

LỖ ĐEN, LỖ SÂU ĐỤC VÀ CỖ MÁY THỜI GIAN



JIM AL-KHALILI

LỖ ĐEN, LỖ SÂU ĐỤC VÀ CỖ MÁY THỜI GIAN

JIM AL-KHALILI

(Trần Nghiêm dịch)

Tặng Julie, David và Kate



Jim Al-Khalili sinh năm 1962 và là nhà vật lý lý thuyết tại trường Đại học Surrey ở Guildford, Anh quốc. Ông là tác giả của nhiều tập sách phổ biến kiến thức khoa học. Lĩnh vực nghiên cứu hiện nay của ông là tính chất của những loại hạt nhân nguyên tử mới có chứa các *quang neutron*. Ông lấy bằng tiến sĩ vật lý hạt nhân lý thuyết ở trường Surrey vào năm 1989 và, sau hai năm làm việc tại trường Đại học College London, ông trở lại Surrey làm nhà nghiên cứu khách mời rồi được bổ nhiệm làm giảng viên vào năm 1992. Ông dạy môn vật lý lượng tử, thuyết tương đối, toán học và vật lý hạt nhân tại trường Surrey.

Nội dung

Lời nói đầu 1

Lời cảm ơn 4

KHÔNG GIAN

1. Chiều thứ tư 5

2. Sự hấp dẫn 23

3. Vũ trụ 41

4. Lỗ đen 73

THỜI GIAN

5. Thời gian đang thay đổi 99

6. Thời gian Einstein 125

7. Nghịch lí du hành thời gian 157

CỔ MÁY THỜI GIAN

8. Lỗ sâu đục 175

9. Làm thế nào xây dựng một cỗ máy thời gian 193

10. Chúng ta biết được những gì? 215

Lời nói đầu

Trong vài năm trở lại đây, đã có một sự bùng nổ về số lượng sách vở và chương trình truyền hình phổ biến những ý tưởng và lí thuyết khoa học hiện đại và đưa chúng đến gần hơn với đông đảo công chúng. Chẳng biết thật sự có nhu cầu tìm hiểu những vấn đề này hay không, nhưng một quyển sách viết về một đề tài luôn nhận được nhiều sự quan tâm hơn hết thảy: bản chất của không gian và thời gian và nguồn gốc của Vũ trụ của chúng ta? Có một hôm, tôi lướt qua một lượt website của một câu lạc bộ sách lớn trên Internet. Dưới danh mục khoa học và tự nhiên, tôi tìm tất cả những quyển sách có chứa từ “thời gian” trong tựa sách. Tôi tìm thấy 29 kết quả! Tất nhiên, cuốn *Lược sử thời gian* của Stephen Hawking là nổi trội nhất trong số này, nhưng còn có nhiều cuốn khác với tựa đề như *Về thời gian*, *Sự ra đời của thời gian*, *Biên giới của thời gian*, *Dòng chảy của thời gian*, và vân vân. Dường như câu hỏi bản chất của thời gian ở cấp độ cơ bản là một chủ đề “nóng” hiện nay. Cái khiến tôi bất ngờ nhất là thấy nhiều cuốn trong số 29 tựa sách đã được xuất bản *kể từ khi* tôi bắt đầu viết cuốn sách này.

Những cây bút khoa học nổi tiếng như Paul Davies, John Gribbin, và Richard Dawkins đã là nguồn động viên đối với tôi khi tôi còn là sinh viên chưa tốt nghiệp hồi thập niên 1980. Nhưng họ trình bày những cái ai cũng đã biết. Họ nhắm vào những độc giả quen thuộc. Vì thế, tham vọng của tôi là viết một cuốn sách ở một cấp độ cơ bản hơn, nó sẽ giải thích một số ý tưởng và lí thuyết của vật lí hiện đại cho *bất kì ai* muốn tìm hiểu, tất nhiên phải làm sao thu hút họ đọc sách ngay từ những dòng đầu tiên. Tôi cũng cố gắng làm cho nội dung cuốn sách thân thiện, dễ hiểu, nhắm tới (có lẽ không thành công cho lắm) phong cách Stephen Hawking pha lẫn Terry Pratchett.

Nhiều nhà khoa học cho rằng những chủ đề khó như thuyết tương đối tổng quát Einstein chỉ có thể “làm ngo” trước khi đạt tới một mức độ mà các lí giải

không còn đúng nữa. Tôi ghét kiểu gọi đó”: làm ngo. Nghe nó bề trên làm sao ấy. Và trong khi xã hội đang san phẳng giữa người này và người khác, không xem ai thông minh hơn ai, thì các nhà khoa học vốn chỉ là những người đã có nhiều năm được đào tạo để hiểu rõ thuật ngữ chuyên ngành, những khái niệm trừu tượng và những công thức toán học. Cái khó là phiên dịch những nội dung này thành lời và ý tưởng mà những người không qua đào tạo chuyên sâu có thể lĩnh hội được.

Cuốn sách này được viết với những độc giả nhỏ tuổi luôn ngự trị trong đầu tác giả. Tuy nhiên, nó dành cho bất cứ ai có sự hứng thú hay say mê. Cho dù bạn chưa hề đọc một cuốn sách khoa học nào từ năm 15 tuổi thì cũng không sao.

Vậy cuốn sách này đã ra đời như thế nào? Vâng, khoảng ba năm trước đây, trưởng khoa vật lý của tôi tại trường Đại học Surrey, Bill Gellertly, yêu cầu tôi có một bài giảng về “lỗ sâu đục”, đó là một bài trong loạt bài giảng dành cho sinh viên năm nhất bao quát nhiều chủ đề vật lý lý thú thuộc về vật lý hiện đại. Một chủ đề như vậy chắc chắn không phải là một phần của khóa học vật lý truyền thống dành cho sinh viên. Thật ra, những người hâm mộ chương trình truyền hình *Star Trek: Deep Space Nine* có lẽ còn hiểu về lỗ sâu đục nhiều hơn nhà vật lý trung bình của bạn. Dẫu sao, tôi nghĩ chủ đề đó thật thú vị, và đã tiến hành tham khảo một số tài liệu cơ bản nhằm chuẩn bị cho bài giảng. Một ngày nọ, tôi thật bất ngờ bắt gặp trong số khán giả có nhiều sinh viên ngoài khóa học, cũng như nhiều nghiên cứu sinh hậu tiến sĩ và cả nhân viên của trường. Dường như có cái gì đó kì diệu với chủ đề trên.

Mỗi năm, khoa của tôi gửi đi một danh sách giảng viên, trong số những nhân viên chính thức, và các tiêu đề bài giảng đến các trường trung học và cao đẳng ở địa phương. Đây chủ yếu là một chính sách quảng bá của khoa hi vọng những bài giảng này có vai trò nào đó trong việc thu hút thêm sinh viên mới. Tôi đưa bài giảng “lỗ sâu đục” của mình vào một trong số này. Với sự thành công của nó, tôi được Viện Vật lý yêu cầu làm Giảng viên Trường học năm 1998. Công việc là đi khắp đất nước, giảng cho trẻ 14 – 16 tuổi, với vài trăm khán giả mỗi lượt. Và, sau khi chuẩn bị kĩ lưỡng cho đợt thuyết giảng này, tôi nhận thấy mình đã tích lũy quá

nhiều chất liệu hấp dẫn để đưa vào bài giảng một giờ đồng hồ và quyết định viết thành một cuốn sách.

Tôi đã cố gắng cập nhật thông tin càng mới càng tốt. Thật vậy, khi nhà xuất bản gửi bản thảo về cho tôi sửa chữa và hiệu chỉnh lần cuối, tôi đã sửa hoàn toàn chương nói về vũ trụ học. Do những khám phá thiên văn học gần đây, nhiều ý tưởng về kích cỡ và hình dạng của Vũ trụ đã thay đổi trong một vài tháng gần gũi kể từ khi tôi viết chương đó.

Jim Al-Khalili

Portsmouth, Anh quốc, tháng 7/1999

Lời cảm ơn

Nhìn lại nửa cuối năm 1998, khi phần lớn tập sách này được viết, tôi thấy mình nợ Julie, vợ của tôi, cùng hai con David và Kate rất nhiều. Vì tôi không được phép viết khi đang làm việc ở đơn vị, nên tôi phải viết ở nhà vào những buổi tối và cuối tuần. Tôi cũng cảm ơn những người bạn, gia đình và những đồng nghiệp sau đây đã đọc bản thảo và có nhiều nhận xét, góp ý: Julie Al-Khalili, Reya Al-Khalili, Richard Wilson, John Joe Mac Fadden, Greg Knowles, Simon Doran, James Christley, Ray Mackintosh, John Miller và James Curry. Tôi nghĩ tập sách vẫn còn có thiếu sót, và tôi chịu trách nhiệm về điều đó. Tôi cũng cảm ơn Bill Gelletly vì đã đề xuất nhờ đó mà toàn bộ dự án này được triển khai, Kate Jones vì một số thảo luận mang tính xây dựng trong bữa trưa về entropy, Youcef Nedjadi vì đã làm sáng tỏ một số phương diện của ý thức, Matt Visser vì đã cung cấp cho tôi một số quan điểm mới nhất về lỗ sâu đục, Brian Stedeford vì những đánh giá hữu ích về tác phẩm của Lewis Carroll, Phil Palmer vì làm sáng tỏ một số điểm trong vũ trụ học, James Malone vì đã cung cấp hình ảnh của một lỗ sâu đục vẽ bằng máy vi tính dùng làm bìa tập sách, và cuối cùng là vị biên tập viên đáng kính của tôi tại Viện Vật lý, Michael Taylor, vì mọi sự giúp đỡ và ủng hộ của ông.

1

CHIỀU THỨ TƯ



Nghiên cứu các hình dạng

Hình học là ngành toán học nghiên cứu tính chất và quan hệ của các điểm, các đường, các mặt, và các khối. Đa số mọi người có lẽ không thèm nhìn lại kiến thức hình học họ đã học ở trường phổ thông: diện tích của một hình tròn, chiều dài các cạnh của một tam giác vuông, thể tích của hình lập phương và hình trụ, không quên những công cụ xác thực đó, compa và thước đo góc, với sự say mê tiếc nuối. Vì thế, tôi không hi vọng bạn sẽ không quá phớt lờ một chương dành riêng cho hình học.

Theo tinh thần viễn chinh của cuốn sách này là chống lại ngôn ngữ chuyên ngành khoa học, tôi sẽ định nghĩa lại hình học bằng cách nói nó phải *nghiên cứu các hình dạng*. Ta hãy xét cái ta cho là hình dạng với ý nghĩa chung nhất. Hãy nhìn vào chữ “S”. *Hình dạng* của nó là do một đường cong tạo ra. Một vết nước sơn trên miếng vải bạt cũng có một hình dạng nào đó, nhưng đây không còn là hình dạng của một đường mà là của một mặt. Các vật rắn cũng có hình dạng. Khối lập phương, quả cầu, con người, xe hơi đều có hình dạng hình học gọi là hình khối.

Tính chất khác nhau trong ba trường hợp ở trên – đường, mặt và khối – là số chiều cần thiết để định nghĩa chúng. Người ta nói một đường thẳng là một chiều, hay 1D cho gọn, một mặt là hai chiều, hay 2D, và một khối là 3D.

Có lí do nào khiến tôi không nên tiếp những chiều cao hơn không? Có gì đặc biệt với con số ba mà chúng ta phải dừng lại ở đó? Câu trả lời, tất nhiên, là chúng ta đang sống trong một vũ trụ có ba chiều không gian; chúng ta có sự tự do chuyển động tới/lui, sang trái/sang phải, và lên/xuống, nhưng ta không thể hướng theo một chiều mới vuông góc với ba chiều kia. Trong toán học, ba chiều trong đó chúng ta tự do chuyển động được gọi là vuông góc lẫn nhau, đó là cách các nhà toán học nói “vuông góc với nhau”.

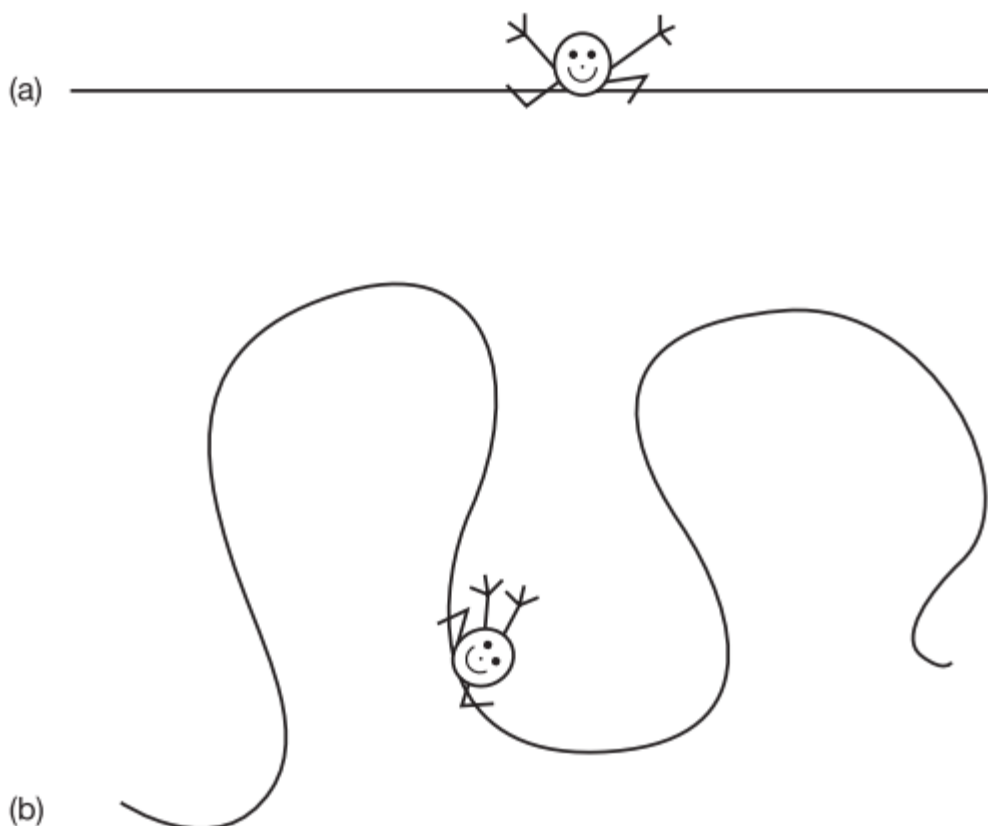
Tất cả những vật rắn xung quanh chúng ta là 3D. Cuốn sách bạn đang đọc có một chiều cao, chiều rộng và bề dày nhất định (cả ba đại lượng là chiều dài đo theo những hướng vuông góc lẫn nhau). Ba con số này cùng xác định kích cỡ của cuốn sách. Thật vậy, nếu bạn nhân những con số trên với nhau, bạn sẽ có thể tích của nó. Điều này không rõ ràng

cho lẫn đối với mọi vật rắn. Một quả cầu, chẳng hạn, chỉ cần một con số để xác định kích cỡ của nó: bán kính của nó. Nhưng nó vẫn là ba chiều vì nó là một vật rắn nằm trong không gian 3D.

Chúng ta thấy những hình dạng xung quanh mình hoặc là một, hoặc hai, hoặc ba chiều, không bao giờ là bốn chiều vì những vật như thế không thể nào trú ngụ trong không gian ba chiều của chúng ta. Thật vậy, chúng ta thậm chí không thể *tưởng tượng* một hình dạng bốn chiều sẽ trông như thế nào. Tưởng tượng ra cái gì đó có nghĩa là xây dựng một mô hình trí tuệ của nó trong não của chúng ta vốn chỉ có thể hình dung ba chiều là tối đa. Chúng ta, hơi theo nghĩa đen một chút, sẽ không thể nào lường tượng ra trong đầu một hình dạng 4D.

Đối với nhiều người, “một chiều” có nghĩa là “theo một hướng”. Thêm một chiều nữa vào có nghĩa là cho phép nó chuyển động theo một hướng mới. Đủ đúng, nhưng bạn có thể hỏi, còn về kí tự “S” thì sao? Khi viết chữ “S”, ngòi bút của bạn lần theo những đường cong theo những hướng khác nhau. Làm thế nào hình dạng cuối cùng đó vẫn là 1D cơ chứ? Hãy tưởng tượng một cái chấm tên là Fred sống trên một đường thẳng (hình 1.1). Fred không thể di chuyển ra khỏi đường thẳng đó và bị cấm chuyển động lên hoặc xuống. Ta nói chuyển động của nó là một chiều. Thật vậy, vì đường thẳng đó là toàn bộ vũ trụ của nó, nên ta nói Fred sống trong một vũ trụ 1D. Nhưng nếu vũ trụ của nó là kí tự “S” thì sao? Giờ thì nó sống trong bao nhiêu chiều? Câu trả lời vẫn là một. Nó vẫn bị cấm chuyển động lên hoặc xuống cái đường đó. Vui nhỉ, cuộc sống của nó bây giờ đã thú vị hơn rồi, vì nó có vài chỗ cong rẽ để xử lí, nhưng sự bẻ cong một hình dạng không làm tăng số chiều của nó. (Tiện thể, vì bản thân Fred chỉ là một cái chấm, hay một “điểm” mang lại cho nó sự định nghĩa toán học, nên nó là một sinh vật không có chiều).

Một cách khác nói về các chiều của một không gian là nhìn xem có bao nhiêu con số, gọi là tọa độ, chúng ta cần để xác định một vị trí nhất định trong không gian đó. Ví dụ sau đây, tôi nhớ mình đã đọc hồi những năm trước nhưng không nhớ đã đọc ở đâu, là ví dụ rõ ràng nhất mà tôi biết. Hãy tưởng tượng bạn đang ở trên một chiếc sà lan đang đi qua một con kênh đào. Cho biết một điểm mốc nào đó, ví dụ ngôi làng bạn vừa đi qua, bạn chỉ cần một con số: quãng đường bạn đã đi tính từ ngôi làng đó, để xác định vị trí của bạn. Nếu sau đó, bạn quyết định dừng lại ăn trưa, bạn có thể gọi điện thoại cho một người bạn và thông báo cho họ biết bạn đang ở, nói thí dụ, cách ngôi làng trên sáu dặm theo hướng ngược dòng. Cho dù con kênh đào có ngoằn ngoèo ra sao, sáu dặm đó là quãng đường bạn đã đi, chứ không phải “đường chim bay”. Vì thế, ta nói chiếc sà lan bị hạn chế chuyển động trong một chiều, mặc dù nó không hoàn toàn phải đi theo đường thẳng.



Hình 1.1 Cái chấm Fred sống trong vũ trụ một chiều của nó là (a) phẳng và (b) cong.

Còn nếu bạn đang ở trên một con tàu trên đại dương thì sao? Giờ bạn cần hai con số (tọa độ) để xác định vị trí của bạn. Hai con số này sẽ là vĩ độ và kinh độ so với một điểm mốc nào đó, ví dụ như hải cảng gần nhất hay hệ tọa độ địa lí quốc tế. Vì thế, con tàu chuyển động trong hai chiều.

Mặt khác, đối với một con tàu ngầm, bạn cần ba con số. Ngoài vĩ độ và kinh độ, bạn còn phải chỉ rõ chiều dài trong một chiều thứ ba, độ sâu của nó. Và vì thế ta nói con tàu ngầm tự do chuyển động trong không gian ba chiều.

Không gian là gì?

Trong những cuộc họp nhân viên ở khoa vật lí tại trường Đại học Surrey nơi tôi làm việc, luôn luôn có một vấn đề trên bàn nghị sự gọi là “Không gian”. Đây là nơi những nhóm nghiên cứu khác nhau giành làm chỗ làm việc cho nghiên cứu sinh hoặc nhà nghiên cứu

khách mời, họ cần một cái bàn làm việc trong một vài tuần hoặc chỗ trong phòng thí nghiệm cho những thí nghiệm của họ. Nhưng khi trưởng khoa đi tới vấn đề đó trong cuộc họp và phát biểu những câu đại loại như “Và bây giờ chúng ta chuyển sang vấn đề không gian” – thường thì luôn có ai đó lẩm bẩm – “trận tuyến cuối cùng đây”. Bạn đừng nghĩ rằng nhà vật lý không có khiếu khôi hài nhé!

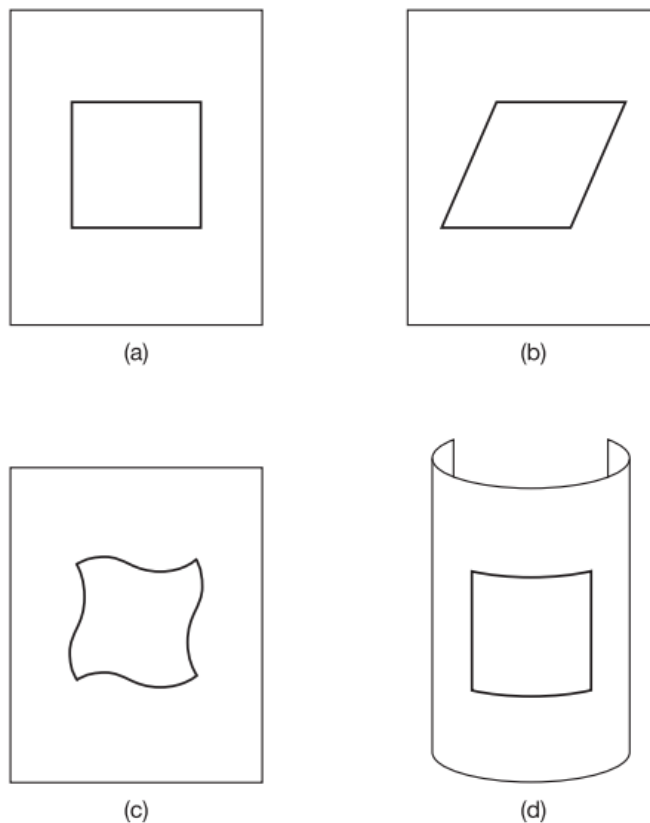
Chúng ta đều nghĩ chúng ta biết “không gian” nghĩa là gì, cho dù nó là không gian theo nghĩa “có một khoảng trống ở góc đó” hoặc “chăng đủ chỗ cho con mèo nguẩy đuôi”, hay không gian theo nghĩa “không gian bên ngoài” theo kiểu trận tuyến cuối cùng vừa nói. Khi buộc phải suy nghĩ về nó, chúng ta sẽ nghĩ không gian đơn thuần là nơi để đặt cái gì đó vào. Bản thân không gian không phải là một chất. Điều này đa số chúng ta sẽ tán thành. Nhưng trong trường hợp đó, không gian có thể tồn tại hay không khi nó không chứa bất kỳ vật chất nào? Hãy nghĩ tới một cái hộp rỗng. Cho dù chúng ta bơm hết các phân tử không khí chứa trong nó sao cho thật sự *chẳng còn có gì* bên trong hộp, chúng ta vẫn sẽ hài lòng với khái niệm rằng không gian đó tiếp tục tồn tại. Không gian đó chỉ gọi đến thể tích của cái hộp.

Thật khó hình dung hơn khi không gian không có ranh giới. Chúng ta nghĩ không gian bên trong cái hộp chỉ tồn tại nhờ sự tồn tại của bản thân cái hộp. Vậy nếu ta gỡ bỏ nắp hộp và các thành hộp thì sao? Tất nhiên, nó vẫn tồn tại. Nhưng bây giờ nó là một vùng không gian là một phần của một vùng rộng lớn hơn bên trong căn phòng ta đang ở. Giờ ta hãy thử với một thứ rộng lớn hơn nữa: Vũ trụ của chúng ta về cơ bản là một thể tích chứa vật chất (các thiên hà, sao, tinh vân, hành tinh,...) rất lớn (có lẽ vô hạn). Vậy nếu Vũ trụ hoàn toàn trống rỗng và không chứa vật chất nào hết thì sao? Nó sẽ vẫn ở đó chứ? Câu trả lời là vâng, vì không gian không cần chứa vật chất để tồn tại. Ở đây, vấn đề trình bày dễ lao vào – vì tôi đang làm mọi việc trình bày, và tôi biết mình đang muốn làm gì – vấn đề mang tính kỹ thuật cao và nhập nhằng (nhưng gây nhiều tranh luận) gọi là nguyên lý Mach. Nguyên lý này phát biểu rằng không gian, hay ít nhất là những khoảng cách và chiều bên trong đó, là vô nghĩa khi nó không chứa vật chất nào. Ngoài ra, Einstein còn chỉ ra trong các lý thuyết tương đối của ông rằng không gian, giống như thời gian, cũng mang tính tương đối. Tuy nhiên, tôi không muốn đi quá sâu ở giai đoạn đầu này của tập sách và sẽ giả sử rằng mặc dù không gian không phải là một chất, tuy nhiên nó phải *là* cái gì đó!

Nhưng nếu không gian không phải là một chất, làm thế nào ta có thể tương tác với nó? Vật chất có thể ảnh hưởng đến nó theo kiểu nào đó hay không? Hóa ra vật chất thật sự có thể ảnh hưởng đến bản thân không gian: nó có thể bẻ cong không gian! Một khi bạn nhận thức đúng thực tế này, bạn sẽ không bao giờ bị ấn tượng nữa trước những khẳng định làm bẻ cong dao kéo bằng sức mạnh của trí tuệ (một trò ảo thuật rẻ tiền và khá vô vị).

