấp dẫn: sự vượt trội lực hấp dẫn của một hạt giống hút vật chất xung quanh và làm cho nó lớn lên. Thế nhưng, trước năm 380.000, vũ trụ là không trong suốt

và hoàn toàn tằm trong một món súp của bức xạ và vật chất. Cũng giống như các photon không thể truyền qua khu rừng rậm nhưng nhúc những electron và proton, các electron cũng bị ngăn cản chuyển động, chúng liên tục va chạm với photon, vốn đông hơn rất nhiều. Proton, nặng hơn electron 1.836 lần, lại càng khó mở đường vượt qua vô số photon. Sự cản trở tự do di chuyển này của vật chất thông thường ngăn không cho lực hấp dẫn hành động và hút vật chất về các hạt giống thiên hà để làm cho chúng lớn lên. Điều này là đúng cho tới tận thời điểm định mệnh là năm 380.000, khi electron bị cầm tù trong các nguyên tử và không còn ngăn cản vật chất di chuyển nữa. Các quan sát của vệ tinh nhân tạo COBE năm 1992 khẳng định với chúng ta rằng các hạt giống vẫn còn rất nhỏ cho đến năm 380.000: bức xạ hóa thạch có từ thời này trình hiện gần như là hoàn toàn đồng nhất.

Thế nhưng, các hạt giống nhỏ xíu như vậy lẽ ra đã không thể “nảy mầm” để trở thành, ngay từ một tỷ năm đầu tiên, những thiên hà hùng vĩ từng xuất hiện trên sân khấu vũ trụ ở thời kỳ này. Thời gian sinh trưởng khá dẹt là quá ngắn. Cứ như thể người ta đòi hỏi một em bé trở thành người lớn chỉ trong vài ngày, thay vì phải cần tới 20 năm. Vấn đề càng trở nên phức tạp hơn khi sự dẫn nò của vũ trụ luôn phá hoại công việc của “người làm vườn - lực hấp dẫn” bằng cách làm loãng không gian và kéo các hạt rời xa nhau hơn, khiến cho các hạt giống phải mất thêm nhiều thời gian hơn nữa mới có thể lớn lên được.

Vậy vũ trụ đã giải quyết vấn đề sinh trưởng này như thế nào? Nó đã sắp xếp thế nào để kéo dài thời gian cho các hạt giống thiên hà lớn lên? Không cần chờ đến năm thứ 380.000, vũ trụ đã khởi phát quá trình sinh trưởng của các hạt giống ngay khi chúng xuất hiện, tức là vài phần giây sau khi vũ trụ ra đời. Nhưng chúng ta đã thấy rằng vật chất thông thường đã bị tê liệt trước thời gian này, vì chúng bị cánh rừng rậm photon ngăn không cho chuyển động, tới mức không thể kết tụ để làm cho các hạt giống lớn lên được. Như vậy cần phải có một dạng vật chất khác thoát khỏi sự tê liệt này.

Vật chất tối ngoại lai (xem mục từ này) đã đáp ứng được yêu cầu trên. Các nhà thiên văn đã phát hiện ra rằng vật chất thông thường chỉ chiếm một phần rất nhỏ, khoảng 4% tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ (trong số đó chỉ khoảng một phần tám phát ra ánh

sáng nhìn thấy được), trong khi 22% tổng lượng nay được cấu thành từ vật chất tối ngoại lai. Chúng ta chưa có một ý niệm gì về vật chất ngoại lai này, nhưng chúng ta cho rằng các bà tiên đã ban tặng cho nó ngay khi chào đời một tính chất có tầm quan trọng sống còn đối với sự sinh trưởng của các thiên hà: nó tương tác rất ít với vật chất thông thường và ánh sáng. Ít tới mức các hạt giống thiên hà được cấu thành từ vật chất ngoại lai có thể di chuyển thoải mái qua cánh rừng rậm photon, proton và neutron như không có gì ngăn cản, và lực hấp dẫn có thể tức thì hành động để hút vật chất ngoại lai về phía các hạt giống và làm cho chúng sinh trưởng, sử dụng khéo léo toàn bộ quãng thời gian 380.000 năm đầu tiên thay vì bị ngăn cản hành động, chờ đợi, tê liệt và lãng phí thời gian quý báu này như trong trường hợp vật chất thông thường. Như vậy, các thiên hà sơ sinh cấu thành từ vật chất ngoại lai có đủ thời gian cần thiết để trưởng thành. Và bởi vì vật chất ngoại lai gần như không tương tác với ánh sáng, thứ ánh sáng giờ trở thành bức xạ hóa thạch, nên bức xạ hóa thạch này không mang dấu vết gì của các hạt giống vật chất ngoại lai này, và trình hiện trước mắt chúng ta là đồng nhất gần như hoàn hảo.

Vậy vật chất tối ngoại lai này làm từ gì mà đóng vai trò quyết định đến vậy trong sự hình thành các thiên hà? Không hề thiếu những gợi ý, bởi các nhà vật lý chưa bao giờ thiếu trí tưởng tượng cả. Các lý thuyết "thống nhất lớn" (xem mục từ này), tìm cách hợp nhất ba trong bốn lực tự nhiên (lực điện từ và hai lực hạt nhân yếu và mạnh) thành một lực duy nhất trong những phần giây đầu tiên của vũ trụ, thực tế đã tiên đoán sự tồn tại của rất nhiều hạt hết sức lạ thường và tất cả đều có khối lượng. Mà ta biết rằng một hạt vật chất chuyển động nhanh hay chậm tùy theo khối lượng của nó. Một hạt nặng sẽ di chuyển chậm hơn một hạt nhẹ. Bởi vì chuyển động của một hạt có thể được đặc trưng bởi một nhiệt độ (vận tốc càng nhanh thì nhiệt độ càng cao), nên các hạt vật chất ngoại lai được chia làm hai nhóm chính: nhóm các hạt nhẹ, di chuyển nhanh hơn, được các nhà vật lý gọi là "vật chất tối nóng", và nhóm các hạt nặng hơn, di chuyển chậm chạp hơn, được gọi là "vật chất tối lạnh". Một ví dụ về một hạt nhẹ nóng là neutrino (xem mục từ này), khối lượng của nó chỉ bằng một phần triệu khối lượng của electron. Đối với các hạt vật chất tối lạnh, chúng ta còn chưa hề có ý niệm về chúng là gì, bởi vì cho tới

nay chưa ai nhìn được một hạt nào như thế cả, mặc dù rất nhiều nỗ lực đã được đổ ra để tìm kiếm chúng. Tuy nhiên, không thiếu các ứng viên cho loại này! Chúng được đặt cho những cái tên khá nên thơ: axion, photino, higgsino, gravitino và notralino, và các nhà vật lý gọi chung chúng bằng một cái tên di dóm là *WIMPs* (xem mục từ này), có nghĩa là chim chiến chiến trong tiếng Anh.

Hiện nay, vật chất tối lạnh đang gặp thời, như thế điều gặp gió. Sở dĩ như vậy là vì, bằng cách xây dựng các vũ trụ ảo (xem mục từ này) trên máy tính, các nhà vật lý thiên văn đã nhận ra rằng một mô hình vũ trụ được gieo các hạt giống cấu thành từ các hạt rất nặng, tương tác rất ít với vật chất thông thường và ánh sáng, dường như là có khả năng nhất trong việc giải thích các cấu trúc đã được quan sát: các thiên hà, đám và siêu đám thiên hà, những bức tường thiên hà bao quanh các không gian mênh mông của vũ trụ.

## Sự sống là gì?

Con người không ngừng nỗ lực để khám phá sự sống ngoài Trái đất. Để định hướng nghiên cứu, chúng ta cần phải thống nhất về cái mà chúng ta gọi là "sự sống".

Trước tiên hãy cùng xét định nghĩa duy vật. Các sinh vật sống được tạo ra từ hàng trăm tỷ tỷ hạt. Trong những năm 1940, các nhà vật lý đã đạt được những tiến bộ tuyệt vời để khoan thủng các bí mật về cấu trúc của vật chất ở cấp độ nguyên tử. Bởi vì sự sống dựa trên những thành phần nguyên tử và phân tử của các tế bào, nên một số nhà vật lý nghĩ rằng sinh học sẽ sớm trở thành một phân ngành của vật lý học và vật lý học sẽ giải mã được bí mật của sự sống. Theo họ, các cơ thể sống chỉ là những cỗ máy siêu tinh vi, bao gồm các bộ phận vi mô hoạt động dưới tác dụng của bốn lực cơ bản (xem mục từ này) của tự nhiên, các lực này có thể được nghiên cứu bằng các kỹ thuật của vật lý thực nghiệm. Tóm lại, sự khác biệt duy nhất giữa các vật chất hữu sinh và vô sinh chỉ là ở mức độ phức tạp của chúng.

Cách hiểu mang tính quy giản luận, cơ giới và duy vật này, đã giúp cho sinh học phân tử đạt được các thành công to lớn, nhưng chưa thể đi đến đích cuối cùng. Đung là cách giải thích cơ giới có thể cho phép hiểu được một số khía cạnh của sự sống. Tế bào sống thực tế gồm nhiều “cỗ máy” thu nhỏ, mỗi máy thực hiện một chức năng chuyên biệt. Thật là tự nhiên khi nghĩ rằng chỉ cần tìm ra cách vận hành của từng cỗ máy là có thể hiểu được tổng thể! Nhưng sự sống còn hơn nhiều một sự lắp ghép các cỗ máy cực kỳ phức tạp. Các cơ thể sống còn hơn nhiều những tập hợp một số lượng lớn các hạt. Các nhà khoa học vẫn còn chưa xác định được một cách chính xác cái *hơn* này. Tôi sẽ cố gắng hết sức để xác định nó bằng cách liệt kê các tính chất chính phân biệt một cơ thể sống với các vật vô sinh.

Trước hết, sự sống là cực kỳ đa dạng. Khác với các hạt cơ bản chỉ có hàng trăm, số loài sinh vật đã biết lên tới 1,4 triệu (751.000 loài côn trùng, 248.000 loại thực vật, 281.000 loài động vật, còn lại là vi khuẩn, virus, tảo, động vật đơn bào và nấm). Nhưng các loài chờ ta khám phá còn nhiều tới mức con số này có thể lên tới 100 triệu<sup>32</sup>. Sự đa dạng của sự sống không dừng lại ở đó. Bên trong cùng một loài, tự nhiên cũng thỏa sức sáng tạo và chơi mọi lá bài khả dĩ. Sự đa dạng của các đặc tính và hình dạng là không có giới hạn. Chẳng hạn, trong 6 tỷ người sống trên Trái đất, trừ những cặp song sinh cùng trứng, không một ai trong số chúng ta có cùng một hành trang di truyền. Loài người không chỉ thuộc các chủng tộc khác nhau, có tóc, da, kích thước, khuôn mặt khác nhau, các đặc tính làm nên tính cá thể bên ngoài của mỗi con người, mà còn có cả một thế giới nội tâm riêng - các suy nghĩ và tình cảm - khác nhau đến vô cùng. Chính đặc tính này phân biệt các cơ thể sống với các hạt dưới nguyên tử. Bạn chỉ cần quan sát các tính chất của chỉ một electron thôi là có thể biết tất cả các electron khác. Chỉ cần gặp một proton duy nhất, và thế là tất cả các tính chất của mọi proton khác trong thế giới sẽ đều trở nên quen thuộc với bạn. Thế giới nội tâm của chúng không hề tồn tại.

Khác biệt cơ bản thứ hai: trái với vật chất vô sinh tuân theo một cách mù quáng mệnh lệnh của các định luật vật lý, các sinh vật sống

<sup>32</sup> Xem Edward O. Wilson, *Sự sống đa dạng*, Harvard University Press, Cambridge, 1992.



hành động tự chủ để thực hiện một nhiệm vụ và hướng đến một mục đích. Một con mèo cho con bú, một con chim xây tổ, một con chó bởi hồ đê giầu xương, con người mài mồi với vô số hoạt động: rất nhiều ví dụ về cái mà nhà sinh học Jacques Monod gọi là “mục đích luận”, “một trong những tính chất cơ bản của tất cả các sinh vật, không có ngoại lệ, đó là tính chất trở thành các vật có dự định<sup>33</sup>”.

Một đặc điểm khác phân biệt cái hữu sinh với cái vô sinh, đó là sinh vật là cơ thể có độ phức tạp cực cao vượt xa sự phức tạp của các vật vô sinh. Sự phức tạp này không hề ngẫu nhiên, mà được định hướng và tổ chức lên cực điểm để thúc đẩy sự hài hòa của tổng thể. Ngay cả cơ thể của một sinh vật đơn bào đơn giản nhất như một vi khuẩn cũng có hàng triệu phân tử không lồ hoạt động như các công nhân chuyên môn hóa cao trong một dây chuyền sản xuất, mỗi phân tử thực hiện một nhiệm vụ chuyên biệt và phối hợp hài hòa với nhau để tất cả hoạt động như một thể thống nhất gắn kết chặt chẽ.

Một khác biệt quan trọng khác: trái với các hệ vô sinh đôi khi khép kín, tức là hoàn toàn tách biệt với môi trường của chúng, các hệ sinh vật trao đổi liên tục với môi trường xung quanh. Sự sống không thể tồn tại một cách biệt lập. Nó liên tục trao đổi năng lượng với môi trường, để hấp thụ thức ăn hay đào thải cặn bã. Cây cối hấp thụ nước từ đất bằng rễ và khí cacbonic bằng lá. Sau đó chúng sử dụng năng lượng Mặt trời để chuyển hóa các thành phần này thành đường, đồng thời nhả oxy ra không khí thông qua một quá trình gọi là “quang hợp” (xem mục từ này). Rất nhiều nguyên tử “quá cảnh” qua cơ thể chúng ta mỗi giây. Khi chúng ta hít thở, các phân tử không khí đi qua mũi và miệng và đi vào các tế bào bên trong cơ thể. Các phân tử oxy để lại ở đó thế năng của chúng và sau đó thoát ra dưới dạng khí cacbonic. Mỗi cơ thể, chuyển hóa một số nguyên tố hóa học lấy từ môi trường xung quanh bằng một chuỗi các phản ứng phức tạp để thu được năng lượng cho phép nó thực hiện các “dự định” khác nhau. Quá trình xử lý hóa học và thu được năng lượng này tạo thành cái mà người ta gọi là “sự chuyển hóa” của một cơ thể sống. Nếu sự trao đổi với thế giới bên ngoài dừng lại, thì sinh vật sẽ chết.

<sup>33</sup> Jacques Monod, *Ngẫu nhiên và tất yếu*, Le Seuil, 1970, trang 22.

Cuối cùng - và có thể là đặc điểm phân biệt rõ nhất một cơ thể sống với một vật vô sinh - đó là sinh vật sống có khả năng sinh sản. Ngoài việc hô hấp, ăn, uống và thải bã, chức năng cơ bản nhất của một sinh vật sống là sinh dục. Chức năng này cho phép nó truyền các đặc tính của mình cho các thế hệ sau và duy trì nòi giống.

## Sự sống ngoài Trái đất

Hình nhu vũ trụ đã được nhào nặn một cách cực kỳ chính xác ngay từ những phân giây đầu tiên tồn tại để cho sự sống và ý thức đột sinh (xem: *Nguyên lý vị nhân*). Bởi vì vũ trụ thai nghén sự sống và ý thức, và vì các định luật vật lý và sinh học là phổ quát, nên chúng ta phải xem xét một cách nghiêm túc khả năng không chỉ tồn tại các sự sống ngoài Trái đất mà cả trường hợp một số trong các sinh vật này cũng có thể có trí tuệ và ý thức.

Các khám phá khoa học ngày càng nhiều nói với chúng ta rằng không thể loại trừ sự sống ngoài Trái đất. Các nhà thiên văn đã phát hiện ra hơn 150 hành tinh ngoài Hệ Mặt trời, xung quanh các vì sao tương đối gần, khẳng định sự hiện diện khắp nơi của các hành tinh, những bến cảng ấm áp và sự sống trong mệnh mệnh băng giá và vô sinh của vũ trụ. Cho tới nay, năm 2009, đại đa số các hành tinh này là những hành tinh khí khổng lồ không có bề mặt cứng, giống như Mộc tinh. Chúng ít có khả năng cuu mang sự sống hơn các hành tinh nhỏ có bề mặt cứng như Trái đất (xem: *Sự sống và các hành tinh khổng lồ*). Nhưng sự vắng bóng các hành tinh kiểu Trái đất ngoài Hệ Mặt trời không phải là một dữ kiện của tự nhiên: đó là do hạn chế công nghệ mà chúng ta sẽ vượt qua trong tương lai.

Một phát hiện khác: nhà hóa học người Mỹ Stanley Miller (1930-2007), cùng với Harold Urey (1893-1981), đã tái tạo được trong ống nghiệm, ngay từ năm 1953, các axit amin - những phân tử cơ bản của sự sống - bằng cách phóng điện vào một hỗn hợp amoniac, metan, hydro và nước để mô phỏng những trận bão đấm xuống Trái đất non

trẻ. Dù có rất nhiều khác nhau giữa axit amin và chuỗi xoắn kép ADN, nhưng thí nghiệm này cũng chứng tỏ rằng các phân tử sinh học có thể được tổng hợp từ các thành phần hóa học tương đối đơn giản.

Một dấu hiệu thuyết phục khác, đó là trong những năm 1970, các nhà thiên văn đã rất sùng sốt khi phát hiện ra các phân tử phức tạp trong môi trường giữa các vì sao (*xem mục từ này*), ở những nơi không hề hiểu khách chút nào. Tất cả các phân tử có hơn ba nguyên tử đều chứa cacbon, cơ sở của sự sống của chúng ta. Trong số các phân tử ở giữa các vì sao, một số có thể đã đóng một vai trò quan trọng trong hóa học tiền sinh học trên Trái đất. Tất nhiên, còn lâu mới đạt được hàng nghìn, hàng triệu nguyên tử của các protein, enzym và axit nucleic, nhưng sự hiện diện của các phân tử giữa các vì sao trong một môi trường cực kỳ không thuận lợi này cũng chứng tỏ rằng không thể đánh giá thấp khả năng sáng tạo và sáng chế của tự nhiên, khả năng biết tìm ra các giải pháp khéo léo để tiếp cận sự phức tạp trong các điều kiện khó khăn nhất.

Một dấu hiệu nữa đến từ không gian nói với chúng ta rằng sự tồn tại của chúng ta có thể không phải là duy nhất, rằng sự sống có lẽ không được sinh ra một lần duy nhất (trên Trái đất), và không đến mức khó xuất hiện ở nơi khác như chúng ta nghĩ: một số thiên thạch (*xem mục từ này*), các tàn tích của các tiểu hành tinh của thời kỳ đại bắn phá khi ra đời Hệ Mặt trời, cách đây 4,55 tỷ năm - như thiên thạch rơi xuống Australia năm 1969, gần thành phố Murchison - chứa gần 100 axit amin, trong đó khoảng 20 phân tử này xuất hiện trong các tế bào sống. Có vẻ như là các phản ứng tiền sinh học đã xảy ra trên các thiên thạch này nhưng không dẫn tới sự sống.

Một lập luận cuối cùng để khẳng định khả năng thích nghi của tự nhiên khi sáng tạo ra sự sống đó là sự tồn tại của các sinh vật ưa các điều kiện cực hạn (*xem mục từ này*). Việc phát hiện ra chúng trong lòng đại dương hoặc sâu trong lòng đất đã bác bỏ ý nghĩ rằng mọi sự sống, động vật hay thực vật, đều nhất thiết phụ thuộc vào quang hợp (*xem mục từ này*). Sự tồn tại của các sinh vật ưa các điều kiện cực hạn cho chúng ta thấy rằng sự sống hoàn toàn có thể không cần ánh sáng Mặt trời! Trong các vùng tối đen như mực ở đáy biển, xung quanh ống núi lửa, các dạng sự sống vẫn sinh sôi nảy nở ở nhiệt độ

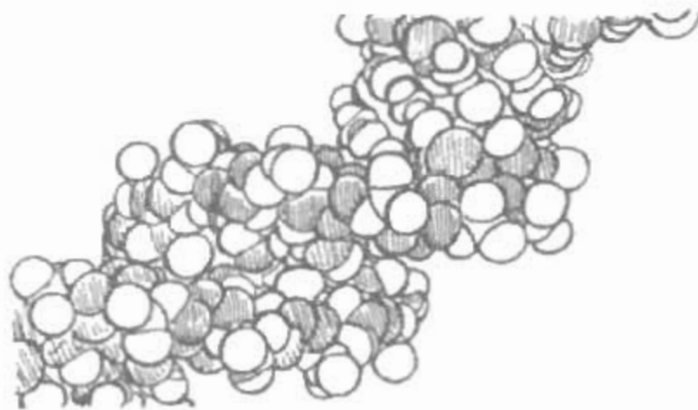
cao hàng trăm độ C, lấy năng lượng không phải từ Mặt trời, mà từ trong lòng đất, năng lượng đã gây ra sự phun trào của núi lửa. Các sinh vật ưa điều kiện cực hạn không ngưng sinh sôi nảy nở ở khắp nơi. Người ta phát hiện ra các vi khuẩn trong các khe đá sâu hàng kilomet trong lòng đất, chúng tạo ra năng lượng bằng cách oxy hóa sắt với nước, tức là bằng cách tạo ra gỉ sắt! Nhiều vi khuẩn cũng xuất hiện trong các sa mạc khô cằn nhất, trong những vùng nước mặn nhất, hay những nơi nhiễm phóng xạ mạnh nhất. Sức sáng tạo của tự nhiên để tạo ra sự sống dường như là không có giới hạn.

Ấn tượng hơn nữa là sự sống vi sinh vật. Một khi đã được tạo ra, dường như chúng không gặp bất kỳ vấn đề gì để sinh tồn trong các hoàn cảnh bất lợi nhất. Trong các lớp băng giá ở sâu dưới hồ Vostok, Nam cực, người ta đã phát hiện ra các loại vi khuẩn vẫn còn sống dù không được tiếp xúc với khí quyển Trái đất từ hơn một triệu năm nay. Đặc biệt hơn nữa, nhiều vi khuẩn đã được tìm thấy trong trạng thái ngủ đông ở dạ dày một con ong hóa thạch bị mắc kẹt trong một miếng hổ phách từ vài chục triệu năm nay! Các nhà sinh học đã có thể làm cho những "Nàng công chúa ngủ trong rừng" này tỉnh giấc bằng nụ hôn của Hoàng tử đầy quyền rũ!

Một số nhà khoa học ước tính rằng có thể tồn tại trong vũ trụ các dạng sống hoàn toàn khác với các dạng sự sống mà chúng ta biết trên Trái đất, có một sinh hóa không phải dựa trên cacbon, mà trên silic. Thay vì nước, chính amoniac sẽ là cái nôi của sự sống, chí ít là trên một hành tinh đủ lạnh để amoniac ở dạng lỏng chứ không phải ở dạng khí. Những giả thuyết này không phải là không có vấn đề: các liên kết hóa học của silic yếu hơn liên kết hóa học của cacbon, và ít thuận lợi cho sự hình thành các phân tử phức tạp cần thiết cho sự sống; một hành tinh quá lạnh sẽ thiếu năng lượng để thúc đẩy tiến hóa sinh học: các phản ứng hóa học cần thiết để chế tạo những gì tương ứng với các axit amin và protein khác không thể khởi phát. Nhưng liệu chúng ta có đánh giá quá thấp sự sống không? Nó còn có rất nhiều mưu mẹo! Ai biết được nó sẽ còn dành cho chúng ta những ngạc nhiên nào nữa?

## Sự sống trên Trái đất: ADN và sự tái tạo sự sống

Trong quá trình tiến hóa của sự sống, ban đầu các axit amin kết hợp với nhau để tạo thành protein. Người ta có thể cho rằng bước tiếp theo sẽ là sự kết hợp của các protein để tạo thành các phân tử ADN mang mã di truyền. Nhưng, trên thực tế, lịch sử phức tạp hơn rất nhiều. Để đánh giá lịch sử đó, chúng ta phải làm quen với những cơ sở phân tử của sự sống. Sự sống là kết quả của sự hợp tác hài hòa của hai loại phân tử rất lớn: axit nucleic (được gọi như vậy bởi vì chúng nằm trong nhân của các tế bào sống) và protein. Có hai loại axit nucleic mang các tên quê mùa là axit desoxyribonucleic và ribonucleic, nhưng thường được gọi là ADN và ARN.



Một trong những đặc điểm chính của sự sống là khả năng sinh sản. Điều này được thực hiện nhờ cấu trúc chuỗi xoắn kép của ADN được James Watson (sinh năm 1928) và Francis Crick (1916-2004) phát hiện năm 1953. Phân tử ADN rất khổng lồ. Nó chứa hàng tỷ nguyên tử, và nếu bạn trải ADN của một tế bào duy nhất trong cơ thể, thì nó cũng dài tới hai mét! Sở dĩ ADN nằm gọn được trong tế bào, là bởi vì nó được cuộn lại. Hai chuỗi xoắn, được tạo thành từ các phân tử đường và photphat, được nối với nhau bởi bốn loại phân tử được gọi là các "bazo": adenin (A), citoxin (C), guanin (G) và thymin (T). Nếu chuỗi xoắn kép giống như tay vịn cầu thang hình xoắn ốc, thì các bazo chính là các bậc thang. Còn về phần bốn bazo, chúng tạo thành bảng chữ cái của mã di truyền, giống như 26 chữ cái tạo thành bảng chữ cái trong tiếng Pháp vậy.

Một đoạn chính xác của các bazơ này xác định một mã di truyền, hoàn toàn giống như các chữ trong bang chữ cái, được sắp xếp theo một cách nào đó, tạo ra các từ. Mỗi đoạn có thể chứa hàng trăm bazơ sắp xếp theo một trật tự rất chính xác. Thay đổi trật tự của một đoạn sẽ được thể hiện bằng một màu da đen hay trắng, tóc xoăn hay thẳng, mắt xệch hay không, hoặc một năng khiếu toán học hay văn học. Do cấu trúc và kích cỡ của chúng mà các bazơ chỉ có thể kết hợp thành cặp, và theo một cách duy nhất: A với T, C với G, G với C và T với A. Một bazơ nhất thiết phải đi kèm với bazơ bổ sung của nó. Tính bổ sung này làm cho mỗi mạch đơn trong chuỗi xoắn kép, với một đoạn xác định của bốn bazơ, đã chứa đầy đủ mã. Chẳng hạn, nếu trong một mạch đơn chứa các bazơ theo trật tự AGCTTACG..., thì chúng ta biết rằng mạch đơn kia sẽ phải chứa các bazơ theo trật tự TCGAATGC... Chính sự dư thừa này cho phép phân tử ADN có thể tự nhân đôi và truyền mã di truyền. Chẳng hạn, khi một tế bào tự nhân đôi, thì hai mạch đơn trong chuỗi xoắn kép của phân tử ADN mẹ sẽ rời ra và tách xa dần. Mỗi mạch xoắn này sẽ kết hợp với mạch xoắn đơn bổ sung của nó, tạo thành hai phân tử ADN con. Vì các bazơ gắn kết hai mạch xoắn đơn bổ sung lại với nhau chỉ theo một cách rất xác định, nên trật tự các bazơ (quyết định mã di truyền) trong hai phân tử ADN con sẽ giống hệt với trật tự trong phân tử ADN mẹ. Như vậy phân tử ADN mẹ đã được nhân đôi, và mã di truyền đã được truyền từ phân tử ADN mẹ sang hai phân tử ADN con. Điều đó giải thích tại sao con cái lại giống bố mẹ, và người sinh ra người, ngựa đẻ ra ngựa, giun đẻ ra giun, còn hoa lại sinh ra hoa!

Cơ chế truyền gen này cho phép chúng ta hiểu được lý thuyết tiến hóa của các loài mà nhà tự nhiên học người Anh Charles Darwin (1809-1882 - xem mục từ này) đã xây dựng và trình bày vào năm 1859 trong tác phẩm quan trọng nhất của ông mang tên *Nguồn gốc các loài qua con đường chọn lọc tự nhiên*. Theo ông, các dạng sinh vật sống đã thay đổi và tiến hóa theo các kỳ địa chất để thích nghi với môi trường thay đổi của chúng. Phát hiện của Crick và Watson cho phép giải thích sự tiến hóa này bằng các đột biến gen. Thi thoảng cũng có lỗi trong sao chép các phân tử ADN, chúng không xảy ra theo một cách nhất định, mà là ngẫu nhiên, và dẫn đến các đột biến gen của các cơ thể sống. Trong đa số trường hợp, các đột biến ngẫu nhiên này là có

hại và dẫn đến sự tuyệt chủng của loài. Nhưng đôi khi, đột biến lại có lợi và trao cho sinh vật một lợi thế giúp nó thích nghi tốt hơn với môi trường. Lợi thế này được lưu giữ và khuếch đại bởi cái mà Darwin gọi là “chọn lọc tự nhiên”.

Nhưng sự tiến hóa theo Darwin chỉ có thể vận hành nếu đã tồn tại một dạng sống nào đó. Nó không thể giúp chúng ta giải thích sự sống đã xuất hiện từ những phân tử vô sinh như thế nào. Tế bào sống là một cộng đồng tinh luyện và thiết dụng của các phân tử lớn gọi là protein. Số phân tử trong một tế bào nhiều hơn số người trên Trái đất (6,5 tỷ vào năm 2008)! Các phân tử này tạo thành một cơ sở vật liệu, hay nói theo ngôn ngữ tin học là *phần cứng* của sự sống. Nhưng sự sống không thể nảy sinh từ vật liệu mà không có các lệnh đã được lập trình, tức là không có một loại *phần mềm*. Các lệnh này được mã hóa, như chúng ta đã biết, trong đoạn bốn bazơ có trong các phân tử ADN. Sự sống là kết quả của sự cộng tác hài hòa giữa *phần mềm* và *phần cứng*, tức là giữa các phân tử ADN với protein. Vô kịch sự sống sẽ không thể diễn ra nếu thiếu sự xuất hiện đồng thời trên sân khấu hai nhân vật này. Các phân tử ADN giữ mã di truyền, nhưng lại bất lực về mặt hóa học khiến cho chúng không thể hoàn thành dự định lớn lao của mình; chúng phải cầu cứu đến các protein, các phân tử này sẽ thực hiện toàn bộ công việc hóa học nhờ khả năng xúc tác tuyệt vời của chúng. Nhưng bản thân các protein lại được kết hợp bởi các loại bộ máy tế bào phức tạp gọi là “ribosôm”, nhờ các lệnh đã được mã hóa nhận được từ ADN. Ở đây, chúng ta lại đối mặt với vấn đề quen thuộc qua trứng và con gà: cái nào có trước? Nếu ADN có trước thì giải thích thế nào đây về sự tồn tại của nó trong khi thiếu các protein có khả năng thực hiện công việc hóa học cần thiết để tạo ra nó? Nếu protein có trước thì chúng có thể kết hợp lại với nhau như thế nào nếu thiếu mã di truyền của ADN? Trong cả hai trường hợp, bí ẩn của sự sống đặt chúng ta trước một cái vòng luân quần đầy bí hiểm!

Nhiều nhà sinh học nghĩ rằng ADN, hoặc đúng hơn là một trong những anh em họ gần của nó là ARN (viết tắt của axit ribonucleic), đã xuất hiện đầu tiên. ARN hiện nay cũng gồm bốn bazơ A, G, C và U (tức là uraxin). Cũng giống như gốc T trong ADN, U là một chữ cái của bảng chữ cái di truyền. Khác với ADN, ARN nguyên thủy không

bị bất lực về mặt hóa học và có thể tự phân chia mà không cần tác dụng xúc tác của protein. Như vậy, cả *phần mềm* và *phần cứng* đều có mặt trong cùng nhóm phân tử này. Các phân tử ARN nguyên thủy sau đó đã tiến hóa theo một dạng tiến hóa phân tử của Darwin, tức là thông qua quá trình sao chép, đột biến và chọn lọc, cho đến ARN hiện nay. Chẳng hạn, một gien - một phân tử ARN với đoạn các bazo của nó - đã chịu các đột biến gây ra bởi các sự cố trong quá trình sao chép ngẫu nhiên hoặc bởi các tia vũ trụ (*xem mục từ này*). Các cá thể đột biến cạnh tranh nhau vì các nguồn tài nguyên hữu hạn. Ngay từ những bước chập chững đầu tiên, sự sống đã phải cạnh tranh. Thiên đường trên Trái đất và sự dồi dào vô hạn là những thứ không hề tồn tại. Những kẻ chiến thắng là những kẻ sinh sản nhanh nhất. Sự sống thuở ban đầu mờ mịt tiến lên, được thúc đẩy bởi các đột biến và chọn lọc tự nhiên.

Sau đó, ARN có thể đã tương tác với các axit amin trong món súp khởi thủy để chế tạo ra protein. ADN sẽ xuất hiện muộn hơn, vào một ngày con chưa xác định được, tạo thành bộ ba ADN - ARN - protein ngày nay chi phối mọi mặt của sự sống.

Lý thuyết về một ARN nguyên thủy này không phải là không có ai phản đối, bởi đến nay, các thí nghiệm buộc ARN tự sao chép mà không cần sự trợ giúp của protein, trong một món súp tiền sinh học có cấu tạo có thể chấp nhận được, đã không thành công. Một số nhà nghiên cứu theo quan điểm ngược lại và cho rằng chính protein mới là cái xuất hiện trước. Như vậy, vấn đề hiện nay vẫn chưa được giải quyết chính là tìm hiểu xem protein có thể tự sao chép mà không cần các lệnh được mã hóa của ADN như thế nào.

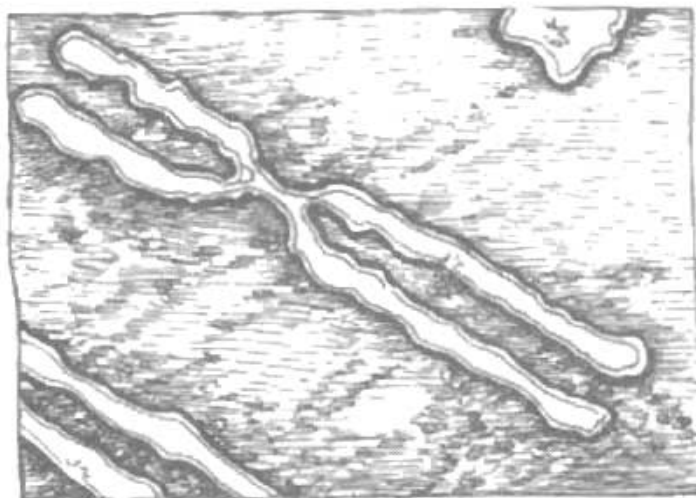
Như vậy, hiện nay chúng ta vẫn chưa biết cái nào, quả trứng hay con gà - protein hay ADN -, có trước, cũng như chưa biết các nguyên lý tổ chức (mã di truyền mà ta gọi là *phần mềm*) đã xuất hiện như thế nào để cho ra đời sự sống. Dù thế nào chăng nữa thì vấn đề này đã được giải quyết cách đây khoảng 3,8 tỷ năm trên hành tinh của chúng ta (750 tỷ năm sau khi Mặt trời và bảy đoàn các hành tinh quanh nó ra đời, và sau ba vòng của Mặt trời quanh tâm Ngân Hà), thậm chí sớm hơn nếu sự sống đến từ nơi khác (*xem: Thuyết Tha sinh*), cho phép tổ tiên chung của toàn bộ thế giới sống, một vi khuẩn nguyên thủy, bước lên sân khấu.



## Sự sống trên Trái đất: sự sáng chế ra giới tính

Tổ tiên chung xưa nhất của chúng ta là một vi khuẩn đơn bào. Trên thực tế, tế bào là đơn vị của sự sống. Để xây dựng nên một hệ giien chức năng, sự sống sơ sinh phải được chứa trong một quần thể các tế bào cá biệt và tự lập. Sự tự lập này có được là nhờ sự phát triển của một màng rất mỏng chỉ dày vài chục phần triệu milimet bao quanh mỗi tế bào. Màng đó không kín mít, mà cho phép vật chất, năng lượng và thông tin liên tục được trao đổi với bên ngoài. Phần bên trong của tế bào là một gel bán lỏng gọi là tế bào chất có thể không chứa một cấu trúc nào, hoặc chứa những cơ quan nhỏ của tế bào. Tế bào chất là nơi diễn ra quá trình hóa học giúp cho tế bào duy trì và sinh trưởng. Và cuối cùng còn có trung tâm chỉ huy tế bào, nơi đưa ra các lệnh cần thiết cho sự hoạt động của tế bào. Các lệnh này được mã hóa trên các cấu trúc tròn hoặc hình que gọi là "nhiễm sắc thể" (trong tiếng Hy Lạp *chromo* là màu sắc, và *soma* là thể; các nhiễm sắc thể được gọi như vậy là bởi vì, để nghiên cứu chúng qua kính hiển vi, người ta phải tô chúng bằng các màu sáng). Mỗi nhiễm sắc thể được tạo thành từ chỉ một đại phân tử ADN gắn với các protein. Trong tế bào của các cơ thể sống đơn giản nhất, như các tế bào của vi khuẩn, các nhiễm sắc thể tiếp xúc trực tiếp với tế bào chất. Trong tế bào của các cơ thể sống phức tạp hơn, chúng tách khỏi tế bào chất và nằm trong một cấu trúc trung tâm, gọi là nhân tế bào.

Người ta vẫn chưa biết các tế bào đầu tiên xuất hiện trên Trái đất khi nào. Một số người cho rằng tế bào đánh dấu chính khởi đầu của sự sống. Một số người khác lại cho rằng chúng xuất hiện muộn hơn, sau khi sự sống đã xuất hiện từ một món súp khởi thủy không cấu trúc. Dù thế nào đi nữa thì chúng cũng đã phải bước lên sân khấu ngay khi sự chọn lọc phân tử không còn đủ để dùng làm động cơ cho tiến hóa nữa. Với các tế bào có khả năng nhân lên bằng cách tự chia đôi liên tiếp, quá trình tiến hóa đã nhận được một cú hích, đẩy nó tiến lên phía trước.



Nghiên cứu các đoạn ADN và tế bào trong các cơ thể sống cho chúng ta biết rằng, thông qua tiến hóa và chọn lọc tự nhiên, tổ tiên chung xa xôi này đã cho ra đời, cách đây khoảng 3,5 tỷ năm (tuổi của các stromatolithe, hóa thạch cổ xưa nhất mà chúng ta biết), một dòng hậu duệ đầu tiên, đó là các sinh vật tiền nhân hay nhân sơ (*procaryote*, trong tiếng Hy Lạp, *pro* là trước, và *karyon* là nhân). Được tạo thành từ một tế bào không nhân, các sinh vật nguyên thủy này rất nhỏ bé, chỉ bằng một phần nghìn milimet, tức chỉ lớn hơn virus 100 lần. Quần thể các sinh vật tiền nhân này không đồng nhất. Chúng được chia làm hai nhóm.

Nhóm thứ nhất là vi khuẩn, vốn rất quen thuộc với chúng ta và chiếm phần lớn nhất của thế giới sinh vật. Chúng sinh sôi nảy nở trong gần như tất cả các hang hốc khả dụng trên hành tinh chúng ta, và trên cả chính cơ thể chúng ta nữa. Chẳng hạn, số vi khuẩn trong ruột của chúng ta lớn hơn cả dân số trên Trái đất! Nếu tập hợp lại, chúng tạo thành một sinh khối lớn ngang sinh khối của toàn bộ cây cối trên Trái đất cộng lại! Dù từ "vi khuẩn" thường khiến chúng ta nghĩ đến bệnh tật và dịch bệnh, nhưng cũng có những loại vi khuẩn có lợi cho sinh quyển. Chúng đa dạng đến mức người ta vẫn chưa thống kê được hết. Về mặt di truyền, được tạo nên thông qua chọn lọc tự nhiên để có thể sinh trưởng và sinh sản hiệu quả nhất có thể, vi khuẩn là đại diện cho sự sống ở trạng thái thô. Trong khi phải mất 24 giờ thì một tế bào thực vật hoặc động vật mới hoàn thành trọn vẹn một chu kỳ sinh trưởng và phân chia, thì vi khuẩn chỉ cần trung bình nửa giờ để hoàn thành chu kỳ này. Chẳng hạn, sau một giờ đồng hồ,

một vi khuẩn có thể sinh ra bốn vi khuẩn khác. Bốn vi khuẩn này sẽ trở thành 16 sau 1 giờ, và 1.048.576 sau 5 giờ! Sự tăng trưởng của chúng theo hàm mũ và chỉ cần hai ngày là vi khuẩn có thể bao phủ toàn bộ bề mặt của hành tinh, kể cả các đại dương! Chỉ có lượng thức ăn hạn chế trên hành tinh mới có thể giúp chúng ta không phải bị bõm trong những đám vi khuẩn lúc nhúc khắp nơi, vì trên thực tế, để tự nhân đôi, vi khuẩn cần phải có thức ăn.

Nhóm thứ hai là các vi khuẩn cổ (vì người ta cho rằng chúng có nguồn gốc từ rất xa trong thời gian). Chúng ta còn gọi chúng là các sinh vật ưa các điều kiện cực hạn (*xem mục từ này*) bởi vì chúng có thể sinh sôi nảy nở trong các môi trường nóng (*sinh vật ưa nhiệt*), có độ axit cao (*sinh vật ưa axit*) hoặc mặn (*sinh vật ưa mặn*) thách thức cả trí tưởng tượng phong phú nhất. Vi khuẩn và vi khuẩn cổ xưa có một tính chất rất đặc biệt: khả năng sử dụng năng lượng Mặt trời để rút hydro từ các phân tử nước ra để sinh trưởng, và giải phóng nguyên tử oxy làm giàu thêm khí quyển Trái đất non trẻ. Sự gia tăng hàm lượng oxy trong khí quyển Trái đất, cách đây 1,5 - 2 tỷ năm, đã gây ra một vụ đại tàn sát nhiều loài vi khuẩn dị ứng với khí này.

Cũng có thể chính sự cần thiết phải thích nghi với oxy đã dẫn tới sự đột sinh của một dòng sinh vật thứ hai hậu duệ của tổ tiên chung. Trong khi vi khuẩn chinh phục thế giới và vi khuẩn cổ đua nghich trong nước sôi o gần các ống khói ngầm dưới biển, thì trò đột biến gen và chọn lọc phân tử đã làm cho một đám sinh vật trong bóng tối bắt đầu phát triển theo một hướng hoàn toàn bất ngờ, sau hơn 2 tỷ năm, dẫn tới sự đa dạng vô biên của phần nhìn thấy được của sinh quyển. Nó đã cho ra đời các sinh vật được cấu thành từ các tế bào gọi là sinh vật nhân chuẩn (*eucaryote*, trong tiếng Hy Lạp, *eu* nghĩa là "chuẩn") - đối lập với các tế bào tiền nhân (*procaryote*) vì chúng chỉ có một nhân. Các tế bào có nhân này lớn hơn nhiều (khoảng 20 phần nghìn milimet, một số thậm chí còn có thể thấy được bằng mắt thường) và phức tạp hơn các tế bào không nhân của các sinh vật tiền nhân.

Các sinh vật nhân chuẩn ngày nay có trong tất cả các nhóm sinh vật đơn bào, như các amíp, chẳng hạn. Một số sinh vật đơn bào vô hại, yên phận trong các ao hoặc hồ nước, nhưng một số là nguồn gốc gây bệnh nguy hiểm, như bệnh sốt rét. Tất cả các sinh vật đa bào như

cây cối, nấm và động vật, kể cả chúng ta, đều được tạo thành từ các tế bào nhân chuẩn

Các sinh vật nhân chuẩn đã có một “sáng chế” quan trọng: giới tính. Thay vì tự chia đôi tế bào như vi khuẩn, sự sinh sản của các sinh vật nhân chuẩn diễn ra bằng cách hợp nhất hai tế bào độc lập, tạo ra một tế bào mới có bộ gen riêng, khác với gen của các tế bào bố mẹ. Nhờ “sáng chế” này, phạm vi thực nghiệm di truyền đã mở rộng đáng kể. Sự đa dạng hơn của các gen bắt nguồn từ sáng chế này đã tạo ra một khả năng thích nghi lớn hơn với các điều kiện môi trường ngày càng khác nhau. Giới tính cho phép sự sống leo lên cao hơn trong thang phức tạp.

Như vậy, sự sống hiện nay trên Trái đất được chia làm ba nhánh lớn: vi khuẩn, vi khuẩn cổ và sinh vật nhân chuẩn, tức là cây cối, nấm và động vật. Ba nhánh này đã mọc ra từ thân cây sự sống như thế nào, chúng được các tác nhân môi trường thúc đẩy ra sao và theo trật tự thời gian nào? Tất cả những điều này hiện vẫn còn chưa được làm sáng tỏ.

## **Sự sống và các hành tinh khổng lồ**

Ngày nay, chúng ta biết rằng Trái đất là hành tinh duy nhất trong Hệ Mặt trời cư mang sự sống có trí tuệ. Do trong quá khứ, Hỏa tinh từng có nước, nên có khả năng sự sống đang hoặc đã tồn tại trên hành tinh đỏ, không phải dưới dạng sinh vật có ý thức, mà dưới dạng các vi sinh vật. Còn Thủy tinh và Kim tinh, nơi nhiệt độ bề mặt cao gấp năm lần nhiệt độ nước sôi, thì rất ít khả năng sự sống như chúng ta biết có thể phát triển. Thế còn trên những hành tinh khí khổng lồ thì sao? Liệu chúng có chứa sự sống không?

Các hành tinh khổng lồ không hề thuận lợi cho sự sống. Và sở dĩ như vậy là vì nhiều lý do. Khí quyển của chúng, chủ yếu gồm hydro, giống với khí quyển hơi thủy của Trái đất. Trên hành tinh chúng ta, với một bầu khí quyển hydro, sự sống đúng là đã bắt đầu, nhưng nó

chỉ thực sự cải cảnh khi oxy bước lên sân khấu nhờ các sinh vật. Một đột biến như vậy là điều không thể có trên các hành tinh khổng lồ do khối lượng hydro của chúng quá lớn. Hơn nữa, chúng không có bề mặt cứng. Áp suất và nhiệt độ ở lõi đá của chúng bị chôn vùi dưới các lớp khí khổng lồ là quá lớn nên sự sống không thể phát triển được. Nếu phần bên trong của các hành tinh khổng lồ không thể chứa sự sống như chúng ta biết, thì liệu các lớp cao hơn của khí quyển của chúng có thuận lợi cho sự sống hơn không? Câu trả lời là không, vì tại đó liên tục nổ ra các trận bão dữ dội.

Khí quyển hydro đẩy những dòng chảy rời và hỗn độn di chuyển khắp nơi hết từ giờ này sang giờ khác, vô số các trận bão, sấm sét chiếu sáng các đám mây, gió thổi với vận tốc hàng trăm km/h, không có bề mặt cứng, áp suất và nhiệt độ cao không thể tưởng tượng nổi trong lòng chúng; tất cả những điều này không hề thuận lợi để đánh thức và phát triển sự sống trên các hành tinh khổng lồ! Máy dò được phi thuyền *Galileo* thả xuống khí quyển của Mộc tinh năm 1995 có nhiệm vụ tìm kiếm các phân tử hữu cơ bền trong khí quyển Mộc tinh: nó đã phát hiện được các phân tử đơn giản gốc cacbon, như etan, nhưng không có gì gợi ý đến sự hiện diện của các hợp chất tiền sinh học hay vi khuẩn trôi nổi trong khí quyển Mộc tinh.

## Sự sống và Cái chết

Lịch sử sự sống trên Trái đất diễn ra đồng thời theo hai hướng dọc và ngang. Hướng dọc được thể hiện bằng sự phức tạp ngày càng tăng theo tuổi Trái đất (có thể con người phức tạp hơn rất nhiều so với một vi khuẩn đơn bào). Hướng ngang được thể hiện bởi sự đa dạng đáng kinh ngạc của sự sống và sự đa dạng hóa ngày càng lớn của các loài theo thời gian.

Chúng ta hãy về thăm Trái đất cách đây 3 tỷ năm: các bạn sẽ chỉ gặp các vi khuẩn và vi khuẩn cổ sinh. Các sinh vật lúc đó chưa tiến hóa nhiều và cũng chưa đa dạng. Ngược trở lại 500 triệu năm:

bạn vẫn thấy hai dạng vi khuẩn, nhưng bạn cũng còn thấy vô số tảo, bọt biển, rêu và nấm, một ít sâu bọ, bọ ba thùy, tôm, cua và động vật nhuyễn thể. Du hành ngược về 140 triệu năm, thì toàn bộ thế giới nhỏ bé này vẫn ở đó để đón tiếp bạn (trừ loài bọ ba thùy), nhưng hơn thế, các bạn còn được chiêm ngưỡng cảnh tượng đa sắc của hoa và những cánh bướm tung tăng, được nghe tiếng vo ve của ong, tiếng chim hót ru, thích thú với sự phát triển của các loại cá trong biển, và loáng thoáng thấy những động vật có vú nhỏ nhoi lên loi trong rừng rậm. Nhưng khủng long ăn thịt và thằn lằn liên sư lảng vảng trong khung cảnh sẽ làm bạn sợ cứng người.

Sự xuất hiện của các dạng động vật mới có khả năng thích nghi hơn không nhất thiết đồng nghĩa với sự đào thải các dạng kém tiến hóa hơn. Tất cả đều có chỗ cho mình. Bên cạnh các sinh vật đơn bào như trùng đế giày và các loại động vật nguyên sinh khác, còn có các động vật đa bào như nhím biển và sứa, chim đại bàng và chim họa mi, chuột và con người. Nhưng điều đó cũng không có nghĩa là một loài nào đó, khi đã sinh ra, sẽ tồn tại mãi mãi. Một số cành hoặc nhánh của cây đời sẽ bị cắt cụt, và có những loài bị tuyệt chủng hoàn toàn. Chẳng hạn, loài bọ ba thùy đã không chống chọi được cái lạnh khủng khiếp bao trùm Trái đất vào cuối kỷ pécmi, và một tiểu hành tinh điển rồ đến đâm vào Trái đất cách đây 65 triệu năm đã kết liễu loài khủng long (xem mục từ này). Sự tuyệt chủng này đã giải phóng phóng các ổ sinh thái để chúng nhanh chóng được các loài khác chiếm giữ.

Các loài tiến hóa và tự hoàn thiện dần bởi vì chúng phải đấu tranh để sinh tồn và bởi vì cái chết đang chờ chúng ở cuối con đường. Cái chết cho phép sự sống tiến lên. Nó là một phần không thể tách rời của sự sống. Nó nằm trong trật tự của vạn vật. Gần như lúc nào cũng vậy, trước cái chết và sự đe dọa tuyệt chủng, sự sống đã chứng tỏ một sức đề kháng mãnh liệt và bật dậy bằng cách thể hiện một sức sáng tạo mới để tìm lời giải cho các vấn đề gặp phải. Tình hình hoàn toàn khác với các vật vô sinh: sò dĩ các hạt cơ bản và các nguyên tử không tiến hóa, chính là bởi vì chúng không cần đấu tranh sinh tồn, vì chúng không bị đe dọa tuyệt chủng, và bởi vì chúng không phải tuân theo chọn lọc tự nhiên. Một hạt ánh sáng được tạo ra 300.000 năm sau Big Bang có chính xác các đặc điểm của một hạt ánh sáng sinh ra ngày nay, 13,7 tỷ năm sau vụ nổ khởi thủy.

## Sự sống và entropy

Vào thế kỷ XIX, trong cuộc cách mạng công nghiệp, giấc mơ lớn nhất của các nhà khoa học và các kỹ sư là xây dựng một cỗ máy lý tưởng có năng suất và hiệu suất lớn nhất có thể, cỗ máy sinh công nhiều nhất nhưng tiêu thụ ít nhiên liệu nhất. Họ đã nhận thấy rằng một cỗ máy chạy bằng chất đốt (như động cơ quay, xe hơi chạy, con tàu lẫn bánh) đều tất yếu tỏa nhiệt vào không gian và như vậy sẽ bị lãng phí. Làm thế nào có thể hạn chế sự lãng phí này? Bằng cách nghiên cứu sự tương tác giữa lượng năng lượng tiêu hao, sự tỏa nhiệt và công thực hiện, các nhà khoa học đã khám phá ra các nguyên lý của nhiệt động lực học, khoa học về nhiệt. Đặc biệt, là nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học (xem: *Nhiệt động lực học và vũ trụ*). Nguyên lý này nói đại ý rằng trong mọi hệ kín và cô lập, sự hỗn loạn hay bất trật tự (được các nhà vật lý đo bằng một đại lượng có tên là “entropy”) phải tăng hay chí ít là không giảm. Nguyên lý này đã phá tan mọi hy vọng xây dựng một cỗ máy hoàn hảo không lãng phí một chút năng lượng nào, một động cơ vĩnh cửu chạy mãi mãi mà không cần tiếp thêm nhiên liệu. Không một cỗ máy nào có hiệu suất 100%. Một phần của năng lượng được sử dụng, gọi là năng lượng có “trật tự”, như xăng cung cấp cho động cơ xe hơi hoặc than để kéo một đoàn tàu chạy bằng hơi nước, sẽ luôn được chuyển hóa thành nhiệt và tiêu tán trong không gian. Nhiệt này là biểu hiện của năng lượng “bất trật tự”, vì thế mà không sử dụng được. Nó được thể hiện bằng những chuyển động hỗn loạn của các phân tử không khí. Trong mọi hệ, theo thời gian, đều có sự chuyển hóa không gì cưỡng nổi và theo một chiều duy nhất từ năng lượng trật tự sang năng lượng bất trật tự. Nếu không dừng lại trạm xăng để tiếp thêm nhiên liệu thì xe của bạn sẽ không thể tiếp tục chạy được.

Nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học thể hiện tác dụng của nó trong rất nhiều tình huống của cuộc sống hằng ngày: một người tuyết tan chảy dưới ánh nắng Mặt trời, một ngôi nhà không được duy tu sẽ đổ nát, một tách cà phê sẽ nguội dần. Trong tất cả các tình huống này, sự hỗn loạn đều tăng lên theo thời gian (xem: *Mũi tên thời gian*). Người tuyết trật tự hơn một vũng nước, kết quả của sự tan chảy, tình

tổ chức của ngôi nhà mới là cao hơn rất nhiều so với đồng gạch đồ nát phi hình dạng, và tách cà phê đã trao đổi nhiệt với không khí xung quanh, làm tăng chuyển động hỗn loạn của các phân tử không khí. Sự chuyển từ trật tự sang hỗn loạn này diễn ra theo một chiều duy nhất. Bạn sẽ không bao giờ thấy một người tuyết tự tái tạo lại từ một vũng nước, một đồng gạch vụn tự kết nối lại với nhau để biến thành một ngôi nhà, hay một tách cà phê tự mình nóng lên.

Thoạt nhìn, dường như sự sống là một ngoại lệ của nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học. Vật chất, như chúng ta đã thấy, có xu hướng trở nên vô tổ chức. Còn sự sống lại được tổ chức ngày càng cao hơn. Các nguyên tử kết hợp với nhau để tạo thành gien, sự tăng trưởng của một bào thai, sự xuất hiện của một loài mới: rất nhiều ví dụ về sự tăng trật tự và giảm hỗn loạn. Điều đó phải chăng có nghĩa là sự sống không tuân thủ các nguyên lý của vật lý, các cơ thể sống coi thường nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học?

Câu trả lời là hoàn toàn không. Sơ dĩ sự sống có vẻ như không tuân thủ nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học chính bởi vì nguyên lý này đã bị hiểu sai. Nguyên lý này nói rằng hỗn loạn tăng đối với một hệ kín như vũ trụ. Nhưng không gì ngăn cản các khu vực trật tự xuất hiện bên trong vũ trụ ngay khi trật tự sinh ra được bù lại bằng một hỗn loạn lớn hơn sinh ra ở nơi khác, và có một sự gia tăng thực sự của hỗn loạn. Nói một cách khác, nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học có thể bị vi phạm một cách cục bộ, chứ không bao giờ vi phạm một cách toàn bộ.

Các vi phạm có tính cục bộ này thường xuất hiện trong cuộc sống hằng ngày mà chúng ta không để ý. Hãy xét trường hợp chiếc tủ lạnh truyền nhiệt từ môi trường lạnh (bên trong tủ) sang môi trường nóng hơn (bếp nhà của bạn), hoàn toàn trái với hành trạng tự nhiên của nhiệt vốn đi từ nóng sang lạnh, như trong ví dụ tách cà phê đang nguội dần. Chiếc tủ lạnh có thể vi phạm nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học bởi vì có một động cơ điện khi hoạt động đã nóng lên và tỏa nhiệt vào phòng bếp, làm tăng hỗn loạn một cách tổng thể. Tủ lạnh có thể hoạt động bởi vì nó là một hệ mở tương tác với môi trường - ở đây là không khí xung quanh trong phòng bếp.

Sự sống cũng có thể vi phạm nguyên lý thứ hai ở những nơi cụ thể nào đó như trên Trái đất, vì hành tinh của chúng ta là một hệ mở



tuyệt vời liên tục trao đổi năng lượng với môi trường (xem: *Sự sống là gì?*). Cơ thể chúng ta tiêu thụ thức ăn để sinh trưởng và phát triển. Chính nhờ thức ăn mà các tế bào mới xuất hiện. Khi được sinh ra, các tế bào này làm tăng tổng trật tự của cơ thể. Nhưng trật tự này không đủ để bù cho những hỗn loạn sinh ra trong môi trường do nhiệt mà cơ thể chúng ta tỏa ra, nhiệt này đến từ sự chuyển hóa năng lượng trật tự của thức ăn thành năng lượng bất trật tự. Cũng tương tự như vật đối với sự sinh trưởng của cây cối: cây hấp thụ năng lượng Mặt trời. Ánh sáng nóng của Mặt trời làm tăng hỗn loạn trên Trái đất lạnh hơn, thừa đủ để bù cho trật tự sinh ra bởi sự tạo ra các tế bào mới trong cây cối. Xét đến cùng, chính Mặt trời cung cấp năng lượng và nhiệt của mình cho Trái đất giúp cho cây quang hợp (xem mục từ này), tạo ra những hỗn loạn cần thiết để trật tự mang tên sự sống xuất hiện trên Trái đất.

Rộng hơn, các ngôi sao là những chiếc máy phát sinh ra sự hỗn loạn cần thiết để bù cho trật tự mà sự tổ chức vũ trụ và sự xuất hiện sự sống đòi hỏi. Giống như nước nóng nguội đi khi tiếp xúc với không khí lạnh bằng cách truyền chuyển động hỗn loạn của các phân tử của nó cho các phân tử của không khí, và qua đó, làm tăng hỗn loạn của vũ trụ, các ngôi sao phát ra ánh sáng nóng của mình vào không gian bằng giá giữa các vì sao và giữa các thiên hà để làm tăng thêm tổng hỗn loạn của vũ trụ và cho phép các vùng trật tự thuận lợi cho sự sống đột sinh.

Để các ngôi sao có thể hoàn thành vai trò phát sinh ra hỗn loạn của mình, thì không gian mà chúng tỏa nhiệt vào nhất thiết phải lạnh hơn bề mặt của chúng, vì nhiệt đi tự nhiên từ nóng sang lạnh chứ không theo chiều ngược lại. Nhưng làm thế nào tạo ra được một môi trường lạnh như thế cho các ngôi sao? Ở đây, chính hành trạng của toàn vũ trụ đã bước vào cuộc chơi. Bởi vì vũ trụ dãn nở, nó không ngừng loãng thêm và lạnh đi. Không gian giữa các thiên hà, ban đầu nóng hơn mọi hỏa ngục mà nhà văn Dante có thể tưởng tượng ra (ở thời gian vô cùng ngắn  $10^{-43}$  giây, vũ trụ có nhiệt độ cao không thể tưởng tượng nổi là  $10^{32}^{\circ}\text{C}$ ), thì ngày nay, sau một quá trình tiến hóa 14 tỷ năm, nó đã đạt tới nhiệt độ băng giá -  $270^{\circ}\text{C}$ . Chính sự chênh lệch lớn này giữa nhiệt độ băng giá với nhiệt độ thiêu đốt tại bề mặt các ngôi sao (từ vài nghìn đến vài chục nghìn độ) đã cho phép các

ngôi sao làm tăng tổng hỗn loạn của vũ trụ, và qua đó, cho phép sự sống xuất hiện.

Như vậy, cái cục bộ được kết nối với cái toàn bộ, và tất cả đều phụ thuộc lẫn nhau. Nguồn gốc của sự sống liên quan mật thiết với nguồn gốc của vũ trụ. Không có chuyển động dẫn nò của vũ trụ khiến các thiên hà ngày càng chạy ra xa chúng ta một cách không gì cưỡng lại nổi thì không một phân tử phức tạp nào cũng như không một cơ thể sống nào có thể được tạo ra trên hạt cát nhỏ bé mất hút trong thăm thẳm mênh mông của vũ trụ mà người ta gọi là Trái đất này, và chúng ta sẽ không có mặt ở đây để nói về nó.

## **Sự tăng tốc của vũ trụ**

*Xem: Năng lượng tối*

## **Sự thống nhất của tự nhiên**

Lịch sử khoa học được đặc trưng bởi sự hành tiến không ngừng tới sự thống nhất. Cùng với sự tiến bộ của vật lý học, người ta đã phát hiện ra các mối liên hệ mật thiết giữa các hiện tượng mà trước kia người ta nghĩ là chúng hoàn toàn tách rời nhau. Vật lý học đã bắc những cầu nối giữa các lĩnh vực mà tất cả dường như là tách rời, nó cũng đã xóa đi và vứt bỏ những khác biệt, mà xét cho đến cùng, chỉ có tính chất bề ngoài.

Bước tiến đến sự thống nhất đã bắt đầu với Isaac Newton (1642-1727), vào thế kỷ XVII. Nhà bác học người Anh này đã thống nhất Trời và Đất, đã xóa tan sự phân biệt giữa trời và đất theo Aristotle: sự rơi của một quả táo trong vườn và chuyển động của các hành tinh quanh Mặt trời đều được chi phối bởi một và chỉ một định luật, đó là định luật vạn vật hấp dẫn. Sau đó, âm học nhập vào cơ học Newton khi người ta nhận rằng âm thanh chẳng qua chỉ là một chuyển động dạng sóng của không khí, rằng nó được truyền bởi vô số các phân tử không khí dao động. Rồi cơ học bao trùm nhiệt động lực học, khoa học về nhiệt, ngay khi người ta phát hiện vào thế kỷ XIX rằng nhiệt

là do chuyển động của các nguyên tử và phân tử cấu thành các vật. Chẳng hạn, nhiệt làm cho bạn cảm thấy ngột ngạt và đổ mồ hôi vào mùa hè bởi vì nhiệt độ cao làm cho các phân tử không khí chuyển động nhanh và va chạm vào cơ thể bạn, truyền năng lượng cho cơ thể bạn. Ngược lại, bạn cảm thấy rét cóng vào mùa đông bởi vì nhiệt độ thấp làm cho cũng các phân tử này chuyển động uể oải hơn và va chạm với cơ thể bạn với ít năng lượng hơn. Một bước tiến nữa dẫn tới sự thống nhất đã được thực hiện vào cái ngày mà người ta ý thức được rằng sự tương tác cơ học giữa các vật, như ma sát chẳng hạn - chính thứ ma sát làm cho phanh xe đạp của bạn nóng lên khi nó cọ xát vào lốp xe - có thể được giải thích bằng sự tương tác điện từ giữa các nguyên tử và phân tử của các vật này. Thế kỷ XIX cũng được chứng kiến sự thống nhất lớn giữa điện và từ bởi các nhà vật lý người Anh là Michel Faraday (1791-1867) và James Maxwell (1831-1879): Maxwell đã chứng minh được rằng các hiện tượng này chỉ là hai mặt của một và chỉ một thực tại. Bằng sự phát hiện ra rằng các sóng điện từ trên thực tế chỉ là các sóng ánh sáng, ông đã thống nhất quang học với điện từ học.

Cuối thế kỷ XIX, tất cả chuyển động của các hạt đều có thể hiểu được thông các lực hấp dẫn hay điện từ. Trong chừng mực khoa học nghiên cứu các chuyển động này chính là cơ học, thì người ta có thể nói rằng toàn bộ vật lý đã được thống nhất thành hai tương tác: hấp dẫn và điện từ. Các sự phân chia trước kia của vật lý - cơ học, nhiệt động lực học, quang học, âm học, điện, từ và hấp dẫn - không còn lý do để tồn tại và bị đẩy vào quên lãng.

Các tiến bộ hướng đến sự thống nhất thật là ngoạn mục. Tuy nhiên, mục đích cuối cùng - một mô tả thống nhất về tự nhiên, đôi khi được các nhà vật lý học gọi hơi quá cường điệu là "lý thuyết của Tất cả" - vẫn còn rất xa vời, và con đường để đến được đó còn lắm chông gai. Trong suốt nửa đầu thế kỷ XX, Albert Einstein (1879-1955) đã cố gắng thống nhất lực hấp dẫn yêu quý của mình với lực điện từ, nhưng bất thành. Nhiều nhân vật khác đã bước lên sân khấu vật lý và đòi người ta phải chú ý đến mình. Tính phóng xạ, được nhà vật lý người Pháp Henri Becquerel (1852-1908) phát hiện vào cuối thế kỷ XIX, và do lực hạt nhân yếu gây ra, không có chỗ trong mô hình trước đó. Lực hạt nhân mạnh - lực gắn kết các viên gạch của vật chất

(proton và neutron) lại với nhau để tạo thành các hạt nhân nguyên tử - cũng đòi được tham gia vào mọi lý thuyết thống nhất. Các nhà vật lý Abdus Salam (1926-1996) người Pakistan, Steven Weinberg (sinh năm 1933) và Sheldon Glashow (sinh năm 1932) người Mỹ đã vượt qua thử thách này và đã chứng minh được vào năm 1967 rằng các lực điện từ và hạt nhân yếu, về bản chất, chỉ là một lực duy nhất, lực điện hạt nhân. Một thời gian ngắn sau, lý thuyết gọi là "thống nhất lớn" đã xuất hiện để nói với chúng ta rằng nó có thể thống nhất lực hạt nhân mạnh với lực điện hạt nhân. Nhưng ke cứng đầu thứ tư, lực hấp dẫn, vẫn tỏ ra rất ngoan cố. Nhưng lý thuyết Dây (*xem mục từ này*) đã xuất hiện trong những năm 1980 và đã thông báo cho chúng ta biết rằng nó có thể sẽ chịu khuất phục. Lý thuyết Dây đã trình bày thế giới với chúng ta như một bản giao hưởng khổng lồ cấu thành từ những dao động của các sợi dây trong một vũ trụ có sáu hoặc bảy chiều không gian bổ sung. Các chiều này cuộn lại nhỏ tới mức chúng ta không cảm nhận được chúng. Như vậy thế giới bị chi phối bởi một và chỉ một siêu lực, mà sự trị vì có tính đơn thần của nó trải ra toàn vũ trụ.

Vậy thì liệu chúng ta đã đi đến cuối con đường chưa? Liệu chúng ta có sắp sửa được nhìn thấy sự thống nhất trong toàn bộ vẻ đẹp vinh quang của nó hay chưa? Một số nhà vật lý nghĩ rằng có thể. Về phần mình, tôi vẫn còn chưa tin. Lý thuyết Dây vẫn bị bao phủ bởi một tấm màn toán học dày đặc và vẫn chưa được kiểm chứng trực tiếp bằng thực nghiệm. Việc đưa cỗ máy LHC (*Large Hadron Collider*) vào hoạt động, năm 2009, ở Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu, hứa hẹn sẽ kiểm chứng được một số tiên đoán của lý thuyết này (đặc biệt là vấn đề các chiều không gian bổ sung và các hạt gọi là "siêu đối xứng"). Nhưng chừng nào lý thuyết này vẫn chưa neo được vào hiện thực, thì chừng ấy nó vẫn chỉ là một lý thuyết siêu hình...