Trong chương tiếp theo, tôi sẽ yêu cầu bạn tưởng tượng sự bẻ cong không gian 3D¹. Thật dễ thôi, bạn có thể nghĩ vậy, tôi có thể dễ dàng bẻ cong một vật thể 3D như cuốn sách này. Vâng, không đơn giản như thế đâu. Bạn thấy đó, tôi không có ý nói những vật 3D đang bị bẻ cong *bên trong* không gian 3D, mà là sự bẻ cong bản thân không gian 3D.

Hãy nghĩ tới sự cong của đường 1D để tạo thành kí tự “S”. Chúng ta cần một tờ giấy 2D để viết chữ “S” trên đó. Ta nói hình dạng 1D đó được nhúng trong chiều cao hơn. Tương tự, sự bẻ cong một tờ giấy đòi hỏi sử dụng không gian 3D của chúng ta nếu ta muốn hình dung ra nó. Để nhận thức không gian 3D bẻ cong ra sao, ta phải tưởng tượng không gian 4D trong đó nó có thể bẻ cong.



Hình 1.2 (a) Một hình vuông (hình 2D) vẽ trong một không gian 2D phẳng, (b và c) hình vuông đó có thể bẻ cong hoặc biến dạng bên trong không gian 2D phẳng hoặc (d) bản thân không gian 2D bị cong.

¹Để chính xác hơn, hễ khi nào tôi nói tới sự bẻ cong của không gian 3D, thật ra tôi sẽ nói sự bẻ cong của “không-thời gian” 4D. Đây là cái lí thuyết tương đối của Einstein nói chúng ta nên gọi cho sự kết hợp của ba chiều không gian với một chiều thời gian. Tuy nhiên, tôi sẽ gác phần trình bày không gian và thời gian hòa lẫn như thế nào trong phần cuối cuốn sách này.

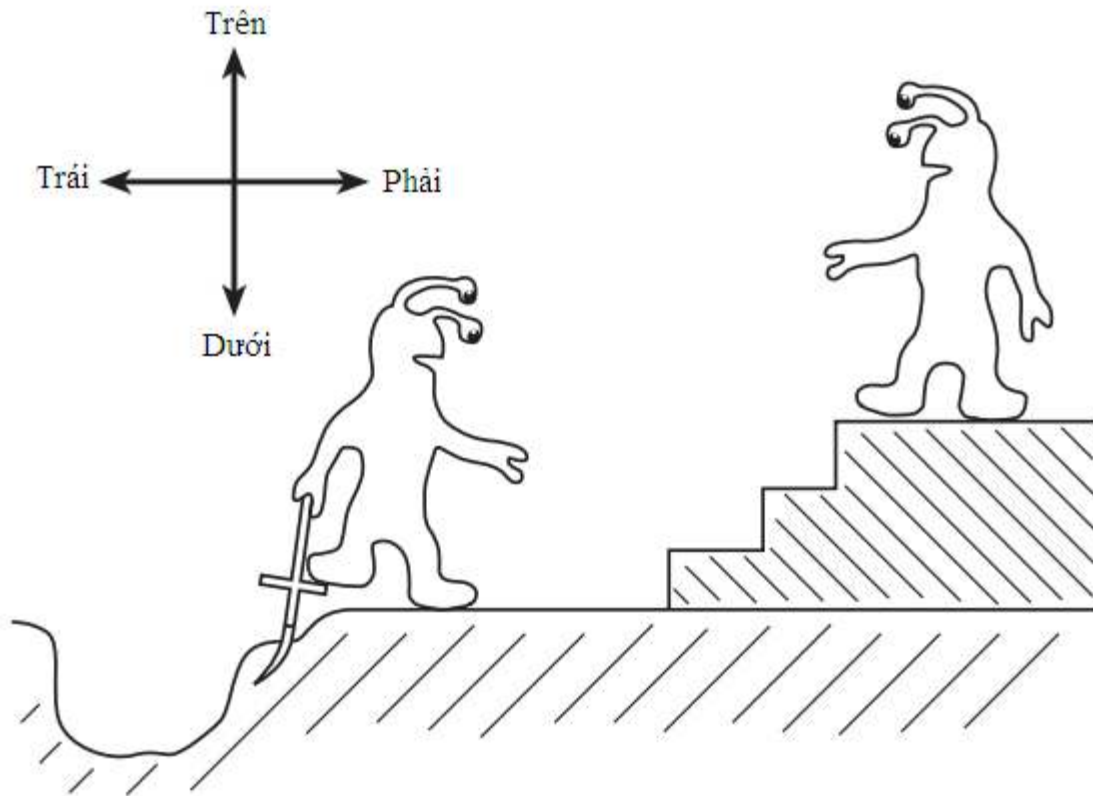
Nếu bạn vẫn còn chút băn khoăn về sự khác biệt giữa sự bẻ cong một vật rắn trong không gian và sự bẻ cong bản thân không gian, thì đây là một ví dụ đơn giản trong không gian 2D. Lấy một hình vuông vẽ một trên một mảnh giấy (hình 1.2(a)). Hình vuông đó có thể bẻ cong *bên trong* mặt 2D đó (mảnh giấy) để tạo ra một hình dạng khác. Thí dụ, hãy tưởng tượng đẩy hai góc đối diện sao cho nó tạo thành hình kim cương, như trong hình 1.2(b), hoặc có thể vẽ lại các đường cong queo như trong hình 1.2(c). Trường hợp này khá khác với bản thân mảnh giấy bị bẻ cong (hình 1.2(d)). Giờ thì hình vuông đó xuất hiện bị cong trước chúng ta mặc dù ta không vẽ lại nó; mà vì không gian trong đó hình vuông tồn tại đã bị cong.

Thế giới 2D và cư dân 2D

Vì chúng ta không thể tưởng tượng ra một chiều cao hơn trong đó ta có thể bẻ cong thế giới 3D của mình, nên tôi sẽ sử dụng một thủ thuật hữu ích. Ta hãy đơn giản bỏ đi một trong các chiều không gian của mình, ví dụ như chiều sâu, và rồi ta có thể xử lý với một thế giới 2D tưởng tượng (để gây ấn tượng độc đáo và nhấn mạnh, ta gọi nó là thế giới 2D). Những thế giới hai chiều, phẳng như vậy đã được nhiều tác giả trình bày trong nhiều năm qua, và được gọi đủ thứ tên từ Miền đất Phẳng đến Vũ trụ Phẳng. Những cư dân thuộc một vũ trụ như vậy là những sinh vật phẳng, kiểu hình cắt bằng giấy bìa cứng, bị cấm chuyển động “trên” mà chỉ được chuyển động “trong” một bề mặt. Chúng có thể đi lên/xuống và sang trái/sang phải, nhưng không được đi ra khỏi bề mặt đó vì như thế đòi hỏi chuyển động vào một chiều thứ ba là không thể đối với chúng. Giờ thì cái chiều thứ tư khó tưởng tượng đối với những sinh vật 3D chúng ta (nhưng chúng ta cần phải hình dung ra sự cong của không gian 3D của mình) tương đương với một chiều thứ ba đối với những cư dân 2D đó. Chúng ta có thể truy xuất chiều thứ ba này mặc dù các cư dân của thế giới 2D thì không thể.

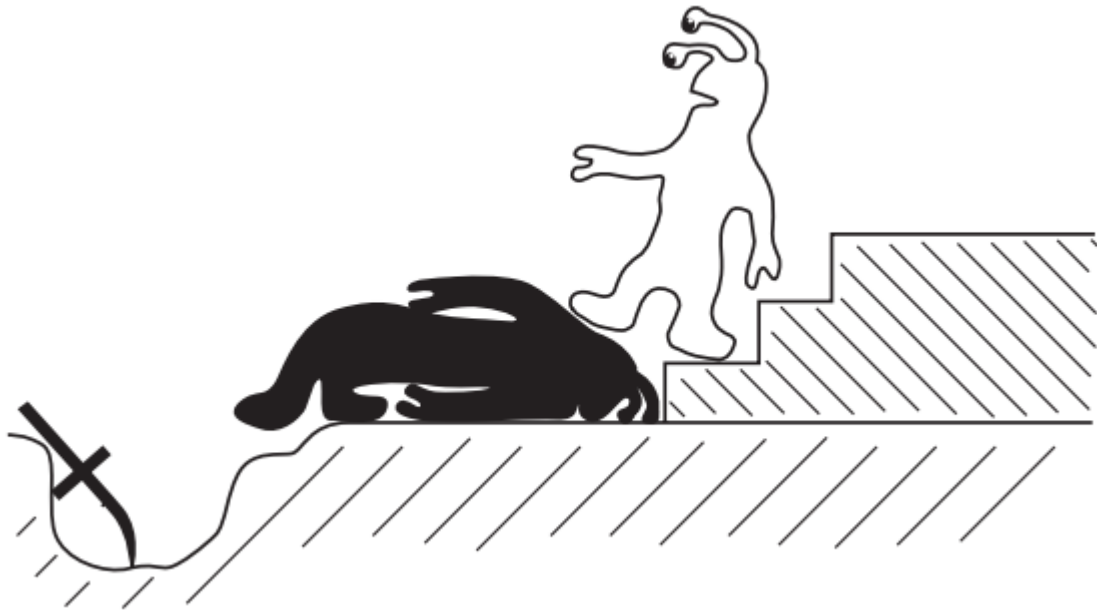
Một vũ trụ 2D như thế sẽ trông như thế nào? Trước tiên, những cư dân ấy sẽ thấy khó mà nghĩ về một chiều thứ ba giống như chúng ta cố gắng nghĩ về một chiều thứ tư. Trong hình 1.3 là hai sinh vật như thế. Thật khá thú vị nếu xét xem làm thế nào chúng thực hiện những chức năng cơ bản. Chẳng hạn, mắt của chúng sẽ phải có khả năng tự do đảo từ bên này sang bên kia sao cho chúng có thể nhìn thấy cả hai hướng. Nếu không phải như vậy, và mắt của chúng cố định ở một bên đầu của chúng, thì mặc dù chúng có lợi thế có khả năng nhìn thấy cả hai hướng cùng một lúc, nhưng chúng sẽ thiếu mất một kỹ năng thiết yếu. Việc có khả năng nhìn vào cùng một vật với cả hai mắt sẽ cho phép chúng, giống như chúng ta vậy, phán đoán xem vật đó ở cách bao xa. Tuy nhiên, nếu chúng thật sự có cả hai mắt ở

cùng một phía bên đầu, thì chúng sẽ không có khả năng nhìn về phía sau chúng trừ khi chúng đứng lộn đầu! Đây là vì chúng không có khả năng xoay đầu; một kỹ năng cần thiết để truy xuất vào chiều thứ ba. Cả hai trở ngại này có thể khắc phục nếu như mắt của chúng có thể đảo tự do như tôi đã miêu tả. Tất nhiên, có một phương án nữa là cho chúng có một cặp mắt ở mỗi phía bên đầu.



Hình 1.3 Những sinh vật hai chiều sống trong thế giới 2D tự do chuyển động lên/xuống và sang trái/sang phải, nhưng không được truy xuất sang chiều thứ ba đòi hỏi sự chuyển động ra khỏi trang giấy.

Một vấn đề nữa mà chúng sẽ gặp phải cũng có thể nhìn thấy từ hình 1.3. Làm thế nào sinh vật 2D đang đi xuống bậc tam cấp vượt qua sinh vật đang đào hố? Nó không thể tránh sang bên vì như thế đòi hỏi sự chuyển động ra khỏi mặt phẳng (ra khỏi vũ trụ của nó), chuyển động đó không được phép. Có lẽ chúng sẽ có một loại thỏa thuận nào đó mà nhờ vậy sinh vật ở bên trái luôn luôn nhường đường cho sinh vật bên phải như trong hình 1.4. Hoặc có thể có một loại thỏa thuận nhờ đó một cư dân 2D phải luôn luôn nhường đường cho một cư dân có địa vị xã hội cao hơn.



Hình 1.4 Cách duy nhất để những cư dân 2D có thể đi qua nhau. Chúng không thể bước tránh sang bên vì như thế sẽ đòi hỏi sự chuyển động ra khỏi trang giấy.

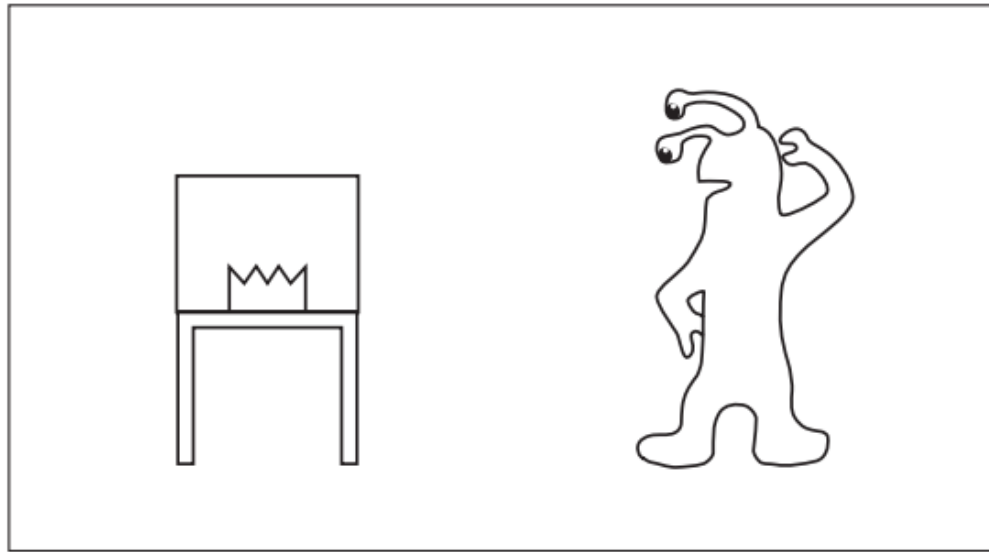
Một khía cạnh đặc biệt thú vị của thế giới 2D là cái mà những cư dân 2D có thể nhìn thấy khi chúng trông vào những vật thể trong thế giới của chúng. Trước tiên, tôi muốn nhắc bạn nhớ lại cái chúng ta nhìn thấy khi nhìn vào một vật rắn như một quả bóng. Cái chúng ta thật sự “nhìn thấy” là một ảnh 2D trên võng mạc của mỗi con mắt, cái rất quan trọng cho sự cảm nhận chiều sâu. Cho dù với một mắt nhắm lại, ta vẫn biết cái ta đang nhìn là một vật rắn ba chiều chứ không phải một vật hai chiều phẳng, như một cái đĩa, do cách ánh sáng chiếu lên quả bóng tạo ra vùng bóng. Cho dù không có cái bóng này, ta vẫn biết từ kinh nghiệm rằng một quả bóng trông ra sao và nó hành xử như thế nào. Vì thế, khi chúng ta xem một trận bóng đá trên ti vi, chúng ta biết cái vật tròn đang bị đá là một quả bóng đá ba chiều chứ không phải một cái đĩa trông tựa như quả bóng và đang lăn trên rìa của nó. Chúng ta biết như vậy mặc dù không hề nhìn thấy cái bóng ở phía bên kia quả bóng và dù hình ảnh trên ti vi là ảnh chiếu 2D của thực tại 3D.

Khi chúng ta nhìn vào một vật 3D, ta chỉ nhìn thấy bề mặt 2D đối diện với chúng ta. Khi đó, não của chúng ta sẽ lấy kinh nghiệm quá khứ của một vật như vậy cộng với cách ánh sáng tương tác với bề mặt đó dựng nên một mô hình trong suy nghĩ của chúng ta của toàn bộ hình dạng ba chiều đó, mặc dù chúng ta không nhìn thấy phần phía sau của nó. Điều này so sánh như thế nào với cái những cư dân 2D nhìn thấy? Tương đương quả cầu của chúng là một hình tròn. Khi một cư dân 2D nhìn vào một vòng tròn, nó sẽ nhìn “ngang” vào vòng tròn, và do đó sẽ chỉ thấy nửa chu vi của vòng tròn. Nó sẽ thấy trên “võng mạc” của

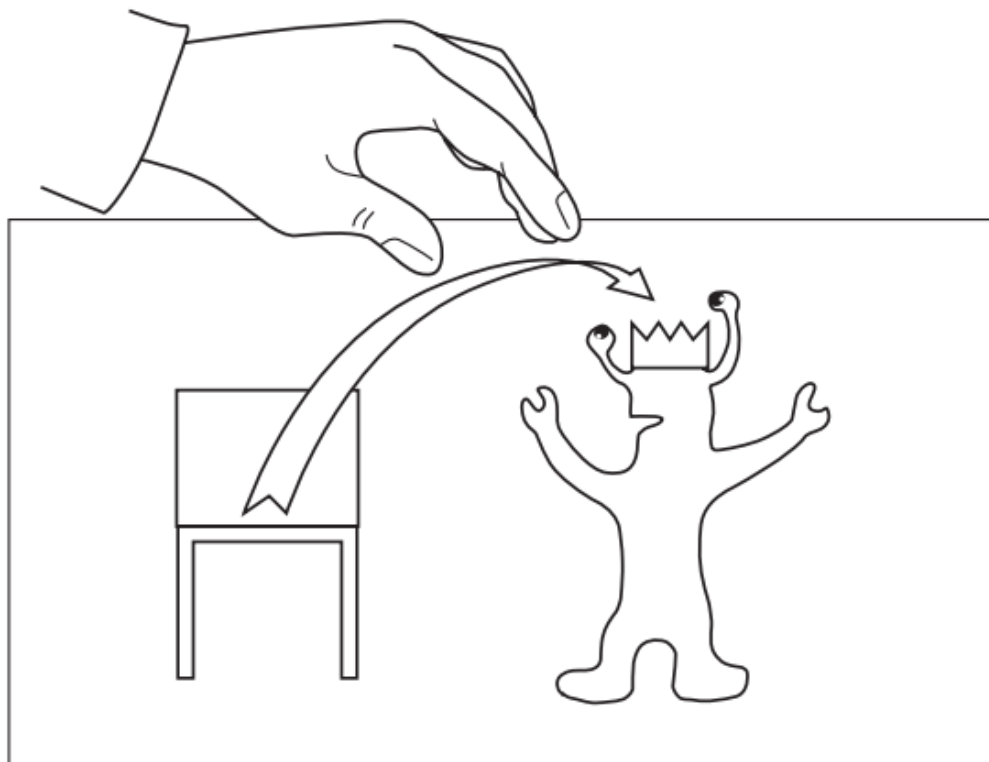
nó một ảnh một chiều: một đoạn thẳng. Một lần nữa, nó sẽ phải dựa trên sự tạo bóng để nhận thức sự cong của đoạn thẳng đó và sẽ phải quay vòng tròn để thuyết phục rằng đoạn thẳng đó cong theo vòng quanh vòng tròn. Nếu vòng tròn đó đang được chiếu sáng từ phía trên, nói ví dụ từ một mặt trời hai chiều ở trên đầu, thì phần phía trên của đoạn thẳng nó nhìn thấy sẽ hơi sáng hơn phần dưới tạo nên phía dưới của vòng tròn. Như vậy, một vòng tròn nhìn trong con mắt cư dân 2D thì không giống với nhìn trong con mắt chúng ta, vì nó sẽ không bao giờ nhìn thấy phần bên trong vòng tròn. Từ điểm ưu thế đặc quyền của chúng ta nhìn xuống thế giới 2D, chúng ta có thể nhìn vào bên trong mọi vật, không những vòng tròn mà cả cơ thể của cư dân 2D nữa. Mọi cơ quan bên trong của chúng đều khả kiến trước chúng ta, mang lại một ý nghĩa mới cho tên gọi “phẫu thuật mở”. Việc cư dân 2D không thể nhìn thấy phần bên trong vòng tròn khép kín trong thế giới của chúng giống như chúng ta không thể nhìn thấy phần bên trong một quả cầu rỗng.

Hãy tưởng tượng chúng ta đi qua một thời gian 2D ở đâu đó trong vũ trụ của chúng ta. Trên nguyên tắc, nếu nó là phẳng thì nó sẽ trải rộng mãi mãi giống như một tấm lớn vô hạn giăng ngang qua ba chiều không gian của riêng chúng ta. Nhưng ta hãy tưởng tượng nó có một kích cỡ hữu hạn nào đó và ta đi qua nó ở đâu đó. Tôi không quan tâm là ở đâu: dưới gầm giường nhà bạn, bên dưới ghế sofa nhà bạn, hay trong góc mái nhà bạn. Tôi sẽ giả sử rằng chúng ta có khả năng giao tiếp với những cư dân của thế giới 2D². Chúng ta chứng kiến cảnh trong hình 1.15(a) khi một cư dân 2D cố gắng lấy một vật ra khỏi bên trong một hình vuông. Nó không thể nhìn thấy vật đó và không thể lấy được nếu không mở hình vuông ra. Đối với chúng ta, không những vật đó là có thể nhìn thấy, mà chúng ta có thể, nếu chúng ta muốn, đi vào thế giới 2D, nhấc nó ra khỏi hai chiều của nó sau đó đặt nó trở lại vào thế giới 2D bên ngoài hình vuông (hình 1.15(b)). Chúng ta có thể làm như vậy vì chúng ta có thể truy xuất với chiều thứ ba.

²Tôi đang giả sử chúng ta có thể nói và nghe chúng nói. Âm thanh được truyền bởi sự dao động của các phân tử không khí 3D của chúng ta. Giả sử những dao động này sẽ truyền sang các phân tử 2D thuộc thế giới 2D. Tất nhiên, toàn bộ giả định này là vô nghĩa, ta chỉ nghĩ cho vui thôi.



(a)



(b)

Hình 1.5 (a) Một cư dân 2D không thấy có cách nào lấy cái vương miện bị khóa bên trong chiếc hộp mà không phá vỡ nó và gây ra chuông báo động. (b) Chúng ta giúp tên trộm bằng cách nhấc cái vương miện ra khỏi thế giới 2D, đưa vào chiều thứ ba, sau đó trả nó về trên đầu cư dân 2D.

Đã làm cư dân 2D kinh hãi tin vào sức mạnh của sự huyền bí, bằng cách làm cho một vật xuất hiện từ hư vô – một vật chỉ vài giây trước đó còn bị khóa trong một hình vuông không thể xâm nhập – chúng ta quyết định giấu đi những điều kì lạ của không gian 3D với việc đưa vào trước cư dân 2D một quả cầu bằng cách đẩy một quả bóng nhỏ vào thế giới 2D. Tất nhiên, nó sẽ đi thẳng qua phía bên kia mà không có vật 2D nào chặn trên đường. Trước tiên, cư dân 2D sẽ thấy một điểm lớn dần thành một đoạn thẳng dài ra rồi ngắn lại, sau đó thì biến mất. Nó kết luận từ sự che bóng rằng đoạn thẳng đó là một phần của chu vi của một vòng tròn và vì thế biết rằng nó đang nhìn vào một vòng tròn lúc bắt đầu nhỏ, rồi lớn dần, đạt tới một kích cỡ tối đa nào đó (khi quả bóng đi qua một nửa) rồi co trở lại kích cỡ zero khi nó đi ra ở phía bên kia của thế giới 2D. Như vậy, tại mỗi thời điểm bất kì cho trước, cư dân 2D sẽ chỉ nhìn thấy tiết diện của quả bóng.

Không gian cong

Tôi đã đề cập rằng thế giới 2D tưởng tượng này không nhất thiết vô hạn về quy mô và do đó sẽ có một cái rìa, một đường biên nào đó xác định ranh giới của nó. Chúng ta sẽ thấy sau này rằng các vũ trụ không có biên và vì vậy thế giới 2D có lẽ phải trải ra vô hạn. Hóa ra điều này chỉ xảy ra (nghĩa là trải ra vô hạn) nếu thế giới 2D là phẳng, đó là cái cho đến đây tôi đã giả sử. Vậy còn những cư dân của thế giới 2D sống trên bề mặt của một quả cầu thì sao? Không gian của chúng bây giờ là không gian cong và không còn vô hạn về kích cỡ nữa. Rốt cuộc, một quả cầu thì có một diện tích bề mặt hữu hạn nhất định rõ ràng không có biên giới vì cư dân 2D có thể di chuyển khắp nơi trong vũ trụ này mà không bao giờ đi tới một điểm nào mà vượt ngoài đó chúng không thể đi. Khái niệm quan trọng và có phần thủ thuật để hiểu đúng ở đây là mặc dù thế giới 2D là bề mặt của một quả cầu 3D, nhưng phần bên trong quả cầu đó và tất cả không gian bên ngoài bề mặt đó không cần thiết tồn tại miễn là cư dân 2D không bận tâm. Vì vậy, theo một ý nghĩa nào đó, sự tương tự với con người sinh sống trên bề mặt Trái đất không nên nhấn mạnh quá vì chúng ta rõ ràng là những sinh vật 3D sống bám trên bề mặt của một quả cầu 3D. Cư dân 2D chỉ truy xuất bề mặt 2D. Phần bên trong của quả cầu thậm chí không tồn tại đối với chúng.

Câu hỏi hấp dẫn mà tôi muốn nêu ra tiếp sau đây là những cư dân 2D đó có *biết* không gian của chúng bị cong hay không?

Một cách cho chúng tìm ra câu trả lời là cách chúng ta có thể chứng minh Trái đất là không phẳng: để một người nào đó đi theo một hướng và cuối cùng trở về điểm xuất phát từ phía ngược lại đã đi qua vòng quanh địa cầu. Tất nhiên, ngày nay chúng ta thường xuyên đưa các nhà du hành vũ trụ lên quỹ đạo, họ có thể nhìn ngược về và thấy Trái đất tròn,

nhưng những cư dân của thế giới 2D bị giam giữ trong bề mặt của chúng và không thể đi ra khỏi thế giới của chúng để nhìn trở xuống. Có một cách khác cho chúng kiểm tra xem thế giới của chúng có bị cong hay không.