## Sự thống nhất của sự sống trên Trái đất

Mỗi người chúng ta đều có hai bố mẹ, bốn ông bà và tám cu ki, và cứ tiếp tục như vậy. Số tổ tiên của chúng ta cứ nhân đôi mỗi lần chúng ta lùi lại một thế hệ trên cây phả hệ. Và cứ theo lập luận này thì nếu chúng ta trở lại khoảng 36 thế hệ thì số tổ tiên của chúng ta sẽ là  $2^{36}$ , tức 70 tỷ người; bởi vì mỗi thế hệ cách nhau trung bình 25 năm, nên trở lại 36 thế hệ tương đương với trở lại thời gian khoảng 900 năm, tức là vào năm 1100. Nếu chúng ta lần ngược tới tận năm 0, thời điểm Chúa Jesus ra đời, thì số tổ tiên của chúng ta về lý thuyết phải là 1 triệu tỷ tỷ ( $10^{24}$ )! Nếu bạn nghĩ rằng những con số này là quá lớn, thì bạn có lý, bởi nó lớn hơn tổng số (50 tỷ) người từng sống trên Trái đất từ buổi bình minh của nhân loại đến nay. Hiên nhiên, các con số này nói với chúng ta rằng mỗi người trong chúng ta không thể sở hữu một cây phả hệ hoàn toàn khác biệt với những người khác. Nếu không, chúng ta có nguy cơ làm bùng nổ dân số địa cầu bằng những con người chưa bao giờ tồn tại! Vào một thời điểm nào đó trong quá khứ, các dòng phả hệ của chúng ta chắc chắn phải gặp nhau và hợp nhất lại.

Như vậy, khi lần ngược lại đủ xa trong quá khứ, tất cả chúng ta đều là anh em họ xa của nhau. Chúng ta có thể tự hào mình có họ với Thomas Jefferson (1743-1826) (tác giả Tuyên ngôn độc lập Mỹ năm 1776), hoàng đế Charlemagne (742-814) thế kỷ IX, Joseph và Marie năm 0, hoặc với Đức Phật (563 - 483 tCN) 500 năm tCN. Thực tế, nếu chúng ta lần ngược lại quá khứ đủ xa, và bởi vì dân số loài người ngày càng giảm ở thượng nguồn, nên kết luận tất yếu là mọi cá nhân có mặt trên Trái đất ngày nay đều là hậu duệ của một tổ tiên chung. Kết luận đặc biệt này đã được các nhà nhân chủng học khẳng định khi họ nói với chúng ta rằng trên thực tế chúng ta đều là con cháu của một tổ tiên xa xôi sống trên các cánh đồng cỏ châu Phi cách đây vài triệu năm, được họ gọi là Lucky, để liên tưởng tới nữ nhân vật chính trong bài hát của ban nhạc Beatles, *Lucy in the sky with diamonds*.

Ngạc nhiên hơn nữa, sự giải mã bộ gen của người và của các loài sinh vật khác phát lộ cho chúng ta thấy sự hội tụ của các cây phả hệ vào một cây duy nhất không chỉ liên quan tới con người mà

còn tới toàn bộ loài vật. Chẳng hạn, chúng ta có chung 99,5% gien với tinh tinh. Điều này có nghĩa là chúng ta có một tổ tiên chung, và nếu chúng ta có thể lần ngược lại cây phả hệ của tinh tinh đủ xa, thì chúng ta sẽ thấy nó tất phải trùng với cây phả hệ của chúng ta vào một thời kỳ rất xa trong quá khứ. Điều đúng đối với tinh tinh cũng đúng với toàn bộ các sinh vật khác, từ những chú cá heo đùa giỡn trong đại dương đến những cò sơn ca quyển rũ chúng ta bằng giọng hát thánh thót, những chú ve ru chúng ta trong những đêm hè, những cây sồi ven đường, những cây nấm trái thơm trong các cánh rừng, những bông hồng khiến chúng ta ngây ngất với mùi hương quyển rũ... Dù các sinh vật này là con người, động vật hay cây cối, thì các cành riêng trên các cây phả hệ của chúng đều chắc chắn sẽ cắt nhau và tất sẽ gặp nhau sớm hay muộn để chỉ tạo thành một và chỉ một cây duy nhất - đó là cây sự sống.

Chúng ta hãy bắt đầu từ một cành bất kỳ của cây sự sống này. Đi từ cành này đến cành khác, từ nhánh này đến nhánh kia, bạn sẽ luôn thấy một con đường dẫn tới thân cây chính. Cách đây khoảng 500 triệu năm, tổ tiên của tôi là một con cá. Trở lại thời gian 1 tỷ rưỡi năm: tổ tiên của tôi là một vi khuẩn. Trên thực tế, tất cả chúng ta đều là hậu duệ của cùng một và chỉ một sinh vật, một tế bào nguyên thủy cách đây khoảng 3,8 tỷ năm. Sự sống đã nảy nở trong một quá khứ rất xa xôi từ một và chỉ một sự kiện. Từ một tổ tiên chung, ở gốc của cây sự sống, nó đã đa dạng hóa theo thời gian bằng các phân nhánh liên tiếp với sự xuất hiện của những loài mới. Thân cây sự sống đã lớn lên theo chiều dọc, nhưng các cành, nhánh cũng ra đời để tạo cho nó một sự phát triển theo bề ngang. Nếu một số loài phát triển và sinh sôi nảy nở, thì nhiều loài khác, như chim cu lười hoặc khủng long, đã không còn sống sót. Hơn 99% số loài xuất hiện trên Trái đất đã tuyệt chủng. Chúng là các cành thấp của cây sự sống, và đã bị cắt cụt.

Sự thống nhất này của sự sống được thừa nhận mặc nhiên trong ngôn ngữ dân gian: chẳng phải chúng ta dùng từ sự sống để chỉ các sinh vật hết sức đa dạng như một con mèo, con ngựa, con muỗi, con sứa, cá heo, cây mỳ nhân hay cây dương xỉ đó sao?

Vậy các nhà khoa học đã tái dựng lại cây sự sống như thế nào? Người ta có thể nghĩ rằng chỉ cần các nhà cổ sinh học tìm ra được đủ các hóa thạch - một khung xương chấu ở đây, một chiếc răng ở kia.

một đoạn xương chày một chỗ khác nữa, thế là xong!- các vết tích của cây cối và sinh vật cổ xưa sẽ cho chúng ta thấy những đột biến của sự sống trong quá khứ. Nhưng còn lâu mới như vậy. Các hóa thạch có niên đại hơn 600 triệu năm hầu như không tồn tại. Hoặc là các sinh vật của thời kỳ này đã không để lại dấu vết gì, hoặc các dấu vết này còn chưa được phát hiện, hoặc chúng đã bị xóa nhòa theo thời gian. Nếu cổ sinh học cung cấp cho chúng ta những thông tin về các cảnh cao hơn của cây sự sống (những cảnh đại diện cho các loài gần chúng ta hơn về thời gian), thì nó lại im lặng trước các cảnh thấp hơn (những cảnh của các loài cách xa chúng ta hơn về thời gian).

Vậy liệu có phải vứt bỏ mọi hy vọng tìm lại dấu vết của nguồn gốc sự sống? Không hề, bởi vì lịch sử này được ghi ngay trong chính các sinh vật. Chỉ cần biết giải mã nó. Chính các nhà sinh học phân tử cung cấp cho chúng ta cách đọc mật mã này. Bằng cách so sánh cấu trúc và sự hoạt động của các phân tử lớn cấu thành nền tảng sự sống, các protein và axit nucleic, trong các sinh vật mà thoát nhìn có vẻ rất khác nhau, họ đã khẳng định không một chút nghi ngờ nào về sự thống nhất của sự sống. Mọi sinh vật được nghiên cứu, không có ngoại lệ, đều có cùng hệ vật lý và hóa học. Tế bào của các sinh vật nhìn bề ngoài rất khác nhau, như con người và cây lúa mì, nhưng về cơ bản lại hoạt động theo cùng cách đối với sự chuyên hóa. Chúng hấp thụ và giữ lại năng lượng của mình, sinh trưởng và tái tạo hành trang di truyền theo cách thức tương tự trong cả hai trường hợp. Hãy nghiên cứu protein và axit nucleic trong các sinh vật rất khác nhau như một con tằm và một con ếch, và bạn sẽ nhận thấy rằng chúng giống nhau đến mức dễ dàng nhầm lẫn.

Nhưng chắc chắn bằng chứng thuyết phục nhất về sự tồn tại của một tổ tiên chung là sự phổ quát của mật mã được sử dụng bởi tất cả các sinh vật để truyền thông tin di truyền, được ghi trong chuỗi xoắn kép ADN. Khó có thể tin rằng chính cơ chế cực kỳ phức tạp và đặc thù này lại xuất hiện một cách độc lập trong các sinh vật khác nhau, nhiều lần liên tiếp, mà không có một mối quan hệ nhân quả nào. Khả năng có thể là cơ chế này đã xuất hiện ở một tổ tiên chung, và tổ tiên này đã truyền nó cho lũ hậu duệ đông đảo và đa dạng của mình.

Để dựng lại cây sự sống, các nhà sinh học xuất phát từ nguyên tắc: càng tồn tại nhiều khác biệt về phân tử giữa hai sinh vật, thì mối

liên hệ họ hàng giữa chúng càng xa, thời gian ngăn cách sự xuất hiện của các tổ tiên ban đầu của chúng càng dài và các cảnh của chúng càng xa nhau trên cây sự sống. Chẳng hạn, chúng ta hãy xem xét một protein có tên là "xítocrom c", tham gia vào sự tiêu thụ oxy ở các sinh vật. So với phiên bản của người, thì protein này của loài khi chỉ khác một axit amin duy nhất, trong khi của chó, rắn chuông, ếch, cá ngừ, tằm, lúa mì và nấm men khác lần lượt là 11, 14, 18, 21, 31, 43 và 45 axit amin. Các con số này khẳng định lại trực giác của chúng ta rằng lúa mì và nấm men xa chúng ta hơn so với khi và chó trên cây sự sống. Nhưng quan trọng nhất không phải là khác bao nhiêu và giống bao nhiêu. Ấn tượng là ở chỗ các sinh vật có vẻ ngoài rất khác nhưng lại chia sẻ rất nhiều đặc tính với chúng ta. Ngay cả lúa mì và nấm men cũng có hơn 50 axit amin chung với con người! Sinh học phân tử nói rõ ràng với chúng ta rằng mọi sinh vật sống trên Trái đất - con người, động vật, cá, côn trùng, cây cối hoặc hoa - đều là hậu duệ của cùng một tổ tiên.

*Đọc thêm: Christian de Duve, Poussière de vie, Fayard, 1996*

## Sự trôi dạt của các lục địa

Trái đất, lớn hơn Thủy tinh 2,6 lần và hơn Mặt trăng 3,7 lần, nên nhiệt lượng ban đầu của nó mất đi chậm hơn. Ngoài nhiệt được giải phóng bởi sự va chạm của các tiểu hành tinh cách đây hơn 4 tỷ năm còn có nhiệt tỏa ra bởi các chất khoáng phóng xạ ở bên trong của nó. Những người thợ mỏ đều biết rằng nhiệt độ tăng cao dần khi xuống sâu vài trăm met trong lòng đất. Nhiệt độ ở tâm Trái đất vào khoảng 5.500°C, gần bằng nhiệt độ của bề mặt Mặt trời. Nhiệt lượng này không ngừng được giải phóng, làm cho đá ở dưới vỏ Trái đất đá bị hóa lỏng và tan chảy. Và chính điều này đã làm cho các lục địa trôi dạt.

Trái đất yêu quý của chúng ta không được neo chặt như chúng ta tưởng. Nó dịch chuyển trên bề mặt của địa cầu với vận tốc vài



centimet mỗi năm, gần bằng vận tốc mọc của móng tay. Ở thang của một đời người, các di chuyển này là không thể nhận thấy được, nhưng, trên các kỷ địa chất, thì chúng không ngừng làm thay đổi bề ngoài của bề mặt Trái đất. Chẳng hạn, chỉ cần sự trôi dạt 2cm mỗi năm trong 200 triệu năm để một đại dương rộng lớn 4.000 km được khoét giữa Bắc Mỹ và Châu Âu.

Trên thực tế, vỏ Trái đất được cấu thành từ khoảng chục mảng lục địa (người ta còn gọi là mảng kiến tạo) tiến và lui trong một loại vũ điệu tuyệt vời và không ngừng trên vỏ Trái đất. Một số mảng sáp vào các lục địa. Một số khác không chỉ sáp vào một lục địa, mà còn cả một phần lớn của đại dương. Chẳng hạn, mảng Ấn Độ chứa Ấn Độ, biển Ấn Độ, Úc và các biển phía Nam. Bề mặt của các mảng này tạo thành đáy biển. Chúng mang các lục địa như những lữ khách, và các đại dương đảm nhiệm vai trò lấp đầy các chênh lệch giữa các lục địa.

Tùy theo chuyển động mà một số mảng va chạm dữ dội với nhau, làm thay đổi sâu sắc địa hình Trái đất. Các dãy núi lớn ra đời từ đó. Chính sự va chạm trực diện lớn giữa mảng Ấn Độ và mảng Âu-Á đã làm nổi lên dãy Himalaya. Các lực có sức mạnh khủng khiếp đã làm một phần vỏ Trái đất nổi lên cao tới 8.800 m bốn mùa phủ đầy tuyết trắng, đó chính là đỉnh Everest ngạo nghễ đứng đó thách thức con người chinh phục.

Những va chạm giữa các mảng không chỉ sinh ra các dãy núi. Một mảng có thể trôi dạt bên dưới một mảng khác và bị phá hủy khi nó chìm vào trong vỏ Trái đất, gây ra các vết nứt sâu hoắm dưới đáy biển. Thi thoảng, hai mảng không va chạm trực diện vào nhau, mà trôi dạt vào nhau theo từng đợt, lục cục như các bánh xe không được tra dầu mỡ. Các chấn động đột ngột này làm hành tinh run rẩy. Chính vì thế mà những người California sống dọc theo vết nứt San Andreas, nơi các mảng Bắc-Mỹ và Thái Bình Dương gặp nhau, sống trong lo sợ bị động đất tàn phá.

Ở các khu vực khác, các mảng, thay vì xích lại gần nhau, lại rời xa nhau, phun magma cháy bỏng từ lòng sâu ra khỏi vỏ Trái đất. Núi lửa có thể phun trào. Nếu bạn đánh dấu trên mặt địa cầu các vị trí ở đó Trái đất biểu lộ sự giận dữ của mình hoặc là bằng cách rung động, hoặc bằng cách khạc ra lửa, thì bạn sẽ thấy rằng chúng gần như tất yếu sẽ vẽ nên các đường biên giữa các mảng khác nhau của Trái đất.

Magma trào lên và lạnh đi cũng có thể tạo thành các vùng đất mới dưới đáy biển. Các nhà hải dương học đã phát hiện ra ở giữa Đại Tây Dương một dãy đồi, dưới biển, trải từ Scandinavi cho tới mũi Horn, phân định đường biên giữa các mảng Bắc Mỹ và Nam Mỹ và các mảng Âu-Á và châu Phi. Trái đất rất hoạt tính dọc theo đường biên này, nó biểu lộ tính khí của mình bằng vô số các vụ động đất và phun trào núi lửa. Kết quả xác định niên đại bằng các nguyên tố phóng xạ của dãy đồi này khẳng định rằng chúng trẻ hơn các vùng đất bao quanh chúng. Chẳng hạn, lớp đất ngấm dưới Đại Tây Dương đã được hình thành dần dần trong vòng 200 triệu năm trở lại đây.

Nghiên cứu dãy đồi giữa Đại Tây Dương và các vùng đất xung quanh còn cung cấp cho chúng ta các thông tin quý báu về từ trường Trái đất, vì magma nóng trào lên từ lòng đất mang theo ký ức về từ trường xa xưa. Chẳng hạn, người ta đã nhận ra rằng từ trường đôi cực khi rời xa dãy này về phía các vùng đất già hơn. Xa hơn, trong các vùng đất còn già hơn nữa, trường này lại thay đổi cực một lần nữa. Một kết luận được rút ra: từ trường Trái đất thay đổi tuần hoàn cực của nó, cứ mỗi khoảng là 500.000 năm. Điều này khiến chúng ta liên tưởng tới hành trạng của từ trường Mặt trời thay đổi cực theo một chu kỳ ngắn hơn, 11 năm.

Vậy động cơ chi huy vũ điệu của các mảng kiến tạo là gì? Chính các chuyển động đối lưu của đá bán lỏng trong magma nóng của vỏ Trái đất là nguyên nhân. Magma nóng trào lên, giống như khí nóng bay lên, và, khi tiếp xúc với các lớp trên có nhiệt độ thấp hơn, nó sẽ lạnh đi và rơi trở về các vùng dưới nóng hơn. Được hun nóng trở lại, nó lại trào lên, và cứ tiếp tục mãi như vậy. Các chuyển động đối lưu của magma nóng là cực kỳ chậm: nó trải trên các chu kỳ hàng triệu năm. Chúng đẩy các mảng, làm cho chúng chuyển động. Như vậy, rốt cuộc, chính nhiệt ban đầu được giải phóng bởi va chạm của các thiên thạch điên rồ, được tăng lên bởi nhiệt của các nguyên tử phân rã, nguyên nhân của magma nóng, làm cho hành tinh yêu quý của chúng ta trôi dạt.

Nếu các mảng kiến tạo hiện nay rời xa nhau, thì trong quá khứ chúng phải dính liền nhau. Biết vận tốc và hướng chuyển động trôi dạt của chúng, ta có thể vẽ lại quỹ đạo của chúng và khảo sát bộ phim các sự kiện theo chiều ngược lại. Như có phép thuật, các lục

địa lồng vào nhau giống như các miếng ghép của một trò ghép hình khổng lồ. Bờ biển Brazil dính vào Bờ Biển Ngà ở Châu Phi, và mảng Bắc-Mỹ dính vào mảng Âu-Á, toàn bộ tạo thành một siêu lục địa gọi là Pangée (nghĩa là “tất cả các lục địa”), ngự trị khung cảnh Trái đất cách đây 200 triệu năm. Loài khủng long từng bá chủ trên Trái đất khi đó có thể đi từ vùng mà sau này trở thành Trung Quốc đến tận California mà không bị ướt chân! Ý tưởng về Siêu lục địa khổng lồ này tách rời nhau ra để cho ra đời các lục địa đã được củng cố hơn nữa bởi sự phát hiện rằng các hóa thạch tìm thấy trên các lục địa quanh Đại Tây Dương giống nhau như anh em.

Khó có thể chấp nhận được rằng Siêu lục địa đã được hình thành cách đây khoảng 4 tỷ năm, sau thời kỳ đại bắn phá của các tiểu hành tinh, và đã yên tĩnh chờ đợi cho tới khoảng 200 triệu năm trở lại đây để tự vỡ thành nhiều mảnh. Sự tồn tại, trong quá khứ và trong tương lai, một chuỗi các Siêu lục địa, tập hợp lại với nhau sau khi đã tách rời nhau, rồi lại bắt đầu quá trình đó, là khả dĩ hơn.

**T**

## Thấu kính hấp dẫn

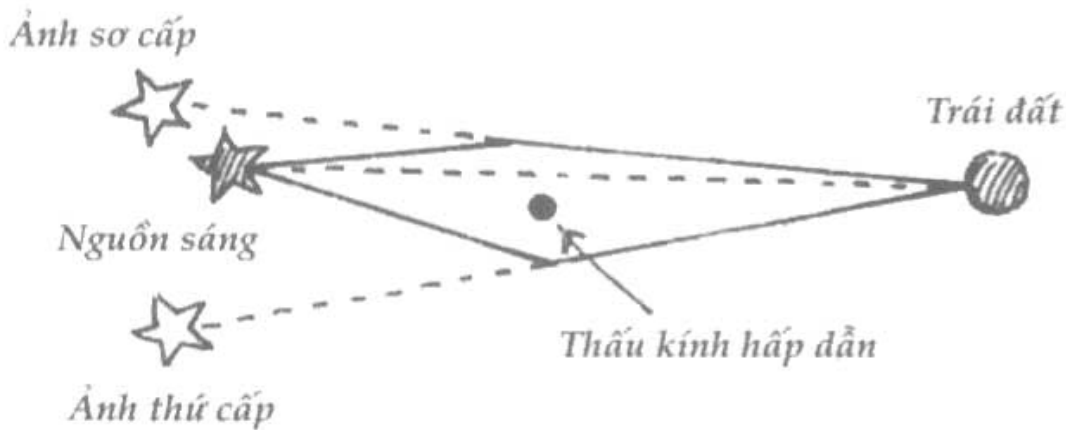
Thấu kính hấp dẫn là một thiên thể rất nặng làm cong không gian bao quanh nó và, bằng cách đó, nó làm lệch hướng ánh sáng tới từ một thiên thể phát sáng ở xa, tạo ra các ảo tượng hấp dẫn.

Thực tế vật chất uốn cong không gian chắc chắn là một trong những phát hiện kỳ lạ của thuyết Tương đối rộng của Einstein. Ngay từ năm 1936, Einstein đã nhận ra rằng nếu ánh sáng nương theo các độ cong của không gian, mà bản thân các độ cong này được quy định bởi trường hấp dẫn của các đối tượng vật chất như một ngôi sao hay một thiên hà, thì các “ảo tượng hấp dẫn” sẽ phải tồn tại. Einstein chứng tỏ rằng nếu hai ngôi sao thẳng hàng với Trái đất, thì để đến được chúng ta, ánh sáng của ngôi sao xa hơn phải đi qua trường hấp dẫn của ngôi sao ở gần, và do đó phải đi qua không gian cong ở quanh nó. Khi đó, ánh sáng sẽ bị lệch hướng. Sự lệch hướng này kéo theo sự biến dạng ảnh của ngôi sao ở xa: ngoài ảnh thông thường của nó là một chấm sáng, còn phải tồn tại một ảnh thứ hai có dạng một vành sáng bao quanh chấm sáng. Ảnh thứ hai này có thể là một dạng ảo tượng của ảnh “thật” thứ nhất, giống như một ốc đảo đẹp nơi lữ khách khát khô đang hi vọng sẽ được giải khát, nhưng thật vô cùng thất vọng, đây chỉ là một ảo tượng của một ốc đảo thực, ở cách xa hàng trăm kilomet. Trên thực tế, vành sáng không tồn tại. Giống như ảo tượng của ốc đảo được sinh ra bởi các tia ánh sáng tới từ một ốc đảo thực bị khí quyển nóng ở trên sa mạc làm cho lệch hướng, ảo tượng vành sáng cũng tạo bởi ánh sáng từ ngôi sao xa bị trường hấp dẫn của ngôi sao gần làm cho lệch hướng: từ đó mà nó có tên là “ảo tượng hấp dẫn”. Ngôi sao gần được gọi là “thấu kính hấp dẫn”: cũng giống như các mắt kính của bạn, nó làm lệch hướng và tụ tiêu các tia sáng.

Einstein đã nghĩ rằng một sự thẳng hàng như thế của hai ngôi sao với Trái đất gần như là không thể, rằng các ảo tượng hấp dẫn chỉ

tồn tại trong tri lượng tượng phong phú của ông và chúng mãi mãi chỉ ở trạng thái các thực thể lý thuyết mà thôi. Như thế nghĩa là ông đã không tính đến khả năng sáng tạo tuyệt vời của tự nhiên. Năm 1937, nhà thiên văn người Thụy Sĩ gốc Mỹ Fritz Zwicky (người phát hiện ra vật chất tối) đã nhận ra rằng các thiên hà và các đám thiên hà là các thấu kính hấp dẫn tuyệt vời hơn rất nhiều so với các ngôi sao, và sở dĩ như vậy là vì hai lý do: vì thiên hà cũng như các đám thiên hà rộng lớn hơn (các thiên hà có đường kính hàng trăm nghìn năm ánh sáng; các đám thiên hà có đường kính khoảng ba mươi triệu năm ánh sáng), nên ánh sáng của các thiên thể ở xa có nhiều cơ hội bị các thấu kính hấp dẫn này bắt và làm cho bị lệch hướng. Mặt khác, bởi vì chúng nặng hơn (các thiên hà có khối lượng bằng khoảng 1.000 tỷ khối lượng Mặt trời, tính cả vật chất tối; còn các đám thiên hà còn nặng hơn khoảng 1.000 lần), nên trường hấp dẫn của chúng mạnh hơn rất nhiều so với trường hấp dẫn của một ngôi sao. Vì vậy, không gian bị uốn cong nhiều hơn, và ánh sáng bị lệch hướng nhiều hơn.

Zwicky đã đi đúng hướng. Ngày nay, các nhà thiên văn đã lập được danh mục rất nhiều ảo tượng vũ trụ của các thiên thể khác nhau trong không gian, với các thiên hà hay các đám thiên hà đóng vai trò là các thấu kính hấp dẫn. Đầu tiên là các quasar (xem mục từ này), đây là các thiên hà chứa một lỗ đen siêu nặng bằng khoảng một tỷ khối lượng Mặt trời ở tâm và phát ra một lượng năng lượng bằng một nghìn thiên hà trong một thể tích chỉ lớn hơn Hệ Mặt trời một chút. Khi một thiên hà nằm giữa Trái đất và quasar, nó có tác dụng như một thấu kính hấp dẫn làm nhân lên ảnh của quasar. Ảnh này sẽ được nhân lên gấp đôi, gấp ba, thậm chí rất nhiều. Mặt khác, chính sự nhân lên này đã khiến các nhà thiên văn hoang mang và lo lắng, nhưng đã giúp cho họ phát hiện ra thấu kính hấp dẫn đầu tiên. Năm 1979, người ta đã phát hiện được một cặp quasar có các tính chất cực kỳ đồng nhất: liệu có thể một trong hai quasar đó là ảo tượng của quasar kia hay không? Nếu đúng như vậy thì phải tồn tại trên đường ngắm của hai quasar này một thiên hà đóng vai trò là thấu kính hấp dẫn. Miệt mài tìm kiếm, cuối cùng rồi các nhà thiên văn cũng đã phát hiện ra một thiên hà đóng chính xác vai trò này.



Như vậy trực giác của Einstein đã được chứng minh là đúng. Ngày nay, các thấu kính hấp dẫn đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu nở rộ trong vật lý thiên văn. Các nhà thiên văn đã lập được danh mục hơn 50 ảo tượng của các quasar. Họ đã phát hiện ra rằng nếu thiên hà-thấu kính có dạng cầu, thì ánh sáng của quasar, thay vì cho vố số các ảnh, sẽ được tái phân bố thành một “vành sáng” quanh ảnh của quasar, chính xác như Einstein đã hình dung<sup>34</sup>.

Các thiên hà không phải là những thiên thể duy nhất đóng vai trò thấu kính hấp dẫn. Các đám thiên hà, tập hợp hàng nghìn thiên hà liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn, cũng không nằm ngoài cuộc chơi. Chúng phân tách ánh sáng của thiên thể xa xôi không phải thành vô số ảnh, mà thành một kính vạn hoa các cung tròn sáng. Bằng cách nghiên cứu hình dạng, vị trí, độ sáng và kích thước của các cung sáng này xung quanh các thiên hà của đám, các nhà thiên văn có thể suy ra tổng khối lượng của đám, dù đó là vật chất sáng hay không sáng.

Sự phát hiện ra các thấu kính hấp dẫn đã giáng những đòn chí mạng vào cuộc vây bắt vật chất tối (xem mục từ này) ở thang rất lớn. Lý do là vì quỹ đạo ánh sáng của các thiên thể xa xôi bị ảnh hưởng không chỉ bởi trường hấp dẫn của thấu kính, mà còn bởi trường hấp dẫn của toàn bộ vật chất tối giữa các thiên hà có khả năng chèn vào khoảng giữa thiên thể ở xa và thấu kính, cũng như giữa thấu kính và Trái đất. Ở các thang khoảng cách còn lớn hơn các đám thiên hà (ngoài một trăm triệu năm ánh sáng), sự phân bố vật chất trở nên

<sup>34</sup> Để vinh danh ông, các vành này đã được gọi là “vành Einstein”.

thưa thớt hơn, mật độ của vật chất thấp hơn, nên hiệu ứng thấu kính yếu hơn. Tuy nhiên điều đó vẫn đủ để các biến dạng nhỏ về hình dạng của các thiên hà xa xôi biểu hiện.

Phân tích bằng các phương pháp thống kê hình dạng của hàng chục nghìn thiên hà ở xa, các nhà vật lý thiên văn đã có thể khẳng định rằng vật chất nhìn thấy được và không nhìn thấy được của vũ trụ được phân bố trên một tầm toan vũ trụ không lồ có các cấu trúc khổng lồ hình bánh rán, sợi và bức tường các thiên hà, trải trên hàng trăm triệu năm ánh sáng và bao quanh các khoang không gian trống rỗng cũng khổng lồ như thế. Do đó, các thấu kính hấp dẫn là các “kính thiên văn” tuyệt vời để vẫy bắt khối lượng tối vốn không phát ra bất kỳ dạng bức xạ nào, và chỉ phát hiện được nhờ ảnh hưởng hấp dẫn của nó và chiếm đại đa số (98%) khối lượng của vũ trụ.

Các thấu kính hấp dẫn không chỉ giúp vẫy bắt vật chất tối. Chúng còn là các “kính thiên văn” đặc biệt để nghiên cứu vật chất sáng của vũ trụ, vật chất nằm trong các sao và các thiên hà. Trên thực tế, chúng có thể khuếch đại hàng chục, thậm chí hàng trăm lần độ sáng của các đối tượng ở đằng sau chúng trên cùng đường ngắm từ Trái đất, cho phép nhìn thấy các đối tượng còn xa hơn nữa trong vũ trụ, và như vậy cũng có nghĩa là lần ngược lại xa hơn vào quá khứ của vũ trụ.

Như vậy, vũ trụ giống như một trò ảo ảnh vũ trụ khổng lồ chứa đầy các ảo tượng thách thức trí tưởng tượng của chúng ta. Thật ngược đời, chính một phần nhờ vào nghiên cứu các ảo tượng này của vũ trụ mà chúng ta có hiểu biết chính xác hơn về cái hiện thực!

## Thí nghiệm EPR

Một thí nghiệm nổi tiếng được Albert Einstein và hai đồng nghiệp của ông ở Princeton là Boris Podolsky và Nathan Rosen (từ đó có tên là EPR) đưa ra năm 1935 đã buộc chúng ta phải vượt qua các quan niệm thông thường của chúng ta về không gian ở thang dưới nguyên tử; nó buộc chúng ta phải từ bỏ các quan niệm về “tính định xứ” của các vật, về sự tri giác “ở đây” hay “ở kia” của chúng ta.



Nó bắt chúng ta phải chấp nhận rằng thực tại có tính tổng thể chứ không có tính địa phương.

Nói nôm na, thí nghiệm này như sau. Trước hết hãy tưởng tượng rằng bạn có một dụng cụ cho phép quan sát được hành trạng của các hạt ánh sáng gọi là "photon". Giờ hãy xét một hạt phân rã tự phát thành hai photon A và B. Do các định luật đối xứng, hai photon này phải luôn đi về hai hướng ngược nhau. Nếu A đi về hướng Bắc, thì chúng ta sẽ phát hiện được B ở hướng Nam. Cho tới lúc này, bề ngoài, vẫn chưa có gì là đặc biệt cả. Nhưng như thế là ta đã quên mất các điều kỳ quặc của cơ học lượng tử nói rằng mỗi hạt đều có một bản chất lưỡng tính: nó vừa là sóng vừa là hạt, và về bề ngoài của nó phụ thuộc vào việc dụng cụ đo có được kích hoạt hay không, nghĩa là phụ thuộc vào hành động quan sát. Trước khi máy detector được kích hoạt, photon A không trình hiện như là một hạt, mà như một sóng. Vì sóng này không định xứ, nên tồn tại một xác suất nhất định để A nằm ở bất kỳ hướng nào. Chỉ khi thiết bị đo được kích hoạt và A bị thu bởi dụng cụ này thì nó mới biến hình thành hạt và "biết" rằng nó hướng đến phía bắc. Nhưng nếu, trước khi bị thu, A không "biết" trước hướng của nó phải đi, thì bằng cách nào B lại có thể "đoán" trước được hành trạng của A và điều chỉnh hành trạng của mình sao cho sẽ bị bắt cùng thời điểm theo hướng ngược lại? Điều này sẽ không có bất kỳ ý nghĩa nào, trừ phi chấp nhận rằng A có thể thông tin tức thì cho B về hướng mà nó sẽ chuyển động. Thế nhưng, thuyết Tương đối - con cưng của Einstein lại khẳng định rằng không một tín hiệu nào có thể lan truyền nhanh hơn ánh sáng. "Chúa không truyền các tín hiệu thần giao cách cảm", nhà vật lý này đã từng nói như thế để nhấn mạnh rằng không thể có tác dụng huyền bí từ xa giữa hai hạt cách xa nhau trong không gian.

Trên cơ sở thí nghiệm tưởng tượng này, Einstein đã kết luận rằng Cơ học lượng tử không cung cấp một mô tả đầy đủ về thực tại. Là một nhà quyết định luận xác tín, ông đã đứng lên chống lại cách mô tả thực tại bằng xác suất của Cơ học lượng tử. Theo ông, A phải biết nó sẽ đi theo hướng nào và thông báo thông tin này cho B trước khi tách khỏi B. Các tính chất của A như vậy phải có tính hiện thực khách quan, độc lập với hành động quan sát. Cách giải thích theo xác suất của Cơ học lượng tử theo đó A có thể ở trong bất kỳ hướng

nào chắc chắn là sai lầm. Einstein cho rằng bên dưới tấm màn của bất định lượng tử phai ẩn giấu một hiện thực nội tại và tất định. Theo ông, vận tốc và vị trí xác định quỹ đạo của một hạt là hoàn toàn *định xứ* trên hạt, độc lập với hành động quan sát. Ông tán thành cái mà người ta gọi là “tính hiện thực địa phương”. Theo Einstein, Cơ học lượng tử không thể giải thích được quỹ đạo xác định của một hạt, vì nó không tính đến các thông số bổ sung được gọi là các “biến ẩn”. Vì vậy mà nó không đầy đủ.

Tuy nhiên, Einstein đã nhầm. Từ khi được xây dựng trong những năm 1920, Cơ học lượng tử - và cách giải thích thực tại theo xác suất của nó - đã không bao giờ bị coi là không đầy đủ. Các thí nghiệm luôn chứng minh là nó có lý và, cho tới nay, thì nó vẫn là lý thuyết tốt nhất cho phép giải thích hành trạng của thế giới nguyên tử và dưới nguyên tử.

Trong một thời gian dài, EPR vẫn ở tình trạng là một thí nghiệm tưởng tượng. Các nhà vật lý không biết thực hiện nó trên thực tế bằng cách nào. Năm 1964, John Bell (1928-1990), một nhà vật lý Ireland làm việc tại CERN, đã xây dựng một định lý toán học nổi tiếng dưới cái tên “bất đẳng thức Bell”, và bất đẳng thức này có thể kiểm chứng được bằng thực nghiệm nếu tồn tại các biến ẩn. Định lý này cho phép dịch chuyển cuộc tranh luận từ bình diện siêu hình sang bình diện thực nghiệm cụ thể. Năm 1982, tại Đại học Orsay (Paris), nhà vật lý Alain Aspect và nhóm nghiên cứu của ông đã thực hiện một loạt các thí nghiệm trên các cặp photon (các nhà vật lý gọi chúng là các photon “vướng víu”) để kiểm tra hiệu ứng EPR. Các kết quả là dứt khoát: bất đẳng thức Bell chắc chắn đã bị vi phạm. Điều này có nghĩa là Einstein đã nhầm, và Cơ học lượng tử đã có lý. Trong thí nghiệm của Aspect, các photon A và B cách nhau 12 m, ấy vậy mà B luôn “biết” *tức thì* điều mà A làm. Người ta biết rằng hiện tượng này là tức thì và rằng một tín hiệu sáng truyền các thông tin từ A đến B không có đủ thời gian để vượt qua khoảng cách 12 m. Trên thực tế, các đồng hồ nguyên tử được gắn với các detector thu A và B cho phép đo rất chính xác thời điểm đến của mỗi photon. Sự chênh lệch giữa hai thời điểm đến thấp hơn vài phần mười tỷ giây (nó có thể là bằng không, nhưng sự chính xác của các đồng hồ nguyên tử hiện nay không cho phép đo thời gian nhỏ hơn  $10^{-10}$  giây). Vậy mà, với  $10^{-10}$  giây, ánh sáng

chỉ có thể vượt qua một khoảng cách 3 cm, ngắn hơn rất nhiều so với 12 m giữa A và B.

Hơn nữa, kết quả vẫn như vậy khi người ta tăng khoảng cách giữa hai photon. Trong thí nghiệm mới đây được nhà vật lý người Nga Nicolas Gisin và nhóm nghiên cứu của ông ở Genève thực hiện năm 1998, các photon ở cách nhau 10 km và các hành trạng của A và B vẫn luôn tương liên hoàn hảo. Các kết quả này quả là nhạo báng lẽ phải thông thường. Chúng làm cho các nhà vật lý phải ngạc nhiên. Vật lý cổ điển nói với chúng ta rằng các hành trạng của A và B phải hoàn toàn độc lập, bởi vì chúng không thể trao đổi thông tin với nhau. Vậy giải thích thế nào về việc B luôn “biết” tức thì điều A làm? Điều này chỉ đặt thành vấn đề nếu chúng ta giả thiết, như Einstein, rằng hiện thực bị chia nhỏ và định xứ trên mỗi một photon. Sẽ không còn nghịch lý nữa nếu chúng ta chấp nhận rằng A và B là một bộ phận của một hiện thực có tính tổng thể, cho dù khoảng cách giữa chúng có thể nào chẳng nữa, và ngay cả nếu chúng nằm ở hai đầu của vũ trụ. A không cần phải gửi một tín hiệu nào cho B, vì cả hai đều là một bộ phận của cùng một hiện thực. Hai photon vẫn luôn luôn giữ liên hệ bởi một tương tác huyền bí. Như vậy, thí nghiệm EPR loại trừ hoàn toàn ý tưởng về sự định xứ. Nó trao cho không gian một đặc tính tổng thể. Các khái niệm “ở đây” và “ở kia” không còn ý nghĩa nữa, vì “ở đây” đồng nhất với “ở kia”. Các nhà vật lý gọi điều đó là “tính bất khả tách” của không gian. Không gian không chỉ không thể chia tách ở thang dưới nguyên tử, mà nó cũng không thể chia tách ở cả thang toàn vũ trụ. Đó là điều mà một thí nghiệm vật lý cũng hết sức nổi tiếng khác chứng tỏ cho chúng ta, thí nghiệm về con lắc Foucault (*xem mục từ này*).

Các nhà vật lý đã suy nghĩ cách đề sử dụng cái tính chất kỳ lạ này của các cặp photon “vướng víu” cho phép chúng giữ liên lạc với nhau bất chấp sự ngắn cách lớn về không gian. Một ứng dụng đầy mê hoặc của nó là viễn tải lượng tử (*xem mục từ này*). Chính loạt phim truyền hình *Star Trek* trong những năm 1960 đã đưa viễn tải lượng tử vào trí tưởng tượng của dân chúng. Năm 1997, các nhà nghiên cứu đã có thể viễn tải thông tin liên quan đến một hay nhiều photon. Bất chấp chiến công kỹ thuật này, con đường cần phải vượt qua để chuyển từ viễn tải lượng tử vài hạt sang viễn tải lượng tử các vật lớn, hay con người (theo kiểu của *Star Trek*) vẫn còn rất dài.

Các cặp photon vướng víu cũng được dùng cho mã hóa lượng tử, nghĩa là truyền hết sức an toàn một thông tin đến địa chỉ cần gửi. Trong khi, trong mật mã cổ điển, người ta sử dụng các kỹ thuật toán học để ngăn chặn kẻ trộm len lỏi truy cập vào các thông tin mã hóa, thì trong mật mã lượng tử, bảo vệ thông tin lại chính là những định luật vật lý: hành động gián điệp trên một trong các photon của cặp vướng víu sẽ phá hủy không thể nào cứu vãn được sự tương liên của nó với photon kia, do đó sẽ tiết lộ sự hiện diện của gián điệp.

*Tìm đọc:* Trịnh Xuân Thuận. *Những con đường của ánh sáng*, bản dịch tiếng Việt của Phạm Văn Thiều và Ngô Vũ, Nxb Trẻ.

## Thị sai

*Xem:* Khoảng cách trong vũ trụ.

## Thiên hà có nhân hoạt tính

Nếu các quasar là các nguồn độ sáng thực lớn nhất trong vũ trụ, thì các thiên hà “có nhân hoạt tính”, hay các thiên hà “hoạt tính” đứng ở hàng thứ hai. Chúng cũng được gọi là “thiên hà Seyfert”, để tưởng nhớ nhà thiên văn Mỹ Carl Seyfert (1911-1960), người đã phát hiện ra chúng năm 1943. Cũng giống như các quasar, thiên hà hoạt tính phát ra một năng lượng khổng lồ dưới dạng bức xạ nhìn thấy được, radio và cực tím, tập trung trong một vùng trung tâm rất đặc gọi là “nhân”. Nhân của một thiên hà hoạt tính sáng hơn toàn bộ phần còn lại của thiên hà. Độ sáng của nó lớn gấp 10 nghìn lần so với độ sáng của vùng trung tâm của Ngân Hà. Nhân của các thiên hà hoạt tính nhất phát ra năng lượng tương đương 10 Ngân Hà cộng lại.

Để giải thích nguồn gốc của một năng lượng lớn như thế lại được phát ra từ một khối lượng như thế, chúng ta phải viện đến các lỗ đen. Cũng như đối với các quasar, chính sự phàn ản của các lỗ đen

siêu nặng là nguyên nhân gây ra độ sáng của các thiên hà hoạt tính này. Tất nhiên, nhu cầu thức ăn để cung cấp năng lượng cho các thiên hà hoạt tính ít hơn nhiều so với các quasar: từ 1 đến 10 khối lượng Mặt trời mỗi năm dưới dạng khí giữa các vì sao hoặc các ngôi sao bị xé nát, là đủ. Độ sáng yếu hơn của các thiên hà hoạt tính có thể vì hai lý do: hoặc là các lỗ đen trong các thiên hà hoạt tính nhẹ hơn (từ 10 đến 100 triệu khối lượng Mặt trời, so với một tỷ khối lượng Mặt trời đối với các lỗ đen nằm ở tâm quasar), và nó không háu ăn bằng, hoặc là các thiên hà hoạt tính là các thiên hà quasar ở một giai đoạn tiến hóa sau, khi lỗ đen đã ngẫu nhiên rất nhiều sao của thiên hà-chủ và dư trữ lương thực đã gần như cạn kiệt. Trong trường hợp này, các lỗ đen lang thang ở tâm các thiên hà hoạt tính cũng nặng như các quasar, chỉ khác là chúng không còn được ăn thỏa thích nữa.

## Thiên hà háu ăn



Luật rừng cũng tồn tại trong thế giới thiên hà: các thiên hà to nhất và khỏe nhất càng trở nên mạnh hơn khi ăn thịt các thiên hà yếu hơn và nhỏ hơn. Các thiên hà nhỏ này đang bị đe dọa tuyệt chủng.

Trên thực tế các thảm kịch kinh khủng diễn ra ở tâm các đám thiên hà. Các thiên hà biến mất, chúng bị nuốt chửng bởi một thiên hà elip khổng lồ lam bá chủ ở tâm của đám. Thiên hà sáng nhất trong đám này lớn và sáng gấp 10 lần các thiên hà khác. Quầng vật chất tối khổng lồ xung quanh vật chất sáng của nó tác dụng các lực hút mạnh, hãm chuyển động của các thiên hà nhẹ hơn đi qua bên cạnh. Các thiên hà bị hãm này sẽ rơi dần theo đường xoắn ốc về phía thiên hà elip khổng lồ và cuối cùng bị nó “nuốt chửng”. Thiên hà lớn nhất càng lớn thêm lên khi ăn thịt các bạn đồng hành nhỏ hơn của mình, và vì vậy càng trở nên sáng hơn. Trung bình, khoảng thời gian giữa hai “bữa ăn” là một tỷ năm. Vì tuổi trung bình của một đám thiên hà là gần 4 tỷ năm, nên có 4 thiên hà nạn nhân từ khi tạo thành đám. Thói ăn thịt đồng loại này của thiên hà giải thích tại sao các thiên hà khổng lồ luôn nằm ở trung tâm của đám thiên hà đông đúc nhất. Khi đạt đến một kích thước khổng lồ bằng cách ăn các thiên hà đồng hành nhỏ hơn, chúng sống ở đó, no nê, và chờ đợi các cuộc yến tiệc tiếp theo.

Nhưng thói ăn thịt đồng loại của thiên hà không chỉ xảy ra ở các thiên hà elip khổng lồ ở tâm đám. Thói này cũng xảy ra ở các thiên hà xoắn ốc bình thường, như Ngân Hà. Trong quá khứ, Ngân Hà đã nuốt chửng nhiều thiên hà lùn không may quay xung quanh nó. Hiện nay chỉ còn lại hai: Đám mây Magellan Lớn và Nhỏ, chỉ cách thiên hà của chúng ta 170.000 năm ánh sáng. Trong từ 2 đến 3 tỷ năm tới, các đám mây Magellan này sẽ rơi vào cái miệng háu ăn của Ngân Hà, sáp nhập vào nó và không còn làm đẹp cho bầu trời phía nam nữa. Thiên hà của chúng ta sẽ có thêm hai nạn nhân nữa cho bản tính ăn thịt đồng loại của mình. Người ta có thể thấy trong quầng của nó nhiều nhóm sao có chuyển động khác với đa số các sao khác, dấu hiệu của các bữa tiệc đã tàn, nhưng chưa được tiêu hóa hết, của Ngân Hà.

## Thiên hà Tiên nữ

Trong tất cả các thiên hà tương tự như dải Ngân Hà, Tiên nữ là thiên hà gần nhất. Thực ra là có rất nhiều thiên hà ở gần Ngân Hà của chúng ta hơn, như Đám mây Magellan lớn và Đám mây Magellan nhỏ, quay quanh Ngân Hà ở khoảng 150.000 năm ánh sáng, nhưng đó là các thiên hà lùn, nhẹ hơn vài trăm lần. Cùng với Ngân Hà, thiên hà Tiên nữ trội hơn hẳn về khối lượng trong cụm thiên hà địa phương, một cụm các lâu đài cát trên bãi biển vũ trụ mênh mông...

Người ta có thể nhìn thấy thiên hà Tiên nữ bằng mắt thường theo hướng tới chòm sao cùng tên (nếu biết nhìn đúng hướng). Nó trình hiện như một dạng sáng phân tán, chứ không có dạng điểm như các ngôi sao.

Thiên hà Tiên nữ đóng một vai trò rất quan trọng trong lịch sử khám phá các thiên hà. Vào đầu thế kỷ XX, một câu hỏi cơ bản vẫn chưa có lời giải đáp: vũ trụ liệu có giới hạn ở Ngân Hà, hay nó còn trải ra xa hơn nữa? Liệu có tồn tại các hệ khác tương tự, vượt ra ngoài các giới hạn của Ngân Hà, những hệ mà triết gia người Đức Emmanuel Kant (1724-1804) gọi là các "đảo - vũ trụ"? Vào năm 1923, sử dụng kính viễn vọng mới được lắp đặt trên đỉnh núi Wilson, tại California, với một gương có đường kính 2,5 m - lớn nhất thế giới thời đó -, nhà thiên văn người Mỹ Edwin Hubble đã phân tích được vết tinh vân Tiên nữ thành vô số các ngôi sao trong đó có một vài ngôi, được gọi là các sao xêphêit (*céphéid*) (xem mục từ này), có tính chất đặc biệt là độ sáng của nó thay đổi theo chu kỳ. Các sao biến quang này đã cho phép Hubble đo được khoảng cách của Tiên nữ và đã mở toang mọi cánh cửa tới thế giới bên ngoài Ngân Hà. Quả thực Hubble đã nhận được một khoảng cách là 900.000 năm ánh sáng, nhỏ hơn 2,5 lần so với khoảng cách thực là 2,3 triệu năm ánh sáng, nhưng cũng đủ lớn để đặt Tiên nữ vượt ra rất xa giới hạn của Ngân Hà vốn có đường kính chỉ là 90.000 năm ánh sáng. Ánh sáng từ Tiên nữ ngày nay đến lướt nhẹ qua mí mắt của chúng ta thực ra đã xuất phát từ Tiên nữ cách đây 2,3 triệu năm, khi những con người đầu tiên bước đi trên mặt đất, ở đâu đó trên những trảng cỏ châu Phi.

Tinh vân Tiên nữ giờ đã trở thành thiên hà xoắn ốc và là chị em sinh đôi với dải Ngân Hà của chúng ta, tập hợp trong lòng nó hàng trăm tỷ Mặt trời được gắn kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Thế giới bỗng chốc có vô số các thiên hà. Các "hòn đảo - vũ trụ" của Emmanuel Kant đã trở thành hiện thực. Vũ trụ ngày càng lớn lên và, chẳng mấy chốc, Ngân Hà của chúng ta sẽ mất hút trong mệnh mông của vũ trụ quan sát được, nơi có hàng trăm tỷ thiên hà, cũng giống như Hệ Mặt trời mất hút trong mệnh mông của dải Ngân Hà. Dải Ngân Hà đã mất đi vị trí độc tôn của mình...

### ***Thiên hà Tiên nữ: Va chạm được báo trước với Ngân Hà***

Cách chúng ta 2,3 triệu năm ánh sáng, thiên hà Tiên nữ lao về phía chúng ta với vận tốc 90 km/s. Nó sẽ lao thẳng vào Ngân Hà trong khoảng ba tỷ năm tới và sẽ hợp nhất với thiên hà của chúng ta. Sẽ có những hậu quả nào từ va chạm này đối với sự sống trên Trái đất?

Các hậu quả của sự kiện vũ trụ này sẽ không là nhu nhau đối với các thành phần khác nhau của Ngân Hà. Các đám mây khí khổng lồ giữa các vì sao, vốn chứa rất nhiều các phân tử (từ đó chúng có tên là các "đám mây phân tử" - xem mục từ này) và các hạt bụi, đó là các vườn ươm sao khổng lồ nơi sinh ra các ngôi sao trẻ, sẽ bị tác động mạnh nhất. Do có kích thước lớn (vài chục năm ánh sáng) nên các đám mây phân tử của Ngân Hà sẽ va chạm trực diện với các đám mây phân tử của thiên hà Tiên nữ, gây ra các sóng xung kích dữ dội. Các sóng này nén và làm nóng khí lên đến hơn 10 triệu độ, khởi phát phản ứng tổng hợp hạt nhân hydro thành heli, cho ra đời rất nhiều ngôi sao. Cú va chạm của hai thiên hà như vậy sẽ được chào đón bằng các đợt hình thành rất nhiều sao trẻ. Toàn bộ dự trữ khí trong hai thiên hà sẽ được tiêu thụ hết trong vòng vài chục triệu năm. Các ngôi sao mới nặng sẽ tiêu thụ nhiên liệu một cách hoang phí theo kiểu đốt nến hai đầu và sẽ chỉ sống trong vòng vài triệu năm, rồi sẽ nổ trong một vụ bùng nổ khủng khiếp được gọi là "sao siêu mới" (*supernova*) (xem mục từ này). Các sao nhẹ hơn mới được hình thành sẽ tiêu thụ hydro dè sẻn hơn và sẽ sống lâu hơn, hòa nhập vào các thể hệ sao trước đó.



Còn về dân số sao cũ của hai thiên hà, các tổn thất mà vụ va chạm lớn nói trên gây ra sẽ rất nhỏ: các sao vốn nhỏ hơn các đám mây phân tử và có nhiều hơn không gian giữa chúng tới mức người ta gần như sẽ không được chứng kiến bất kỳ va chạm trực diện nào giữa hai ngôi sao. Đồng thời với hàng trăm tỷ ngôi sao khác, sao lùn trắng mà Mặt trời của chúng ta khi đó trở thành sẽ rời bỏ quỹ đạo tròn ngoan ngoãn của nó trong đĩa Ngân Hà để kéo Trái đất và phần còn lại của Hệ Mặt trời vào trong một quỹ đạo hỗn độn giống như quỹ đạo của một con ruồi bay vo ve ngẫu nhiên trong một căn phòng kín. Quỹ đạo thất thường này sẽ không thuận lợi để duy trì sự sống trên Trái đất. Các sao của hai thiên hà sẽ hòa trộn vào nhau, phân bố trong một thể tích có dạng một elipxôid. Ngân Hà và thiên hà Tiên nữ sẽ không còn giữ được bản sắc là các thiên hà xoắn ốc của chúng nữa và sẽ hợp nhất để tạo thành một thiên hà elip hai lần nặng hơn, không có đĩa cũng chẳng có xoắn. Xung quanh thiên hà mới này sẽ là rất nhiều thiên hà lùn, bản thân chúng, theo thời gian, rồi cũng sẽ biến mất, vì bị thiên hà elip hầu ăn này nuốt sống.

## Thiên thạch

Một sao băng (xem mục từ này) rơi xuống Trái đất mà không bị tan vỡ hoàn toàn thì được gọi là thiên thạch. Trong quá khứ, Trái đất đã rất nhiều lần bị những vị khách đến từ không gian này bắn phá. Trong một thời gian dài, cộng đồng khoa học nhận thấy ý tưởng cho rằng những viên đá này từ trên trời rơi xuống là một điều kỳ cục. Chẳng hạn, cho tới tận cuối thế kỷ XVIII, Viện Hàn lâm Khoa học Paris đáng kính vẫn loại bỏ sự tồn tại của các thiên thạch này. Chỉ đến đầu thế kỷ XIX thì nhà vật lý người Pháp Jean-Baptiste Biot (1774-1862) mới chứng minh được nguồn gốc ngoài Trái đất của những viên đá cháy này. Năm 1803, người ta đồn rằng một cơn mưa đá đã đổ xuống làng Aigle, tỉnh Orne. Biot đã được Viện Hàn lâm điều đến hiện trường để tiến hành điều tra. Khảo sát hàng trăm mẫu đá rải rác trên hàng chục

cây số vuông, hỏi han người dân và thu thập nhân chứng, tóm lại, nghiên cứu hiện tượng với tất cả sự nghiêm túc khoa học cần thiết, ông đã chiến thắng được sự hoài nghi của các đồng nghiệp và thuyết phục được họ rằng “đá từ trời rơi xuống” là chuyện có thật.



Mặc dù phần lớn các thiên thạch có kích thước lớn đến chủ yếu từ vành đai các tiểu hành tinh (xem mục từ này), nhưng có một số đến từ Mặt trăng hay thậm chí từ Hỏa tinh. Thực vậy, các nhà vật lý thiên văn nghĩ rằng tồn tại các mẫu đá bị phóng vào không gian do va chạm của các tiểu hành tinh với Mặt trăng hoặc Hỏa tinh, và đã đáp xuống Trái đất (xem: *Thuyết Tha sinh*). Đặc biệt, trong mùa hè năm 1996, tổng thống Mỹ Bill Clinton đã đích thân thông báo ẩm ỉ rằng người ta đã thu lượm được trên các bình nguyên băng giá hoang vắng ở Nam cực một thiên thạch màu xanh nhạt, có tên là ALH84001, chứa hóa thạch của các vi sinh vật Hỏa tinh (ALH là ký hiệu chỉ địa điểm ở Nam Cực, có tên là Allan Hills, nơi thiên thạch được thu lượm, và 84001 có nghĩa nó là đầu tiên trong lô các thiên thạch thu lượm được năm 1984).

Người ta biết thiên thạch này đến từ Hỏa tinh vì thấy trong lòng nó các khí có thành phần hóa học giống đến mức phải nhầm với thành phần hóa học của khí quyển Hỏa tinh, nhưng lại rất khác với thành phần hóa học của khí quyển Trái đất. Bằng phương pháp xác định niên đại theo phóng xạ, người ta đã xác định được thiên thạch này được hình thành cách đây 4,5 tỷ năm và đã được phóng ra khỏi Hỏa tinh cách đây 16 triệu năm. Nó đã rơi xuống Nam cực cách đây khoảng 13.000 năm và nằm lại ở đó, dưới băng tuyết, từ năm 11.000

trước Công nguyên, trước khi được một nhóm các nhà khoa học phát hiện ra năm 1984. Cái được coi là hóa thạch có nguồn gốc Hóa tinh ở trong thiên thạch này là hàng nghìn cấu trúc dài ngoằng, giống như những cái xúc xích nhỏ, khảm vào trong các hạt cacbonat và nhìn rất giống các vi khuẩn trên Trái đất. Nhưng gán các hình dạng này cho các vi khuẩn là không phù hợp với những hiểu biết của chúng ta về vi khuẩn: các hóa thạch này chỉ dài khoảng 25 phần tỷ met (hay 25 nanomet) và nhỏ hơn mười lần các vi khuẩn mà chúng ta đã biết. Một sinh vật có kích thước nhỏ như thế không thể chứa đủ các phân tử ADN để phát triển một sự sống tự lập. Màng của chỉ một tế bào trong vi khuẩn Trái đất cũng đã dài tới 25 nanomet. Vì thế, cho tới lúc này, cộng đồng khoa học vẫn tỏ ra hoài nghi về sự tồn tại của các hóa thạch Hóa tinh trong thiên thạch ALH84001. Nói như vậy nhưng không ai nghi ngờ nguồn gốc Hóa tinh của nó.

Người ta cũng đã biết sự tồn tại của ít nhất một tá các thiên thạch tới từ Mặt trăng; người ta cho rằng chúng đã được bắn ra từ va chạm của các tiểu hành tinh với bề mặt Mặt trăng, vì thành phần hóa học của chúng rất giống với thành phần hóa học của các mẫu đá lấy từ các vùng núi của Mặt trăng và được mang về Trái đất bởi các nhà du hành vũ trụ trong các chuyến bay của phi thuyền *Apollo*.

Các thiên thạch rơi từ trên trời xuống chưa bao giờ làm hại đến ai. Chưa có trường hợp nào bị thương hoặc bị chết do thiên thạch. Người ta kể rất nhiều các trường hợp hi hữu và đơn lẻ - nóc xe ô tô đổ trong phố hư hỏng, mái gara bị phá hủy, hay hộp thư bị xuyên thủng -, nhưng không có trường hợp nào nghiêm trọng cả! Đại đa số các thiên thạch có kích thước nhỏ hơn 10 m và bị cháy rụi trong khí quyển Trái đất, rất hiếm khi đáp xuống được mặt đất. Ngay cả khi chúng xuống được mặt đất, thì các va chạm cũng rất rải rác, và gây tổn thất rất nhỏ.



## Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh

Thiên Vương tinh là hành tinh đầu tiên được phát hiện trong thời hiện đại. Cho tới thế kỷ XVIII, người ta mới chỉ biết có 6 hành tinh trong Hệ Mặt trời. Sự tồn tại của Thiên Vương tinh được phát hiện tình cờ vào năm 1781 bởi nhà thiên văn người Anh William Herschel, một nhạc sỹ từ bỏ nghề để nghiên cứu âm nhạc của bầu trời. “Có lẽ đó là một sao chổi”, ông ghi lại. Nhiều quan sát lặp đi lặp lại đã cho thấy chấm sáng chuyển động quá chậm nên không thể là sao chổi được. Và nhà thiên văn của chúng ta đã ngộ ra rằng ông đã bắt gặp một hành tinh mới. Do đây là hành tinh đầu tiên được phát hiện sau khoảng trống hơn 2.000 năm, nên đã xảy ra các cuộc tranh luận sôi nổi để đặt tên cho nó. Herschel lúc đầu muốn gọi nó là “hành tinh George” để vinh danh hoàng đế nước Anh George III, và để cảm ơn lòng tốt của ngài. Tại Pháp, một số người kêu gọi đặt tên cho nó là “hành tinh Herschel”. Cuối cùng ý kiến của nhà thiên văn học người Đức Johann Bode, giám đốc đài thiên văn Berlin, đã thắng (sau khoảng 70 năm tranh luận!): ông đã nài nỉ để truyền thống đặt tên các hành tinh theo các nhân vật của thần thoại Hy Lạp-La Mã được duy trì. Và hành tinh mới đã chính thức được đặt tên là Thiên Vương tinh (*Uranus*) kể từ năm 1850, theo tên cha của *Saturne* (Thổ tinh), còn *Saturne* là cha của *Jupiter* (Mộc tinh).

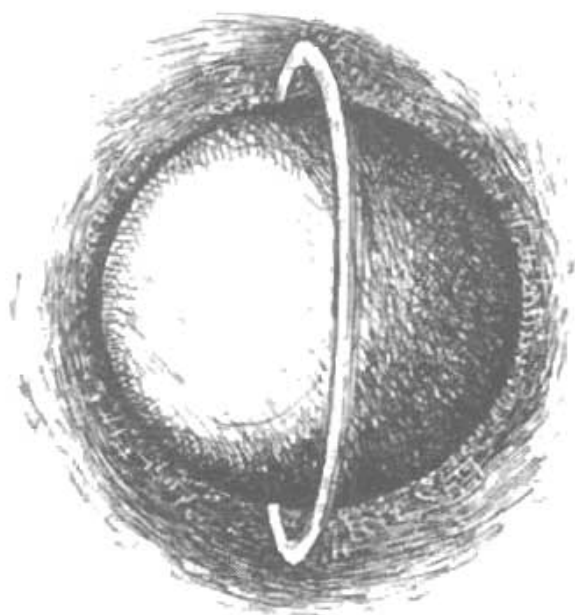
Khoảng cách của Thiên Vương tinh được ước lượng là gấp 20 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời, trong khi khoảng cách của Thổ tinh chỉ gấp 10 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời: như có phép thuật, Herschel tình cờ đã tăng gấp đôi kích thước của Hệ Mặt trời. Thiên Vương tinh quay tròn một vòng xung quanh Mặt trời mất 84 năm. Nó ở đúng giới hạn nhìn thấy được của mắt thường, với điều kiện là người ta biết nhìn theo hướng nào. Vì nó nhìn tựa như một ngôi sao không sáng lắm, nên không có gì đáng ngạc nhiên nếu như nó thoát khỏi sự chú ý của người cổ đại. Ngay cả ngày nay, rất ít nhà thiên văn nhận ra nó mà không dùng đến kính thiên văn.

Sau khi phát hiện ra Thiên Vương tinh, các nhà thiên văn đã miệt mài làm việc để xác định quỹ đạo của nó. Nhiệm vụ của họ trở nên dễ dàng hơn vì đã có rất nhiều các quan sát Thiên Vương tinh

với tư cách là một ngôi “sao” đã tồn tại từ trước. Họ đã nhanh chóng nhận ra rằng quỹ đạo của Thiên Vương linh có những “bất thường”, rằng vị trí của hành tinh này được tiên đoán bởi định luật Vạn vật hấp dẫn của Newton, có tính đến ảnh hưởng của Mặt trời và sáu hành tinh khác, không trùng với vị trí được quan sát. Điều này gợi ý rằng phải tồn tại một hành tinh khác còn ở xa hơn hành tinh này đã làm nhiễu loạn chuyển động của Thiên Vương tinh bằng lực hấp dẫn của nó. Trong những năm 1840, hai nhà thiên văn độc lập với nhau, John Couch Adams (1819-1892) người Anh, làm việc tại Đại học Cambridge, và Urbain Le Verrier (1811-1877) người Pháp, làm việc tại Đài thiên văn Paris, đã tấn công vấn đề rất gai góc là tính toán khối lượng và quỹ đạo của hành tinh chưa biết này. Năm 1846, với khoảng chục nghìn trang tính toán, Le Verrier cuối cùng cũng đã tính được vị trí của nó, về cơ bản giống với vị trí mà Adams thu được một cách độc lập vào tháng 9 năm 1845. Adams, một nhà thiên văn trẻ tương đối vô danh, đã không thể thuyết phục được những người lãnh đạo mình tiến hành các quan sát cần thiết để kiểm tra sự tồn tại của hành tinh dự đoán. Trái lại, Le Verrier là một nhà thiên văn có tên tuổi; nhưng ông cũng vấp phải sự hoài nghi của các đồng nghiệp Pháp, họ không hề muốn thực hiện những quan sát cần thiết. Thất vọng, ông đã viết thư cho Johann Galle (1812-1910), một nhà thiên văn người Đức, làm việc tại Đài thiên văn Berlin. Johann Galle đã xem xét nghiêm túc các tính toán của Le Verrier. Và Galle đã hướng kính thiên văn của mình lên bầu trời và ngay lập tức đã phát hiện ra hành tinh mới này, vào năm 1846, chỉ lệch một hoặc hai độ so với vị trí được Le Verrier thông báo! Sau đó là sự tranh chấp giữa Pháp và Anh. Người ta viện đến danh dự quốc gia, và nước nào cũng cho là người nước mình đã phát hiện ra hành tinh thứ tám này. Bản thân Adams đã lịch sự nhường lại công phát hiện đầu tiên cho Le Verrier: trên thực tế, mặc dù đã tính toán vị trí của hành tinh khoảng 10 tháng trước Le Verrier, nhưng ông đã không công bố nó trong một tạp chí khoa học nào, mà chỉ thông báo một cách bí mật cho cấp trên của mình ở Cambridge và nhà thiên văn hoàng gia ở Greenwich. Thế nhưng, trong khoa học, ngày công bố mới xác lập quyền là người phát hiện đầu tiên. Ngày nay, hai người (nhưng thật lạ là không có Galle!) được coi là đồng tác giả của phát hiện này. Hành tinh mới đã

được đặt tên là “Hải Vương tinh”, tên của thần Biển trong thần thoại La Mã. Sự phát hiện ra Hải Vương tinh là một bằng chứng nữa khẳng định sự vận hành cực tốt của cỗ máy vũ trụ được mô tả bởi định luật của Newton. Tính duy lý tiếp tục ghi điểm: hành tinh mới đã không được phát hiện bằng cách nghiên cứu bầu trời nhờ kính thiên văn, mà chỉ bằng cây bút, tờ giấy và... lý trí con người!

Các giới hạn của Hệ Mặt trời như vậy đã bị đẩy lùi xa thêm nữa: Hải Vương tinh nằm cách 30 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời. Với một chu kỳ quỹ đạo là 164 năm, do đó Hải Vương tinh chưa quay trọn một vòng kể từ khi nó được phát hiện (nó sẽ quay trọn một vòng vào năm 2010). Trái với Thiên Vương tinh, Hải Vương tinh không thể nhìn thấy được bằng mắt thường. Qua kính thiên văn, nó trình hiện như một chấm sáng nhỏ đơn sơ, không có bất kỳ chi tiết nào. *Voyager 2* là con tàu thăm dò không gian duy nhất đến thăm Thiên Vương tinh vào năm 1986 và Hải Vương tinh năm 1989. Chính nhờ các hình ảnh đầy ấn tượng mà tàu thăm dò này gửi về mà chúng ta biết nhiều hơn về các tính chất vật lý của hai hành tinh này. Theo những hiểu biết đó thì Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh gần như hai chị em sinh đôi: cả hai đều nặng hơn Trái đất cỡ 15 lần (Thiên Vương tinh nặng hơn Trái đất 14,5 lần và Hải Vương tinh gấp 17,2 lần), và lớn hơn khoảng 4 lần. Cũng giống như Mộc tinh và Thổ tinh, chúng được cấu thành chủ yếu từ hydro phân tử (84%) và heli (14%), và một chút mêtan.