Chúng ta đã biết ở trường phổ thông rằng nếu ta cộng giá trị ba góc trong của một tam giác bất kì, ta luôn có được 180 độ. Cho dù chúng ta vẽ tam giác lớn hoặc nhỏ bao nhiêu, hay hình dạng của nó ra sao; câu trả lời sẽ luôn luôn giống nhau. Nếu nó là một tam giác vuông thì hai góc kia cộng lại phải bằng 90 độ. Nếu một trong các góc là tù, với giá trị, ví dụ, 160 độ, thì hai góc kia cộng lại phải bằng 20 độ còn lại, và vân vân. Nhưng trước khi bạn lao vào tự mãn đã vượt qua chút kiến thức hình học này, cho phép tôi phát biểu hàm hồ một chút rằng bài toán các góc của một tam giác cộng lại bằng 180 độ chỉ đúng *nếu tam giác đó được vẽ trên một bề mặt phẳng!* Một tam giác vẽ trên một mặt cầu có các góc cộng lại luôn *lớn hơn* 180 độ. Đây là một ví dụ đơn giản chứng minh cái tôi muốn nói. Để hình dung ra điều này, bạn cần một quả bóng và một cái bút lông.

Hãy tưởng tượng một nhà thám hiểm bắt đầu cuộc hành trình tại Cực Bắc. Anh đi theo một đường thẳng về phương Nam (khi bạn đứng tại Cực Bắc, hướng duy nhất bạn *có thể* đi là hướng Nam) băng qua chóp đông của Canada rồi băng xuống tây Đại Tây Dương. Tất nhiên, anh thận trọng lái qua Tam giác Bermuda, vì anh tin mọi sự mê tín là vô nghĩa. Anh giữ hướng Nam thẳng tiến cho đến khi đến xích đạo ở đâu đó bắc Brazil. Một khi tới xích đạo, anh rẽ trái, và nhắm hướng Đông xuyên Đại Tây Dương, giờ thì đi theo đường thẳng dọc theo xích đạo. Anh đi tới bờ biển châu Phi và đổ bộ đi tiếp tới Kenya, lúc ấy anh đã hưởng đủ bầu khí hậu nóng, ẩm và quyết định rẽ trái và thẳng hướng Bắc mà đi trở lại. Anh đi qua Ethiopia, Saudi Arabia, Trung Đông, đổ hành trình qua Đông Âu, rồi trở về Cực Bắc.

Nếu bạn vẽ đường đi hành trình của anh ta, bạn sẽ thấy rằng anh ta đã đi trọn một tam giác (hình 1.16(b)). Hãy nhìn kĩ vào ba góc. Lúc đi tới xích đạo và rẽ trái, anh đã tạo ra một góc vuông (90 độ). Nhưng khi cuối cùng anh rời xích đạo để quay về hướng bắc, anh đã tạo ra một góc vuông khác. Hai góc này cộng lại, do đó, bằng 180 độ. Nhưng chúng ta chưa tính đến góc anh ta tạo ra tại Cực Bắc với hai đường thẳng của hành trình đi ra và đi vào. Hai đường này đại khái cũng tạo ra một góc 90 độ, mặc dù tất nhiên kích cỡ của góc này phụ thuộc vào anh ta đã đi quãng đường bao xa trên đường xích đạo. Tôi đã chọn quãng đường đó sao cho anh ta vạch nên một tam giác, nối ba đường thẳng lại, với ba góc vuông cộng lại bằng 270 độ.

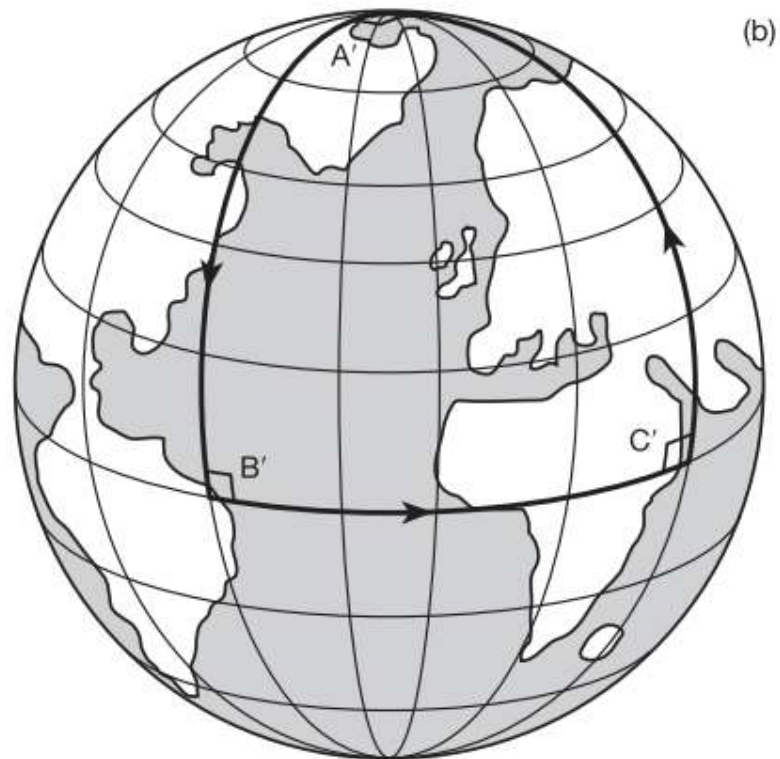
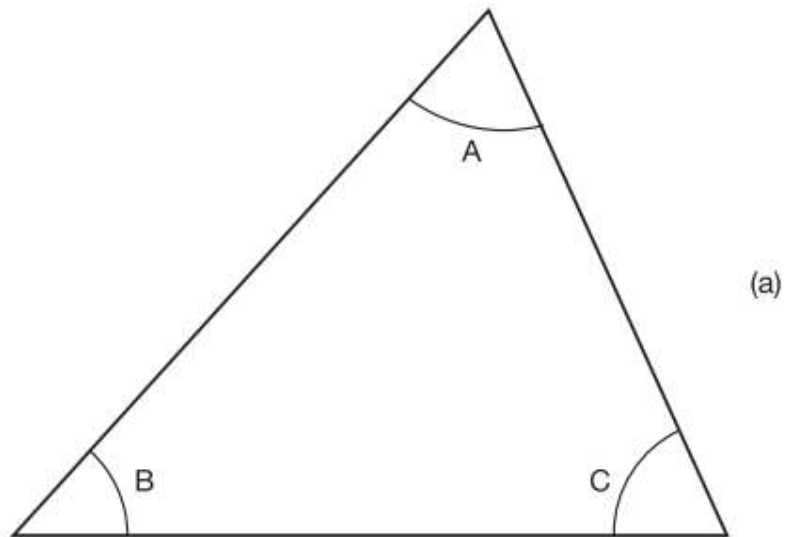
Một tam giác như vậy là một trường hợp đặc biệt vì quy tắc cơ bản là bất kì tam giác nào vẽ trên bề mặt của một quả cầu sẽ có các góc cộng lại lớn hơn 180 độ. Chẳng hạn, một tam giác nối Paris, Rome và Moscow có các góc cộng lại lớn hơn 180 độ một chút. Sự

chênh lệch nhỏ như thế này so với 180 độ là vì một tam giác như vậy không bao quát một phần đáng kể của tổng diện tích bề mặt của Trái đất và do đó hầu như là phẳng.

Trở lại với những cư dân 2D, chúng có thể sử dụng kỹ thuật tương tự để kiểm tra không gian của chúng có bị cong hay không. Chúng sẽ thẳng tiến trong một tên lửa 2D từ hành tinh quê hương của chúng đi theo đường thẳng cho đến khi chúng đi tới một ngôi sao ở xa. Tại đó, chúng sẽ rẽ hướng với một góc cố định cố định nào đó và thẳng tiến sang một ngôi sao khác. Một khi đến ngôi sao thứ hai, chúng sẽ quay đầu trở về. Đã vạch ra một tam giác, chúng sẽ đo ba góc. Nếu ba góc này cộng lại lớn hơn 180 độ³, thì chúng có thể suy luận rằng chúng sống trong không gian cong.

Một tính chất khác, bạn có thể nhớ từ trường học, là chu vi của một vòng tròn bằng π nhân với đường kính của nó. Giá trị của π , như chúng ta được học, có phần thập phân vô hạn không tuần hoàn. Có một nút bấm trên đa số máy tính bỏ túi cho giá trị π lên tới 10 chữ số thập phân (3,1415926536), nhưng đa số chúng ta nhớ nó là 3,14. Vâng, tôi thừa nhận rằng tôi nhớ nó đến 10 chữ số thập phân mà máy tính bỏ túi trình bày, nhưng đó chỉ là vì tôi sử dụng nó trong công việc của mình quá thường xuyên, nó không khác gì với việc ghi nhớ một số điện thoại đặc biệt. Tuy nhiên, tôi có một người bạn nghiên cứu toán học biết π đến 30 chữ số thập phân. Ngoài ra, anh ta khá bình thường. Chúng ta được học rằng π là cái gọi là một hằng số toán học. Nó được định nghĩa là tỉ số của hai con số: chu vi và đường kính của một vòng tròn bất kỳ trong không gian phẳng. Nếu nhà thám hiểm của chúng ta đi vòng quanh Vòng cực Bắc, nó có đường kính mà anh có thể đo chính xác (nó bằng hai lần khoảng cách từ Vòng cực Bắc đến Cực Bắc), thì anh sẽ thấy việc nhân giá trị đường kính này với π (đó là cách tính chu vi của vòng tròn), anh sẽ có giá trị hơi lớn hơn chu vi thật sự của Vòng cực Bắc. Sự cong của Trái đất có nghĩa là Vòng cực Bắc hơi nhỏ hơn so với nó nếu như Trái đất là phẳng.

³Một bề mặt có thể cong theo một kiểu khác sao cho một tam giác vẽ trên đó sẽ có các góc cộng lại nhỏ hơn 180 độ, nhưng tôi sẽ nói tới trường hợp đó ở phần sau.



Hình 1.6 (a) Một tam giác vẽ trên một miếng giấy phẳng có ba góc trong $A + B + C = 180^\circ$. (b) Một tam giác vẽ trên bề mặt của một quả cầu có các góc cộng lại lớn hơn 180° . Tam giác vẽ ở đây có ba góc 90° .

Tính chất của những tam giác và hình tròn mà chúng ta học được ở trường phổ thông là cái được gọi là hình học Euclid, hay “hình học phẳng”. Hình dạng 3D của những quả cầu, khối lập phương và kim tự tháp cũng là một phần của hình học Euclid nếu chúng được nhúng trong một không gian 3D phẳng. Tính chất của chúng thay đổi nếu như không gian 3D bị cong, theo kiểu giống với cách tính chất của những tam giác và vòng tròn thay đổi khi chúng được vẽ trên một không gian 2D cong như bề mặt của một quả cầu. Vì vậy, không gian 3D của chúng ta có lẽ bị cong nhưng chúng ta không cần hình dung ra một chiều thứ tư để “nhìn thấy” sự cong này. Ta có thể đo nó gián tiếp bằng cách nghiên cứu hình học của không gian 3D và những vật rắn bên trong nó. Trên thực tế, chúng ta chưa bao giờ từng nhìn thấy một sự sai lệch nào khỏi hình học Euclid vì chúng ta đang sống trong một bộ phận của Vũ trụ trong đó không gian gần như là phẳng nên chúng ta không bao giờ có thể phát hiện ra bất kì sự cong nào. Điều này tương tự như việc cố gắng phát hiện ra sự cong của Trái đất bằng cách vẽ một tam giác trên một sân bóng đá. Tất nhiên, một sân bóng đá thì không hoàn toàn phẳng lì. Tương tự, không gian có chứa những vùng cong ở đâu đó mà chúng ta sẽ thấy trong chương tiếp theo.

Còn nếu một chiều không gian thứ tư thật sự có tồn tại ngoài ba chiều của chúng ta thì sao? Ta có thể nói gì về những tính chất của nó? Cách tốt nhất là bắt đầu với việc hiểu rằng chiều thứ tư đối với chúng ta là chiều thứ ba đối với cư dân 2D. Hãy tưởng tượng bạn đang đứng tại tâm của một vòng tròn lớn vẽ trên một nền đất phẳng như vòng tròn ở giữa sân bóng đá. Nếu bây giờ bạn đi theo một đường thẳng theo bất kì hướng nào, bạn sẽ tiến về phía đường bao của vòng tròn. Hướng này được gọi là hướng xuyên tâm, vì khi bạn đi tới đường bao, bạn phải đi theo bán kính của vòng tròn. Mặt khác, một con chim đang đậu tại tâm vòng tròn có thể chuyển động theo một chiều thứ ba: hướng lên trên. Nếu nó bay thẳng đứng thì sẽ nó chuyển động ra xa tất cả các phần của vòng tròn trong suốt thời gian.

Giờ hãy bổ sung thêm một chiều nữa cho ví dụ này và hãy tưởng tượng con chim đậu tại tâm của một quả cầu (ví dụ một lồng chim hình cầu). Cho dù lúc này con chim bay theo hướng nào, nó sẽ chuyển động ra xa các thanh chắn lồng, và tất cả các hướng đối với nó giờ là xuyên tâm. Giống hệt như trong ví dụ vòng tròn 2D trong đó con chim có thể chuyển động theo chiều thứ ba ra khỏi vòng tròn, bây giờ ta có thể thấy chuyển động theo một chiều thứ tư sẽ có nghĩa là gì. Bắt đầu tại tâm lồng chim, đó là hướng trong đó con chim sẽ phải bay để chuyển động ra xa mọi điểm trên lồng trong suốt thời gian! Đây không phải là một hướng ta có thể từng hình dung ra vì, như tôi đã đề cập ở phần trước, não của chúng ta chỉ là ba chiều. Vậy thì chúng ta sẽ nhìn thấy gì nếu ta có một con chim thần, có khả năng khai thác chiều không gian thứ tư, bị nhốt trong một cái lồng? Chúng ta sẽ thấy nó biến mất khỏi tầm nhìn và sau đó xuất hiện trở lại không gian 3D của chúng ta ở chỗ nào đó khác, có khả năng ở bên ngoài cái lồng. Điều đó trông lạ lùng đối với chúng ta giống hệt như những kĩ

năng 3D của chúng ta làm kinh ngạc những cư dân 2D khi chúng ta lấy các vật ra khỏi không gian 2D của chúng.

Một hiệu ứng thú vị khác của việc sử dụng một chiều cao hơn là cái xảy ra khi các vật bị lật ngược. Hãy tưởng tượng bạn có thể nâng một cư dân 2D ra khỏi thế giới của nó, quay nó sao cho bên trái thành bên phải, rồi đặt nó trở xuống. Mọi thứ đối với nó trong khoảng khắc sẽ có phần lạ lùng. Nó sẽ không cảm thấy sự khác biệt nào nhưng mọi thứ xung quanh nó dường như đang ở lộn bên. Nó sẽ phải thích nghi để sống trong một thế giới trong đó mặt trời 2D không còn mọc lên từ bên phải như nó quen thuộc mà từ phía bên trái. Và lúc này từ nhà nó phải đi theo hướng ngược lại để đến chỗ làm.

Mọi thứ sẽ còn lạ lùng hơn nếu bạn xét thế giới sẽ trông như thế nào đối với bạn khi một sinh vật 4D nhấc bạn ra khỏi thế giới 3D và lật ngược bạn lại. Lúc đầu, mọi người sẽ để ý thấy cái gì đó hơi khác với diện mạo của bạn vì gương mặt của bạn lúc này trước mắt họ giống như gương mặt của bạn ở trong gương. Sau đó, nếu bạn nhìn vào gương soi, bạn cũng sẽ thấy sự khác biệt. Đây là vì không có gương mặt của ai là đối xứng cả. Phía bên trái gương mặt của bạn khác với phía bên phải. Có lẽ một con mắt nằm hơi cao hơn con mắt kia hoặc, giống như tôi, mũi của bạn hơi nghiêng về một bên, hoặc bạn có một nốt ruồi trên má, và vân vân. Nhưng đây mới là cái bắt đầu trong số những trở ngại của bạn. Mọi thứ xung quanh bạn xuất hiện từ sau ra trước. Toàn bộ chữ viết đều bị ngược, kim đồng hồ thì quay ngược chiều, và giờ bạn sẽ thuận tay trái nếu trước đó bạn thuận tay phải. Một cách kiểm tra thế giới như vậy trông như thế nào đối với bạn là hãy đi vòng vòng và nhìn thế giới trong gương. Cần thận kéo bị va vào các thứ xung quanh bạn nhé.

Thật sự có một chiều thứ tư hay không?

Nếu bạn biết chút ít về thuyết tương đối tổng quát Einstein (cái tôi đang giả sử bạn không biết) thì tại đây bạn có thể có chút lo lắng. Rốt cuộc thì Einstein có nói cái gì đó về thời gian là chiều thứ tư hay không? Trong Chương 6, tôi sẽ trình bày thuyết tương đối đặc biệt Einstein trong đó thời gian và không gian liên hệ với nhau theo một kiểu khá bất ngờ, thành cái gọi là không-thời gian bốn chiều. Hiện tại, ta có thể hiểu nó theo cách đơn giản sau đây. Trở lại với ví dụ chiếc tàu ngầm đòi hỏi ba con số để xác định vị trí của nó. Nếu nó đang chuyển động thì việc cho biết những con số đó là vô nghĩa trừ khi ta cũng biết trạng thái *khi* con tàu ngầm ở tại vị trí đó. Và vì thế, lúc này ta cần bốn con số để xác định chính xác vị trí của nó: vĩ độ, kinh độ, độ sâu và thời điểm khi nó có những giá trị đó. Tuy nhiên, chúng ta không nên đánh mất cái nhìn thực tế rằng thời gian *không* giống với ba chiều không gian. Chúng ta tự do chuyển động tới trước và ra sau theo bất kì một trong ba trục

không gian, nhưng bị hạn chế chỉ chuyển động về phía trước theo trục thời gian (từ quá khứ đến tương lai). Câu hỏi ở đây là có tồn tại hay không, bên ngoài những giác quan của chúng ta, một chiều không gian thứ tư.

Cách đây 100 năm trước, một số nhà khoa học danh vọng nhất thế giới tin rằng thế giới tâm linh, vương quốc của ma quỷ và thần thánh, là có bốn chiều và bao gộp không gian 3D của chúng ta bên trong nó. Những cư dân của thế giới nhiều chiều hơn này thỉnh thoảng đi qua thế giới 3D của chúng ta nhưng lại vô hình đối với chúng ta. Tất nhiên, ngày nay ít có nhà khoa học nghiêm túc nào (tôi không đếm những người có tôn giáo) tin như vậy. Đây không phải là nói những chiều cao hơn không tồn tại. Thật vậy, một số lý thuyết mới, nhưng chưa được kiểm tra, trong vật lý học đề xuất rằng có thể còn có nhiều hơn bốn chiều không gian, nằm ngoài cả sự nhận thức của chúng ta. Hai lý thuyết hiện đang thịnh hành, gọi là lý thuyết siêu dây và lý thuyết M^4 , đề xuất rằng Vũ trụ của chúng ta thật ra gồm, tương ứng, chín, và mười, chiều không gian (cộng với một chiều thời gian). Nhưng tất cả những chiều dư không muốn có ấy đã cuộn lại nhỏ đến mức chúng ta không bao giờ có thể phát hiện ra chúng. Bạn có thể nghĩ đây là chuyện tào lao sự thật là cả hai lý thuyết kì cục này hóa ra đều có thể là lý thuyết mô tả thực tại cơ sở tối hậu của Vũ trụ của chúng ta.

Dù là ta biết có ba chiều không gian, nhưng ta sẽ thấy trong hai chương tiếp theo rằng thật là hữu ích nếu có thêm một chiều bổ sung trong tay áo để giúp chúng ta tìm hiểu những khía cạnh nhất định của thuyết tương đối Einstein: không gian cong.

⁴Chữ M là viết tắt của màng, nhưng lý thuyết màng là một tên gọi quá nhảm nên nhiều nhà vật lý thích kí hiệu M vì họ khẳng định lý thuyết đó có khả năng giải thích tất cả các lực của tự nhiên.

2

SỰ HẤP DẪN



Quả táo và mặt trăng

Theo truyền thuyết, Isaac Newton đang ngồi dưới một cây táo, thì một quả táo rơi trúng đầu ông, và ông đã khám phá ra định luật hấp dẫn – hàm ý rằng có lẽ một cú hích vào đầu đã kích thích một ánh lóe tư duy. (Quả táo rơi – bịch – ánh sáng lóe lên trong đầu và, hừm, dường như mặt đất đang tác dụng một lực lên quả táo hút nó xuống) Tất nhiên, vấn đề không đơn giản vậy. Newton chẳng phải là người đầu tiên để ý thấy các vật rơi xuống! Kiến thức của ông sâu sắc hơn thế nhiều.

Có lẽ câu chuyện quả táo rơi chỉ là truyền thuyết, nhưng theo lời Newton, chính sự chứng kiến một quả táo rơi trong vườn nhà mẹ ông (cùng với những vấn đề khác như tại sao Mặt trăng chuyển động xung quanh Trái đất) đã dẫn ông đến định luật vạn vật hấp dẫn nổi tiếng của mình. Vậy thì Newton có thể nhìn thấy cái gì từ câu chuyện quả táo rơi mà trước đó ông không nhìn thấy? Nói cho đơn giản thì ông đã nhìn thấy vượt ngoài cái hiển nhiên – rằng mọi vật có xu hướng muốn chuyển động về phía Trái đất – và ông nhận ra rằng có một lực hút giữa quả táo và Trái đất không những làm cho quả táo rơi xuống phía Trái đất mà còn làm cho Trái đất *rơi lên phía quả táo*. Thật vậy, tốt hơn ta không nên nghĩ tới những vật rơi mà hãy nghĩ Trái đất và quả táo bị hút về phía nhau.

Cởi mở, thân thiện, hòa đồng, một con người thuộc về gia đình. Tất cả những đặc điểm này là khá xa lạ với Isaac Newton. Sinh ra tại Woolsthorpe ở Lincolnshire, nước Anh, vào ngày Giáng sinh năm 1642¹, ông là một người cô độc chưa bao giờ kết hôn và không có mấy bạn bè. Về cuối đời mình, ông còn dấn thân vào những cuộc tranh cãi lời thôi, chua chát với những nhà khoa học khác xem ai đã khám phá ra những thứ nhất định trước. Tuy nhiên, bất chấp hình ảnh nhà khoa học tiêu cực như thế, nói chung trên các phương tiện truyền thông hiện nay, đa số giới trẻ không biết đến những chi tiết ấy, và Newton vẫn là một nhà khoa học tiêu biểu. Cái ông thiếu sót là những kỹ năng xã hội mà, theo quan điểm của nhiều người, những nhà khoa học lớn nên có. Ông đã có quá nhiều đóng góp cho quá nhiều lĩnh vực nên phần lớn vật lý học được giảng dạy ở nhà trường ngày nay được gọi là vật lý học Newton. Gọi như vậy để phân biệt nó với vật lý hiện đại của thế kỷ 20 sẽ được trình bày trong cuốn sách này. Newton còn phát minh ra kỹ thuật toán học giải tích là công cụ chuẩn trong nghiên cứu phần lớn vật lý học ngày nay. Tuy nhiên, vấn đề khám phá ra giải tích là nguyên nhân của một cuộc tranh cãi kéo dài. Tranh luận xoay quanh vấn đề Newton hay nhà toán học người Đức Gottfried Leibnitz có thể đã thiết lập ra nó trước. Trong vòng xoay

¹Ngày tháng này là tính theo lịch Julian dùng ở Anh lúc ấy. Theo lịch Gregory, loại lịch dùng ở những châu Âu khác khi ấy và sử dụng rộng rãi trên thế giới ngày nay, ngày sinh của Newton là ngày 4 tháng 1 năm 1643.

khoa học của thời kì ấy, cuộc tranh cãi, trong đó người Anh và người Đức mỗi bên khẳng định đối phương đã ăn cắp ý tưởng của mình, na ná như sự kình địch ngày nay của hai đội tuyển quốc gia trên sân cỏ. Tuy nhiên, không giống như trên sân cỏ, nơi những quả phạt đền có thể giải quyết được vấn đề, trong trận chiến giải tích không có bên nào chiến thắng cả. Đường như mỗi bên đã phát triển kĩ thuật một cách độc lập. Dẫu sao, phần lớn kiến thức nền tảng đã được thiết lập nửa thế kỉ trước đó bởi nhà toán học vĩ đại người Pháp, Fermat.

Trở lại với lực hấp dẫn. Từ lâu trước Newton, người ta đã nhận ra rằng nguyên nhân các vật rơi xuống là do Trái đất tác dụng một lực lên mọi vật hút chúng về phía nó. Người ta cũng biết rằng Mặt trăng quay xung quanh Trái đất vì Trái đất tác dụng một lực bí ẩn nào đó lên nó, ngăn không cho nó trôi nổi vào không gian. Newton đã kết nối hai hiện tượng này. Quy cho chuyển động của Mặt trăng và quả táo rơi là một và cùng một lực (lực hấp dẫn) là cú đòn chí mạng của nhà thiên tài. Cho đến khi ấy, người ta vẫn tin rằng những định luật của tự nhiên chi phối hành trạng của vật trên mặt đất (quả táo) và những vật trên trời (Mặt trăng) là hoàn toàn khác nhau.

Định luật hấp dẫn của Newton phát biểu rằng hai vật bất kì trong Vũ trụ sẽ bị hút nhau bởi một lực vô hình. Trái đất và mỗi và mọi vật trên bề mặt của nó, Trái đất và Mặt trăng, Mặt trời và các hành tinh, thậm chí Mặt trời và phần còn lại của thiên hà của chúng ta, đều đang bị hút về phía nhau. Như vậy, không chỉ có Trái đất giữ chúng ta dính trên bề mặt của nó; mà theo một nghĩa nào đó, chúng ta đang giữ Trái đất dính vào chân mình vì chúng ta đang hút Trái đất về phía chúng ta với một lực bằng với lực do nó tác dụng lên chúng ta. Khi tôi nói ở phần trước rằng Trái đất rơi lên phía quả táo đang rơi là tôi muốn nói theo nghĩa đen. Vấn đề là, vì đang dính vào bề mặt Trái đất, nên ta thấy quả táo chuyển động về phía Trái đất. Nhưng quả táo có quyền khẳng định nó không chuyển động gì cả và Trái đất đang chuyển động về phía nó.

Tương tự như vậy, một người đàn ông và một người phụ nữ đang trôi nổi ở gần nhau trong không gian trống rỗng sẽ bị hút *vật lí* về phía nhau – cho dù họ không bị ‘hút tâm lí’ về phía nhau! – bởi một lực hấp dẫn sẽ làm cho họ từ từ trôi giạt lại gần nhau. Tuy nhiên, lực này sẽ rất yếu (tương đương với lực nhỏ xíu dùng để nhặt một hạt đường cát nếu bạn đầu họ cách nhau vài centimet). Lực hấp dẫn là rất yếu khi các khối lượng có liên quan là nhỏ.

Làm thế nào chính lực hấp dẫn làm cho quả táo rơi lại không hút Mặt trăng xuống Trái đất? Sự khác biệt giữa hai trường hợp là, bất chấp khối lượng lớn hơn nhiều của Mặt trăng, nó ở trong quỹ đạo xung quanh Trái đất và tại mỗi thời điểm bất kì, nó đang chuyển động theo một hướng tiếp tuyến với đường quỹ đạo của nó, trong khi quả táo thì đang chuyển động về phía tâm Trái đất. Thật ra, đây là một cách nói không hay. Một định nghĩa

tốt hơn của “ở trong quỹ đạo” là nói Mặt trăng đang rơi về phía Trái đất theo một đường cong tạo thành một quỹ đạo tròn xung quanh Trái đất sao cho nó không bao giờ đi đến gần hơn được. Khi Newton lần đầu tiên tính ra kết quả này trong năm dịch bệnh 1666, ông nghĩ ông đã có câu trả lời sai, và chán nản không thêm công bố kết quả của mình. Chỉ nhiều năm sau này, khi thảo luận vấn đề trên với người bạn của ông, Edmund Halley (tên ông là tên một sao chổi nổi tiếng), Newton mới nhận ra tầm quan trọng của khám phá của ông.

Định luật hấp dẫn của Newton cực kì thành công trong ba trăm năm tiếp sau đó. Lưu ý rằng nó được gọi là một *định luật* của sự hấp dẫn vì các nhà khoa học chắc chắn nó là lời nói cuối cùng về vấn đề trên, chứ không chỉ là một lí thuyết có thể bị bác bỏ nếu và khi xuất hiện cái gì đó tốt hơn. Nhưng chính xác thì điều đó đã xảy ra vào năm 1915. Nhân vật ấy là Einstein. Albert Einstein.

Lực hấp dẫn của Einstein

Định luật hấp dẫn của Newton dường như mô tả một lực vô hình, gần như thần kì, tác dụng giữa mọi vật cho dù chúng ở xa nhau bao nhiêu (mặc dù nó thật sự yếu đi nhiều theo khoảng cách) và cho dù nằm giữa chúng là cái gì đi nữa, thậm chí là không gian trống rỗng. Vì thế, chúng ta nói lực hấp dẫn không cần “môi trường” (hay “chất liệu”) để truyền tác dụng. Einstein đưa ra một lời giải thích sâu sắc hơn quan điểm này. Ông khẳng định lực hấp dẫn không tác dụng trực tiếp lên vật mà lên bản thân không gian, làm cho nó bị cong. Sự cong này của không gian khi đó làm cho các vật bên trong nó hành xử theo kiểu khác với kiểu chúng hành xử nếu như không gian không bị cong. Khó hiểu ư? Ta hãy lùi lại một bước và xem Einstein đã đi tới cách lí giải thâm thúy dường như không cần thiết này như thế nào.

Bạn có lần nào ngồi vào trò chơi mô phỏng chuyển động ở công viên giải trí chưa? Bạn ngồi cùng với một vài hành khách khác bên trong một khoang đóng kín và xem một đoạn phim ngắn về một cảnh săn đuổi ngoạn mục. Khoang ngồi có cảm giác thật sự như đang tăng tốc, hãm phanh, lượn vòng qua những chỗ cua gắt, leo lên chỗ nhô lên, trèo lên và rơi xuống. Thật vậy, việc đánh lừa sự hoài nghi của bạn dễ đến bất ngờ. Nguyên lí sử dụng trong những trò chơi này được gọi là nguyên lí tương đương Einstein và nó đơn giản đến mức có thể nói ngắn gọn trong một từ: lực g (hay là hai từ nhỉ?) Einstein nhận ra rằng lực mà bạn cảm nhận khi đang gia tốc (có lẽ rõ ràng nhất là khi trên một chiếc máy bay đang tăng tốc trên đường băng ngay trước khi cất cánh) và lực hấp dẫn là tương đương với nhau. Thật vậy, ta nói gia tốc của chiếc máy bay đẩy chúng ta về phía ghế ngồi đang cung cấp một lực g . Chữ “ g ” là kí hiệu cho lực hấp dẫn, và trên thực tế, là một đại lượng có đơn vị của gia

tốc chứ không phải lực. Vì thế một gia tốc một “g” sẽ bằng với gia tốc mà một vật chịu khi đang rơi.

Thoạt đầu, điều này nghe có vẻ gượng gạo. Rốt cuộc lực đang đẩy bạn lên chỗ ngồi là cái xảy ra với chuyển động và sự gia tốc trong khi lực hấp dẫn tác dụng ngay cả khi bạn đang đứng (với việc giữ bạn dính trên mặt đất). Nhưng hãy nghĩ một chút xem buồng mô phỏng chuyển động hoạt động như thế nào. Làm thế nào bạn có cảm giác gia tốc ngay cả khi bạn không thém nhìn vào những hình ảnh ẩn tượng trên màn hình? Nói chung, buồng mô phỏng không chuyển động đi đâu hết, nó chỉ lật đảo xung quanh chỗ của nó thôi. Tất cả những cái nó cần làm để gây ra ẩn tượng của sự gia tốc về phía trước, ví dụ là một “g”, là lật ra phía sau để bạn và ghế ngồi của bạn quay mặt lên trên. Chúng ta đã quen thuộc với cảm giác ngã lưng trên giường hàng đêm nên chúng ta quên mất sức hút của lực hấp dẫn của Trái đất kéo đầu chúng ta xuống dưới gối. Thật ra, lực này chúng ta thường biết là tương đương với lực đẩy chúng ta ra phía sau chỗ ngồi nếu chúng ta đang ngồi trong một chiếc xe đang tăng tốc từ trạng thái nghỉ lên 60 dặm/giờ chỉ trong vòng chừng hai phút rưỡi!

Đây là nguyên do tại sao dễ đánh lừa não nghĩ rằng lực hấp dẫn mà chúng ta đang cảm nhận thật sự trong buồng mô phỏng là một lực gia tốc. Theo kiểu tương tự như vậy, khi buồng mô phỏng chuyển động của chúng ta dừng lại đột ngột đến mức chúng ta cảm thấy bản thân mình bị ném về phía trước, thì tất cả những cái đang diễn ra là buồng mô phỏng đang ngã chúng ta về phía trước và để cho lực hấp dẫn làm công việc còn lại.

Một ví dụ khác chứng minh nguyên lý tương đương đang hoạt động là mặt ngược lại của ví dụ buồng mô phỏng, đó là sử dụng gia tốc để mô phỏng lực hấp dẫn. Đây là ví dụ được sử dụng phổ biến nhất khi giảng dạy nguyên lý trên. Hãy tưởng tượng bạn bị giữ ngồi tại chỗ trên một tên lửa thật sự đang chờ đếm ngược đến giờ rời bệ phóng. Chỗ ngồi của bạn bố trí sao cho bạn quay mặt lên trên về phía đầu (phía trước) của tên lửa. Tiếp tục, hãy tưởng tượng bạn đang thư giãn và nghỉ ngơi về chuyến hành trình nên bạn ngủ quên mất – trên thực tế, khó mà dám ngủ quên như vậy, tôi biết chứ. Khi bạn thức dậy, và trước khi có cơ hội nhìn ra ngoài cửa sổ, thì nguyên lý tương đương sẽ phát biểu rằng bạn sẽ không có khả năng phân biệt cảm giác bạn cảm thấy nếu tên lửa vẫn nằm trên bệ phóng với lực hấp dẫn đang hút bạn xuống phía dưới ghế ngồi, và cảm giác bạn sẽ cảm thấy nếu tên lửa đã rời Trái đất từ lâu và hiện tại ở trong không gian đang gia tốc với độ lớn một “g”. Thật vậy, nếu bạn tiếp tục tạm thời không nhìn qua cửa sổ để kiểm tra xem bóng tối mù mịt của không gian trống rỗng hay quang cảnh quen thuộc của trạm phóng tên lửa đang nhìn vào phía sau bạn, thì bạn sẽ không tìm thấy bất kì thí nghiệm nào mà bạn có khả năng thực hiện bên trong tên lửa sẽ cho phép bạn dự đoán bạn đang ở đâu². Những thí nghiệm mà tôi nói là bất cứ cái gì từ những quan sát đơn giản, ví dụ như khảo sát sự đồng đều của một con lắc hay quan sát một quả bóng rơi, đến những phép đo phức tạp sử dụng các chùm laser và gương;

về cơ bản là bất kì thí nghiệm nào có thể phân biệt giữa hành trạng của những vật đang chịu gia tốc một “g” và tác dụng của lực hấp dẫn của Trái đất.

Cuối cùng, nghi ngờ quá nhiều nên bạn nhìn ra ngoài xem bạn có thật sự đang gia tốc trong vũ trụ hay không. Tuy nhiên, tất cả những thí nghiệm đó đã làm bạn kiệt sức và bạn lại ngủ thiếp đi. Khi bạn thức dậy, bạn cảm thấy không trọng lượng. Bạn nên nhớ giữ mình lại tại chỗ, nếu không bạn sẽ nổi bồng bềnh và va đầu vào bảng điều khiển mất. Giờ thì bạn gặp một trục trặc nữa nếu bạn không nhìn ra bên ngoài. Bạn thấy, hoặc có thể bạn đang trôi giạt trong vũ trụ ở một vận tốc không đổi với động cơ tên lửa đã ngừng hoạt động, cái đảm bảo giải thích cho cảm giác không trọng lượng, hoặc có thể bạn đang rơi trong bầu khí quyển của Trái đất và có nguy cơ thiệt mạng nếu bạn không nhanh chóng nắm quyền kiểm soát tên lửa. Bạn thấy đó, khi bạn đang rơi tự do trong trường hấp dẫn của Trái đất bạn cảm nhận sự không trọng lượng, cứ như thể lực hút hấp dẫn của Trái đất không còn nữa.

Rơi tự do

Đa số chúng ta chưa ai từng có cơ hội ở trong tình huống thứ nhất đã nêu ở trên, vì thế sau đây là một ví dụ nữa giúp bạn hiểu rõ vấn đề.

Nếu bạn từng có đủ gan dạ (hay dại dột?) để chơi nhảy dù, bạn sẽ được tha thứ nếu bạn có cảm giác, khi bạn lao về phía bề mặt hành tinh và gia tốc trong suốt thời gian đó, rằng lực hấp dẫn không bao giờ biểu hiện hay có sự trải nghiệm nào rõ rệt. Thật ra, xảy ra điều ngược lại. Đây có thể là một lần trong đời bạn tác dụng của lực hấp dẫn hoàn toàn không có và người ta nói bạn đang “rơi tự do”. Trong vài giây hồ hởi phấn khích đó, bạn đang trải nghiệm sự không trọng lượng. Cứ như là lực hấp dẫn cuối cùng đã biến đi và bạn đang làm cái nó bắt bạn làm trong suốt cuộc đời của bạn. Đó là vì luôn luôn có mặt đất rắn chắc bên dưới chân bạn làm tan nát mọi thứ rơi xuống. Và vì thế, nhiệm vụ của nó đã hoàn thành, lực hấp dẫn tạm thời vắng mặt. Chính xác hơn, thay vì nói lực hấp dẫn không có mặt, chúng ta nói nó hoàn toàn bị triệt tiêu bởi gia tốc của bạn. Cảm giác rơi tự do là cái các nhà du hành cảm nhận trong suốt thời gian họ trôi nổi trong vũ trụ ở xa trường hấp dẫn của Trái đất (hoặc trong quỹ đạo vòng quanh Trái đất). Vì thế, họ phải trải qua sự đào tạo khắt khe để khắc phục bệnh không gian. Có thể tinh táo nói rằng du hành vũ trụ là một chuyến nhảy dù đường dài!

²Vâng, trên nguyên tắc, và với thiết bị đủ nhạy, bạn *có thể* nói ra sự khác biệt đó vì trường hấp dẫn của Trái đất là trường xuyên tâm chứ không phẳng. Điều này có nghĩa là nếu bạn thả rơi hai quả cầu sắt bên nhau trên Trái đất, chúng sẽ đều đi theo đường thẳng về phía tâm Trái đất. Hai đường thẳng không song song với nhau hoàn toàn. Trong tên lửa đang gia tốc, chúng sẽ hoàn toàn song song nhau.

Vậy thì sự trải nghiệm không trọng lượng có nghĩa là gì? Lấy ví dụ, khi bạn rơi, bạn “thả rơi” một hòn đá bạn đang nắm trong tay. Vì nó đang rơi cùng tốc độ với bạn nên nó sẽ chuyển động song hành cùng bạn³. Quan điểm của một nhà vật lý là như thế này, nếu trong đầu cô ta đẩy lùi suy nghĩ rằng cuộc sống tươi đẹp như thế nào và phớt lờ đi mặt đất đang chào đón bên dưới cô ta, thì cô ta sẽ gạt phăng đi mọi thứ xung quanh và tưởng tượng chỉ có cô ta và hòn đá là tồn tại. Giờ thì hòn đá dường như trôi nổi trong không trung bên cạnh cô ta, theo kiểu giống như các vật trôi nổi không trọng lượng trong không gian. Đây là nguyên do, trong ví dụ tên lửa, bạn sẽ không thể chắc chắn, mà không nhìn ra bên ngoài, rằng tên lửa đang rơi tự do trong khí quyển của Trái đất hay đang trôi nổi trong không gian.

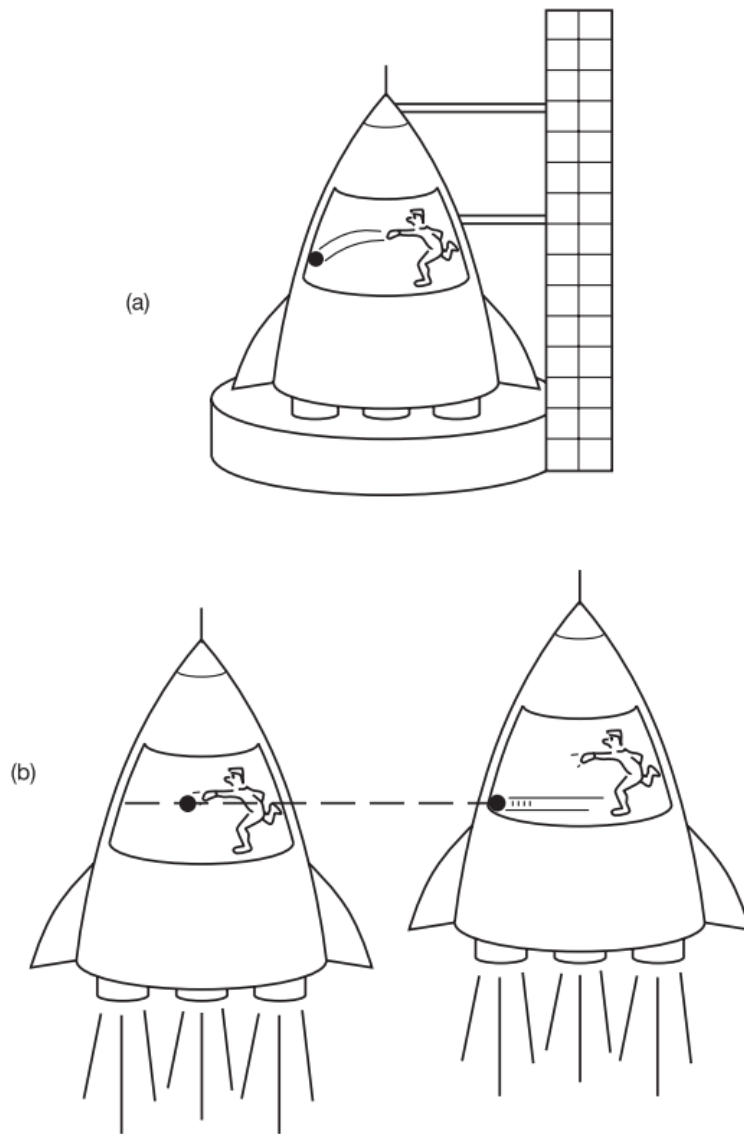
Những ví dụ như tôi vừa mô tả được gọi là *thí nghiệm tưởng tượng* vì chúng ta không cần trải nghiệm vật lý với chúng để có sự am hiểu về sự hoạt động của tự nhiên. Einstein rất thích một cách tiếp cận như thế vì ông bỏ thời gian để ngồi và suy ngẫm, chứ không làm việc trong một phòng thí nghiệm tiến hành những thí nghiệm thực tế. Ông gọi những thí nghiệm này là thí nghiệm *gedanken* (trong tiếng Đức có nghĩa là “tưởng tượng”). Tất nhiên, nhảy dù và buồng mô phỏng ở hội chợ đang chiếu phim *Chiến tranh giữa các vì sao* không phải là những ví dụ mà ông có thể gọi.

Vậy toàn bộ chất liệu gia tốc này phải làm gì với quan niệm không gian cong của Einstein? Tôi e rằng mình nên giải thích rõ ràng hơn một chút. Giờ chúng ta phải trở lại với ví dụ tên lửa. Hãy nhớ lại khoảnh khắc khi bạn thức dậy và không thể quả quyết, nếu không gian lặn và nhìn ra bên ngoài, tên lửa vẫn chưa rời bệ phóng hay đang gia tốc một “g” trong không gian? Có một thí nghiệm *gedanken* đặc biệt bạn phải tiến hành ngay. Hãy đứng ở một bên tên lửa và ném một quả bóng ngang qua tên lửa, như trên hình 2.1(a). Quả bóng sẽ đi theo một quỹ đạo cong và chạm vào phía bên kia tại một điểm nằm bên dưới điểm nó sẽ chạm nếu nó đi theo đường thẳng. Đây chính là cái chúng ta trông đợi xảy ra nếu tên lửa vẫn còn trên bệ phóng, với quả bóng tuân theo định luật hấp dẫn.

Nếu tên lửa hiện đang tăng tốc thì, theo nguyên lý tương đương, bạn sẽ thấy quả bóng đi theo một quỹ đạo cong giống như vậy. Nếu tên lửa đang trôi nổi trong không gian với động cơ đã ngừng hoạt động (tức là đang lao đi ở một tốc độ không đổi), thì nó sẽ mang quả bóng theo cùng với nó và bạn sẽ thấy quả bóng đi ngang theo đường thẳng. Đây là vì quả bóng và tên lửa đều có tốc độ “hướng lên” bằng nhau. Nhưng nếu tên lửa đang tăng tốc, như trên hình 2.1(b) (lưu ý rằng hình phía bên phải là một phần của một giây sau của hình phía

³Đây là thí nghiệm mà người ta cho rằng Galileo đã tiến hành từ đỉnh của Tháp Pisa – chỉ khác là ông không nhảy ra – bằng cách chứng minh rằng các vật rơi với tốc độ như nhau cho dù chúng cân nặng bao nhiêu (miễn là chúng không quá nhẹ để bị ảnh hưởng bởi sức cản không khí như một tờ giấy hay cái lông chim).

bên trái), thì quả bóng sẽ không chịu sự gia tốc này trong khi nó bay ngang qua tên lửa. Cho nên lúc nó đi tới phía bên kia, tên lửa sẽ chuyển động hơi nhanh hơn một chút so với khi quả bóng rời tay bạn. Điều trên thành đối diện nơi quả bóng *phải* đập vào đã hơi dịch lên một chút và quỹ đạo của nó trước mắt bạn sẽ bị cong. Nguyên lí tương đương là chính xác. Mặc dù sự giải thích quỹ đạo cong trong hai trường hợp là khác nhau, nhưng kết quả bạn quan sát thấy là giống nhau.



Hình 2.1 (a) Quả bóng ném dưới tác dụng của lực hấp dẫn của Trái đất sẽ đi theo một quỹ đạo cong. (b) Quả bóng ném khi tên lửa ở trạng thái không có lực hấp dẫn tác dụng sẽ đi theo một quỹ đạo thẳng nếu tên lửa đang chuyển động ở một vận tốc không đổi. Nếu tên lửa đang tăng tốc, như hình vẽ ở đây, thì người ném sẽ thấy đường đi của quả bóng bị cong xuống dưới vì tên lửa sẽ chuyển động nhanh hơn quả bóng lúc nó đi tới phía bên kia.

Tiếp theo, thay vì ném một quả bóng ngang qua tên lửa, hãy chiếu một ngọn đèn về phía thành bên kia sao cho chùm ánh sáng hướng nằm ngang. Nếu bạn có thiết bị đủ nhạy, bạn sẽ thấy chùm ánh sáng hơi bị bẻ cong xuống phía dưới/đáy của tên lửa. Đây là một hiệu ứng ta có thể hiểu khá dễ dàng nếu tên lửa đang tăng tốc trong không gian vì chúng ta sẽ sử dụng sự lí giải giống như trong trường hợp quả bóng ném. Mặc dù ánh sáng từ ngọn đèn phát ra đi ngang qua tên lửa cực kì nhanh, nhưng nó vẫn mất một thời gian hữu hạn trong đó tên lửa đã thu thêm chút ít vận tốc và sẽ chuyển động về phía trước một chút.

Vấn đề bạn có thể gặp phải là tin rằng chùm ánh sáng sẽ đi theo đường cong giống như vậy khi tên lửa đang đứng yên trên bề mặt Trái đất. Nhưng nguyên lí tương đương là tối hậu, và ánh sáng hóa ra chẳng khác gì quả bóng. Ngay cả trên Trái đất, đường đi của ánh sáng cũng hơi bị cong xuống một lượng giống như độ cong mà nó có trong tên lửa đang tăng tốc.

Ánh sáng không có sức nặng gì cả⁴, vậy làm thế nào nó bị lực hấp dẫn bẻ cong? Tuy nhiên, khối lượng có thể xem là năng lượng bị đóng băng, và ánh sáng chắc chắn có năng lượng, vì thế chúng ta có thể nghĩ nó có sức nặng và không nên bất ngờ nếu nó hành xử giống như những đối tượng vật chất và bị lực hấp dẫn của Trái đất hút xuống. Thật vậy, bản thân Newton từng đề xuất rằng ánh sáng gồm một dòng những hạt nhỏ xíu sẽ bị tác dụng bởi lực hấp dẫn giống như quả bóng vậy. Nhưng tôi e rằng chúng ta sẽ đi tới câu trả lời sai cho độ cong mà chúng ta thấy nếu ta sử dụng cách tiếp cận của Newton. Nếu chúng ta tính độ cong của đường đi ánh sáng mà chúng ta thấy, dựa trên lập luận của Newton rằng ánh sáng có khối lượng và bị lực hấp dẫn hút xuống, chúng ta sẽ đi tới một đáp số chỉ bằng một nửa giá trị ta thật sự đo được với thiết bị nhạy của mình. Do đó, có cái gì đó không đúng đối với định luật hấp dẫn của Newton, ít nhất là khi nó mô tả tác dụng của lực hấp dẫn lên ánh sáng.

Cách lí giải của Einstein khác hoàn toàn. Lập luận của ông bỏ qua hoàn toàn lực hấp dẫn. Thay vậy, ông nói rằng tất cả các đối tượng vật chất trong Vũ trụ sẽ ảnh hưởng đến không gian và thời gian trong vùng phụ cận của chúng, làm cho chúng cong đi. Vì thế, thay vì nghĩ tới Trái đất tác dụng một “lực” lên chúng ta, quả táo, Mặt trăng, quả bóng và chùm ánh sáng, làm hút mọi thứ về phía nó, Einstein khẳng định rằng Trái đất làm cho không gian xung quanh nó bị cong. Giờ thì tất cả các vật trong vùng không gian này đơn giản là đang đi theo những đường cong. Không có lực nào giữ Mặt trăng trên quỹ đạo và không có lực nào hút chùm ánh sáng trong tên lửa đứng yên về phía Trái đất hết. Vạn vật chuyển động tự do, nhưng đi theo một quỹ đạo luôn luôn là hành trình ngắn nhất sẵn có. Nếu không gian là

⁴Ở đây, hãy tạm chấp nhận quan điểm này. Tôi sẽ giải thích nó cặn kẽ hơn ở Chương 6. Điều tôi muốn nói tất nhiên là ánh sáng không có cái gọi là khối lượng nghỉ.

phẳng thì đường đi này sẽ là một đường thẳng, nhưng vì không gian nó chuyển động trong đó là bị cong, nên đường đi của nó cũng bị cong. Những đường đi như vậy trong không gian cong⁵ được gọi là *đường trắc đạc*.