Ít có khả năng là Hải Vương tinh và Thiên Vương tinh thân thiện với sự sống hơn Mộc tinh và Thổ tinh, ngay cả khi các điều kiện áp suất và nhiệt độ ở bên trong của chúng ít cực đoan hơn, bởi vì chúng bé hơn và nhẹ hơn hai hành tinh khí kia. Và đó cũng bởi vì ở biên của Hệ Mặt trời, nhiệt độ thấp hơn rất nhiều: ánh sáng Mặt trời rất khó đến được đó. Nhiệt độ ở lớp trên của khí quyển Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh là  $-215^{\circ}\text{C}$  trong cả hai trường hợp. Dù xa Mặt trời hơn, nhưng Hải Vương tinh không lạnh bằng Thiên Vương tinh bởi vì, cũng giống như Mộc tinh và Thổ tinh, nó còn có một nguồn năng lượng phụ, trong khi Thiên Vương tinh không có. Cũng giống như các hành tinh khí khổng lồ khác, Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh phả bầy những dải mây lớn quay rất nhanh xung quanh mỗi hành tinh. Các đám mây amoniac trang hoàng cho các lớp khí quyển trên của Mộc tinh và Thổ tinh được thay thế, đối với Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh, bằng các đám mây khí metan, vì ở các nhiệt độ cực lạnh amoniac ngưng tụ thành tinh thể. Chính metan đã tạo ra màu lam-lục cho Thiên Vương tinh, và màu lam cho Hải Vương tinh, vì nó hấp thụ ánh sáng đỏ. Khí quyển của Hải Vương tinh và Thiên Vương tinh đều bị xáo trộn bởi rất nhiều bão tố và cuồng phong: gió thổi liên hồi với vận tốc từ 200-500 km/h trên Hải Vương tinh, còn Thiên Vương tinh là cái nôi của các trận cuồng phong giống với các trận cuồng phong hoành hành trên Mộc tinh. Trận bão lớn nhất ngự trị trên trên Hải Vương tinh được gọi là "Vết tối Lớn", ở bán cầu Nam, có kích thước bằng Trái đất, được tàu thăm dò *Voyager 2* phát hiện năm 1989. Ngược với Vết đỏ Lớn (xem: *Vết đỏ Lớn của Mộc tinh*), một trận bão có kích thước lớn gấp ba lần, đã kéo dài bốn thế kỷ trên Mộc tinh, thời gian tồn tại của Vết tối Lớn trên Hải Vương tinh có vẻ như ngắn hơn: các bức ảnh do *Hubble* chụp năm 1994 đã cho thấy rằng nó không còn ở đó nữa! Vài tháng sau, một vết tối khác lại xuất hiện ở bán cầu Bắc. Rõ ràng là khí quyển của Hải Vương tinh thay đổi rất nhanh.

Cũng giống như Mộc tinh và Thổ tinh, Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh có thể cũng có các lõi bằng đá. Tuy nhiên, áp suất trong lòng chúng không đủ cao để buộc hydro phải ở trạng thái kim loại, mà vẫn ở trạng thái phân tử.

Khí hậu là đặc biệt kỳ dị trên Thiên Vương tinh. Với một trục quay nghiêng  $98^{\circ}$ , nó nằm nghiêng hẳn sang một bên. Và ở đây, lại

một lần nữa, một thiên thạch, tác nhân của ngẫu nhiên, dường như cũng là thủ phạm: người ta nghĩ rằng chính cú va chạm với một tiểu hành tinh (*xem mục từ này*) nặng đã làm lật hành tinh. Các mùa ở đây trở nên rất cực đoan. Trong vòng 21 năm (một phần tư thời gian để Thiên Vương tinh quay tròn một vòng xung quanh Mặt trời), cực Nam của nó phơi ra trước Mặt trời, trong khi cực Bắc chìm trong bóng tối băng giá. Tình thế sẽ đảo ngược lại trong 21 năm tiếp sau (tính theo năm Trái đất). Độ nghiêng  $29,6^\circ$  của trục quay của Hải Vương tinh cũng giống như độ nghiêng của trục quay của Trái đất. Như vậy cũng tồn tại các mùa trên Hải Vương tinh, nhưng chúng dài hơn rất nhiều (41 năm thay vì 3 tháng) và lạnh hơn. Tất cả các điều kiện này không phải được tạo ra để thúc đẩy sự sống đột sinh.

Cũng giống như Mộc tinh và Thổ tinh, Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh cũng có một hệ đôi đảo các vệ tinh: 27 vệ tinh đã biết đối với Thiên Vương tinh, 13 đối với Hải Vương tinh. Thiên Vương tinh có 5 vệ tinh “đều đặn”, đủ lớn và nặng để lực hấp dẫn nhào nặn chúng thành hình cầu và quay trong mặt phẳng xích đạo của hành tinh này, nghĩa là trong mặt phẳng gần như vuông góc với mặt phẳng hoàng đạo, bởi vì Thiên Vương tinh bị lật sang một bên. 22 vệ tinh khác “ghồ ghề”, nhỏ hơn và nhẹ hơn, là các tiểu hành tinh có hình củ khoai lang, di chuyển trên các quỹ đạo nghiêng và đa số là giạt lùi (tức là chiều ngược với chiều quay của hành tinh). Đó rất có thể là các mảnh vỡ ở giữa các hành tinh bị lực hấp dẫn của hành tinh này bắt giữ. Còn Hải Vương tinh có một vệ tinh đều đặn, là Triton, và 12 vệ tinh ghồ ghề. Triton (*xem mục từ này*) là một vệ tinh rất đặc biệt có các mạch phun nitơ trên bề mặt.

Cũng giống như tất cả các hành tinh khổng lồ, Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh cũng được trang hoàng bởi một hệ các vành. Hệ vành của Thiên Vương tinh được phát hiện năm 1977 nhân dịp Thiên Vương tinh đi qua một ngôi sao và chắn hết ánh sáng của nó. Một sự đóng thẳng hàng như thế là cực kỳ hiếm hoi và chỉ xảy ra vài lần mỗi thập kỷ. Nó cho phép các nhà thiên văn nghiên cứu khí quyển của hành tinh bằng cách quan sát cách mà khí quyển này hấp thụ ánh sáng của ngôi sao. Họ hết sức ngạc nhiên khi thấy, khoảng 40 phút trước và sau khi Thiên Vương tinh che khuất ngôi sao, ngôi sao biến mất một lúc rất ngắn rồi xuất hiện trở lại, và 9 lần liên tục như vậy!



Kết luận tất yếu suy ra là: Thiên Vương tinh có một hệ chín vành! Phát hiện này đã được khẳng định bởi các bức ảnh đầy ấn tượng của *Voyager 2*. Các vành của Thiên Vương tinh trình hiện một khía cạnh khác với các vành của Thổ tinh. Các vành Thổ tinh rộng (110.000 km) và sáng, cách nhau bởi các vùng trống rỗng tương đối hẹp (vạch phân cách Cassini có độ rộng 4.800 km), trong khi các vành của Thiên Vương tinh tối và hẹp (thường là dưới 10 km), cách nhau các khoảng không tương đối lớn (từ vài trăm đến một nghìn kilomet). Tại sao các vành của Thiên Vương tinh lại vẫn còn mãi hẹp như vậy? Người ta chờ đợi rằng do các hạt vật chất cấu thành chúng thỉnh thoảng va chạm với nhau, và điều này lẽ ra có hậu quả là làm cho chúng phân tán và mở rộng các vành theo thời gian. Nhưng Thiên Vương tinh đã sử dụng các “vệ tinh chắn cừu” để thực hiện trò ảo thuật này: người ta gọi chúng như vậy bởi vì chúng hành động như một người chắn cừu biết cách làm cho những con cừu tập hợp với nhau lại thành một đàn hẹp. Cũng vậy, ứng mỗi một vành hẹp, *Voyager 2* đã thấy hai vệ tinh chắn cừu, nằm ở phía này và phía kia của vành. Bằng hành động hấp dẫn của mình, chúng làm cho quỹ đạo của các hạt trong các vành duy trì hình dạng ban đầu, không cho chúng mở rộng cũng như thu hẹp lại. Vì vậy các vành bảo toàn được độ rộng của chúng. Cuối cùng, nếu các vành của Mộc tinh và Thiên Vương tinh khác nhau về độ rộng, thì chúng lại giống nhau về độ dày: chúng dày chỉ vài chục met.

*Voyager 2* cũng đã phát hiện ra một hệ năm vành quanh Hải Vương tinh, có vẻ như là trung gian giữa các vành của Mộc tinh và Thiên Vương tinh: ba hẹp giống như các vành của Thiên Vương tinh, và hai rộng và nhòe như các vệ tinh của Mộc tinh.

## **Thói háu ăn của thiên hà**

*Xem: Những thiên hà háu ăn*

## Thời gian đóng băng của ánh sáng

Thuyết Tương đối của Einstein nói với chúng ta rằng nếu đi càng nhanh thì thời gian càng chậm lại, cho tới bất động hoàn toàn khi đạt đến vận tốc ánh sáng. Như vậy, đối với ánh sáng, thời gian là đứng yên. Nó không trôi nữa. Chỉ mình ánh sáng là tìm thấy bí mật của nguồn nước cái lã hoàn đồng; chỉ mình ánh sáng không bao giờ già, vì chỉ mình nó du hành qua không gian với vận tốc 300.000 km/s. Người ta có thể nói rằng thời gian không tồn tại đối với ánh sáng.

Nếu chúng ta xét tình hình này trên quan điểm của hạt ánh sáng (tức photon), thì các kết luận cũng hết sức lạ thường. Trên quan điểm đó, nó là đứng yên và chính khung cảnh mới trôi qua trước mắt nó với vận tốc ánh sáng. Thế nhưng, thuyết Tương đối nói với chúng ta rằng không gian càng thu hẹp lại khi vận tốc càng cao. Nghĩa là photon thấy một không gian bị co hẹp tới mức tất cả các khoảng cách giữa các vật chỉ là zero. Như vậy, khái niệm khoảng cách không còn tồn tại nữa đối với nó nữa. Nó tiếp xúc đồng thời với toàn vũ trụ. Nó cùng một lúc ở khắp nơi trong không gian. Thời gian không tồn tại nữa với photon, vì nó không trôi một khắc nào để cho phép ánh sáng vượt qua 384.000 km giữa hành tinh chúng ta và Mặt trăng, 2,3 triệu năm-ánh sáng giữa Trái đất và thiên hà Andromede (xem mục từ này), hay 14 tỷ năm ngăn cách Trái đất với các vùng xa xôi của vũ trụ quan sát được.

## Thời gian tâm lý và thời gian vật lý

Chúng ta thường nói rằng “thời gian đi”, “thời gian trôi”. Chúng ta biểu diễn thời gian như nước sông trôi. Chúng ta trao cho thời gian một chiều không gian, và chính sự biểu diễn chuyển động này của thời gian trong không gian so với chúng ta đã cho chúng ta cảm giác về quá khứ, hiện tại và tương lai. Hiện tại chỉ tồn tại “bây giờ”. Quá

khứ đã qua và đã mất hút trong các khúc uốn của trí nhớ của chúng ta. Tương lai còn chưa đến và chỉ tồn tại trong các giấc mơ và hy vọng của chúng ta. Thời gian chủ quan hay tâm lý này ai trong chúng ta cũng có. Sự phân biệt giữa quá khứ, hiện tại và tương lai điều chỉnh cuộc sống của chúng ta và tạo thành một trong các nền tảng của ngôn ngữ, với các động từ được chia ở thời quá khứ, hiện tại hay tương lai. Chúng ta tin rằng quá khứ đã qua không thể thay đổi được nữa bằng các hành động của chúng ta, trong khi chúng ta thích tin rằng có thể thay đổi được tương lai bằng các hành động đó. Tuy nhiên, khái niệm thời gian trôi, sự chuyển động của nó so với nhận thức đứng yên của chúng ta, lại không phù hợp với ngôn ngữ của vật lý hiện đại. Nếu thời gian có một chuyển động, thì vận tốc của nó bằng bao nhiêu? Câu hỏi rõ ràng là phi lý! Mặt khác, quan niệm cho rằng chỉ hiện tại là tồn tại, rằng chỉ riêng nó là thực, là không tương thích với sự phá bỏ thời gian cứng nhắc và phổ quát bởi thuyết Tương đối. Quá khứ và tương lai cũng phải thực như hiện tại, vì Einstein nói với chúng ta rằng quá khứ của một người có thể là hiện tại của một người khác, hay tương lai của một người thứ ba (xem: *Thời gian và Tính đồng thời*).

Đối với một nhà vật lý, thời gian không được đánh dấu bằng một chuỗi các sự kiện. Các phân biệt giữa quá khứ, hiện tại và tương lai trở nên vô ích. Tất cả các thời khắc đều có giá trị như nhau. Không tồn tại một thời khắc ưu tiên nào. Nếu tôi tung một quả bóng lên không trung, thì tôi chỉ cần biết vị trí và vận tốc ban đầu của nó, và định luật vạn vật hấp dẫn của Newton có thể cho phép tính toán được quỹ đạo của nó. Quỹ đạo này luôn luôn như nhau, dù quả bóng được tung lên lúc 7 giờ tối, ngày 20.8.1948 hay ngày 1.1.2009. Bởi vì các khái niệm quá khứ, hiện tại và tương lai bị vứt bỏ, nên thời gian không còn cần chuyển động nữa. Nó đơn giản ở đó, đứng yên đó, như một đường thẳng trải đến vô tận theo cả hai hướng. Dòng chảy của thời gian tâm lý nhường chỗ cho sự trở lại yên tĩnh của thời gian vật lý.

Cần phải phân biệt rõ thời gian chủ quan hay tâm lý với thời gian vật lý được coi là khách quan, trôi một cách đồng nhất và không phụ thuộc vào ý thức của chúng ta. Thời gian vật lý là thời gian của đồng hồ. Người ta đo nó nhờ một chuyển động đều đặn: sự dao động của một nguyên tử, hay chuyển động quay của Trái đất quanh mình

nó. Chính vì thế nói về thời gian (hay không gian) trước sự ra đời của vũ trụ là vô nghĩa, bởi vì không một chuyển động nào lúc đó có thể được đo cả. Trong lý thuyết Big Bang, thời gian và không gian được sinh ra đồng thời với vũ trụ. Thánh Augustin (354-430) cũng đã thai nghén quan niệm cho rằng thời gian xuất hiện cùng thế giới. Ông thấy nực cười trước ý tưởng về một vị Chúa chờ một thời gian vô hạn trước khi quyết định tạo ra thế giới. Đối với ông, thế giới và thời gian xuất hiện cùng nhau. Thế giới được sinh ra không phải *trong* thời gian, mà *cùng với* thời gian. Cách tiếp cận này là một tiên đoán lỗi lạc các ý tưởng của vũ trụ học hiện đại.

Ngược lại, thời gian đã qua, thời gian mà chúng ta cảm thấy trong nội tâm của mình, là chu quan và không trôi một cách đồng nhất. Nó rất co dãn. Thật vậy, cùng một vở kịch có thể là kéo dài vô tận đối với một người thấy nó nhàm chán, trong khi người bên cạnh bị vở kịch cuốn hút tới mức không thấy thời gian trôi. Một phút buồn chán hay lo sợ như dài bằng cả thế kỷ, trong khi ngày vui ngắn chẳng tày gang. Mặt khác, ai trong chúng ta cũng nhận thấy rằng càng già đi chúng ta càng thấy thời gian trôi càng nhanh. Sự tăng tốc của thời gian này đã được kiểm chứng bằng các nghiên cứu về sự tăng trưởng của cây cối và động vật: tuổi càng cao, thì sự kéo dài “sinh lý” càng ngắn.

Sự lưỡng phân của thời gian đã trải qua (tức thời gian chủ quan) và thời gian vật lý thường xuyên xuất hiện trong lịch sử tư tưởng. Đối với các triết gia trước Socrate, thời gian được đồng nhất với chuyển động, như thời gian vật lý. Chẳng hạn, Heraclite nói rằng “thời gian là một đứa trẻ chơi thò lò” (thời gian được giữ nhịp bởi chuyển động của các quân tốt trên bàn cờ). Theo Aristotle, thời gian là “số chuyển động”, nhưng ông cũng đã tự vấn: “Vấn đề khó là tìm hiểu xem nếu không có tâm hồn thì thời gian có tồn tại không.” Vào thế kỷ IV, thánh Augustin đã bác bỏ các luận đề của Aristotle: “Thời gian không phải là chuyển động của một vật”, và khẳng định chiều kích hiện sinh (hay tâm lý) của thời gian: thời gian chỉ trôi trong tâm hồn, vì đối tượng của chờ đợi (tương lai) trở thành đối tượng của sự chú ý (hiện tại) vốn tự biến thành đối tượng của ký ức (quá khứ). Triết gia người Đức Edmund Husserl (1859-1938) đã đi theo quan điểm này vào thế kỷ XX. Emmanuel Kant (1724-1804) cũng nói rằng

các khái niệm không gian và thời gian bắt nguồn từ các quan hệ của chúng ta với tự nhiên và không là của riêng của bản thân tự nhiên: “Thời gian chỉ là một điều kiện chủ quan của trực giác của chúng ta, và nó không hề nằm ngoài chủ thể.” Một quan niệm tương tự cũng đã được các triết gia Phật giáo đưa ra. Họ khẳng định rằng thời gian hoàn toàn không có một thực tại tối hậu và không có sự tồn tại nào bên ngoài các hiện tượng và những người quan sát chúng. Thay vì nói, như Einstein, rằng thời gian vật lý *luôn luôn* ở đó, giống như một chiều bất động, thì các nhà tư tưởng Phật giáo lại nói rằng nó *không bao giờ* ở đó cả.

Tại sao có sự khác nhau đến như thế giữa thời gian vật lý và thời gian tâm lý? Rất có thể hoạt động thần kinh khiến cho chúng ta cảm thấy giới gian trôi. Các dữ liệu của thế giới bên ngoài được các giác quan truyền lên não, não tích hợp chúng thành một biểu tượng tinh thần. Hoạt động thần kinh này được đặc trưng bởi sự tham gia hành động đồng thời của nhiều vùng cách nhau của não có các chức năng khác nhau. Theo nhà sinh vật thần kinh Francisco Varela (1946-2001), chính sự phức tạp của nhiệm vụ kết nối và tích hợp các bộ phận khác nhau này của não đã làm cho chúng ta có cảm giác về thời gian. Từ hành động kết hợp và đồng bộ các tập hợp lớn không liên kế của các nơron, trong số hàng trăm tỷ nơron có trong não người, sẽ sinh ra một trạng thái sinh học “đột sinh”, nghĩa là một trạng thái còn lớn hơn sự cộng số học đơn thuần các bộ phận cấu thành của nó. Bởi vì hành động này kéo dài chỉ từ vài chục đến vài trăm phần nghìn giây, nên chúng ta có cảm giác về một “bây giờ”, một hiện tại có một độ dày. Nhưng sự đồng bộ của các nơron là không ổn định và không kéo dài, điều này dẫn đến sự tham gia hành động của những tập hợp các nơron đồng bộ khác, tạo ra các trạng thái đột sinh kế tiếp; và chính các trạng thái này cho chúng ta cảm giác thời gian trôi. Mỗi trạng thái đột sinh phân nhánh xuất phát từ trạng thái trước, khiến cho trạng thái trước còn hiện diện trong trạng thái tiếp sau, tạo ra một cảm giác về tính liên tục của thời gian.

Bí mật của thời gian trôi nằm trong não của chúng ta. Nó sẽ chỉ được hé lộ khi chúng ta hiểu được chúng ta cảm nhận, suy nghĩ, yêu đương và sáng tạo như thế nào.

## Thời gian và Chuyển động

“Sự suy tư về thời gian là nhiệm vụ mở đầu của mọi siêu hình”. triết gia Gaston Bachelard (1884-1962) từng nói. Thời gian chắc chắn không phải là một khái niệm dễ dàng phân định, như thánh Augustin (354-430) từng nhìn nhận vào thế kỷ IV: “Thời gian là gì? Nếu không ai hỏi tôi, thì tôi biết. Nhưng nếu có ai hỏi tôi và tôi muốn giải thích, thì tôi lại không biết gì hết.” Thời gian đóng một vai trò quan trọng không chỉ trong siêu hình học, mà còn cả trong vật lý. Trong quá trình nghiên cứu tự nhiên, các nhà vật lý liên tục phải đối diện với câu hỏi về thời gian. Thoạt nghe điều đó có vẻ như là nghịch, vì thời gian đo sự phù du trong khi các nhà vật lý lại đi tìm các định luật, nghĩa là các quan hệ không thay đổi và bất biến giữa các hiện tượng. Tuy vậy, khái niệm thời gian liên tục trở đi trở lại trong vật lý.

Galileo là người đầu tiên, vào thế kỷ XVI, đề cập đến thời gian như một chiều kích vật lý cơ bản, để sắp xếp và kết nối bằng toán học các phép đo chuyển động của các vật. Nhưng chính Isaac Newton, với các định luật về cơ học của mình, mới đưa ra được một định nghĩa rõ ràng về thời gian vào thế kỷ XVII. Ông định nghĩa chuyển động của các vật trong không gian bằng cách chỉ rõ vị trí và vận tốc của chúng ở các thời điểm liên tiếp nhau. Thời gian Newton là duy nhất, tuyệt đối và phổ quát. Nó trôi theo cùng một cách đối với mọi người quan sát, và tất cả họ đều chia sẻ cùng quá khứ, hiện tại và tương lai. Không gian và thời gian là hoàn toàn tách biệt: thời gian trôi mà không chịu bất kỳ một sự tương tác nào với không gian.

Năm 1905, quan niệm về một thời gian tuyệt đối này đã bị Albert Einstein xem xét lại cùng với việc công bố thuyết Tương đối hẹp. Với Einstein, thời gian mất đi sự cứng nhắc và tính chất phổ quát mà trước đó Newton đã gán cho nó. Thời gian trở nên co giãn và phụ thuộc vào chuyển động của người quan sát. Người ta đi càng nhanh thì thời gian trôi càng chậm. Chẳng hạn, một người bay trên phi thuyền không gian với vận tốc bằng 87% vận tốc ánh sáng sẽ thấy thời gian của anh ta trôi chậm hơn người song sinh với anh ta ở lại trên Trái đất. Sự chênh lệch về tuổi tác này là thực: người ở lại trên Trái đất sẽ có nhiều nếp nhăn và tóc trắng hơn; tim của anh ta

đã đập nhiều hơn và anh ta đã ăn nhiều bữa hơn, uống nhiều rượu hơn, và đánh răng cũng nhiều hơn. Đó là nghịch lý hai anh em sinh đôi Langevin (1872-1946) (theo tên của nhà vật lý người Pháp đã phổ biến nó). Đó là một nghịch lý chỉ đối với lẽ phải thông thường hay bị nhầm của chúng ta. Thuyết Tương đối giải thích rất rõ sự chậm đi này của thời gian: vận tốc càng tăng, thì thời gian càng chậm lại. Không nhận thấy được ở các vận tốc nhỏ, sự chậm lại trở nên lớn ở các vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng (300.000 km/s). Ở 99% vận tốc ánh sáng, thời gian chậm lại 7 lần. Ở 99,9%, nó chậm lại 22,4 lần! Thời gian đã mất đi tính phổ quát của nó. Nó dài ra hoặc ngắn lại tùy theo chuyển động của người đo nó. Trong vũ trụ của Einstein, thời gian duy nhất và phổ quát của vũ trụ Newton đã phải nhường chỗ cho một vô số các thời gian cá nhân, tất cả đều khác nhau.

Trong cuộc sống hằng ngày, các vận tốc mà chúng ta đạt được là rất thấp, tới mức các chênh lệch về thời gian là không thể nhận thấy được. Chẳng hạn, thời gian của người chạy bộ là chậm lại không đáng kể so với người đứng im: nếu anh ta chạy với vận tốc 1m/s, thì giây của anh ta bằng 1,00000000000000000005 giây của người không chuyển động (số 5 sau 17 số 0). Sự chênh lệch là nhỏ tới mức nó không thể được phát hiện bởi các đồng hồ nguyên tử tinh vi nhất. Ngay cả khi dành cả nửa cuộc đời (50 năm) để chạy, thì anh ta cũng chỉ tiết kiệm được một trăm phần triệu giây so với người khác, lười hơn. Nếu người chạy bộ sống lâu hơn, thì chắc chắn đó không phải là do thời gian của anh ta chậm lại! Ngay cả vận tốc tối đa của một tàu cao tốc (500km/h) hay máy bay dân dụng (1000 km/h) cũng rất nhỏ so với vận tốc ánh sáng (chưa bằng một phần triệu). Chính vì thế tất cả chúng ta đều sống với cùng một thời gian, vì các chênh lệch là vô cùng nhỏ. Và lại như thế là may bởi nếu không sẽ có biết bao cuộc hẹn bị lỡ, và rất nhiều lộn xộn sẽ xảy ra nếu sự co dãn của thời gian thể hiện ngay trong cuộc sống hằng ngày của chúng ta.

Sự chậm lại của thời gian này không phải là một trò chơi trí tuệ. Nó đã được quan sát trong trường hợp của các hạt được phóng với vận tốc cao trong các máy gia tốc, như máy ở Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu (CERN), hay trong trường hợp của các tia vũ trụ (xem mục từ này), luồng các hạt năng lượng cao bắt nguồn từ cái chết bùng nổ của các sao nặng và đập vào các lớp trên của khí quyển Trái

đất: trong cả hai trường hợp, các hạt nay sống lâu hơn (trước khi phân rã) so với khi chúng đứng yên, và vẫn theo một tỷ lệ đúng như Einstein tiên đoán.

Một thí nghiệm khác đã được thực hiện trên các máy bay dân dụng với các đồng hồ nguyên tử có khả năng phát hiện được các chênh lệch thời gian rất nhỏ. Bốn chiếc đồng hồ nguyên tử được đặt trên một máy bay dân dụng đi về hướng Đông, và bốn chiếc đồng hồ khác đặt trên một máy bay dân dụng phản lực khác bay về hướng Tây. Sau cuộc hành trình, thời gian của các đồng hồ đặt trên hai máy bay được so với thời gian của các đồng hồ đặt trên mặt đất. Các đồng hồ đặt trên máy bay bay về hướng Đông chạy chậm hơn 59 phần tỷ giây, trong khi các đồng hồ đặt trên máy bay bay về hướng Tây chạy nhanh hơn 273 phần tỷ giây. Sự chênh lệch về trị số giữa hai nhóm đồng hồ là do chuyển động quay của Trái đất, Trái đất cũng gây ra một sự co dãn về thời gian. Nhưng khi tính đến hiệu ứng này, người ta nhận thấy rằng thời gian của các đồng hồ đặt trên máy bay chậm lại chính xác theo đúng tỷ lệ đã được Einstein tiên đoán.

Một cuộc cách mạng cơ bản khác của thuyết Tương đối hẹp: thời gian và không gian không còn sống các cuộc đời tách biệt nữa. Trong vũ trụ Newton, thời gian và không gian là hai diễn viên tách biệt trên sân khấu vũ trụ. Einstein nói với chúng ta rằng quan niệm này là sai lầm. Ngược lại, không gian và thời gian tạo thành một cặp thống nhất và không thể tách rời (xem: *Không-thời gian*). Vũ trụ kể từ đó có bốn chiều, chiều thời gian được thêm vào ba chiều không gian. Không gian cũng trở nên co dãn. Hành trạng của hai thành viên thuộc cặp này luôn bổ sung cho nhau. Khi thời gian kéo dài và trôi chậm hơn, thì không gian co lại. Nếu một trong hai người trong cặp song sinh của chúng ta bay trên phi thuyền không gian với vận tốc bằng 87% vận tốc ánh sáng, thì không chỉ anh ta già đi chậm hơn hai lần, mà không gian của anh ta còn bị co lại: phi thuyền của anh ta trông như bị ngắn lại một nửa so với người ở trên Trái đất. Các biên dạng thống nhất của thời gian và không gian có thể được coi như sự chuyển hóa của không gian thành thời gian, và ngược lại. Không gian co lại biến thành thời gian dài ra. Tỉ giá trao đổi ở Ngân hàng vũ trụ là 300.000 km không gian cho mỗi giây thời gian...



## Thời gian và Du hành tới tương lai

Thuyết Tương đối hẹp của Einstein cho phép chúng ta du hành trong thời gian. Nó cũng cung cấp cho chúng ta một nguồn nước cái lão hoàn đồng cho phép chúng ta đi vào tương lai. Để biết điều đó xảy ra như thế nào, hãy cùng gặp lại hai anh em sinh đôi, Jules và Jim. Jules có tính phiêu lưu và thực hiện một chuyến du hành bằng tên lửa đẩy anh với vận tốc bằng 87% vận tốc ánh sáng. Jim là người không thích ngao du nên ở lại Trái đất. Trong chuyến du hành của Jules, hai anh em sinh đôi luôn truyền thông tin cho nhau bằng các sóng radio. Với các dụng cụ đo thời gian và khoảng cách mà anh có trên Trái đất, Jim nhận thấy rằng, khi phóng vùn vút trong không gian trên phi thuyền của mình, Jules già đi chậm hơn hai lần so với mình, và phi thuyền của Jules cũng ngắn lại 2 lần so với chiều dài của nó lúc ở trên Trái đất. Nói cách khác, Jim nhận thấy rằng khi thời gian dài ra, tức là trôi chậm hơn, thì không gian cũng co lại chừng đó.

Các biến dạng của thời gian và không gian càng lớn khi vận tốc chuyển động càng cao. Chẳng hạn, nếu phi thuyền của Jules rẽ không gian với vận tốc bằng 50% vận tốc ánh sáng, thì một giây của Jules trở thành 1,15 giây của Jim và một met của Jules trở thành 87 cm của Jim. Ở 87% vận tốc ánh sáng, một giây của Jules trở thành hai giây của Jim. Nếu vận tốc lên tới 99% vận tốc ánh sáng, thì một giây của Jules trở thành 7 giây của Jim và một met của Jules trở thành 14,1 cm của Jim. Nếu vận tốc lên tới 99,9999999% vận tốc ánh sáng, thì 1 giây của Jules trở thành 6,2 giờ của Jim, và met của Jules co lại bằng 0,045 milimet.

Như vậy, Einstein cung cấp cho chúng ta một loại nguồn nước cái lão hoàn đồng. Jules chỉ cần dựa vào máy gia tốc và đi ngày càng nhanh hơn để làm cho thời gian trôi chậm lại. Đó cũng là một công thức để du hành trong thời gian: trên thực tế, sự chậm lại của thời gian của Jules cho phép anh du hành vào tương lai của Jim. Giả định rằng Jules bắt đầu chuyến du hành của mình vào năm 2000 và chuyến đi này kéo dài 10 năm, theo lịch mang lên phi thuyền không gian. Nếu phi thuyền phóng với vận tốc bằng 99%

vận tốc ánh sáng, thì anh già chậm lại 7 lần. Khi quay trở về, thì lịch trên Trái đất của Jim chỉ năm 2070, thay vì năm 2010 như lịch của Jules. Sẽ có một sự khác nhau thực sự về mặt vật lý giữa hai anh em sinh đôi này. Nếu Jules 40 tuổi lúc khởi hành, thì lúc về anh vẫn đang ở tuổi 50 khỏe mạnh. Ngược lại, Jim ở lại Trái đất thì đã chết. Nếu còn sống Jim đã 100 tuổi. Jules sẽ rất buồn khi không còn gặp lại anh mình nữa. Chỉ con cháu của Jim còn sống trên Trái đất để đón anh. Như vậy, trong một chừng mực nào đó Jules đã trở về trong tương lai của Jim.

Như vậy, công thức để đi vào tương lai là lên một phi thuyền không gian, đi rất nhanh, rồi quay trở về Trái đất cũng rất nhanh. Nếu bạn muốn biết Trái đất và loài người sẽ trở nên như thế nào trong 100 năm, 1.000 năm, thậm chí 1.000.000 năm tới, thì bạn cần bay với vận tốc bằng 99,999999996% vận tốc ánh sáng, và thực hiện chuyến du hành chỉ kéo dài lần lượt là 2,4 giờ, một ngày hay dài hơn một chút, 2,7 năm.

Tuy nhiên, có một vấn đề đặt ra. Hoàn cảnh của Jules và Jim xem ra có vẻ rất đối xứng. Nếu Jim ở lại Trái đất thấy Jules rẽ không gian với vận tốc bằng 99% vận tốc ánh sáng, và thời gian của em mình chậm lại 7 lần so với thời gian của mình, thì Jules, trên phi thuyền, cũng thấy Jim được Trái đất mang đi với vận tốc 99% vận tốc ánh sáng, và nghĩ ngược lại rằng chính thời gian của Jim chậm lại 7 lần so với thời gian của mình. Vậy thì làm sao thời gian của Jules lại có thể trôi vừa chậm hơn vừa nhanh hơn thời gian của Jim? Liệu ở đây có một nghịch lý gì không? Thuyết Tương đối hẹp phải chăng đã có một lỗ hổng?

Câu trả lời là không, vì hoàn cảnh của Jules và Jim không hoàn toàn đối xứng. Để thực hiện chuyến khứ hồi trong không gian và trước hết để đạt tới vận tốc trung bình của tên lửa, Jules đã phải chịu sự tăng tốc kinh hoàng làm anh dính chặt vào ghế. Anh lại đã phải giảm tốc để quay đầu, tăng tốc trở lại để đạt vận tốc trung bình của tên lửa, rồi lại giảm tốc một lần nữa để hạ cánh. Tất cả các lần tăng và giảm tốc này là có thực và tác động mạnh đến cơ thể yếu ớt của Jules. Và lại chả có gì chắc chắn rằng cơ thể con người có thể chịu được các cú tăng tốc như thế mà không bị vỡ vụn. Về phần mình Jim trải qua những ngày hoàn toàn yên bình trên Trái đất. Anh không hề

cảm thấy các hiệu ứng kinh hoàng này. Đó chắc chắn là lý do vì sao anh già đi theo nhịp của mình. Vì được một nguồn nước cái lão hoàn đồng cho phép thăm viếng tương lai, nên Jules đã phải trả giá bằng sự nguyên vẹn cơ thể của mình!

## Thời gian và Hấp dẫn

Thời gian bị chậm lại đáng kể không chỉ bởi vận tốc (xem: *Thời gian và chuyển động*), mà còn bởi trường hấp dẫn do vạn vật sinh ra. Tương tự như không gian bị uốn cong bởi vật chất, sự hiện diện của nó cũng làm cho thời gian mất đi sự cứng nhắc và trở nên co dãn. Đó chính là điều mà Einstein đã thông báo với thế giới vào năm 1915 khi ông công bố thuyết Tương đối rộng của mình.

Thời gian trôi chậm hơn đối với người đứng ở dưới chân tháp Eiffel so với người ở trên đỉnh tháp, hay đối với người sống ở tầng trệt so với người sống trên tầng 20 của một tòa nhà. Thời gian của người Esquimo, ở cực Bắc, trôi tương đối chậm hơn thời gian của một người Bornéo, ở xích đạo. Và sở dĩ như vậy là bởi vì thời gian chậm lại đối với người đang ở trong một trường hấp dẫn, và do đó có trọng lực, mạnh hơn. Trọng lực này là do lực hút hấp dẫn mà Trái đất tác dụng lên chúng ta, và hiển nhiên tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng ta với tâm Trái đất. Những người ở chân tháp Eiffel, ở tầng trệt hay ở cực Bắc gần tâm Trái đất hơn những người khác, và như vậy chịu một trọng lực lớn hơn. Người Esquimaux gần tâm Trái đất hơn người Bornéo, vì Trái đất không phải là một khối cầu hoàn hảo. Các lực li tâm bắt nguồn từ chuyển động quay của Trái đất làm cho bán kính của nó lớn hơn một chút (khoảng 20 km) ở xích đạo so với ở các cực. Các chênh lệch thời gian này là rất nhỏ. Hiệu ứng tích tụ nhiều nhất cũng chỉ bằng một phần tỷ giây trên một đời người! Nghĩa là, sự chậm lại của thời gian bởi lực hấp dẫn không thể nhận thấy được trong cuộc sống hằng ngày. Rất may, vì nếu không, chúng ta sẽ phải đương đầu với sự khủng hoảng nhà ở: ai cũng muốn sống

ở tầng trệt, và chà ai muốn sống trên các tầng cao ca! Và rồi sẽ thật đáng tiếc khi các cư dân Trái đất bỏ hoang các vùng đầy nắng ở xích đạo để đi giam mình trong các lều tuyết gần cực Bắc, chỉ cốt để kéo dài thêm chút ít cuộc đời!

Trong khi những chiếc đồng hồ bình thường khôn khéo của chúng ta không thể phát hiện được những thay đổi nhỏ như thế thì các dụng cụ tinh vi có thể làm được điều này. Các nhà vật lý đã có thể đo được một sự thay đổi rất nhỏ về thời gian giữa đỉnh và chân của một tháp cao 23 m ở Đại học Havard. Sự chậm lại của đồng hồ ở chân so với ở đỉnh là một giây trên mỗi một trăm triệu năm. Đó cũng chính xác là giá trị được tiên đoán bởi thuyết Tương đối rộng.

Các hiệu ứng sẽ lớn hơn rất nhiều khi liên quan đến các thiên thể có một lực hấp dẫn khổng lồ. Chẳng hạn như trường hợp cực đoan nhất, khi sáp lại gần một lỗ đen, thời gian sẽ ngày càng trôi chậm lại cho tới khi đứng im hoàn toàn vào thời điểm vượt qua bán kính không thể quay lui của lỗ đen (xem: *Lỗ đen*).

## Thời gian và quan hệ nhân quả

Thuyết Tương đối đã quét sạch các quan niệm về thời gian tuyệt đối và tính đồng thời phổ quát. Thậm chí, nó còn cho phép, trong một số tình huống, sắp xếp lại trật tự của các sự kiện tùy theo chuyển động của người quan sát (xem: *Thời gian và tính đồng thời*). Sự tái tổ chức thời gian này làm nổi lên một câu hỏi cơ bản: liệu điều đó có lật đổ nguyên lý nhân quả? Liệu kết quả có xảy ra trước nguyên nhân không? Để hai sự kiện có mối liên hệ nhân quả với nhau, thì các thông tin phải được trao đổi với nhau. Bởi vì không gì có thể đi nhanh hơn ánh sáng, nên ánh sáng là phương tiện thông tin nhanh nhất và do đó cũng là hiệu quả nhất trong vũ trụ. Chẳng hạn, hai hiện tượng có liên hệ với nhau theo quan hệ nhân quả khi ánh sáng có thời gian để lan truyền từ hiện tượng này sang hiện tượng kia trong khoảng thời gian ngắn cách chúng.

Liệu tôi có thể sinh ra trước mẹ tôi không? Cái đỉnh liệu có thể được đóng xuống trước khi búa nện vào nó không? Quả bóng golf liệu có thể bắt đầu bay trước khi tôi vụt nó? Câu trả lời cho tất cả các câu hỏi trên là: chắc chắn không. Thuyết Tương đối không xem xét lại nguyên lý nhân quả, vì trật tự của hai sự kiện chỉ có thể được thay đổi nếu chúng đủ xa trong không gian hay đủ gần trong thời gian để ánh sáng không thể lan truyền từ sự kiện này sang sự kiện khác trong khoảng thời gian ngắn cách chúng. Nói cách khác, quá khứ, hiện tại và tương lai của hai sự kiện này chỉ mất đi căn cước của chúng nếu như chúng không thể liên hệ với nhau theo quan hệ nhân quả bằng các thông tin được vận tải bởi ánh sáng.

Trong ví dụ về sét và toa tàu được mô tả trong mục từ "*Thời gian và tính đồng thời*", ánh sáng không có đủ thời gian để đi từ một tia này sang một tia khác, bởi vì Jacques thấy sét đánh đồng thời vào hai đầu toa tàu. Hai tia chớp như vậy không thể liên hệ với nhau theo quan hệ nhân quả. Trong trường hợp này, trật tự của hai sự kiện đó có thể thay đổi bởi chuyển động, và Jacques, Jean và Stéphanie là nhân chứng của các chuỗi khác nhau trong thời gian. Ngược lại, ánh sáng có đủ thời gian để đi từ búa đến đỉnh và từ gậy đèn quả bóng golf, nên trật tự của các sự kiện trên không thể được sắp xếp lại bởi chuyển động tương đối của những người quan sát khác nhau. Nghĩa là quy luật nhân quả vẫn được bảo tồn: tôi không thể sinh ra trước mẹ tôi.

## Thời gian và tính đồng thời

Trong số các đảo lộn về quan niệm mà thuyết Tương đối hẹp gây ra, đảo lộn khó chịu nhất đối với lương tri chúng ta chắc chắn là sự mất đi thời gian tuyệt đối và phổ quát. Đối với Newton, thời gian được điều chỉnh bởi một loại đồng hồ vũ trụ điểm chính xác các giờ một cách như nhau đối với tất cả mọi người. Ông viết trong cuốn *Principia* (Nguyên lý) như thế này: "Thời gian tuyệt đối, xác thực và toán học, của chính nó và bởi bản chất thực của nó, trôi một

cách đồng đều mà không cần một sự tham chiếu nào với một hệ bên ngoài." Ngược lại, Einstein thấy rằng khái niệm thời gian được xây dựng xuất phát từ các hiện tượng giữ nhịp cho sự tồn tại của chúng ta. Chẳng hạn, chúng ta đo sự trôi của ngày và đêm bởi chuyển động quay của Trái đất quanh trục của nó, tháng bởi chuyển động của Mặt trăng quanh Trái đất, và năm bởi chuyển chu du của Trái đất quanh Mặt trời. Chúng ta đo thời gian trôi bằng chuyển động tuần hoàn của quả lắc đồng hồ hay bằng tiếng tic tắc đều đặn của đồng hồ đeo tay. Các nhà vật lý đo thời gian bằng cách đếm các dao động đều đặn của một nguyên tử cesi. Xét cho cùng, sự đánh giá thời gian của chúng ta luôn gắn với tính đồng thời của hai sự kiện độc lập. Như Einstein viết trong bài báo đăng tháng 6.1905: "Khi nói rằng tàu đến bến lúc 7 giờ, nghĩa là tôi muốn nói rằng các kim đồng hồ của tôi chỉ 7 giờ và việc tàu đến là hai sự kiện đồng thời." Ở đây ánh sáng đóng một vai trò cơ bản, vì nếu các sự kiện nói trên ở cách nhau một khoảng cách nhất định, thì sự phán xét về tính đồng thời chỉ có thể được thực hiện bằng cách truyền các tín hiệu ánh sáng từ nơi này đến nơi kia.

Dựa trên hai tiên đề cơ bản tạo nên hai trụ cột của thuyết Tương đối hẹp - các định luật vật lý phải là như nhau đối với mọi người quan sát, và vận tốc ánh sáng luôn như nhau cho dù chuyển động của người quan sát có thể nào chăng nữa -, Einstein đã chứng tỏ rằng khái niệm về tính đồng thời (sự đánh giá theo đó hai sự kiện xảy ra "đồng thời") là không như nhau đối với tất cả mọi người, mà phụ thuộc vào chuyển động của người quan sát.

Để xem xét tận gốc rễ vấn đề, chúng ta hãy lần theo dấu chân của Einstein và thực hiện lại thí nghiệm tương tượng của ông trong đó sét đánh vào một toa tàu đang băng qua nhà ga với vận tốc lớn.

Một cơn dông nổ ra và sét đánh vào hai đầu của một toa tàu. Có ba người chứng kiến sự kiện là: Jacques đứng trên sân ga, Jean ở trong đoàn tàu đang chạy, và Stéphanie ở trong đoàn tàu thứ hai đang chạy theo chiều ngược lại. Ba người không thấy cùng một chuỗi như nhau các sự kiện. Jacques thấy sét đánh đồng thời vào phía trước và phía sau toa tàu. Ngược lại, Jean, ngồi giữa toa tàu thấy sét đánh vào đầu trước trước, rồi, một phần giây sau, mới đánh vào đầu sau. Lý do của sự chênh lệch thời gian này là rất đơn giản: đoàn tàu chuyển động, ánh sáng của tia chớp đánh vào đầu trước của đoàn tàu vượt

qua một khoảng cách ngắn hơn để đến với Jean - người được đoàn tàu đưa đến gặp nó - so với ánh sáng đến từ phía sau, phai đuổi theo Jean. Vận tốc ánh sáng là không đổi, nên ánh sáng đến từ phía trước mất ít thời gian hơn ánh sáng đến từ phía sau. Cuối cùng trật tự diễn ra của các sự kiện bị đảo ngược đối với Stéphanie ngồi trên tàu chạy theo chiều ngược lại: cô thấy sét đánh vào đầu sau của toa rồi mới đến đầu trước.

Ai có lý? Einstein nói với chúng ta rằng cả ba đều có lý, vì tất cả các quan điểm của họ đều đúng. Vì vận tốc ánh sáng là không đổi, nên trật tự diễn ra các sự kiện có thể bị thay đổi tùy theo chuyển động của người quan sát. Cái "bây giờ" phổ quát không còn tồn tại nữa.

Trong cuộc sống hằng ngày, sự chênh lệch giữa các "bây giờ" của những người khác nhau là rất nhỏ, vì các vận tốc mà chúng ta đạt được là không đáng kể so với vận tốc ánh sáng. Nhưng chênh lệch sẽ càng lớn hơn khi các vận tốc tương đối càng lớn hơn. Chẳng hạn, các thiên hà xa xôi nhất, do sự giãn nở của vũ trụ, rời xa Ngân Hà với vận tốc hơn 90% vận tốc ánh sáng. Khi tôi đi, "bây giờ" của các thiên hà xa xôi này chênh hàng nghìn năm so với "bây giờ" của chúng khi tôi đứng im.

Như vậy, hiện tại của tôi có thể là quá khứ của bạn, và là tương lai của một người khác nếu người này và bạn chuyển động so với tôi. Nhận định này có một hệ quả sâu sắc: nếu, đối với một người nào khác, tương lai đã tồn tại và quá khứ còn chưa đến, thì tất cả các thời khắc đều có giá trị như nhau. Không còn tồn tại thời điểm ưu tiên nữa. Đối với Einstein, sự trôi của thời gian chỉ là ảo tưởng. Thời gian không trôi: nó đơn giản là ở đó, đứng im, như một đường thẳng trải đến vô tận theo cả hai hướng.

Nhà vật lý của chúng ta đã trình bày quan niệm này trong một bức thư viết năm 1955 sau khi một người bạn từ thuở niên thiếu của ông tên là Michele Besso qua đời (và vài tháng trước khi ông mất), như để tự an ủi mình về nỗi buồn: "Đối với những nhà vật lý xác tín như chúng tôi, sự phân biệt giữa quá khứ, hiện tại và tương lai chỉ là một ảo tưởng, cho dù nó thật là dai dẳng."

## Thổ tinh

Được đặt tên như vậy (*Saturne* -Thổ tinh) là để liên hệ tới người cha, thần Jupiter (tên quốc tế của Mộc tinh) trong thần thoại La Mã. Thổ tinh, cùng với hệ thống các vành đai ấn tượng của nó, dễ dàng nhận ra bằng một kính thiên văn nhỏ, chắc chắn là một trong những thiên thể quyền rũ nhất trên bầu trời. Chính sự choáng váng trước vẻ đẹp của nó đã từng là cội nguồn của thiên hướng đối với nhiều nhà thiên văn! Cho tới thế kỷ XVIII, đây là hành tinh xa nhất được biết đến và là chỗ phân định đường biên của Hệ Mặt trời. Mặc dù nhẹ hơn rất nhiều so với Mộc tinh (Thổ tinh có khối lượng gấp 95 lần Trái đất, trong khi khối lượng của Mộc tinh lớn hơn Trái đất tới 318 lần), nhưng Thổ tinh giống với Mộc tinh ở rất nhiều điểm: cả hai đều lớn hơn Trái đất của chúng ta gần chục lần (đường kính của Thổ tinh và Mộc tinh lớn hơn đường kính của Trái đất lần lượt là 9,5 lần và 11,2 lần), cả đều quay rất nhanh quanh trục của chúng (một ngày trên Thổ tinh là 10,8 giờ, còn trên Mộc tinh là 9,8 giờ). Chuyển động quay rất nhanh này tạo ra các lực li tâm khổng lồ ở xích đạo, làm cho hành tinh trông rất dẹt; bán kính của nó ở hai cực ngắn hơn khoảng 10% so với bán kính ở xích đạo. Cũng giống như trên Mộc tinh, chuyển động quay này của Thổ tinh khởi phát các trận cuồng phong thổi thành bão với vận tốc lên tới 1.500 km/h (so với 400 km/h trên Mộc tinh). Các trận cuồng phong này cũng tạo ra các dải màu sáng và sẫm đan xen nhau, các vòi rồng và những cơn bão tố, như trên Mộc tinh.

Cũng giống như Mộc tinh, Thổ tinh được cấu tạo bởi 98% là hydro và heli. Các lượng lớn khí nhẹ này phân bố trong một thể tích lớn làm cho nó loãng hơn tất cả các hành tinh khác của Hệ Mặt trời: mật độ trung bình của nó chỉ khoảng  $0,7\text{g/cm}^3$ , thấp hơn mật độ của nước ( $1\text{g/cm}^3$ ). Điều này có nghĩa là, nhờ lực đẩy Archimede, Thổ tinh sẽ nổi trong bồn tắm của bạn nếu nó đủ lớn để chứa hành tinh này! Phần trong của Thổ tinh cũng rất giống với của Mộc tinh: gồm một lớp hydro lỏng và một lớp hydro kim loại (dẫn điện) bên trên một lõi bằng đá. Chỉ có một điểm khác, đó là do có khối lượng nhỏ hơn nên Thổ tinh không có nhiệt độ, mật độ và áp suất cực lớn như của Mộc tinh. Áp suất ở trung tâm của nó chỉ bằng một phần năm áp



suất ở trung tâm Mộc tinh, tức bằng mười nghìn lần áp suất trên bề mặt Trái đất, và hai lần áp suất ở tâm Trái đất. Nhiệt độ ở trung tâm của nó là  $12.000^{\circ}\text{C}$ , so với  $40.000^{\circ}\text{C}$  của Mộc tinh.

Cũng như Mộc tinh, Thổ tinh cũng giống một Hệ Mặt trời: nó có tới 56 vệ tinh (còn gọi là các Mặt trăng của Thổ tinh), theo một thống kê thực hiện đầu năm 2007, nhưng danh sách này rất có thể còn chưa đầy đủ. Trong số các vệ tinh này, chỉ có bảy vệ tinh là đủ lớn và nặng để lực hấp dẫn có thể nhào nặn thành hình cầu: đó các vệ tinh “nhấn nhui” được tạo thành đồng thời với hành tinh mẹ thông qua trò kết tụ vật liệu cấu thành hành tinh. Các vệ tinh này đều quay trong mặt phẳng xích đạo của Thổ tinh. Các vệ tinh khác nhỏ hơn (đường kính dưới 200 km) và nhẹ hơn: đó là các tiểu hành tinh phủ đầy băng tuyết, có bề mặt lồi lõm, không nhấn nhui và lỗ chỗ các miệng hố hình phễu. Quỹ đạo của các vệ tinh này không tròn, mà lệch tâm với mặt phẳng quỹ đạo nghiêng, điều này gợi ý rằng chúng là các tiểu hành tinh bị trường hấp dẫn của Thổ tinh bắt giữ. Titan, vệ tinh lớn nhất của Thổ tinh (và là vệ tinh lớn thứ hai trong Hệ Mặt trời, sau vệ tinh Ganymede của Mộc tinh), là vệ tinh duy nhất của Hệ Mặt trời thu nhỏ này có một khí quyển dày và đặc (đặc hơn khí quyển của chúng ta). Một số nhà thiên văn cho rằng nó có thể cư mang được sự sống (xem: *Sự sống và các hành tinh không lồ*).

Nhưng điều làm nên vinh quang cho Thổ tinh, đó hiển nhiên là hệ thống các vành của nó. Mặc dù cả bốn hành tinh khí khổng lồ đều có hệ thống các vành riêng của mình, nhưng hệ thống các vành của Thổ tinh chắc chắn là ấn tượng nhất và đẹp nhất.



## ***Các vành của Thổ tinh***

Trong Hệ Mặt trời, đó là một trong những công trình tráng lệ nhất của tự nhiên. Có một vẻ đẹp khó diễn tả, các vành của Thổ tinh có thể được nhìn thấy từ Trái đất chỉ bằng một kính thiên văn nhỏ với một thấu kính có đường kính khoảng 10 cm. Galileo là người đầu tiên đã nhìn thấy chúng vào năm 1601. Nhưng, kính thiên văn của ông hồi đó còn quá nhỏ, nên ông không biết rằng đó là các vành: ông cho rằng cái mà ông gọi là các “tai” của hành tinh này là do một hệ gồm ba hành tinh tạo thành: đó là Thổ tinh và hai hành tinh khác có kích thước nhỏ hơn. Phải đợi đến năm 1656 thì nhà thiên văn và vật lý học người Hà Lan Christian Huygens mới biết được bản chất đích thực của chúng. Thực ra, ông nghĩ rằng Thổ tinh chỉ có một vành rắn duy nhất. Gần một thập kỷ sau nhà thiên văn người Italia gốc Pháp là Jean-Dominique Cassini (1625-1712), giám đốc Đài thiên văn Paris, mới nhận ra vào năm 1675, rằng vành này thực ra gồm hai vành cách nhau bởi một vùng trống rỗng mà ngày nay được gọi là “vùng phân cách Cassini”. Phải mất hai thế kỷ nữa, vào năm 1850, thì một vành thứ ba nữa mới được phát hiện.

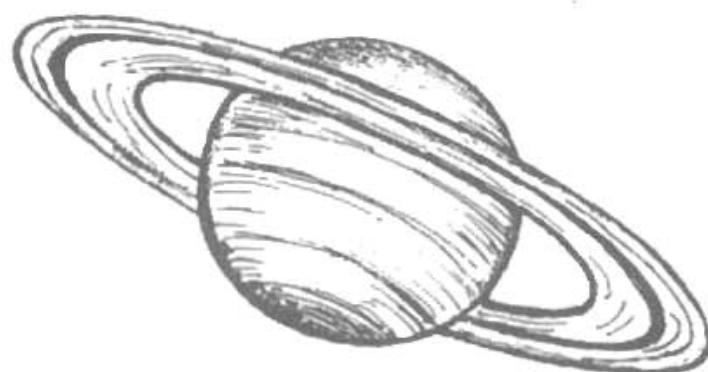
Sau khi phát hiện ra các “tai” của Thổ tinh, Galileo đã tiếp tục quan sát chúng bằng kính thiên văn trong hai năm tiếp theo. Mùa thu năm 1612, ông đã kinh ngạc phát hiện ra rằng chúng đã biến mất! Hành tinh đã mất đi các “u phình” của nó! Ông đã tâm sự với một người bạn về sự ngạc nhiên của mình: “Biết nói thế nào về một sự biến hóa kỳ lạ đến thế? Liệu có thể là Thổ tinh, như nhân vật thần thoại mà nó mang tên, đã ngấu nghiến nuốt sống chính những đứa con của nó?” Năm 1616, các “tai” lại xuất hiện trở lại! Sờ dĩ Galileo đã không thể hiểu được sự biến mất và tái hiện của chúng, đó là vì ông không biết rằng ông đang đứng trước một hệ thống các vành nằm trong mặt phẳng xích đạo của Thổ tinh. Thế mà, cũng như trong trường hợp Trái đất và Hỏa tinh, trục quay của Thổ tinh bị nghiêng ( $27^\circ$ ) so với đường vuông của mặt phẳng hoàng đạo. Điều này làm cho trong chu kỳ chu du 30 năm của nó quanh Mặt trời, từ Trái đất, chúng ta thấy các vành của Thổ tinh dưới các góc và độ sáng khác nhau. Vào một thời kỳ nhất định, trong mùa xuân và mùa thu của Thổ tinh, Trái đất băng qua mặt phẳng của các vành, nên chúng ta

nhìn thấy chúng từ phía cạnh. Đó chính là trường hợp năm 1612 khi Galileo quan sát các vành này (lần gần đây nhất điều đó xảy ra là vào năm 1995). Việc chúng biến mất khỏi tầm nhìn của chúng ta có nghĩa là chúng cực kỳ mảnh. Độ dày của chúng không vượt quá 10-15 m, trong khi các vành có độ rộng khoảng 110.000 km và trải trên các khoảng cách từ 67.000-180.000 km tính từ tâm của Thổ tinh. Tỉ lệ độ dày/độ rộng của nó tương tự như tỷ lệ của một tờ giấy phủ kín quảng trường Ngôi sao ở Paris!

Nhìn từ Trái đất, ngay cả với các kính thiên văn lớn nhất, ba vành sáng nhất nhìn cũng có vẻ như được làm từ một khối duy nhất. Nhưng về bề ngoài này là sai lầm: các vành của Thổ tinh không phải là những khối rắn. Các nhà thiên văn đã biết điều đó trước khi các tàu thăm dò *Voyager* và *Cassini* chụp ảnh chúng, và sở dĩ như vậy là vì nhiều nguyên nhân: trước hết, họ có thể phân biệt một số ngôi sao qua các vành; tiếp theo, vận tốc của mép trong và mép ngoài của các vành khác nhau, được đo bằng hiệu ứng Doppler (xem mục từ này), là cùng cỡ với vận tốc của các đối tượng độc lập quay quanh Thổ tinh; cuối cùng, các vành ở quá gần Thổ tinh (ba vành sáng nhất, có khoảng cách nằm trong khoảng từ 1,5 đến 2,3 lần bán kính 60.200 km của nó) nên không thể sống sót mà không bị các lực hấp dẫn mạnh của hành tinh nghiền thành các mảnh nhỏ. Trên thực tế, vào thế kỷ XIX, nhà toán học người Pháp Édouard Roche (1820-1883) đã chứng minh được rằng nếu một vệ tinh nằm bên trong một bán kính tương đương với 2,4 lần bán kính của hành tinh (người ta gọi khoảng cách này là “giới hạn Roche”), thì nó không tránh khỏi sẽ bị xé rách và phá hủy bởi các lực hấp dẫn. Năm 1857, nhà vật lý Scotland James Clerk Maxwell (1831-1879) đã chứng tỏ rằng các vành rắn, nếu có, sẽ không ổn định và bị phá vỡ thành hàng nghìn mảnh. Những quan sát bằng radar đã khẳng định trực tiếp các tính toán này. Chúng đã chứng tỏ rằng các vành của Thổ tinh được cấu thành từ vô số các mảnh đá có kích thước từ một phần nghìn milimet (kích thước của một hạt bụi) tới vài chục met (kích thước của một tảng băng trôi), phần lớn trong số chúng có độ lớn bằng một viên tuyết.

Sở dĩ các bức ảnh chụp từ mặt đất gây nhầm lẫn là bởi vì chúng không chụp được các chi tiết ở thang trung bình và nhỏ. Các bức ảnh đây ấn tượng do các tàu thăm dò *Voyager* chụp năm 1979, và, gần đây,

các bức ảnh của tàu thăm dò *Cassini* chụp năm 2005, đã tạo ra một cuộc cách mạng trong hiểu biết của chúng ta về các hành tinh khổng lồ (kiểu Mộc tinh), cũng như các vệ tinh và các vành của chúng. Những bức ảnh này đã tiết lộ rằng các vành này, nhìn từ xa, có vẻ đơn giản, trơn nhẵn và liên tục như thế, nhưng khi nhìn gần lại tách ra thành hàng chục nghìn các vành nhỏ đồng tâm. Chính ảnh hưởng hấp dẫn của các vệ tinh bên trong của Thổ tinh và sự tương tác lẫn nhau giữa các đối tượng nằm trong các vành là thủ phạm. Mật độ của các vành như vậy là đã được điều chỉnh, được chia thành các vùng có mật độ cao và thấp, các vành nhỏ chính là biểu hiện của các vùng có mật độ cao. Nhưng ngay cả *Voyager* và *Cassini* cũng không có đủ thị lực cần thiết để “nhìn thấy” các vành của Thổ tinh được phân tách ra thành vô số các viên tuyết. Còn về vùng phân cách *Cassini*, thì *Voyager 2* đã nhận thấy rằng nó không hoàn toàn trống rỗng, mà cũng chứa các vành nhỏ vật chất loãng và mờ tới mức không thể nhìn thấy được từ Trái đất. Việc có rất ít vật chất trong vùng phân cách *Cassini* so với trong các vành là do hiện tượng cộng hưởng giữa một trong các vệ tinh của Thổ tinh, mang tên Mimas, với các hạt vật chất quay trong vùng phân cách. Các hạt vật chất này có chu kỳ quỹ đạo đúng bằng một nửa chu kỳ quỹ đạo của Mimas. Điều này làm cho các hạt này chịu chính xác cùng một lực hút hấp dẫn của Mimas ở đúng cùng một vị trí trên quỹ đạo của chúng mỗi khi chúng thực hiện được trọn hai vòng quanh Thổ tinh trong khi Mimas mới chỉ hoàn thành được một vòng. Hiệu ứng lặp đi lặp lại của các lực hấp dẫn này dẫn tới thực tế là các hạt rời quỹ đạo ban đầu của chúng, tạo ra một khoảng trống rỗng giữa các vành.



Vây nguồn gốc của các vành của Thổ tinh là gì? Tổng khối lượng của chúng là khoảng một triệu ty tấn, tức là đủ để tạo thành một vệ tinh đường kính 250 km. Phải chăng các vành này là kết quả của sự tan rã xảy ra tương đối gần đây (có thể cách đây 50 triệu năm, tức kém tuổi của Hệ Mặt trời 5 lần) của một tiểu hành tinh không may lang thang quá gần Thổ tinh và đã bị lực hấp dẫn rất mạnh của nó nghiền nát? Hay là nó đã bị nghiền thành hàng nghìn mảnh bởi một va chạm dữ dội với một tiểu hành tinh khác? Hay phải chăng đó là các mảnh vỡ của vật liệu cấu thành hành tinh còn sót lại từ thời kỳ hình thành Thổ tinh, cách đây 4,55 tỷ năm, và không bao giờ gắn kết được với nhau thành một thiên thể duy nhất? Hiện không ai biết câu trả lời, mặc dù giả thiết đầu tiên dường như là khả dĩ nhất. Trên thực tế người ta cũng khó có thể hình dung nổi làm thế nào mà các vành này giữ được sự ổn định của chúng trong hàng tỷ năm.

Từ lâu người ta đã tin rằng Thổ tinh là hành tinh duy nhất có các vành, điều này đặt ra vấn đề, bởi vì các định luật vật lý là như nhau đối với tất cả các hành tinh khổng lồ, nên Mộc tinh, Thiên Vương tinh và Hải Vương tinh cũng phải được bao quanh bởi các vành như thế. Các bức ảnh của *Voyager* đã tiết lộ rằng đúng như vậy: ba hành tinh khổng lồ khác cũng có các vành. Nhưng các vành của chúng nhỏ hơn rất nhiều (chính vì thế mà các kính thiên văn đặt trên Trái đất không nhìn thấy được), và Thổ tinh là hành tinh duy nhất xứng với danh hiệu Chúa Nhẫn!

## Thủy tinh

Là hành tinh ở gần Mặt trời nhất (bằng 0,32 lần khoảng cách Trái đất - Mặt trời), Thủy tinh chưa bao giờ rời quá xa Mặt trời trên bầu trời (một góc không quá  $28^\circ$ ). Bởi vì nó chỉ nhìn thấy được khi không có sự can thiệp của ánh sáng chói lòa của Mặt trời, nên người ta chỉ có thể thấy nó bằng mắt thường khi Mặt trời ở dưới chân trời: vào lúc bình minh, ngay trước khi Mặt trời mọc, hay trong buổi tối, ngay khi

Mặt trời lặn. Các nhà thiên văn học Cổ đại nghĩ rằng họ đã nhìn thấy hai ngôi sao khác nhau, và đặt tên là Apollon (sao Mai) và Hermes (sao Hôm). Về sau, các nhà thiên văn Hy Lạp đã nhận ra rằng đó chỉ là một thiên thể. Trong ca hai trường hợp, hành tinh này xuất hiện rất thấp trên chân trời. Bởi vì Trái đất quay quanh chính nó với một góc  $15^\circ$  mỗi giờ, nên điều đó có nghĩa là, trong các trường hợp tốt nhất, Thủy tinh chỉ nhìn thấy được trong vòng chưa đầy ( $28/15=$ ) 2 giờ mỗi đêm: nó mọc và lặn rất nhanh trong khi các hành tinh khác như Hỏa tinh, Mộc tinh, Thổ tinh lại có thể nhìn thấy được trong suốt đêm, suốt nhiều tháng. Nhà thiên văn Ba Lan Nicolas Copernicus (*xem mục từ này*), người đã trục xuất Trái đất khỏi vị trí trung tâm của Hệ Mặt trời, cũng đã phàn nàn vì gặp khó khăn này trong việc quan sát Thủy tinh: “Hành tinh này tra lấn chúng ta bằng rất nhiều bí mật và bất chúng ta phải lao tâm khổ tứ để quan sát các chuyển động của nó.”

Thủy tinh cũng là hành tinh quay nhanh nhất xung quanh Mặt trời: nó chỉ cần chưa đầy ba tháng (88 ngày) để thực hiện trọn vẹn một vòng quay quanh ngôi sao của chúng ta. Rất có thể chính là do sự nhanh nhẹn này mà người ta gọi nó là Thủy tinh: trong thần thoại La Mã, Thủy tinh là sứ giả của các vị thần, người đóng vai trò trung gian giữa vùng chết và vùng sống, và là người dẫn dắt linh hồn của những người chết đến nơi yên nghỉ cuối cùng.

Sự ở gần Mặt trời quyết định phần lớn các tính chất vật lý của Thủy tinh. Nó không hề có khí quyển: khí quyển khởi thủy của nó, bị Mặt trời tré làm cho nóng lên đến các nhiệt độ rất cao, nên không thể được giữ lại bởi lực hấp dẫn rất yếu của nó (chỉ bằng 38% lực hấp dẫn của Trái đất), và do đó khí quyển này đã bay ra khỏi Hệ Mặt trời từ lâu lắm rồi. Không có khí quyển đồng nghĩa với việc không có vành đai bảo vệ chống lại các tiểu hành tinh nhỏ (trên hành tinh của chúng ta, các tiểu hành tinh này bị bốc cháy khi đi vào khí quyển Trái đất do ma sát mạnh làm cho chúng nóng lên tới các nhiệt độ rất cao), và không có sự xói mòn để xóa đi các dấu vết va chạm. *Mariner 10*, con tàu thăm dò của NASA đến thăm Thủy tinh năm 1974 và 1975, đã phát lộ một khung cảnh vẫn còn đầy các dấu vết của vô số các vụ va chạm với các tiểu hành tinh và chúng bị vỡ nát trên bề mặt của Thủy tinh vào cuối thời kỳ hình thành Hệ Mặt trời, cách đây 4 tỷ năm. Vào thời kỳ này, phần lớn các vật liệu cấu thành hành tinh kết tụ với

nhau dưới ảnh hưởng của lực hấp dẫn để tạo thành các hành tinh. Nhưng, trong không gian giữa các hành tinh lúc, còn hung nhúc các đối tượng bằng đá, hình dạng nham nhở, phóng vun vút với vận tốc hàng chục kilomet mỗi giây, mà người ta gọi là các "tiểu hành tinh" (xem mục từ này). Đó là các mảnh vỡ còn sót lại từ trò kết tụ vật liệu cấu thành hành tinh (xem mục từ này) thỉnh thoảng lại va chạm với các hành tinh và các vệ tinh mới hình thành, tạo ra các miệng hố khổng lồ trên bề mặt của chúng. Bề mặt lỗ chỗ của Thủy tinh (giống như bề mặt của Mặt trăng, cũng không có khí quyển) là bằng chứng của thời kỳ đại bắn phá đó.