Einstein đã phát triển những quan niệm này trong khoảng thời gian dẫn tới Thế chiến thứ nhất. Ông hoàn thành quan niệm này, thuyết tương đối tổng quát của ông, vào năm 1915. Nhưng thế giới phải chờ đến năm 1919 thì lý thuyết mới được xác nhận trên thực nghiệm.

Einstein cho rằng lực hấp dẫn của Mặt trời sẽ bẻ cong đường đi của ánh sáng đi tới chúng ta từ những ngôi sao xa xôi, nếu như ánh sáng phải đi qua đủ gần Mặt trời trên hành trình đi đến Trái đất. Tuy nhiên, vấn đề là khi ngôi sao đó ở cùng một mảng trời với Mặt trời thì ánh sáng mặt trời rực rỡ khiến chúng ta không thể nhìn thấy ngôi sao đó. Các nhà thiên văn phải chờ đến một lần nhật thực toàn phần, khi Mặt trăng đi qua giữa Mặt trời và Trái đất và chặn mất ánh sáng mặt trời, để kiểm tra thuyết tương đối của Einstein. Vào năm 1919, nhà thiên văn vật lý người Anh Arthur Eddington đã chỉ đạo một đoàn thám hiểm đến vùng rừng nhiệt đới Amazone chụp ảnh thành công một nhật thực toàn phần và đo góc nhỏ mà ánh sáng của một ngôi sao nhất định bị lệch do trường hấp dẫn của Mặt trời. Đó là một phép đo khó và tinh vi, nhưng nó chứng tỏ rằng Einstein là đúng. Nó gây xôn xao dư luận báo chí trên khắp thế giới và Einstein trở thành một cái tên của mọi nhà.

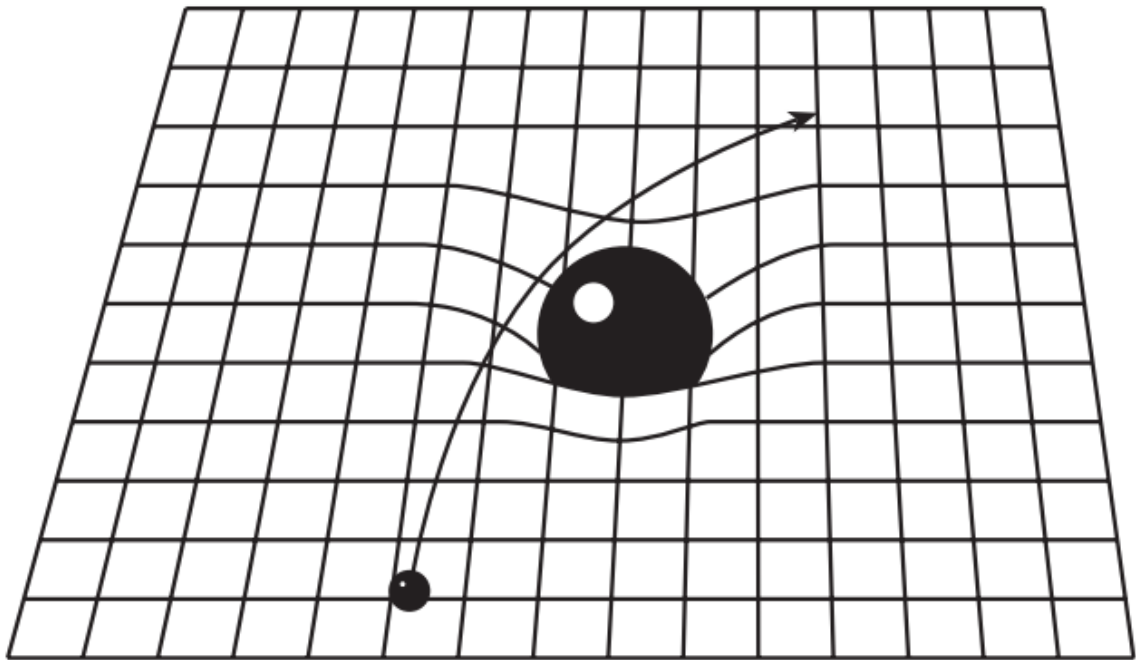
Không gian cao su

Trong Chương 1, tôi đã trình bày rằng không nên nghĩ không gian là “nơi đặt cái gì đó vào”, mà thay vậy nó có những tính chất hình học của riêng nó. Những tính chất này thay đổi trong sự có mặt của khối lượng. Để hình dung không gian có thể cong như thế nào ở gần một vật khối lượng lớn, chúng ta sẽ sử dụng thủ thuật bỏ đi một trong các chiều không gian và hãy nghĩ tới sự cong của một thế giới 2D.

Cách tốt nhất để hiểu cái xảy ra với không gian khi ta đưa một vật khối lượng lớn vào là hãy tưởng tượng không gian (2D) đó giống như một tấm cao su. Hãy tưởng tượng lăn một quả cầu nhỏ trên một tấm bạt. Nó sẽ đi qua theo một đường thẳng. Giờ thì sẽ như thế nào nếu bạn đứng ở ngay giữa tấm bạt và nhờ ai đó lăn quả cầu đó một lần nữa? Bạn sẽ tạo ra một chỗ lõm làm cho chất liệu của tấm bạt hơi võng xuống một chút. Nếu đường đi của quả cầu đủ gần so với chỗ lõm này, nó sẽ đi theo sự cong đó và uốn vòng để chuyển động

⁵Nhưng một lần nữa, tôi nhấn mạnh rằng tôi đang nói về không thời gian bốn chiều chứ không phải chỉ riêng không gian ba chiều. Một số ví dụ và điều tương tự tôi mô tả trong quyển sách này chỉ nhằm giúp bạn có cảm nhận chung về vấn đề đang trình bày chứ không nên hiểu theo nghĩa đen. Để có một quan niệm chính xác hơn của cái đang diễn ra thì thật không dễ và nằm ngoài phạm vi của quyển sách này.

theo một hướng khác (hình 2.2). Nhìn từ trên xuống, như thể bạn đã tác dụng một lực bí ẩn lên quả cầu làm cho nó bị hút về phía bạn và đi ra khỏi quỹ đạo thẳng ban đầu của nó. Đây là cách chúng ta hình dung vật chất uốn cong không gian xung quanh nó. Sự cong làm cho những vật khác đi theo một đường đi khác với đường chúng sẽ đi nếu không có sự cong đó. Cái xảy ra trên tấm bạt là quả cầu đang đi theo một đường trắc đặc. Đây là đường đi ưu tiên đối với quả cầu; đường đi mà nó nhận tự nhiên nhất, biết trước sự cong của chất liệu tấm bạt mà nó gặp. Như vậy, một đường trắc đặc là khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm bất kì. Cho nên, nếu có ai hỏi bạn khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm là bao nhiêu, thì đừng bao giờ nói đó là một đường thẳng. Đường trắc đặc chỉ là đường thẳng khi không gian là phẳng. Nếu quả cầu chuyển động chậm hơn cũng trên đường đi đó trên tấm thảm, thì nó sẽ gặp chỗ trũng và chuyển động xoắn ốc về phía chân của bạn.



Hình 2.2 Vì một vật khối lượng lớn như một ngôi sao hay hành tinh tạo ra một vết lõm trong không gian, nên quỹ đạo của những vật nhỏ hơn đi qua gần sẽ bị uốn cong bởi chỗ “trũng” đó. Sự cong này là cái chúng ta gán cho lực hút hấp dẫn.

Trong ví dụ trên, chất liệu của tấm thảm thể hiện không gian 2D và vì thế sự tương tự là không chặt chẽ vì toàn bộ các vật trong không gian tưởng tượng này phải cư trú trong hai chiều, trong khi quả cầu là một vật thể 3D lặn phía trên bề mặt đó. Tương tự, vết lõm mà bạn tạo ra bằng cách đứng trên tấm thảm thật ra là do lực hấp dẫn của Trái đất hút bạn xuống, trong khi tôi đang yêu cầu bạn tưởng tượng rằng chỉ riêng khối lượng *của bạn* đang uốn cong bề mặt 2D đó. Trên thực tế, vì bạn là một vật thể 3D trong không gian 3D, nên

thật ra cái bạn đang làm là uốn cong không gian thật sự xung quanh bạn. Tuy nhiên, hiệu ứng này quá nhỏ nên nó chưa bao giờ được đo thấy. Tuy vậy, đúng là hễ khi nào bạn ăn kiêng, không những bạn hi vọng có được vùng eo phẳng hơn – cái tôi cảm thấy khó khăn trong những năm gần đây – mà không gian xung quanh bạn cũng sẽ hơi phẳng hơn một chút vì bạn có khối lượng kém đi!

Giờ thì ta có thể hiểu cách lí giải của Einstein về lực hấp dẫn. Tất cả các đối tượng vật chất uốn cong không gian xung quanh chúng đi một lượng phụ thuộc vào khối lượng mà chúng có, và không gian bị uốn cong này khi đó dẫn hướng tất cả các vật chuyển động bên trong nó, làm cho chúng đi theo những đường trắc đạc. Những quỹ đạo như thế có thể hiểu được nếu bạn nghĩ tới đường bay của một chiếc máy bay.

Mấy năm trước, tôi có bay từ London sang Tokyo dự một hội nghị vật lí. Tôi nhìn vào tấm bản đồ thế giới của mình để có một chút ý niệm mơ hồ về những đất nước mà tôi sẽ bay ngang qua. Tôi quên rằng một tấm bản đồ là hình chiếu phẳng của bề mặt cong của Trái đất. Cho nên, mặc dù khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên tấm bản đồ (ví dụ giữa London và Tokyo) có thể trông là một đường thẳng trên trang giấy, nhưng để tìm khoảng cách ngắn nhất, chúng ta nên nhìn vào quả địa cầu. Để tìm khoảng cách này, ta đặt một đầu dây cao su lên London, còn đầu kia đặt lên Tokyo. Sợi dây sẽ luôn uốn theo một đường trắc đạc vì đây sẽ là khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm. Mọi đường đi khác sẽ là dài hơn và khiến sợi dây giãn ra nhiều hơn. Vì nó có một xu hướng tự nhiên là giảm thiểu chiều dài của nó, nên nó luôn tìm lộ trình đòi hỏi giãn ra ít nhất. Giờ chúng ta thấy lộ trình bay – giả sử người phi công muốn giảm thiểu nhiên liệu tiêu thụ và không trệch khỏi đường trắc đạc do thời tiết xấu hoặc do vùng cấm bay của một nước nào đó – sẽ đi qua một vùng xa về phía bắc của cả London và Tokyo, một lộ trình trông có dạng cong nếu bạn vẽ trên một bản đồ phẳng.

Bây giờ, khi tôi giới thiệu quan niệm của Einstein về lực hấp dẫn, chúng ta có thể nhìn vào một số hệ quả thú vị hơn của nó, thí dụ một cái lỗ trong không gian mà mọi thứ có thể rơi vào trong đó và bị mất vĩnh viễn: một lỗ đen. Bạn sẽ khám phá ra rằng những vật thể kì lạ như thế là hiện thực khoa học chứ không phải viễn tưởng vì các nhà thiên văn học ngày nay gần như chắc chắn rằng các lỗ đen thật sự tồn tại trong vũ trụ.

Để lát đường cho việc thảo luận về lỗ đen, trước tiên ta cần tìm hiểu đôi chút về cách thức chúng có thể hình thành. Để có lỗ đen, không gian cần bị uốn cong một lượng vô hạn. Điều này đòi hỏi cái gì đó thật sự rất đậm đặc. Cho dù toàn bộ Trái đất vẫn là không đủ - tiện thể, nó cũng bác bỏ khả năng Tam giác Bermuda là một loại hang lỗ trong không gian nuốt chửng lấy những con tàu và máy bay kém may mắn, vì một cái lỗ có kích cỡ như thế sẽ

đòi hỏi một khối lượng lớn hơn nhiều so với toàn bộ hành tinh, và chúng ta có thể dễ dàng tính ra khối lượng của Trái đất từ cách nó quay xung quanh Mặt trời.

Cái chúng ta cần cho sự uốn cong khủng khiếp của không gian là cái gì đó to lớn, thí dụ như một ngôi sao.

Nhấp nháy, nhấp nháy

Cảm xúc của bạn là gì khi bạn ngược nhìn lên bầu trời một đêm quang mây? Bạn có thấy khiếp sợ trước sự bao la của bầu trời hay không? Bạn có bao giờ hỏi cái gì đang xảy ra ở ngoài kia, giữa hằng hà sa số những kim châm ánh sáng nhấp nháy mà chúng ta gọi là sao, với số lượng ấn tượng đến mức dường như chẳng có ý nghĩa gì. Người ta dễ quên thật sự chúng là gì: đó là những vạc lửa khổng lồ, lớn hơn Trái đất hàng triệu lần. Đối với những ngôi sao ở xa, phải mất nhiều năm thì những tên lửa nhanh nhất của chúng ta mới có thể đi tới láng giềng gần nhất của mình. Nhưng có một ngôi sao, các tên lửa của chúng ta có thể đi tới nơi chỉ trong vài ba tháng.

Ngôi sao gần Trái đất nhất là người bạn già nua cũ kỹ của chúng ta. Không có nó, chúng ta sẽ không có mặt nơi này. Mặt trời của chúng ta dung đường gần như toàn bộ sự sống trên Trái đất bằng sự ấm áp và ánh sáng của nó. Nhiệt sinh ra trong lòng nó và lan tỏa ra nhận chìm những hành tinh của nó là cái chúng ta trông đợi. Tác giả Douglas Adams nêu tóm lược sự thờ ơ của chúng ta một cách thật hay:

“Vài nghìn tỉ tỉ tấn hạt nhân hydrogen siêu nóng đang nổ từ từ dâng lên phía trên đường chân trời và trông có dáng nhỏ, lạnh, và hơi ảm thấp”.

Các ngôi sao có nhiều màu sắc và hình dạng khác nhau và Mặt trời của chúng ta là một ngôi sao thuộc loại trung bình. Nó đang ở tuổi trung niên và hơi nhỏ. Một nhà thiên văn vật lí sẽ nói với bạn rằng nó là một ngôi sao lùn G2, nhánh chính, màu vàng. Nghe không ấn tượng gì cho lắm phải không nào? Gần như có chút lúng túng nữa. Bạn có thể tưởng tượng cảnh những người ngoài hành tinh đến từ những ngôi sao lớn loại A, màu trắng như Vega hay Sirius đồng tai xuống nghe ngóng chúng ta (mũi của họ có thể nằm phía trên đầu của họ). Nhưng trong thế giới sao, nhỏ cũng có cái lợi của nó.

Mỗi ngôi sao có một tuổi thọ nhất định có thể biến thiên từ một triệu đến nhiều tỉ năm. Tuổi thọ phụ thuộc vào cái đang xảy ra bên trong chúng và cái xảy ra này phụ thuộc vào khối lượng của chúng, tức số đo vật chất mà chúng chứa là bao nhiêu. Vậy thì cái gì xảy ra bên trong một ngôi sao? Ngày nay, chúng ta biết rằng mỗi ngôi sao là một cái nồi vũ trụ.

Đa số các nguyên tử cấu tạo nên cơ thể của chúng ta được tổng hợp bên trong một ngôi sao nào đó từ lâu trước khi Mặt trời và hệ mặt trời của chúng ta ra đời; ngoài ra, ngôi sao đó không còn tồn tại nữa. Tôi hiểu dường như chúng ta đang đi lạc hướng khỏi câu chuyện chính của mình là một lỗ đen được tạo ra như thế nào, nhưng chu trình sống của một ngôi sao là cái thiết yếu cho câu chuyện này. Các ngôi sao trải qua một số pha hơi khác nhau trong quãng đời của chúng, mỗi pha luôn có sức cuốn hút hơn pha trước đó.

Xào nấu các nguyên tố

Mọi thứ xung quanh chúng ta cấu tạo từ các nguyên tử. Những nguyên tử này xuất hiện tự nhiên ở 92 dạng khác nhau, gọi là nguyên tố. Chúng đa dạng từ những chất khí nhẹ nhất, như hydrogen và helium, rồi carbon, oxygen, nitrogen và những nguyên tố nặng hơn như nhôm, nickel, sắt, vàng rồi đến những nguyên tố nặng nề như chì và uranium. Bạn có bao giờ tự hỏi những nguyên tử khác nhau này đã được tạo ra như thế nào hay không? Quá trình đó được gọi là sự tổng hợp hạt nhân. Chưa tới một phút sau sự ra đời của Vũ trụ, các điều kiện thích hợp cho hai nguyên tố nhẹ nhất được tổng hợp và Vũ trụ sau đó chứa chừng 75% hydrogen và 25% helium, với một ít những nguyên tố tiếp theo trong bảng tuần hoàn hóa học như lithium và beryllium. Món pha chế này là chất liệu thô của các sao. Khi những đám mây khí giữa các sao này hình thành, chúng bắt đầu co lại dưới tác dụng của lực hút hấp dẫn riêng của chúng. Khi chất khí trở nên đặc hơn, nó nóng lên và, dần dần, một ngôi sao mới ra đời ngay chính giữa. Khi nhiệt độ này đạt tới vài triệu độ, thì các điều kiện đủ nóng cho ngôi sao bắt lửa.

Các ngôi sao tỏa sáng nhờ quá trình nhiệt tổng hợp hạt nhân. Đây là khi hạt nhân của hai nguyên tử hydrogen hợp nhất với nhau tạo thành một hạt nhân nguyên tử helium, giải phóng trong quá trình ấy một lượng năng lượng khổng lồ. Các nhà khoa học đã và đang cố gắng, cho đến nay chưa thành công, bắt chước quá trình này trên Trái đất trong một kiểu có điều khiển nhằm mang lại một nguồn năng lượng sạch (theo nghĩa là không phóng xạ), vô hạn. Tất nhiên, vấn đề là chúng ta không thể ngăn không cho plasma nhiệt độ cực cao trong lò nhiệt hạch của chúng ta thoát ra bên ngoài. Mặt khác, các ngôi sao tiếp tục đốt cháy và tỏa sáng suốt thời gian các phản ứng nhiệt hạch diễn ra bên trong chúng vì lực hấp dẫn của chúng giữ chúng lại với nhau. Đồng thời, quá trình này tạo ra một áp suất hướng ra ngoài giữ cân bằng với áp suất hướng vào do lực hấp dẫn của ngôi sao.

Quá trình này đã diễn ra bên trong Mặt trời trong năm tỉ năm qua kể từ khi nó ra đời (cùng với tám hành tinh của nó) từ một đám mây khí và bụi. Mặt trời sẽ tiếp tục tỏa sáng êm dịu như thế này trong năm tỉ năm nữa. Cho nên, đại khái thì hiện nay mặt trời đang ở độ

tuổi trung niên của mình. Giống như các ngôi sao, đây là một tuổi thọ lớn ấn tượng, có được nhờ khối lượng nhỏ của nó. Một ngôi sao có khối lượng càng lớn, thì áp suất hấp dẫn của nó sẽ càng mạnh, và vì thế phần lõi của nó trở nên đặc hơn và nóng hơn, và nó đốt nhiên liệu hạt nhân của nó nhanh hơn. Những ngôi sao lớn nhất, gấp một triệu lần khối lượng Mặt trời, sẽ chỉ sống được trong vài ba triệu năm.

Sau năm tỉ năm nữa, Mặt trời sẽ bắt đầu cạn kiệt nhiên liệu hydrogen của nó và sẽ dần dần chuyển sang một pha mới trong cuộc đời của nó. Nó sẽ trở thành cái gọi là sao kền đỏ. Khi nó sử dụng hết hydrogen trong lõi của nó, nó sẽ bắt đầu co lại dưới sức hấp dẫn riêng của nó và toàn bộ vật chất trong lõi sẽ trở nên bị nén và nóng lên trở lại. Lúc này xảy ra hai cái rất khác nhau. Thứ nhất, nhiệt ở trong lõi buộc các nguyên tử helium hợp lại tạo thành những nguyên tố nặng hơn. Đồng thời, những lớp bên ngoài của Mặt trời nở ra và phồng to đến kích cỡ mà hành tinh gần nó nhất, Thủy tinh, sẽ bị nuốt chửng. Lúc này, Mặt trời sẽ trở nên sáng hơn trước đó gấp nhiều lần, và sẽ choán nửa bầu trời khi nhìn từ Trái đất. Thật đáng tiếc, chúng ta sẽ không có khả năng chứng kiến sự kiện này vì bề mặt Mặt trời lúc này quá gần nên nó sẽ làm bay hơi Trái đất. Trong mọi trường hợp, nếu như con người vẫn còn tồn tại sau năm tỉ năm nữa, thì hi vọng khi đó họ đã tìm được cho mình một ngôi nhà mới.

Sau thêm một tỉ năm nữa, Mặt trời sẽ đi vào pha cuối cùng của cuộc đời của nó bởi sự phun trào một phần vật chất của nó vào không gian bên ngoài. Sự phun trào này tạo ra một cái đĩa chất khí hơi đẹp gọi là tinh vân hành tinh, tại chính giữa của nó sẽ làm cái lõi đang chết của Mặt trời: một sao lùn trắng. Một vật thể như thế sinh ra khi vật chất của Mặt trời tự co lại do lực hấp dẫn của riêng nó khi các quá trình nhiệt hạt nhân cuối cùng đã ngớt. Nó sẽ gồm chủ yếu là carbon kết tinh và oxygen và sẽ giống như một viên kim cương hình cầu đồ sộ có kích cỡ bằng Trái đất. Dần dần, ngôi sao lùn trắng này sẽ nguội và trở nên mờ đi và lạnh đi cho đến cuối cùng thì nó hoàn toàn mất dạng. Một vật thể như thế là cực kì đặc và chỉ một miếng cỡ bằng hạt đậu của nó sẽ cân nặng khoảng một tấn.

Như vậy, Mặt trời của chúng ta sẽ kết thúc chuỗi ngày huy hoàng của nó một cách hơi tầm thường, thậm chí có phần nhục nhã, khi so với nhiều ngôi sao lớn hơn, chúng có thể mang đến những màn trình diễn diễn pháo hoa thật ấn tượng.

Sao siêu mới bùng nổ trên bầu trời

Không phải ngôi sao nào cũng kết thúc cuộc đời của nó ở dạng sao lùn trắng. Thật vậy, nếu một ngôi sao có khối lượng lớn gấp vài lần Mặt trời, nó sẽ có một cái chết oanh liệt hơn nhiều. Một khi các quá trình hạt nhân bên trong nó đã ngớt, khối lượng thừa ra của nó

đồng nghĩa là nó sẽ tác dụng áp suất hấp dẫn lớn hơn lên lõi của nó. Áp suất này làm cho phần lõi trở nên quá đặc và nóng nên nó sẽ gửi một sóng xung kích vật chất ngược lên làm cho ngôi sao nổ tung dưới dạng sao siêu mới. Trong phút chốc, nó sẽ là vật thể sáng lẹ nhất trong toàn thiên hà. Trong vòng vài ngày, nó sẽ tỏa sáng gấp một trăm triệu lần; sáng hơn tất cả những ngôi sao khác trong thiên hà cộng gộp lại.

Một tính chất của những ngôi sao mà tôi chưa nhắc tới là đa số chúng xuất hiện thành từng cặp, gọi là hệ sao đôi, trong đó hai ngôi sao quay xung quanh nhau. Thật ra, những ngôi sao lẻ, đơn độc như Mặt trời là thuộc về thiểu số.

Kịch bản trên của một ngôi sao lẻ đồ sộ phát nổ được gọi là sao siêu mới loại II. Những ngôi sao này có độ sáng biến thiên và không phụ thuộc vào ngôi sao đó có là một phần của một hệ sao đôi hay không. Còn có một cách khác phổ biến hơn để một ngôi sao chuyển thành sao siêu mới. Nó được gọi là loại I, và xảy ra ở những hệ sao đôi. Cho dù một ngôi sao ban đầu không có đủ khối lượng và kết thúc dưới dạng một sao lùn trắng, nó vẫn có thể hút lấy vật chất từ người bạn đồng hành của nó và tăng thêm khối lượng. Do đó, bằng cách này nó có thể đạt tới khối lượng tới hạn.

Một trong những sao siêu mới được nhắc đến nhiều nhất trong những năm gần đây được nhìn thấy vào năm 1987. Tất cả những ngôi sao chúng ta nhìn thấy trên bầu trời đêm là thuộc Thiên hà Ngân hà của chúng ta. Những thiên hà khác ở quá xa nên chúng ta không thể nhìn thấy từng ngôi sao lẻ. Ngôi sao phát nổ vào năm 1987 không thuộc thiên hà của chúng ta mà thuộc một thiên hà láng giềng gọi là Đám mây Magellan Lớn. Nhưng, lúc nó sáng nhất, nó có thể được nhìn thấy rõ trên bầu trời đêm.

Tại tâm của nhiều tàn dư sao siêu mới là một cái lõi nhỏ, đậm đặc, cái còn sót lại của ngôi sao ban đầu. Vật thể này có đường kính cỡ bằng một thành phố lớn như London hoặc New York, nên nó nhỏ hơn nhiều so với một sao lùn trắng. Bởi vậy, nó đặc hơn nhiều vì nó chứa một phần đáng kể vật chất của ngôi sao ban đầu đã nổ. Một miếng nhỏ xíu cỡ bằng hạt đậu của cái lõi đậm đặc này sẽ cân nặng, trên Trái đất, bằng ngọn Everest! Một vật thể như vậy được gọi là sao neutron, và là một trong những vật thể thú vị nhất trong thiên văn vật lý học. Thật vậy, sao neutron là chủ đề của nhiều hoạt động nghiên cứu hiện nay. Bạn còn có thể bắt gặp thuật ngữ ‘pulsar’. Tất cả các sao neutron đều quay tròn rất nhanh và quét một chùm bức xạ vào không gian khi chúng quay như vậy. Nếu Trái đất nằm trong đường đi của chùm tia quét này, thì sao neutron xuất hiện trước chúng ta giống như một ngọn đèn lúc tắt lúc mở, vì thế mới có tên gọi pulsar. Một số pulsar quay nhiều vòng trên giây và tôi sẽ trở lại với chúng ở phần sau quyển sách này khi tôi xét khả năng sử dụng chúng để làm một cỗ máy thời gian.

Bất kể những vật thể thiên văn nghe có vẻ kì lạ này, chúng ta vẫn chưa gặp lỗ đen. Giờ ta hãy xét cái xảy ra khi một ngôi sao to hơn nữa, ví dụ gấp 20 hoặc 30 lần khối lượng Mặt trời, ngừng tỏa sáng. Một ngôi sao như vậy sẽ không có khả năng kháng nổi sự co sập hấp dẫn riêng của nó. Nó sẽ tiếp tục co lại cho đến khi nó bị nén đến mức mà ngay cả ánh sáng riêng của nó cũng không thể thoát khỏi lực hút hấp dẫn của nó. Đối với những ai đang nhìn từ xa, ngôi sao đó sẽ đột ngột biến mất khỏi tầm nhìn. Nó đã trở thành một lỗ đen.

Nhưng câu chuyện còn li kì hơn nữa và tôi sẽ trở lại với các lỗ đen ở Chương 4. Trong chương tiếp theo, chúng ta sẽ đưa vào sử dụng một số quan niệm về sự cong và sự giãn của không gian để xét Vũ trụ như một tổng thể. Rất nhiều cái chúng ta phải học về Vũ trụ chỉ được biết sau nhiều năm đo đạc và quan sát thiên văn. Một số quan niệm lí thuyết vẫn chưa được xác nhận trong khi một số quan niệm khác vẫn bị hoài nghi cao độ. Có một thứ là chắc chắn: vẫn còn nhiều câu hỏi chưa được trả lời. Trong những trang tiếp theo, tôi sẽ đánh giá một số quan niệm mới về nguồn gốc, hình dạng, kích cỡ và số phận của Vũ trụ của chúng ta.

3

VŨ TRỤ



Vũ trụ có thể đóng kín, nhưng nó mở ra trở lại sau bữa ăn trưa.

Erica Thurston, sinh viên vật lý trường Surrey

Bầu trời đêm

Nếu, giống như tôi, bạn đang sống ở một thành phố dân cư đông đúc, nơi sự ô nhiễm ánh sáng khiến cho ngay cả vào một đêm trong lành, bạn chỉ có thể nhìn thấy lèo tèo vài vật thể sáng nhất trên bầu trời, thì có khả năng bạn sẽ khó mà công nhận sự tồn tại của nhiều ngôi sao hay hành tinh. Tôi vẫn có thể chỉ ra Hỏa tinh và Kim tinh, những láng giềng gần gũi nhất của chúng ta ngoài mặt trăng ra, nhưng tôi không dám chắc về các chòm sao. Lúc còn nhỏ, tôi quen thuộc với bầu trời đêm hơn bây giờ nhiều lắm.

Tôi sinh ra ở Baghdad và đã trải qua 16 năm thơ ấu ở quê hương Iraq, nhưng rồi tôi đã theo gia đình rời bỏ quê hương tìm đường mưu sinh vào cuối thập niên 1970 khi bầu chính trị đã thay đổi. Trước đó, chúng tôi đến thăm Anh quốc hai hoặc ba năm một lần để trải qua những ngày hè cùng với ông bà. Tuy nhiên, mùa hè ở Iraq có cái thần kì riêng của nó. Những đám mây cuối mùa sẽ tan biến vào cuối tháng tư, mang đến bầu trời xanh lồng lộng cho đến tháng mười, và kì nghỉ hè kéo dài trong ba tháng rưỡi nóng bức (mỗi tuần chúng tôi đến trường sáu ngày). Vào tháng bảy và tháng tám, nhiệt độ đạt cực đại tới hơn 40 độ và sẽ khó giảm xuống dưới mức ba mươi độ nhớp nháp khó chịu vào ban đêm.

Động thái thú vị nhất xác nhận mùa hè Trung Đông đã đến là khi giường ngủ được mang lên mái nhà. Nhà ở luôn có cầu thang dẫn lên mái bằng, nơi mọi người ngủ trong khoảng một phần tư năm để trốn cái nhiệt oi bức và sự ẩm khó chịu. Vì thế, những đêm mùa hè thường gắn liền với kỉ niệm nằm ngửa mặt lên trời tràn ngập hàng nghìn ngôi sao, thử vạch ra các hình dạng bằng cách nối liền các “chấm sáng”. Cuối cùng, chúng sẽ phân nào mờ đi do lũ muỗi quấy phá nên chúng tôi sẽ sập màn xuống. Không bao giờ phải lo chuyện trời mưa. Trời không bao giờ đổ mưa vào mùa hè.

Nay sống ở miền nam nước Anh, tôi hầu như đã lãng quên bầu trời đêm có thể tươi đẹp như thế nào, và thỉnh thoảng tôi nhớ đến cảm giác rùng mình khi ngắm nhìn những ngôi sao băng.

Vâng, tôi đã quen nhận dạng một vài ngôi sao. Nằm trên mái nhà mình lúc còn nhỏ, tôi đã học được rằng một số “ngôi sao” sáng nhất không phải là sao gì cả mà là hành tinh, chúng chỉ tỏa sáng vì, giống như Mặt trăng, chúng phản xạ ánh sáng Mặt trời khi nó ở phía bên kia của Trái đất. Những ngôi sao đích thực ở xa hơn các hành tinh hàng triệu lần, và vì thế phải tỏa sáng gấp nhiều lần thì chúng ta mới nhìn thấy chúng. Tôi cũng ngờ ngợ nhớ đến cái cảm giác vừa có chút thất vọng vừa hồ hởi khi tôi biết rằng một ngôi sao rơi không gì hơn là một hòn đá nhỏ xíu bốc cháy khi nó đi vào khí quyển của Trái đất, và thật ra nó được gọi là thiên thạch.

Chương này là một sự hòa quyện của hai lĩnh vực khoa học liên quan nhau: thiên văn học và vũ trụ học. Đa số mọi người đã biết thiên văn học là gì, nhưng không phải ai cũng rõ vũ trụ học là gì. Là một ngành học, hẳn bạn đồng ý rằng vũ trụ học nghe có vẻ ấn tượng và ghê gớm lắm. Nó là sự nghiên cứu toàn bộ Vũ trụ: kích cỡ và hình dạng của nó, sự ra đời và phát triển của nó, thậm chí cả số phận khả dĩ của nó nữa. Nó cũng được xem là lĩnh vực vật lý quyền rũ lòng người nhất. Nó xử lý, và còn tuyên bố câu trả lời, những câu hỏi mà nhiều người cảm thấy nằm ngoài địa hạt khoa học.

Đa số cái chúng ta biết ngày nay về Vũ trụ đã tích lũy qua những thí nghiệm và quan sát thiên văn hết sức tỉ mỉ, chúng liên tục được tinh chỉnh khi những chiếc kính thiên văn mạnh hơn được chế tạo ra và những kỹ thuật mới được phát triển. Nhưng trong khi vũ trụ học, nói đại khái, là một lĩnh vực con của thiên văn học, thì kiến thức mà chúng ta có được về Vũ trụ còn phát sinh từ những lĩnh vực khoa học khác, ví dụ như vật lý hạt nhân và vật lý hạt cơ bản, và thiên văn vật lý học lý thuyết. Vũ trụ học lý thuyết là sáng tạo ra những mô hình toán học lý tưởng hóa của Vũ trụ bằng cách giải các phương trình của thuyết tương đối tổng quát Einstein. Những mô hình này có thể được thiết lập sao cho có thể mô tả những tính chất của toàn thể Vũ trụ, chứ không riêng một phần nhỏ của không gian và thời gian trong vùng phụ cận của một vật thể khối lượng lớn, ví dụ một ngôi sao.

Như trong những phần khác của quyển sách này, tôi sẽ trình bày các quan niệm về Vũ trụ của chúng ta, ít nhất là tại thời điểm viết sách, thể hiện kiến thức tốt nhất hiện nay của chúng ta và những lý thuyết được ưa chuộng. Một vài năm nữa, một số kiến thức này có thể sẽ làm sai lầm. Mặt khác, có những tính chất nhất định của Vũ trụ chúng ta hiện nay khá chắc chắn và tôi đảm bảo sẽ trụ vững qua sự trải nghiệm của thời gian. Tại cuối chương này, tôi sẽ tóm tắt những đặc trưng nào của Vũ trụ, theo quan điểm của tôi, là đúng và những đặc trưng nào vẫn còn đang gây tranh cãi.

Để bạn thấy các quan niệm và lý thuyết vũ trụ học đã và đang thay đổi và tiến bộ nhanh như thế nào do những phép đo thiên văn ngày một chính xác hơn, tôi đã phải viết lại

từng phần mục của chương này trong giai đoạn đọc dò bản thảo. Thật vậy, chúng ta sẽ thấy rằng 1998 là một năm quan trọng trong nghiên cứu vũ trụ học.

Vũ trụ to bao nhiêu?

Tôi muốn nói là RẤT LỚN! và dừng lại ở đó. Thật vậy, theo bằng chứng thiên văn mới nhất, Vũ trụ có khả năng là vô hạn. Điều này có nghĩa là nó trải rộng ra mãi mãi. Tuy nhiên, chúng ta chỉ có thể nhìn thấy một phần nhỏ của nó, thậm chí với những kính thiên văn mạnh nhất mà chúng ta hi vọng có thể chế tạo. Có tồn tại một đường chân trời trong không gian mà vượt ngoài đó chúng ta không bao giờ có thể nhìn thấy vạch mốc ranh giới của cái gọi là *Vũ trụ Nhìn thấy*. Đây không phải là một ranh giới thật sự, thật ra Vũ trụ không hẳn trải ra mãi mãi, mà ánh sáng cần một thời gian nhất định để đi tới chúng ta. Tôi sẽ nói kĩ hơn về vấn đề này khi tôi trình bày cái gọi là nghịch lí Olbers.

Trái đất quay xung quanh Mặt trời ở khoảng cách 150 triệu km, tương đương với gần 4000 vòng xích đạo. Mặt trời cùng các hành tinh của nó tạo thành hệ mặt trời. Trái đất quay một vòng quỹ đạo mất 365 ngày 6 giờ, đó là nguyên do chúng ta cần có năm nhuận 366 ngày, vì bốn lần bỏ qua sáu giờ sẽ tương đương với một ngày.

Tất nhiên, sẽ là vô nghĩa nếu đo những khoảng cách thiên văn không lồ theo đơn vị km. Thay vậy, chúng được đo theo quãng đường ánh sáng truyền đi trong một năm. Trong chương nói về thuyết tương đối đặc biệt, chúng ta sẽ thấy tốc độ ánh sáng là tốc độ nhanh nhất có thể thu được bởi bất cứ thực thể nào trong Vũ trụ¹. Tuy nhiên, cần có một thời gian nhất định để cho ánh sáng đi từ A đến B; nó chỉ phụ thuộc B ở xa bao nhiêu. Điều này có lẽ không dễ thấy đối với chúng ta khi chúng ta bật đèn trong phòng. Đối với chúng ta, toàn bộ căn phòng tức thời ngập trong ánh sáng, nhưng đây chỉ là vì quãng đường ánh sáng phải đi từ bóng đèn tới bốn góc phòng là quá nhỏ. Thật vậy, ánh sáng chỉ mất mười phần tỉ của một giây để đi từ bóng đèn đến bức tường của căn phòng.

Trên những khoảng cách thiên văn, thời gian để cho ánh sáng đi từ nơi này đến nơi khác trở nên đáng kể. Ví dụ, ánh sáng từ Mặt trời mất tám phút để đi tới Trái đất: chỉ mất tám phút để đi 150 triệu km. Nhưng ánh sáng mặt trời mất đến năm giờ để đi đến hành tinh lùn Pluto. Trong một năm, ánh sáng có thể truyền đi quãng đường từ Mặt trời đến Trái đất sáu mươi nghìn lần. Quãng đường mà ánh sáng truyền đi trong một năm, như tưởng tượng, được gọi là *năm ánh sáng*. (Vâng, bạn có thể gọi nó bằng tên gì nữa?) Tuy vậy, có một chút

¹Những hạt giả thuyết gọi là tachyon, hạt truyền đi nhanh hơn ánh sáng, đã được thuyết tương đối của Einstein dự đoán, nhưng có lẽ không tồn tại trong Vũ trụ thực.

bất tiện khi sử dụng một thuật ngữ chứa một khoảng thời gian để xác định khoảng cách, nhưng bạn phải làm quen với nó thôi.

Những khoảng cách vũ trụ khổng lồ này có nghĩa là vũ trụ học có một bí quyết khéo léo trong ống tay áo của nó. Khi chúng ta nhìn qua kính thiên văn ngắm một ngôi sao ở xa một năm ánh sáng, ta phải nhớ rằng cái ta đang nhìn là ánh sáng đã rời ngôi sao trước đó một năm. Vì thế, chúng ta không phải đang nhìn ngôi sao ở thì hiện tại mà đang nhìn một phiên bản hơi trẻ hơn một chút của nó. Nói ngắn gọn là chúng ta đang nhìn về quá khứ. Trong địa chất học và khảo cổ học, các nhà khoa học nhìn vào bằng chứng xung quanh họ (đất đá và tàn dư hóa thạch) và cố gắng suy luận ra vạn vật trông như thế nào thời quá khứ. Tuy nhiên, các nhà thiên văn có thể nhìn trực tiếp về quá khứ. Họ càng nhìn xa vào trong không gian, thì kính thiên văn của họ đang nhận ánh sáng càng già tuổi hơn và họ đang khảo sát lùi ngược càng xa trong thời gian. Những vật thể xa xăm nhất có thể phát hiện từ Trái đất ở cách chúng ta hàng tỉ năm ánh sáng và cho biết Vũ trụ trông như thế nào khi nó còn son trẻ.

Ngoài Mặt trời ra, ngôi sao gần chúng ta nhất là một sao lùn nhỏ hơn, mờ nhạt hơn nhiều tên gọi là *Proxima Centauri*, nó chỉ ở xa hơn bốn năm ánh sáng. Nằm tương đối gần ngôi sao này là hệ sao đôi *Alpha Centauri*, gồm một cặp sao giống như Mặt trời quay xung quanh nhau mỗi vòng mất tám mươi năm. Một cách tình cờ, *Beta Centauri* nằm đâu đó gần *Alpha Centauri* nhưng ở xa hơn một trăm lần. Là một ngôi sao lớn rất sáng, nó tỏa sáng với độ sáng tương đương trong cùng một vùng của bầu trời đêm nên, đối với chúng ta, trông chúng ở gần nhau.

Các ngôi sao ở xa như vậy nên bạn sẽ đúng trong suy nghĩ rằng đa phần không gian chỉ là không gian mà thôi. Nhưng bạn sẽ sai trong suy nghĩ rằng các ngôi sao phân bố đều trong toàn Vũ trụ. Khoảng cách đến những láng giềng gần gũi nhất của chúng ta như tôi đã trích dẫn ở trên là khá tiêu biểu giữa các ngôi sao trong vùng lân cận của chúng ta, nhưng ở những nơi khác, các ngôi sao có thể co cụm sít nhau hơn nhiều, và có những khoảng trống mênh mông của Vũ trụ không chứa ngôi sao nào cả. Không có ngoại lệ, tất cả các ngôi sao đều tập trung thành những nhóm lớn gọi là thiên hà. Chúng ta đang sống trong Thiên hà Ngân hà (với chữ T viết hoa để phân biệt nó với những thiên hà khác), nó có hình dạng giống một cái đĩa phẳng với vùng chính giữa phình ra. Vùng nhìn thấy phía ngoài gồm những cánh tay xoắn ốc mang lại tên gọi của nó: một thiên hà xoắn ốc. Nó rộng tám mươi nghìn năm ánh sáng và, để cho bạn có một chút hình dung ra kích cỡ này, trong Thiên hà của chúng ta có nhiều ngôi sao (khoảng một trăm tỉ) hơn so với số người sống trên Trái đất (khoảng 6 tỉ - dân số thế giới đã vượt ngưỡng 7 tỉ - ND). Mặt trời nằm về phía rìa của Thiên hà, trên một trong những cánh tay xoắn ốc của nó và quay xung quanh tâm Thiên hà một

vòng mất 255 triệu năm. Tâm thiên hà có mật độ sao dày đặc hơn nhiều và chứa những ngôi sao già hơn Mặt trời của chúng ta.

Bạn có thể nghĩ Thiên hà là một thành phố sao to lớn, với Mặt trời nằm ở vùng ngoại ô hiện đại, cách xa sự xô bồ, hối hả của vùng tâm thiên hà sầm uất. Toàn bộ những ngôi sao chúng ta nhìn thấy trên trời bằng mắt trần là nằm trong Thiên hà của chúng ta, nhưng có nhiều *tỉ* thiên hà khác nữa, mỗi thiên hà chứa dân cư sao đông đúc riêng của nó. Rất ít trong số những ngôi sao này, ngay cả trong những thiên hà láng giềng, có thể nhận ra với một chiếc kính thiên văn. Lần duy nhất người ta có thể nhìn thấy nó bằng mắt trần là nếu nó đang trải qua một vụ nổ sao siêu mới khi trong thời gian ngắn nó tỏa sáng lấn lướt so với những ngôi sao còn lại trong thiên hà của nó cộng gộp với nhau.

Những chỉ các ngôi sao cụm lại thành thiên hà, mà các thiên hà cũng nhóm lại thành đám. Thiên hà của chúng ta là một thành viên thuộc một bộ sưu tập hỗn tạp gọi là *Nhóm địa phương*. Gần chúng ta nhất là một số thiên hà lùn. Thiên hà lớn gần chúng ta nhất là *Tinh vân Tiên nữ* (Andromeda), ở xa chừng hai triệu năm ánh sáng và là thiên hà duy nhất, ngoài thiên hà của chúng ta, có thể nhìn thấy rõ từ Trái đất bằng mắt trần.

Những phép đo thiên văn đã đạt tới một mức độ chính xác và phức tạp với những chiếc kính thiên văn ngày một mạnh hơn đã và đang được chế tạo, cho phép chúng ta khảo sát ngày một sâu hơn vào không gian, nên ngày nay chúng ta biết bản thân các đám thiên hà còn nhóm lại thành cái gọi là siêu đám. Nhóm địa phương của chúng ta thật ra là một bộ phận của *Siêu đám địa phương*. Sau đó là gì nữa nhỉ? Một đám gồm những siêu đám chẳng?

Toàn bộ điều này cho chúng ta biết gì về Vũ trụ? Trước hết, nó rất ư là lộn xộn. Trên mọi thang bậc: từ các ngôi sao đến thiên hà đến đám đến siêu đám, vật chất có xu hướng cụm lại với nhau không đồng đều. Tất nhiên, đây là do lực hấp dẫn tác động tạo nên cấu trúc của toàn Vũ trụ. Lực hút hấp dẫn tương hỗ của tất cả các ngôi sao trong Thiên hà giữ cho chúng liên kết với nhau. Chính lực hấp dẫn làm cho các thiên hà cụm lại thành đám và siêu đám, và lực hút hấp dẫn của toàn bộ vật chất trong Vũ trụ tạo nên hình dạng tổng thể của nó.

Vũ trụ giãn nở

Ngày nay, nhiều người không phải nhà khoa học cũng biết tới khái niệm Vũ trụ giãn nở. Nhưng nó có nghĩa là gì? Có phải nó là một quan niệm lạ nữa mà các nhà khoa học nghĩ ra dựa trên dăm ba bằng chứng rằng nó có thể được lí giải theo một cách khác? Câu trả lời là không phải vậy. Ngày nay, có quá nhiều bằng chứng ủng hộ quan sát cho rằng Vũ trụ của

chúng ta đang ngày một to ra nên chúng ta không còn phải nghi ngờ gì nữa. Sự giãn nở đã được xác nhận từ hồi năm 1929 khi nhà thiên văn học người Mỹ Edwin Hubble thực hiện một khám phá đáng chú ý, nhưng chỉ sau khi một số nhà vũ trụ học đã dự đoán hiệu ứng trên lý thuyết.

Tất nhiên, nhà vũ trụ học hiện đại đầu tiên chính là Einstein. Không bao lâu sau khi hoàn thành thuyết tương đối tổng quát của ông vào năm 1915, ông bắt đầu sử dụng các phương trình của mình để mô tả những tính chất tổng thể của toàn Vũ trụ. Ông sớm vướng mắc một vấn đề nghiêm trọng. Nếu, tại một thời điểm cho trước, toàn bộ các thiên hà trong Vũ trụ là đứng yên so với nhau, và biết rằng Vũ trụ là hữu hạn về kích cỡ, thì lực hút hấp dẫn tương hỗ của chúng sẽ làm cho chúng bắt đầu tụ lại với nhau và Vũ trụ sẽ tự co lại. Nó không thể nào tĩnh tại nữa. Thật ra đây chỉ là một thí dụ có tính thu hút (và không phải là thí dụ duy nhất chúng ta sẽ gặp trong chương này). Đây là vì, một cách chất phác, bạn nghĩ Vũ trụ được xác định bởi thể tích không gian của nó vẫn giữ nguyên kích cỡ như cũ trong khi vật chất mà nó chứa bị hút hấp dẫn về phía “tâm” của nó. Điều này khá sai lầm. Trước tiên, chúng ta sẽ thấy rằng Vũ trụ không có tâm gì cả và, trong mọi trường hợp, chúng ta đã học được rằng lực hấp dẫn ảnh hưởng đến bản thân không gian chứ không đơn giản tác dụng lên vật chất “bên trong” nó.

Tiên đoán của những phương trình của ông đã khiến Einstein lo lắng. Quan điểm được chấp nhận rộng rãi vào lúc đó, và Einstein không là ngoại lệ bất chấp nhiều quan niệm mang tính cách mạng khác của ông, là rằng Vũ trụ, ở quy mô thiên hà và lớn hơn, sẽ là tĩnh tại và bất biến. Do đó, cho dù nó đã hiện hữu vĩnh hằng hay có một đáng sáng thể thiêng liêng đã đưa nó vào tồn tại ngay một thời điểm nào đó trong quá khứ xa xôi là không thành vấn đề. Cả hai quan điểm đều ủng hộ một bức tranh Vũ trụ hiện nay là không đổi. Quan niệm về một vũ trụ phát triển là mang tính con người và không cần thiết. Vì thế, khi các phương trình của thuyết tương đối tổng quát của Einstein dường như báo hiệu Vũ trụ đang co lại, ông đã quyết định phải hàn gắn mọi thứ lại. Ông cho rằng, để làm cân bằng lực hấp dẫn hướng vào trong, cần có một lực phản hấp dẫn ngược lại, gọi là lực đẩy vũ trụ, lực sẽ làm cân bằng lực hút hấp dẫn và giữ cho các thiên hà ở xa nhau và Vũ trụ ổn định. Sự khác biệt giữa lực hấp dẫn và lực phản hấp dẫn là tựa như sự khác biệt giữa lực hút kéo cực bắc của nam châm này về phía cực nam của nam châm kia và lực đẩy tách hai cực bắc ra xa nhau. Lực đẩy vũ trụ này xuất hiện trong toán học dưới dạng một con số, cái Einstein gọi là *hằng số vũ trụ học*. Nó được kí hiệu trong các phương trình của ông bằng kí tự Hi Lạp λ . (Trong toán học cao cấp, việc dùng x, y, z cho những đại lượng chưa biết là không đủ. Chúng ta sớm dùng các kí tự trong bảng chữ cái và bắt đầu vay mượn các kí tự Hi Lạp – với π là ví dụ được biết tới nhiều nhất trong số này) Cái Einstein đã đề xuất là một thủ thuật toán học để thu được mô hình vũ trụ tĩnh của ông.

Một vài năm sau công trình khởi nguồn của Einstein, nhà vũ trụ học Soviet Aleksandr Friedmann cho công bố một bài báo trong đó ông đề xuất loại bỏ lực đẩy vũ trụ (bằng cách đặt giá trị của hằng số vũ trụ học bằng không trong các phương trình Einstein). Friedmann nhận thấy khi ông áp dụng các phương trình của thuyết tương đối tổng quát Einstein cho Vũ trụ và thực hiện các phép tính, ông luôn tìm ra những nghiệm (những phương trình khác) dự đoán rằng khoảng cách giữa hai điểm bất kì trong không gian đang giãn ra theo thời gian. Ông đã tìm thấy trên lý thuyết rằng Vũ trụ đang to dần ra theo thời gian. Hai nhà khoa học khác cũng đi đến kết luận tương tự gần như đồng thời. Họ là nhà thiên văn học người Hà Lan Willem de Sitter và nhà vũ trụ học (và linh mục) người Bỉ Georges Lemaitre.