Vụ va chạm dữ dội nhất chắc chắn là vụ va chạm của một tiểu hành tinh đường kính hơn 100 km, thủ phạm gây ra một vết thương khổng lồ đường kính khoảng 1.350 km, được gọi là "vùng Caloris" (vùng nhiệt). Vụ va chạm ở Caloris đã phát đi các sóng xung kích xuyên qua vùng bên trong đặc và bằng kim loại của Thủy tinh, khởi phát các trận động đất làm náo động và phá vỡ lớp vỏ ở các điểm đối chẵn. Rất nhiều miệng hố nằm rải rác giữa các vùng đồng bằng dung nham đã hóa rắn bắt nguồn từ hoạt động núi lửa thời xa xưa xảy ra sau thời kỳ đại bắn phá. Rất nhiều vết gầy và dốc đứng, trải trên các khoảng cách có thể lên tới vài trăm kilomet, và cao vài kilomet, dọc ngang khắp vỏ Thủy tinh, những nhân chứng câm lặng của thời kỳ bán kính của hành tinh co lại từ 1 đến 2 kilomet.

Từ bốn tỷ năm nay, Thủy tinh đã trở thành một thế giới chết về địa chất: ngược lại với Trái đất, ở đó không xảy ra hoạt động núi lửa, cũng không có sự trôi dạt lục địa. Đó cũng là một thế giới hoàn toàn không có sự sống: sự vắng bóng khí quyển và nước, và các nhiệt độ cực hạn ngự trị ở đó hoàn toàn không thuận lợi cho sự nảy nở cũng như phát triển của sự sống. Nhiệt độ dao động từ rất thấp ( $-180^{\circ}\text{C}$ ) ban đêm đến nhiệt độ thiêu đốt ( $430^{\circ}\text{C}$ ) ban ngày: chỉ mà ở đó sẽ bị tan chảy ngay tức khắc. Thủy tinh có các biến thiên nhiệt độ cực hạn nhất trong Hệ Mặt trời. Nhiệt độ trên bề mặt của Kim tinh cao hơn một chút, nhưng gần như không biến thiên, và trên Diêm Vương tinh nhiệt độ thấp nhất và các biến thiên của nó nhỏ hơn. Sự tương phản lớn về nhiệt độ giữa ngày và đêm bù lại sự vắng bóng của các mùa trên Thủy tinh: Thủy tinh đứng thẳng thay vì nghiêng, như Trái đất, điều này làm cho lượng nhiệt Mặt trời nhận được ở một vị trí nào đó

của hành tinh không biến thiên theo chuyển chu du của nó quanh Mặt trời.

Một va chạm với độ rui ro rất cao với một tiểu hành tinh trong thời kỳ đại bắn phá của Hệ Mặt trời đã làm thay đổi sâu sắc cấu trúc bên trong của Thủy tinh. Thực tế, Thủy tinh là hành tinh có mật độ lớn thứ hai sau Trái đất (5,43 so với 5,2 g/cm<sup>3</sup> đối với hành tinh của chúng ta). Mật độ trung bình cao này, đồng thời với sự hiện diện của một từ trường yếu (chưa đến 1% từ trường của Trái đất), gợi ý rằng phần bên trong của Thủy tinh có một lõi sắt theo tỷ lệ lớn hơn rất nhiều lõi của Trái đất, lõi có bán kính 1.800 km, chiếm khoảng 40% thể tích và khoảng 60% khối lượng của nó. Người ta cho rằng lõi tương đối lớn này là do sự va chạm của một tiểu hành tinh đã lấy đi một phần lớn của phần bên trong của Thủy tinh, chỉ để lại một vỏ mỏng silicat và lớp vỏ bên trên của lõi sắt. Các tiểu hành tinh, như chúng ta đã thấy, là các tác nhân ngẫu nhiên mạnh để nhào nặn nên cái thực tại.

Giữa Thủy tinh và Mặt trời tồn tại một “hiệu ứng cộng hưởng” rất đáng chú ý: Thủy tinh thực hiện chính xác ba vòng quay quanh chính nó (để quay trọn một vòng mất 59 ngày) thì cũng là lúc nó thực hiện trọn vẹn hai vòng quay quanh Mặt trời (chu kỳ quay của nó là 88 ngày). Nói cách khác, trên Thủy tinh một năm bằng một ngày rưỡi. Vì ở gần Mặt trời nên Thủy tinh chịu các lực hấp dẫn lớn từ ngôi sao của chúng ta. Nếu các lực hấp dẫn này là nguyên nhân của chuyển động quay nhanh của Thủy tinh quanh Mặt trời (năm của nó ngắn), thì chúng lại hãm đáng kể chuyển động quay quanh mình nó (ngày của nó rất dài). Tuy nhiên, cho tới những năm 1960, người ta vẫn nghĩ rằng mối quan hệ giữa Thủy tinh với Mặt trời chính xác như là mối quan hệ giữa Mặt trăng với Trái đất. Thời gian mà vệ tinh của chúng ta mất để quay quanh mình nó đúng bằng thời gian để nó quay quanh Trái đất (một tháng). “Hiệu ứng cộng hưởng” này làm cho Mặt trăng luôn trình hiện cùng một bộ mặt cho những người trên Trái đất (xem: *Mặt khuất của Mặt trăng*). Đó là do các lực thủy triều mà Trái đất tác dụng lên Mặt trăng. Bằng phép loại suy, sẽ là tự nhiên khi nghĩ rằng trên Thủy tinh sẽ có lúc một ngày chính xác bằng một năm, và rằng Thủy tinh luôn trình hiện cùng một bộ mặt trước Mặt trời: nó có một “ngày” vĩnh cửu ở một mặt, một “đêm” vô tận ở mặt kia. Nhưng đó là một sai lầm nghiêm trọng! Các kết quả đo chính xác



bằng cách sử dụng các sóng radio phản xạ trên bề mặt của Thủy tinh đã chứng tỏ vào năm 1965 rằng Thủy tinh không trình diện cùng một phía, mà các phía khác nhau sẽ trình hiện xen kẽ nhau ở mỗi vòng quay liên tiếp của nó quanh Mặt trời. Điều lạ là, câu trả lời vẫn như vậy: chính các lực thủy triều mà Mặt trời tác dụng lên Thủy tinh là thủ phạm của “hiệu ứng cộng hưởng” này. Xét trên góc độ các lực thủy triều, thì một cộng hưởng 3: 2 là tương đương với một cộng hưởng 1: 1, vì các lực này tác động hiệu quả nhất không chỉ ở mặt của Thủy tinh ở gần Mặt trời hơn, mà cả ở mặt đối kính của nó nữa.

Các mặt “ngày” và “đêm” sau đó được chụp ảnh chi tiết bởi một tàu thăm dò mới của NASA có tên là *Messenger*, nó đến Thủy tinh vào tháng 1.2008, tức khoảng 30 năm sau chuyến thăm dò cuối cùng của *Mariner 10*. Sau khi vẽ bản đồ bề mặt của nó trong ba năm, sau ba chuyến bay đến hành tinh này, *Messenger* lại sẽ được đưa lên quỹ đạo quanh Thủy tinh vào tháng 3.2011 để quan sát nó trong nhiều ngày dài (trong một năm Trái đất). Khi đó *Messenger* sẽ trả lời được rất nhiều câu hỏi của chúng ta liên quan đến các bí mật của Thủy tinh.

Do ở gần Mặt trời nên Thủy tinh cũng đóng một vai trò then chốt trong lịch sử khoa học: chính sự quan sát diêm cận nhật của nó (diêm trên quỹ đạo elip ở đó Thủy tinh gần Mặt trời nhất, cách 46 triệu km) đã làm cho lý thuyết Tương đối rộng của Einstein được cộng đồng khoa học chấp nhận. Nguyên do là năm 1859, nhà thiên văn học người Pháp Urbain Le Verrier (1811-1877) (người phát hiện ra Hải Vương tinh), làm việc ở Đài thiên văn Paris, thông báo rằng tồn tại một vấn đề nghiêm trọng liên quan với Thủy tinh: diêm cận nhật của nó hơi thay đổi vị trí theo thời gian, thay vì phải cố định, từ vòng quay này sang vòng quay khác, như cơ học Newton quy định. Bằng phép loại suy với trường hợp Hải Vương tinh, Le Verrier cho rằng nguyên nhân của hành trạng kỳ lạ này có thể là sự hiện diện của một hành tinh khác ở giữa Mặt trời và Thủy tinh, mà ông gọi là Vulcain, tên của thần lửa và thần thợ rèn cổ đại. Nhưng mọi tìm kiếm về Vulcain đều vô ích. Nhà thiên văn Camille Flammarion (1842-1925) đã châm biếm: “Thủy tinh là vị thần của những tên ăn trộm. Kẻ đồng đảng với nó trốn chạy như một tên sát sinh vô lại!” Sự việc dừng lại cho tới tận năm 1915, khi Albert Einstein thông báo ở Viện Hàn lâm khoa học Phổ rằng lý thuyết của Newton không đúng

nữa khi trường hấp dẫn trở nên quá mạnh. Điều này hoàn toàn đúng trong trường hợp của Thủy tinh. Einstein đã giải thích rằng Mặt trời uốn cong không gian xung quanh bằng lực hấp dẫn của nó, và rằng mỗi khi Thủy tinh mạo hiểm ở đó, thì chuyển động của nó lại được gia tốc lên một chút so với lý thuyết của Newton cho phép. Sự tăng tốc thêm này làm cho điểm cận nhật của Thủy tinh thay đổi nhẹ sau mỗi một vòng quay. Biên độ thay đổi được quan sát phù hợp chính xác với biên độ được tiên đoán bởi thuyết Tương đối rộng. Einstein đã diễn tả niềm hạnh phúc của mình với một đồng nghiệp như thế này: “Bạn có thể hình dung ra niềm vui của tôi khi thấy các phương trình về chuyển động của điểm cận nhật của Thủy tinh tỏ ra chính xác như thế nào không? Tôi im lặng nhiều ngày vì quá phấn khích.” Sự uốn cong không gian được tiên đoán bởi thuyết Tương đối của ông đã được kiểm chứng một cách ngoạn mục bởi sự quan sát điểm cận nhật của Thủy tinh và một nhật thực năm 1919 nhằm quan sát sự dịch chuyển biểu kiến của vị trí của các ngôi sao nằm sau Mặt trời. Einstein lúc đó đã được đẩy tới đỉnh điểm của vinh quang.

## Thuyết Tha sinh

Tính vân Mặt trời đã bị co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn cách đây khoảng 4,55 tỷ năm, cho ra đời Mặt trời. Sau 100 triệu năm, thông qua trò kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh (xem mục từ này), 8 hành tinh (Diêm Vương tinh, hành tinh xa nhất, là trường hợp đặc biệt) xuất hiện và bắt đầu vòng quay không ngừng nghỉ xung quanh Mặt trời non trẻ. Trong khoảng 400 triệu năm tiếp theo là thời kỳ đại bắn phá: rất nhiều tiểu hành tinh (xem mục từ này), những mảnh vỡ còn sót lại sau khi tạo thành các hành tinh, phóng vùn vút trong không gian (với vận tốc hàng chục kilomet mỗi giây), thì thoáng lại bị vỡ nát khi đập vào các hành tinh mới hình thành. Bộ mặt lỗ chỗ của Mặt trăng và Thủy tinh là những bằng chứng câm lặng của thời kỳ đại bắn phá này.

Rối sự sống đã xuất hiện trên Trái đất. Người ta nghĩ rằng tổ tiên chung của mọi dạng sự sống trên Trái đất đã xuất hiện vào khoảng 4 - 3,8 tỷ năm tCN. Như vậy, từ thời kỳ kết thúc sự bắn phá của các tiểu hành tinh cho đến khi xuất hiện sự sống tối đa là 200 triệu năm. Theo một số nhà khoa học, khoảng thời gian 200 triệu năm này (1,4% tuổi của vũ trụ, 4,4% tuổi của Trái đất) là khoảng thời gian quá ngắn để sự sống có thể phát triển trên Trái đất. Những người hoài nghi này cho rằng sự sống là một sự kiện rất ít có khả năng xuất hiện tới mức cần phải có nhiều thời gian hơn nữa để hình thành. Theo nhà thiên văn người Anh Fred Hoyle (1915-2001), sự sống xuất hiện trên Trái đất là một hiện tượng khó xảy ra cũng chẳng kém gì sự kiện một đồng sắt tự động ráp lại với nhau thành một chiếc Boeing 747 sẵn sàng cất cánh! Chính vì thế, những người ủng hộ quan điểm này lập luận rằng, sự sống chắc phải được sinh ra ở một nơi khác, rất lâu trước khi hình thành Hệ Mặt trời. Mà nếu sự sống trên Trái đất có nguồn gốc ngoài Trái đất thì khoảng thời gian mà nó cần có để phát triển sẽ không chỉ bị giới hạn ở 200 triệu năm nữa; vì tuổi của vũ trụ là 13,7 tỷ năm, nên nó có thêm những 9,2 tỷ năm trước khi Hệ Mặt trời hình thành. Các mầm mống của sự sống có thể rất dồi dào trong không gian và một vài trong số chúng đã đến gieo hạt giống trên Trái đất, thông qua các phi thuyền tự nhiên giữa các vì sao như sao chổi và thiên thạch, hoặc nhân tạo do những người ngoài Trái đất chế tạo ra. Đó chính là giả thuyết *Tha sinh*!

Thuyết Tha sinh đã được Svante Arrhenius (1859-1927) người Thụy Sĩ nhiệt thành bảo vệ vào đầu thế kỷ XX. Ông hình dung các vi khuẩn đã chu du qua các thiên hà, được phóng bởi các lực đẩy nhỏ nhưng có tính tích tụ của ánh sáng sao. Gần đây hơn, Hoyle và một đồng nghiệp người Srilanka là Chandra Wickramasinghe (sinh năm 1939) đã đưa ra ý tưởng cho rằng virus và vi khuẩn đã liên tục sinh ra trên các hạt bụi ở đuôi các sao chổi và đến được Trái đất khi những hạt bụi này rơi xuống hành tinh của chúng ta. Nhà sinh học rất nghiêm túc người Anh là Francis Crick (1916-2004), một trong hai người phát hiện ra chuỗi xoắn kép ADN, thậm chí còn gợi ý về một loại "tha sinh có định hướng", theo đó những mầm mống của sự sống có thể đã được các phi thuyền không gian thực sự của một nền văn minh tiên bộ ngoài Trái đất mang đến.

Mặc dù giả thuyết trên gần với khoa học viễn tưởng hơn là khoa học, nhưng ý tưởng cho rằng các mầm mống của sự sống có thể đã đến Trái đất nhờ các thiên thạch (xem mục từ này) cũng có vẻ là một khả năng chấp nhận được. Thực tế, một số thiên thạch rơi xuống hành tinh của chúng ta có mang theo các chất hữu cơ cấu tạo từ các axit amin giống như trong các cơ thể sống trên Trái đất. Nhưng axit amin không nhất thiết phải có nguồn gốc sinh học: chúng có thể được tạo ra từ các phản ứng hóa học không có liên quan gì đến sự sống cả. Một số người khác đã bác lại rằng không gian vũ trụ là một môi trường không thân thiện tới mức các mầm mống sinh ra trong lòng nó không có bất kỳ cơ hội nào để có thể sống sót qua một hành trình dài giữa các vì sao để đến được Trái đất: một chân không gần như hoàn hảo, các nhiệt độ băng giá, các hạt giàu năng lượng được giải phóng bởi các sao siêu mới dữ dội và, đặc biệt là các tia cực tím độc hại sinh bởi các ngôi sao nóng và nặng, sẽ rất thích thú phá hủy mọi manh nha của sự sống.

Nhưng các thí nghiệm gần đây trong phòng thí nghiệm đã cho thấy, nếu đặt vi khuẩn trong một môi trường chân không gần như hoàn hảo ở nhiệt độ  $-263^{\circ}\text{C}$  và chiếu vào chúng một tia cực tím mạnh tương đương với sự phơi trước ánh sáng của các ngôi sao trong một thời kỳ dài 2.500 năm, thì 99,9% số vi khuẩn này sẽ chết, nhưng vẫn còn lại 0,1% sống sót! Vậy mà, để sự sống lan truyền, thì chỉ cần trong số tất cả các vi khuẩn tham gia chuyến chu du này, một vi khuẩn duy nhất sống sót cho tới khi đến được Trái đất. Sức đề kháng đáng ngạc nhiên này đối với các bức xạ mạnh có thể còn được tăng cường nếu như chuyến chu du giữa các vì sao của vi khuẩn diễn ra trong một môi trường có khả năng bảo vệ chúng khỏi các bức xạ độc hại. Chẳng hạn, nếu chúng chu du bên trong một đám mây giữa các vì sao. Dù rất loãng (vài chục nguyên tử hydro/cm<sup>3</sup>), nhưng các đám mây này đủ lớn (đường kính vài chục năm ánh sáng) để phong tỏa phần lớn các bức xạ độc hại. Mà các đám mây này thì rất nhiều và nằm rải rác khắp nơi trong Ngân Hà. Hệ Mặt trời của chúng ta băng qua một đám mây như vậy cứ mỗi vài chục triệu năm một lần. Người ta có thể hình dung rằng nếu các vi khuẩn tồn tại trên tần cao của khí quyển của Trái đất, thì một số có thể sẽ bị một đám mây giữa các vì sao hút (di chuyển với vận tốc khoảng 10 km/s) và mang đến một ngôi sao tiếp theo, sau một chuyến chu du vài triệu năm. Ngược lại, một số

vi khuẩn khác từ một hệ mặt trời khác rất có thể cũng đã đến Trái đất bằng cùng phương tiện vận chuyển như thế.

Nhưng sự bảo vệ của các đám mây giữa các vì sao không đủ để giải quyết vấn đề bức xạ độc hại và sát sinh khi vi khuẩn đến được đích. Để đáp được xuống một hành tinh, chúng còn phải sắp gần ngôi sao nằm ở giữa Hệ Mặt trời, và bức xạ cực tím mạnh chắc chắn sẽ giết chết chúng. Như vậy, các đám mây giữa các vì sao không thể là một lá chắn đầy đủ. Nhưng nếu lá chắn này không được tạo thành từ khí hydro rất loãng, mà từ khối đá rắn thì sao? Nếu vi khuẩn chu du bên trong không phải một đám mây khí, mà trong một tiểu hành tinh (*xem mục từ này*) thì sẽ thế nào? Ý tưởng về sự sống bên trong một đối tượng bằng đá không đến mức ngông cuồng như thoát nghe. Các nhà nghiên cứu địa chất gần đây nói với chúng ta rằng tồn tại rất nhiều vi khuẩn trong lòng đất, sinh sôi nảy nở ở các độ sâu nửa kilomet hoặc hơn. Nhưng liệu sự sống có thể thực sự tồn tại dưới lòng đất? Cho đến rất gần đây người ta vẫn cho là không thể. Tất cả những ai đã từng xuống dưới các hầm mỏ đều biết rằng ở dưới đó rất nóng: nhiệt độ tăng từ khoảng  $20^{\circ}\text{C}$  ở bề mặt và lên tới  $5.000^{\circ}\text{C}$  ở tâm Trái đất, tức ở độ sâu 6.350 km. Một chuyến chu du vào tâm Trái đất chắc chắn sẽ có kết cục bị đốt thành tro. Sự sống mà chúng ta biết không thể tồn tại ở dưới độ sâu vài kilomet, khi nhiệt độ đạt tới và vượt  $50^{\circ}\text{C}$ . Một số động vật sa mạc còn có thể chịu được nhiệt độ này, nhưng cao hơn nữa, thì động vật và thực vật bắt đầu bị nướng chín.

Vì thế người ta vẫn nghĩ rằng các dạng sự sống dưới lòng đất ở các nhiệt độ cao và áp suất lớn chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng quá phong phú của các tác giả khoa học viễn tưởng mà thôi, cho tới khi người ta khám phá ra quần thể các vi khuẩn sinh sôi nảy nở ở gần ống thông núi lửa dưới đại dương, nơi mà nhiệt độ của nước có thể lên tới  $170^{\circ}\text{C}$ . Các sinh vật thích nhiệt độ cao này (người ta gọi chúng là "sinh vật ưa nhiệt", (*xem: Sinh vật ưa các điều kiện cực hạn*)), đã phát triển những protein đặc biệt trong các tế bào có màng được làm từ một loại sáp kháng nhiệt thay vì là mỡ thông thường. Sau đó, các mũi khoan thăm dò đã mang lên mặt đất những mẫu đất đá ở các độ sâu từ 0,5 - 3 km trong lòng đất, chứa các vi khuẩn sống. Một vài mẫu thậm chí chứa tới 10 triệu vi khuẩn mỗi gam. Nhiệt độ tăng dần trong lòng đất, do vậy các sinh vật này chắc chắn cũng là các sinh vật ưa nhiệt.

Việc phát hiện ra các sinh vật ưa nhiệt đã rọi một ánh sáng mới lên giả thuyết Tha sinh. Nếu sự sống đã có thể phát triển ở sâu trong đá trên Trái đất, thì tại sao nó lại không thể sinh sôi bên ngoài Trái đất, như Hỏa tinh, chẳng hạn? Và nếu điều đó xảy ra, thì các mảnh đá được phóng vào không gian bởi vụ va chạm của một tiểu hành tinh với Hỏa tinh có thể đã chứa các vi sinh vật. Nếu một vài mảnh đá này đến được Trái đất, thì chuyện các vi sinh vật Hỏa tinh đến gieo mầm sự sống cho hành tinh chúng ta không phải là bất khả thi.

Nhưng nếu các vi sinh vật có thể chu du từ Hỏa tinh tới Trái đất, thì không gì có thể ngăn chúng thực hiện hành trình ngược lại. Mặc dù lực hấp dẫn của Trái đất lớn hơn lực hấp dẫn của Hỏa tinh 2,6 lần, nhưng chắc chắn đã có những va chạm đủ mạnh để phóng được các mảnh đá trên Trái đất về phía Hỏa tinh cùng với các lữ khách là vi sinh vật, cách đây khoảng 3,8 tỷ năm khi sự sống xuất hiện trên hành tinh xanh của chúng ta. Sự trao đổi vi sinh vật này giữa các hành tinh làm phức tạp thêm vấn đề nguồn gốc của sự sống. Trên thực tế, nhiều giả thuyết đã được đưa ra: hoặc là sự sống bắt đầu ở Hỏa tinh rồi di cư tới Trái đất, và chúng ta đều là hậu duệ của người Hỏa tinh; hoặc là sự sống đã bắt đầu trên Trái đất rồi lan truyền tới Hỏa tinh; hoặc là sự sống đã xuất hiện một cách độc lập cả trên Trái đất lẫn trên Hỏa tinh, và sau đó đã diễn ra các trao đổi vi sinh vật giữa hai hành tinh; hoặc, cuối cùng, sự sống đã bắt đầu ở một địa điểm thứ ba, chẳng hạn như trong sao chổi, trong biên băng của Europe (một trong ba vệ tinh của Mộc tinh (xem mục từ này)), hoặc trong một vật nằm ngoài Hệ Mặt trời) - và sau đó truyền lan tới Trái đất và Hỏa tinh.

Trong mọi trường hợp, có một điều chắc chắn: đó là sự sống trên Trái đất, dù có đến từ Hỏa tinh hay từ một nơi nào khác trong không gian, hay có nguồn gốc trên Trái đất, thì nó cũng đã xuất hiện cách đây khoảng 3,8 tỷ năm trước. Sự xuất hiện của sự sống thách thức các khả năng và đang đòi hỏi một sự giải thích. Cái vô sinh đã trở thành cái hữu sinh như thế nào? Cái phép màu sự sống đã được tạo ra như thế nào?

*Tìm đọc: Paul Davies, Phép màu thứ 5 (The Fifth Miracle), New York, Simon & Schuster, 1999*

## Thuyết Tương đối

Trong gần ba thế kỷ, vũ trụ cơ học của Newton đã dựa trên các quan niệm về thời gian và không gian tuyệt đối. Vũ trụ này đã sinh ra một cảm giác chắc chắn, một không khí tâm lý cần thiết cho sự phát triển của các quan niệm triết học về tiến bộ và trật tự xã hội vào thế kỷ Ánh sáng. Khi Einstein công bố thuyết Tương đối vào đầu thế kỷ XX, thời gian và không gian mất đi địa vị luyệt đối của chúng và trở nên phụ thuộc vào chuyển động của người quan sát và trường hấp dẫn nơi anh ta có mặt. Đối với một số người, sự vứt bỏ một cách rõ ràng những thứ chắc chắn này, sự từ bỏ bề ngoài niềm tin vào cái tuyệt đối bóc ra một mùi khó chịu, và trong mắt một số người khác, nó là dị giáo khi vứt bỏ ý niệm về Chúa. Thuyết Tương đối như một con dao đã cắt đứt dây neo con thuyền Tuyệt đối ở cảng có tên là Chắc chắn để mặc nó trôi nổi trên đại dương Bất định...

Mặt khác, thuyết Tương đối rộng xuất hiện năm 1915 - thời điểm đang diễn ra cuộc Đại chiến thế giới. Những nỗi kinh hoàng của chiến tranh, các cuộc bãi công liên miên, cuộc cách mạng bonsevic, sự sụp đổ của các tôn ti xã hội, và sự đổ vỡ rõ ràng của vật lý cổ điển, tất cả những điều đó đã gộp phần tạo nên một bầu không khí đảo lộn, bất định và bất an cả về thể chất lẫn tinh thần. Thuyết Tương đối, được báo chí phổ thông tiếp sức nhưng không giải thích rõ cho công chúng, đã được gắn trong trí tưởng tượng của người bình thường với ý niệm về sự mất đi không chỉ của thời gian và không gian tuyệt đối, mà còn của đạo đức và chân lý nữa. Kể từ đó, khái niệm "chủ nghĩa tương đối", xâm chiếm không chỉ nghệ thuật, mà còn cả chính trị. Nó đã tạo ra những làn sóng trong tất cả các lĩnh vực văn hóa. Đối với nhiều người, khi hủy bỏ thời gian và không gian tuyệt đối, Einstein đã làm xói mòn chính các nền tảng của tư tưởng nhân loại.

Einstein đã từng rất hoảng sợ trước sự nhầm lẫn khái niệm "tương đối" với khái niệm "chủ nghĩa tương đối", trước sự gán lý thuyết của ông với ý tưởng bác bỏ tính khách quan của các giá trị đạo đức và chân lý. Trên thực tế, Einstein đã bày tỏ công khai các quan niệm hoàn toàn đối lập với chủ nghĩa tương đối. Cả trong khoa học và trong cuộc sống hằng ngày cũng như trong triết lý đạo đức

của ông, Einstein đều luôn tìm kiếm những điều chắc chắn và các định luật vật lý có tính tất định. Chính quyết định luận không khoan nhượng này đã khiến ông bác bỏ một cách sâu sắc sự giải thích mang tính xác suất của Cơ học lượng tử đối với những gì liên quan đến hành trạng của các hạt dưới nguyên tử. Ông không quan niệm rằng thực tại chỉ có thể được mô tả bằng may rủi và xác suất. "Chúa không chơi trò súc sắc", ông luôn nhắc đi nhắc lại. Ông đã dành 30 năm cuối đời để cố gắng tìm ra - nhưng uổng công - một lỗ hổng nào đó của Cơ học lượng tử để loại bỏ sự bất định đáng ghét này.

Thật nghịch lý, thuyết Tương đối lại dựa trên một khái niệm tuyệt đối - đó là sự bất biến của vận tốc ánh sáng - chứ không phải dựa trên khái niệm về sự mất đi của những thứ chắc chắn. Đúng là, trong vũ trụ của Einstein, mỗi một người trong chúng ta đều có một đồng hồ riêng và chuẩn khoảng cách riêng của mình. Mỗi một đồng hồ và mỗi đơn vị đo chiều dài đều chính xác như của những người khác, nhưng chúng không còn đo cùng các khoảng thời gian hay không gian nữa khi chúng ta chuyển động. Cần phải hiểu rõ rằng "chuyển động", ở đây, không chỉ được dùng trong sự chấp nhận thông thường của nó. Khi nói về chuyển động của một vật hay của một người, chúng ta tự động chỉ nghĩ tới sự dịch chuyển trong không gian; vậy mà, với thuyết Tương đối hẹp, Einstein đã nhắc chúng ta từ năm 1905 rằng chúng ta cũng còn là các lữ khách trong thời gian nữa. Thật vậy, thời gian trôi không gì cưỡng lại nổi đối với mỗi chúng ta và đối với tất cả những gì xung quanh chúng ta. Mỗi giây trôi qua lại làm chúng ta rời xa thêm cái nôi thuở ấu thơ và kéo chúng ta không gì cứu vãn được đến gần nấm mồ. Ngay cả khi đứng im, thì chúng ta cũng du hành trong thời gian. Newton nghĩ rằng chuyển động trong thời gian là hoàn toàn tách rời với chuyển động trong không gian, rằng thời gian và không gian là các diễn viên biệt lập, tách rời nhau, trên sân khấu vũ trụ. Einstein nói với chúng ta rằng quan niệm này là sai lầm và ngược lại, không gian và thời gian tạo thành một cặp thống nhất, không thể tách rời, rằng mọi chuyển động phải được mô tả trong một vũ trụ bốn chiều trong đó chiều thời gian bổ sung thêm vào ba chiều không gian. Và ông chứng minh được rằng vận tốc tổ hợp của chuyển động không gian và chuyển động thời gian chính bằng vận tốc ánh sáng. Hay chính xác hơn rằng tổng của căn bậc hai



của vận tốc không gian và căn bậc hai của vận tốc theo thời gian bằng căn bậc hai của vận tốc ánh sáng.

Thoạt nhìn, kết luận này có vẻ kỳ lạ. Chúng ta đã quen nghĩ rằng mọi vật dịch chuyển đều phải với một vận tốc thấp hơn vận tốc ánh sáng (xem: *Bức tường vận tốc ánh sáng*). Quan điểm này là đúng nếu đó là một vận tốc thuần túy không gian. Nhưng bởi vì ngoại trừ ánh sáng, mọi vật thể vật chất còn lan truyền qua thời gian, và như vậy có một vận tốc theo thời gian khác không, nên vận tốc không gian của nó phải thấp hơn vận tốc ánh sáng, vì vận tốc ánh sáng là tổng các vận tốc không gian và thời gian. Điều đó hàm ý rằng chuyển động không gian càng nhanh, thì chuyển động theo thời gian càng chậm, bởi vì tổng của căn bậc hai của chúng là không đổi. Nói cách khác, bạn đi càng nhanh trong không gian thì thời gian của bạn càng chậm lại, cho tới khi bất động hoàn toàn nêu đạt đến vận tốc ánh sáng. Như vậy chỉ riêng ánh sáng là không có chuyển động trong thời gian. Thời gian đối với nó là đứng im. Chỉ riêng nó tìm thấy bí mật của nguồn nước cái lão hoàn đồng.

Để hiểu mối liên hệ mật thiết giữa thời gian và không gian, bạn hãy xét chiếc xe hơi của bạn đỗ bên vỉa hè. Nó đứng im: không có bất kỳ chuyển động nào trong không gian. Mọi chuyển động của nó chỉ diễn ra trong thời gian. Nhưng, ngay khi bạn khởi động và xe của bạn bắt đầu chạy với một vận tốc nào đó, thì chuyển động trong không gian của nó tăng lên. Sự tăng lên của chuyển động trong không gian này được bù lại bởi sự giảm chuyển động của nó trong thời gian. Nghĩa là, chuyển động trong không gian được thực hiện sẽ ảnh hưởng đến chuyển động trong thời gian. Mà giảm chuyển động trong thời gian có nghĩa là thời gian trôi chậm lại. Nói cách khác, ngay khi xe chuyển động, thời gian của người lái nó chậm lại so với thời gian của một người nào đó đứng im trên vỉa hè.

Như vậy, nếu xét *đồng thời* chuyển động trong không gian và chuyển động trong thời gian của chúng ta, nếu coi không gian và thời gian không phải tách rời nhau, mà thống nhất với nhau thành một cặp gắn bó khăng khít được gọi là không-thời gian (xem mục từ này), thì tất cả chúng ta đều di chuyển với vận tốc ánh sáng! Thuyết Tương đối như vậy không nói rằng "tất cả đều là tương đối", như những người ủng hộ chủ nghĩa tương đối muốn làm cho người ta tin như vậy. Ngược lại, nó dựa trên các thường hằng: đó là sự không đổi của

vận tốc ánh sáng và sự không thay đổi của các định luật vật lý trong không-thời gian. Thực tế, Einstein thậm chí đã thoáng nghĩ tới việc đặt tên cho sáng tạo của mình là “Thuyết Bất biến”, nhưng rồi tên này không được giữ lại: “Thuyết Tương đối”, cái tên tác động mạnh đến trí tưởng tượng hơn.

Vì thế, mặc dù không được hiểu rõ, nhưng thuyết Tương đối, bằng một dạng cộng sinh huyền bí, đã có một ảnh hưởng gián tiếp không thể phủ nhận được đến trào lưu hiện đại chủ nghĩa đầu thế kỷ XX. Có các thời điểm của Lịch sử, ở đó các sức mạnh hội tụ, dù chúng đến từ khoa học, nghệ thuật hay triết học, gây ra những chấn động trong tư tưởng và các dao lộn sâu sắc trong thế giới quan. Thời Phục hưng và thế kỷ Khai sáng là những thời điểm như thế. Đầu thế kỷ XX lại là một thời điểm nữa. Các tác phẩm hiện đại chủ nghĩa của Picasso và Matisse trong hội họa, của Stravinski và Schönberg trong âm nhạc, của Joyce và Proust trong văn học, các sáng tạo của Diaghilev trong khiêu vũ, các tác phẩm của Freud trong phân tâm học, của Wittgenstein trong triết học, là những minh chứng rất hùng hồn. Einstein là một nguồn cảm hứng gián tiếp cho rất nhiều các nhà sáng tạo này, ngay cả khi không phải lúc nào họ cũng hiểu ông. Chẳng hạn, khái niệm về một thời gian co giãn đã mê hoặc Marcel Proust (1871-1922). Năm 1921, tác giả của *Đi tìm thời gian đã mất* đã viết cho một người bạn là một nhà vật lý như thế này: “Tôi không hiểu một tí nào các lý thuyết của ông ta, vì tôi không phải là một đệ tử của đại số. Nhưng có vẻ như là chúng tôi có những cách tương tự nhau để làm biến dạng Thời gian.”

## Thực tại được tạo ra như thế nào?

Ở tất cả mọi cấp độ, thực tại được xây dựng bởi hành động phối hợp của cái tất định và cái bất định, của ngẫu nhiên và tất yếu (xem mục từ này). Chẳng hạn, trong trường hợp Hệ Mặt trời, lý thuyết vật lý (định luật Vạn vật hấp dẫn và các định luật chi phối hành trạng

của khí và các hạt bụi) có thể cho phép ta dự báo được sự hình thành Mặt trời cũng như các hành tinh thông qua trò kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh (xem mục từ này). Nó có thể nói trước với chúng ta rằng các hành tinh thực hiện những vòng quay không ngừng nghỉ của chúng trong cùng một mặt phẳng (mặt phẳng hoàng đạo, xem mục từ này). Lý thuyết này còn nói với chúng ta rằng các hành tinh quay quanh trục của chúng và quay quanh Mặt trời theo cùng một chiều, từ Tây sang Đông, rằng các vệ tinh của chúng cũng quay như vậy quanh hành tinh mẹ của chúng. Chiều quay này được quyết định bởi chiều chuyển động ban đầu của tinh vân Mặt trời. Nhưng lý thuyết này không thể nói trước con số chính xác các hành tinh (tại sao lại là tám chứ không phải sáu hay năm?). Giá trị chính xác của độ nghiêng của trục quay Trái đất ( $23,5^\circ$ ) cũng không được cố định từ trước, mà là kết quả của các sự kiện có liên quan đến ngẫu nhiên. Việc một thiên thạch đã giạt Mặt trăng con ra khỏi Trái đất mẹ (xem: *Mặt trăng*) và cho nó thứ ánh sáng êm dịu khơi nguồn cảm hứng cho biết bao thi sĩ và những cặp uyên ương là một sự kiện ngẫu nhiên, không được quyết định từ trước. Việc Kim tinh quay quanh trục của nó theo chiều ngược lại (Mặt trời mọc ở đằng Tây trên hành tinh nữ thần Tình yêu này) cũng không thể tiên đoán được: bởi lẽ sự kiện một tiểu hành tinh va vào Kim tinh và đảo chiều quay của nó là chuyện hoàn toàn may rủi. Như vậy, ngẫu nhiên hoàn toàn có quyền tồn tại ở tất cả các cấp độ của thực tại.

Ngẫu nhiên và tất yếu là hai công cụ không thể thiếu trong kho vũ khí của tự nhiên. Trong bảng màu của tự nhiên chúng là các màu bổ sung của nhau, cho phép tự nhiên thể hiện sự sáng tạo của mình và nhào nặn thực tại thành một bức tranh đa sắc và phức tạp. Các định luật và hằng số vật lý được cố định ngay từ những phần giây đầu tiên của vũ trụ, hướng vũ trụ ngày càng thăng tiến trên các nấc thang phức tạp hóa. Từ 13,7 tỷ năm trước, xuất phát từ một chân không (xem: *Chân không lượng tử*) chứa đầy năng lượng, tự nhiên đã lần lượt tạo ra các hạt cơ bản, các nguyên tử, phân tử, chuỗi ADN, vi khuẩn và tất cả các sinh vật, trong đó có con người. Trên cái bản thảo mệnh mông được quyết định bởi các định luật vật lý và sinh học này, tự nhiên đã biết sử dụng ngẫu nhiên để phát minh và sáng tạo ra sự phức tạp của thực tại. Cái ngẫu nhiên, may rủi đã trao cho tự nhiên

sự tự do cần thiết để đời mới, để mở rộng phạm vi những thứ khả dĩ vốn được xác định bởi một khuôn khổ thường là quá chật hẹp của các định luật vật lý. Tất cả đều được huy động hết ở đây: từ sự mờ nhòe lượng tử (xem: *Cơ học lượng tử*) trong thế giới của những cái vô cùng bé, hỗn độn (xem mục từ này) trong thế giới vĩ mô, cho đến ngẫu nhiên và tất yếu, các sự kiện ngẫu nhiên và các định luật tất định.

Đó cũng là lý do giải thích tại sao thực tại không bao giờ có thể được mô tả một cách đầy đủ chỉ bởi các định luật vật lý. Ngẫu nhiên và lịch sử sẽ mãi mãi hạn chế sự giải thích đầy đủ về thực tại. Để giải thích sự xuất hiện của con người, chúng ta có thể viện đến tiểu hành tinh (xem mục từ này) xuất hiện trong bầu trời cách đây 65 triệu năm, tới va với Trái đất và gây ra sự tuyệt chủng của loài khủng long (xem mục từ này), nhưng chúng ta sẽ không bao giờ có thể giải thích được tại sao tiểu hành tinh này lại đến đâm vào hành tinh của chúng ta vào đúng thời điểm đó. Để giải thích vẻ đẹp rực rỡ của mùa xuân, chúng ta có thể viện đến sự va chạm của một tiểu hành tinh với Trái đất, nhưng chúng ta cũng sẽ không bao giờ giải thích được các điều kiện của vụ va chạm đã làm cho trục của Trái đất bị nghiêng đi  $23,5^\circ$ , chứ không bị nghiêng hẳn sang một bên như Thiên Vương tinh, làm cho trên hành tinh này các đêm dài và cả các ngày cũng dài nối tiếp nhau cứ mỗi nửa năm... Giống như chúng ta không thể tiên đoán được liệu một đồng tiền được tung lên không trung sẽ rơi sấp hay ngửa: do không có được tất cả những thông tin cần thiết, chúng ta không thể tiên đoán được các sự kiện ngẫu nhiên và may rủi.

*Tìm đọc: Hỗn độn và Hài hòa, sfd.*

## Tia vũ trụ

Đó là các dòng hạt, chủ yếu là proton và electron, và một lượng nhỏ hạt nhân của các nguyên tố hóa học được sinh ra trong lò luyện hạt nhân của các sao, tất cả đều có năng lượng cao và phóng với vận

tốc gần bằng vận tốc ánh sáng trong môi trường mênh mông giữa các vì sao, do các sao siêu mới (xem mục từ này) phóng ra. Các tia vũ trụ này có thể là nguyên nhân gây ra các đột biến gen trên Trái đất.

## Tiến động (tuế sai) của các điểm phân

Xem: Sao Bắc Cực

## Tiến hóa của vũ trụ

Xem: Nguồn gốc

## Tiểu hành tinh

Hệ Mặt trời được hình thành cách đây 4,55 tỷ năm ở cách tâm thiên hà chúng ta khoảng 250.000 năm ánh sáng. Vào cuối thời kỳ hình thành Hệ Mặt trời, cách đây 4 tỷ năm, phần lớn "vật liệu sẽ cấu thành hành tinh" - bắt nguồn từ sự kết tụ vô số các hạt bụi trong đám mây giữa các vì sao đã cho ra đời Mặt trời - được gắn kết lại với nhau dưới tác dụng của lực hấp dẫn để tạo thành các hành tinh. Nhưng trong không gian giữa các hành tinh, vẫn còn một quần thể các đối tượng bằng đá có hình dạng nham nhở, không bị cuốn vào quá trình hình thành các hành tinh và chuyển động vun vút trong không gian với vận tốc khoảng vài chục kilomet mỗi giây. Người ta gọi chúng là các "tiểu hành tinh".

Những mảnh vụn còn sót lại này trong quá trình kết tụ các vật liệu để tạo thành các hành tinh lại là những tác nhân rất mạnh của sự ngẫu nhiên. Do thi thoảng va chạm với các hành tinh và các vệ tinh mới hình thành, tạo nên những hố hình phễu khổng lồ trên bề mặt của chúng, các tiểu hành tinh đã đeo gót nên bề ngoài của các hành tinh. Các mặt lỗ chỗ của Thủy tinh và Mặt trăng là bằng chứng của thời kỳ đại bắn phá dữ dội này.

Một số các va chạm với nguy cơ cao này đã làm thay đổi một cách sâu sắc các đặc tính của nhiều hành tinh. Chẳng hạn, vụ va chạm của Trái đất với một tiểu hành tinh có lẽ đã là nguyên nhân sinh ra vòng quay các mùa trên hành tinh chúng ta, bằng cách làm cho nó nghiêng sang một bên (trục quay của Trái đất bị nghiêng một góc  $23,5^\circ$ ). Vì Trái đất bị nghiêng nên lượng nhiệt của Mặt trời mà nó nhận được thay đổi trong suốt hành trình hằng năm của nó xung quanh Mặt trời: bán cầu Bắc nhận được nhiều nhiệt hơn vào tháng Sáu, gây ra thời tiết nóng nực vào mùa hè, và ít nhiệt hơn vào mùa đông, sinh ra cái lạnh cắt da cắt thịt, trong khi đó điều ngược lại xảy ra đối với bán cầu Nam: người Chilê run lập cập vì cái giá lạnh mùa đông trong tháng Sáu và tận hưởng sự dịu dàng của các đêm hè vào tháng Mười hai.

Có thể cũng chính sự va chạm của một tiểu hành tinh với Trái đất đã là nguyên nhân dẫn đến sự tồn tại của Mặt trăng: tiểu hành tinh này đã làm văng ra một miếng lớn của vỏ Trái đất rồi sau đó mảnh này cô đặc lại để tạo nên vệ tinh của chúng ta.

Cũng chính sự va chạm với một tiểu hành tinh đã làm đảo ngược chiều quay của Kim tinh, khiến cho Mặt trời mọc phía tây trên đất Kim tinh. Cũng chính sự va chạm của một tiểu hành tinh đã làm đổ rạp hành tinh Thiên vương: hành tinh này đã nghiêng hẳn về một phía, trục quay của nó nghiêng một góc tới  $98^\circ$ . Xích đạo của nó gần như thẳng đứng, thay vì nằm gần mặt phẳng hoàng đạo, như xích đạo của các hành tinh khác!

Ngày nay rất hiếm xảy ra va chạm của các tiểu hành tinh với Trái đất. Số các tiểu hành tinh có quỹ đạo cắt ngang quỹ đạo của Trái đất là rất nhỏ, và bản thân số tiểu hành tinh lang thang cũng đã giảm mạnh, quả là rất may cho sự an toàn của chúng ta!

Phần lớn các tiểu hành tinh ngoan ngoãn nằm trong ba khu dự trữ tiểu hành tinh chính (xem ở dưới đây), đó là vành đai các tiểu hành tinh, vành đai Kuiper, và đám mây sao chổi Oort, chúng không thể đến đe dọa Trái đất được.

Các tiểu hành tinh như vậy đã làm thay đổi mạnh mẽ kết cấu của thực tại. Trên Trái đất, chúng đã cho ra đời vòng quay của các mùa và ánh sáng dịu dàng của Mặt trăng. Tự nhiên đã sử dụng chúng như các tác nhân của ngẫu nhiên để gieo gột nên khung cảnh của một số

hành tinh thuộc Hệ Mặt trời, chúng không chỉ làm thay đổi sâu sắc nhiều đặc tính của các hành tinh, mà còn làm thay đổi một cách căn bản quá trình tiến hóa của sự sống trên Trái đất. Chẳng hạn, cách đây 65 triệu năm, một tiểu hành tinh khổng lồ đã đến đập vào hành tinh chúng ta, gây ra sự tuyệt diệt của loài khủng long (xem mục tư này) và ba phần tư số loài sinh vật sinh sống thời đó trên Trái đất, điều này đã tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của tổ tiên của chúng ta, các động vật có vú đầu tiên, và dọn đường cho sự xuất hiện của chính chúng ta. Các tiểu hành tinh đến từ không gian này thậm chí còn có thể là nguồn gốc của sự sống trên Trái đất. Thực tế một số người nghĩ rằng chính những thiên thạch này đã gieo vào các đại dương những chất hữu cơ như các axit amin, rồi các axit amin này bằng cách kết tụ với nhau thành các chuỗi dài, cho ra đời các protein, rồi các phân tử ADN, “những viên gạch của sự sống”. Sơ dĩ có giả thiết về chất hữu cơ từ trên trời rơi xuống là do người ta đã phát hiện được nhiều chất hữu cơ trong một số các thiên thạch đã từng đến thăm chúng ta (xem: *Thuyết Tha sinh*).

### ***Khu dự trữ tiểu hành tinh***

Phần lớn các tiểu hành tinh quay ngoan ngoãn xung quanh Mặt trời trong cái mà các nhà thiên văn gọi là “vành đai tiểu hành tinh”, nằm giữa Hỏa tinh và Mộc tinh, tại các khoảng cách từ 2,1 đến 3,3 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời. Nếu người ta tập hợp tất cả các tiểu hành tinh của vành đai này thành một thiên thể duy nhất, thì nó sẽ có đường kính gần 1.500 km, tức nhỏ hơn đường kính của Mặt trăng 2,3 lần, và nhỏ hơn rất nhiều một hành tinh bình thường. Do vậy ít có khả năng vành đai này được tạo thành từ các mảnh vỡ của một hành tinh bị nổ tung. Người ta thường cho rằng nó được cấu thành từ các mảnh vụn còn sót lại từ thời kỳ hình thành Hệ Mặt trời, những mảnh vụn mà lực hấp dẫn khổng lồ của Mộc tinh đã ngăn cản không cho kết tụ thành một thiên thể duy nhất.

Còn về các tiểu hành tinh không tìm được chỗ trú ẩn trong vành đai nói trên, các tương tác hấp dẫn với các hành tinh vừa mới hình thành đã đẩy thẳng chúng ra ngoài Hệ Mặt trời. Chúng tập hợp nhau lại trong hai khu dự trữ khác. Khu dự trữ thứ hai nằm ở

ngay cửa ngõ của Hệ Mặt trời. Khu này bao gồm các tiểu hành tinh đã bị đẩy ra tương đối nhẹ và được gọi là "vành đai Kuiper", theo tên của nhà thiên văn Hà Lan Gerard Kuiper (1905-1973), người đầu tiên khẳng định sự tồn tại của nó. Vành đai này có hình dạng dẹt nằm trong phần kéo dài của mặt phẳng hoàng đạo, trải từ quỹ đạo của Hải Vương tinh ở khoảng cách gấp ba mươi lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời cho tới tận một khoảng cách bằng khoảng năm mươi lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời. Vành đai Kuiper mở rộng đang kẻ ranh giới đã được biết trước đó của Hệ Mặt trời (trước kia người ta nghĩ rằng Hệ Mặt trời dừng lại ở khoảng bốn mươi đơn vị thiên văn, tức bằng khoảng cách giữa Mặt trời và Diêm Vương tinh). Diêm vương tinh (*xem mục từ này*) nằm trong vành đai Kuiper, điều này khiến người ta nghĩ rằng nó không phải là một hành tinh thực sự, mà là một trong những tiểu hành tinh lớn của vành đai Kuiper. Một số đặc tính khác của Diêm vương tinh cũng gợi ý rằng nó không phải là một hành tinh "thật": khối lượng của nó rất nhỏ, cỡ khoảng một phần năm trăm khối lượng của Trái đất, quỹ đạo của nó rất elip, ngược với các hành tinh khác vốn có các quỹ đạo gần như hình tròn, hơn thế nữa mặt phẳng quỹ đạo của nó lại nghiêng  $17^\circ$  so với mặt phẳng hoàng đạo, trong khi các hành tinh khác lại chuyển động trong mặt phẳng này. Nhiều tiểu hành tinh đá đóng băng khác - như Eris, Sedna - được phát hiện trong vành đai Kuiper, có kích thước tương đương với kích thước của Diêm vương tinh (đường kính 2.390 km), điều này đã khiến Hội Thiên văn Quốc tế đặt ra một lớp mới các thiên thể, gọi là các *hành tinh lùn*. Việc Diêm vương tinh, một hành tinh nằm ngoài Hải vương tinh được phát hiện năm 1930, bị đẩy vào hàng hành tinh lùn vào năm 2006, đã là một tổn thất lớn đối với một số người, là nhà thiên văn hay người bình thường, những người đã có sự gắn bó tình cảm với Diêm vương tinh trên tư cách là một hành tinh. Ngày nay hơn 1.000 thiên thể đã được ghi vào danh mục trong vành đai Kuiper và người ta đánh giá rằng tồn tại ít nhất 100.000 thiên thể có đường kính lớn hơn 100 km. Nếu đúng như vậy thì tổng khối lượng của các tiểu hành tinh trong vành đai Kuiper có thể lớn hơn gấp hàng trăm lần tổng khối lượng của vành đai các tiểu hành tinh nằm giữa các quỹ đạo của Hỏa tinh và Mộc tinh.



Khu dự trữ các tiểu hành tinh thứ ba ở xa Hệ Mặt trời hơn rất nhiều. Nó được gọi là “đám mây các sao chổi Oort” (theo tên của nhà thiên văn Hà Lan Jan Oort người đã khẳng định sự tồn tại của nó {xem: *Khu dự trữ sao chổi*}), vì, thỉnh thoảng, một vài trong số các tiểu hành tinh đã bị phóng ra khỏi đám mây này và đến thăm Hệ Mặt trời dưới dạng các sao chổi.

### *Va chạm của các tiểu hành tinh*

Các tiểu hành tinh đã làm thay đổi sâu sắc nhiều đặc tính của các hành tinh: vòng quay các mùa, ánh trăng dịu dàng tủa xuống những vùng quê đang say giấc nồng, thủy triều lên và xuống, sự ổn định khí hậu trên hành tinh chúng ta, tất cả đều bắt nguồn từ những va chạm dữ dội giữa Trái đất thời non trẻ của chúng ta với các tiểu hành tinh nhưng nhúc trong Hệ Mặt trời thuở ban đầu, cách đây khoảng 4,5 tỷ năm. Các tiểu hành tinh cũng đã làm thay đổi căn bản quá trình tiến hóa của sự sống trên Trái đất, cách đây 65 triệu năm, gây ra sự tuyệt diệt của loài khủng long (cùng với ba phần tư số loài sinh vật sống trên Trái đất) và mở đường cho chúng ta xuất hiện. Liệu những thiên thạch nguy hiểm này ngày nay có còn tồn tại và có nguy cơ đập vào hành tinh của chúng ta không? Liệu chúng ta có phải để tâm tới lời cảnh báo của trưởng thôn Abraracourcix trong seri truyện tranh *Astérix*: “Rồi bầu trời sẽ sập xuống đầu chúng ta!”?

Ngày nay, mối đe dọa của các tiểu hành tinh là rất nhỏ. Phần lớn trong số chúng đều ngoan ngoãn quay quanh Mặt trời trong cái mà các nhà thiên văn gọi là “vành đai tiểu hành tinh”, nằm giữa Hỏa tinh và Mộc tinh, ở các khoảng cách từ 2,1 đến 3,3 lần khoảng cách Trái đất-Mặt trời. Còn các tiểu hành tinh không tìm được chỗ trú ẩn trong vành đai này, thì tương tác hấp dẫn với các hành tinh mới hình thành đã đẩy chúng ra ngoài Hệ Mặt trời. Chúng tập hợp trong hai khu dự trữ, vành đai Kuiper và đám mây sao chổi Oort. Nhìn chung, các tiểu hành tinh lặng lẽ đi theo quỹ đạo của chúng trong vành đai tiểu hành tinh giữa Hỏa tinh và Mộc tinh, hoặc những sao chổi sống những ngày yên bình trong hai khu dự trữ chứ không đến quấy rối con người trên Trái đất. Nhưng đôi khi, ảnh hưởng hấp dẫn - đặc biệt là của Mộc tinh, và, với tỷ lệ nhỏ hơn, của Hỏa tinh - đã làm

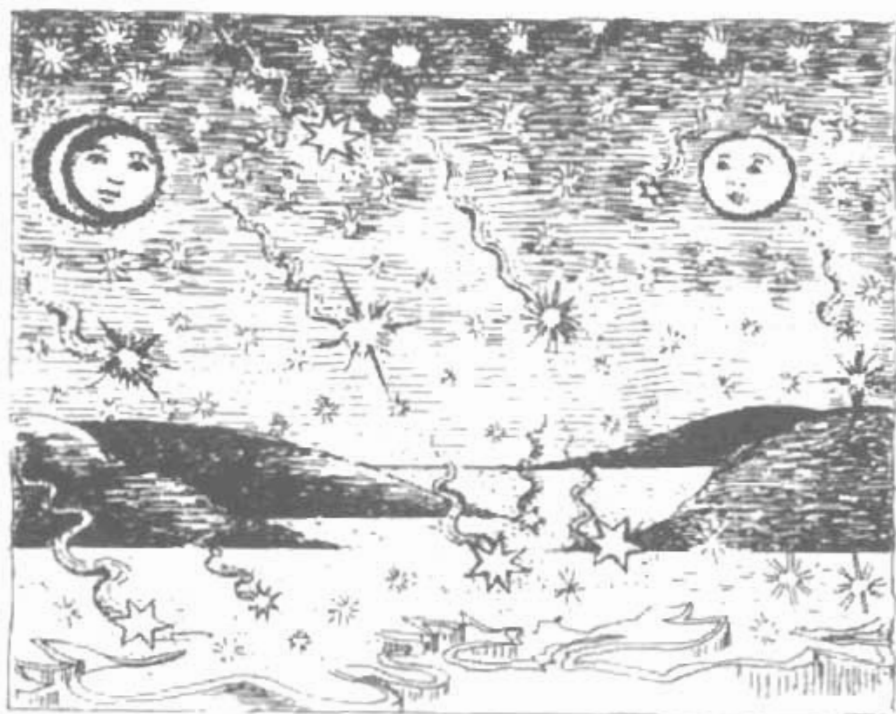
lệch hướng của một vài thiên thể trong vành đai các tiểu hành tinh và tung chúng vào trong Hệ Mặt trời. Một vài trong số đó có thể va chạm với Trái đất. Còn về các sao chổi có trong hai khu dự trữ, sự yên tĩnh của chúng thì thoàng có thể bị một trong vô số các đám mây khí và bụi giữa các vì sao trong thiên hà, hoặc một ngôi sao gần đi lướt qua làm cho nhiễu động. Những nhiễu động đó tác dụng lên một số các thiên thể này như một cái búng hấp dẫn nhẹ đẩy chúng vào trong Hệ Mặt trời, tạo ra các nguy cơ va chạm với hành tinh thân yêu của chúng ta. Và như vậy Abraracourcix đã có lý: bầu trời rất có thể sẽ sập xuống đầu chúng ta.

Người ta đã thống kê được gần 200 sao chổi cắt ngang quỹ đạo của Trái đất theo các chu kỳ đều đặn. Chúng ta cũng đã biết sự tồn tại của ít nhất 1.200 tiểu hành tinh có quỹ đạo cắt ngang quỹ đạo của Trái đất. Trong số những kẻ “ngang qua Trái đất” này, tồn tại ít nhất 300 đối tượng có đường kính lớn hơn 150 m và tạo thành một môi nguy hiểm thực sự. Một vụ va chạm giữa Trái đất và một sao chổi hay một tiểu hành tinh là có thể xảy ra. Nhưng đó liệu có phải là một lý do để lo sợ không? Một số sao chổi liệu có thể là nguyên nhân của những tàn phá tận thế, như các thầy bói vẫn hằng tin không? Đúng là Trái đất đã nhiều lần bị các tiểu hành tinh tàn phá. Thực tế, mỗi ngày hành tinh của chúng ta nhận một cơn mưa khoảng 300 tấn đá và bụi. Rất may cho sự an toàn của chúng ta, khí quyển Trái đất là một dạng áo giáp bảo vệ giúp chúng ta tránh được phần lớn trong số chúng. Thực tế, ma sát với không khí, lực hãm của khí quyển mạnh tới mức phần lớn các tiểu hành tinh này - các tiểu hành tinh có đường kính dưới 10 m - đều bị vỡ thành vô số mảnh vụn. Các mảnh đá nóng rực, vạch ra các đường lửa trên bầu trời đầy sao, mang lại cho chúng ta một cảnh tượng “sao băng” tuyệt đẹp. Tất cả đều bị cháy rụi trong khí quyển Trái đất và rất hiếm khi rơi được xuống mặt đất. Ngay cả khi chúng có thể rơi được xuống đất thì các tổn thất cũng rất nhỏ: cùng lắm thì vỏ xe ô tô đỗ trên phố bị móp, hay một hộp thư bị xuyên thủng... Những người sống trên Trái đất sẽ thấy các tiểu hành tinh này dưới dạng các mẫu đá vôi mà họ gọi là “thiên thạch”. Họ trưng bày chúng trong các bảo tàng hay phân tích chúng trong các phòng thí nghiệm để bắt chúng phải kể cho nghe những thời kỳ đầu của Hệ Mặt trời, cách đây 4,55 tỷ năm. Các tiểu

hành tinh gây ra ít tổn thất này chiếm gần 98%: đó là các tiểu hành tinh loại một.

Khoảng 2% các tiểu hành tinh thuộc loại hai, với đường kính từ khoảng 10 cho đến 100 m. Chúng được tạo thành từ đá hoặc sắt. Một tiểu hành tinh đá đi vào khí quyển (khoảng 20 km/s) chịu một áp lực lớn tới mức chúng bị vỡ và nổ tung trước khi đáp được xuống mặt đất. Ảnh hưởng gần đây nhất lên Trái đất của một tiểu hành tinh đá loại hai diễn ra vào ngày 30.6.1908. Một khối đá nặng 100.000 tấn đường kính khoảng 30 m đã rơi vào trong khí quyển trên vùng Tungouska, ở miền trung Siberie, trước khi bị vỡ tan hoàn toàn trong một vụ nổ lớn ở độ cao khoảng 8 km. Vụ nổ mạnh tương đương từ 10 đến 15 triệu tấn thuốc nổ TNT, tức khoảng một nghìn lần quả bom nguyên tử ném xuống Hiroshima; tiếng nổ của nó được nghe thấy ở vùng xung quanh cách xa tới 800 km. Không một ai bị chết, vì vụ nổ xảy ra bên trên rừng taiga ở Siberie, nhưng nhiều đoàn hươu bị tiêu diệt hoàn toàn, và cây cối trên một diện tích 2.000 km<sup>2</sup> đều bị hất tung lên mặt đất. Vụ nổ đã tung hàng triệu tấn bụi lên một độ cao tới mức chúng có thể phản chiếu, bên trên chân trời, ánh sáng của một Mặt trời đã lặn; trong hai ngày sau đó, ở Nga và cho tới tận Tây Âu, người ta có thể đọc báo giữa ban đêm mà không cần bật đèn. Ngoài những khu rừng bị đốt cháy, một tiểu hành tinh loại hai được tạo thành từ đá như vậy không để lại các vết thương rõ rệt lên vỏ Trái đất.

Tình hình sẽ hoàn toàn khác đối với các tiểu hành tinh loại hai được cấu thành từ sắt. Chúng bền hơn và xuyên qua khí quyển Trái đất gần như vô sự. Không bị tan vỡ thành các mảnh nhỏ, chúng đâm vào Trái đất gây ra các vụ nổ dữ dội, tạo nên các hố phễu khổng lồ trong vỏ Trái đất. Với đường kính 1,2 km, Hố Thiên thạch ở Arizona là một trong những diềm va chạm ấn tượng nhất. Một tiểu hành tinh sắt có khối lượng khoảng 200.000 tấn và kích thước khoảng 50 m đã nổ tung ở đó cách đây khoảng 50.000 năm, giải phóng một năng lượng 15 mêgaton, tương đương với năng lượng được giải phóng bởi tiểu hành tinh đá ở Tungouska. Trái đất bị rung lên và các mảnh vỡ đã bị phóng đi khỏi điểm va chạm xa tới vài chục cây số.



Hơn một trăm hố hình phễu với đường kính lớn hơn 100 m tạo thành do va chạm đã được thống kê trên Trái đất, phần lớn được hình thành trong hai trăm triệu năm trở lại đây. Sự sủi mòn và tái sắp xếp lại các mảng lục địa đã xóa nhòa các vết thương và những vết sẹo xa xưa hơn. Phần lớn các hố này đều nằm ở Bắc Mỹ, đông Âu và Australia, không phải vì tiểu hành tinh thích các vùng này của địa cầu, mà bởi vì diện tích của chúng là lớn, ổn định về địa chất và cũng vì các nghiên cứu ở đây được tiến hành tích cực hơn. Hàng nghìn hố rất có thể đã bị che giấu trong các đại dương sâu thẳm.

Liệu chúng ta có thể yên tâm ngủ khi mà những đe dọa như thế vẫn còn lượn lờ trên bầu trời? Các nhà thống kê trả lời là có. Trung bình, cứ vài thế kỷ lại xảy ra một lần va chạm với một tiểu hành tinh đã loại rơi xuống vùng Toungouska nào đó trên Trái đất. Chúng ta đã thấy rằng các tổn thất có thể là rất lớn, nhưng không trên diện rộng. Nếu không nổ tung trong khí quyển, thì rất có thể là tiểu hành tinh sẽ rơi xuống biển vốn chiếm ba phần tư diện tích của hành tinh xanh chúng ta. Cú va chạm có thể gây ra một cơn sóng khổng lồ tàn phá các thành phố ở ven biển. Ngay cả khi, không may, một tiểu hành tinh tàn phá vùng có người ở, thì các hậu quả của nó cũng không trải rộng quá một bán kính vài chục cây số: 99,999% dân cư thế giới sẽ không bị ảnh hưởng bởi sự kiện này. Còn các tiểu hành

tinh sắt thuộc loại đã gây ra Hồ Thiên thạch vốn có thể gây ra các tổn thất cực kỳ nghiêm trọng, thì rất may là chúng hiếm hơn nhiều: các tiểu hành tinh sắt chỉ chiếm 5% tổng số các thiên thạch rơi xuống hành tinh của chúng ta. Vì hiếm hơn, nên trung bình chúng chỉ va chạm với Trái đất khoảng vài chục nghìn, thậm chí vài trăm nghìn năm một lần.

Nếu sự cân bằng tổng thể của sự sống không bị các tiểu hành tinh loại hai có đường kính dưới 100 m đe dọa, thì tương lai chúng ta sẽ như thế nào khi mà có những va chạm với loại tiểu hành tinh loại ba, hiếm hơn rất nhiều, có kích thước như một quả núi (từ 1 đến 10 km), hay loại bốn, với các vật thể đá đường kính lớn hơn 10 km? Khác với các tiểu hành tinh nhỏ hơn gây ra các hậu quả khu biệt, các tiểu hành tinh này có thể gây ra các tổn thất trên phạm vi toàn cầu, có nguy cơ làm chao đảo nền văn minh nhân loại, thậm chí phá hủy nó hoàn toàn. Công suất được giải phóng trong va chạm của một tiểu hành tinh đường kính 1 km tương đương với sức công phá của một triệu triệu tấn thuốc nổ TNT, tức bằng toàn bộ kho vũ khí hạt nhân trên toàn cầu hiện nay cộng lại. Một lượng bụi không lồ sẽ được phóng lên các lớp cao nhất của khí quyển Trái đất. Hoà trộn vào đó là tro bốc lên từ vô số các đám cháy rừng do sóng xung kích gây ra. Bụi và tro sẽ tạo thành một loại tấm chắn sáng phong tỏa nhiệt lượng tới từ Mặt trời trong nhiều tháng. Một đêm dài băng giá sẽ bao trùm Trái đất. Sự quang hợp vốn nuôi dưỡng cây cối sẽ dừng lại. Chuỗi thức ăn sẽ bị cắt đứt. Nạn đói và dịch bệnh sẽ nhân lên, và một tỷ người hoặc hơn nữa sẽ chết vì đói hoặc bệnh tật. Các cấu trúc xã hội sẽ sụp đổ, văn minh nhân loại sẽ bị tổn hại không gì cứu vãn nổi. Kịch bản thảm họa này được đặt tên là “mùa đông hạt nhân”, vì nó cũng mô tả điều gì sẽ xảy ra nếu một chiến tranh hạt nhân tổng lực được phát động. Rất may, các tiểu hành tinh có đường kính trên 1 km rất hiếm (dưới 0,001% tổng số các tiểu hành tinh). Theo thống kê trung bình một tiểu hành tinh như thế rơi xuống và chạm với Trái đất chỉ khoảng hai trăm nghìn năm một lần.