Kết quả này có phần khá bất ngờ nếu chúng ta nghĩ tác dụng của lực hấp dẫn sẽ như thế nào khi không có lực đẩy vũ trụ để giữ vật chất trong Vũ trụ ngừng ra xa nhau. Chắc chắn, nếu không có lực đẩy vũ trụ thì Vũ trụ sẽ đang co lại chứ không nở ra. Nhưng một vũ trụ đang giãn nở có thể hiểu theo kiểu sau đây. Hãy tưởng tượng một cái gì đó đã đưa Vũ trụ vào giãn nở lúc ban đầu, một vụ nổ khởi phát. Lực hút hấp dẫn của toàn bộ vật chất trong Vũ trụ khi đó sẽ làm chậm tốc độ giãn nở đi. Đây là cốt lõi lập luận của Friedmann. Nếu không có lực đẩy vũ trụ để cân bằng với lực hút hấp dẫn, và Vũ trụ đã bắt đầu giãn nở thì tại một thời điểm, Vũ trụ hoặc là đang nở ra hoặc là đang co lại. Nó không thể ở tình trạng lung lừng giữa sự giãn và sự co vì như thế sẽ là không cân bằng.

Một thí dụ đơn giản chứng minh cho lập luận này là cái xảy ra với một quả cầu nằm trên một mặt dốc nhẵn. Nếu ở lưng chừng dốc, nó sẽ luôn luôn lăn xuống. Nhưng nếu chúng ta không thấy lúc đầu làm thế nào quả cầu đã ở trên dốc thì ta sẽ muốn nó hoặc đang lăn lên dốc (tương ứng với một vũ trụ đang nở ra) hoặc đang lăn xuống dốc (một vũ trụ đang co lại), chứ không bao giờ đứng ở lưng chừng được. Tất nhiên, cách duy nhất để nó có thể lăn lên dốc thì nó đã được thận trọng cấp một cú đẩy ban đầu, nhưng trong trường hợp đó nó sẽ lập tức bắt đầu chậm dần và rồi cuối cùng bắt đầu lăn xuống trở lại. Giờ hãy tưởng tượng đến độ cao của đỉnh dốc. Ban đầu cho quả cầu lăn lên dốc đủ nhanh thì nó có thể lăn lên tới đỉnh dốc. Một khi ở đó, nó có thể tiếp tục lăn đi vô hạn định mà không chậm đi (tất nhiên ở đây tôi đang bỏ qua ma sát và sức cản của gió vì một quả cầu trên thực tế cuối cùng sẽ dừng lại trên một bề mặt phẳng).

Giả sử quả cầu luôn nhận được sự tốc độ ban đầu như nhau để lăn lên dốc, cái chi phối số phận tối hậu của nó khi đó sẽ là cái dốc cao bao nhiêu. Nếu nó quá cao thì quả cầu sẽ không bao giờ lăn lên tới đỉnh và sẽ lăn xuống trở lại.

Đây là cách chúng ta có thể xem xét sự giãn nở của Vũ trụ. Tác dụng của lực hút hấp dẫn phụ thuộc vào lượng vật chất mà Vũ trụ chứa. Ở đây tôi không chỉ muốn nói tất cả các

ngôi sao, các hành tinh và những vật rắn khác, mà là *mọi thứ* chất trong Vũ trụ. Đây có thể là ở dạng bụi, chất khí, các hạt hạ nguyên tử, kể cả năng lượng thuần túy. Cho nên, Vũ trụ hiện nay đang co lại hay đang nở ra là phụ thuộc vào nó chứa bao nhiêu vật chất và lực hút hấp dẫn đã tác dụng lực hãm lên sự giãn nở ban đầu của nó mất bao lâu rồi. Đây là điều cốt lõi của vũ trụ mô hình của Friedmann.

Không ai, thậm chí cả Einstein, chuẩn bị sẵn tâm lí để tin vào các kết quả của Friedmann, mãi cho đến khi tìm thấy bằng chứng thực nghiệm. Bằng chứng này xuất hiện chỉ vào năm sau đó. Thật đáng tiếc, Friedmann đã qua đời vào năm 1925 nên không thể chứng kiến sự kiện này.

Hubble, bubble (bọt)...

Edwin Hubble xem chút đã trở thành một võ sĩ quyền Anh chuyên nghiệp hạng nặng. Thay vậy, ông đã chọn một hướng đi chuyên môn về thiên văn học, và nay ông có chiếc kính thiên văn nổi tiếng nhất thế giới mang tên mình. Khẳng định gì đã làm cho ông nổi tiếng? Trước hết, ông là người đầu tiên nhận ra rằng có tồn tại những thiên hà khác, ngoài Dải Ngân hà ra. Cho đến thời kì ấy, người ta vẫn nghĩ rằng những vật sáng nhỏ xíu có thể nhìn thấy qua kính thiên văn là những đám mây bụi, gọi là tinh vân, nằm bên trong thiên hà của chúng ta. Hubble nhận thấy chúng ở quá xa nên không thể là một bộ phận của Dải Ngân hà và do đó phải là những thiên hà tồn tại độc lập. Ông còn phát hiện thấy những thiên hà khác dường như đang bay ra xa thiên hà của chúng ta ở tốc độ tỉ lệ với khoảng cách từ chúng ta đến chúng. Một thiên hà càng ở xa chúng ta bao nhiêu, thì nó càng đang lùi ra xa chúng ta nhanh bấy nhiêu. Cái đáng chú ý là sự lùi ra này xảy ra với bất kì hướng nào mà ông nhắm ống kính thiên văn vào. Ông đã chứng minh trên thực nghiệm rằng mô hình Vũ trụ giãn nở của Friedmann là đúng. Einstein buộc phải thừa nhận rằng việc đưa hằng số vũ trụ học vào phương trình của ông là sai lầm lớn nhất trong sự nghiệp khoa học của ông.

Hubble lập luận một cách chính xác rằng, vì Vũ trụ hiện đang giãn nở, nên trong quá khứ nó phải nhỏ hơn bây giờ. Hãy tưởng tượng sự giãn nở của Vũ trụ có thể quay phim lại từ một điểm nhìn nằm đâu đó ‘bên ngoài’ Vũ trụ - tất nhiên, điều này là không thể, vì toàn bộ không gian, theo định nghĩa, là nằm bên trong Vũ trụ. Khi cho phim chiếu ngược, bạn sẽ thấy Vũ trụ đang co lại. Nếu bạn nhìn ngược đủ xa về quá khứ, bạn sẽ đi tới một thời điểm khi mà tất cả thiên hà đều chồng lên nhau và vạn vật sẽ hết sức chen chúc. Tiếp tục lùi xa hơn nữa ngược dòng thời gian, toàn bộ vật chất sẽ càng lúc càng nén ép lại gần nhau hơn cho đến khi bạn đi tới thời điểm ra đời của Vũ trụ, Vụ nổ Lớn (Big Bang)².

²Tên gọi ‘Big Bang’ đến thập niên 1950 mới được nhà thiên văn vật lí và tác giả Fred Hoyle nêu ra.

Hubble thực hiện khám phá của ông bằng cách đo cái gọi là *sự lệch đỏ vũ trụ học* của ánh sáng. Để hiểu sự lệch này, ta hãy xét một hiện tượng quen thuộc hơn gọi là sự lệch Doppler, như có lẽ bạn đã biết, là sự thay đổi độ cao mà bạn nghe, nói ví dụ, khi một chiếc xe cứu thương đang chạy nhanh qua chỗ bạn. Nguyên nhân gây ra hiệu ứng này là sự thay đổi tần số của sóng âm từ xe cứu thương đi tới chỗ bạn khi nó ở trong hai tình huống: bạn về phía bạn, và chạy ra xa bạn. Khi nén tiến đến gần, sóng âm bị nén lại, gây ra tần số cao hơn (âm cao) nhưng khi nó lùi ra xa thì sóng âm bị kéo giãn ra, mang lại tần số thấp (âm thấp).

Hiện tượng tương tự xảy ra với ánh sáng. Khi một vật chuyển động ra xa chúng ta – ví dụ một thiên hà ở xa nào đó – thì sóng ánh sáng phát ra từ nó đi tới chúng ta bị kéo giãn và tần số ánh sáng giảm đi. Thay cho tần số ánh sáng, chúng ta thường quen nói tới bước sóng của nó. Có lẽ bạn còn nhớ đôi điều về bước sóng từ kiến thức vật lí ở trường phổ thông. Bạn biết những bề sóng, những lò xo dài kéo căng ngang lớp học. Thật là vui phải không nào! Dấu sao, bước sóng là khoảng cách giữa hai đỉnh sóng liên tiếp nhau. Vì thế, sự giảm tần số của ánh sáng thật ra là do sự giãn của bước sóng.

Vì chúng ta chắc chắn rằng một thiên hà ở xa sẽ chứa những ngôi sao giống như những ngôi sao trong Thiên hà của chúng ta, và vì chúng ta biết bước sóng ánh sáng là bao nhiêu – các quá trình hạt nhân xảy ra bên trong các ngôi sao làm cho chúng tỏa sáng với những bước sóng nhất định – nên bằng cách sự thay đổi bước sóng của ánh sáng, ta có thể tính được thiên hà đó đang lùi ra xa chúng ta bao nhanh. Tất nhiên, các nhà thiên văn sẽ nhanh chóng chỉ rõ vấn đề không đơn giản như vậy, nhưng nguyên lí cơ bản như thế là đúng. Tôi sẽ trở lại với một số sự tinh vi của việc đo tốc độ giãn nở ở phần sau.

Hiệu ứng trên được gọi là sự lệch đỏ vì bước sóng bị kéo giãn khi thiên hà lùi ra xa, và bước sóng của ánh sáng nhìn thấy càng dài thì màu sắc càng đỏ. Tên gọi “sự lệch đỏ”, trong khi chỉ thật sự áp dụng cho ánh sáng nhìn thấy, tuy vậy, được sử dụng cho mọi loại bức xạ của phổ điện từ.

Trước tiên, chúng ta phải xét xem sự đỏ dần này của ánh sáng đến từ những thiên hà ở xa mà Hubble quan sát thấy có thể giải thích theo một cách khác hay không. Nhất định các nhà thiên văn đã thử rồi vì ban đầu họ không muốn tin rằng Vũ trụ thật sự đang nở ra. Một cách dễ thấy để hiện tượng này có thể xảy ra là nếu ánh sáng bị mất năng lượng trên đường đi từ nguồn phát của nó đến kính thiên văn của chúng ta, vì sự giảm năng lượng sẽ làm cho bước sóng dài hơn. Phương án duy nhất để ánh sáng mất năng lượng là nếu nó phải chiến đấu với bụi và khí giữa các sao mà nó gặp phải trên hành trình dài xuyên qua không gian. Nhưng có một khó khăn tiền định đối với cách giải thích này. Ánh sáng mất năng lượng bởi sự phản xạ khỏi những nguyên tử vật chất trên đường đi của nó. Vì thế, nó có xu

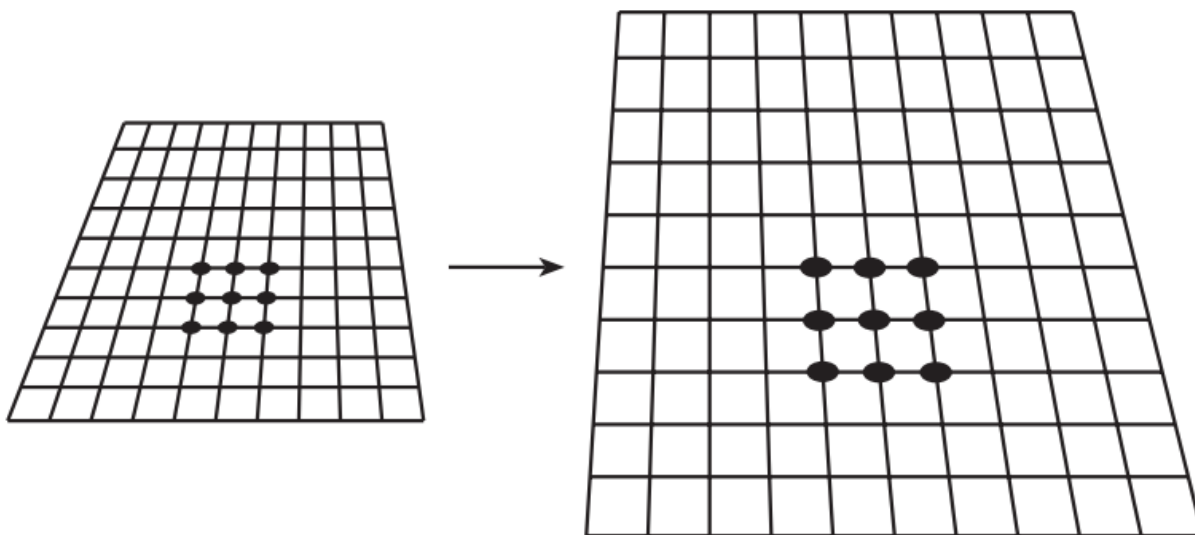
hướng chuyển động theo quỹ đạo zigzag và điều này sẽ làm cho ảnh của thiên hà trông nhòe đi. Vì người ta không quan sát thấy sự nhòe ảnh nào của các thiên hà nên cách giải thích này bị bác bỏ. Lời giải thích duy nhất cho sự lệch Doppler là do một vũ trụ đang nở ra. Một số nhà vật lý, trong đó có một vị đồng nghiệp đã từng dạy tôi thuyết tương đối lúc tôi còn là sinh viên, cho rằng sự lệch đỏ có thể được giải thích bằng cái gọi là sự lệch Doppler ngang. Đây là sự lệch Doppler quan sát thấy ở ánh sáng phát ra từ những vật thể đang chuyển động ở tốc độ cao trong tầm nhìn của chúng ta chứ không đi xa ra chúng ta. Lập luận này khá chính xác. Tuy nhiên, tôi sẽ trình bày rằng sự lệch đỏ không phải là bằng chứng duy nhất của sự giãn nở mà chúng ta có.

Không gian đang giãn ra

Chúng ta hãy xét kĩ hơn xem khám phá của Hubble có ý nghĩa gì. Làm thế nào tất cả các thiên hà đều có thể đang lùi ra xa khỏi *thiên hà của chúng ta*? Chắc chắn điều này có nghĩa là chúng ta phải chiếm ngự một nơi ưu tiên trong Vũ trụ. Chúng ta phải đang ngồi chính xác tại tâm của nó. Nếu như các thiên hà ở mọi phía của chúng ta, và cho dù đang cách chúng ta một khoảng bằng nhau tùy ý, đang chuyển động ra xa ở tốc độ như nhau, thì chúng ta có thể kết luận rằng chúng ta không chuyển động gì hết. Cứ như là toàn bộ vật chất trong Vũ trụ có gốc gác từ góc khuất nhỏ bé của chúng ta vậy.

Có lẽ chúng ta đang ở nơi độc đáo, duy nhất có sự sống trong Vũ trụ, mặc dù điều này trông không có khả năng lắm biết rằng kích cỡ khổng lồ của Vũ trụ. Nhưng chúng ta hầu như chẳng có lí do gì để tin rằng chúng ta đang chiếm ngự một vị trí ưu tiên trong Vũ trụ. Thật ra, một nguyên lí quan trọng trong vũ trụ học, gọi là nguyên lí vũ trụ học, phát biểu rằng không có nơi ưu tiên nào trong Vũ trụ cả. Như vậy, trên quy mô rất lớn, Vũ trụ trông giống nhau ở mọi nơi. Vậy làm thế nào mọi thứ dường như đang chuyển động ra xa *chúng ta*?

Câu trả lời thật hết sức đơn giản. Không phải các thiên hà đang bay trong không gian ra xa thiên hà của chúng ta, mà là vì *không gian ở giữa đang giãn ra*. Hãy tưởng tượng một tấm cao su lớn trên đó bạn đặt những vật làm mốc trên những nút lưới vuông sao cho chúng cách đều lẫn nhau (hình 3.1). Nếu tấm cao su bị căng giãn đồng đều theo mọi hướng, thì khoảng cách giữa hai vật mốc bất kì sẽ tăng lên. Mỗi vật mốc sẽ thấy tất cả những vật mốc xung quanh đang chuyển động ra xa nó và không có vật mốc nào ở vị trí đặc biệt hơn vật mốc nào. Tất nhiên, tôi đang giả sử tấm cao su đó là rất lớn, nếu không chúng ta sẽ phải quan tâm đến những vật mốc nằm ở gần rìa ngoài rìa.



Hình 3.1 Mô hình tấm cao su của không gian đang giãn nở. Hãy tưởng tượng những thiên hà 2D phân bố đều nhau trên một mạng lưới. Khi tấm cao su giãn ra, mỗi thiên hà đều sẽ thấy những thiên hà xung quanh đang chuyển động ra xa nó.

Khi tôi giảng dạy chủ đề này, tôi hầu như luôn luôn bắt gặp câu hỏi sau đây từ phía khán giả: nếu không gian đang giãn ra và vạn vật nhúng chìm trong không gian thì chắc chắn vạn vật cũng đang giãn ra theo, kể cả chúng ta và toàn bộ thiết bị đo của chúng ta trên Trái đất. Nếu khoảng cách giữa thiên hà của chúng ta và một thiên hà khác tăng lên gấp đôi trong một khoảng thời gian nhất định thì chắc chắn khoảng cách giữa tất cả các nguyên tử trong cơ thể của chúng ta, các băng đo và thước đo cũng sẽ tăng lên gấp đôi. Vậy thì làm thế nào chúng ta “quan sát” sự giãn nở đó?

Một khi họ nêu ra câu hỏi này, họ thường có xu hướng xoay chuyển phần thắng về cho phần khán giả còn lại như thể đang nói “đấy, để xem ông ta có trả lời nổi hay không!”

Tuy nhiên, câu trả lời đơn giản đến bất ngờ. Hãy nhớ rằng lực hấp dẫn tác dụng làm chậm sự giãn nở của không gian, và nếu lực hấp dẫn đủ mạnh, nó sẽ hoàn toàn chiến thắng sự giãn nở. Ở cấp bậc toàn Vũ trụ, tốc độ giãn nở là cao và mật độ vật chất rất thấp. Nhưng ở cấp bậc Thiên hà của chúng ta, không gian bên trong nó sẽ không bị ảnh hưởng vì lực hấp dẫn đủ mạnh ở cấp bậc này nên không cho phép bất kì sự giãn nở nào. Đến cấp bậc con người và những dụng cụ đo của chúng ta, vật chất gói ghém sát sao và các nguyên tử cấu tạo nên mọi thứ được giữ lại với nhau bởi một lực mạnh hơn nhiều so với lực hấp dẫn. Nó được gọi là lực điện từ và là hồ dán kết nối các nguyên tử lại với nhau. Không gian nhất định không được phép giãn nở ở cấp bậc này và vì thế chúng ta, và mọi thứ khác trên Trái đất, vẫn giữ kích cỡ như cũ.

Đây là một ví dụ thường nhật thuộc loại này (làm ơn bỏ qua đoạn này nếu bạn đã bị thuyết phục bởi đoạn trước). Xét những cái bọt khí dâng lên từ đáy của một bể nuôi cá. Những cái bọt này thoát đầu nhỏ vì áp suất của nước dưới đáy bể là lớn và làm nén không khí bên trong bọt. Khi cái bọt nổi lên, áp suất giảm và cái bọt giãn ra do lực đẩy ra phía ngoài của các phân tử không khí bên trong nó. Vì số phân tử không khí bên trong mỗi cái bọt không thay đổi, nên chúng phải ở xa nhau hơn khi cái bọt lớn lên. Tuy nhiên, và đây là điểm nhấn quan trọng, chúng ta sẽ không trông chờ mỗi phân tử không khí tăng kích cỡ cùng với cái bọt.

Một chi tiết thú vị là thiên hà ở gần chúng ta nhất, Andromeda (Tiên Nữ, hay M31), thật ra đang chuyển động về phía chúng ta! Andromeda ở xa hai triệu năm ánh sáng và, theo những ước tính hiện nay của tốc độ giãn nở của Vũ trụ, sẽ chuyển động ra xa chúng ta ở tốc độ 50 km/s. Thay vậy, nó lại đang chuyển động về phía chúng ta với tốc độ 300 km/s! Vì thế, sự giãn nở của Vũ trụ không biểu hiện ở cấp bậc nhóm thiên hà địa phương của chúng ta, chứ chưa nói riêng trên Trái đất.

Dừng lại một chút, bạn có thể nghĩ, rốt cuộc có phải Hubble đã sai rồi hay không? Tôi nghĩ ông đã quan sát thấy *tất cả* các thiên hà đang chuyển động ra xa chúng ta? Câu trả lời là các thiên hà không phân bố đều với khoảng cách như nhau trong toàn Vũ trụ. Hubble đã quan sát những thiên hà ở rất xa, chúng *đang* chuyển động ra xa chúng ta, chứ không phải những thiên hà láng giềng.

Tốc độ mà Thiên hà của chúng ta và Andromeda đang tiến về phía nhau là tương đương với đi một quãng đường vòng quanh thế giới trong hai phút, hay đi quãng đường từ Trái đất đến Mặt trời trong chưa tới một tuần. Nhưng trước khi Hollywood khởi quay bộ phim bom tấn tiếp theo của mình nói về những con người gan dạ đã cứu sống Trái đất khỏi vụ va chạm sắp xảy ra với Andromeda, tôi muốn nói rằng, ở tốc độ hiện nay, phải mất thêm vài tỉ năm nữa thì hai thiên hà mới hợp nhất. Ngay cả khi xảy ra va chạm như vậy, thì rất không có khả năng sẽ có cái gì đó va vào Trái đất vì, như chúng ta đã thấy, các ngôi sao ở khá xa nhau và cơ hội để một ngôi sao lao qua hệ mặt trời là xa vời. Các nhà vật lý đã có thể xây dựng những mô phỏng máy tính phức tạp thể hiện động lực học hai thiên hà hành xử như thế nào khi chúng hợp nhất với nhau.

Vậy còn lực phản hấp dẫn của Einstein, hằng số vũ trụ học có mặt trong những phương trình của ông để ngăn Vũ trụ co lại dưới sức nặng riêng của nó thì sao? Những khám phá của Friedmann và Hubble có tống khứ nó vào mớ rác khoa học hay không?

Khi lĩnh vực vũ trụ học đã phát triển và trưởng thành trong thế kỷ 20, hằng số vũ trụ học tỏ ra khá bền bỉ và mau hồi phục. Thật vậy, nó ra đi rồi trở lại còn nhanh hơn cả dân

buôn hội chợ nữa. Đã có thời, các nhà vũ trụ học xác định nó không bị và không nên bị loại bỏ hoàn toàn trong các phương trình Einstein. Có lẽ nên giữ nó lại nhưng cho nó một giá trị rất nhỏ để không mâu thuẫn với các quan sát của Hubble. Hãy nhớ rằng ở đây tôi đang nói về một mô hình toán học trừu tượng của Vũ trụ dự đoán khi nào thì những phương trình Einstein được giải. Bằng cách thay đổi giá trị của hằng số vũ trụ học, các nhà vũ trụ học khi đó có thể nghiên cứu tính chất của những vũ trụ mô hình khác nhau đã được dự đoán. Khi đó, người ta có thể so sánh những tính chất này với những tính chất quan sát thấy trong Vũ trụ thực.

Những giới hạn trên đã được tính ra và hóa ra chúng nhỏ đến mức đa số các nhà vũ trụ học cảm thấy rằng việc loại nó ra khỏi các phương trình, như Einstein đã làm, cũng là hợp lí. Những lí do khác muốn có một hằng số vũ trụ học cũng đã đến rồi đi. Nhưng ngày nay, chúng ta có lí do hợp lí để tin rằng nó *khác* không. Suy nghĩ hiện nay là Einstein chẳng hề sai lầm khi ông đưa nó vào những phương trình của mình. Trước tiên, chúng ta hãy xét kĩ hơn bằng chứng cho Big Bang. Sau cùng, nếu Vũ trụ ngày một to ra thì phải có một thời khắc ra đời rạch ròi khi lần đầu tiên nó bắt đầu giãn nở.

Big Bang có thật sự xảy ra hay không?

Ngày nay, chúng ta rất chắc chắn rằng Vũ trụ của chúng ta đã ra đời khoảng 15 tỉ năm về trước trong một trạng thái nhiệt độ và mật độ hết sức cao. Chúng ta có bằng chứng gì cho sự kiện này? Phân ngành vũ trụ học chuyên nghiên cứu sự ra đời của Vũ trụ được gọi là nguồn gốc vũ trụ học và là một trong những lĩnh vực hấp dẫn nhất trong nghiên cứu vật lí. Bằng chứng thuyết phục nhất rằng Vũ trụ của chúng ta đã được tạo ra trong một Vụ nổ Lớn, tất nhiên, nó từ việc quan sát thấy nó đang giãn nở. Như tôi đã nói ở phần trước, nếu Vũ trụ ngày một to hơn, với các thiên hà đang bay ra xa nhau, thì tại một thời điểm nào đó trong quá khứ, toàn bộ vật chất trong Vũ trụ phải bị nén lại với nhau.