Hậu quả tàn phá do va chạm với loại tiểu hành tinh thứ tư sẽ còn khủng khiếp hơn nhiều. Nền văn minh không chỉ bị chao đảo mà sẽ biến mất hoàn toàn. Một tiểu hành tinh đường kính 10 km đâm vào Trái đất sẽ nổ tung trên mặt đất với sức công phá bằng một tỷ triệu

tân thuộc nổ TNT, tức một nghìn lần sức công phá của toàn bộ kho vũ khí hạt nhân trên hành tinh chúng ta công lại. Chính một trong những vụ va chạm của một tiểu hành tinh loại bốn với đường kính 15 km với Trái đất đã tiêu diệt loài khủng long cùng với ba phần tư số sinh vật sống cách đây 65 triệu năm. Nhờ nghiên cứu các hóa thạch, các nhà cổ sinh học nói cho chúng ta biết rằng trong quá khứ đã có rất nhiều các biến đổi tàn khốc trong môi trường sống của các sinh vật. Họ đã phát hiện ra, trong 250 triệu năm trở lại đây, có tới sáu cuộc đại hủy diệt quy mô lớn - tức là trung bình cứ khoảng 40 triệu năm lại xảy ra một lần. Liệu các cuộc đại hủy diệt này là có phải là do các tiểu hành tinh sát thủ loại bốn đâm vào Trái đất không? Tần suất va chạm của các tiểu hành tinh này với hành tinh của chúng ta dường như khẳng định giả thiết đó. Trung bình, một tiểu hành tinh hay một sao chổi đường kính 10 km đến đâm vào Trái đất cứ khoảng 10 triệu năm một lần; còn các tiểu hành tinh và sao chổi đường kính 15 km thì cứ khoảng 100 triệu năm một lần.

Như vậy nguy cơ bầu trời đổ sập xuống đầu chúng ta không phải là không có. Abraracourcix đã không lo lắng vô cơ. Các nhà thiên văn đã thống kê được rằng có khoảng 1.500 thiên thể có quỹ đạo cắt ngang quỹ đạo của Trái đất. Rất may, đối với 99,9% trong số chúng, các tính toán chúng tỏ rằng không có bất kỳ nguy cơ va chạm với Trái đất nào. Chỉ có hai trong tổng số các tiểu hành tinh đó là có nguy cơ như thế. Tiểu hành tinh thứ nhất, có cái tên không lãng mạn chút nào là 2002 LY45, đường kính 1,5 km (như vậy đây là tiểu hành tinh loại ba, gây ra hậu quả toàn cầu), sẽ lướt ngang qua Trái đất vào năm 2030; tiểu hành tinh thứ hai, 1997 XR2, đường kính 230 m (tức là tiểu hành tinh loại hai, gây hậu quả cục bộ), vào năm 2101. Tuy vậy, các thông tin ít nhiều khiến ta yên tâm này không thể làm chúng ta mất cảnh giác: việc phát hiện ra các tiểu hành tinh có nguy cơ mới được bắt đầu từ cách đây chưa đến 10 năm, và trong lúc này nó cũng mới chỉ tập trung vào phần duy nhất của bầu trời nhìn từ bán cầu Bắc và vào các tiểu hành tinh lớn nhất, có đường kính trên 1 km. Chắc chắn có những tiểu hành tinh loại hai (đường kính từ 1 cho tới 100 m) băng qua rất gần Trái đất. Chẳng hạn, ngày 14.6.2002, một tiểu hành tinh đường kính khoảng 100 m đã bay qua cách Trái đất của chúng ta 120.000 km, tức chưa đến một phần ba

khoảng cách Trái đất-Mặt trăng, và người ta chỉ biết về điều đó... ba ngày sau!

Đúng là rất khó đề thuyết phục các chính trị gia, những người nắm giữ túi tiền, thường xuyên đổ đầu vào chiến tranh, đói nghèo hay tội phạm, rằng vấn đề bầu trời có nguy cơ rơi xuống đầu chúng ta có tính hiện thực nhất định... Thật khó làm cho họ hiểu được rằng nguy cơ va chạm với một tiểu hành tinh đến từ không gian là một nguy cơ tự nhiên nghiêm trọng nhất đối với hạnh phúc của chúng ta, và rằng xác suất xảy ra một tai biến như thế là rất thấp nhưng tổn thất tiềm tàng lại có thể vô cùng to lớn.

Tuy nhiên, cách tiếp cận tâm lý đã thay đổi từ tháng 7.1994, khi toàn thế giới đã có thể nhìn trực tiếp trên các màn hình vô tuyến, truyền gần như tức thì các hình ảnh do các kính thiên văn trên mặt đất và trong không gian (như *Hubble*) chụp được, vụ va chạm loại ba của một sao chổi bị vỡ tung không phải trên Trái đất, mà trên Mộc tinh, hành tinh khổng lồ của Hệ Mặt trời. Sao chổi này, có tên là Shoemaker-Levy 9, đã không đi được nguyên vẹn vào khí quyển của Mộc tinh. Lực hấp dẫn khổng lồ của Mộc tinh đã xé rách lõi bằng đá của nó thành hai chục mảnh (mảnh lớn nhất có kích thước khoảng 1 km), những mảnh này nối đuôi nhau bay theo quỹ đạo của Mộc tinh, phân bố thành đường thẳng như các hạt trong một vòng cổ trái trên chiều dài một triệu kilomet, tức khoảng ba lần khoảng cách Trái đất-Mặt trăng. Những người trên Trái đất có thể nhìn thấy các tổn thất gây bởi khoảng hai chục va chạm giữa những đám mây tối bao phủ Mộc tinh. Tại chỗ của mỗi va chạm đã xuất hiện, trong khoảng vài phút, một khối lửa chói sáng tỏa ra một năng lượng tương đương với năng lượng của một tỷ quả bom nguyên tử. Mỗi một va chạm ở đây có sức công phá ngang với va chạm đã làm cho loài khủng long bị tuyệt diệt trên Trái đất. Mộc tinh đã rung lên và phần bên trong của nó nhiều ngày sau vẫn tiếp tục rung động. Các vết thương khổng lồ màu tối, có kích thước cỡ Trái đất đã hiện lên trong các lớp khí bên trên hành tinh này, như những con mắt "thâm quầng" trên khuôn mặt sưng vù của một võ sĩ quyền anh bị thương. Các vết thương này đã phải mất nhiều tháng, thậm chí nhiều năm mới có thể liền sẹo, trước khi khí quyển trở lại trạng thái ban đầu của nó. Vô số các mảnh của sao chổi bị vỡ đã được phóng vào không

gian rồi rơi trở lại khi quyển của Mộc tinh. Bị gió mạnh mang đi khắp nơi trên Mộc tinh, các mảnh vỡ này đã và sẽ phải mất nhiều năm mới phát tán hết.

Vài tuần sau vụ va chạm của sao chổi Shoemaker-Levy 9, Quốc hội Mỹ đã yêu cầu NASA xây dựng một chương trình theo dõi mang tên *Spacewatch* (Theo dõi không gian), giờ đã đi vào hoạt động, bao gồm một mạng lưới các kính thiên văn thám sát bầu trời, và có khả năng định vị tất cả các thiên thể có đường kính lớn hơn 1 km có khả năng tàn phá sự an toàn của Trái đất.

Sẽ phải làm gì nếu như một ngày kia người ta thông báo với chúng ta rằng một tiểu hành tinh hay một sao chổi sẽ đâm thẳng vào Trái đất? Một trong hai khả năng sẽ xảy ra: hoặc là phát hiện quá muộn và người ta chỉ có thời gian để chạy trốn ra khỏi nơi va chạm; hoặc là, điều này khá dễ hơn, nhân loại sẽ có nhiều thập kỷ để phản ứng lại. Khi đó chúng ta sẽ hy vọng có thể làm lệch hướng của các tiểu hành tinh sát thủ bằng cách phóng tên lửa chứa bom nguyên tử và làm cho nó nổ tung ở gần thiên thể này. Như thế chúng ta có thể phá hủy nó gần như hoàn toàn bằng vũ khí nguyên tử. Nhưng như thế sẽ có một nguy cơ tiềm tàng là làm tăng đáng kể các mối đe dọa, bởi vì khi làm nổ tung một tiểu hành tinh thành hàng ngàn mảnh, chúng ta có nguy cơ sẽ thấy vô số các thiên thạch rơi thẳng xuống Trái đất, thay vì chỉ có một!

## Tinh vân hành tinh

Hai sự kiện báo hiệu cái chết của một ngôi sao nhẹ hơn 1,4 khối lượng Mặt trời (Mặt trời thuộc nhóm này). Sự kiện thứ nhất là lõi cacbon của nó co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn thành một sao lùn trắng (xem mục từ này). Sự kiện thứ hai là vỏ khí của nó bị phóng vào không gian, trong một thời kỳ khoảng vài triệu năm. Vỏ này dễ dàng tách khỏi sao và rời khỏi lõi của nó với vận tốc hàng chục km/s, cuối cùng chiếm một thể tích bằng kích thước của Hệ Mặt trời. Văn



còn nóng đến nhiệt độ  $3.000^{\circ}$  bởi bức xạ trước đó của ngôi sao, vỏ này phát sáng hết khả năng của mình, mang lại cho chúng ta cảnh một cấu trúc khí sặc sỡ các màu vàng và đỏ. Người ta gọi nó là “tinh vân hành tinh” - một cách gọi sai, vì nó không có liên quan gì với hành tinh cả. Sờ dĩ có sự nhầm lẫn đó là do, trong quá khứ, người ta đã nghĩ (sai lầm) rằng một tinh vân hành tinh có thể là một Hệ Mặt trời đang hình thành.

Có khoảng một nghìn tinh vân hành tinh đã biết trong Ngân Hà chúng ta. Rất đẹp và lộng lẫy, chúng phát lộ cho chúng ta thấy rất nhiều hình dạng và cấu trúc đa sắc. Trên hình dạng cơ bản là một khối cầu khí phát sáng, có tâm là một sao lùn trắng, tự nhiên đã đeo gọt các tia, các ngưng tụ, các vỏ ốc khí làm nên những các bức tranh vũ trụ đẹp cực kỳ lộng lẫy.

Tự nhiên cũng đã sử dụng các tinh vân hành tinh để gieo vào không gian giữa các vì sao những sản phẩm của lo luyện hạt nhân trong các ngôi sao (ở đây đáng quan tâm là nguyên tố cacbon). Các nguyên tố nặng này nằm rải rác trong không gian sẽ hòa trộn với các đám mây hydro và heli trong không gian giữa các vì sao, và chúng sẽ bị co sập lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn để cho ra đời các thế hệ sao mới. Một số trong các ngôi sao này chắc chắn sẽ co một bầu đoàn các hành tinh đi theo, và trên một trong các hành tinh đó sự sống tạo thành từ các hạt bụi sao có thể sẽ được đánh thức.

## Tinh vân hay vườn trẻ sao

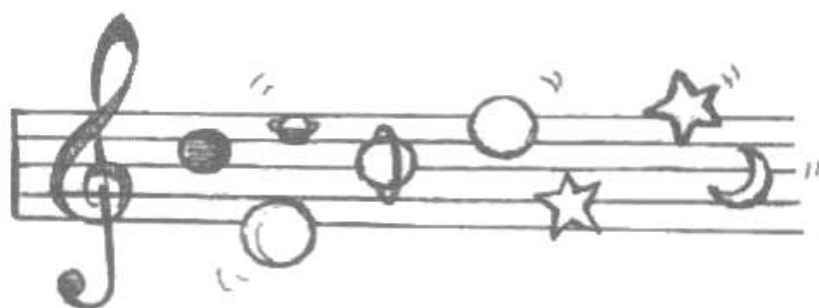
Vườn trẻ sao là những phức hợp rộng lớn của các ngôi sao trẻ. Các phôi sao sinh ra từ sự co sập lại do lực hấp dẫn của các đám mây phân tử (xem mục từ này) gây bởi các sóng xung kích bắt nguồn từ các sao siêu mới, những vụ nổ của các sao nặng (xem: *Cái chết của sao*). Khi được sinh ra, các ngôi sao trẻ phát ra bức xạ cực tím có năng lượng cao. Bức xạ này làm bật các electron ra khỏi các nguyên tử cấu thành nên đám mây giữa các vì sao đã sinh ra ngôi sao trẻ: người ta

nói rằng khí đã bị ion hóa. Sự tái kết hợp các electron này với các hạt nhân nguyên tử lại sinh ra một bức xạ làm cho đám mây giữa các vì sao phát sáng với tất cả các màu sắc, mang đến cho chúng ta một cảnh tượng các cấu trúc khí (gọi là “tinh vân”) đa dạng và tuyệt đẹp, ở đó các dải bụi hòa trộn với khí bị ion hóa vẽ lên các motif hết sức đa dạng và lộng lẫy. Như vậy, các vườn tre sao, những nơi cực kỳ phì nhiêu của vũ trụ, nằm rải rác đây đó trong lãnh địa các thiên hà, là các đối tượng thuộc loại ấn tượng nhất của vũ trụ, và mang những cái tên rất thơ mộng phản ánh hình dạng mà chúng gợi lên cho con người: tinh vân Cò ba lá, tinh vân Đầu ngựa, hay tinh vân Đại bàng...

Trong các vườn tre sao này, các phôi sao thường phân biệt bằng các dòng vật chất bị phóng theo phương vuông góc với đĩa khí và bụi vốn thường bao quanh một phôi sao (chính tại một trong các đĩa này đã sinh ra các hành tinh của Hệ Mặt trời, đồng thời với Mặt trời còn non trẻ). Vật chất bị phóng ra với vận tốc gần bằng 100 km/s, theo hai hướng đối lập - bên trên và bên dưới đĩa - và được gọi là tia lưỡng cực. Giống như gió vuốt nhẹ lên má chúng ta là do chuyển động của các khối không khí, các dòng vật chất này chính là các trận “gió” của các phôi sao.

## **Tính hiểu được của vũ trụ (tr. 440)**

Việc vũ trụ có thể hiểu được gần như là một điều thần kỳ. Thật vậy, những thành công liên tiếp của khoa học đã làm chúng ta quên mất rằng khoa học “tiến bộ” là điều không hề hiển nhiên. Đúng là tự nhiên cung cấp cho chúng ta các nốt nhạc, nhưng không cho chúng ta biết giai điệu của nó: chính chúng ta phải tự tìm ra cái giai điệu ấy! Tự nhiên gửi cho chúng ta các thông điệp được mã hóa và nhiệm vụ của chúng ta là giải mã chúng. Một thực tế rất quan trọng là bộ não chúng ta, sinh ra trong cuộc trường chinh anh hùng vĩ đại trai kéo dài trong suốt thời gian 14 tỷ năm, đã có khả năng giải - chí ít cũng một phần - mật mã này.



Chúng ta đã có thể sống trong một vũ trụ ở đó các quy luật bị giấu, các motif bị che kín tới mức giải mã vũ trụ là không thể đối với não người. Ngược lại, cũng có thể chúng ta sống trong một vũ trụ ở đó các quy luật hiển nhiên tới mức không cần một cố gắng tinh thần nào để nắm bắt ý nghĩa của nó. Chúng ta không sống trong bất kỳ vũ trụ nào trong hai vũ trụ cực đoan này, mà sống trong một vũ trụ trung gian ở đó độ khó của mật mã vũ trụ dường như được điều chỉnh một cách bí ẩn hợp với khả năng não người hiểu nó. Chúng ta đã không bị quy giản ở trạng thái các ảo trùng tuân theo các định luật tự nhiên không thể hiểu được. Nghĩ thế nào về sự điều chỉnh kỳ diệu này?

Đối với những người trung thành với học thuyết Darwin, điều có vẻ như là một sự trùng hợp đầy kinh ngạc thì chẳng qua chỉ là tác phẩm của chọn lọc tự nhiên: chọn lọc tự nhiên đã nhào nặn nên bộ não của con người để nó hiểu được tự nhiên và thích nghi tốt nhất với môi trường của nó, và điều này đã nâng cao các cơ may sống sót của nó. Tôi không tán đồng ý kiến này. Không thể phủ nhận rằng quá trình tiến hóa theo Darwin đã góp phần phát triển các khả năng trí óc của chúng ta để hiểu rõ hơn thế giới và đương đầu tốt hơn với các thử thách của cuộc sống. Nhưng không được quên rằng chúng ta linh hội thế giới theo hai cách khác nhau: một mặt, chúng ta có nhận thức trực tiếp, cảm tính và bản năng; mặt khác, chúng ta có nhận thức lý tính, có suy nghĩ hơn, ít trực quan hơn. Nếu nhìn một quả táo rơi trong vườn, chúng ta có thể bằng lòng là đã có một nhận thức thuần túy cảm tính về hiện tượng đó. Chúng ta có thể ngắm nghía màu xanh phớt của vỏ táo, theo dõi chuyển động rơi của quả táo từ trên cành xuống đến mặt đất, dùng tai nghe tiếng va chạm của nó

với cô, hay thậm chí đoán trước mùi vị của nó khi ăn. Nhưng chúng ta cũng có thể xét chuyển động rơi của quả táo ở cấp độ lý tính và trừu tượng. Chúng ta có thể sử dụng định luật vạn vật hấp dẫn của Newton để tính toán chính xác quỹ đạo rơi của quả táo, thời gian mà nó mất để rơi xuống mặt đất, vị trí tác động lên mặt cỏ, vận tốc va chạm của nó, và kiểm tra tất cả các tính toán này bằng các phép đo chính xác. Thoạt nhìn, không có bất kỳ mối liên hệ nào giữa hai cách nhận thức này.

Đúng là nhận thức cảm tính phù hợp với một nhu cầu sinh học - chắc chắn có ích khi chúng ta có ý thức về quả táo rơi để tránh không bị thương -, nhưng đối với nhận thức lý tính thì không phải như vậy. Khi một viên đạn bay đến chỗ chúng ta, chúng ta không có thời gian để suy nghĩ cũng như để tính toán quỹ đạo của nó, chúng ta chỉ có cách phản ứng theo bản năng để tránh nó thôi. Khi nhảy qua một cái hố, chúng ta lấy đà một cách bản năng đủ để nhảy được sang bên kia miệng hố, mà không phải mất thời gian phân tích tình huống theo các định luật cơ học và hấp dẫn. Hành vi phản xạ này giống như hành vi của loài vật. Một con chó nhảy lên để bắt quả bóng đang bay chắc chắn không biết các định luật vật lý. Một con bướm vỗ cánh bay mà không hề mảy may có khái niệm gì về các nguyên lý thủy động lực học. Những chú ong xây tổ không biết các quy tắc của kiến trúc. Nhận thức trực giác được ghi sẵn trong gien của chó, bướm và ong, giống như bản năng của chúng ta đã được nhào nặn từ các kinh nghiệm của tổ tiên từ rất xa xưa, là có bản chất di truyền.

Đấu tranh sinh tồn không đòi hỏi phải biết các định luật lan truyền ánh sáng, cũng như sự hình thành vũ trụ, thiên hà hay lỗ đen. Một hiểu biết sâu sắc về cấu trúc của các nguyên tử hay các tế bào sống không mang lại những ích lợi trực tiếp trong việc tranh giành các nguồn thức ăn hữu hạn. Xét cho cùng thì những con người đầu tiên hoàn toàn không cần phải có loại hiểu biết lý tính này trong hàng trăm nghìn năm. Nếu chỉ mỗi nhận thức cảm tính về thế giới là không thể thiếu cho sự sống sót của chúng ta, nếu chỉ riêng nó là thuộc nhu cầu sinh học, vậy thì tại sao con người lại được ban tặng một "hiệu quả đến phi lý" trong việc tìm hiểu vũ trụ? Tại sao con người lại có thể hiểu được rằng vũ trụ phức tạp hơn chứ không phải đơn thuần chỉ là sự sắp xếp cạnh nhau của các sự kiện hoàn toàn tách rời nhau?

Tôi nghĩ rằng sở dĩ con người được phú cho nhận thức lý tính và có khả năng giải được mật mã vũ trụ, chính là bởi vì ý thức không phải là một ngẫu nhiên may mắn của tiến hóa vũ trụ. Nó đã được “lập trình” từ trước trong vũ trụ, cũng như vũ trụ đã được điều chỉnh một cách cực kỳ chính xác, ngay từ khi ra đời, cho sự xuất hiện của con người (xem: *Nguyên lý Vị nhân*). Sự tồn tại của ý thức không phải là ngẫu nhiên, mà là tất yếu. Nó không phải là một ngẫu nhiên đơn thuần của tiến hóa vũ trụ, một sự kiện rất có thể không xảy ra. Nó là kết quả tất yếu của các định luật vật lý và sinh học được điều chỉnh một cách cực kỳ chính xác ngay từ đầu, vì vũ trụ chỉ có nghĩa nếu nó chứa một ý thức có khả năng nắm bắt được sự tổ chức, vẻ đẹp và sự hài hòa của nó. Sự xuất hiện của ý thức không là một tai nạn đơn giản dọc đường trong bức tranh vũ trụ khổng lồ, mà nó là sự phản ánh của một kết nối sâu sắc giữa con người và thế giới.

## Tính tổng thể của không gian

Trong cuộc sống hằng ngày, chúng ta cảm nhận các vật được như được định xứ trong không gian. Cái bóng đèn ở đây, cái ghế ở kia: chúng ở cách xa nhau. Tuy nhiên, khái niệm “định xứ” và “khoảng cách” trong không gian đã bị hai thí nghiệm vật lý nổi tiếng xem xét lại.

Thí nghiệm thứ nhất, được gọi là thí nghiệm EPR (*xem mục từ này*), gọi theo chữ cái đầu trong tên của ba nhà khoa học đề xuất nó năm 1935, đó là Albert Einstein và hai cộng sự của ông ở Princeton là Boris Podolsky và Nathan Rosen, liên quan đến thế giới vô cùng bé. Thí nghiệm thứ hai là con lắc Foucault (*xem mục từ này*), liên quan đến thế giới vô cùng lớn. Cả hai thí nghiệm đều trao cho không gian một đặc tính chất tổng thể và phụ thuộc lẫn nhau.

Thí nghiệm EPR chứng tỏ rằng một cặp photon tương tác với nhau (người ta gọi chúng là vướng víu) được gắn kết bởi một mối liên hệ mật thiết và kỳ lạ vượt hẳn lên trên các quan niệm thông

thường của chúng ta về không gian: cụ thể là hai photon này vẫn tiếp tục là một bộ phận thuộc cùng một thực tại tổng thể, bất kể khoảng cách giữa chúng có thể nào chẳng nữa, và hành trạng của chúng là hoàn toàn tương liên với nhau, thậm chí ngay cả khi chúng ở hai đầu vũ trụ và không thể thông tin với nhau được. Như vậy, thí nghiệm EPR đã loại bỏ hoàn toàn ý tưởng về tính định xứ. Trong thế giới dưới nguyên tử, không gian không còn mang tính địa phương nữa, mà có tính tổng thể. Không gian của thế giới các hạt là "bất khả tách". Cơ học lượng tử, vật lý về cái vô cùng bé, đã trao một đặc tính tổng thể cho không gian. Các khái niệm "ở đây" và "ở kia" không còn ý nghĩa nữa: "ở đây" đồng nhất với "ở kia".

Một thí nghiệm thú vị và nổi tiếng khác, đó là thí nghiệm con lắc Foucault, nó chứng tỏ rằng tính tổng thể này của không gian không chỉ giới hạn ở thế giới của các hạt, mà còn trải ra toàn vũ trụ, tới thế giới vĩ mô cũng như vi mô. Con lắc Foucault điều chỉnh hành trạng của nó không phải theo môi trường địa phương của nó, mà theo cả các thiên hà ở xa xôi nhất, hay chính xác hơn là theo vũ trụ trong tổng thể của nó, bởi vì gần như toàn bộ khối lượng nhìn thấy được của vũ trụ không phải ở trong các sao gần, mà trong các thiên hà xa xôi. Cũng giống như thí nghiệm EPR đã được thiết lập nó cho thế giới dưới nguyên tử, thí nghiệm con lắc Foucault buộc chúng ta phải chấp nhận rằng tồn tại trong thế giới vĩ mô một tương tác có một bản chất khác các tương tác được miêu tả trong vật lý mà chúng ta đã biết: một tương tác không đòi hỏi sự can thiệp của lực cũng như trao đổi năng lượng, mà gắn kết toàn bộ vũ trụ. Mỗi một bộ phận mang trong mình tính tổng thể, và tổng thể phụ thuộc vào mỗi bộ phận.

## **Titan và sự sống**

Được nhà thiên văn người Hà Lan Christiaan Huygens (1692-1695) phát hiện năm 1655, Titan là vệ tinh lớn nhất trong số các vệ tinh của Thổ tinh (đường kính của nó là 5.150 km) và là vệ tinh lớn

thứ hai của Hệ Mặt trời sau vệ tinh Ganymede của Mộc tinh. Nó là Mặt trăng duy nhất của Hệ Mặt trời có một khí quyển dày, biến nó thành Mặt trăng bí ẩn nhất của hệ này vì bề mặt của nó liên tục bị che khuất dưới một bầu khí quyển dày hơn và đặc hơn khí quyển của Trái đất. Được cấu thành chủ yếu từ nitơ (90%) và argon (dưới 10%), nhưng khí quyển này cũng còn chứa metan và êtan. Trong khí quyển tầng cao của Titan nơi Mặt trời còn khoan thủng được, các phân tử nitơ và metan bị phân ly dưới tác dụng bởi bức xạ cực tím của nó và bởi một chuỗi các phản ứng hóa học xảy ra ở nhiệt độ cực thấp ( $-180^{\circ}\text{C}$ , vì ở rất xa Mặt trời), tái kết hợp thành các phân tử ngày càng phức tạp hơn và nặng hơn rồi rơi chậm xuống bề mặt hành tinh. Êtan, propan và các hydrocacbua khác (các phân tử chỉ chứa các nguyên tử hydro và cacbon) đều lắng xuống đó. Người ta nghĩ rằng một số các phân tử này cũng xuất hiện trên Trái đất thời trẻ cách đây 4 tỷ năm, khi Trái đất còn khí quyển khởi thủy của mình, giàu hydro và các hợp chất hydro như metan, và chúng đã là những viên gạch đầu tiên để tạo nên sự sống.

Ở nhiệt độ băng giá của Titan, người ta biết rằng metan và êtan có hành trạng như nước trên Trái đất. Điều này đã nuôi dưỡng các giả thuyết kỳ lạ nhất. Nhiều người thấy ở đó các vùng màu nâu và như có dấu trên một bề mặt băng giá, đây đó lại xuất hiện các hố dạng miệng núi lửa và núi non; một số người khác lại thấy một bề mặt được bao phủ hoàn toàn bởi một đại dương metan. Các tư biện này chỉ có thể được kiểm chứng hoặc bác bỏ khi một tàu thăm dò đáp xuống bề mặt của Titan. Điều này đã được thực hiện vào tháng 1.2005. Máy thăm dò *Huygens*, của ESA (*European Space Agency* - Cơ quan Hàng không Vũ trụ châu Âu), đặt trên con tàu thăm dò Cassini trong chuyến chu du bảy năm của nó đến Thổ tinh, đã được thả xuống bề mặt Titan. Việc *Huygens* tiếp tục gửi về các hình ảnh cho những người trên Trái đất phải trầm trồ trong nhiều giờ sau khi nó hạ cánh là bằng chứng cho thấy nó không chìm trong một biển metan bao phủ toàn bộ bề mặt của Titan như người ta tưởng. Các hình ảnh tuyệt đẹp mà nó gửi về cho thấy một khung cảnh vừa quen thuộc (như các đám mây có hình dạng thay đổi trong khí quyển) vừa kỳ lạ. Các hình ảnh này, kết hợp với việc lập bản đồ bề mặt của Titan bằng kỹ thuật quét sóng radar của Cassini, đã tiết lộ một khung cảnh khác thường các suối và

hỗ - rất có thể được tạo thành từ êtan và mêtan - gợi ý về sự cháy các lượng chất lỏng khổng lồ trong quá khứ rất gần đây của Titan. Nhờ có các thông tin quý báu mà Huygens và các chuyên thám dò trong tương lai sẽ đáp xuống bề mặt của Titan gửi về, các nhà khoa học hy vọng sẽ nghiên cứu được hóa học tiền sinh học phức tạp đã diễn ra trên vệ tinh rất đặc biệt này. Hóa học này rất có khả năng giống với hóa học đã diễn ra cách đây vài tỷ năm trên hành tinh của chúng ta - nhưng ở các nhiệt độ cao hơn nhiều -, nên các nghiên cứu này chắc chắn sẽ giúp chúng ta tái dựng lại một trong những giai đoạn quan trọng nhất dẫn đến sự sống và do đó dẫn tới chính chúng ta.

## Toán học và Tự nhiên

Niềm tin rằng tính quy luật nằm phía sau tự nhiên có thể được biểu diễn bằng toán học chính là nền tảng của phương pháp khoa học. Một số nhà bác học lham chí còn quả quyết một cách cực đoan rằng mọi khoa học không thể diễn đạt được bằng ngôn ngữ toán học đều không thể được coi là “khoa học”. Quan niệm cho rằng thế giới vật lý chỉ là sự phản ánh của trật tự toán học đã ra đời, giống như nhiều thứ khác nữa, ở Hy Lạp cổ đại cùng với nhà toán học Hy Lạp Pythagoras (khoảng 570-khoảng 480 tCN): “Số là nguyên lý và là nguồn gốc của vạn vật”, ông tuyên bố. Quan niệm về một trật tự toán học của thế giới đã đạt tới tầm ảnh hưởng lớn nhất trong châu Âu thời Phục hưng với các nghiên cứu của Kepler, Galileo, Newton và Descartes. Những nhà khoa học này đã biểu diễn các quy luật của tự nhiên bằng các định luật toán học. Hai mươi hai thế kỷ sau Pythagoras, Galileo nhắc lại: “Cuốn sách về Tự nhiên được viết bằng ngôn ngữ toán học.”

Thành công bất ngờ của toán học trong việc mô tả thế giới là một trong những điều bí ẩn sâu xa nhất, vì đó là một điều hoàn toàn không hiển nhiên chút nào. Nhà vật lý người Mỹ gốc Hungary Eugène Wigner (1902-1995) đã biểu thị sự ngạc nhiên của mình khi



nói đến “tính hiệu quả đèn phi lý của toán học trong việc mô tả thực tại”. Lịch sử khoa học không thiếu các ví dụ về khả năng tiên đoán kỳ diệu này của toán học. Trong gần như tất cả các trường hợp mà ở đó sự phát hiện ra một hiện tượng vật lý mới dẫn các nhà vật lý đến một miền đất mới chưa biết, họ đều phát hiện ra rằng các nhà toán học đã đến đó trước họ, bằng sự dẫn dắt không phải của tự nhiên, mà của tư duy thuần túy. Chẳng hạn, vào năm 1915, khi Einstein phát hiện ra rằng lực hấp dẫn uốn cong không gian, ông đã không thể sử dụng hình học Euclid vốn chỉ mô tả các không gian phẳng. Vì thế ông đã rất vui sướng khi tìm thấy các công trình của nhà toán học người Đức Bernhar Riemann (1826-1866) người đã phát triển lý thuyết về các hình học cong ngay từ thế kỷ XIX. Trong những năm 1970, nhà toán học người Pháp Benoît Mandelbrot (sinh năm 1924) đã tìm kiếm một khái niệm mới để mô tả hình học của cái gãy góc, không đều. Hình học Euclid đã vận hành hoàn hảo khi mô tả các đường thẳng, các khối lập phương hay các khối cầu, nhưng nó sẽ không còn dùng được nữa ngay khi người ta xét đến các vật không đều, vặn xoắn, đứt đoạn, rời rạc hoặc sần sùi. Vậy mà chính những cái không đều mới ngự trị trong thế giới thực. Các khái niệm Euclid như đường thẳng hay vòng tròn đều là những thứ đã được trừu tượng hóa mạnh của hiện thực, chúng cho phép chúng ta có được những tiến bộ đáng kể trong nghiên cứu tự nhiên, nhưng chúng cũng có những giới hạn của chúng. “Các đám mây không phải là các khối cầu, các dãy núi không phải là hình nón, và các tia chớp không phải là các đường thẳng”, Mandelbrot đã thích thú nhấn mạnh. Để mô tả hình học về những cái không đều, ông đã phải viện đến khái niệm “số chiều phân số”: chiều của một đối tượng không đều đặn không được biểu diễn bằng một số nguyên như 1, 2 hay 3, mà bằng một phân số. Đó là các “đối tượng fractal”. Và cả ở đây nữa, Mandelbrot đã phát hiện ra rằng ý tưởng về chiều phân số đã được nhà toán học người Đức Felix Hausdorff (1868-1942) đưa ra ngay từ năm 1919.

Tại sao các thực thể trừu tượng xuất ra từ đầu óc của các nhà toán học và thường không có một chút ứng dụng nào trong đời sống hằng ngày lại tỏ ra phù hợp với các hiện tượng tự nhiên? Tại sao tư duy thuần túy lại có thể kết nối với một cái cụ thể như vậy? Tại sao giữa thế giới và toán học lại có sự thích ứng đáng ngạc nhiên, tới

mức các nhà vật lý hoàn toàn bối rối khi một lý thuyết vật lý mới, như lý thuyết Siêu dây, chẳng hạn, lại không có ngay lập tức một công cụ toán học cần thiết? Một số người thì cho rằng thành công của toán học trong việc mô tả thế giới chỉ là một hiện tượng văn hóa: cách khám phá, rồi sau đó là cách sắp xếp các cảm nhận của chúng ta về thế giới nhất thiết phải phù hợp với các khái niệm toán học của chúng ta, bởi vì những cảm nhận cũng như các khái niệm của chúng ta, cả hai đều là sản phẩm của trí não chúng ta. Nói cách khác, bản chất toán học của thế giới không phải là tính chất nội tại của nó, mà được con người gán cho nó. Quá trình tiến hóa theo Darwin đã nhào nặn bộ não sao cho con người yêu thích toán học, và điều này thúc đẩy con người tìm kiếm các khía cạnh của tự nhiên có khả năng được mô tả bằng ngôn ngữ này. Các sinh vật ngoài Trái đất, vì trải qua một quá trình tiến hóa khác và có bộ não khác, không giống với não của chúng ta, nên sẽ không nghĩ rằng tự nhiên là toán học.

Để thử tìm hiểu sự thích ứng kỳ lạ giữa tự nhiên và toán học, người ta đã đưa ra hai quan điểm đối lập nhau. Đối với những người theo *xu hướng kiến tạo*, thì toán học không thực sự tồn tại. Theo triết gia người Anh David Hume (1711-1776), “tất cả các ý niệm của chúng ta chỉ là các bản sao nhùng ăn tượng của chúng ta”. Các hình dạng hình học chỉ có thực tại trong các hình dạng tự nhiên. Trong phe đối lập gồm những người *duy thực*, thì toán học có một thực tại riêng biệt với tư duy của chúng ta. Nó là một tập hợp rộng lớn mà chúng ta có thể thám hiểm và khám phá bằng lý trí, giống như một nhà thám hiểm phát hiện ra rừng Amazon vậy. Dù chúng ta có ý thức về nó hay không, thì toán học vẫn hiện hữu đó. Rất nhiều nhà toán học lỗi lạc đều theo quan điểm này. Chúng ta hãy nghe Descartes nói về các hình dạng hình học: “Khi tôi hình dung ra một tam giác, có thể là vẫn còn chưa có ở bất kỳ đâu ngoài tư duy của tôi một hình như thế, và dù chưa bao giờ có nó thì điều đó cũng không có nghĩa là không có một bản chất hay hình dạng nhất định, hoặc một bản thể xác định của hình này; nó là bất biến và vĩnh cửu, không phải do tôi sáng chế ra và không hề phụ thuộc vào đầu óc tôi.” Gần chúng ta hơn, nhà toán học người Anh Roger Penrose (sinh năm 1931) viết: “Các khái niệm toán học dường như có một thực tại sâu sắc vượt lên trên các bàn luận của một nhà toán học này hay khác. Cứ như thể là tư duy

con người được hướng tới một chân lý có một thực tại riêng và nó chỉ được tiết lộ một phần cho mỗi chúng ta.” Cảm giác về một thực tại toán học độc lập với đầu óc chúng ta này càng mạnh hơn khi toán học dường như có một cuộc sống độc lập với những người sáng tạo ra nó, cứ như thể nó kéo không gì cưỡng lại được nhà nghiên cứu đến với Chân lý: “Chúng ta không thể ngăn mình nghĩ rằng các công thức toán học có một cuộc sống riêng, rằng chúng biết điều đó còn hơn những người phát hiện ra chúng, và chúng mang lại cho chúng ta nhiều hơn những gì chúng ta đã cho chúng”, nhà vật lý học người Đức Heinrich Hertz (1857-1894) nhận xét.

Tôi không nghĩ rằng tính chất toán học của thế giới là một hiện tượng thuần túy văn hóa cũng như nó chỉ bắt nguồn từ sự ưa thích của con người đối với toán học. Lý do là ở chỗ: một phần lớn toán học đã được xây dựng một cách hoàn toàn trừu tượng, mà không hề bận tâm gì đến ứng dụng thực tiễn trong thế giới tự nhiên. Tôi thích trở lại với Platon và thế giới các ý niệm toán học thuần túy của ông. Chính sự tiếp xúc với thế giới Platon của các khái niệm toán học đã giải thích được cái cách thức mà trực giác toán học phát lộ, thành linh và bất ngờ, một cách hoàn toàn tự phát, không có sự chuẩn bị rõ ràng nào cả. Sự tiếp xúc nhanh như chớp này với thế giới các ý niệm toán học có thể xuất hiện ở những chỗ bất ngờ nhất, như Archimède kêu *Eurêka!* trong bồn tắm, chẳng hạn. Henry Poincaré (1854-1912) kể lại ông đã tìm thấy lời giải cho một vấn đề toán học mà đã nhiều tuần ông không tìm ra, nhưng rồi nó đã đột ngột xuất hiện “như một tia chớp chói lòa”, mà không hề có sự chuẩn bị rõ ràng nào, và lại vào một thời điểm ít chờ đợi nhất:

“Vào thời điểm đó, tôi rời Caen, nơi tôi trú ngụ hồi đó, để tham gia một cuộc khảo sát địa chất do Trường Mỏ tổ chức. Những biến cố của chuyến đi làm tôi quên khuấy những công việc toán học của mình. Đến đến Coutances, chúng tôi leo lên một xe bus mà tôi không biết là mình sẽ đi đâu; đúng lúc tôi đặt chân lên bậc cửa xe, thì một ý tưởng chợt nảy ra trong đầu tôi, trong lúc mà những suy nghĩ của tôi không hề có sự chuẩn bị trước gì cho điều đó cả... Tôi không kịp kiểm tra lại ý tưởng đó, vì không có thì giờ và cũng bởi vì chưa kịp ngồi xuống, tôi đã phải tiếp tục câu chuyện còn bỏ dở với một người bạn đồng hành; nhưng ngay lập tức tôi đã hoàn toàn tin chắc. Trở về

Caen, tôi thu thả kiểm tra lại các kết quả đã nhận được trong ý thức của tôi.”

Như vậy, sự đột nhiên, nhanh chóng và chắc chắn tức thì là đặc trưng của trực giác toán học. Đối với tôi, những trực giác tự phát này càng củng cố thêm quan niệm cho rằng khi trí óc có các phát minh toán học là nó tiếp xúc trực tiếp với thế giới Platon của những khái niệm toán học. Roger Penrose đã nói rất rõ ràng về vấn đề này:

“Tôi hình dung rằng khi trí óc cảm nhận một ý niệm toán học là nó tiếp xúc trực tiếp với thế giới Platon của những khái niệm toán học... Sự trao đổi giữa các nhà toán học là có thể, vì mỗi người trong số họ đều có sự truy cập trực tiếp tới Chân lý và đã tiếp xúc với cùng một thế giới những Ý niệm vĩnh hằng... Các chân lý vĩnh hằng này dường như có một sự tồn tại từ trước trong một thế giới thanh khiết.”

## Tổng lượng của vũ trụ

Vũ trụ bị thống trị bởi bóng tối. Nó được cấu thành chủ yếu bởi năng lượng tối (74%, *xem mục từ này*) mà chúng ta vẫn chưa biết bản chất, và vật chất tối “ngoại lai” (*xem mục từ này*) (22%) mà bản chất của nó cũng vẫn đang là một điều bí ẩn. Các nhà vật lý đưa ra giả thiết rằng vật chất tối ngoại lai có thể được cấu thành từ các hạt nặng sinh ra trong các phân giây đầu tiên của Big Bang. Vật chất “thông thường”, tạo thành từ các nguyên tử, chỉ chiếm 4%, trong đó 3,5% là vật chất tối (có thể là khí hydro lạnh trong không gian băng giá, và khí hydro nóng trong các đám thiên hà). Vật chất sáng trong các sao và các thiên hà chỉ chiếm 0,5% tổng lượng của vũ trụ! Các nhà vật lý thiên văn không có một tí ý tưởng nào về 96% còn lại này của vũ trụ. Con cáo của Saint-Exupéry không tin mình nói đúng đến thế khi tâm sự với Hoàng tử nhỏ: “Cái cốt yếu không thể nhìn được bằng mắt.”

## Trái đất, hành tinh xanh

Trái đất, hành tinh thứ ba tính từ Mặt trời, là chốn nương thân của chúng ta trong mênh mông bao la của vũ trụ, cái ốc đảo của chúng ta trong khoảng không trống rỗng hoang vu giữa các vì sao. Trong số tất cả các hành tinh của Hệ Mặt trời, Trái đất là hành tinh duy nhất biết phát triển và đánh thức một sự sống có trí tuệ, những con người biết tự vấn về vũ trụ đã sinh ra mình. Và sở dĩ như vậy là vì chỉ riêng Trái đất là có nước (*xem mục từ này*).



Không phải vì nước là độc quyền của Trái đất. Hỏa tinh, Europe (một trong các vệ tinh Galileo của Mộc tinh, *xem mục từ này*) và các sao chổi cũng có nước. Thậm chí Mặt trăng, ở các vùng cực của nó, dường như cũng có các "hồ" băng ở 50 cm dưới bề mặt của nó. Nhưng điều mà riêng Trái đất có, đó là nước ở đây không chỉ dưới dạng băng cứng và rắn, như ở những nơi khác, mà còn dưới dạng lỏng. Trên thực tế, các đại dương bao phủ ba phần tư bề mặt hành tinh của chúng ta, trao cho nó màu xanh lam lấp lánh rất đặc trưng.

Các đại dương có màu xanh bởi vì chúng phản chiếu màu xanh của bầu trời. Và bầu trời có màu xanh (*xem mục từ này*) là bởi vì các phân tử không khí và các hạt bụi nhỏ li ti trong khí quyển Trái đất

thích chọn, trong ánh sáng trắng của Mặt trời, cái thành phần màu xanh hơn là thành phần đỏ, để tán xạ nó ra xung quanh.

Sở dĩ nước lỏng có thể tồn tại trên Trái đất chính là bởi vì quỹ đạo của nó nằm đúng ở khoảng cách thuận lợi đối với Mặt trời. Ở vị trí cận nhật (gần Mặt trời nhất), nó ở cách 147 triệu km, và ở vị trí viễn nhật (xa Mặt trời nhất), nó ở cách 152 triệu km. Ở xa thêm 15 triệu km nữa, thì Trái đất sẽ là một thế giới băng giá, và nước lỏng sẽ không thể đóng vai trò là xúc tác cho sự sống nữa. Còn ở gần thêm 15 triệu km, thì nước ở đây sẽ ở thể hơi; các lượng lớn khí cacbonic có trong khí quyển khởi thủy của Trái đất sẽ không thể bị hòa tan trong các đại dương dưới dạng đá vôi; khí quyển của hành tinh chúng ta một phần lớn sẽ được làm từ khí cacbonic, như trên Kim tinh; khí gây hiệu ứng nhà kính này (xem mục từ này) sẽ cầm tù nhiệt Mặt trời, làm nóng Trái đất lên đến các nhiệt độ hỏa ngục ngăn cản sự sống thực tiễn.

Vậy cái chất lỏng quý giá và mạnh mẽ này đến từ đâu? Cách đây 4,55 tỷ năm, Trái đất non trẻ, kết quả của trò kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh (xem mục từ này), được bao bọc trong một bầu khí quyển nóng, đặc và không trong suốt, được tạo thành từ hydro, heli, một chút metan, amoniac và hơi nước. Mặt trời, có tác dụng như một "cánh quạt" khổng lồ, đã xua đi 98% khí quyển khởi thủy này trong vòng 500 triệu năm đầu tiên. Trái đất sơ sinh vẫn còn nóng bỏng. Nhiệt này bắt nguồn từ sự bắn phá liên tiếp của các tiểu hành tinh lượn lờ khắp không gian và đến va chạm vào hành tinh chúng ta, nhưng cũng có đó góp từ năng lượng phát ra bởi các nguyên tố phóng xạ trong lõi của nó. Khiến cho Trái đất không hoàn toàn là rắn, mà một phần bị tan chảy. Các nguyên tố nặng rơi vào lõi của nó, tạo thành ở đó một lõi sắt và nickel bán kính khoảng 3.500 km. Nhân này được bao quanh bởi một vỏ magma bán kính 3000 km. Sau đó là một lớp vỏ dày 15 km, chỉ bắt đầu hóa rắn khoảng 700 triệu năm sau khi Trái đất ra đời, khi mà Trái đất đã lạnh đi khá nhiều. Các va chạm liên tục của các tiểu hành tinh khoan thủng vỏ Trái đất ở nhiều khu vực, gây ra sự phun trào magma từ lòng sâu. Trái đất bị xâm chiếm bởi các dòng nham thạch dài nóng bỏng bởi vô số các núi lửa trên bề mặt nó. Các núi lửa này khắc vào bầu trời các đám hơi nước, metan, khí cacbonic và các hợp chất nitơ, tái tạo một khí quyển mới ngăn chặn

ánh sáng. Nhiệt độ tiếp tục giảm, gây ra sự ngưng tụ hơi nước. Mưa bắt đầu rơi. Nhưng bề mặt quá nóng lại làm cho chúng bốc hơi, và nước lại bay lên các lớp mây. Sự đến và đi này kéo dài rất lâu, cho tới khi đã bị nguội đi chấp nhận các giọt nước lỏng mà không làm chúng bay hơi. Các trận mưa không dứt làm ngập Trái đất. Các vũng nước kết hợp với nhau để tạo thành ao, ao thành hồ, và hồ thành biển. Cuối cùng, ba phần tư bề mặt Trái đất được bao phủ bởi chất lỏng màu xanh. Các trận mưa như trút làm khí quyển quang đảng, trong suốt, cho phép con người một ngày nào đó chụp hành tinh của mình từ không gian và ngắm nghía vẻ đẹp và sự độc đáo, nhưng cũng cả sự mong manh của nó nữa.

## Triton

Triton, với đường kính 2.700 km, là vệ tinh lớn nhất của Hải Vương tinh. Bên cạnh các vệ tinh Galileo của Mộc tinh và vệ tinh Titan (*xem mục từ nay*) của Thổ tinh, Triton nằm trong số sáu vệ tinh lớn nhất của các hành tinh không lồ. Triton trình hiện một phong cảnh thuộc loại bí hiểm nhất. Người ta thấy ở đó rất nhiều loại địa hình, từ các hẻm vực sâu cho tới các hồ băng. Rất ít các hồ hình miệng núi lửa do va chạm, điều này khiến người ta đưa ra giả định về hoạt tính địa chất mới đây của nó. Tàu thám dò *Voyager 2* đã phát hiện thấy ở đây các mạch lớn phun khí nitơ lên cao tới vài kilomet. Các mạch phun này có thể là nguyên nhân tạo ra lớp khí quyển nitơ mỏng (mỏng hơn khí quyển Trái đất vài trăm nghìn lần) bao phủ Triton. Nhưng điều phân biệt vệ tinh này với các vệ tinh khác là chuyển động quỹ đạo của nó: đó là vệ tinh lớn duy nhất có một chuyển động giật lùi, nghĩa là nó quay quanh hành tinh theo chiều ngược với chiều quay của hành tinh. Hơn nữa, mặt phẳng quỹ đạo của nó nghiêng  $20^\circ$  so với mặt phẳng xích đạo của Hải Vương tinh. Điều này gợi ý rằng Triton đã không được hình thành đồng thời với hành tinh này, mà nó là một tiểu hành tinh lớn bằng đá đến từ vành đai Kuiper của các tiểu hành

tinh và sao chổi (xem mục từ này), nằm ở rìa của Hệ Mặt trời, và bị lực hấp dẫn của Hải Vương tinh bắt giữ.

Do có quỹ đạo lùi nên lực hấp dẫn giữa Triton và Hải Vương tinh làm cho Triton rơi chậm theo đường xoắn ốc về phía hành tinh này (thay vì rời ra xa, như Mặt trăng rời xa Trái đất). Như vậy, trong tương lai, Triton sẽ ngày càng xích lại gần Hải Vương tinh. Nó sẽ bị các lực thủy triều của Hải Vương tinh xé rách trong khoảng 100 triệu năm tới. Vết tinh này khi đó sẽ bị vỡ thành hàng nghìn mảnh, tạo nên một vành mới gia nhập hàng ngũ các vành hiện đang trang trí cho Hải Vương tinh.

## Tương lai gần của vũ trụ

Theo các nghiên cứu vũ trụ học gần đây nhất, thì một vũ trụ có hình học là phẳng là do sự giãn nở mãi mãi. Các hậu duệ của chúng ta sẽ được chiêm ngưỡng một vũ trụ ngày càng loãng do vũ trụ tăng tốc và luôn lạnh thêm. Trong tương lai, điều gì sẽ xảy ra đối với ánh sáng rực rỡ của các ngôi sao và sự lộng lẫy của các thiên hà?

Chúng ta hãy cùng lên phi thuyền để du hành vào tương lai. Trước hết, hãy tập trung sự chú ý vào những gì ngay quanh chúng ta. Mà cụ thể là tương lai gần của Trái đất và Mặt trời sẽ như thế nào? Đây là câu hỏi mà chúng ta quan tâm nhất, bởi vì sự sống còn của nhân loại phụ thuộc vào nó!

Sự kiện quan trọng đầu tiên sẽ xảy ra trong 2-3 tỷ năm tới. Các Đám mây Magellan, tức hai thiên hà lùn vệ tinh hiện đang quay quanh Ngân Hà của chúng ta ở cách Ngân Hà khoảng 170.000 năm ánh sáng, sẽ rơi vào cái miệng há hốc của Ngân Hà và sẽ bị nó hấp thụ. Các sao của chúng sẽ hòa vào các sao của quầng Ngân Hà. Người quan sát bầu trời phía Nam sẽ không còn có thể ngắm vẻ đẹp mờ ảo của chúng nữa. Rồi, 1,5 tỷ năm trôi qua. Trong 4,5 tỷ năm tới, Mặt trời sẽ chuyển hóa lõi hydro của nó thành heli (xem: *Mặt trời sinh ra, sống và chết*). Trong khoảng 100 triệu năm - một ngọn lửa rom trong thang



thời gian vũ trụ -, nó sẽ trở thành một sao kênh đào, rồi, do hết nhiên liệu, nó sẽ chết và co sập lại thành một sao lùn trắng.

Trước khi Mặt trời tắt trong khoảng 4,6 tỷ năm tới, một sự kiện quan trọng khác sẽ xảy ra trong Cụm Địa phương: Ngân Hà và thiên hà Tiên nữ, hai thiên hà thống trị ngôi làng địa phương các thiên hà của chúng ta, sẽ va vào nhau trong khoảng 3 tỷ năm tới. Thực tế, thiên hà Tiên nữ hiện cách Trái đất 2,3 triệu năm ánh sáng đang lao về phía chúng ta với vận tốc khoảng 90 km/s. Vụ va chạm này sẽ diễn ra trong vòng một triệu năm: Thiên hà Tiên nữ và Ngân Hà, một khi đã ở gần nhau, ban đầu chúng sẽ quay quanh nhau trong một vũ điệu thiên hà; sau vũ điệu dài và tuyệt vời này, hai thiên hà cuối cùng sẽ hợp nhất với nhau (xem: *Thiên hà Tiên nữ*).

Điều gì sẽ xảy ra trong dài hơn nữa? Sự tăng tốc độ dân nò của vũ trụ sẽ làm cho đại đa số các thiên hà sẽ rời xa tới những khoảng cách mà con các hậu duệ của chúng ta sẽ không thể nhìn thấy chúng được nữa và vũ trụ mệnh mông nhìn sẽ gần như là trống rỗng và hoang vắng. Các con cháu chút chút chúng ta sẽ sống trong một vũ trụ ngày càng loãng do sự tăng tốc của vũ trụ. Không gian sẽ rộng lớn ra tới mức không một hạt vật chất nào có thể kết tụ, không một cấu trúc mới nào có thể được hình thành. Trong vài chục tỷ năm tới, Ngân Hà sẽ chỉ là một hòn đảo nhỏ mất hút trong mệnh mông của đại dương vũ trụ. Khoảng vài trăm tỷ thiên hà ngày nay chúng ta còn nhìn được bằng kính thiên văn sẽ rời ra xa tới mức chúng sẽ biến mất khỏi tầm nhìn của chúng ta. Sẽ chỉ nhìn thấy vài trăm thiên hà được liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn trong siêu đám thiên hà Trinh nữ (*Virgin*) mà Ngân Hà của chúng ta là một thành viên. Các nghiên cứu thiên văn mà con cháu chúng ta có thể thực hiện sẽ rất hạn hẹp, vì sẽ chỉ còn rất ít thiên thể trong bầu trời để quan sát. Chúng sẽ nhớ lại thời của chúng ta như thời kỳ hoàng kim của thiên văn học, khi các chủ đề nghiên cứu rất nhiều và đa dạng. Các nhà hoạch định chính sách, những người có quyền quyết định có đầy đủ lý do để tài trợ cho các nghiên cứu thiên văn nhiều nhất có thể trong giai đoạn hiện nay, bởi vì trong tương lai, ngay cả khi có muốn phát triển lĩnh vực nghiên cứu thiên văn học, thì họ cũng sẽ không còn cơ hội nữa!

## Tương lai rất xa của vũ trụ

### *Sự cáo chung của kỷ nguyên sao*

Điều gì sẽ xảy ra trong một tương lai rất xa? Nếu như Mặt trời ngừng tỏa sáng trong khoảng 4,6 tỷ năm tới, thì các sao khác sẽ thế nào? Trong một thời kỳ kéo dài cho tới tận khi vũ trụ già hơn tuổi 13,7 tỷ năm của nó hiện nay hàng nghìn lần, thì các ngôi sao của Ngân Hà, được liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn và như vậy thoát khỏi sự loãng đi do vũ trụ giãn nở, sẽ vẫn tiếp tục tỏa sáng để chiếu sáng màn đêm đen và khiến cho những người sống trên Trái đất phải ngơ ngác. Các thiên hà xoắn ốc - các hệ sinh thái khổng lồ nơi nối tiếp nhau vô số các chu kỳ sinh tử của các ngôi sao, nơi khí giữa các vì sao liên tục được chuyển hóa thành ngôi sao và các sao chết thái vào trong không gian giữa các vì sao các vỏ khí giàu các nguyên tố nặng của chúng, các khí này này sau đó sẽ gắn kết với nhau dưới tác dụng của lực hấp dẫn để cho ra đời các thế hệ sao mới - vẫn sẽ tiếp tục chiếu sáng không gian bằng ánh sáng lộng lẫy của chúng, ngay cả khi chúng ta không còn nhìn thấy chúng nữa, sau vài chục tỷ năm, do sự tăng tốc của vũ trụ. Kỷ nguyên sao vẫn sẽ còn tiếp tục náo nhiệt.

Sự kéo dài của kỷ nguyên sao này là do thực tế là một lượng lớn dân số sao của vũ trụ là các ngôi sao có khối lượng nhỏ: khoảng 80% các sao của vũ trụ có khối lượng nhỏ hơn khối lượng Mặt trời (nằm giữa 0,8 và 0,1 khối lượng Mặt trời). Thoạt nhìn người ta có thể nghĩ rằng chúng có tuổi thọ rất ngắn so với các ngôi sao nặng, vì một khối lượng nhỏ đồng nghĩa với một trữ lượng nhiên liệu hydro nhỏ. Vậy mà thực tế lại ngược lại. Các ngôi sao nặng là những kẻ ăn hoang, chúng tỏa sáng bằng tất cả sức cháy của mình, nên trữ lượng nhiên liệu của chúng bị cạn kiệt rất nhanh. Sau vài triệu năm, thậm chí vài tỷ năm, chúng sẽ biến mất. Ngược lại, các sao có khối lượng nhỏ lại cực kỳ tiết kiệm, chúng sống một cuộc đời dè sẻn, bức xạ rất yếu, điều này cho phép chúng kéo dài trữ lượng nhiên liệu thấp của chúng trong một thời kỳ rất dài. Trên thực tế, các sao nhẹ nhất (cỡ một phần mười khối lượng Mặt trời) chỉ bắt đầu cạn kiệt trữ lượng

hydro của chúng sau 14 tỷ năm, bằng tuổi hiện nay của vũ trụ. Trong toàn bộ thời gian tới, chúng sẽ tiếp tục hợp nhất hydro thành heli và tăng dần độ sáng. Mặc dù độ sáng này chỉ bằng một phần trăm độ sáng của Mặt trời, nhưng chúng sẽ bù lại bức xạ yếu bằng số lượng lớn của chúng, nên độ sáng trung bình của các thiên hà vẫn sẽ được duy trì ở mức rất cao, bằng độ sáng của 10 tỷ Mặt trời - tức bằng khoảng một phần mười độ sáng hiện nay của Ngân Hà - trong một khoảng thời gian rất dài nữa. Các ngôi sao khối lượng nhỏ sẽ chỉ cạn kiệt trữ lượng nhiên liệu hydro sau 100.000 tỷ năm ( $10^{14}$  năm) nữa, tức mười nghìn lần tuổi của vũ trụ hiện nay.

Sau khi các sao có khối lượng nhỏ tắt, vũ trụ liệu có còn khả năng hình thành các sao mới từ khí giữa các vì sao trong các thiên hà xoắn ốc và bất thường nữa không? Các thiên hà này liệu có còn tiếp tục tỏa sáng không? Câu trả lời là không, vì trữ lượng khí giữa các vì sao trong các thiên hà cũng cạn kiệt vào thời kỳ các sao cuối cùng tắt, báo hiệu sự cáo chung của thời kỳ hình thành các sao mới quanh năm 100.000 tỷ. Kỳ nguyên sao chấm dứt; kể từ đó, đêm đen sẽ không bao giờ được chiếu sáng bởi ánh sáng lộng lẫy của các vì sao và các thiên hà nữa.

Kể từ đó các vùng trong thiên hà sẽ chứa đầy các xác sao: các sao lùn trắng, các sao neutron và lỗ đen (*xem các mục từ tương ứng*). Ngoài các dân số sao chết không phát ra bất kỳ ánh sáng nào gây bởi sự tổng hợp hạt nhân, còn có các sao lùn nâu (*xem mục từ này*), các sao bị chột có khối lượng nhỏ hơn 8% khối lượng Mặt trời. Các phôi sao này không đủ nặng, và vật chất trong lõi của chúng không đủ nén và nóng để các phản ứng hạt nhân có thể tổng hợp hydro thành heli và biến chúng thành các sao thực sự (cần một nhiệt độ tối thiểu là 10 triệu độ). Nếu nhiệt độ ở lõi của các sao lùn nâu không đủ cao để hợp nhất hydro thành heli, thì dường như nó lại đủ để tổng hợp trong thời gian rất ngắn đơteri, một nguyên tố hóa học khởi thủy khác sinh ra trong các phút đầu tiên của vũ trụ. Nhờ có sự đốt cháy đơteri, nên các sao lùn nâu không hoàn toàn tối. Chúng bức xạ rất yếu ánh sáng hồng ngoại trong một thời gian ngắn. Người ta ước tính rằng một dân số gồm gần 1.000 tỷ sao lùn nâu có thể được che giấu trong bóng tối của không gian giữa các vì sao của Ngân Hà - cũng lớn ngang dân số các sao "thật".

Vào cuối kỷ nguyên sao, sau khoảng 100.000 tỷ năm tỏa sáng vinh quang, quần thể các sao chết và các sao lùn nâu sẽ phân bố như thế nào? Trong một thiên hà như Ngân Hà, các sao lùn trắng chiếm 55% tổng dân số, trong khi các sao lùn nâu chiếm 45% còn lại. Các sao neutron và các lỗ đen chỉ chiếm một phần rất nhỏ, khoảng 0,26% tổng số các sao chết, vì đó là các xác sao nặng, ít hơn rất nhiều các sao có khối lượng trung bình (khoảng bằng khối lượng Mặt trời), sinh ra các sao lùn trắng. Chắc chắn, do khối lượng tương đối lớn của chúng (bằng khoảng một nửa khối lượng Mặt trời), chính các sao lùn trắng sẽ chiếm ưu thế về khối lượng của các thiên hà. Vào cuối kỷ nguyên sao, chúng sẽ đóng góp 88% vào khối lượng của Ngân Hà, trong khi các lùn nâu chỉ chiếm khoảng 10%, và các sao neutron và lỗ đen, khoảng 2%.

### ***Sao lùn nâu và các hạt WIMP***

Sau khi tất cả các sao đã chết, sau khi khí giữa các vì sao cần thiết để tạo ra các sao mới đã cạn kiệt, liệu vũ trụ có bị chìm trong bóng tối và không còn chứa các nguồn sáng và năng lượng nữa không? Hỏi như thế nghĩa là bạn đã không hiểu rõ sự tài tình và sức sáng tạo của tự nhiên. Tự nhiên phát minh ra một cách khác để tạo ra các ngôi sao mới: đó là bằng cách hợp nhất các sao lùn nâu (*xem mục từ này*) nhờ va chạm.

Các sao lùn nâu có khối lượng quá nhỏ và nhiệt độ ở trung tâm quá thấp nên không thể xảy ra phản ứng tổng hợp hydro thành heli, khiến cho nguồn dự trữ nhiên liệu hydro của chúng vẫn còn nguyên vẹn. Sự hợp nhất nhiều sao lùn nâu có thể dẫn đến một thiên thể có khối lượng bằng một phần mười khối lượng Mặt trời, và do đó có khả năng tổng hợp hydro. Do sử dụng nhiên liệu hết sức dè sẻn, nên một sao như thế sẽ có thể sống tới 25.000 tỷ năm (so với 10 tỷ năm của Mặt trời). Chắc chắn, tỷ lệ sinh ra các sao mới bắt nguồn từ sự hợp nhất các lùn nâu là thấp hơn nhiều so với tỷ lệ sinh nở trong các vườn trẻ sao (*xem mục từ này*) của các thiên hà xoắn ốc vào thời kỳ huy hoàng của chúng: một thiên hà như Ngân Hà sẽ chỉ chứa nhiều nhất một trăm thay vì hàng trăm tỷ ngôi sao mà nó có hiện nay. Nhờ

có sự va chạm và kết tập của các sao lùn nâu, các thiên hà còn có thể phát sáng nhưng rất yếu khi đồng hồ vũ trụ điểm năm thứ 10 triệu tỷ ( $10^{16}$ ); độ sáng của các thiên hà khi đó sẽ yếu hơn độ sáng của chúng ngày hôm nay hàng tỷ lần.

Các sao lùn trắng (*xem mục từ này*), chiếm một phần dân số vượt trội trong các thiên hà vào thời kỳ này, sẽ không chịu đựng ngoài cuộc chơi. Chúng cũng có thể va chạm và kết tập thành các ngôi sao nặng hơn. Không có các nguồn dự trữ hydro, chúng phát sáng nhờ sự đốt cháy heli hay cacbon, tùy theo khối lượng của ngôi sao mới. Nhưng các sao bắt nguồn từ sự hợp nhất của các sao lùn trắng sống ngắn thọ hơn rất nhiều, và ánh sáng mà chúng phát cũng yếu hơn nhiều ánh sáng của các sao bắt nguồn từ sự hợp nhất các sao lùn nâu.

Các thiên hà vẫn cố gắng tìm cách tiếp tục tỏa sáng. Không bằng lòng với việc hợp nhất các sao lùn nâu để tạo thành các nguồn bức xạ mới, các thiên hà còn tìm ra cách để chuyển hóa các quăng vật chất tối ngoại lai của chúng thành bức xạ. Các nhà vật lý nghĩ rằng các quăng này có thể bao gồm các hạt *WIMP* (*xem mục từ này*), tức là các hạt nặng sinh ra ngay từ những phần giây đầu tiên của vũ trụ. Mặc dù tương tác rất yếu với vật chất thông thường, nhưng các hạt *WIMP* có thể bị bắt giữ bởi vật chất cực đặc của các sao lùn trắng (một tấn/cm<sup>3</sup>), các thành phần khối lượng chủ yếu của các thiên hà ở tương lai rất xa này. Các hạt *WIMP* bị bắt bên trong các sao lùn trắng gặp nhau và hủy nhau. Các quá trình hủy này làm cho các sao lùn trắng nóng lên và phát ra bức xạ. Vậy là các quăng thiên hà vật chất tối ngoại lai được chuyển hóa dần dần thành ánh sáng. Nhưng lượng ánh sáng sinh ra là vô cùng yếu ớt: yếu hơn ánh sáng phát bởi tập hợp các sao lùn nâu khoảng một trăm lần. Sự hủy tất cả các hạt *WIMP* có trong quăng của một thiên hà cũng sẽ chỉ đóng góp không quá một lượng tương đương với chỉ một Mặt trời cho tổng độ sáng của nó. Bởi vì nhiệt độ bề mặt của các sao lùn trắng là cực thấp (khoảng  $-200^{\circ}\text{C}$ ), nên bức xạ này sẽ có bản chất hồng ngoại.

## ***Sự bốc hơi của các thiên hà và đám thiên hà***

Trong tương lai rất xa của vũ trụ, các thiên hà sẽ không còn nguyên vẹn nữa, mà sẽ tan rã, và sò dī như vậy là nhờ sự phục vụ chu đáo của lực hấp dẫn. Lực hấp dẫn làm cho tồn tại một trao đổi năng lượng liên tục giữa các sao chết và các sao lùn nâu (*xem mục từ này*), hai thành phần làm nên dân số của thiên hà. Nếu một số có thêm năng lượng, thì một số khác lại mất đi, bởi vì tổng năng lượng là không thay đổi. Những kẻ được hưởng lợi sẽ chuyển hóa năng lượng bổ sung thêm của mình thành vận tốc, mờ rộng quỹ đạo và dạt ra mép thiên hà. Theo đà bị cuốn đi, chúng sẽ thoát khỏi vòng ảnh hưởng hấp dẫn của thiên hà mẹ để rồi mất hút vào không gian giữa các thiên hà. Sau 10 tỷ tỷ năm ( $10^{10}$ ) nữa, thiên hà sẽ mất đi 99% dân số của nó. Đúng là nó sẽ bị bốc hơi hết.

Ngược lại, 1% các sao (1 tỷ), các sao nặng nhất trong số chúng, sẽ bị thua trong cuộc trao đổi năng lượng. Mất vận tốc, chúng sẽ rơi về phía tâm thiên hà, tạo thành ở đó một lõi có khối lượng bằng một tỷ khối lượng Mặt trời. Lõi này, ngày càng nặng hơn và đặc hơn, sẽ liên tục co lại, cho tới khi đạt được một lực hấp dẫn mạnh tới mức ánh sáng bị cầm tù trong đó. Vậy là một lỗ đen siêu nặng (*xem: Lỗ đen*) ra đời, có bán kính không thể quay lui lớn cỡ 3 tỷ km, tức gần bằng khoảng cách Mặt trời - Diêm Vương tinh. Trong quá trình co lại của lõi, diễn ra rất nhiều va chạm trực diện giữa các sao chết hay sao bị chốt, sinh ra các màn pháo hoa khổng lồ chiếu sáng đêm đen vũ trụ. Lễ hội pháo hoa này sẽ còn tiếp tục sau khi hình thành lỗ đen siêu nặng. Bằng lực hấp dẫn của mình, lỗ đen này sẽ đớp và xé xác không thương tiếc mọi vật thể không may đến gần nó để thỏa mãn thói háu ăn, và vật chất bị tra tấn đó sẽ bức xạ bằng tất cả sức nóng của mình. Thiên hà sẽ tìm lại được sự lộng lẫy xưa kia của nó, thời kỳ mà nó còn nuôi một quasar trong lòng nó trong suốt vài tỷ năm đầu tiên sau Big Bang. Nhưng, do thiếu thức ăn, giai đoạn phát sáng này sẽ không kéo dài quá một tỷ năm, và một đêm dài băng giá sẽ lại bao trùm vũ trụ.

Nếu các thiên hà bốc hơi hết và chỉ để lại các lỗ đen có khối lượng bằng một tỷ khối lượng Mặt trời, thì các đám thiên hà (*xem mục từ này*) cũng không đứng ngoài cuộc chơi. Mỗi thiên hà trong số hàng

ngành thuộc đám cũng sẽ nhập cuộc trao đổi năng lượng. Những kẻ chiến thắng (99%) sẽ rời đám ban đầu để mất hút trong không gian giữa các thiên hà và trở thành các lỗ đen thiên hà. Những kẻ thua cuộc (1%) sẽ tập hợp lại với nhau ở lõi của đám để tạo thành lỗ đen siêu thiên hà có khối lượng bằng 1.000 tỷ khối lượng Mặt trời, và kèm theo đó là các màn pháo hoa kéo vũ trụ ra khỏi sự tê liệt trong một thời kỳ ngắn. Khi đồng hồ vũ trụ điểm năm thứ một tỷ tỷ tỷ ( $10^{27}$ ), thì tầm toan vũ trụ kỳ diệu của các thiên hà và các đám thiên hà sẽ tan biến trong không gian. Khi đó vũ trụ sẽ đầy rẫy các lỗ đen thiên hà và siêu thiên hà đi kèm với vô số các tiểu hành tinh, sao chổi, hành tinh, sao lùn đen, sao lùn nâu, sao neutron và các lỗ đen nhỏ có khối lượng bằng vài chục khối lượng Mặt trời, những kẻ thắng trong cuộc trao đổi năng lượng, bị đẩy vào môi trường giữa các vì sao, tất cả được bao bọc trong tấm voan đen của màn đêm và bị sự dẫn nò của vũ trụ cuốn đi.

### ***Cái chết của proton***

Vào năm thứ  $10^{27}$ , các thiên hà và các đám thiên hà sẽ tan rã. Các nguồn năng lượng và ánh sáng sinh ra từ những va chạm của các sao lùn nâu và sự hủy nhau của các hạt WIMP (xem mục từ này) trong các quầng thiên hà sẽ bị cạn kiệt. Và giờ đây liệu vũ trụ có còn đủ tài tình để tạo ra các nguồn sáng khác nhau, dù yếu ớt không? Câu trả lời có vẻ như là có. Và sò dĩ như vậy là nhờ cái chết rất có thể xảy ra của proton (xem mục từ này).

Trên thực tế, các lý thuyết thống nhất (xem mục từ này) của các lực nói với chúng ta rằng proton không vĩnh cửu, rằng nó sẽ phân rã sau một thời gian rất dài, khoảng hơn  $10^{32}$  năm. Các thí nghiệm chỉ cho chúng ta thấy rằng tuổi thọ của proton phải lớn hơn  $10^{35}$  năm. Vậy hãy giả định rằng nó sống  $10^{37}$  năm. Việc proton có thể phân rã có các hậu quả trực tiếp đối với số phận về lâu về dài của các sao lùn trắng. Chẳng hạn, sự phân rã của một proton trong sao lùn trắng sẽ sinh ra một phản electron (hay positron) và một pion. Phản electron hủy với một electron để cho ra đời hai photon gamma, trong khi pion sẽ phân rã thành hai photon khác. Như vậy, mỗi proton chết sẽ sinh

ra bốn photon. Kể từ thời kỳ  $10^{17}$  năm, một sao lùn trắng, được cung cấp năng lượng bởi sự phân rã của các proton trong tâm nó, sẽ bắt đầu phát sáng rất yếu. Như bạn có thể ngờ được, độ sáng của nó sẽ không có gì là hoành tráng lắm, chưa bằng một phần triệu tỷ tỷ độ sáng của Mặt trời, tức khoảng 400 W - chỉ bằng công suất cung cấp cho vài bóng đèn! Ngay cả khi bạn tập hợp thành một thiên hà đầy đủ gồm 100 tỷ các sao lùn trắng được cung cấp năng lượng bởi cái chết của proton, thì thiên hà này cũng mờ hơn Mặt trời một trăm lần. (Nhưng, chắc chắn vào thời kỳ hết sức xa xôi này, tất cả các thiên hà đều đã bị bốc hơi từ lâu lắm rồi,...).

### *Số phận của Mặt trời*

Mặt trời sẽ co sập lại thành một sao lùn trắng có khối lượng bằng một nửa Mặt trời trong vòng 5 tỷ năm tới. Khối lượng này sẽ tiếp tục bức xạ trong hàng tỷ năm nhờ lượng nhiệt được tích trữ trong vụ co sập lại do hấp dẫn của ngôi sao chết, và điều đó kéo dài cho tới tận năm  $10^{11}$ . Sau đó sao lùn trắng này sẽ tiếp tục bức xạ yếu, được cung cấp năng lượng bởi sự hủy của các hạt *WIMP* nằm trong quầng thiên hà, cho tới một năm xa xôi, năm  $10^{14}$ , khi Ngân Hà bị bốc hơi hoàn toàn, để lại sau nó một lỗ đen thiên hà bằng một tỷ khối lượng Mặt trời. Là người chiến thắng trong cuộc trao đổi năng lượng, sao lùn trắng của chúng ta sẽ bị đẩy vào không gian giữa các thiên hà và, do không còn nguồn cung cấp năng lượng nữa, nó sẽ bị lạnh đi đáng kể, và điều này kéo dài cho tới năm  $10^{17}$ , khi sự phân rã các proton trong lõi của nó mang lại một chút ánh sáng, bằng vài bóng đèn điện... Như vậy, sao lùn trắng này sẽ chuyển hóa dần dần khối lượng của nó thành bức xạ. Khi đồng hồ vũ trụ điểm ở năm  $10^{38}$ , thì khối lượng của xác sao này sẽ trở nên thấp hơn một phần tỷ khối lượng Mặt trời, nhiệt độ của nó sẽ chỉ còn là 3 phần nghìn độ Kelvin, và độ sáng của nó được cung cấp bởi cái chết của các proton sẽ giảm xuống chỉ còn bằng một phần tỷ tỷ tỷ ( $10^{-27}$ ) độ sáng hiện nay của Mặt trời.

Ở giai đoạn này, xác của ngôi sao chúng ta sẽ không còn là một "sao lùn trắng" nữa. Vì đã mất phần lớn khối lượng của mình, và vật



chất không còn được nén đủ nữa, nên đương đầu với tác dụng nén của lực hấp dẫn bây giờ không phải là áp lực của các electron, như trong một sao lùn trắng nữa, mà là lực điện từ. Xúc của Mặt trời cuối cùng sẽ trở thành một khối cầu hydro lớn có khối lượng vài tỷ tỷ tấn. Nó sẽ tiếp tục bức xạ rất yếu nhờ sự phân rã của các proton. Khi đến năm  $10^{39}$ , toàn bộ khối lượng của Mặt trời trước kia sẽ được chuyển hóa thành ánh sáng, và khi đó sẽ là chấm hết.

Nếu các sao lùn trắng bốc hơi thành ánh sáng nhờ proton chết, thì các thiên thể khác chiến thắng trong cuộc trao đổi năng lượng, bị đẩy khỏi các thiên hà vào trong không gian giữa các thiên hà, cũng không đứng ngoài cuộc chơi. Sự phân rã của các proton trong lòng chúng làm cho các sao neutron, các sao lùn nâu, các hành tinh, các tiểu hành tinh và các sao chổi bốc hơi thành ánh sáng. Chỉ có điều sự đóng góp của chúng vào việc thắp sáng vũ trụ nhỏ hơn sự đóng góp của các sao lùn trắng, bởi vì các sao lùn trắng chiếm khoảng 90% khối lượng của các thiên hà, và phần còn lại của thế giới tươi đẹp này chỉ chiếm 10%.

### *Sự bốc hơi của các lỗ đen thành ánh sáng*

Điều gì sẽ xảy ra với các lỗ đen trong tương lai rất xa của vũ trụ? Câu trả lời là rất đáng ngạc nhiên: chúng sẽ bốc hơi thành ánh sáng. Nhà vật lý người Anh Stephen Hawking (sinh năm 1942) đã chứng minh điều đó vào năm 1974 bằng cách dựa trên nguyên lý Bất định của nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg (1901-1976 - xem: *Lỗ đen khởi thủy*).

Tốc độ bốc hơi không phải như nhau đối với tất cả các lỗ đen. Nó phụ thuộc vào nhiệt độ của chúng, đến lượt mình, nhiệt độ lại phụ thuộc tỷ lệ nghịch với khối lượng của chúng. Một lỗ đen càng nặng thì nhiệt độ của nó càng thấp, và nó bốc hơi càng chậm. Tuổi thọ của một lỗ đen biến thiên theo lập phương khối lượng của nó. Chẳng hạn, một lỗ đen nặng hơn mười lần sẽ sống lâu hơn một nghìn lần. Trong quá trình bốc hơi, lỗ đen càng mất đi khối lượng thì nó càng nóng hơn và càng bức xạ mạnh hơn. Quá trình này tăng cho tới khi lỗ đen kết thúc cuộc đời của nó trong một ánh sáng chói lòa.

Một vật nóng chỉ có thể bức xạ và lạnh đi nếu nhiệt độ môi trường thấp hơn nhiệt độ của nó, vì nhiệt chỉ có thể đi từ nóng sang lạnh. Như vậy sự bốc hơi của các lỗ đen thiên hà và siêu thiên hà sẽ chỉ bắt đầu vào thời điểm bức xạ hóa thạch (xem mục từ này) bao quanh chúng bị lạnh đi, nhờ sự giãn nở của vũ trụ, cho tới khi đạt một nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ của các lỗ đen này. Bởi vì một lỗ đen thiên hà cỡ một tỷ khối lượng Mặt trời có nhiệt độ bằng một phần mười triệu tỷ ( $10^{-16}$ ) độ Kelvin, nên nó sẽ phải chờ, để được bốc hơi, tới năm  $10^{34}$ , khi mà sự giãn nở của vũ trụ cuối cùng làm cho bức xạ hóa thạch đạt tới nhiệt độ này. Sẽ phải mất khoảng  $10^{92}$  năm để chuyển hóa lỗ đen này hoàn toàn thành ánh sáng. Ngược lại, nhiệt độ của một lỗ đen siêu thiên hà cỡ 1.000 tỷ khối lượng Mặt trời là thấp hơn một nghìn lần, nghĩa là  $10^{-19}$  độ Kelvin. Nó sẽ phải kiên nhẫn đợi cho tới năm  $10^{39}$  để bắt đầu bốc hơi. Nó sẽ bức xạ cho tới năm  $10^{100}$  mới biến mất. Nhiệt độ của bức xạ hóa thạch khi đó sẽ rất lạnh,  $10^{-60}$  độ Kelvin (số 1 sau 60 số 0)...

### Kỷ nguyên bóng tối

Trong khoảng thời gian từ năm  $10^{37}$  đến năm  $10^{100}$ , các sao lùn trắng, sao lùn nâu và các sao neutron đã biến mất từ lâu lắm rồi sau sự phân rã của các proton. Sự bốc hơi của các lỗ đen thiên hà và siêu thiên hà sẽ là nguồn duy nhất tiếp tục phát sáng trong bóng tối sâu thẳm của vũ trụ và thêm vào đó là một sự phát sáng rất ngắn trong cái chết bùng nổ của chúng. Sau năm  $10^{100}$ , vũ trụ sẽ bước vào kỷ nguyên bóng tối. Nó sẽ rất khó tìm được các nguồn năng lượng mới. Vũ trụ sẽ chỉ còn chứa các photon, electron, positron, neutrino và các hạt WIMP (những hạt không nằm trong các quầng thiên hà và như vậy thoát khỏi sự hủy nhau trong các sao lùn trắng). Các electron và các phản hạt của chúng, tức các positron, liệu thí thoảng có gặp nhau và hủy nhau trong ánh sáng chói lòa hay không? Đó có thể sẽ là các nguồn năng lượng chiếu sáng một vài xó xỉnh của vũ trụ trong những khoảnh khắc ngắn ngủi. Nhưng sự tăng tốc giãn nở của vũ trụ sẽ làm cho nó loãng ra tới mức các hạt này có rất ít cơ hội để gặp nhau. Trong số  $10^{42}$  cặp electron/positron, lực điện từ sẽ có thể liên

kết một hoặc hai cặp để tạo thành các nguyên tử positron không lỗ có bán kính hàng tỷ tỷ năm ánh sáng. Trong các phòng vũ hội rộng lớn này, liệu có cơ hội để cho sau một khoảng thời gian gần như vô hạn, khoảng  $10^{120}$  năm, electron, nhảy nhót và lượn lờ, có thể gặp positron, và hủy nhau trong một ánh sáng chói lòa. Nhưng các sự kiện rất hiếm hoi này không thể cứu được vũ trụ thoát khỏi sự lạnh đi lâu dài không gì cưỡng nổi đến không độ tuyệt đối.

### *Cái chết của vũ trụ*

Trong vũ trụ hiện nay, chính vật chất là người điều khiển cuộc chơi suốt từ năm 380.000 sau Big Bang. Liệu có thể một ngày đẹp trời nào đó bức xạ sẽ vượt quá vật chất về năng lượng và chiếm quyền kiểm soát sự vận hành của vũ trụ không? Câu trả lời là không. Phần lớn năng lượng của vũ trụ ngày nay được cấu thành bởi vật chất tối ngoại lai nằm ngoài các quang thiên hà. Trừ phi các hạt *WIMP* phân rã (do không biết bản chất chính xác của chúng, chúng ta không thể biết liệu chúng có phân rã hay không), còn không thì chúng sẽ sống sót cho tới cuối cùng. Dường như là vũ trụ vẫn bị thống trị bởi vật chất (các hạt *WIMP*, electron, positron và neutrino) trong một tương lai rất xa. Trong vũ trụ bị loãng và lạnh đi liên tục này, nhiệt và năng lượng vẫn sẽ luôn luôn còn lại một chút, thì không hiểu sự sống và trí tuệ liệu có tìm được cách để tồn tại mãi không? Vũ trụ liệu có chìm trong một trạng thái cân bằng nhiệt động làm cho mọi chênh lệch về nhiệt độ bị san phẳng, mọi sáng tạo sẽ bị loại trừ, và ở đó sự suy sụp sẽ ngự trị? Vũ trụ liệu có chết như nhà vật lý người Đức Hermann von Helmholtz (1821-1894) đã từng thông báo vào năm 1854 không?

Không một ai biết. Để kể lại quá khứ và tương lai của vũ trụ, chúng ta đã mạnh dạn ngoại suy từ các định luật vật lý hiện biết, không chỉ tới quá khứ rất xa  $10^{-43}$  giây, thời gian Planck (xem mục từ này), mà cả tới tương lai rất xa  $10^{100}$  năm. Bằng cách lần ngược lại thời gian, và ngoại suy tới các vùng có mật độ và nhiệt độ cực cao của vũ trụ khởi thủy, các nhà vật lý đã khám phá ra rất nhiều hiện tượng kỳ lạ và phi thường. Lý thuyết Dây (xem mục từ này) là một ví dụ rõ ràng. Và không gì nói với chúng ta rằng tình hình sẽ không phải như

vậy đối với các nhiệt độ rất thấp, rằng các định luật vật lý mới không thể xuất hiện khi nhiệt độ tiến gần đến không độ tuyệt đối. Theo lý thuyết cổ điển, photon sẽ liên tục mất ngày càng nhiều năng lượng, và bước sóng của chúng trở nên ngày càng lớn. Vào năm  $10^{40}$ , sau thời kỳ chết của các proton, bước sóng của ánh sáng hóa thạch của Big Bang sẽ lớn hơn bán kính của vũ trụ quan sát được hiện nay, tức khoảng 47 tỷ năm ánh sáng. Chúng ta vẫn chưa có một tí ý tưởng nào về cái sẽ có thể xảy ra trong các điều kiện cực hạn như thế. Bóng tối tương lai được tiên tri và cái chết được báo trước của vũ trụ liệu có thể là do chúng ta thiếu trí tưởng tượng hơn là do vũ trụ thiếu sáng tạo không?

*Đọc thêm:* Về các tính toán chi tiết về tiến hóa của vũ trụ trong một tương lai rất xa, xem Fred C. Adams và Gregory Laughlin, "A Dying Universe: the Long Term Fate and Evolution of Astrophysical Objects", *Reviews of Modern Physics*, **69**, tr. 337-372, 1997; và Freeman Dyson, "Time Without End: Physics and Biology in an Open Universe", *Reviews of Modern Physics*, **51**, tr. 447, 1979. Cũng có thể xem thêm phiên bản đơn giản hóa của các sự kiện đó trong cuốn *Giai điệu bí ẩn* của tôi, *sđd*.

## Tuổi của vũ trụ

Ngày nay, chúng ta nghĩ rằng vũ trụ được sinh ra trong một vụ nổ lớn khởi thủy, gọi là Big Bang, từ một trạng thái cực kỳ nhỏ, nóng và đặc, cách đây khoảng 14 tỷ năm.

Làm sao mà các nhà vật lý thiên văn học có thể xác định cái tuổi ấy của vũ trụ? Tuổi của vũ trụ là khoảng thời gian giữa hai thời điểm, thời điểm mà ở đó toàn bộ vật chất của các thiên hà được tập trung lại với nhau và thời điểm hiện tại. Để nhận ra được khoảng thời gian này, về mặt lý thuyết, chỉ cần quan sát một thiên hà, đo khoảng cách và vận tốc chạy trốn của nó do sự giãn nở của vũ trụ, rồi lấy đại lượng

này chia cho đại lượng kia. Cũng giống như khi đang chạy xe trên đường từ Paris, bạn vượt qua một biển báo cho biết bạn đang ở cách Paris 300 km; nếu bạn chạy với vận tốc 100 km/h, bằng một phép tính nhẩm bạn cũng biết rằng bạn đã rời Paris 3 giờ đồng hồ. Phép tính này chính xác nếu bạn luôn chạy xe với vận tốc không đổi kể từ lúc khởi hành từ Paris. Tương tự, tuổi của vũ trụ, nhận được bằng cách lấy khoảng cách chia cho vận tốc của nó, sẽ là chính xác nếu vận tốc của các thiên hà không thay đổi theo thời gian. Nhưng chúng ta biết rằng thực tế không phải như vậy.

Vũ trụ đã giảm tốc trong bảy tỷ năm tồn tại đầu tiên của nó, rồi, kể từ năm thứ 7 tỷ, nó lại tăng tốc (xem: (Sư) *tăng tốc của vũ trụ*). Tuổi nhận được bằng cách lấy khoảng cách chia cho vận tốc của nó như vậy sẽ phải được chỉnh lại bằng cách tính đến các hiệu ứng giảm và tăng tốc này.

Xác định tuổi của vũ trụ như vậy là tương đương với việc đo khoảng cách và vận tốc chạy trốn của các thiên hà. Vận tốc rời xa nhau của các thiên hà, không là gì khác chính là vận tốc dân nở của vũ trụ, là đại lượng rất dễ đo được. Hiệu ứng Doppler (xem: *Hiệu ứng Doppler*) cho chúng ta biết rằng ánh sáng của một thiên hà chạy ra xa chúng ta dịch chuyển về phía đỏ của quang phổ tỷ lệ với vận tốc chạy trốn của nó. Như vậy chỉ cần phân tích ánh sáng của các thiên hà bằng một quang phổ kế và đo độ dịch chuyển về phía đỏ của ánh sáng này là biết được vận tốc chạy trốn đó. Trong khi ấy, việc đo các khoảng cách (xem: *Đo khoảng cách*) của các thiên hà lại khó hơn rất nhiều. Nhưng các nhà thiên văn học đã tìm ra các phương pháp tài tình để đo độ sâu của vũ trụ, đặc biệt bằng cách sử dụng các sao xêphêit (*céphéid* - còn gọi là sao biến ánh) (xem mục từ này) và các sao siêu mới (supernova) (xem mục từ này). Tuổi của vũ trụ nhận được bằng cách đo các khoảng cách và các vận tốc chạy trốn của rất nhiều thiên hà là khoảng 13,7 tỷ năm. Tuổi này đã được điều chỉnh theo các hiệu ứng giảm và tăng tốc do chuyển động dân nở của vũ trụ bằng cách nghiên cứu ánh sáng hóa thạch (xem mục từ này), một phương pháp cho phép tái tạo lại lịch sử của vũ trụ cho tới tận năm 380.000.

Chuyển động chạy trốn của các thiên hà giống như chiếc đồng hồ cát vũ trụ giúp chúng ta xác định tuổi của vũ trụ. Nhưng các đồng hồ cát vũ trụ khác cũng cho phép chúng ta xác định được tuổi của

nó. Thực vậy, vũ trụ chứa các thiên thể như Trái đất, hay các ngôi sao già trong các đám sao cầu, mà người ta có thể xác định tuổi với một độ chính xác khá cao. Tuổi này phải thấp hơn hoặc nhiều lắm là bằng tuổi của vũ trụ, vì vũ trụ, theo định nghĩa là chứa "tất cả", vậy phải nhiều tuổi hơn những cái mà nó chứa.

Các đám sao cầu (xem mục từ này) nằm trong số các thiên thể già nhất của vũ trụ. Vì được hình thành ngay từ một tỷ năm tuổi đầu tiên của vũ trụ, nên các đám hình cầu gồm hàng triệu ngôi sao này đóng một vai trò quan trọng để xác định tuổi của vũ trụ. Vậy xác định tuổi của các ngôi sao này như thế nào? Đề hiểu phương pháp xác định tuổi, chúng ta phải sử dụng đến phép loại suy. Các bạn hãy hình dung một ngôi làng tập hợp tất cả số trẻ sơ sinh của nước Pháp sinh cùng ngày, chẳng hạn là 1.1.2009. Những đứa trẻ này sẽ lớn lên. Chúng sẽ tổ chức sinh nhật vào cùng một ngày mỗi năm. Một số sẽ trở thành những người béo, một số khác lại gầy hơn. Những người béo phì dễ mắc bệnh tim mạch, nên tuổi thọ của họ sẽ ngắn, trung bình khoảng 50 tuổi. Những người có cân nặng trung bình sẽ có tuổi thọ 75 tuổi, trong khi những người gầy nhất lại có tuổi thọ cao hơn và sẽ sống đến 100 tuổi. Hãy giả định rằng bạn đến thăm ngôi làng nói trên vào năm 2029, hai mươi năm sau khi những đứa bé chào đời. Tất cả vẫn còn sống. Bạn sẽ gặp những thanh niên béo phì, những người cân nặng trung bình và những người gầy gò, và bạn suy ra rằng tuổi chung của họ phải thấp hơn 50. Ba mươi năm sau bạn trở lại, vào năm 2059. Lần này, bạn sẽ chỉ gặp những người có cân nặng trung bình và người gầy. Những người béo phì đã chết. Từ đó bạn kết luận rằng những người dân của làng phải có tuổi từ 50-75. Con trai của bạn quay lại làng này ba mươi năm sau, vào năm 2089. Anh ta sẽ chỉ gặp những người rất gầy. Từ đó anh ta suy ra rằng tuổi của họ vào khoảng 75-100.

Tương tự, nhà thiên văn học có thể suy ra tuổi của các cư dân "sao" trong ngôi làng của các "đám sao cầu" bằng cách nghiên cứu các đặc tính vật lý của chúng như độ sáng và khối lượng (hai đại lượng này liên kết với nhau: một ngôi sao càng lớn, thì nó càng sáng) và màu sắc của chúng. Cũng giống như những đứa trẻ của ngôi làng, tất cả các ngôi sao của một đám sao cầu được sinh ra đồng thời do hiệu ứng co mạnh lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của một đám

mây giữa các vì sao. Cũng giống như con người, một số ngôi sao sinh ra đã “béo phì” hơn, lớn hơn và sáng hơn những ngôi sao khác. Chúng tiêu thụ hoang phí dự trữ nhiên liệu của mình. Sau khoảng vài triệu năm, chúng sẽ đi đến đoạn kết và chết. Ngược lại, những ngôi sao khác nhẹ hơn và mờ hơn sử dụng kho nhiên liệu một cách dè sẻn hơn. Chúng sống vài tỷ năm nhờ sự tiết kiệm của mình. Mặt trời là một trong số những ngôi sao dè sẻn ấy. Mặt trời đã sinh ra cách đây 4,55 tỷ năm và còn có thể sống chừng ấy năm nữa. Các ngôi sao nhỏ và mờ hơn Mặt trời sẽ còn sống lâu hơn nữa: một ngôi sao có khối lượng bằng một nửa khối lượng của Mặt trời sẽ sống 20 tỷ năm. Khi thăm ngôi làng “đám sao cầu”, nhà thiên văn học sẽ chỉ gặp các sao già còm và ốm yếu, và rất mờ. Từ đó anh ta kết luận rằng tuổi của các ngôi sao trong các đám sao cầu, các ngôi sao già nhất của vũ trụ, nằm trong khoảng 11-18 tỷ năm. Sự thiếu chính xác trong tính toán này chủ yếu là do người ta biết không rõ khoảng cách tới các đám sao cầu, và do vậy cũng không biết rõ độ sáng nội tại hay độ sáng thực của các sao đám. Thêm vào đó là những bất định liên quan đến sự tiến hóa về độ sáng của các ngôi sao này. Dù sao đi nữa thì tuổi của vũ trụ được xác định bằng chuyển động chạy ra xa nhau của các thiên hà cũng chắc chắn nằm trong hai giới hạn nói trên: chiếc đồng hồ cát vũ trụ thứ hai cũng cho kết quả gần như vậy.

Chúng ta còn có thể sử dụng chiếc đồng hồ cát thứ ba. Nó dựa trên tuổi thọ của một số nguyên tử phóng xạ. Các nguyên tử này không vĩnh cửu. Sau một khoảng thời gian nhất định, chúng sẽ tự phát phân rã, đồng thời phát ra các hạt và các bức xạ độc hại (bị chiếu lặp đi lặp lại nhiều lần bởi các sản phẩm phóng xạ có thể là nguyên nhân gây ra bệnh ung thư) để biến thành các nguyên tử khác. Ví dụ nổi tiếng nhất là nguyên tử cacbon 14 (có hai đồng vị cacbon khác bền vững hơn, đó là cacbon 12 và cacbon 13; số 12 và 13 chỉ tổng số proton và neutron trong hạt nhân của hai đồng vị cacbon đó. Chẳng hạn, hạt nhân của ba đồng vị cacbon đều chứa cả thảy 6 proton; nhưng hạt nhân của cacbon 12 chứa 6 neutron, hạt nhân của cacbon 13 chứa 7, và hạt nhân của cacbon 14 chứa 8. Các nguyên tử của cùng một nguyên tố hóa học có cùng số proton nhưng có số neutron khác nhau được gọi là các “đồng vị”). Cacbon 14 có chu kỳ bán rã khoảng 6.000 năm, nghĩa là một nửa số nguyên tử cacbon ban đầu sẽ biến mất sau 6.000

năm. Chẳng hạn, nếu số các nguyên tử cacbon 14 ban đầu là 10.000, thì số này sẽ là 5.000 sau 6.000 năm, là 2.500 sau 12.000 năm, là 1.250 sau 18.000 năm, và tiếp tục cứ như vậy. Do đó, chỉ cần đếm số nguyên tử cacbon 14 trong một vật là có thể suy ra tuổi của vật ấy.

Chiếc đồng hồ cát vũ trụ này là niềm vui của các nhà khảo cổ học và là nỗi kinh hoàng của những kẻ làm đồ giả. Nó cho phép xác định tuổi một cách rất chính xác tất cả các vật có chứa nguyên tử cacbon, dù là cổ xưa như các cuốn sách viết tay hay các bức tranh của Van Gogh.

Cacbon 14 sống một khoảng thời gian chỉ bằng một chớp mắt so với lịch sử của vũ trụ. Chu kỳ bán rã nó là quá ngắn nên không thể sử dụng làm đồng hồ cát vũ trụ được. Chúng ta cần phải có các nguyên tử mà chu kỳ bán rã của nó bằng khoảng tuổi của vũ trụ. Và các nguyên tử urani đã ra tay cứu giúp - cũng chính các nguyên tử urani này cung cấp nhiên liệu cho các nhà máy điện hạt nhân và là thủ phạm tàn phá hai thành phố Nhật Bản là Hiroshima và Nagasaki. Nó được sinh ra trong cơn hấp hối bùng nổ của các ngôi sao nặng. Có hai loại nguyên tử urani: urani 235, có chu kỳ bán rã là một tỷ năm, và urani 238 sống lâu hơn, với chu kỳ bán rã là 6,5 tỷ năm. Vì urani 235 biến mất nhanh hơn urani 238, nên tỷ số giữa số nguyên tử của urani 235 và số nguyên tử của urani 238 giảm dần theo thời gian. Do đó, chúng ta có thể sử dụng nó làm đồng hồ cát vũ trụ. Nó cho chúng ta biết rằng tuổi của các nguyên tử xa xưa nhất cũng lại nằm trong khoảng từ 10-20 tỷ năm.

Các kết quả này là rất đáng chú ý. Thoạt nhìn, không có bất kỳ mối liên hệ tiên nghiệm hiển nhiên nào giữa ba chiếc đồng hồ cát vũ trụ, cũng không một mối liên hệ rõ ràng nào giữa chuyển động chạy ra xa nhau của các thiên hà, sự tiến hóa của các ngôi sao và sự phân rã của các nguyên tử. Việc tất cả chúng đều cho ra một độ tuổi của vũ trụ không thể là kết quả của ngẫu nhiên được. Trừ phi có một cuộc âm mưu đồng lõa rộng lớn toàn vũ trụ nhằm đánh lừa chúng ta, bằng không cần phải thấy ở đó một chiến thắng vang dội của thuyết Big Bang: vũ trụ không phải là mãi mãi, vĩnh cửu; nó đã có một điểm khởi đầu, cách đây khoảng 14 tỷ năm.





## Vành

Xem: (Vành) Thổ tinh

## Vành đai Kuiper

Xem: Khu vực dự trữ tiểu hành tinh

## Vật chất tối ngoại lai

Các nhà vật lý đã xác định rằng vật chất thông thường - tức vật chất cấu thành từ proton và neutron - chiếm tổng cộng 4% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ. Nhận định này đặt ra vấn đề. Trên thực tế, chuyển động của các thiên hà bên trong các đám nói với chúng ta rằng vật chất nhìn thấy được và không nhìn thấy được không phải chiếm 4% mà là 26% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ! Làm sao có thể dung hòa hai quan sát có vẻ mâu thuẫn nhau này? Chúng ta buộc phải dùng đến một giải pháp triệt để: thừa nhận rằng 22% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ không được cấu thành từ vật chất thông thường, vật chất mà chúng ta có thể phát hiện được bằng các dụng cụ hiện nay, mà từ một dạng vật chất mới - "ngoại lai" - chưa bao giờ phát hiện được bằng các dụng cụ này. Vật chất ngoại lai không tồn tại trong bạn, trong tôi, trong bình hoa hay trong cuốn sách mà bạn đang cầm trên tay, cũng không trong bất kỳ một thứ gì của cuộc sống hằng ngày. Nó không tham gia vào quá trình tạo ra heli và deuteri và như vậy không ảnh hưởng đến hàm lượng khởi thủy của chúng.

Cho tới nay chúng ta vẫn chưa có bất kỳ ý tưởng nào về bản chất chính xác của vật chất tối ngoại lai này. Tuy nhiên, nhà thiên văn

không hoàn toàn bị chìm ngấp trong bóng tối. Dẫu thế nào thì anh ta vẫn thu được một số đặc tính của thứ vật chất huyền bí này bằng cách tạo ra các vũ trụ ảo nhờ máy tính. Nhà thiên văn đã nhận thấy rằng, để tái tạo lại kiến trúc của vũ trụ - như những bức tường lớn tạo bởi các thiên hà trải trên hàng trăm triệu năm ánh sáng, bao quanh vùng trống rỗng cũng hết sức rộng lớn không kém trong không gian - thì các vũ trụ ảo phải chứa vật chất ngoại lai dưới dạng các hạt dưới nguyên tử nặng, di chuyển chậm chạp (người ta còn nói rằng đó là vật chất “lạnh”), tương tác rất yếu với vật chất thông thường, và không hề tương tác với ánh sáng. Các hạt này mang những cái tên hết sức kỳ lạ: axion, squark, photino, neutralino, zino, higgsino, v.v. Chúng được gọi bằng cái tên chung là các hạt *WIMP* (xem mục từ này) hay còn gọi là “những anh chàng béo bệu” (*WIMP* là viết tắt của *Weakly Interacting Massive Particles*, nghĩa là các “hạt nặng tương tác rất yếu”). Theo các lý thuyết thống nhất lớn, các lý thuyết tìm cách thống nhất bốn lực của tự nhiên thành một lực duy nhất, thì các hạt này đã được sinh ra trong những phần giây đầu tiên sau Big Bang. Rất tiếc, các hạt này lại chưa bao giờ được phát hiện, dù người ta đã rất nỗ lực vây bắt chúng. Cho tới nay, chúng vẫn chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng phong phú của các nhà vật lý mà thôi.

Tuy nhiên, vẫn còn một vấn đề cơ bản: nếu khối lượng nhìn thấy được và không nhìn thấy được chỉ đóng góp vào 26% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ, thì 74% còn lại của nó là cái gì? Do không có đủ thông tin nên các nhà vật lý cho rằng 74% này được cấu thành từ cái mà họ gọi “năng lượng tối” (xem mục từ này). Bóng ma Copernicus (xem mục từ này) hóa ra vẫn chưa thôi ám ảnh: nó không chỉ trục xuất chúng ta ra khỏi vị trí trung tâm trong vũ trụ, mà còn tiết lộ cho chúng ta thấy rằng vật chất cấu thành chúng ta chỉ chiếm một phần nhỏ (4%) trong tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ!

## Vật chất tối thông thường

Vào một đêm trời quang mây tạnh, ở một vùng nông thôn hẻo lánh, xa tiếng ồn và sự náo nhiệt của con người và ô nhiễm ánh sáng, bạn hãy ngả mình lên thảm cỏ và ngược mắt nhìn lên bầu trời. Bạn sẽ ngỡ ngàng trước một cảnh tượng lộng lẫy. Hàng nghìn chấm sáng lung linh rải rác trên khắp vòm trời đen như mực. Bạn chắc sẽ có cảm giác vũ trụ được choán đầy bởi vật chất sáng. Thế nhưng cảm giác ấy của bạn lại hoàn toàn sai lầm! Chính bằng cách nghiên cứu ánh sáng của các ngôi sao và các thiên hà, các nhà vật lý thiên văn đã phát hiện ra mặt trái của ánh sáng: đó là bóng tối. Họ đã nhận ra rằng vật chất sáng chỉ chiếm một phần nhỏ trong tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ, và rằng chúng ta sống trong một vũ trụ bị thống trị bởi bóng tối. Họ đã phát hiện ra chúng ta sống trong một “vũ trụ-tàng băng trôi” mà phần nổi chỉ chiếm một phần rất nhỏ của toàn bộ tảng băng đó.

Chúng ta hãy thử lập bản kiểm kê tổng lượng vật chất của vũ trụ. Đầu tiên là các sao và thiên hà, được làm từ vật chất thông thường (proton, neutron, electron) như bạn và tôi. Loại này rất dễ thống kê, vì chúng ta nhìn thấy chúng bằng mắt thường và kính thiên văn. Tổng cộng chúng chiếm một phần rất nhỏ, chỉ khoảng 0,5%. Sờ dĩ như vậy là vì có nhiều vật chất mà chúng ta không nhìn thấy hơn. Nhà thiên văn Thụy Sĩ gốc Mỹ Fritz Zwicky (1898-1974) lần đầu tiên nhận ra điều đó vào năm 1933 khi ông nghiên cứu chuyển động của các thiên hà trong đám Coma, một tập hợp gồm vài nghìn thiên hà liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Bên trong đám Coma, các thiên hà chuyển động với vận tốc hàng nghìn km/s và Zwicky nhận ra rằng các chuyển động này lẽ ra đã nhanh chóng làm cho các thiên hà này phân tán trong không gian và đám Coma đã bị tan rã từ lâu rồi, nếu như ngoài khối lượng sáng của các thiên hà ra, không có một lực hấp dẫn bổ sung được tạo bởi một khối lượng tối chưa rõ bản chất, không phát ra bất kỳ ánh sáng nhìn thấy được nào, nhưng nó có tác dụng giữ cho các thiên hà còn lại trong đám.

Từ khi được phát hiện, vật chất tối đã không ngừng biểu hiện trong tất cả các cấu trúc đã biết của vũ trụ. Người ta bắt gặp nó

trong các thiên hà lùn gây cộm cũng như trong Ngân Hà hay trong các đám thiên hà. Sự hiện diện khắp nơi của vật chất tối đã ám ảnh các nhà vật lý thiên văn. Lý do hiện diện của nó luôn là như nhau: nó phải tồn tại để ngăn cản sự tan rã của các cấu trúc không lồ của vũ trụ, như các thiên hà hay các đám thiên hà. Chẳng hạn, trong các thiên hà xoắn ốc, các ngôi sao và khí quay nhanh (hơn 200 km/s) trong mặt phẳng thiên hà, và lực ly tâm của nó lẽ ra đã phải làm cho chúng ra văng ra, và làm tan rã thiên hà. Vậy mà các thiên hà xoắn ốc vẫn tiếp tục làm đẹp bầu trời, làm vui mắt chúng ta bằng sự lộng lẫy của chúng. Như vậy, cần phải có vật chất tối, không phát ra bất cứ bức xạ nào và chỉ biểu hiện bằng lực hấp dẫn, để thiên hà có đủ lực hấp dẫn để giữ các ngôi sao lại. Để các thiên hà và đám thiên hà không bị tan rã, vật chất hay khối lượng tối phải chiếm khoảng 25,5% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ, điều này có nghĩa là nó phải lớn gấp 51 lần ( $= 25,5/0,5$ ) khối lượng sáng!

Con choáng váng đã qua, và giờ chúng ta phải trấn tĩnh lại để cố gắng biết nhiều hơn về cái vật chất tối huyền bí thống trị vũ trụ về khối lượng này. Xác định bản chất của loại khối lượng này chắc chắn không phải là việc dễ dàng. Không có ánh sáng, các nhà thiên văn chẳng khác gì... người mù! Rất may, tự nhiên đã cung cấp cho chúng ta một phương tiện hoàn toàn độc lập để đo tổng lượng vật chất thông thường của vũ trụ, thứ vật chất cấu thành từ proton và neutron và tạo nên con người, những cánh hoa hồng và những bức tranh của Monet. Trong vòng ba phút tồn tại đầu tiên, vũ trụ đã sử dụng các viên gạch vật chất như proton và neutron để chế tạo ra hạt nhân nguyên tử của ba nguyên tố hóa học nhẹ nhất của vũ trụ: hạt nhân hydro cấu thành từ chỉ một proton, hạt nhân đơteri từ một proton và một neutron, và hạt nhân heli (thứ khí làm bóng bay của trẻ nhỏ bay lên trời và, khi hút phải, làm cho bạn có giọng như bị ngạt mũi) từ hai proton và hai neutron. Chỉ cần đo tổng lượng đơteri và heli so với lượng hydro là biết tổng lượng vật chất thông thường của vũ trụ. Cũng giống như bạn muốn biết tổng số viên gạch cần sử dụng để xây dựng một khu dân cư: bạn chỉ cần đếm số nhà của khu và nhân số này với số viên gạch cần thiết để xây một ngôi nhà. Việc đo hàm lượng của các nguyên tố sinh ra trong những phút đầu tiên của vũ trụ nói với chúng ta rằng vật chất "thông thường" - vật chất

cấu thành từ proton và neutron - chiếm cả thảy 4% tổng khối lượng và năng lượng của vũ trụ. Vậy mà chúng ta đã thấy rằng vật chất sáng trong các ngôi sao và các thiên hà chỉ đóng góp vào đó có 0,5%. Vậy 3,5% còn lại là gì?

Các nhà vật lý thiên văn đã phát hiện ra rằng không gian giữa các cụm (gồm hàng chục thiên hà) hoặc các đám (gồm hàng nghìn thiên hà) chứa đầy khí bị nóng có nhiệt độ lên tới khoảng một triệu độ, và phát ra một lượng bức xạ tia X khổng lồ. Ngoài các cụm và các đám thiên hà này, trong không gian giữa các thiên hà còn tồn tại rất nhiều đám mây hydro và heli lạnh hơn rất nhiều, ở nhiệt độ băng giá  $-170^{\circ}\text{C}$ . Cộng khí nóng có trong các cụm với các đám với toàn bộ khí lạnh có trong không gian giữa các thiên hà, chúng ta sẽ thu được tổng cộng khoảng 3,5% vật chất tối thông thường.

*Xem thêm: Ánh sáng và bóng tối*

## **Vật liệu cấu thành hành tinh và sự hình thành Hệ Mặt trời**

Các vật liệu cấu thành hành tinh chính là các viên gạch xây nên các hành tinh. Chính nhờ sự kết tụ của các vật liệu này mà các hành tinh được sinh ra, cách đây 4,55 tỷ năm, cùng thời với Mặt trời, từ sự co sập lại của một đám mây giữa các vì sao được gọi là “tinh vân Mặt trời”.

Chúng ta hãy cùng quay trở lại diễn tiến của các sự kiện. Dưới ảnh hưởng của lực hấp dẫn, tinh vân này co sập lại, mật độ và nhiệt độ trung ở tâm tăng nhanh đến chóng mặt, các phản ứng hạt nhân nối tiếp nhau xảy ra và Mặt trời bắt đầu cuộc đời của nó. Trong quá trình co sập lại ấy, chuyển động quay của tinh vân tăng tốc: nó quay quanh mình nó giống như một vận động viên trượt băng quay ngày càng nhanh hơn khi thu tay dọc theo thân mình. Lực li tâm do chuyển động quay gia tăng làm cho tinh vân có hình dạng như một chiếc đĩa dẹt bán kính khoảng 5 giờ ánh sáng, ở giữa là khối cầu khí

Mặt trời non trẻ. Rải rác trong đĩa khí là vô số các hạt bụi kích thước vô cùng nhỏ - cỡ một phần mười nghìn milimet - được sinh ra trong khí quyển của các sao kên đồ (xem mục từ này). Được lực hấp dẫn thúc đẩy, chúng kết tụ lại với nhau. Lực điện từ có tác dụng như một thứ xi măng gắn chúng lại với nhau.

Trò kết tụ vẫn chưa kết thúc. Sau vài chục năm, các hạt bụi đã lớn thành các viên sỏi nhỏ. Các viên gạch xây nên hành tinh này còn được gọi là "vật liệu cấu thành hành tinh". Các vật liệu cấu thành hành tinh này tiếp tục kết tụ với nhau, và kích thước của chúng lớn hơn viên kẹo, rồi lớn hơn quả trứng, và sau khoảng một trăm năm, thành quả bóng tennis. Rồi rất nhanh sau đó, chúng to bằng quả bóng đá, một sân vận động, một khu phố, một thành phố, một tỉnh, rồi to như cả nước Pháp, cả Mặt trăng... Các vật liệu cấu thành hành tinh có kích thước tới 100 km hoặc nhỏ hơn phơi bày các bề mặt gồ ghề vì chúng vẫn chưa đủ nặng để lực hấp dẫn nhào nặn chúng thành dạng hình cầu. Chỉ khi ngưỡng này được vượt qua thì lực hấp dẫn mới lên tiếng. Nhờ đó mà các hành tinh có hình cầu. Quá trình kết tụ chậm lại đáng kể ở giai đoạn cuối: trong khi chỉ mất vài trăm năm là hạt bụi to lên thành quả bóng đá, thì phải mất một trăm triệu năm các hành tinh cuối cùng mới xuất hiện. Sờ dĩ như vậy là vì hai lý do. Trước hết bởi số hạt bụi lên tới hàng tỷ, trong khi số vật liệu cấu thành hành tinh có kích thước bằng một hành tinh lại chỉ đếm trên đầu ngón tay: ít vật liệu thì sẽ ít kết tụ và tăng trưởng chậm lại. Thứ hai, sự gặp gỡ của các vật liệu cấu thành hành tinh lớn có độ rủi ro rất cao: chúng lao vào nhau và thay vì hợp lại với nhau, chúng nghiền nát nhau trong các va chạm đầy sức tàn phá. Khi ấy, toàn bộ các cố gắng mà tự nhiên đã thực hiện để đưa hạt bụi lên thành hành tinh sẽ bị triệt tiêu chu trong một phần giây và tất cả đều phải làm lại từ đầu. Nhưng tự nhiên có đủ thời gian cần thiết, và sau vài trăm triệu năm, 8 hành tinh (Diêm Vương tinh là trường hợp đặc biệt, không tính) đã xuất hiện và bắt đầu quay quanh Mặt trời.

Sự hình thành hành tinh thông qua trò kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh đã giải thích tốt các quy luật trong hành trạng của các hành tinh trong Hệ Mặt trời. Thực tế, các hành tinh không hành động một cách bấp bênh, tùy tiện mà tuân theo các quy luật rất rõ ràng. Chẳng hạn, ngoại trừ Diêm Vương tinh, chúng thực hiện chuyển chu

du quanh Mặt trời gần như trong cùng một mặt phẳng (gọi là mặt phẳng hoàng đạo - *xem mục từ này*), và cũng là mặt phẳng xích đạo của Mặt trời, và quỹ đạo của chúng gần như là tròn. Cũng tồn tại một chiều quay chung, từ Tây sang Đông, các hành tinh quay quanh Mặt trời cùng chiều với chiều quay của các hành tinh này quanh trục của chúng, trừ Kim tinh, Thiên Vương tinh và Diêm Vương tinh, chúng quay quanh trục của chúng cùng chiều quay của Mặt trời. Thú vị hơn nữa, phần lớn các vệ tinh của hành tinh này cũng quay quanh trục của chúng theo cùng chiều đó. Chiều quay chung này được giải thích một cách tự nhiên bởi chuyển động quay ban đầu của tinh vân Mặt trời, và mặt phẳng hoàng đạo chứa quỹ đạo của các hành tinh không gì khác hơn chính là mặt phẳng của đĩa đã được hình thành bởi lực ly tâm khi tinh vân Mặt trời co sập lại.

Vị trí của các hành tinh trong mặt phẳng hoàng đạo so với Mặt trời hoàn toàn không phải ngẫu nhiên, mà cũng không đồng đều. Nếu các hành tinh trong tương đối gần nhau, thì các hành tinh ngoài lại xa nhau hơn nhiều: khoảng cách quỹ đạo của sáu hành tinh từ Thủy tinh đến Thổ tinh có thể đặt trọn trong khoảng cách quỹ đạo của Thổ tinh và Thiên Vương tinh. Nhìn chung, khoảng cách từ mỗi hành tinh đến Mặt trời gần gấp đôi khoảng cách của hành tinh trước nó. Chẳng hạn, Kim tinh ở xa Mặt trời gấp đôi Thủy tinh, Thổ tinh xa gấp đôi Mộc tinh và Thiên Vương tinh xa gấp đôi Thổ tinh<sup>35</sup>. Một lần nữa sự hình thành các hành tinh thông qua trò kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh có thể giải thích một phần khoảng cách của chúng: mỗi phôi hành tinh đều hút về mình tất cả các vật liệu cấu thành hành tinh, qua đó tạo ra một không gian trống rỗng quanh nó.

Nếu Hệ Mặt trời cho thấy các quy luật, thì các bất quy tắc cũng không phải là không có. Cũng giống như khắp nơi trong tự nhiên, chính sự tương tác giữa cái có quy luật với cái không có quy luật, giữa hỗn độn với hài hòa, đã nhào nặn nên cái thực. Hiện thực luôn là kết quả của các hiệu ứng tổ hợp của ngẫu nhiên và tất yếu, của cái riêng và cái chung, của cái không thể dự báo và cái có thể dự báo, của đơn lẻ và phổ quát. Cái phổ quát không phụ thuộc vào thời gian,

<sup>35</sup> Vị trí của các hành tinh được mô tả về mặt toán học bằng công thức của Titus-Bode; xem *Hỗn độn và Hài hòa*, sdd.



cũng như không gian. Chẳng hạn, sự co sập lại do hấp dẫn của tinh vân Mặt trời, sự khởi phát các phản ứng hạt nhân trong tâm của nó, sự hình thành một đĩa phôi hành tinh, trò kết tụ các vật liệu cấu thành hành tinh để sinh ra các hành tinh: tất cả những hiện tượng này đều thuộc cái phổ quát. Chúng ta cho rằng những hiện tượng này đã lặp đi lặp lại và sẽ lặp đi lặp lại rất nhiều lần trong Ngân Hà của chúng ta và trong hàng trăm tỷ thiên hà khác của vũ trụ quan sát được, vì Hệ Mặt trời chỉ là một trong vô số các hệ khác trong vũ trụ. Nhưng một số đặc tính của các hành tinh - chẳng hạn độ nghiêng của trục quay của chúng so với mặt phẳng hoàng đạo, hay số các vệ tinh của chúng - lại là do tình cờ và ngẫu nhiên.

## Vật lý thiên văn và thực tại

Thực tại là gì trong vật lý thiên văn?

Theo mức độ các dụng cụ thiên văn trở nên ngày càng phức tạp và tinh xảo hơn, tới mức cái vô hình cũng bị chinh phục, thì nhà vật lý thiên văn ngày càng rời xa thực tại thô sơ. Con mắt trần của nhà vật lý thiên văn đã chết. Từ khi Galileo hướng chiếc kính thiên văn đầu tiên lên bầu trời vào năm 1609, tình hình không bao giờ còn như thế nữa. Được hỗ trợ bằng các kính thiên văn khổng lồ (*xem mục từ này*) do các máy tính mạnh điều khiển, con mắt của nhà thiên văn không ngừng được hoàn thiện, nhìn được các thiên thể ngày càng mờ hơn và ngày càng xa hơn, với các chi tiết ngày càng chính xác hơn. Nhà vật lý thiên văn thậm chí còn chinh phục được cả những cái vô hình. Họ đã chế tạo các kính thiên văn có thể bắt được cả các ánh sáng không nhìn thấy được bởi mắt người. Sau đó họ còn tự giải phóng khỏi gánh nặng của tổ tiên để “vệ tinh hóa” các con mắt của mình! Các đài thiên văn không gian bắt được cả các tia hồng ngoại, cực tím, X hay gamma, phóng vụn vút trong không gian ở cách Trái đất hàng trăm, thậm chí hàng nghìn kilomet, bên trên lá chắn sáng là khí quyển Trái đất, mở ra một vũ trụ cực kỳ rộng rãi. Từ nay, nhà

thiên văn đã làm chủ toàn bộ ánh sáng của phổ điện từ. Cũng giống như các tín hiệu nhìn thấy, các tín hiệu không nhìn thấy cũng được số hóa (với các tín hiệu vô tuyến hay tia X mạnh nhất ứng với các con số cao nhất, và ngược lại), rồi được các detector điện từ ghi lại. Nhà thiên văn sau đó cho hiển thị trên màn hình vô tuyến các hình ảnh thiên hà vô tuyến hoặc thiên hà tia X: chung trình hiện sắc sỡ sắc màu (già) trong toàn bộ sự lộn lây của chúng - cái vô hình đã được làm cho trở nên hữu hình.

Như vậy, thực tại đã được lọc qua các mạch điện từ, nó được số hóa, điều chỉnh và tái dựng lại thông qua các máy tính mạnh và các xử lý toán học phức tạp.

Thời kỳ đầu Galileo đã rất khó thuyết phục các đồng nghiệp về tính hiện thực của những kỳ quan mà ông khám phá ra nhờ chiếc kính thiên văn của mình. Họ nghĩ rằng các vệ tinh của Mộc tinh và các hồ hình phỏng trên Mặt trăng chẳng qua chỉ là các ảo ảnh quang học do thấu kính của kính thiên văn gây ra mà thôi. Xét cho cùng thì thấu kính chả làm lệch hướng các tia ánh sáng và phóng đại các hình ảnh là gì. Thế thì hà có gì nó lại không tạo ra các ảo ảnh như thế? Vấn đề tính chân thực của các hình ảnh còn được khuếch đại lên hàng ngàn lần trong thiên văn học hiện đại. Từ các tín hiệu thô cho tới hình ảnh cuối cùng phải trải qua nhiều công đoạn tới mức hoàn toàn có cơ sở tự hỏi đâu là phần của "hiện thực khách quan" trong hình ảnh này. Nhà thiên văn ngày nay, do bị tách rời khỏi thực tại thô bởi các dụng cụ có kích thước quá cỡ so với con người và tinh vi hơn tất cả những gì mà Galileo có thể hình dung, thì càng cần phải nhân lên gấp đôi sự cảnh giác để đảm bảo rằng các tín hiệu mà anh ta nhận được chắc chắn đến từ vũ trụ chứ không phải là các nhiễu tạp do các mạch điện từ hết sức phức tạp trong các dụng cụ quan sát này gây ra. Các đồng nghiệp của Galileo đã có lý khi tỏ ra nghi ngờ: trong khoa học, một kết quả - hay một quan sát -, chỉ được chấp nhận sau khi đã được các nhà nghiên cứu khác sử dụng các kỹ thuật khác hay các dụng cụ đo khác kiểm chứng một cách độc lập. Trên thực tế, ít có khả năng cùng một sai lầm được lặp đi lặp lại tất cả các lần, hoặc máy móc lần nào cũng lừa dối chúng ta.

Như vậy, các khó khăn kỹ thuật này về nguyên tắc là có thể vượt qua. Chỉ cần chú ý tới từng giai đoạn, chế tạo một cách tỉ mỉ các

dụng cụ đo đếm, lập trình cẩn thận cho máy tính, tóm lại là không dễ sai lầm của con người lọt qua. Nếu như chỉ phải tính đến máy móc, thì về lý thuyết, thực tại có thể được tái hiện một cách khách quan nhất có thể. Nhưng điều không thể vượt qua được, đó là con người và bộ não của con người. Con người không thể quan sát tự nhiên một cách hoàn toàn khách quan. Tồn tại một tương tác liên tục giữa thế giới nội tâm và thế giới bên ngoài của anh ta. Thế giới bên trong của nhà khoa học chứa đầy các khái niệm, các mô hình và các lý thuyết tích lũy được trong suốt quá trình làm việc. Nhà nghiên cứu luôn bị ảnh hưởng bởi những quan điểm của thầy hay đồng nghiệp gần gũi của mình (điều mà người ta gọi là "trường phái" khoa học) hay, tệ hơn, bởi các hiện tượng thời thượng. Nhưng trong khoa học cũng như trong tất cả các lĩnh vực khác, luôn cần phải dè chừng tính thời thượng. Một lý thuyết tập hợp được đa số các tiếng nói không nhất thiết đã là một lý thuyết đúng. Phần lớn những người chấp nhận nó không phải sau một nghiên cứu có phê phán, mà là theo phong trào hay lười suy nghĩ, hay còn bởi vì lý thuyết này được bảo vệ bởi một vài "cây đa cây đề" có tài hùng biện đặc biệt hoặc có thể lực ảnh hưởng.

Thế giới bên trong của nhà khoa học, khi được "phóng chiếu" ra bên ngoài, sẽ không cho phép anh ta nhìn thấy các sự kiện "trần trụi" và khách quan nữa, bất chấp mọi diễn giải. Ngay cả người khách quan nhất trong số các nhà nghiên cứu cũng sẽ có các "định kiến" siêu hình. Trên thực tế, các định kiến này (mà nhà nghiên cứu lịch sử khoa học người Mỹ Thomas Kuhn đã đặt cho cái tên chung là "hình mẫu" - *paradigm*) lại chính là động lực của phương pháp khoa học. Không có quan điểm đã dựng sẵn và hoàn toàn không có hình mẫu, thì làm sao nhà khoa học có thể, trong vô số các thông tin mà tự nhiên gửi đến cho anh ta, trong thác lũ các sự kiện dồn dập đến với anh ta, chọn ra được những thông tin và sự kiện có ý nghĩa nhất, chứa đựng nhiều thông tin nhất, có khả năng tiết lộ các nguyên lý mới? Sự lựa chọn thực tại tạo nên một phần cơ bản của phương pháp khoa học, và các nhà khoa học lớn nhất là những người biết đi đến cái cốt yếu và bỏ qua những cái thứ yếu. Ngoài đào tạo nghề nghiệp - học với thầy, tương tác với các đồng nghiệp, đọc các bài báo được công bố -, không được quên một thực tế là, nhà khoa học làm việc trong lòng

một xã hội và một nền văn hóa. Dù có ý thức hay không, anh ta vẫn chịu ảnh hưởng của các quan niệm hay những hệ lụy siêu hình của xã hội và nền văn hóa đó.

Chẳng hạn, khi nhiều lý thuyết cùng có thể chấp nhận được nhưng lại không tương thích với nhau được đưa ra cho cùng một hiện tượng, thì sự lựa chọn giữa các lý thuyết này bởi một nhà khoa học nào đó thường là bắt nguồn từ các sở thích mang tính siêu hình của anh ta. Một ví dụ nổi tiếng là Einstein đối với sự mô tả của Cơ học lượng tử. Do sự gắn bó với chủ nghĩa hiện thực, nên Einstein đã không bao giờ chấp nhận cách mô tả xác suất của thực tại nguyên tử và dưới nguyên tử mà Cơ học lượng tử cung cấp. Ông đã dành nhiều năm ròng với hy vọng tìm ra các lỗ hổng của lý thuyết này nhưng đã không thành công. Điều này đã khiến ông xa rời vật lý hạt và ít quan tâm đến các phát hiện lớn lao tạo ra cuộc cách mạng trong lĩnh vực này vào những năm 1950. Nói một cách tổng quát hơn, nhà nghiên cứu phương Tây có xu hướng cho rằng tồn tại một thực tại thuần túy và thô mộc nằm phía sau tấm voan của những vẻ bề ngoài, và tìm kiếm một nguyên nhân đầu tiên cho vũ trụ. Nhà nghiên cứu từng đắm mình trong văn hóa phương Đông sẽ dễ dàng nghi vấn sự vững chắc của thực tại hơn. Anh ta sẽ cò mò hơn với ý tưởng về một sự phụ thuộc lẫn nhau của các hiện tượng trong một thế giới không có một khởi đầu thực sự. Như vậy, nhà khoa học thừa hưởng từ môi trường văn hóa của mình các lối tư duy vạch ra cái khuôn khổ siêu hình để anh ta xây dựng trong đó các lý thuyết của mình.

Sự tương tác này giữa các thế giới bên trong và bên ngoài của nhà khoa học có lẽ đã giải thích được tại sao khoa học ra đời ở châu Âu sớm hơn ở các nơi khác. Tại sao khoa học không ra đời ở Trung Quốc vốn đã rất tiên bộ về công nghệ (chẳng hạn, người Trung Quốc đã phát minh ra thuốc súng và la bàn trước người châu Âu rất lâu)? Có lẽ là bởi vì, như nhà hóa học người Bỉ Ilya Prigogine đã nói, “khoa học chỉ xuất hiện tùy thuộc vào quan niệm mà con người đã tạo ra về vũ trụ. Nếu một dân tộc tin rằng một Đấng sáng tạo tối cao là nguồn gốc của thế giới và quyết định tương lai của nó, thì đó có nghĩa là tồn tại các quy luật và một tương lai có thể phân biệt được. Vì vậy con người phải giải mã các quy luật thần thánh này”. Kepler và Newton, những người thấm đẫm tinh thần Cơ đốc giáo, là hiện thân rõ ràng cho khoa

học phương Tây này, cho sự cấp thiết phải tìm kiếm sự phản ánh của Chúa trong các quy luật của tự nhiên. Sở dĩ khoa học không ra đời ở Trung Quốc là vì ở đó không có khái niệm về một Chúa sáng thế chi phối vũ trụ theo các định luật của nó (theo người Trung Quốc, thế giới được sinh ra do tác dụng tương hỗ và động giữa hai lực lượng đối cực nhau là dương và âm - xem mục từ: *Vũ trụ thần thoại*).

## Vẻ đẹp và sự thống nhất của vũ trụ

Vũ trụ đẹp và hài hòa. Từ các vườn trẻ sao ở các thiên hà xoắn, từ các đỉnh núi đầy tuyết trắng đến các cánh đồng xanh mướt bao la, từ những buổi hoàng hôn đỏ rực đến những đêm sao lộng lẫy huyền diệu, vũ trụ đã làm rung động đến tận nơi sâu thẳm trong tâm hồn chúng ta bởi vẻ đẹp và sự duyên dáng của nó. Sở dĩ vũ trụ là hài hòa là bởi vì các định luật vật lý chi phối nó dường như không biến thiên trong không gian cũng như trong thời gian. Các định luật chi phối hành trạng của các hiện tượng vật lý trên Trái đất cũng chính là những định luật chi phối các thiên hà xa xôi nhất. Thế nhưng nhìn được xa hơn nghĩa là nhìn được sớm hơn. Do đó, chúng ta biết rằng các định luật vật lý không biến thiên một cách có thể nhận thấy được trong suốt 14 tỷ năm.

Trong vũ trụ ngự trị một sự thống nhất sâu sắc. Vật lý càng tiến bộ, thì các hiện tượng mà trước kia người ta tưởng là hoàn toàn tách biệt nhau giờ lại có thể được thống nhất lại. Vào thế kỷ XVII, Newton đã thống nhất Trời và Đất: chuyển động rơi của một quả táo trong vườn và chuyển động của các hành tinh xung quanh Mặt trời đều được chi phối bởi cùng một lực hấp dẫn. Vào thế kỷ XIX, Maxwell đã chứng tỏ được rằng điện và từ chỉ là hai mặt của cùng một hiện tượng. Bằng cách chứng tỏ rằng các sóng điện từ không gì khác là các sóng ánh sáng, ông đã thống nhất được điện từ với quang học. Đầu thế kỷ XX, Einstein đã thống nhất thời gian và không gian, khối lượng và năng lượng, và, đầu thế kỷ XXI, các nhà vật lý đã miệt mài

ngiên cứu để thống nhất bốn lực cơ bản của tự nhiên (lực hấp dẫn, lực điện từ và hai lực hạt nhân mạnh và yếu) thành một siêu lực duy nhất. Vũ trụ hướng đến cái một.

Xem: *Sự thống nhất của tự nhiên.*

## Vẻ đẹp và tính đúng đắn của một lý thuyết

Xem: *Khoa học và vẻ đẹp*

## Vết Mặt trời

Vòng quay các mùa (*xem mục từ này*) có được là do trục quay của Trái đất bị nghiêng, nên Trái đất không nhận được cùng một lượng ánh sáng và nhiệt trong chuyển chu du hằng năm của nó quanh Mặt trời. Nhưng nếu sự nóng lên của Trái đất không thay đổi theo năm, thì sự ổn định của lượng ánh sáng do Mặt trời phát ra sẽ như thế nào? Liệu nó có thay đổi và khi đó có khởi phát những thảm họa khí hậu trên hành tinh của chúng ta hay không?

Độ sáng của Mặt trời chắc chắn là biến thiên theo quãng đời đã trải qua của nó. Cách đây 4,5 tỷ năm, nó vừa sinh ra, và chuyển động co lại của nó, từ một đám mây giữa các vì sao ban đầu, vẫn còn chưa kết thúc. Lõi của nó bột nóng và bột đặc hơn, và nó đốt cháy nhiên liệu hydro cũng ít hơn. Nhiệt độ ở lõi của nó là 10 triệu độ Kelvin, chỉ vừa đủ nóng để khởi phát phản ứng tổng hợp hạt nhân; nhiệt độ bề mặt của nó,  $4.500^{\circ}$ , tức là kém nhiệt độ hiện nay của nó  $1.500^{\circ}$ ; bán kính của nó là một triệu kilomet và độ sáng của nó chỉ bằng hai phần ba độ sáng của nó hiện nay. Sau 50 triệu năm, Mặt trời trẻ cuối cùng đã ổn định với một bán kính 696.000 km, để trở thành ngôi sao hiện nay với các nhiệt độ còn cháy bỏng hơn: 20 triệu độ ở lõi,  $6.000^{\circ}$  ở bề mặt, và một độ sáng lớn hơn khoảng 30%. Kể từ đó, Mặt trời đạt được một cân bằng bên, lực đẩy của bức xạ bên trong có xu hướng làm cho nó bung ra, được cân bằng một cách chính xác bởi lực hấp dẫn có xu hướng nén nó lại.

Còn độ sáng của Mặt trời hiện đang cân bằng thì sao? Nó không hoàn toàn ổn định. Nhưng độ biến thiên của nó rất nhỏ: không phải 30% như đối với Mặt trời thời trẻ, mà chỉ chưa đến 1%. Nhà thiên văn người Anh gốc Đức William Herschel (1738-1822), người phát hiện ra hành tinh Thiên Vương (xem mục từ này), là người đầu tiên đề cập đến sự không ổn định của Mặt trời bằng một lập luận khá tài tình. Ông đã quan sát thấy rằng các vết Mặt trời - các vùng tối trên bề mặt Mặt trời được Galileo phát hiện từ năm 1609 - không thường trực, mà xuất hiện rồi lại biến mất theo thời gian. Herschel đã nghĩ rất chính xác rằng số các vết Mặt trời gắn liền với hoạt động của Mặt trời, rằng Mặt trời càng có nhiều vết khi nó hoạt động càng mạnh. Ông đã nảy ra ý tưởng kiểm tra giả thuyết của mình bằng cách đối chiếu số các vết Mặt trời quan sát được trên bề mặt của nó với... giá lúa mì! Lập luận của ông như sau: bức xạ Mặt trời càng mạnh, thì lúa mì càng được mùa, và giá của loại ngũ cốc này càng giảm. Như vậy, số các vết Mặt trời phải có tương quan với giá của lúa mì! Nhưng khi giới thiệu lý thuyết của mình với các đồng nghiệp đáng kính của ông ở Hội Hoàng gia Luân Đôn năm 1801, họ đã không tin một mảy may nào: độ sáng của Mặt trời không thể biến thiên được. Niềm tin vào tính bất biến của thiên giới theo Aristotle sống thật dai dẳng!

Tuy nhiên, Herschel đã có lý. Độ sáng của Mặt trời không phải là không đổi. Nhưng phải đợi đến hơn một thế kỷ rưỡi sau thì trực giác thiên tài của ông mới được kiểm chứng. Các phép đo chính xác được thực hiện bởi các vệ tinh cuối những năm 1970 đã cho thấy những biến thiên rất nhỏ về độ sáng của Mặt trời, nó chỉ cỡ 0,1%. Mặt trời sáng hơn một chút khi số các vết lên cực đại, và mờ hơn một chút khi con số này đạt cực tiểu. Khoảng thời gian giữa hai cực đại hay hai cực tiểu trung bình là 11 năm, hoàn toàn trùng khớp với độ dài của chu kỳ các vết Mặt trời. Người ta cho rằng các vết Mặt trời đánh dấu vị trí mà ở đó các đường sức từ ở bên trong Mặt trời lộ ra ở bề mặt của nó: thực tế, từ trường ở các vết Mặt trời lớn hơn từ trường trung bình cả nghìn lần. Các vết xuất hiện theo cặp, ứng với các cực ngược nhau: một vết với cực dương và một vết với cực âm. Chu kỳ của các vết Mặt trời dường như gắn liền với sự sắp xếp lại một cách tuần hoàn từ trường của Mặt trời - cứ mỗi 11 năm một

lần. Khi đó, các cực từ của Mặt trời sẽ đảo cực, cực Bắc trở thành cực Nam, và ngược lại. Các vết Mặt trời cũng là các vị trí mà ở đó Mặt trời bộc lộ những cơn giận dữ của nó: những cái lưỡi lửa, hay các cung ánh sáng, còn được gọi là "tai lửa" và đặc biệt là các phun trào đẩy hàng tỷ tấn vật chất (proton và electron) vào không gian. Do đó, bản thân các cơn giận dữ của Mặt trời cũng có tương quan với chu kỳ 11 năm của các vết Mặt trời. Chẳng hạn, ngôi sao của chúng ta hoạt động mạnh hơn và sáng hơn khi có nhiều vết Mặt trời nhất trên bề mặt của nó, và kém hoạt động nhất và mờ nhất khi có ít vết trên bề mặt nhất.

Nhưng nếu nhu độ sáng của Mặt trời đi liên với số các vết Mặt trời, và các vết này là các vùng tối hơn phần còn lại của bề mặt Mặt trời (trông chúng tối hơn bởi vì nhiệt độ ở đó thấp hơn khoảng  $1.500^{\circ}$  Kelvin so với nhiệt độ trung bình của bề mặt Mặt trời), thì chúng ta có thể tự hỏi tại sao Mặt trời lại đạt độ sáng cực đại khi số các vết Mặt trời lên tới cực đại chứ không phải ở cực tiểu. Sở dĩ như vậy là do các vết Mặt trời luôn được bao quanh bởi các vùng sáng còn nóng hơn, ở đó nhiệt độ cao hơn khoảng  $2000^{\circ}$  so với nhiệt độ trung bình của Mặt trời. Ở lúc hoạt động của Mặt trời đạt cực đại, Trái đất nhận được ánh sáng nhiều hơn 0,1%, tức là nhiều hơn  $0,3 \text{ W/m}^2$  so với con số trung bình là  $342 \text{ W/m}^2$ , và ở cực tiểu, thì ít hơn  $0,3 \text{ W/m}^2$ . Các biến thiên này rất nhỏ, so với các ngôi sao khác cùng khối lượng, thì Mặt trời tỏ ra là có một hành trạng yên bình và ổn định hơn đối với những gì liên quan đến độ sáng của nó. Về dài hạn mà nói, theo thời gian Mặt trời sẽ già đi, nhiệt độ ở lõi của nó sẽ tăng lên, nó sẽ đốt cháy nhiều nhiên liệu hydro hơn và sẽ tăng kích thước và độ sáng: nó sẽ trở thành một sao kênh đỏ (xem mục từ này). Nhưng những thay đổi này sẽ không xảy ra trong ngày một ngày hai: các tính toán dự báo rằng đúng là ngôi sao của chúng ta sẽ tăng độ sáng của nó lên khoảng 50% nhưng trong một thời kỳ rất dài, tới 4 tỷ năm. Đối với vài tỷ năm tới, nhân loại sẽ không phải lo lắng vì có một Mặt trời sáng hơn và nóng hơn.



## (Nguyên lý) Vị nhân

Vào thế kỷ XVI, linh mục phụ tá người Ba Lan là Nicolas Copernicus đã đẩy con người ra khỏi vị trí trung tâm trong Hệ Mặt trời. Kể từ đó, bóng ma của ông đã không ngừng gây ra các tác hại khác. Nếu như Trái đất đã phải nhường vị trí trung tâm của nó cho Mặt trời, thì đến lượt mình Mặt trời cũng đã bị đẩy ra vùng ngoại ô xa xôi của dải Ngân Hà, thuộc hàng ngôi sao bình thường trong hàng trăm tỷ ngôi sao khác trong thiên hà của chúng ta. Bản thân Ngân Hà cũng đã nhanh chóng mất hút trong hàng trăm tỷ thiên hà khác của vũ trụ quan sát được. Con người bị thu nhỏ đến vô nghĩa trước sự mênh mông bất tận của không gian.

Trước viễn cảnh không có gì vui vẻ này, một phong trào kháng cự lại đã hình thành. Vũ trụ học hiện đại đã phát hiện lại mối liên kết cổ xưa giữa con người và vũ trụ. Nó đã chứng tỏ rằng bộ mặt của vũ trụ và sự tồn tại của chúng ta gắn bó với nhau hết sức chặt chẽ. “Vũ trụ đã được điều chỉnh một cách cực kỳ chính xác để con người có thể xuất hiện”. Phát biểu này được gọi là phiên bản “mạnh” của “nguyên lý vị nhân” (*principe anthropique* - tiếng Hy Lạp *anthropos* có nghĩa là “người”), đã được nhà thiên văn học người Anh Brandon Carter, của đài thiên văn Paris-Meudon, phát triển năm 1974. Cũng tồn tại một phiên bản “yếu” của nguyên lý này nhưng không hấp dẫn bằng: “Các tính chất của vũ trụ phải tương thích với sự tồn tại của chúng ta”, cũng gần như lặp lại phiên bản mạnh. Thực ra, thuật ngữ “vị nhân” ở đây không hoàn toàn phù hợp, vì nó ngầm định rằng vũ trụ được điều chỉnh chỉ để cho mỗi sự xuất hiện của con người. Và lại những sinh vật ngoài Trái đất, nếu chúng tồn tại, họ sẽ có quyền phản đối. Vì vậy cái quan niệm phóng nhân hình này là không thể chấp nhận được. Trên thực tế, vũ trụ đã được điều chỉnh cho sự xuất hiện của bất kỳ sự sống và ý thức nào, dù là trên Trái đất hay ngoài Trái đất. Một thuật ngữ phù hợp hơn có thể là “nguyên lý phức hợp”, như Hubert Reeves đã gợi ý.

Sự tồn tại của sự sống đã được ghi sẵn trong các tính chất của mỗi nguyên tử, mỗi ngôi sao hay mỗi thiên hà của vũ trụ, và của mỗi một định luật vật lý chi phối vũ trụ. Chỉ cần một vài tính chất của vũ

trụ khác đi một chút thời, là chúng ta đã không có mặt ở đây để nói về nó. Vũ trụ chứa trong mầm mống của nó, ngay từ những phần giây đầu tiên của Big Bang, các điều kiện cần thiết để cho các sinh vật và ý thức đột sinh. Nói cách khác là nó thai nghén sự sống và ý thức. Nhà vật lý người Mỹ gốc Anh Freeman Dyson đã diễn tả tính tất yếu của sự sống một cách thật hùng biện: “Vũ trụ đã biết ở đâu đó con người sẽ tới”<sup>36</sup>.

Vậy làm thế nào mà người ta đã nhận thấy sự điều chỉnh cực kỳ chính xác của vũ trụ để cho các sinh vật xuất hiện? Chắc chắn chúng ta không thể tái tạo lại vũ trụ trong phòng thí nghiệm với năng lượng, mật độ và nhiệt độ kinh hoàng của Big Bang. Để làm được điều đó, cần phải chế tạo các máy gia tốc hạt có kích thước trải rộng cho tới ngôi sao gần nhất, nghĩa là khoảng vài năm ánh sáng, một điều mà gần như không thể làm được! Nhưng các nhà vật lý thiên văn có thể đóng vai Chúa sáng thế bằng cách xây dựng các mô hình vũ trụ nhờ sức mạnh của các máy tính hiện đại. Các tính chất của vũ trụ được xác định bởi khoảng mười lăm con số được gọi là các “hằng số cơ bản của tự nhiên”, và bởi trạng thái vật lý của nó lúc mới sinh ra, mà người ta gọi là các “điều kiện ban đầu”. Ví dụ, các hằng số của tự nhiên là vận tốc của ánh sáng, khối lượng của electron, điện tích của nó, hằng số hấp dẫn xác định cường độ của lực hấp dẫn, hay hằng số Planck xác định kích thước của các nguyên tử. Chúng ta đã có thể đo bằng thực nghiệm các hằng số này với độ chính xác rất cao, nhưng chúng ta chưa có một lý thuyết nào giải thích được tại sao chúng lại có giá trị này mà không phải là giá trị khác. Chẳng hạn, tại sao ánh sáng lan truyền với vận tốc 300.000 km/s chứ không phải là 3 cm/s? Các hằng số đó đã làm cho thế giới là như thế này chứ không phải thế khác. Điều có vẻ là hiển nhiên ở đây phản ánh sự vô hạn của những lựa chọn khối lượng và kích thước mà tự nhiên có để xây dựng nên vũ trụ. Trái đất đã có thể có kích thước bằng một quả bóng tennis thay vì một khối cầu bán kính 6.400 km, và đỉnh Everest đã có thể cao một centimet thay vì hàng chục kilomet như hiện nay. Các hằng số vật lý quyết định không chỉ khối lượng và kích thước

<sup>36</sup> Xem Freeman J. Dyson, *Những kẻ phá rối vũ trụ* (Les Dérangeurs d'univers), Fayot, 1987.

của các hành tinh và các đỉnh núi cao ngất, mà còn cả khối lượng và kích thước của các thiên hà, các ngôi sao và các sinh vật: các đường uốn lượn tinh tế của cánh hoa hồng, những cái cổ dài của con hươu cao cổ hay cả thân hình thanh tú của phụ nữ. Còn về các điều kiện ban đầu, đó chẳng hạn là mật độ của vật chất và năng lượng của vũ trụ (như lượng vật chất tối ngoại lai hay năng lượng tối), hay tỷ lệ giãn nở của nó ở thời điểm Big Bang.

Với máy tính làm vũ khí, các nhà vật lý thiên văn đã nhanh chóng bắt tay vào lập các mô hình vũ trụ, mỗi mô hình có sự kết hợp riêng các hằng số cơ bản và các điều kiện ban đầu. Câu hỏi đáng giá ngàn vàng mà các nhà vật lý thiên văn đặt ra cho mỗi mô hình vũ trụ là: liệu nó có cư mang sự sống và ý thức sau một quá trình tiến hóa 13,7 tỷ năm hay không? Câu trả lời thuộc loại đang ngạc nhiên nhất: trong đại đa số các vũ trụ mô hình đó sự kết hợp đều là thất bại, tức là trong đó không xuất hiện sự sống và ý thức, chỉ ngoại trừ vũ trụ của chúng ta, trong đó sự kết hợp là thành công, cho phép chúng ta xuất hiện trên cõi đời này. Sở dĩ phần lớn các vũ trụ là vô sinh, bởi vì chúng không có khả năng tạo ra các ngôi sao nặng. Mà không có các ngôi sao nặng, thì các nguyên tố nặng như cacbon, nitơ hay oxy, những viên gạch tạo nên sự sống, không thể tồn tại. Sự điều chỉnh chính xác một số hằng số cơ bản và một số điều kiện ban đầu là hết sức đáng ngạc nhiên. Chúng ta hãy lấy ví dụ về mật độ ban đầu của vật chất trong vũ trụ. Vật chất tác dụng một lực hút hấp dẫn kìm hãm sự giãn nở của vũ trụ. Nếu mật độ ban đầu quá cao, thì vũ trụ sẽ không loảng đi mà sẽ đảo chiều chuyển động. Tùy thuộc vào giá trị chính xác của mật độ, vũ trụ có thể co mạnh lại sau một triệu năm, một thế kỷ, thậm chí một năm. Khoảng thời gian quá ngắn ngủi này không đủ để các ngôi sao sinh ra và vận hành cái lò luyện hạt nhân của chúng. Mà không có các nguyên tố nặng, thì sự sống sẽ là không thể. Ngược lại, nếu mật độ ban đầu quá thấp, lực hút hấp dẫn của nó không đủ để làm cho các đám mây khí hydro và heli xuất hiện từ Big Bang co sập lại và tạo thành các ngôi sao. Mà không có sao, thì vĩnh biệt nhé các nguyên tố nặng, và vĩnh biệt luôn sự sống và ý thức! Tất cả được diễn ra dựa trên một sự cân bằng cực kỳ tinh tế. Thực tế, sự điều chỉnh mật độ ban đầu của vũ trụ phải có độ chính xác đến kinh ngạc, tương đương với độ chính xác mà một người bắn cung phải có

đề bắn một mũi tên cắm vào đích là một hình vuông mỗi cạnh dài 1 cm đặt cách xa 14 tỷ năm ánh sáng! Độ chính xác này là  $10^{-60}$ . Nói cách khác, chỉ cần người ta thay đổi một con số thập phân thứ sáu mươi sau dấu phẩy thôi, thì vũ trụ sẽ là vô sinh: sẽ không có bạn và tôi ở đây để nói về chuyện này. Đối với các điều kiện ban đầu và hằng số vật lý khác thì sự điều chỉnh chính xác không ấn tượng như vậy, nhưng kết luận thì vẫn thế: bạn điều chỉnh chúng dù chỉ một chút thôi thì các ngôi sao sẽ không được hình thành, lò luyện hạt nhân sẽ không thể được thực hiện được. Mà không có các nguyên tố nặng thì vĩnh viễn không có sự sống và ý thức!

Vậy giải thích như thế nào về sự điều chỉnh cực kỳ chính xác này? Chúng ta có sự lựa chọn, nói theo cách của nhà sinh học người Pháp Jacques Monod, giữa ngẫu nhiên và tất yếu<sup>37</sup>. Sự điều chỉnh này phải chăng chỉ là do mỗi ngẫu nhiên thôi? Hay nó là kết quả của tất yếu, giá trị của các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu quan sát được cho vũ trụ của chúng ta là những điều kiện và hằng số được phép duy nhất? Chúng ta phải nói ngay rằng: khoa học không có khả năng trả lời được dứt khoát giữa hai đề xuất này. Cả hai đều khả dĩ và không thể kiểm chứng được.

Trước hết chúng ta hãy xét luận đề về sự ngẫu nhiên. Độ chính xác của sự điều chỉnh mật độ ban đầu của vũ trụ là  $10^{-60}$ , nếu viện đến ngẫu nhiên để giải thích nó thì chúng ta phải giả định là tồn tại  $10^{60}$  vũ trụ khác nhau, mỗi một vũ trụ có sự kết hợp riêng các điều kiện ban đầu và hằng số vật lý. Đại đa số các vũ trụ song song này có một sự kết hợp thất bại và vô sinh, không có sự sống và ý thức, trừ vũ trụ của chúng ta, sự kết hợp thành công đã xuất hiện một cách ngẫu nhiên - trong một chừng mực nào đó chúng ta là người trúng số độc đắc. Nếu ta chơi trò xổ số vô hạn lần, thì rồi cuối cùng cũng sẽ trúng số độc đắc. Sự vô số các vũ trụ này có tên là "đa vũ trụ", và khoa học đã đưa ra nhiều kịch bản gợi ý rằng sự tồn tại của một đa vũ trụ là khả dĩ.

<sup>37</sup> Xem Jacques Monod. *Ngẫu nhiên và Tất yếu* (Les Hasard et la Nécessité), Le Seuil, 1970.



Chẳng hạn, nhà vật lý người Nga Andrei Linde, làm việc tại Đại học Stanford, đã mô tả một kịch bản theo đó mỗi thăng giáng vô hạn của bọt lượng tử nguyên thủy sẽ cho ra đời một vũ trụ, khiến cho thế giới của chúng ta chỉ là một bọt nhỏ trong một siêu-vũ trụ bao gồm một số vô hạn các bọt khác. Các bọt này không cư mang sự sống có ý thức, vì sự kết hợp các hằng số cơ bản và điều kiện ban đầu của chúng không cho phép điều đó. Nhiều lý thuyết khác cũng đi theo hướng này. Chúng cũng cho phép một số vô hạn những kết hợp các hằng số vật lý và điều kiện ban đầu. Chẳng hạn, người ta có thể tưởng tượng một vũ trụ tuần hoàn, không có bắt đầu cũng không có kết thúc, trong đó tiếp sau một big bang sẽ là một big crunch (vụ co lớn), và sau big crunch này là một big bang khác, và cứ như vậy mãi mãi trong quá khứ và tương lai. Các vũ trụ này không phải tồn tại song song trong thời gian, mà là nối tiếp nhau (chấp nhận rằng thời gian có tính liên tục qua vô số các big bang và big crunch). Mỗi khi sinh ra từ đồng tro tàn của chính mình, vũ trụ sẽ lại xuất phát trở lại với một sự kết hợp mới các hằng số vật lý và điều kiện ban đầu. Gần như tất cả các chu kỳ đều cho ra các vũ trụ vô sinh, ngoại trừ một vũ trụ ở một thời điểm nào đó, như vũ trụ của chúng ta, là có một sự kết hợp thành công. Có thể chúng ta hiện đang ở một trong những chu kỳ thành công này và chúng ta mới có mặt ở đây để nhận thấy nó.

Nhưng, cho tới hiện nay, các quan sát thiên văn dường như lại chỉ ra rằng vũ trụ không có lượng vật chất cần thiết để lực hấp dẫn của nó có thể làm đảo ngược chuyển động chạy trốn ra xa nhau của

các thiên hà và dẫn tới một big crunch. Ngoài ra, một “năng lượng tối” huyền bí tạo thành 74% tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ đang chống lại tác dụng kìm hãm của lực hấp dẫn và lại làm gia tốc chuyển động chạy trốn này. Cho tới khi một trật tự mới được thiết lập, thì sự dân nò của vũ trụ hiện dường như là vĩnh hằng.

Các nhà vật lý, vốn không bao giờ thiếu trí tưởng tượng, đã giả định một kịch bản trong đó một big bang mới có thể nổ ra mà không cần có big crunch. Chẳng hạn, nhà vật lý người Mỹ Lee Smolin đã đưa ra giả thiết rằng một vũ trụ mới có thể xuất hiện từ trung tâm của một lỗ đen trong một vụ nổ kinh hoàng, tạo ra một vùng mới không gian và thời gian theo cách big bang của chúng ta. Hiện nay, kịch bản này chưa được sự ủng hộ của một quan sát thiên văn nào. Cũng cần phải nhắc đến một kịch bản kỳ lạ khác của nhà vật lý người Mỹ Hugh Everett, được xây dựng để tránh cách giải thích xác suất của thực tại theo cơ học lượng tử: vũ trụ tự chia thành hai mỗi lần có sự lựa chọn hoặc quyết định. Thông qua quá trình chia tách thường hằng này, sẽ sinh ra gần như vô hạn các vũ trụ. Một số vũ trụ sẽ chỉ khác vũ trụ của chúng ta bởi vị trí của một electron trong một nguyên tử thôi. Một số vũ trụ khác lại khác nhiều hơn. Ở một trong số các vũ trụ đó, có thể bạn đang đi xem phim thay vì đang đọc cuốn sách này. Có những vũ trụ khác, ở đó, bức tường Berlin không bị sụp đổ và Napoléon đã thắng trận Waterloo. Một số vũ trụ thì lại khác một cách căn bản: chúng có các hằng số cơ bản và các điều kiện ban đầu khác. Ở mỗi lần vũ trụ phân chia, bạn và tôi cũng sẽ phân đôi. Một kịch bản thuộc loại ít kỳ dị nhất: thật khó có thể tưởng tượng được những sự chia đôi cơ thể và tinh thần của chúng ta như vậy lại có thể xảy ra mà chúng ta lại không hề ý thức được...

### ***Đánh cược kiểu Pascal***

Như vậy khoa học cho phép tồn tại một “đa vũ trụ” bao gồm vô số các vũ trụ song tất cả đều tách rời nhau. Tất cả các vũ trụ này đều không quan sát được, ngoại trừ vũ trụ của chúng ta. Vì chúng là không thể quan sát được, và như vậy là không kiểm chứng được, nên chúng đi ngược với sự nhạy cảm của một nhà quan sát vũ trụ

như tôi. Không được kiểm chứng bằng thực nghiệm, nên khái niệm đa vũ trụ và khái niệm ngẫu nhiên không gì khác hơn là một sự đánh cược siêu hình. Về phần mình, tôi đánh cược cho một giả thiết khác, giả thiết về tính tất yếu. Đánh cược cho một và chỉ một vũ trụ chính là một kiểu đánh cược Pascal.

Ngoại sự tồn tại của một đa vũ trụ là không thể kiểm chứng được, các lập luận triết học khác cũng làm tôi nghiêng về phía tất nhiên. Trước hết là nguyên lý tiết kiệm, còn được gọi là "dao cao Occam", tên của nhà thần học và triết học Guillaume d'Occam thế kỷ XIV. Nguyên lý này đặt ra câu hỏi: "Tại sao lại làm cái phức tạp trong khi người ta có thể làm cái đơn giản?" Tại sao lại tạo ra một số vô hạn các vũ trụ vô sinh chỉ để có một vũ trụ có ý thức về chính nó? Một lý do khác khiến tôi chống lại giả thiết ngẫu nhiên là tôi không thể hình dung được rằng toàn bộ vẻ đẹp, sự hài hòa và thống nhất của thế giới chỉ là kết quả của sự may rủi. Vũ trụ thật đẹp: các hình ảnh lộng lẫy của những đường viền của các ngôi sao hay các cánh tay xoắn tuyệt trần của một thiên hà, vẻ rực rỡ của buổi hoàng hôn hay những cánh hoa hồng tinh tế tác động đến sâu thẳm tâm hồn chúng ta. Vũ trụ hài hòa bởi vì các định luật chi phối nó không biến thiên trong thời gian cũng như trong không gian.

Một lập luận khác ủng hộ sự đánh cược của tôi chống lại ngẫu nhiên, đó là tồn tại một sự thống nhất sâu sắc trong vũ trụ. Vũ trụ hướng đến cái Một. Cùng với sự tiến bộ của vật lý, các hiện tượng mà trước kia người ta tin rằng hoàn toàn tách biệt nhau đã có thể được thống nhất lại. Vào thế kỷ XVII, Newton đã thống nhất Trời và Đất: ông đã chứng minh được rằng cùng một lực phổ quát, tức lực hấp dẫn, quy định chuyển động rơi của một quả táo trong vườn và chuyển động của các hành tinh quanh Mặt trời. Vào thế kỷ XIX, Maxwell đã chứng minh rằng điện và từ không là gì khác mà chỉ là hai khía cạnh khác nhau của cùng một hiện tượng. Sau đó, ông chứng minh rằng các sóng điện từ không là gì khác các sóng ánh sáng, và như vậy đã thống nhất được điện từ với quang học. Vào đầu thế kỷ XX, Einstein thống nhất thời gian và không gian, năng lượng và vật chất, và, vào đầu thế kỷ XXI, các nhà vật lý học miệt mài tìm cách thống nhất bốn lực cơ bản của vũ trụ - hai lực hạt nhân mạnh và yếu, lực điện từ và lực hấp dẫn - thành một siêu lực duy nhất. Tôi

gần như không tin rằng sự thống nhất sâu sắc này lại là kết quả của sự ngẫu nhiên thuần túy.

Nếu loại bỏ ngẫu nhiên và giả thiết về một đa vũ trụ không kiểm chứng được, và nếu cho rằng chỉ có một vũ trụ duy nhất, vũ trụ của chúng ta, thì tôi nghĩ rằng cần phải đánh cược, theo cách của Pascal, về sự tồn tại của một nguyên lý sáng thế đã điều chỉnh ngay từ đầu các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu sao cho chúng dẫn tới một vũ trụ có ý thức về chính nó. Nhưng đó là một định đề mà khoa học không thể chứng minh, và như vậy thuộc hàng siêu hình. Không ai gọi nguyên lý sáng thế này là “Chúa” hay “Thượng đế”. Đối với tôi, đó không phải là một Đức Chúa nhân hóa can thiệp vào các công việc của con người, mà đó là một nguyên lý phiếm thần, hiện hữu khắp trong tự nhiên, như Spinoza và Einstein quan niệm. Nguyên lý này được biểu hiện bằng vẻ đẹp, sự hài hòa và thống nhất của vũ trụ mà tôi vừa nêu ở trên. Einstein đã miêu tả nó như thế này: “Chắc chắn niềm tin, vốn có quan hệ với tình cảm tôn giáo, rằng thế giới là thuần lý, hay chí ít là có thể lý giải được, là cơ sở của mọi nghiên cứu khoa học nghiêm túc. Niềm tin này tạo thành quan niệm của tôi về Chúa. Đó cũng là quan niệm của Spinoza.”

*Để biết thêm cuộc tranh luận chi tiết hơn về nguyên lý Vị nhân, xem cuốn Giai điệu bí ẩn, Fayard, 1988, bản dịch tiếng Việt của Phạm Văn Thiều, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, 2000; Freeman J. Dyson, Les Dérangeurs d'univers, Payot, 1986; John D. Barrow và Frank J. Tipler, The Anthropic Cosmological Principle, Oxford University Press. 1986.*

## **Viễn tải lượng tử**

Không gian là vô cùng rộng lớn. Ánh sáng lan truyền với vận tốc cao nhất có thể trong vũ trụ (nó đi trọn 7,5 vòng quanh Trái đất chỉ mất một giây) cũng phải mất 4 năm để đi từ ngôi sao gần nhất đến được chúng ta. Với công nghệ hiện nay của chúng ta, một phi thuyền



không gian phải mất thời gian dài hơn 10.000 lần, tức 40.000 năm, mới đến được đó. Thời gian di chuyển rất dài này là lý do khiến tôi khá nghi ngờ trước các tin đồn về các đĩa bay hay các vật thể bay lạ (OVNI) đã đến hoặc đang đến thăm Trái đất. Điều đó cũng giải thích vì sao khái niệm “viễn tải” đã được các tác giả khoa học viễn tưởng đưa ra cốt để giảm thiểu nhất có thể thời gian di chuyển của các nhân vật của họ.

Ý tưởng viễn tải đã được đưa vào trí tưởng tượng của dân chúng trong những năm 1960 qua bộ phim truyền hình khoa học viễn tưởng nhiều tập của Mỹ nhan đề *Star Trek*. Bộ phim này, dù chỉ gặt hái được thành công khiêm tốn trong lần công chiếu đầu tiên năm 1966, nhưng sau đó đã trở thành một bộ phim được sùng bái cả ở Mỹ lẫn ở Pháp và nhiều nước châu Âu khác. Bối cảnh của phim diễn ra vào thế kỷ XXIII và bộ phim kể lại các chuyến phiêu lưu của cơ trưởng Kirk cùng đội bay của ông ngang dọc trong không gian giữa các vì sao trên chiếc phi thuyền không gian *Enterprise*. Một trong những câu nói đang nhớ nhất của bộ phim chắc chắn là: “*Beam me up, Scotty!*” (Hãy viễn tải tôi đi, Scotty!), đó là lệnh của cơ trưởng Kirk cho kỹ sư trưởng để “viễn tải” ông tới con tàu *Enterprise*, đang ở ngoài vòng nguy hiểm, trong khi tình hình trên bề mặt của một hành tinh nào đó trở nên quá ư nguy hiểm. Đối với các nhà sản xuất và đạo diễn bộ phim này, khái niệm viễn tải là một khám phá thiên tài và ít tốn kém cho phép họ vận tải các nhân vật từ vị trí này sang vị trí khác mà không phải dựng các cảnh đổ và cất cánh phi thuyền quá ư tốn kém. Hơn nữa, viễn tải làm cho người xem mơ mộng: chỉ cần đi vào phòng và bật công tắc thế là mọi ràng buộc của không gian và lực hấp dẫn bị loại bỏ hết.

Nhưng không ít vấn đề được đặt ra: liệu viễn tải lượng tử có là khả dĩ trong bối cảnh của các định luật vật lý đã biết? Liệu hiện thực một ngày nào đó có theo kịp khoa học viễn tưởng?

Để trả lời các câu hỏi này, chúng ta cần phải định nghĩa cái mà chúng ta gọi là “viễn tải”. Trong trí tưởng tượng của các tác giả khoa học viễn tưởng, thì viễn tải là quét (*scan*) một vật (hay một người) để xác định cấu tạo chi tiết của nó và gửi thông tin này đến một nơi xa, rồi tại đó sẽ tái tạo lại vật hoặc người đã “được viễn tải” tới. Sẽ xảy ra một trong hai khả năng: hoặc là vật bị “hủy” hoàn toàn, nhưng các

nguyên tử và phân tử của nó được gửi đi đồng thời với bản thiết kế được dùng để tái dựng lại vật đó ở nơi đến; hoặc là các nguyên tử và phân tử mới đã có sẵn ở điểm đến, và các phân tử và nguyên tử này được tổ chức lại theo cách đúng như các nguyên tử và phân tử ban đầu để xây dựng nên một bản sao giống hệt với vật. Như chúng ta sẽ thấy, khả năng thứ hai được vật lý học ưu ái hơn. Nói cách khác, một máy viễn tải sẽ hoạt động như một máy fax, chỉ khác một chút là nó truyền ca các vật ba chiều lẫn hai chiều và tạo ra một bản sao chính xác thay vì là một bản sao mờ hơn, đồng thời nó cũng phá hủy bản gốc trong khi *scan*. Một số tác giả khoa học viễn tưởng còn tính đến khả năng bản gốc được giữ lại đồng thời với bản sao, làm cho cốt truyện trở nên gay cấn, hồi hộp khi bản gốc và bản sao gặp nhau. Tuy nhiên, chúng ta sẽ thấy rằng “viễn tải lượng tử”, như vật lý học nhìn nhận hiện nay, không thể cho phép một khả năng như thế.

Viễn tải con người là một vấn đề lớn. Cơ thể con người chứa khoảng  $10^{28}$  nguyên tử ( $10^{25}$  hạt nhân và số electron khoảng 15 lần lớn hơn) và mỗi nguyên tử được đặc trưng bởi rất nhiều thông số (vị trí, vận tốc, spin, các mức năng lượng...), tất cả những thứ này đều phải được vận chuyển nguyên vẹn để tái tạo người đó ở một vị trí khác. Thông tin liên quan đến mỗi nguyên tử là tương đương với 100 bit (một *bit* là đơn vị cơ bản của thông tin có thể có giá trị 0 hoặc 1; đó là từ viết tắt của thuật ngữ tiếng Anh *binary digit*, nghĩa là “số nhị phân”), điều này có nghĩa là các nguyên tử của một người nào đó chứa một lượng thông tin khoảng một nghìn tỷ tỷ bit ( $10^{30}$  bit). Nếu muốn lưu trữ toàn bộ dữ liệu vật lý của cơ thể con người trên các đĩa cứng dung lượng 10 gigabyte (*byte* là đơn vị được dùng trong máy tính tương đương với 8 bit; một gigabyte bằng một tỷ byte), thì chúng ta sẽ cần khoảng 10 tỷ tỷ ( $10^{19}$ ) đĩa như vậy! Và nếu xếp các đĩa này lên nhau, thì bạn sẽ thu được một chồng đĩa cứng cao khoảng  $10^{13}$  km, tức 10.000 năm ánh sáng, gần bằng một nửa khoảng cách giữa Hệ Mặt trời và tâm Ngân Hà! Nhưng, ngay cả khi giả thiết rằng bạn có đủ vật chất và không gian cần thiết để lưu trữ các thông tin và năng lượng điện đòi hỏi để ghi tất cả các thông tin này lên đĩa và để đọc nó, thì còn cần phải một thời gian vô cùng dài để truyền những thông tin đó đi. Thực tế, thậm chí khi bạn gửi thông tin này theo nhịp terabit ( $10^{12}$  bit) mỗi giây, giới hạn của công nghệ hiện nay, thì anh

chàng khôn khổ của chúng ta sẽ phải đợi. để được viễn tải, khoảng 30 tỷ năm, tức ba lần tuổi hiện nay của vũ trụ!

Rõ ràng là với công nghệ hiện nay, cơ hội để có thể viễn tải theo kiểu *Star Trek* một người từ nơi này đến nơi khác vẫn còn là chuyện rất xa vời. Nhưng bạn cũng có thể tự nhủ rằng con số khổng lồ các bit cần phải truyền đi, xét cho cùng, chỉ là vấn đề về thang; vậy mà, theo thời gian, các vấn đề về thang thường được giải quyết bởi các kỹ sư giỏi, với điều kiện là các định luật vật lý cho phép. Chẳng hạn, đưa một con người lên Mặt trăng trước kia là một dự án có tầm cỡ về thang như là một chiến công dường như nằm ngoài tầm với của con người cách đây chỉ một thế kỷ.

Cứ chấp nhận rằng, một ngày nào đó, máy viễn tải sẽ được phát minh ra, thì nhiều câu hỏi cần bàn khác vẫn được đặt ra. Trước hết, liệu có thể coi một vật và có thể xác định thành phần của nó với một độ chính xác đủ để sử dụng thông tin này nhằm tái tạo lại vật được viễn tải đến một vị trí mong muốn không? Trong một vũ trụ được chi phối bởi các định luật vật lý cổ điển, thì câu trả lời không đắn đo là có: chỉ cần đo với độ chính xác cao nhất các tính chất của mỗi hạt cấu thành vật - vị trí, vận tốc, spin, năng lượng của nó... Nhưng, trong một thế giới được chi phối bởi các định luật của cơ học lượng tử, tức thế giới của các nguyên tử, thì hành động đo là một hành động mạnh mẽ, gây xáo trộn, làm thay đổi bản chất của hiện thực (xem: *Cơ học lượng tử*). Trước hành động đo, mỗi tính chất của vật (vị trí, vận tốc... của nó) có thể được đặc trưng bằng vô số các giá trị, mỗi một giá trị này lại có một xác suất hiện thực hóa nhất định: nghĩa là có vô số các xác suất cùng tồn tại với nó, hay như người ta nói vật nằm trong một "trạng thái chồng chập lượng tử". Nhưng, ngay khi nhà quan sát kích hoạt dụng cụ đo, thì vô số các khả năng này lại rút về một khả năng duy nhất. Vậy là hành động đo quy trạng thái chưa biết của vật, vốn là một chồng chập các trạng thái, về chỉ một trong số các trạng thái đó. Nó đã xóa sạch thông tin về tất cả các trạng thái khác.

Như vậy, về mặt tiên nghiệm mà nói, việc sao hoàn chỉnh một vật là không thể. Để sao chép, về nguyên tắc, phải quan sát để biết các tính chất cần được sao chép. Nhưng, do hành động quan sát làm thay đổi các tính chất này, nên chúng ta không bao giờ có thể biết được các trạng thái này là gì trước hành động đo, và như vậy không

thể sao chép chúng được. Nhân bản vô tính lượng tử và do đó cả viễn tải lượng tử nữa, về mặt tiên nghiệm mà nói, là không thể thực hiện được. Người ta gọi đó là “định lý về sự bất khả nhân bản vô tính lượng tử”. Sự không thể này không phải là do sự phức tạp của vấn đề, mà do những giới hạn cơ bản gắn liền với cơ học lượng tử.

Sự việc đã dừng lại ở đó cho tới đầu những năm 1990. Năm 1993, một nhóm quốc tế các nhà vật lý dưới sự lãnh đạo của Charles Bennet, thuộc Trung tâm Nghiên cứu Watson của tập đoàn IBM, và Gilles Brassard, thuộc Đại học Montréal, đã tìm ra một cách cực kỳ tài tình để vượt qua sự cấm nhân bản vô tính lượng tử và sử dụng các tính chất lạ lùng và kỳ diệu của cơ học lượng tử để viễn tải các hạt ánh sáng (hay photon). Ý tưởng rất đơn giản nhưng... rất sáng láng! Họ dựa trên các tính chất của photon được gọi là “vướng víu”, nghĩa là chúng tương tác cùng nhau, và dựa trên thí nghiệm được đề xuất bởi Einstein, Podolsky và Rosen (EPR) năm 1935 và được thực hiện lần đầu tiên bởi nhà vật lý Alain Aspect và nhóm nghiên cứu của ông năm 1982 (xem mục từ *EPR*).

Thí nghiệm EPR chứng tỏ rằng một cặp photon vướng víu nhau, A và B, được gắn với nhau bằng một mối quan hệ mật thiết và kỳ lạ vượt lên trên các khái niệm thông thường về không gian của chúng ta. Hành trạng của hai photon này là luôn luôn có tương quan với nhau một cách hoàn hảo: B luôn “biết” tức thì hành trạng của A và nó điều chỉnh hành trạng của mình tùy theo hành trạng của A, mà không cần A gửi cho nó bất kỳ thông tin nào (các phép đo A và B đều được thực hiện đồng thời, và A không có đủ thời gian để truyền bất cứ một tín hiệu ánh sáng nào đến B). Thí nghiệm đã được thực hiện đối với một cặp photon ở cách nhau 144 kilomet, nhưng không có bất kỳ lý do nào để nghĩ rằng kết quả sẽ là không còn như vậy nếu các photon này nằm ở hai đầu vũ trụ cách nhau vài chục nghìn tỷ năm ánh sáng.

Vậy làm thế nào giải thích được thực tế là B luôn “biết” tức thì những thứ mà A làm? Cần phải chấp nhận rằng hai photon này đều là bộ phận của cùng một thực tại có tính tổng thể, cho dù khoảng cách giữa chúng có thế nào chăng nữa. A không cần phải truyền một tín hiệu nào cho B, vì hai hạt ánh sáng đều là bộ phận của cùng một tổng thể. Cơ học lượng tử loại trừ hoàn toàn ý tưởng định xứ. Nó trao

cho không gian một đặc tính toàn thể. Các nhà vật lý gọi đó là tính “phi-định xứ” hay “tính bất khả tách”.

Dùng các cặp photon vướng víu và tính phi định xứ của không gian, Bennet, Brassard và các cộng sự đã vượt qua một cách thành công sự cản nhân bản vô tính lượng tử và đã viễn tải được một photon từ vị trí này sang vị trí khác. Nhưng, ngay cả nếu giai đoạn cơ bản đầu tiên này đã được vượt qua, thì trên thực tế, phát triển viễn tải lượng tử không phải là việc chuyện dễ dàng. Con đường cần vượt qua giữa viễn tải lượng tử một hoặc nhiều hạt lượng tử (cho tới nay, người ta đã có thể viễn tải được bốn hạt cùng lúc, và thường là các photon) sang viễn tải các vật lớn được cấu thành từ hàng tỷ tỷ hạt, như chúng ta có thể đoán, sẽ còn phải chờ rất lâu. Cho tới lúc này, mục đích đó dường như còn nằm ngoài tầm với. Nhưng biết đâu đấy, trí tưởng tượng sáng tạo của con người là không có giới hạn, và có thể một ngày nào đó, viễn tải các vật lớn và cả con người bằng xương bằng thịt nữa sẽ trở nên khả dĩ.

Nhưng ngay cả chấp nhận rằng viễn tải con người có thể thực hiện được trong một tương lai rất xa, thì vẫn còn một câu hỏi thuộc phạm trù triết học: nếu tôi được viễn tải từ Charlottesville đến Paris, thì người được tái tạo ở Paris liệu có chính xác đúng là người như tôi ở Charlottesville không? Chắc chắn, bản sao của tôi được cấu thành chính xác từ cùng các hạt, chính xác từ cùng các trạng thái lượng tử. Theo cơ học lượng tử, các tính chất của mỗi hạt cơ bản là đồng nhất với các tính chất của mọi hạt cùng loại khác. Một electron có cùng khối lượng, cùng điện tích, cùng spin... với mọi electron khác. Các tính chất này hoàn toàn xác định hạt, và không tồn tại các tính chất khác. Trái lại, điều có thể khác giữa hai hạt cùng loại, đó là trạng thái lượng tử của chúng: chẳng hạn, chúng có thể có các xác suất khác nhau để ở một nơi nào đó, để có một vận tốc nào đó, có một spin hướng đến một hướng nào đó. Viễn tải phải tái tạo một cách đồng nhất không chỉ các hạt, mà còn cả các trạng thái lượng tử của chúng, vậy thì liệu điều này có đủ để nói rằng bản sao của tôi qua viễn tải lượng tử chính xác là tôi?

Sau rốt, trong suốt cuộc đời, các tế bào cấu tạo nên chúng ta liên tục được thay thế bởi các tế bào mới. Thế nhưng, không vì thế mà chúng ta mất đi cá tính của mình. Nếu tôi đổi tất cả các nguyên tử

cacbon và oxy của tôi lấy các nguyên tử cacbon và oxy khác thì tôi vẫn cứ là tôi. Rốt cuộc, điều quan trọng, đó không phải là bản thân các nguyên tử mà là cách chúng được tổ chức. Tình hình liệu có vẫn còn như vậy nếu tôi đổi toàn bộ các nguyên tử của tôi lấy các nguyên tử khác? Khi đó bản sao của tôi sẽ có cùng kích thước, cùng trọng lượng, cùng màu mắt và tóc, cơ thể anh ta toát ra cùng mùi tự nhiên, nhưng các suy nghĩ của anh ta, các đức tin tôn giáo, các sở thích triết học, sở thích đối với một số kiểu phụ nữ, sở thích ăn uống của anh ta, tóm lại, tất cả các thuộc tính xác định nên nhân cách của anh ta liệu có vẫn là các thuộc tính tạo nên nhân cách của tôi không?

Nếu câu trả lời là có, thì điều này sẽ có nghĩa là tâm hồn, ý thức, tình cảm siêu việt, xúc cảm, quan điểm đạo đức và thẩm mỹ hóa ra là có bản chất thuần túy vật chất, và tình yêu hay hận thù, lòng trắc ẩn hay ghen ghét chỉ là chuyện của các nguyên tử và các phân tử, các dòng hóa học và các xung điện. Mặc dù điều đó có thể là như vậy, nhưng quan niệm thuần túy duy vật này, một quan niệm dẫn đến kết luận rằng bản sao của tôi, được cấu thành từ cùng các hạt và cùng các trạng thái lượng tử, sẽ chắc chắn là tôi, cho tới nay vẫn còn lâu mới được chứng minh bởi sinh học hiện đại.

## Vòng quay các mùa

Vòng quay các mùa tồn tại trên một hành tinh bởi vì hành tinh này không đứng thẳng. Chẳng hạn, trên Trái đất, có sự nối tiếp của vẻ đẹp rực rỡ các sắc hoa của mùa xuân, cái nóng như thiêu của mùa hè, màu vàng rực và đỏ tím của mùa thu, rồi cái lạnh cắt da cắt thịt của mùa đông là do trục quay của hành tinh chúng ta bị nghiêng  $23,5^\circ$  so với đường vuông góc của mặt phẳng Hoàng đạo (xem mục từ này). Do bị nghiêng nên Trái đất không nhận được cùng một lượng năng lượng và nhiệt lượng ở tất cả các nơi của địa cầu và tại các thời điểm khác nhau trong chuyển chu du hằng năm của nó quanh Mặt trời. Vào tháng Sáu, độ nghiêng này làm cho bán cầu Bắc, do nghiêng

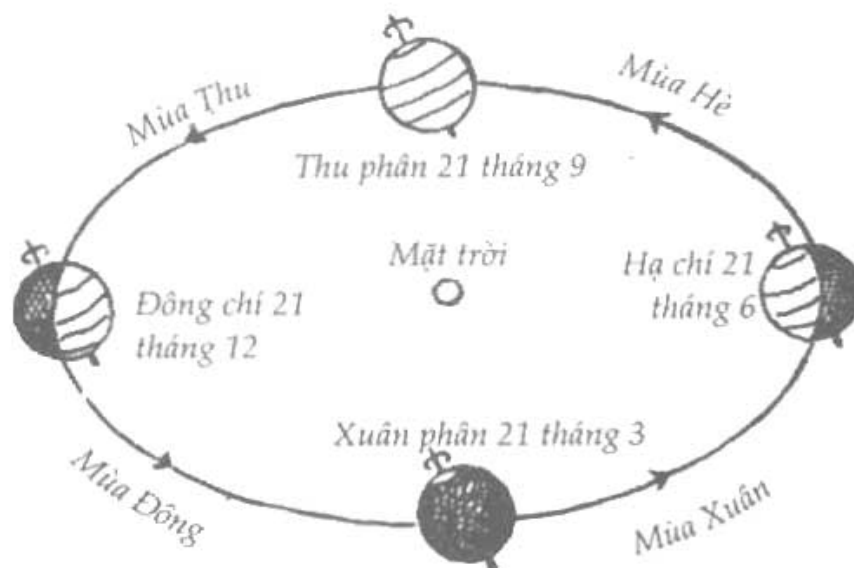
nhiều hơn về phía Mặt trời, nhận được nhiều nhiệt lượng Mặt trời hơn bán cầu Nam vốn nghiêng ra xa hơn và nhận được ít những tia nắng vàng của nó hơn. Trong khi những người Tây Ban Nha và Hy Lạp tận hưởng mùa hè để phơi nắng trên bãi biển, thì người Chilê và Australia lại co ro trong áo choàng để tránh cái lạnh thấu xương của mùa đông. Chênh lệch nhiệt độ giữa các vùng trên và dưới xích đạo rõ rệt nhất khi các tia nắng Mặt trời rơi gần như thẳng đứng trong mùa hè ở Bán cầu Bắc, gây ra cái nóng gay gắt, trong khi vào mùa đông, ở Bán cầu Nam, nắng lại chiếu xiên, gần như là là mặt đất, và lam nóng lên rất yếu. Tình hình đảo ngược lại hoàn toàn vào sáu tháng sau, tức vào tháng giêng. Bởi vì hướng của trục quay Trái đất là tương đối ổn định, nên giờ đến lượt bán cầu Bắc ở xa Mặt trời hơn và nhận được ít nhiệt lượng và ánh sáng hơn bán cầu Nam. Bây giờ đến lượt người Pháp được tận hưởng niềm vui với các môn thể thao mùa đông và người Brazil tận hưởng mùa hè. Vòng quay các mùa cứ tiếp tục diễn ra như vậy. Lần sau khi chiêm ngưỡng lễ hội các màu đỏ và vàng của mùa thu hay khi bị cảnh tượng mùa xuân đầy màu sắc mới mẻ của tự nhiên chinh phục, thì bạn hãy tự nhủ rằng đó là bởi vì Trái đất bị nghiêng.

Trung bình, một vùng như Maroc, mùa hè nhận được ánh nắng nhiều hơn mùa đông 50%. Các hiệu ứng này tăng lên cùng với vĩ độ: những người Inuit ở Cực Bắc được hưởng Mặt trời giữa đêm trong suốt mùa hè trong khi Nam Cực chìm trong bóng tối hoàn toàn suốt nhiều tháng rỗng. Sự biến thiên nhỏ về khoảng cách của Trái đất với Mặt trời trong chuyển chu du hằng năm của nó quanh Mặt trời làm gia tăng hoặc dịu bớt hiệu ứng độ nghiêng của Trái đất. Khi mùa hè đến ở Bán cầu Bắc và mùa đông ở Bán cầu Nam, Trái đất xa Mặt trời hơn, điều này làm giảm nhẹ một chút các nhiệt độ cháy bỏng của mùa hè ở Bán cầu Bắc và làm mùa đông hơi khắc nghiệt hơn ở Bán cầu Nam. Sáu tháng sau, Trái đất ở gần Mặt trời hơn một chút, nên mùa đông ở Bán cầu Bắc dịu hơn và mùa hè ở Bán cầu Nam nóng hơn một chút. Về trung bình, những người sống ở Bán cầu Bắc được hưởng các nhiệt độ ôn hòa hơn những người sống ở dưới xích đạo.

Nhưng liệu có phải lúc nào cũng như thế không? Sẽ là như vậy nếu trục quay của Trái đất cố định trong không gian và luôn hướng đến sao Bắc Cực (xem mục từ này) trong chòm sao Tiểu Hùng. Do sự

bất động gần như hoàn hảo trên bầu trời, từ giờ này qua giờ khác, đêm này qua đêm khác, sao Bắc Cực luôn chỉ hướng Bắc, nên nó luôn là nguồn an ủi và giúp đỡ vô giá đối với các lữ khách trong suốt nhiều thế kỷ. Thế nhưng hướng của trục quay của Trái đất không phải là cố định. Nó vạch ra nên một hình nón với nửa góc ở đỉnh là  $23,5^\circ$  trong không gian, như trục quay của một con quay vậy. Nhà vật lý gọi đó là chuyển động "tiến động (tuế sai)" (xem mục từ này). Chuyển động này gây bởi sự tương tác hấp dẫn giữa Trái đất, Mặt trăng và Mặt trời. Chu kỳ của chuyển động tiến động của Trái đất không phải vài giây như con quay, mà là khoảng 26.000 năm. Như vậy, trong 14.000 năm tới, con cháu chúng ta sẽ thấy trục quay của Trái đất, vẫn nghiêng trung bình là  $23,5^\circ$ , nhưng hướng đến một ngôi sao khác, có tên là Chức Nữ trong chòm sao Thiên Cầm. Ở thời kỳ còn xa vời này, Trái đất sẽ ở gần Mặt trời hơn trong quỹ đạo của nó khi mùa hè đến bán cầu Bắc, và xa hơn vào mùa đông. Đến lượt những người sống ở phía trên xích đạo sẽ chịu các nhiệt độ khắc nghiệt hơn so với những người sống ở phía dưới xích đạo.

Người ta cho rằng việc Trái đất không đứng thẳng là do một tiểu hành tinh đã va vào hành tinh của chúng ta trong thời kỳ đại bắn phá của Hệ Mặt trời, khoảng 500 triệu năm sau khi Mặt trời và Hệ Mặt trời ra đời, khi các vật liệu cấu thành hành tinh (xem mục từ này) vừa mới kết tụ với nhau tạo thành các hành tinh và khi đó xảy ra rất nhiều va chạm giữa các hành tinh và tiểu hành tinh.





## Vũ điệu vũ trụ

Không có gì là bất động trong không gian. Lực hấp dẫn làm cho tất cả các cấu trúc của vũ trụ, các sao và các thiên hà, hút nhau và “rơi” vào nhau. Những chuyển động rơi này bổ sung vào chuyển động chung do sự giãn nở của vũ trụ. Và vì vậy, trên thực tế, Trái đất tham gia vào một vũ điệu vũ trụ quay cuồng. Trước hết nó kéo chúng ta qua không gian với vận tốc ba mươi kilomet mỗi giây trong một chuyển chu du hằng năm của nó quanh Mặt trời. Đến lượt mình, Mặt trời lại mang Trái đất đi trong chuyển chu du của nó quanh Ngân Hà với vận tốc hai trăm hai mươi kilomet mỗi giây. Rồi Ngân Hà cũng rơi với vận tốc chín mươi kilomet mỗi giây về phía bạn đồng hành của nó là thiên hà Tiên nữ. Nhưng thế vẫn chưa hết. Cụm Thiên hà Địa phương chứa thiên hà của chúng ta và thiên hà Tiên nữ lại rơi với vận tốc khoảng sáu trăm kilomet mỗi giây, do bị hút bởi đám thiên hà Trinh nữ và bởi siêu đám thiên hà ở gần Siêu đám Thiên hà Địa phương nhất, đó là siêu đám thiên hà Trường Xà (Hydra) và Nhân Mã (Centaurus). Nhưng vũ điệu vũ trụ vẫn chưa dừng ở đó. Bản thân Siêu đám Thiên hà Địa phương cũng rơi về phía một tập hợp lớn gồm hàng chục nghìn thiên hà gọi là “Nhân hút Lớn”. Vậy là bầu trời tĩnh tại và bất biến của Aristotle đã chết hẳn. Tất cả đều chỉ là vô thường, thay đổi và biến đổi.

*Xem: Những chuyển động trong vũ trụ.*

## Vũ trụ ảo

Vật lý thiên văn giữ một vị trí rất riêng so với các khoa học chính xác. Nó là khoa học duy nhất không cho phép tiến hành thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, như trong các trường hợp của vật lý, hóa học hay sinh học. Thí nghiệm đã được thực hiện một lần cho mãi mãi

cách đây 13,7 tỷ năm. Chúng ta không thể chế tạo các sao hay thiên hà trong ống nghiệm, cũng như không thể đến hiện trường để lấy mẫu của chúng. Chúng ta giới hạn mình chỉ ở việc quan sát chúng từ xa mà thôi.

Tuy vậy, tình hình đã thay đổi một cách đáng kể, trong những thập kỷ gần đây, với sự xuất hiện của máy tính có khả năng thực hiện hàng triệu tỷ phép tính mỗi giây. Tuy không thể thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, nhưng bù lại, nhà vật lý thiên văn có thể thực hiện các thí nghiệm số bằng một máy tính mạnh cho phép mô phỏng và nghiên cứu sự tiến hóa của các cấu trúc trong vũ trụ. Sao, thiên hà, đám và siêu đám thiên hà, tất cả đều có thể đưa vào máy tính. Máy tính sẵn sàng đưa ra vô số các mô hình vũ trụ hay còn gọi là các "vũ trụ ảo". Để xây dựng một vũ trụ như thế, nhà vật lý thiên văn cung cấp cho máy tính một tập hợp các điều kiện (gọi là các điều kiện ban đầu) mà họ nghĩ là "hợp lý", chẳng hạn mật độ toàn phần của vật chất (tức cả sáng và tối), các bộ phận cấu thành khác nhau của vật chất này (vật chất thông thường, vật chất ngoại lai...) và các thăng giáng mật độ dùng làm hạt giống thiên hà (*xem mục từ này*). Sau đó anh ta để cho vật chất tiến hóa theo các định luật vật lý (như định luật vạn vật hấp dẫn, chẳng hạn). Máy tính có thể theo dõi chuyển động của hàng triệu thiên hà. Sau một quá trình tiến hóa của vũ trụ 13,7 tỷ năm (một máy tính mạnh chỉ mất vài giờ để tính toán quá trình tiến hóa này), nhà vật lý thiên văn ra lệnh cho máy tính tạo cho mình một hình ảnh của vũ trụ ảo, mà anh ta có thể so sánh với vũ trụ hiện nay. Nếu vũ trụ ảo rất khác với vũ trụ quan sát được, thì anh ta sẽ vứt nó vào thùng rác. Anh ta lại quay lại đặt câu hỏi cho máy tính, như một thầy tu thời Cổ đại quay lại hỏi nhà tiên tri ở Delphes. Các điều kiện ban đầu được thay đổi đôi chút, và máy tính lại tạo ra một vũ trụ ảo mới, vũ trụ này một lần nữa lại được đối chiếu với vũ trụ quan sát được. Và cứ như vậy cho tới khi vũ trụ ảo giống với vũ trụ hiện nay...

Các nhà vật lý thiên văn đã nhận ra rằng một vũ trụ ảo với vật chất tối ngoại lai (không sáng) nóng - nhiệt độ ở đây là dấu hiệu chỉ báo chuyển động: một vật chất nóng chuyển động nhanh hơn trong khi một vật chất lạnh hơn sẽ chuyển động uể oải hơn - hoàn toàn có thể tái tạo được các cấu trúc ở thang lớn như các siêu đám thiên

hà và các bức tường lớn tạo bởi các thiên hà bao bọc các khoảng chân không khổng lồ có đường kính hàng trăm triệu năm ánh sáng. Nhưng loại mô hình này lại thất bại thảm hại đối với những gì liên quan đến các cấu trúc nhỏ hơn, như các đám thiên hà kích thước vài chục triệu năm ánh sáng, hay nhỏ hơn nữa, các thiên hà kích thước hàng trăm nghìn năm ánh sáng. Lý do của điều này rất đơn giản: vật chất ngoại lai nóng, bởi vì nó chuyển động mạnh, nên có xu hướng phân tán, đối lập với tác dụng của lực hấp dẫn có xu hướng gắn kết chúng lại với nhau. Bởi vì vật chất nóng có thể dễ dàng thoát khỏi các cấu trúc nhỏ, nên các cấu trúc này phân rã rất nhanh. Nhưng nó sẽ khó thoát khỏi các cấu trúc rất lớn, điều này làm cho chúng có thể tồn tại được lâu. Trước sự thất bại liên quan đến các cấu trúc có vật chất nóng ngoại lai này, các nhà vật lý thiên văn đã bắt tay vào tính toán các vũ trụ ảo với vật chất tối lạnh. Kết luận của máy tính là dứt khoát: các vũ trụ ảo chứa vật chất lạnh có khả năng tái tạo đồng thời các cấu trúc lớn và nhỏ tốt hơn các vũ trụ ảo chứa vật chất nóng. Và điều này giải thích tại sao vật chất tối lạnh hiện đang được hâm mộ.

Nhưng điều đó không có nghĩa là tất cả đều đã hoàn hảo cũng như không có nghĩa là các vũ trụ ảo có vật chất lạnh đã ngăn cao đầu vượt qua được tất cả các thử thách. Nhiều đám mây đen vẫn đang còn lảng vảng, và nếu chúng không bị xua tan, sẽ có nguy cơ đẩy các mô hình này vào hàng ngũ các lý thuyết chết. Chẳng hạn, theo các mô hình, một lượng lớn vật chất tối lạnh phải tập hợp lại với nhau ở tâm của các thiên hà. Một sự tập trung vật chất như thế sẽ tác dụng một lực hấp dẫn mạnh. Để chống lại lực hút hấp dẫn của vật chất ở tâm, các sao nằm trong các phần trung tâm phải chạy trên quỹ đạo của chúng với vận tốc rất lớn. Vậy mà thực tế không phải như vậy: chuyển động của chúng chậm hơn, và điều này có nghĩa là sự tập trung vật chất lạnh trong các vùng trung tâm của các thiên hà không lớn như các tính toán dự báo. Một vấn đề khác: theo các mô hình, các thiên hà bình thường như Ngân Hà phải được bao quanh bởi một đám hàng trăm thiên hà lùn. Một lần nữa thực tế lại hoàn toàn khác: các thiên hà nhìn chung chỉ có vài chục thiên hà lùn vệ tinh, tức chưa bằng một phần mười con số dự báo.

Mặt khác, vật chất tối lạnh phạm phải một tội lớn nhất từng có trong khoa học: sự tồn tại của nó còn chưa được kiểm chứng bằng quan sát. Hiện nay, các hạt vật chất ngoại lai (*xem mục từ này*) lạnh chỉ mới tồn tại trong trí tưởng tượng quá phong phú của các nhà vật lý! Đã gần 20 năm nay, các nhà vật lý đã miệt mài và kiên trì tìm kiếm chúng bằng cách chế tạo các dụng cụ ngày càng tinh vi và đắt đỏ hơn, nhưng, cho tới nay, các hạt này vẫn không chịu trình hiện. Có thể LHC được đưa vào hoạt động vào năm 2009 sẽ giúp chúng ta bắt được chúng. Bản chất của vật chất tối ngoại lai vẫn còn là một trong những thách thức lớn nhất của vật lý thiên văn thế kỷ XXI.

## Vũ trụ dừng

Trước khi ánh sáng hóa thạch (*xem mục từ này*) được phát hiện vào năm 1965, một phát minh khẳng định lý thuyết Big Bang, vũ trụ học gần như chỉ dựa trên một và chỉ một quan sát: đó là quan sát về sự dãn nở của vũ trụ, do Edwin Hubble (1889-1953) phát hiện vào năm 1929. Hubble đã nhận thấy rằng ánh sáng của các thiên hà xa xôi luôn dịch về phía đỏ. Sự dịch này có thể được hiểu là do sự chuyển động chạy trốn ra xa nhau của các thiên hà, bắt nguồn từ một vụ nổ khởi thủy của vũ trụ. Nhưng lý thuyết Big Bang đã không áp đặt được ngay lập tức. Quan niệm về một sự khởi đầu của vũ trụ, xuất phát từ một thời điểm, có thể được giải thích như thời điểm “Sáng thế”, chứa quá nhiều hàm ý tôn giáo. Chính vì thế mà một số nhà vật lý thiên văn đã đặt vấn đề xem xét lại giải thích sự dịch về phía đỏ của ánh sáng được phát ra bởi các thiên hà là do chuyển động chạy trốn ra xa nhau. Theo họ, ánh sáng của các thiên hà dịch về phía đỏ, nói cách khác là nó mất năng lượng, không phải là do sự dãn nở của vũ trụ, mà là do các cơ chế khác mà chúng ta còn chưa biết và còn chưa được làm sáng tỏ, chẳng hạn như sự “mệt mỏi” của các photon trong chuyến chu du dài xuyên các vì sao và các thiên hà

của chúng đề đến được chúng ta. Các đề xuất này chưa bao giờ gọi được hứng thú của cộng đồng khoa học, do thiếu một cơ chế có thể chấp nhận được.

Một số nhà nghiên cứu khác chấp nhận ý tưởng về một vũ trụ dần nở, nhưng mà trong khuôn khổ của các lý thuyết khác như lý thuyết Vũ trụ dừng (tiếng Anh là *steady state*), được các nhà thiên văn người Anh là Fred Hoyle (1915-2001), Thomas Gold (1920-2004) và Hermann Bondi (1919-2005) xây dựng năm 1948. Lý thuyết này cho rằng vũ trụ tại mọi thời điểm đều như nhau, rằng nó không có bắt đầu cũng không có kết thúc; và như vậy sẽ tránh được khái niệm "Sáng thế" và bác bỏ sự thay đổi và tiến hóa gắn liền với lý thuyết Big Bang. Trong một chừng mực nào đó nó đã lấy lại quan niệm của Aristotle (xem: *Aristotle*) về tính bất biến của trời. Nhưng làm thế nào có thể dung hòa được một vũ trụ bất biến trong thời gian với sự dần nở của vũ trụ quan sát được? Nếu ngày càng nhiều không gian trống rỗng liên tục được tạo ra giữa các thiên hà, thì vũ trụ không thể mãi mãi giống với chính nó. Hoyle, Gold và Bondi đã phải đưa ra giả thiết về sự liên tục sáng tạo vật chất để bù lại chính xác những khoảng trống rỗng mà quá trình dần nở sinh ra. Nói cách khác, thay vì sử dụng chỉ một Big Bang để tạo ra vật chất này, họ kêu gọi cả một chuỗi các vụ nổ (*bang*) nhỏ. Tốc độ tạo vật chất - 1.000 nguyên tử hydro/cm<sup>3</sup> không gian mỗi một tỷ năm - một tốc độ nhỏ tới mức không thể nhận thấy và không đo đếm được. Lý thuyết trạng thái dừng thịnh hành cho tới cuối những năm 1950 và đã có một ảnh hưởng đáng kể đến tư duy vũ trụ học thời đó.

Thật là sự trớ trêu của lịch sử, chính Fred Hoyle lại là người đặt tên cho lý thuyết mà sau đó đã lật đổ lý thuyết của ông. Đề chế nhạo ý tưởng về vụ bùng nổ khơi thủy, trong một cuộc trả lời phỏng vấn của đài BBC, Hoyle đã chế nhạo gọi nó là "big bang", mà không một chút nghi ngờ rằng tên gọi này đã tác động đến trí tưởng tượng của các nhà khoa học và công chúng, và sau đó nó đã tồn tại mãi.

Lý thuyết Vũ trụ dừng đã bắt đầu cho thấy các lỗ hổng của nó vào đầu những năm 1960. Sự thống kê các quasar (xem mục từ này) và các thiên hà vô tuyến chỉ ra rằng số lượng của chúng giảm theo thời gian, và như vậy phai có sự tiến hóa trong dân số của chúng, một

quan niệm không tương thích với một lý thuyết bác bỏ mọi sự thay đổi. Lý thuyết Vũ trụ dừng bị giáng một đòn kết liễu vào năm 1965 với sự phát hiện ra bức xạ hóa thạch. Bởi vì lý thuyết Vũ trụ dừng bác bỏ quan niệm về một sự khởi đầu nóng và đặc, nên nó không thể (tương tự như tất cả các lý thuyết cạnh tranh với Big Bang) giải thích một cách tự nhiên sự hiện diện của một bức xạ hóa thạch đồng nhất choán toàn vũ trụ<sup>38</sup>. Sự lên ngôi của bức xạ hóa thạch trong nhận thức của các nhà vật lý thiên văn đánh dấu một bước ngoặt quyết định trong tư duy vũ trụ học hiện đại. Một sự thay đổi hình mẫu đã diễn ra. Và từ đó, lý thuyết Big Bang đã trở thành mô hình mới của thế giới.

## Vũ trụ học

Trải qua tất cả các thời đại và trong tất cả các nền văn hóa, khi đối mặt với thế giới xung quanh mình, con người luôn tìm cách loại bỏ sự hoang mang của mình trước những khoảng không gian vô tận bằng cách tổ chức nó và cho nó vay mượn một khuôn mặt quen thuộc. Sự tổ chức này của thế giới bên ngoài khi được áp dụng cho toàn vũ trụ được gọi là vũ trụ học.

Vũ trụ học là sự nghiên cứu về vũ trụ - một tập hợp của mọi thứ tồn tại trên đời - trong tổng thể của nó. Vũ trụ học đặt ra các câu hỏi về số phận của vũ trụ, về kích thước, hình dạng và những thứ được chứa trong đó của vũ trụ, từ khi nó ra đời cho tới khi chết. Tôi là một nhà vũ trụ học khi tôi thử làm hài hòa các mâu thuẫn thông tin về ngoài cũng phân tán rời rạc như sự mọc và lặn của Mặt trời, các pha của Mặt trăng và bầu trời đầy sao hay sự luân chuyển của các mùa trong một năm, từ sự ngọt ngào của mùa hè tới những sắc vàng rực rỡ của mùa thu, tới cái lạnh cắt da cắt thịt của mùa đông

---

<sup>38</sup> Để biết thêm chi tiết cuộc tranh luận về các lý thuyết cạnh tranh với Big Bang, xem chương IX cuốn *Giai điệu bí ẩn*, sdd

và tới vẻ đẹp tràn ngập sắc hoa của mùa xuân. Bằng cách dựng lên một hệ thống các ý tưởng nhất quán và gắn kết để giải thích thế giới bên ngoài, với tư cách là những thành viên của một xã hội và của một nền văn hóa, chúng ta đã tạo ra một vũ trụ. Vũ trụ này cung cấp cho chúng ta một ngôn ngữ chung và góp phần làm tăng sự gắn kết của xã hội chúng ta bằng cách khắc sâu trong trí óc chúng ta một niềm xác tín vào một nguồn gốc và một quá trình tiến hóa tập thể. Cái vũ trụ mà chúng ta tạo ra này thay đổi theo các nền văn hóa và các thời đại.

Và như vậy các vũ trụ này cứ kế tiếp nhau trong suốt lịch sử. Vũ trụ đầu tiên đã xuất hiện khoảng vài trăm ngàn năm trước đồng thời với sự xuất hiện của ngôn ngữ. Những người tiền Neandertan tiến hóa trong một vũ trụ ma thuật và vật linh, trong đó mọi thứ đều là thần hết: thần Mặt trời vào ban ngày, thần Mặt trăng và các ngôi sao vào ban đêm, thần cây mang hoa trái..., nói ngắn gọn là một vũ trụ an ủi và quen thuộc hợp với kích cỡ của con người.

Cùng với sự tích lũy dần kiến thức, sự hỗn nhiên vô tư cũng biến mất. Con người ngày càng cảm nhận được sự nhỏ nhoi cũng như sự bất lực của mình trước sự bao la vô tận của vũ trụ. Để quản trị được sự phức tạp ghê gớm của cái vũ trụ này cần phải có những sinh linh với quyền lực vượt xa con người. Khoảng 1 vạn năm trước đã xuất hiện vũ trụ thần thoại (*xem mục từ này*) mà ngự trị ở đó là các vị thần. Vũ trụ học được cấu thành từ những thần thoại chứa đựng một sử biên niên về các vị thần này. Mọi hiện tượng tự nhiên, kể cả sự sáng thế, đều là hệ quả của những hành động, tình yêu, hôn phối, hận thù và chiến tranh của các vị thần này. Với vũ trụ thần thoại, tôn giáo đã bước lên sân khấu. Sự hiệp thông với các đấng siêu nhân không còn được thực hiện một cách trực tiếp nữa, mà thông qua các cá nhân được đặc ân, đó là các nhà tu hành, trong những nghi lễ cúng tế hoặc hiến sinh. Sự kết hợp này giữa vũ trụ học/tôn giáo, giữa nhà vũ trụ học/nhà tu hành đã kéo dài hàng ngàn năm cho tới khi vũ trụ khoa học tới thay thế cho vũ trụ huyền thoại.

Các vũ trụ huyền thoại có rất nhiều và rất khác nhau tùy thuộc vào các nền văn hóa và các thời đại. Những chiến công về trí tuệ của con người thuộc vũ trụ thần thoại cũng rất ấn tượng. Những người Ai Cập đã chiếm lĩnh được hình học để dựng nên các kim tự tháp

vĩ đại. Những người Babylon đã làm chủ được khoa học các con số để ghi lại vị trí các tinh tú, lập ra các lịch và tiên đoán các nguyệt thực. Tuy nhiên, những con người này không quan sát bầu trời chỉ cho bản thân mình mà để đọc ra ở đó số phận những đồng loại của họ: mối quan tâm của họ mang tính chiêm tinh hơn là thiên văn học. Họ không quan tâm tới chuyện dùng những kiến thức toán học của họ để phát hiện ra những định luật chi phối chuyển động của các thiên thể.

Tới thế kỷ VI tCN, dọc theo bờ biển Tiểu Á, ở Ionia, đã xuất hiện một sự phát triển kỳ lạ nhất: ở ngay giữa trung tâm vũ trụ thần thoại, những người Hy Lạp đã đưa ra một quan niệm cực kỳ táo bạo cho rằng con người không thể để phó mặc một cách mù quáng cho các vị thần được, rằng lý trí của con người có thể phát hiện ra những định luật chi phối thế giới vật lý. Một nhóm người xuất chúng đã đưa ra ý tưởng cách mạng cho rằng có thể cắt thế giới thành các thành phần và hành trạng của các thành phần đó cũng như những tương tác của chúng có thể được nghiên cứu một cách logic. Khi làm điều đó, những người Hy Lạp đã mở màn cho vũ trụ khoa học, đó cũng chính là vũ trụ của chúng ta ngày hôm nay.

## Vũ trụ huyền thoại

Theo thời gian, các thần linh ngày càng rời xa tự nhiên và ngày càng có nhiều quyền lực. Họ đã biến thành các vị thần, và vũ trụ thần linh-huyền thoại (xem mục từ này) đã dịch chuyển dần sang vũ trụ huyền thoại. Khía cạnh thần linh đã biến mất. Các vị thần bây giờ trở nên xa cách và toàn năng. Xa cách bởi vì họ không còn ngự trên cây cối, sông ngòi hay đất đá nữa, mà ở những nơi cách xa Trái đất; toàn năng bởi vì tất cả mọi thứ trong vũ trụ phụ thuộc vào hành động của họ. Sự đồng minh giữa con người và tự nhiên đã bị phá vỡ. Con người tôn thờ các vị thần của vũ trụ huyền thoại, nhưng đã mất đi sự tiếp xúc trực tiếp và thân thuộc



với môi trường của mình. Cây cối bị đốn hạ không còn đau đớn nữa. Không còn nhất thiết phải xin phép thần rừng trước khi vào rừng, hay thần lợn lòi trước khi bắt đầu săn bắn nữa. Tất cả từ nay đều được thực hiện với sự cho phép của các vị thần. Tự nhiên trở nên không còn sự sống. Người ta có thể đối xử với nó một cách tàn tệ, không thương tiếc - đá một viên đá, chặt một cái cây - bởi vì các vị thần linh không còn ngự ở đó nữa. Ý nghĩa của sự tôn kính và tôn trọng tự nhiên cũng đã bị mất.

Sự thờ ơ này đối với tự nhiên đã nhanh chóng lan truyền sang các động vật và thậm chí cả chính những người khác. Trong vũ trụ huyền thoại, người ta không còn phải lo lắng về sự đau đớn của động vật. Còn về các xã hội tôn thờ các vị thần khác, thì người ta phủ nhận địa vị con người của họ, người ta tàn sát hoặc biến họ thành nô lệ. Đối mặt với các xã hội của vũ trụ huyền thoại này, các xã hội gắn bó một cách tuyệt vọng với vũ trụ thần linh không có bất kỳ cơ hội nào. Chúng sẽ bị hủy diệt hoặc bị đồng hóa.

Sự chuyển từ vũ trụ thần linh-huyền thoại sang vũ trụ huyền thoại sẽ không bao giờ kết thúc ở một số bộ tộc Bắc Mỹ và Nam Mỹ. ở Australia, cũng như ở một số vùng hẻo lánh có người dạt đến trong các đợt di cư lớn, cách đây 20.000 năm hoặc xa hơn. Trong khi các cư dân này tiếp tục mê đắm trong vũ trụ thần linh-huyền thoại, thì vũ trụ huyền thoại đã phát triển mạnh ở Trung Đông, Trung Quốc, Ấn Độ, Đông Nam Á và Trung Mỹ.

Các vũ trụ huyền thoại, đa dạng và khác nhau, thay đổi theo các nền văn hóa và thời đại. Cách đây hơn 5.000 năm, các vị thần vũ trụ đã xuất hiện trong các nền văn minh nổi lên ở vùng đồng bằng sông Nil, Euphrate và Tigre, và ở Ấn Độ. Mọi hiện tượng tự nhiên, kể cả sự sáng tạo ra vũ trụ, đều bắt nguồn từ hành động của các vị thần này, được thúc đẩy bởi tình yêu hay hận thù của họ. Tự nhiên như một sân khấu múa rối được kiểm soát bởi các vị thần rối. Các huyền thoại về Sáng thế đóng một vai trò đặc biệt quan trọng trong các xã hội phương Tây, các truyền thống Do Thái-Cơ đốc và Hồi giáo thường gán cho chúng một ý nghĩa vũ trụ, thường được lấy cảm hứng từ chức năng sinh sản của phụ nữ.

## Vũ trụ huyền thoại Babylon



Nền văn minh lưỡng hà đầu tiên đã xuất hiện ở Sumer, khi đó còn ở bên bờ vịnh Ba Tư. Trong thần thoại Babylon về Sáng thế, thế giới được sinh ra từ sự xung đột giữa các lực của Hỗn mang và các lực của các vị thần. Hỗn mang khởi thủy, nguồn gốc của vạn vật, đến từ các sinh vật nguyên thủy Apsu, đại diện cho nước ngọt, và Tiamat, đại diện cho nước mặn. Từ sự liên minh giữa nước ngọt và nước mặn đã cho ra đời thần của Trời, là Anu.

Các huyền thoại thường được lấy cảm hứng theo vùng địa lý của các khu vực nơi chúng được dựng lên. Thần thoại Babylon phản ánh sự gặp gỡ của nước ngọt và nước mặn trong vùng vịnh Ba Tư. Nước là nguồn sinh ra sự sống, các trầm tích lắng đọng ở cửa sông Tigre và Euphrate trong vịnh làm cho đất đai phì nhiêu và tạo điều kiện thuận lợi cho nông nghiệp phát triển. Từ sự giao cấu của Anu và Tiamat (các quan hệ loạn luân không hiếm trong các huyền thoại này) đã cho ra đời Ea, thần Đất. Các lực của Hỗn mang khởi thủy đã bị khuất phục và số các vị thần tăng lên nhanh chóng cho tới khi đạt tới tận con số 600, mỗi thần quản lý một khía cạnh của thế giới (chẳng hạn các sao và các chòm sao), và liên tục tranh giành cãi cọ nhau.

### *Vũ trụ huyền thoại Trung Hoa: Trung đạo*

Quan niệm kép về bản chất luân hồi của chuyển động và sự chuyển hóa không ngừng của vũ trụ nằm ngay trong cốt lõi của vũ trụ học Trung Hoa. Giống như người Hindu, người Trung Quốc cho rằng tồn tại một thực tại tối hậu, bên ngoài các hiện tượng quan sát được, mà họ gọi là Đạo, có nghĩa là “con đường của vũ trụ”. Họ tin rằng mỗi khi một hiện tượng hay một tình huống phát triển đến cực điểm, thì nó sẽ chịu một chuyển động đảo ngược lại làm chuyển hóa nó thành cái đối lập. Chẳng hạn, toàn bộ sự phát triển của tự nhiên, như tiến hóa của vũ trụ, chuyển động của Mặt trời và Mặt trăng, sự chuyển mùa hay kế tiếp ngày và đêm, đều tuân theo các chuyển động tuần hoàn giãn và co, đến và đi. Các chuyển động tuần hoàn này áp dụng không chỉ cho các hiện tượng tự nhiên, mà còn cả cho các sự việc của cuộc sống hằng ngày. Theo triết gia Lão Tử (thế kỷ VI-V tCN), “Hồi là chuyển động của Đạo, và khứ đã bao hàm hồi rồi”. Niềm tin này mang lại hy vọng, lòng dũng cảm và sự kiên định trong những lúc khó khăn - vì chắc chắn sau chúng sẽ là những thời kỳ tốt đẹp hơn - nhưng cũng gợi ý sự khiêm nhường và thận trọng trong những khi thịnh vượng, vì sự suy tàn không bao giờ ở xa cả. Niềm tin này cho ra đời học thuyết Trung đạo: người ta không bao giờ được buông thả cho sự thái quá, hoang phí cũng như tự thỏa mãn.



Để minh họa khái niệm chuyển động tuần hoàn của Đạo, triết gia Khổng Tử (551-479 tCN) đã đưa ra khái niệm các cực đối lập, âm và dương, vào năm 500 tCN. Bởi vì, trong vũ trụ luận Trung Hoa, khái niệm về một Đấng Sáng thế không tồn tại, nên thế giới được hình dung như là được sinh ra bởi hành động và tương hỗ của hai

lực đối cực này. Trời được gắn với dương, quyền lực của phái nam, mạnh mẽ và sáng tạo, trong khi Đất được biểu diễn bởi âm, yếu tố nữ, mẹ và trực giác. Vũ trụ tuân theo một chuyển động luân hồi vĩnh viễn, dương đạt đến cực điểm sẽ nhường chỗ cho âm. Mặt trời, khô và sáng, là dương. Mặt trăng, ẩm ướt và tối, là âm. Ngày nối tiếp đêm, mùa hè chói chang và nóng nối tiếp mùa đông âm u và lạnh: và còn biết bao ví dụ về sự tương tác hài hòa của cặp âm-dương.

Quan niệm vô thần này về thế giới đã giải thích tại sao khoa học không đến từ phương Đông, mặc dù khu vực này từng đi trước rất lâu trong nhiều lĩnh vực công nghệ. Người Trung Quốc đã phát minh ra thuốc súng, la bàn cùng rất nhiều phát minh kỹ thuật khác, nhưng khoa học lại không ra đời ở đất nước họ. Vì không có khái niệm về một "Chúa - thợ đồng hồ" áp đặt các định luật nghiêm ngặt, nên họ không nhọc công đi tìm kiếm những định luật ấy. Họ đã không có quan niệm của người Hy Lạp về lý trí con người, cho rằng, bằng sự nghiêm túc của chính mình, họ có thể tìm được các quy luật của tự nhiên mà các đấng Sáng thế đã áp đặt.

### *Vũ trụ huyền thoại Ai Cập*



Gần như đồng thời, vũ trụ huyền thoại Ai Cập cũng phát triển mạnh. Ngoại trừ thung lũng phì nhiêu của sông Nil, Ai Cập trải trên một sa mạc rộng lớn và khô cằn. Do vậy, không có gì ngạc nhiên khi Mặt trời là Đấng Sáng thế trong vũ trụ Ai Cập. Cũng như trong huyền thoại Babylon, nước là nguồn sống, sông Nil và các vụ lụt lội

hàng năm mà nó gây ra cho phép nông nghiệp và do đó, cả nền văn minh nông nghiệp phát triển rực rỡ. Trong vũ trụ huyền thoại Ai Cập, sự sống đã xuất hiện từ đại dương khởi thủy Nun. Thần Mặt trời Râ xuất hiện dưới nhiều dáng vẻ bổ sung cho nhau: một con chim ưng bay lượn trên trời, hay một con bộ hung đẩy đĩa Mặt trời trên vòm trời. Geb là Đất, một đĩa phẳng được bao quanh bởi núi non, trôi nổi trên đại dương khởi thủy Nun. Cơ thể của nữ thần xinh đẹp Nout, được đỡ bởi thần không khí Shu, tạo thành vòm trời. Các đồ trang sức làm đẹp cho cơ thể của nữ thần và lấp lánh bằng tất cả ngọn lửa của chúng chính là các hành tinh và các ngôi sao. Thần Mặt trời Râ băng qua cơ thể thần Nout trên một chiếc thuyền trong ngày để rồi lại ngược trở về qua nước ngầm trong đêm. Trong thế giới ngầm, dưới đất thần Râ phải chiến đấu với một con rắn khổng lồ, Apep, chặn đường đi của thuyền, một cuộc chiến tàn khốc thể hiện bằng các trận dông bão trên mặt đất. Một nhật thực toàn phần có nghĩa là Apep đã tạm thời nuốt mất con thuyền. Nhưng thần Râ luôn chiến thắng để xuất hiện trở lại vào ngày hôm sau, chiếu sáng và sưởi ấm thế giới bằng các tia nắng tốt lành của mình.

### Vũ trụ huyền thoại Ấn Độ



Mặt trời, ngôi sao của sự sống, đã đóng một vai trò quan trọng trong rất nhiều vũ trụ huyền thoại. Trong vũ trụ thần thoại Ấn Độ, thần Mặt trời, Surya, băng qua bầu trời trên một cỗ xe ngựa vàng thất mã do một xà ích cụt chân điều khiển. Nhưng chính thế giới quan Hindu chắc chắn là đáng ngạc nhiên nhất. Thật kinh ngạc là nó gợi nhớ đến một số khái niệm của vũ trụ học hiện đại. Brahma là một trong các vị thần chính của chư thần Hindu. Thường vị thần này được thể hiện với bốn tay và bốn đầu tượng trưng cho sự toàn năng và toàn thức của mình, thần được sinh ra đầu tiên và là đấng sáng tạo của vạn vật. Brahma ngủ và mơ, qua đó tạo ra thế giới. Vũ trụ huyền thoại Ấn Độ tuân theo các chu kỳ ở nhiều cấp độ: các chu kỳ nằm bên trong chu kỳ khác, và bản thân các chu kỳ này lại nằm bên trong các chu kỳ khác nữa, dài hơn. Mỗi một chu kỳ của vũ trụ ứng với một nhịp thở của Brahma, vũ trụ giãn ra khi thần thở ra và co lại khi thần hít vào. Sự nở ra này của vũ trụ gợi nhớ đến sự giãn nở của vũ trụ đã được nhà thiên văn người Mỹ Edwin Hubble (xem mục từ này) phát hiện ra. Mỗi một chu kỳ kéo dài khoảng một *kalpa*, nghĩa là 8,6 tỷ năm, độ dài ứng một cách kỳ lạ với các độ dài đặc trưng của vũ trụ học hiện đại, vì đó là khoảng thời gian gấp đôi tuổi của Hệ Mặt trời (4,55 tỷ năm) và hơn một nửa tuổi của vũ trụ (14 tỷ năm). Vũ trụ sẽ tan rã sau một trăm chu kỳ, khi giấc mơ của Brahma kết thúc. Sau 86 tỷ năm, Brahma lại bắt đầu mơ giấc mơ vũ trụ vĩ đại và vũ trụ lại bắt đầu một pha mới gồm một trăm chu kỳ.

Vũ trụ huyền thoại Ấn Độ cũng chứa ý niệm về một số vô hạn vũ trụ, mỗi vũ trụ là sản phẩm của giấc mơ của một vị thần khác nhau. Quan niệm này cũng lại cộng hưởng với ý tưởng đa vũ trụ song song đang thịnh hành trong vũ trụ học hiện đại (xem: *Đa vũ trụ*).

Trong chư thần Hindu, các vị thần không chỉ là rất đông, mà, cũng như trong các vũ trụ thần thoại khác, họ còn có thể có nhiều hình dạng. Chẳng hạn, một số đồ đồng Ấn Độ thế kỷ X đã tái hiện thần Shiva tạo ra thế giới trong khi đang nhảy múa.

## Vũ trụ luân hồi

Một vũ trụ luân hồi là một vũ trụ chịu một chuỗi vô hạn các pha giãn nở và co lại. Trên thực tế, nếu vũ trụ chứa đủ vật chất (dù là vật chất sáng hay tối), thì một lúc nào đó, lực hấp dẫn hút của vật chất này sẽ có thể chặn đứng được quá trình giãn nở và đảo ngược chuyển động chạy trốn của các thiên hà. Khi đó người ta sẽ có một big bang theo chiều ngược lại, tức một *big crunch* ("vụ co lớn"). Các thiên hà và các vì sao sẽ bị giam trong một thể tích ngày càng bé. Cuối cùng, chúng sẽ bốc hơi trong một lượng nhiệt khổng lồ và vật chất bị phân rã thành các hạt cơ bản. Vũ trụ sẽ kết thúc cuộc đời trong một ánh sáng chói lòa, trong một trạng thái vô cùng nhỏ, nóng và đặc. Thời gian và không gian sẽ lại mất hoàn toàn ý nghĩa.

Một vũ trụ co sập lại liệu có thể tái sinh từ đống tro tàn của chính mình, như một con phượng hoàng, để bắt đầu trở lại một chu kỳ mới, có thể, với các định luật và hằng số vật lý mới không? Không một ai biết, vì vật lý hiện nay không còn chân đứng khi nó tiếp cận các nhiệt độ và các mật độ quá cực hạn (cỡ  $10^{32}^{\circ}\text{C}$  và  $10^{90}\text{ g/cm}^3$ , mà người ta gọi là nhiệt độ và mật độ Planck - xem mục từ này).

Theo vũ trụ học hiện đại, nếu vũ trụ xuất phát trở lại trong một chu kỳ mới, thì các chu kỳ sẽ nối tiếp nhau, nhưng sẽ không giống nhau. Vũ trụ sẽ tích tụ ngày càng nhiều năng lượng, điều này sẽ có hậu quả là mỗi chu kỳ sau sẽ kéo dài lâu hơn chu kỳ trước, và kích thước tối đa của vũ trụ sẽ ngày càng lớn hơn. Nhưng nếu vũ trụ của chúng ta không chứa đủ vật chất để lực hấp dẫn chặn lại được sự giãn nở, thì nó sẽ loãng đi cho tới chấm hết và như vậy sẽ không còn chu kỳ gì nữa. Đến hạn, các sao sẽ tiêu thụ toàn bộ nhiên liệu hạt nhân của chúng và sẽ tắt. Chúng sẽ không còn chiếu sáng bầu trời nữa. Thế giới sẽ chìm trong một đêm dài tăm tối và băng giá, từ đó nhiệt sẽ mất mát dần, nhiệt độ sẽ ngày càng tiệm cận nhưng không bao giờ đạt đến không độ tuyệt đối. Do không còn năng lượng để duy trì, sự sống như chúng ta biết, sẽ không thể tồn tại nữa. Trong một tương lai rất xa, vũ trụ sẽ chỉ là một đại dương mênh mông các bức xạ và các hạt cơ bản (xem: *Tương lai rất xa của vũ trụ*).

Theo các thông tin mới nhất, vũ trụ không chứa đủ vật chất (sáng hoặc tối - xem mục từ này) để lực hấp dẫn mà nó tác dụng có thể đảo ngược được chuyển động giãn nở. Trên thực tế, thay vì giảm tốc, chuyển động này dường như lại tăng tốc, được đẩy bởi lực phản hấp dẫn của một năng lượng tối huyền bí (xem mục từ này) chiếm 74% tổng lượng của vũ trụ. Như vậy, vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi, và sẽ không có big crunch, và do đó không có big bang mới. Trong trường hợp này, vũ trụ sẽ không là luân hồi.

## Vũ trụ quan sát được

Vũ trụ phát sinh từ thời kỳ lạm phát (xem: *Lạm phát của vũ trụ*) - thời kỳ vũ trụ giãn nở chóng mặt trong những phần giây tồn tại đầu tiên - và từ thời kỳ tiếp sau uể oải hơn, là đã rộng lớn tới mức mà ngay cả khi có các kính thiên văn mạnh nhất trên Trái đất và trong không gian, thì chúng ta cũng chỉ bao quát được một phần rất nhỏ của nó.

Trong vòng 14 tỷ năm sau thời kỳ lạm phát, vũ trụ nở ra tới  $10^{27}$  lần, và hiện nay nó có bán kính tới  $10^{31}$  m. Một phần rất lớn của vũ trụ này chúng ta vẫn chưa tiếp cận được, chính vì thế vũ trụ quan sát được nhỏ hơn rất nhiều so với toàn vũ trụ. Bán kính của vũ trụ quan sát được, tức phần của toàn bộ vũ trụ mà bên trong đó ánh sáng của các thiên thể có đủ thời gian để đến được chỗ chúng ta và do đó các kính thiên văn của chúng ta tiếp cận được, chỉ là 47 tỷ năm ánh sáng, tức khoảng  $4,7 \cdot 10^{26}$  m. Như vậy, vũ trụ quan sát được có bán kính nhỏ hơn bán kính của toàn vũ trụ hai triệu tỷ lần ( $2 \cdot 10^{24}$ ). Nếu thu nhỏ toàn vũ trụ lại tới kích thước của Trái đất, thì phần quan sát được của nó nhỏ hơn kích thước của một proton hai triệu lần!

Hẳn bạn sẽ hỏi tại sao, nếu vũ trụ có 14 tỷ tuổi, bán kính vũ trụ của chúng ta - phần quan sát được của vũ trụ - lại không phải là 14 tỷ năm ánh sáng, mà thay vì thế, lại là 47 tỷ năm ánh sáng như đã nêu ở trên. Đối với các thiên thể ở gần, chẳng hạn, nằm cách chúng ta dưới 200 triệu năm ánh sáng, thì thời gian để ánh sáng phát ra từ một trong



các thiên thể này đến được chúng ta, trên thực tế, về mặt trị số quả đúng là bằng khoảng cách biểu diễn bằng năm ánh sáng. Chẳng hạn, ánh sáng mà chúng ta nhận được ngày hôm nay từ một thiên hà cách chúng ta 50 triệu năm ánh sáng đã xuất phát từ thiên hà này cách đây 50 triệu năm. Sự giãn nở của vũ trụ làm cho thiên hà này liên tục rời xa Ngân Hà (và Trái đất) trên thực tế là không đáng kể, vì thời gian 50 triệu năm là tương đối ngắn so với tuổi của vũ trụ. Nhưng, đối với các thiên thể ở xa hơn, sự giãn nở của vũ trụ phải được tính đến. Chẳng hạn, một thiên hà ngày hôm nay ở cách Trái đất 24 tỷ năm ánh sáng, thực ra là nó ở gần chúng ta hơn nhiều khi nó phát ra ánh sáng mà ngày nay chúng ta thu được bằng kính thiên văn. Trên thực tế, nó chỉ ở cách chúng ta 12,4 tỷ năm ánh sáng. Ánh sáng của nó đã có đủ thời gian để đến chúng ta, bởi vì nó chỉ cần 12,4 tỷ năm để hoàn thành chuyến chu du đến Trái đất, trong khi tuổi của vũ trụ là 14 tỷ năm.

Tình huống này tương tự như cảnh một con kiến di chuyển trên bề mặt của một quả bóng đang được thổi phồng lên. Giả sử rằng vận tốc di chuyển của con kiến là 2 cm/s. Sau hai mươi giây, theo con kiến, thì quãng đường mà nó đi được là 40 cm. Nhưng như thế có nghĩa là đã quên mất rằng bề mặt của quả bóng không cố định, mà nó tăng lên một cách liên tục. Nếu đo bằng một thước dây, bạn sẽ nhận thấy rằng khoảng cách thực mà con kiến vượt qua được là lớn hơn 40 cm đo quả bóng phồng lên. Và quả bóng càng phồng to thì sự chênh lệch giữa khoảng cách thực và khoảng cách biểu kiến này càng lớn.

Tương tự, sự chênh lệch giữa khoảng cách hiện nay của một thiên hà và khoảng cách của nó ở thời điểm phát ra ánh sáng đến kính thiên văn của chúng ta ngày nay sẽ càng tăng khi thiên thể sáng càng ở xa và hiệu ứng giãn nở của vũ trụ càng lớn. Ánh sáng đến chúng ta từ một thiên hà ở cách 31,4 tỷ năm ánh sáng, trên thực tế, đã xuất phát khi thiên hà này ở cách chúng ta 13,4 tỷ năm ánh sáng. Ánh sáng của một thiên hà hiện nằm cách chúng ta 47 tỷ năm ánh sáng đã được phát ra khi nó chỉ ở cách 14 tỷ năm ánh sáng, đó là khoảng cách tối đa mà ánh sáng đã có thể vượt qua trong suốt thời gian tồn tại của vũ trụ<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> Các tính toán này phụ thuộc vào sự tiến triển của tốc độ giãn nở của vũ trụ theo thời gian. Thực ra hiện nay chúng ta vẫn chưa hiểu thật rõ sự tiến triển này. Các con số trên chưa tính đến sự tăng tốc của vũ trụ, được phát hiện năm 1998.

Theo thời gian, vũ trụ sẽ vén bức màn bí mật thêm nữa, ánh sáng của các thiên hà ngày càng xa hơn có đủ thời gian cần thiết đến được chúng ta. Ánh sáng của các vùng xa xôi của vũ trụ sẽ chỉ đến được với con cháu chút chít của chúng ta vào một thời kỳ rất xa xôi trong tương lai: trong khoảng 3 tỷ năm, khi Đám mây Magellan Lớn, một thiên hà lùn hiện đang là vệ tinh quay quanh thiên hà của chúng ta, sẽ rơi vào Ngân Hà và sẽ bị Ngân Hà ăn thịt; hay khi Ngân Hà va chạm với thiên hà láng giềng là thiên hà Tiên nữ (*xem mục từ này*); trong khoảng 5 tỷ năm tới, khi Mặt trời đã tiêu thụ toàn bộ dự trữ hydro và sẽ chết; trong khoảng 1.000 tỷ năm tới, khi tất cả các sao của Ngân Hà sẽ tắt (*xem: Tương lai rất xa của vũ trụ*), v.v.

Sở dĩ vũ trụ quan sát được nhỏ hơn toàn bộ vũ trụ, thì đó là bởi vì trong pha lạm phát của nó, sự giãn nở của không gian đã được thực hiện với một vận tốc lớn hơn rất nhiều so với vận tốc ánh sáng.

## Vũ trụ sáng tạo

Thế kỷ XX đã chứng kiến một sự đảo lộn thực sự trong cách nhìn nhận thế giới của chúng ta. Sau khi đã thống trị tư tưởng phương Tây trong suốt 300 năm, quan niệm Newton về một vũ trụ phân mảnh, cơ học và quyết định luận, đã phai nhường chỗ cho một quan niệm về một thế giới tổng thể, phi tất định và giàu sức sáng tạo.

Theo Newton, vũ trụ chỉ là một cỗ máy khổng lồ cấu thành từ các hạt vật chất vô tri, tuân theo các lực mù quáng. Xuất phát từ một số nhỏ các định luật vật lý, lịch sử của một hệ có thể được giải thích và tiên đoán đầy đủ nếu người ta có thể xác định được các tính chất cơ bản của nó ở một thời điểm nhất định. Tương lai đã được chứa trong quá khứ, và thời gian trong một chừng mực nào đó bị loại bỏ, tới mức chúng ta đứng trước một sự lưỡng phân kỳ lạ giữa một bên là các định luật của tự nhiên bất biến và phi thời gian và bên kia là một thế giới thay đổi và ngẫu nhiên; giữa bên này là các định luật vật lý không biết đến hướng của thời gian và

bên kia là một thời gian tâm lý và nhiệt động lực học luôn tiến về phía trước (xem: *Mũi tên thời gian*). Vũ trụ bị bao bọc trong một cái vỏ gò bó cũng nhắc lấy đi của nó mọi sức sáng tạo và ngăn cản mọi sự đổi mới. Tất cả đều đã được ấn định từ trước không gì sửa chữa được và mọi sự kinh ngạc đều không được phép. Điều này đã khiến Friedrich Hegel thốt ra câu nói nổi tiếng: “Không bao giờ có gì mới trong tự nhiên hết!”

Đó là một thế giới mà quy giản luận làm bá chủ. Chỉ cần phân tích mọi hệ phức tạp thành các thành phần đơn giản nhất của nó và nghiên cứu hành trạng của các bộ phận cấu thành của nó là có thể hiểu được tổng thể. Vì tổng thể chỉ đơn giản là tổng số học của các bộ phận của nó không hơn không kém. Tồn tại một mối quan hệ trực tiếp giữa nguyên nhân và kết quả. Tâm của kết quả là luôn tỷ lệ với cường độ của nguyên nhân và có thể được xác định từ trước. Quyết định luận cứng nhắc và vô sinh này, sự quy giản khô cứng và phi nhân tính này đã thắng thế cho tới cuối thế kỷ XIX. Chúng đã bị lật đổ, thay đổi và, cuối cùng, bị quét sạch bởi một quan niệm kích thích và giải phóng hơn nhiều trong thế kỷ XX. Chiều kích lịch sử hùng dũng bước vào trong rất nhiều lĩnh vực khoa học. Ngẫu nhiên chiếm một vị trí xứng đáng trong các lĩnh vực hết sức đa dạng như vũ trụ học, vật lý thiên văn học, địa chất học, sinh học và di truyền học. Hiện thực không còn chỉ được quyết định bởi các định luật tự nhiên áp dụng cho các điều kiện ban đầu cụ thể nữa; nó còn được nhào nặn và chi phối bởi một chuỗi các sự kiện ngẫu nhiên và lịch sử. Một số trong các giai đoạn này, làm thay đổi và đảo lộn hiện thực ở cấp độ sâu sắc nhất, là nguồn gốc của chính sự tồn tại của chúng ta. Chẳng hạn, sự kiện tiểu hành tinh va vào Trái đất cách đây 65 triệu năm: chính vì gây ra sự tuyệt chủng của loài khủng long (xem mục từ này) và tạo điều kiện thuận lợi cho sự sinh sôi nảy nở của tổ tiên loài động vật có vú của chúng ta, mà vụ va chạm ngẫu nhiên này là nguyên nhân của sự đột sinh của chúng ta. Giác mơ của Laplace (xem mục từ này) về một quyết định luận tuyệt đối đã tan thành mây khói.

Sự tiềm vị của lịch sử không phải là thủ phạm duy nhất của sự giải phóng tự nhiên. Các định luật vật lý, bản thân chúng, cũng mất đi tính cứng nhắc của mình. Với sự lên ngôi của Cơ học lượng tử

(xem mục từ này) đầu thế kỷ XX, ngẫu nhiên đã hùng dũng bước vào thế giới nguyên tử. Và sự bất định đầy tính kích thích của mờ nhòe lượng tử đã thay thế cho sự chắc chắn tất định và nhằm chán. Quy gian luận chặt hẹp và giản lược đã bị quét sạch, hiện thực bị phân mảnh và định xứ trở nên mang tính tổng thể và toàn bộ (xem: *Tính tổng thể của không gian*). Thế giới vi mô cũng không bị trừ ra: với lý thuyết Hỗn độn (xem mục từ này), tính bất định xâm chiếm không chỉ cuộc sống hằng ngày của chúng ta, mà còn cả thế giới của các hành tinh, các sao và các thiên hà nữa. Một số hiện tượng nhạy cảm với các điều kiện ban đầu tới mức một thay đổi rất nhỏ lúc đầu có thể làm cho, trong quá trình tiến hóa về sau của hệ, mọi tiên đoán đều trở nên vô ích.

Thoát khỏi sự gò bó quyết định luận, tự nhiên có thể tự do mặc sức sáng tạo. Các định luật phi thời gian của vật lý đã cung cấp cho nó các chủ đề chung mà quanh đó nó có thể thêu dệt và phóng tác giống như một nghệ sỹ nhạc jazz thêu dệt và ứng tác trên một chủ đề tùy theo phản ứng và tâm trạng của người nghe. Chúng phân định phạm vi của cái có thể và cung cấp các tiềm năng. Và chính tự nhiên là người hiện thực hóa chúng. Chính tự nhiên quyết định số phận của mình và thực hiện tương lai của mình. Tự do được thu hồi lại này của tự nhiên đã chiếu một ánh sáng mới lên sự lưỡng phân trước kia giữa các định luật vật lý phi thời gian, vĩnh cửu và bất biến, và thế giới thời gian, thay đổi và ngẫu nhiên: tự nhiên ở *trong* thời gian, vì nó có thể canh tân và sáng tạo quanh các định luật ở *ngoài* thời gian.

Đề tạo ra sự phức tạp, tự nhiên dựa vào sự không cân bằng, trong chừng mực các cấu trúc chỉ sinh ra từ các tình huống ngoài cân bằng. Sự đối xứng chỉ thú vị ở thời điểm nó bị phá vỡ. Chính bằng cách rời xa sự cân bằng mà vật chất sinh ra những cái mới lạ. Trật tự hoàn hảo là vô sinh, trong khi bất trật tự có kiểm soát là sáng tạo, hỗn độn tất định chứa đựng những cái mới. Tự nhiên canh tân; tự nhiên sáng tạo ra các hình dạng đẹp và đa dạng không thể tái hiện bằng các đường thẳng hay các hình hình học đơn giản nữa, mà bằng các đường cong phức tạp hơn mà nhà toán học người Pháp Benoit Mandelbrot đã gọi là "*fractal*". Vật chất tự tổ chức theo các định luật và nguyên lý của sự phức tạp, và có các tính chất "đột sinh" không

thể suy ra từ sự nghiên cứu các bộ phận cấu thành của nó. Nói cách khác, tổng thể lớn hơn tổng của các bộ phận cấu thành. Quy giản luận đã chết hẳn.

*Tìm đọc: Trịnh Xuân Thuận, Hỗn độn và Hài hòa, sđd.*

## **Vũ trụ song song**

*Xem: Đa vũ trụ*

## **Vũ trụ thần linh**

Chúng ta biết rất ít về cuộc sống của những người đã từng bước đi trên Trái đất cách đây vài trăm nghìn năm. Nhờ một mớ các hộp sọ và xương cổ, các công cụ và các vật dụng tìm thấy được nhờ sự làm việc kiên trì và tỉ mỉ của các nhà nhân chủng học và khảo cổ học, mà chúng ta có thể thấy được loáng thoáng các mảnh của cuộc sống hằng ngày của họ. Nhưng chúng ta vẫn gần như chưa biết gì về đời sống tinh thần của họ. Tuy nhiên, chúng ta biết được rằng não của họ cũng đã gần phát triển như não của chúng ta ngày nay. Cách đây một triệu năm, thể tích não của người vượn đứng thẳng (*Homo erectus*) là từ 900-1.100 cm<sup>3</sup>. Để so sánh, não người hiện đại có thể tích trung bình 1.450 cm<sup>3</sup>.

Song song với sự phát triển của não đã xuất hiện ngôn ngữ, với các cấu trúc biểu trưng, cho phép trao đổi các ý tưởng, mong muốn và xúc cảm một cách phi bản năng, và xây dựng được một cấu trúc tinh thần về thế giới. Một số nhà nhân chủng học cho rằng ban đầu tổ tiên của chúng ta tiến hóa trong một vũ trụ thần linh và vật linh có đủ loại các vị thần. Con người trao linh hồn và sự sống cho cây cối, động vật, và toàn bộ thiên nhiên. Vũ trụ được chiếu sáng ban ngày bởi thần Mặt trời và ban đêm bởi thần Mặt trăng. Thân Trái đất bộc lộ sự hiện diện của mình bằng các phun trào núi lửa. Một cành cây bị gãy, một tiếng

sấm rên, vòng cung đa sắc của cầu vồng, suối chảy, mưa rơi - mỗi một sự kiện này đều là biểu hiện của một vị thần. Thế giới các thần linh là thân thuộc và tương xứng với con người. Con người tương tác với các thần linh của mình bằng cách nịnh nọt, mắng mỏ hoặc mặc cả với họ. Chẳng hạn, thần đá làm cho một đứa trẻ vấp ngã bị quở mắng, trong khi những lời cảm ơn được dành cho cây cối sinh hoa trái. Chính các quy tắc xã hội cũng chi phối thế giới các vị thần và thế giới con người. Tất cả đều thân thuộc và tương xứng với con người.

## **Vũ trụ thần linh-huyền thoại**

Với sự tích lũy kiến thức, vũ trụ thần linh ban đầu đã chuyển dần sang một vũ trụ huyền thoại. Con người đã nhận ra rằng sự phức tạp và tổ chức của vũ trụ không thể được quản lý bởi các vị thần tương tự như họ, mà các vị thần này phải có một quyền lực siêu nhiên. Khía cạnh tự phát, chủ động trong các mối quan hệ của con người với các vị thần đã biến mất. Kể từ đó, sự giao tiếp thực hiện thông qua những người được đặc ân là các thầy tu. Những lời nịnh nọt và quở mắng đối với các vị thần đã nhường chỗ cho các đồ cúng và các hiến sinh. Cầu khẩn và xin được phù hộ đã thay thế cho sự trao đổi trực tiếp để xin mùa màng bội thu.

Và như vậy yếu tố huyền thoại của các vị thần đã xuất hiện. Tín ngưỡng tôtem, dựa trên khái niệm một con vật, một cái cây hay một vật chịu trách nhiệm bảo vệ một nhóm xã hội hay một bộ lạc chống lại các nhóm khác của cùng một xã hội, cũng đã xuất hiện. Để săn bắt và giết mổ, cần phải xin phép không chỉ chính động vật đó, như trước kia, mà còn cả thần linh tập thể đại diện cho cả loài đó nữa. Các biểu hiện động vật trên các bức tranh tường thời đá cũ trong các hang động ở Chauvet và Lascaux, miền Nam nước Pháp, đã được thực hiện cách đây 30.000 năm, có lẽ là các biểu tượng của những thần linh tôtem cần phải chiêm bái để đảm bảo săn bắn thành công và sự sinh tồn của bộ lạc.

Các loài động vật cũng thay đổi tùy theo các nền văn hóa và môi trường. Đối với những người Da đỏ ở Bắc Mỹ, trên bờ biển phía Tây Nam, hình ảnh thần linh có dạng một con quạ lớn. Đối với những người Da đỏ Seneca ở vùng New York, hình ảnh thiêng liêng là con rùa. Đối với những người Dogon, một dân tộc châu Phi ở miền trung Mali, thì thần sáng tạo có tên là Nommo có hình dạng một con cá sấu. Một tự nhiên hoàn toàn “thần linh” được con người sử dụng như là một hình của vũ trụ thần linh-huyền thoại. Liệu họ có ý niệm gì về nguồn gốc của nó không? Một số dân tộc quan niệm vũ trụ như xuất phát từ một “vị thần lớn”, lúc thì mang tính nam, lúc thì mang tính nữ, lúc thì cả hai.

## Vườn trẻ sao

Xem. Tinh vân.

***Y***



## Ý thức con người

Có hai bước nhảy vọt trong quá trình tiến hóa của sự sống trên Trái đất. Cả hai vẫn đang được bao bọc trong một bí mật lớn và hiểu được nó là một thách thức rất lớn đối với tri tuệ loài người. Thách thức thứ nhất liên quan đến bước chuyển từ cái vô sinh sang cái hữu sinh: cho tới lúc này chúng ta vẫn chưa có một máy may ý niệm nào về các quá trình làm cho sự sống có thể xuất hiện từ sự lắp ghép các hạt bụi sao vô sinh. Thách thức thứ hai liên quan đến việc con người sở hữu được các quá trình nhận thức và tượng trưng hóa, những thứ là nguyên nhân dẫn đến nghệ thuật, ý thức và văn hóa. Ngay cả với vấn đề này chúng ta cũng không may mắn có được một ý niệm chính xác nào về các nhân tố đã khởi phát sự thay đổi lớn lao này. Cái gì đã có thể, trong một thời kỳ tương đối ngắn ngủi (khoảng sáu triệu năm), biến một loài khỉ dạng người thành một con người có khả năng tự vấn về vũ trụ đã sinh ra mình? Ý thức của con người là gì? Đây là bản chất của tinh thần? Đây là nguồn gốc của tư duy?

Triết gia người Pháp René Descartes (1596-1650), năm 1629 đã ẩn mình trong một quán trọ ở Hà Lan để suy ngẫm về những vấn đề này, đã chỉ rõ rằng nếu tất cả đều có thể bị nghi ngờ - căn phòng mà ông đang sống, chiếc giường mà ông đang nằm, chiếc bàn để viết... - thì có một điều không thể nghi ngờ đó chính là việc ông đang nghi ngờ. Mà khi nghi ngờ là ông tư duy, và như vậy ông phải tồn tại với tư cách là người đang tư duy. Từ đó có câu nói nổi tiếng: *Cogito ergo sum* - "Tôi tư duy, vậy tôi tồn tại". Theo Descartes, con người có bản chất kép: được ban tặng một tinh thần phi vật chất, không trải ra trong không gian và không chia tách được, nhưng con người cũng còn có một thể xác vật chất trải ra trong không gian và có thể chia tách được. Thể xác là một cỗ máy hoàn hảo, như các cỗ máy tự hành trong vườn thượng uyển Saint-Germain, đã từng mê hoặc ông. Tinh thần tư duy và vật chất là tách rời nhau, nhưng tồn tại song song.

Tinh thần đóng vai trò của một kỹ sư trưởng đảm bảo cho bộ máy cơ thể vận hành trơn tru. Nó tiếp xúc với cơ thể thông qua trung gian là “tuyến tủy”. Đó là “nhị nguyên luận” nổi tiếng của Descartes.

Thuyết nhị nguyên này ngược với các luận đề của đa số các nhà thần kinh sinh học đương thời theo đó ý thức chỉ là phản ánh của các quá trình vật lý, kết quả của sự tổ chức cực kỳ phức tạp các mạch neuron. Nói cách khác, theo họ, ý thức và cơ thể chỉ là một. Ý thức không thể tách rời vật chất, nó “đột sinh” một cách tự nhiên nhờ hoạt động thần kinh của não. Đó là quan điểm “nhất nguyên”.

Khái niệm đột sinh ở đây được gắn với khái niệm “phức hợp”. Khi sự tổ chức vật chất vượt qua một ngưỡng phức tạp nào đó, thì các tính chất mới đột sinh ở cấp độ cao hơn của cơ thể, vốn không hiện hữu ở cấp độ thấp hơn của các hạt cơ bản. Nói cách khác, toàn thể lớn hơn tổng các bộ phận. Theo quan điểm này, sự sống đã đột sinh từ các hạt bụi sao vô sinh khi sự tổ chức các tế bào trở nên đủ phức tạp, còn ý thức đã xuất hiện từ vỏ não khi các kết nối thần kinh vượt qua một ngưỡng phức tạp nhất định.

Theo các nhà “nhất nguyên luận”, ý thức chỉ là kết quả của các dòng điện hóa chạy trong các mạch thần kinh. Quan điểm này đã được tóm tắt rất hay qua câu châm ngôn nổi tiếng của bác sỹ người Pháp Pierre Cabanis (1757-1808) vào thế kỷ XVIII: “Não tiết ra tư duy giống như gan tiết ra mật vậy.”

Đánh giá thế nào về cuộc tranh luận “nhị nguyên - nhất nguyên” này? Tinh thần liệu có tách rời vật chất, hay nó chỉ là một biểu hiện của vật chất? Cả hai quan điểm trên đều vấp phải những khó khăn nhất định và còn xa mới giải quyết được.

Về phía nhị nguyên luận Descartes, quan niệm cho rằng “tuyến tủy” có thể là điểm tiếp xúc giữa tinh thần và thể xác đã bị khoa sinh học thần kinh bác bỏ từ lâu. Vấn đề cơ bản của nhị nguyên luận là nhận dạng tinh thần, cái thực thể tách biệt từ bên trong chiêm nghiệm cái sân khấu thực tại bên ngoài - “cái con ma trong cỗ máy” này, như những người phản đối nhị nguyên luận chề nhạo. Cứ giả định rằng con ma này tồn tại đi, thì liệu một thực thể phi vật chất có thể tác động lên hành trạng của một thể xác vật chất hay không? Đó là điều có vẻ như mâu thuẫn với định luật Bảo toàn năng lượng, một trong những nguyên lý thiêng liêng của vật lý nói rằng tổng năng lượng

của một hệ không tự nhiên sinh ra cũng không tự nhiên mất đi. Một số người ủng hộ nhị nguyên luận, như nhà sinh học thần kinh người Australia John Eccles (1903-1997)<sup>40</sup>, đã viện đến sự bất định lượng tử cho phép vi phạm nguyên lý bảo toàn năng lượng trong một khoảng thời gian rất ngắn, nhưng vai trò của cơ học lượng tử trong sự hoạt động của não mới được hiểu một cách rất sơ sài.

Mặt khác, tính nhị nguyên theo Descartes giữa người quan sát và diễn viên, giữa “tôi” và thực tại bên ngoài, giữa các thế giới bên trong và bên ngoài, đều dựa trên ảo tưởng cho rằng thế giới bên ngoài có một thực tại khách quan hoàn toàn độc lập với người quan sát. Thế nhưng, nếu ở thang đời sống hằng ngày của con người, chúng ta có thể coi một cách gần đúng thế giới như thế ở đó tồn tại một sự tách bạch giữa người quan sát và khách thể, thì ở cấp độ nguyên tử và dưới nguyên tử thực tế lại không phải như vậy. Ở cấp độ này, cơ học lượng tử bảo cho chúng ta biết rằng sự phân chia này là giả tạo: người quan sát tham gia vào thực tại được quan sát, anh ta tác động vào nó và phụ thuộc qua lại với nó. Chẳng hạn, một hạt cơ bản khoác chiếc áo sóng khi người ta không quan sát nó, nhưng nó trở lại dạng hạt có một vị trí và một vận tốc ngay khi người ta quan sát nó. Như vậy, chính việc quan sát đã làm thay đổi thực tại bên ngoài.

Còn quan điểm nhất nguyên dựa trên các khai niệm đột sinh và tự-tổ-chức được xây dựng từ quan sát một số hệ vật lý hay hóa học được gọi là “mờ”, nghĩa là chúng tương tác với môi trường của chúng. Sự tương tác này đẩy chúng ra khỏi trạng thái cân bằng và làm cho chúng vượt qua các “điểm phân nhánh” và phóng chiếu chúng đột ngột vào các trạng thái có tổ chức hơn.

Hãy quan sát nước nóng lên trong nồi. Ban đầu là đồng nhất và không có cấu trúc, nhưng rồi nó tự phát tổ chức thành các ô đối lưu trong một dòng trật tự và ổn định ngay khi người ta đun nóng nó lên trên một nhiệt độ tới hạn nào đó. Như vậy, nước đã rẽ nhánh từ một trạng thái không tổ chức sang một trạng thái có tổ chức, bởi vì khi làm nóng nó người ta đã đẩy nó ra khỏi trạng thái cân bằng<sup>41</sup>.

<sup>40</sup> Xem *Tiến hóa của não và sự sáng tạo ra ý thức*, Fayard, 1992.

<sup>41</sup> Nếu người ta tiếp tục tăng nhiệt độ, thì dòng trật tự sẽ trở thành hỗn loạn.

Như vậy, rất có thể là tiến hóa sinh học cũng đã diễn ra theo cách đó: có thể nó đã vượt qua hết sự phân nhánh này đến sự phân nhánh khác, từ sự tự-tổ-chức này sang sự tự-tổ-chức khác, đề chuyên từ cái vô sinh sang cái hữu sinh và không có-ý-thức sang có-ý-thức. Nếu như các cú nhảy tiến hóa như vậy xảy ra thì đó là vì các cơ thể sống là các hệ mở tuyệt vời. Chúng thường xuyên trao đổi năng lượng với môi trường để thở, để lấy thức ăn hay để bài tiết. Mặt khác, không tránh khỏi tồn tại các tác nhân thay đổi xuất hiện làm phá vỡ sự cân bằng của môi trường này và đặt sinh quyển vào trạng thái không-cân-bằng, điều kiện tiên quyết để sự tự-tổ-chức vận hành. Nhưng thay đổi nay có thể là tuân tự hoặc bất ngờ. Việc các loài thực vật làm cho khí quyển Trái đất dần dần giàu thêm oxy, cho phép sự sống bước ra khỏi nước, là một ví dụ về sự thay đổi tuân tự. Vụ va chạm của tiểu hành tinh khổng lồ với hành tinh chúng ta cách đây 65 triệu năm, nguyên nhân gây ra sự tuyệt chủng của loài khủng long (xem mục từ này) và ba phần tư số loài sinh vật ở thời kỳ đó, là một ví dụ về sự thay đổi đột ngột.

Có thể chấp nhận được nếu nghĩ rằng trực cảm về thế giới và vạn vật được “đột sinh” từ hoạt động liên tục của cơ thể gắn với một môi trường cụ thể. Não tồn tại trong một cơ thể luôn tương tác với thế giới quanh nó; chính sự tương tác liên tục này của cơ thể với thế giới bên ngoài đã sinh ra ý thức. Theo quan điểm này, ý thức có thể được giải thích bằng các hạt cơ bản, các dòng điện hóa và các mạch thần kinh. Nhưng sự giải thích ý thức theo kiểu duy vật và quy giản luận này liệu có phải là một quan điểm bền vững?

Nếu con người chỉ là một “gói các noron”, nói theo cách của nhà sinh học Francis Crick (1916-2004)<sup>42</sup>, nếu ý thức chỉ là kết quả của các sự kiện thần kinh, thì tự do ý chí là gì? Nếu người ta bằng lòng với mô hình “con người noron”, thì cảm giác rằng chúng ta có khả năng lựa chọn và quyết định, được gán một cách mơ hồ với một “cái tôi bên trong” mà chúng ta gọi là “tự do ý chí” hay “trách nhiệm”, sẽ chỉ là thuần túy ảo tưởng. Đưa ra một quyết định chỉ là phản ánh hoạt động của các noron trong não, cho phép chúng xác định chiến lược

<sup>42</sup> Xem *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*, Scribners, New York, 1994.

tốt nhất bằng cách tính đến các tác nhân kích thích bên ngoài, hành trang di truyền của chúng ta và sự học hỏi tích lũy trong cuộc đời. Khi các mạch noron khác nhau đồng bộ hóa, chúng ta có cảm giác đã đưa ra một quyết định và chúng ta có một cảm giác nhẹ nhõm và thích thú.

Theo sơ đồ này, thì chúng ta không định đoạt được việc đi xem phim, việc cứu một người gặp nạn hay giết một ai đó cũng giống như ta không thể kiểm soát được nhịp đập của trái tim vậy. Thuyết Tiến hóa và chọn lọc tự nhiên của Charles Darwin (1809-1882) được kêu gọi đề ra tay giúp giải thích trạng thái kỳ lạ này: sở dĩ chúng ta có cảm giác làm chủ, đưa ra các quyết định, có tự do ý chí, chính là bởi vì cảm giác tuân theo các mệnh lệnh đóng một vai trò thuận lợi trong sự thích nghi của loài người trong quá trình tiến hóa. Luận đề này tóm lại nói rằng chúng ta chỉ là các cỗ máy tự hành vốn tự coi mình là các sinh vật biết tư duy, là các robot mà tiến hóa có lẽ đã cho một ảo tưởng là có tự do ý chí. Cái ý thức mà chúng ta biết bao kiểu hãnh này thực ra đơn giản chỉ là một chức năng làm chứng, một đèn hiệu bật sáng ở cuối của một dãy dài các quá trình điện hóa trong các noron mà thôi. Thực ra chúng ta chỉ có ảo giác được ngồi ở ghế điều khiển chứ chẳng bao giờ được hưởng một chút tự do ý chí nào.

Đây loại suy luận này đến kết luận logic của nó - điều mà những người ủng hộ luận đề này không làm - người ta có thể nói rằng nếu tự do ý chí không tồn tại, thì các quan niệm về giá trị, trách nhiệm, đạo lý, công lý và đạo đức, vốn là nền tảng của các xã hội loài người và văn minh, cũng sẽ không có chỗ để tồn tại.

Sở dĩ những người “nhất nguyên luận” bị dẫn vào vị trí triết học không thuận lợi này, chính là bởi vì họ từ chối ý thức, đến lượt nó, lại có khả năng tác động trở lại thể xác đã sinh ra nó. Đối với họ ý thức chỉ là một tính chất đột sinh từ các sự kiện thần kinh, không hơn không kém. Nó chẳng qua chỉ là một hoàng đế còi truồng, không có bất kỳ khả năng thay đổi sự kiện nào.

Để thoát khỏi ngõ cụt, tôi thấy dường như cần phải trả lại vị hoàng đế cùng với quân áo và quyền lực của ngài, và như vậy phải thừa nhận một dạng quan hệ nhân quả tương hỗ giữa tinh thần và thể xác, có thể được thực hiện theo hai chiều, không chỉ một chiều lên phía trên, mà còn cả chiều xuống phía dưới nữa. Khi nó tác động

lên trên, sự tương tác của các cấp độ dưới (các hạt cơ bản, các nguyên tử, gien) sẽ cho ra đời sự sống và ý thức. Các nguyên lý đột sinh vận hành ở cấp độ cao này không thể được suy ra từ các định luật chi phối các cấp độ thấp hơn. Như vậy, sự sống và ý thức không thể được suy ra chỉ từ nghiên cứu các hạt vô sinh. Chắc chắn cần phải có ở đây một quan hệ nhân quả hướng lên, rằng thể xác có thể tác động lên các trạng thái tinh thần: khi chúng ta không cảm thấy thoải mái, thì các ý tưởng của chúng ta không rõ ràng, mạch lạc...

Nhưng tôi nghĩ rằng cũng tồn tại một quan hệ nhân quả tác động theo chiều xuống phía dưới, cho phép các cấp độ trên ảnh hưởng đến các cấp độ dưới. Một số thực nghiệm khoa học đã chứng tỏ rằng ý thức có thể tác động lên thể xác: người ta đã quan sát được rằng, ở những trẻ em bị thiếu tình cảm, một số gien đã không được kích hoạt. Tất cả chúng ta đều biết rằng, khi chúng ta “không thoải mái trong đầu”, chúng ta sẽ dễ dàng ngã bệnh. Nỗi đau thể xác thường đi kèm với nỗi đau tinh thần. Ngược lại, nếu chúng ta thư thái và dòng chảy rôi của các suy nghĩ của chúng ta được yên ả, thì thể xác được xoa dịu và chúng ta cảm thấy “khỏe” về thể chất. Với một quan hệ nhân quả theo chiều đi xuống, một ý thức bắt nguồn từ hoạt động của các nơron, nhưng đến lượt mình nó có thể ảnh hưởng lên hành trạng của các nơron đó, thì có nghĩa là tự do ý chí đã lấy lại đầy đủ quyền năng của mình.

Những người phủ nhận sự tồn tại của tự do ý chí sẽ tự mâu thuẫn mỗi khi họ làm ra vẻ rằng họ đang cư xử sự và thể hiện với tư cách là những người độc lập. Bản thân việc tôi cố gắng chứng tỏ rằng tự do ý chí là có thực chẳng phải đã là một bằng chứng ủng hộ sự tồn tại của nó hay sao? Bởi vì làm sao mà một cái gì đó không tồn tại lại có thể mong muốn chứng minh rằng nó tồn tại? Bằng cách nào mà các nhà sinh học thần kinh và các triết gia không có tự do ý chí lại đi đến phủ nhận chính sự tồn tại của tự do ý chí này?

Không tự do ý chí, thì làm sao giải thích được trường hợp những tên tội phạm nhiều năm ròng sống trong vòng thù hận và tàn bạo, nhưng sau một sự kiện hoặc một sự tình ngộ đã đột ngột nhận ra các hành vi vô nhân đạo của mình, và bắt đầu sống theo một cách hoàn toàn ngược lại, tràn đầy tình yêu thương và vị tha. Cũng làm sao giải thích được sự thay đổi hoàn toàn, gần như tức thời, của những

người bỗng nhiên được hưởng “thiên ân”, những người mà cho tới trước đó vẫn hoàn toàn thờ ơ với những vấn đề tâm linh, bỗng thấy tràn ngập trong mình một tình cảm tôn giáo mãnh liệt tới mức thay đổi một cách căn bản lối sống và tư duy của mình? Những thay đổi đột ngột như vậy, vốn đòi hỏi một sự sắp xếp lại rất lớn các kết nối thần kinh, sẽ là không thể giải thích được nếu ý thức không thể tác động lên các mạch thần kinh, bởi vì, bất chấp sự mềm dẻo tuyệt vời của não (các kết nối thần kinh bắt đầu tự sắp xếp lại chỉ vài phút sau khi một ngón tay hay một cẳng chân bị cắt), sự sắp xếp lại này cũng không thể diễn ra tức thì được.

Rõ ràng khoa học còn lâu mới hiểu được chúng ta tư duy như thế nào, yêu thương và sáng tạo ra sao. Về phần mình, tôi khó có thể tin rằng chúng ta chỉ là các “cỗ máy truyền gen”, nói theo cách của nhà sinh học người Anh Richard Dawkins (sinh năm 1941)<sup>43</sup>, rằng tình yêu làm chuyển biến hai người đang yêu và đốt cháy trái tim họ, rằng tình cảm rực cháy này đã được các thi sĩ ngợi ca, thứ tình cảm đã khơi nguồn cảm hứng cho các tiểu thuyết gia vĩ đại nhất và các nhạc sỹ xuất chúng nhất, được tôn lên bởi các họa sỹ tài năng nhất, là nguồn gốc của những hy sinh cao cả nhất cũng như các hành động anh hùng nhất, nhưng cũng của sự phát động các cuộc chiến tranh tang thương nhất... lại là kết quả của các dòng điện hóa chạy trong các mạch thần kinh! Tôi cũng rất khó có thể chấp nhận rằng tình yêu thương của một người mẹ đối với con mình, sự đồng cảm gắn kết một cặp uyên ương già ở buổi xế chiều của cuộc sống chung, tình cảm siêu việt thấp sáng sự tồn tại của con người, sự ca tụng trước vẻ đẹp, sự ghê tởm trước cái xấu, niềm vui và nỗi buồn, nỗi đau và tình thương - rằng tất cả những điều này lại là kết quả của các kết nối thần kinh được chi phối bởi các lực không thể thay thế và mù quáng của tiến hóa và chọn lọc tự nhiên<sup>44</sup>.

<sup>43</sup> Xem Richard Dawkins, *gen và kỹ*, Nhà Trí thức, 2011.

<sup>44</sup> Để có một cái nhìn Phật giáo về tranh luận thể xác/tinh thần, xem Matthieu Ricard và Trịnh Xuân Thuận, *Cái vô hạn trong lòng bàn tay*, Phạm Văn Thiều và Ngô Vũ dịch, Nxb Trẻ.

**W**



## WIMP

Nghiên cứu chuyển động của các sao trong các thiên hà và chuyển động của các thiên hà trong các đám thiên hà cho chúng ta biết rằng chỉ 26% tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ được tạo thành từ vật chất. Trong số 26% này, chỉ có 4% được cấu thành từ vật chất thông thường như bạn và tôi (nghĩa là từ proton, neutron và electron), trong khi 22% được tạo thành từ vật chất không thông thường, hay “ngoại lai”. Bản chất chính xác của vật chất ngoại lai này hiện vẫn là một bí ẩn: chưa một hạt vật chất tối ngoại lai nào (xem mục từ này) được phát hiện trong phòng thí nghiệm cũng như trong vũ trụ, và bản chất chính xác của vật chất tối ngoại lai vốn đóng một vai trò cực kỳ quan trọng trong sự hình thành các thiên hà (xem mục từ này) vẫn còn hoàn toàn chưa biết.

Tuy nhiên, các nhà vật lý thiên văn không bao giờ thiếu trí tưởng tượng, và cũng không hề thiếu các ứng viên! Họ nghĩ rằng trong thời kỳ thống nhất lớn, trải từ thời gian Planck ( $10^{-43}$  giây) cho tới  $10^{-35}$  giây sau Big Bang, đồng thời với vật chất thông thường được tạo thành từ các quark (các viên gạch cấu tạo nên proton và neutron) và electron, đã ra đời rất nhiều hạt vật chất ngoại lai, mỗi hạt đều có một khối lượng. Chuyển động của toàn bộ hạt có thể được đặc trưng bằng nhiệt độ: vận tốc của hạt càng lớn, thì nhiệt độ của nó càng cao; chuyển động của hạt càng uể oải thì nhiệt độ của nó càng thấp. Trong một môi trường có nhiệt độ đã cho, một hạt vật chất chuyển động nhanh hay chậm tùy thuộc vào khối lượng của nó. Một hạt vật chất có khối lượng lớn sẽ chuyển động chậm hơn một hạt có khối lượng nhỏ. Như vậy, các hạt vật chất ngoại lai có thể được xếp vào hai nhóm chính: các hạt, nhẹ, chuyển động rất nhanh, tạo thành cái mà các nhà vật lý gọi là “vật chất tối nóng”; các hạt nặng, chuyển động chậm chạp hơn, tạo thành “vật chất tối lạnh”.

Các hạt *WIMP* hiện là ứng viên hàng đầu cho vật chất tối lạnh. Tên chung này, viết tắt của cụm từ tiếng Anh *Weakly interacting massive particles* (các hạt nặng tương tác rất yếu: chúng xuyên qua Trái đất như thể Trái đất hoàn toàn trong suốt vậy), có nghĩa là “những anh chàng béo bệu” và liên tưởng tới các đối tượng có độ sáng yếu gọi là *MACHO* (xem mục từ này). Sự tồn tại của các hạt *WIMP* đã được tiên đoán bởi các lý thuyết gọi là “siêu đối xứng” nhằm thống nhất vật chất và ánh sáng, trong đó mỗi hạt của vật chất và ánh sáng đã biết được gán với một hạt đối tác mà sự tồn tại của chúng cho tới nay vẫn còn là giả định. Tên của các hạt siêu đối xứng này không hề thiếu chất thơ: photino, zino hay higgsino, đó các đối tác lần lượt của photon, các hạt *Z* và Higg (để đặt tên cho các đối tác của chúng người ta thêm hậu tố “ino” vào tên của hạt đã biết). Các tính toán chứng tỏ rằng bằng cách tính đến số lượng của chúng vào thời điểm Big Bang, các hạt *WIMP* phải nặng gấp một nghìn lần proton mới có thể giải thích toàn bộ khối lượng tối ngoại lai. Những giá trị này của khối lượng các hạt *WIMP* chính xác là các giá trị được tiên đoán bởi một số lý thuyết Siêu đối xứng và bởi lý thuyết Dây (lý thuyết cho rằng các hạt bắt nguồn từ sự dao động các sợi dây vô cùng bé - xem mục từ này) tùy thuộc vào những lý do hoàn toàn không có liên quan gì đến vấn đề khối lượng tối cả. Sự trùng hợp bất ngờ này gợi ý rằng có thể các hạt *WIMP* thực sự tồn tại chứ không phải chỉ là kết quả tính toán thuần túy của các nhà vật lý.

Trong mọi trường hợp, việc tìm kiếm miệt mài các hạt tối ngoại lai, được bắt đầu từ những năm 1980, vẫn được tiếp tục không ngừng nghỉ trong nhiều phòng thí nghiệm vật lý trên thế giới. Cần phải nói rằng nhiệm vụ này không hề dễ dàng chút nào, bởi vì các hạt nặng tối này choán toàn vũ trụ và tương tác rất ít với vật chất thông thường, vật chất tạo nên các dụng cụ quan sát của chúng ta. Trung bình, cứ mỗi một triệu hạt *WIMP* mỗi giây chạy qua một máy dò có bề mặt bằng đồng xu 1 euro, thì nhiều nhất chỉ có một hạt tương tác mỗi ngày với máy dò này! Vào thời điểm bạn đang đọc những dòng chữ này, thì hàng tỷ các hạt tối ngoại lai đó có thể đã xuyên qua cơ thể bạn mỗi giây mà bạn không nhận ra!

Nhưng sắp sửa sẽ có nhiều sự tăng viện cho cuộc săn lùng vật chất tối ngoại lai. Máy *Large Hadron Collider* (LHC, “máy va chạm

hadron lớn", tức các hạt nặng với lực hạt nhân mạnh, như proton), ở Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu (CERN), đặt tại Genève, sẽ đi vào hoạt động năm 2009. Nó sẽ đạt đến các năng lượng tương đương với năng lượng ứng với các hạt giả thuyết photino, zino và higgsino, và như vậy có thể đóng góp vào cuộc săn lùng các hạt *WIMP*. Liệu LHC có thể tìm ra các hạt vật chất tối ngoại lai trong những năm tới không? Dù thế nào chăng nữa, thì việc này cũng bỏ công: phát hiện ra bản chất của vật chất tối ngoại lai của vũ trụ vẫn còn là một trong những thách thức lớn nhất của vật lý thiên văn đương đại. Các nhà nghiên cứu vượt qua được thách thức này sẽ không chỉ phát hiện được một dạng vật chất mới, mà họ còn vén được bức màn bí mật phủ lên phần lớn nhất của vật chất của vũ trụ. Phần thưởng sẽ là một chuyến đến Sockholm để nhận giải Nobel vật lý từ tay nhà vua Thụy Điển!

NHÀ XUẤT BẢN TRI THỨC

53 Nguyễn Du - Quận Hai Bà Trưng - Hà Nội

ĐT: (84-4) 3945 4661 - Fax: (84-4) 3945 4660

P. Phát hành: (84-4) 3944 7279 - P. Biên tập: (84-4) 3944 7278

P. Truyền thông: (84-4) 3944 7280

E-mail: [lienhe@nxbtrithuc.com.vn](mailto:lienhe@nxbtrithuc.com.vn)

Website: [www.nxbtrithuc.com.vn](http://www.nxbtrithuc.com.vn)

[www.muasach.nxbtrithuc.com.vn](http://www.muasach.nxbtrithuc.com.vn)

---

Trịnh Xuân Thuận

# từ điển yêu thích BẦU TRỜI và CÁC VÌ SAO

Phạm Văn Thiều & Ngô Vũ dịch

(Tái bản lần thứ nhất)

Chịu trách nhiệm xuất bản

CHU HẢO

Biên tập: Nguyễn Phương Loan

Trình bày và thiết kế bìa: Trần Thị Tuyết

Sửa bản in: Ban biên tập

---

In 500 bản, khổ 15 x 24cm.

Tại Xi nghiệp in nhà xuất bản Văn hóa Dân tộc.

Giấy đăng ký kế hoạch xuất bản số 149-2012/CXB/34-02/TrT.

Quyết định xuất bản số 27/QĐ NXB TrT của NXB Tri thức ngày 22/8/2012.

In xong và nộp lưu chiểu Quý III năm 2012

Từ đêm đen của thời gian, con người đã dăm dăm nhìn lên  
bầu trời, cật vấn nó, thi vị hóa nó và thậm chí còn bị kích  
hóa nó.

Mọi thứ trong vũ trụ đều thay đổi, vận động và có một  
lịch sử.

Vũ trụ có điểm bắt đầu, có hiện tại và sẽ có một tương lai.  
Ngay cả các ngôi sao cũng không vĩnh viễn, chúng sinh ra,  
sống trọn cuộc đời của mình, rồi chết.

Không phải ở thang thời gian bách niên của cuộc đời con  
người mà là hàng triệu năm, thậm chí hàng  
tỷ năm.

Làm thế nào mà cái vô cùng bé lại có thể sinh ra cái  
vô cùng lớn?

Làm thế nào mà vũ trụ với toàn bộ hàng trăm tỷ thiên hà lại  
có thể vọt ra từ một chân không vì mô?

Mặt trời và Mặt trăng đã xuất hiện như thế nào?

Tất cả chúng ta chỉ là những hạt bụi của các vì sao và vì vậy  
chúng ta đều là con đẻ của thời gian.