Ngoài sự giãn nở của Vũ trụ, mô hình Big Bang còn được sự hậu thuẫn của hai quan sát quan trọng khác. Thứ nhất là sự dồi dào đã thấy của những nguyên tố nhẹ. Thực tế chừng ba phần tư toàn bộ các nguyên tử trong Vũ trụ là nguyên tử hydrogen và một phần tư là nguyên tử helium, những nguyên tử nhẹ nhất và dễ tạo ra nhất, với chỉ một lượng nhỏ gồm tất cả những nguyên tố khác, đòi hỏi một vũ trụ ban đầu nóng và đặc nhưng rồi nguội đi nhanh khi nó giãn nở. Tại thời điểm Big Bang, xảy ra lâu trước khi các ngôi sao và thiên hà có cơ hội hình thành, toàn bộ vật chất trong Vũ trụ bị nén lại với nhau và không có không gian trống rỗng. Ngay tức thì sau Big Bang (trong một phần rất nhỏ của một giây), các hạt hạ nguyên tử bắt đầu hình thành và, khi Vũ trụ giãn ra và bắt đầu nguội đi, những

hạt này có thể dính lại với nhau để tạo ra các nguyên tử. Điều kiện nhiệt độ và áp suất phải vừa vặn thích hợp cho những nguyên tử này hình thành. Nếu nhiệt độ quá cao thì các nguyên tử không thể nào còn nguyên vẹn được. Chúng bị vỡ ra trong những xoáy cuồng nhiệt của những hạt tốc độ cao và bức xạ. Mặt khác, một khi Vũ trụ đã giãn nở chút ít, nhiệt độ và áp suất sẽ trở nên quá thấp để cho phép các nguyên tử hydrogen và helium nén lại với nhau thành những nguyên tố khác (nặng hơn). Đây là lí do chủ yếu hydrogen và helium đã hình thành trong Vũ trụ sơ khai, một quá trình xảy ra trong năm phút đầu tiên sau Big Bang. Hầu như toàn bộ những nguyên tố khác phải chờ cho đến khi chúng có thể được xào nấu bên trong các ngôi sao. Mô hình Big Bang tiên đoán tỉ lệ chính xác của hydrogen và helium mà các thiên văn đã quan sát thấy.

Mảnh bằng chứng còn lại ủng hộ cho Big Bang, giống như sự giãn nở của Vũ trụ, đã được dự báo trên lí thuyết trước khi nó được xác nhận bằng thực nghiệm, được gọi là bức xạ nền vũ trụ. Nó là “ánh le lói” của vụ nổ Big Bang và ở dạng bức xạ điện từ thấm đẫm toàn bộ không gian và có nhiệt độ ngày nay khoảng chừng ba độ trên không độ tuyệt đối (hay âm 270 độ C). Để đo nhiệt độ của bức xạ này trên thực nghiệm, chúng ta không cần gắn một cái nhiệt kế ra ngoài không gian. Thay vậy, chúng ta sử dụng cái tựa như những đĩa anten vệ tinh khổng lồ gọi là kính thiên văn vô tuyến và chúng rất nhạy nên chúng có thể “nghe thấy” tín hiệu yếu ớt của bức xạ này từ không gian sâu thẳm. Công việc này được thực hiện lần đầu tiên vào thập niên 1960 và đã được xác nhận nhiều lần kể từ đó với độ nhạy ngày càng tăng. Nếu bạn thấy điều này khó tin, thì tôi đã rất ấn tượng khi có ai đó mới đây thông báo với tôi rằng chúng ta thậm chí có thể nghe tiếng rít của sóng vô tuyến yếu ớt giải phóng bởi Một tinh bằng cách sử dụng một radio sóng dài.

Ngày nay, không thể nghi ngờ gì nhiều rằng Big Bang đã thật sự xảy ra. Tuy nhiên, có những vấn đề khác vẫn chưa được giải quyết. Một số vấn đề đã và đang được làm sáng tỏ tại thời điểm viết quyển sách này. Chẳng hạn, vài năm trước đây, chúng ta không biết lực hấp dẫn một ngày nào đó có làm treo sự giãn nở của Vũ trụ và làm cho nó tự co trở lại, kết thúc với toàn bộ vật chất nén lại trong một trận đại hồng thủy gọi là Vụ co Lớn, hay sự giãn nở sẽ tiếp tục mãi mãi, với Vũ trụ cứ đều đặn lạnh dần đi và kết thúc trong cái gọi là cái chết nhiệt, hay Vụ lạnh Lớn. Ngày nay, chúng ta nghĩ mình đã có câu trả lời. Hóa ra số phận của Vũ trụ không chỉ phụ thuộc vào nó chứa bao nhiêu vật chất, mà còn phụ thuộc vào vai trò của hằng số vũ trụ học của Einstein. Điều này khiến vũ trụ học có phần phức tạp hơn cái chúng ta hi vọng. Vì thế, tôi sẽ điếm qua một số vấn đề lớn này một cách thận trọng, bắt đầu với hình dạng của Vũ trụ.

Ranh giới của không gian

Xét hai câu hỏi sau đây:

1. Nếu Vũ trụ đang nở ra đồng thời chứa toàn bộ không gian, thì nó giãn ra thành cái gì?
2. Cái gì nằm bên ngoài ranh giới của Vũ trụ?

Chúng ta cảm thấy phải có cái gì đó nằm ngoài Vũ trụ của chúng ta có thể chứa nó khi nó nở ra. Cho dù tin hay không tin thì những câu hỏi này không hề mang tính triết lí hay siêu hình học thuần túy. Khoa học có một câu trả lời cho cả hai. Chỉ là chúng ta không suy nghĩ đúng cách thôi. Đây là chỗ toàn bộ nội dung hình học cao nhiều ở Chương 1 phát huy tác dụng. Một cách chất phác, chúng ta nghĩ Big Bang là một vụ nổ nào đó *đã xảy ra* vào lúc nào đó trong thời gian tại một điểm nhất định trong không gian ba chiều. Từ điểm này, toàn bộ vật chất bị ném tung ra và bay ra xa nhau kể từ đó. Sai rồi bạn ơi!

Trước hết, chúng ta đã biết rằng Big Bang không giống như một vụ nổ sao siêu mới với toàn bộ vật chất bay ra xa nhau từ một điểm ở chính giữa. Sự giãn nở của Vũ trụ là sự căng ra của bản thân không gian, với vật chất chìm bên trong không gian và đồng hành cùng với nó. Thứ hai, không có điểm nào trong Vũ trụ là nơi các nhà du hành vũ trụ có thể đi tới, cấm cớ rồi phát biểu rằng: “Big Bang đã xảy ra ở đây”. Hãy nhớ lại thí dụ tấm cao su kéo căng. Big Bang xảy ra tại mỗi nơi trên tấm đó cùng một lúc, và sự giãn nở xảy ra trên toàn bộ tấm đó.

Tôi nghĩ bạn sẽ chưa hài lòng ở đây. Tôi sẽ trình bày thêm vài trang nữa. Tôi biết tôi còn chưa trả lời hai câu hỏi ở trên. Hãy cố gắng và trực tiếp đương đầu với chúng. Hãy tưởng tượng bạn có thể bay ra ngoài không gian trong một tên lửa ở một tốc độ rất cao và đi theo một đường thẳng – đồng thời cũng giả sử bạn là bất tử và tên lửa có nguồn cấp nhiên liệu vô hạn. Có bao giờ bạn đi tới một điểm mà vượt ngoài đó bạn không thể đi hay không? Có ranh giới nào mà ngoài đó hoàn toàn không có gì nữa hay không?

Theo mô hình Vũ trụ Friedmann dựa trên thuyết tương đối tổng quát Einstein (cái chúng ta tin là mô tả chính xác những đặc điểm khái quát của Vũ trụ), câu trả lời là không, Vũ trụ không có biên. Không có ranh giới vật lí nào mà tên lửa của bạn cuối cùng đi tới khi nó chạy ra hết không gian. Bạn sẽ không bao giờ đi tới một điểm mà ngoài đó không có gì cả. Nếu vực thẳm này có thể định nghĩa là không gian, thì nó vẫn là một phần thuộc Vũ trụ, cho dù nó có chứa hay không chứa vật chất. Vì thế có lẽ tên lửa của bạn sẽ tiếp tục đi mãi, và bạn sẽ không rời khỏi Vũ trụ đâu, bạn chỉ đi vào một vùng trống rỗng của nó mà thôi.

Thật ra, Friedmann đã tìm thấy hai loại vũ trụ khả dĩ khác nhau. Nếu có đủ vật chất cho lực hấp dẫn một ngày nào đó làm dừng sự giãn nở và làm cho Vũ trụ co trở lại (tương ứng với quả cầu lăn xuống một dốc nghiêng) thì chúng ta sẽ có cái gọi là vũ trụ *đóng*. Mặt khác, nếu không có đủ vật chất để làm ngừng sự giãn nở thì chúng ta sẽ sống trong một vũ trụ mở³.

Đây là chỗ tôi phải thận trọng. Mô hình của Friedmann có một giả thiết quan trọng: hằng số vũ trụ học của Einstein bằng không. Điều này có nghĩa là không có lực phản hấp dẫn tác dụng tại thời khắc đó để làm cho mọi thứ phức tạp lên, mặc dù nó là nguyên nhân gây ra sự giãn nở lúc ban đầu. Vì thế, phần trình bày sau đây được đơn giản hóa⁴ cho trường hợp không có hằng số vũ trụ học.

³Chính xác hơn, ông đã dự đoán ba loại vũ trụ vì một vũ trụ “phẳng” sẽ nằm lưng chừng giữa mở và đóng.

⁴Vâng, bằng cách “đơn giản hóa”, tôi muốn so sánh với Vũ trụ thực sự có khả năng trông ra sao!

Vũ trụ đóng

Để hình dung một vũ trụ đóng kín trông ra sao, chúng ta hãy trở lại với ví dụ ở Chương 1 về những cư dân 2D sinh sống trên một mặt cầu. Vũ trụ của họ cũng là đóng kín, và do đó không phải vô hạn về kích cỡ vì mặt cầu có một diện tích nhất định. Người ta nói một mặt cầu là có độ cong dương, vì nếu bạn đi theo hai đường thẳng trên bề mặt đó vuông góc với nhau, thì cả hai đường sẽ cong theo cùng một chiều. Một vũ trụ đóng như vậy chắc chắn không có biên giới vì các cư dân 2D có thể đi tới bất kì nơi nào họ thích trên bề mặt đó mà không hề chạm tới ranh giới. Thật vậy, nếu một cư dân 2D ngồi vào một tên lửa và đi theo cái anh ta xem là đường thẳng, thì cuối cùng anh ta sẽ trở lại nơi anh ta xuất phát. Đó chính là cái xảy ra nếu chúng ta sống trong một vũ trụ khép kín, cong dương; chúng ta cuối cùng sẽ trở lại nơi chúng ta xuất phát.

Cũng nên nhớ rằng đối với các cư dân 2D, phần bên trong (và bên ngoài) của quả cầu thậm chí không hề tồn tại. Nó nằm ngoài hai chiều của họ. Nếu Vũ trụ của chúng ta là đóng thì hình dạng đơn giản nhất nó có thể có là bề mặt của một quả cầu bốn chiều gọi là một siêu cầu. Đây là cái tương đương với bề mặt của một quả cầu 3D của các cư dân 2D, chỉ khác là nó có thêm một chiều nữa và chúng ta không thể hình dung ra. Do đó, chúng ta nên bỏ thêm chút thời gian suy nghĩ về vũ trụ của những cư dân 2D vì đó là cái mà vũ trụ của chúng ta sẽ trông như vậy nếu chúng ta bỏ đi một trong các chiều không gian của mình.

Ví dụ sau đây là cách lí giải chính thống của khái niệm Big Bang. Hãy tưởng tượng vũ trụ của các cư dân 2D là bề mặt của một quả khí cầu đang nở ra. Sự giãn nở của vũ trụ

này giống hệt như tấm cao su phẳng giãn ra như tôi đã nói ở phần trước. Mỗi điểm trên bề mặt của quả khí cầu sẽ chuyển động ra xa mọi điểm khác. Giờ thì rõ ràng Big Bang không phải là ở *đâu đó* trên bề mặt của quả khí cầu. Đúng hơn ta nên nghĩ nó là tâm của quả khí cầu, vì không những mỗi điểm trên bề mặt đang chuyển động ra xa mọi điểm khác, mà chúng còn luôn chuyển động ra xa tâm của quả khí cầu. Dẫu vậy, bức tranh này không hợp lý cho lắm, vì phần bên trong của quả khí cầu không nhất thiết phải tồn tại. Bạn thấy đó, tôi đã sử dụng sự tương tự của một quả khí cầu là một vật 3D, để chúng ta có thể hình dung ra bề mặt 2D của nó. Tóm lại, bạn sẽ nghĩ là thật vô nghĩa khi nói về một quả cầu mà không tưởng tượng nó chứa một thể tích bên trong. Nhưng như thế là để cho chúng ta tiện bề suy nghĩ. Một vũ trụ 2D khép kín như vậy có thể tồn tại mà *không cần* nhúng trong một không gian 3D và chúng ta sẽ nói rằng vụ nổ lớn của nó xảy ra ở đâu đó trên bề mặt đó vào một lúc nào đó, và vì toàn bộ bề mặt đó bị nén lại thành một điểm thôi, cho nên chúng ta không cần xác định điểm đó nằm ở đâu bên trong không gian ba chiều. Đó chỉ là một cách thuận tiện cho não của chúng ta hình dung ra các thứ.

Tóm lại, nếu Vũ trụ chứa đủ vật chất thì một ngày nào đó nó sẽ ngừng giãn nở và bắt đầu co lại. Nó sẽ là một vũ trụ đóng kín, hữu hạn có độ cong dương và nó sẽ không có biên giới giống hệt như bề mặt của một quả cầu không có ranh giới. Có lẽ sẽ có ích nếu nghĩ nó đang giãn ra vào một chiều cao hơn, nhưng thật ra đây chỉ là một sự hỗ trợ và chiều cao hơn đó không nhất thiết phải thật sự tồn tại. Về nơi Big Bang xảy ra, chúng ta có thể nói nó đã xảy ra ở mọi nơi vào lúc đó vì toàn bộ Vũ trụ sẽ lớn lên từ một điểm và mọi nơi hóa ra là cùng một nơi. Điểm đó có đang trôi nổi trong một không gian cao chiều hơn hay không thì chúng ta không biết.

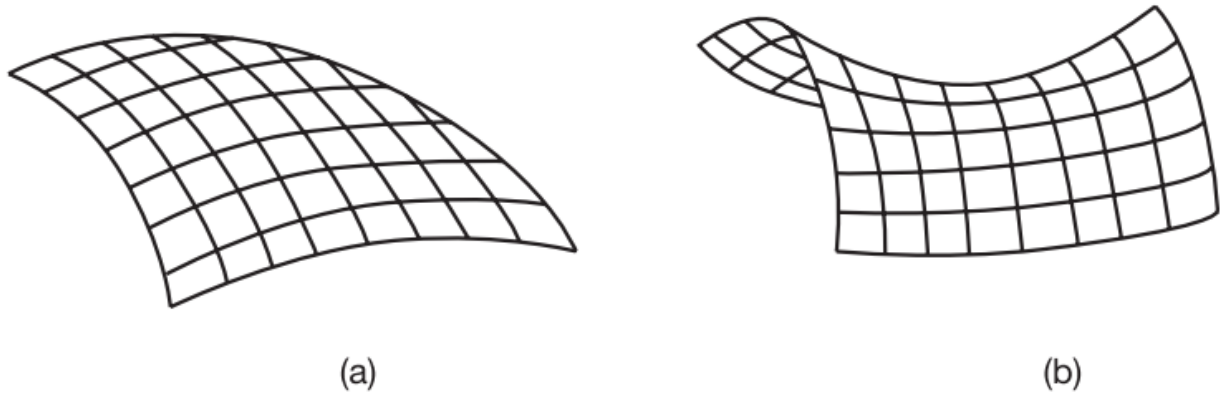
Vũ trụ mở

Một Vũ trụ được nói là mở nếu nó không chứa đủ vật chất để làm nó ngừng giãn nở⁶. Trong trường hợp này, mọi thứ hơi khó hình dung hơn chút. Trước tiên, vì loại vũ trụ này không đóng kín lên nó, nên cách duy nhất để nó không có biên giới là nó phải vô hạn⁷. Hình dạng đơn giản nhất mà một vũ trụ như thế có thể có là vật tương tự phẳng, ba chiều của tấm cao su sẽ giãn ra vô hạn về mọi hướng. Nhưng để cho một Vũ trụ không có độ cong gì hết sẽ là một trường hợp rất đặc biệt. Nó giống như ví dụ quả cầu lăn lên dốc và lên tới đỉnh thì hết hơi và không còn năng lượng để tiếp tục lăn trên cái đỉnh bằng phẳng nữa. Có khả năng

⁶ Nếu bạn biết thêm chút ít về vũ trụ học, bạn có thể nhận thức rằng một vũ trụ có thể giãn nở mãi mãi và vẫn đóng kín. Nếu bạn là một nhà vũ trụ học, bạn không cần đọc quyển sách này làm gì.

⁷ Một lần nữa, điều này là không nhất thiết. Ở phần sau, tôi sẽ trình bày làm thế nào một vũ trụ mở không nhất thiết phải vô hạn về quy mô.

hơn nhiều, nếu nó không lăn xuống trở lại, là nó sẽ còn một phần năng lượng để tiếp tục lăn trên đỉnh. Một vũ trụ tương ứng với một kịch bản như vậy sẽ không phẳng mà bị cong. Tuy nhiên, lần này chúng ta nói nó có độ cong âm.



Hình 3.2 Không gian 2D cong dương (a) và âm (b)

Vì thế, bằng cách bỏ đi một trong các chiều không gian, chúng ta có thể nói tới những kiểu cong khác nhau mà Vũ trụ có thể có. Nếu một vũ trụ cong dương, trong một chiều thấp hơn, tương ứng với bề mặt của một quả cầu và một vũ trụ phẳng tương ứng với một tấm phẳng hai chiều, thì một mặt cong âm hai chiều có hình dạng ra sao? Hình dạng này thật không đơn giản. Tên gọi toán học chính xác cho một hình dạng như thế là một *hyperboloid thuận*, hay mặt hyperbolic và không thể hình dung ra chính xác. Nói đại khái, nó hình dạng của một cái yên ngựa (xem Hình 3.2). Sự khác biệt giữa độ cong dương của một quả cầu và độ cong âm của hình yên ngựa là ở chỗ, trong khi ở quả cầu hai đường đi bất kỳ trên bề mặt cắt vuông góc nhau thì cong theo cùng một chiều, thì những đường đi như vậy trong trường hợp hình yên ngựa sẽ cong theo hai chiều ngược nhau. Và lí do cái yên ngựa không phải là mô tả chính xác của mặt hyperbolic là ở chỗ khi bạn càng tiến ra xa tâm của cái yên ngựa thì bề mặt càng phẳng đi, trong khi đối với một hyperboloid thuận, bề mặt đó phải cong đều ở mọi nơi. Không thể kéo căng một bề mặt như thế.

Vì hình dạng của một vũ trụ mở là cái gì đó rất khó hình dung, thậm chí ở một chiều thấp thôi, nên chúng ta hãy thử xem chúng ta có thể làm gì tốt hơn không ở việc tìm hiểu một chi tiết khó hiểu khác. Đó là, nếu Vũ trụ là mở và vô hạn thì nó giãn nở thành cái gì? Với từ vô hạn, ở đây tôi muốn nói không gian trải ra mãi mãi theo mọi hướng. Dường như nó chẳng thể nào giãn ra được chút nào nữa vì toàn bộ không gian đã sử dụng hết và nằm gọn *bên trong* Vũ trụ đó rồi. Một lần nữa, chúng ta có thể nhìn nhận vấn đề rõ ràng hơn trong không gian hai chiều. Trong trường hợp vũ trụ đóng (bề mặt của quả cầu), chúng ta có thể tưởng tượng sự giãn nở tỏa ra vào một chiều cao hơn, nhưng đối với một tấm

phẳng có một diện tích vô hạn, thì sự giãn nở sẽ luôn luôn ở trong mặt phẳng tấm đó, và chúng ta không thể sử dụng chiều thứ ba (bên ngoài tấm đó) làm nơi cho nó giãn nở vào.

Để giải quyết vấn đề này, tôi cần giải thích một chút toán học. Chẳng ai dễ chịu khi nghĩ tới sự vô hạn. Tôi nhớ lúc nhỏ từng được nghe kể rằng khi chúng ta chết, chúng ta đi lên Thiên đường và ở trên đó mãi mãi. Suy nghĩ này khiến tôi thất vọng vì tôi không muốn nghĩ tới cái gì đó chỉ diễn ra mà không hề có sự kết thúc nào cả. Bất chấp sự khó khăn mà đa số chúng ta vấp phải khi xử lý sự vô hạn, một số nhà toán học đã dành cả đời để nghiên cứu nó. Thật vậy, thậm chí có nhiều loại vô hạn khác nhau nữa.

Hãy nghĩ tới dãy số nguyên 1, 2, 3, 4... kéo dài mãi mãi. Chúng ta nói rằng có một số vô hạn số nguyên. Nhưng còn dãy số chẵn 2, 4, 6, 8... thì sao? Chắc chắn dãy này cũng kéo dài vô hạn. Và vì nói chung có lượng số nguyên nhiều gấp đôi lượng số chẵn, nên chúng ta có hai vô hạn dường như lớn gấp đôi nhau. Còn tất cả những con số, chứ không nguyên thì sao? Chẳng hạn, chúng ta hãy xét những con số

0; 0,1; 0,2; 0,3;...; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3;...

và cứ thế đến vô hạn. Dãy vô hạn này chứa mười phần tử so với mỗi phần tử trong dãy số nguyên. Vì thế, phải chăng số lượng vô hạn những phần tử này gấp 10 lần số lượng vô hạn những con số nguyên? Trong toán học, có cả một phân ngành dành riêng cho nghiên cứu sự vô hạn. Hóa ra ba dãy số ở trên đều cùng thuộc một loại vô hạn. Nhưng còn có những loại khác nữa. Xét những dãy gồm tất cả những con số (gọi là tập hợp số thực) bao gồm hết mọi phân số nằm giữa các giá trị nguyên. Ngay cả khoảng giữa hai số nguyên liên tiếp như 0 và 1 cũng sẽ chứa vô hạn số (0;...; 0,00103;...; 0,36252;...; 0,9997;...; 0,999999;...; 1) vì chúng ta luôn luôn có thể nghĩ ra một phân số mới chèn ở giữa, tuy nó có thể có nhiều chữ số thập phân. Tương tự như vậy, sẽ có vô hạn phân số nằm giữa 1 và 2, giữa 2 và 3, và giữa 763 và 764, và vân vân. Như vậy, chúng ta có một tập hợp chứa vô hạn số nguyên và vô hạn phân số nằm giữa những số nguyên liên tiếp. Sự vô hạn toàn bộ như thế này thì “mạnh” hơn nhiều so với sự vô hạn của những số nguyên, mặc dù cả hai đều không bao giờ kết thúc! Hóa ra trên thực tế có một số vô hạn những vô hạn khác nhau!

Toàn bộ vấn đề này đưa chúng ta đến đâu? Nhà vũ trụ học Igor Novikov, mà nhiều người xem là câu trả lời của nước Nga cho Stephen Hawking, đã sử dụng khái niệm những vô hạn khác nhau để giải thích một vũ trụ vô hạn vẫn có thể giãn ra như thế nào. Hãy tưởng tượng bạn đi vào Khách sạn Vô hạn, nơi có vô số phòng – tôi đã từng ở trong một số khách sạn gần gần như thế, và có mấy lần tôi gần như đã bị lạc. Bạn được biết tại sảnh tiếp tân rằng họ rất bận vào ban đêm và có số vô hạn khách nên tất cả các phòng đều đã có người. Bạn phàn nàn với người quản lý rằng bạn đã đặt chỗ trước và cố nài họ dành cho bạn một

phòng trong đêm đó. “Không hề gì”, người quản lý nói, “trong Khách sạn Vô hạn luôn luôn có sẵn phòng cho khách đến sau”. Sau đó, họ cho chuyển người ở phòng 1 sang phòng 2, người ở phòng 2 sang phòng 3, và cứ thế cho đến vô hạn. Và sau đó bạn được nhận phòng số 1.

Vậy nếu số vô hạn khách đến cùng một lúc thì sao? Vẫn không vấn đề gì (hãy quên đi thời khắc dãy người dài xếp hàng tại quầy tiếp tân nhé). Ban quản lý giờ cho chuyển người ở phòng 1 sang phòng 2, người ở phòng 2 lúc đầu sang phòng 4, người ở phòng 3 sang phòng 6, 4 sang 8, và vân vân, cho đến khi toàn bộ khách đã chuyển phòng xong. Giờ thì toàn bộ những phòng số chẵn đã có người. Vì có số vô hạn những phòng như thế này nên toàn bộ khách ban đầu đã được bố trí chỗ nghỉ. Sự sắp xếp này để lại số vô hạn những căn phòng số lẻ còn bỏ không và dành sẵn cho khách mới đến.

Chúng ta có thể liên hệ những người khách ở khách sạn này với không gian bị chiếm giữ bởi một vũ trụ vô hạn. Cho dù những người khách mới đến vào lúc nào cũng vậy. Khách sạn, là vô hạn, luôn luôn có thể đáp ứng phòng nghỉ cho họ. Theo kiểu giống như vậy, một không gian vô hạn luôn luôn có thể giãn ra.

Giờ thì có lẽ chúng ta đã tiến tới một đặc điểm lộn xộn nhất của một vũ trụ vô hạn. Nếu cái gì đó đang tăng dần về kích cỡ, thì theo định nghĩa nó sẽ mãi mãi trở nên vô hạn. Như vậy, nếu Vũ trụ của chúng ta là vô hạn về kích cỡ ngày nay thì nó cũng phải là vô hạn trong quá khứ. Thật vậy, nó phải vô hạn về kích cỡ tại thời điểm Big Bang! Điều này thật sự nằm ngoài khái niệm Big Bang là sự kiện khi toàn bộ không gian bị nén xuống một điểm có kích cỡ zero. Khái niệm này ít nhất có thể hình dung ra trong trường hợp một vũ trụ đóng bằng cách giảm đi một chiều và xét ví dụ quả khí cầu. Nhưng một vũ trụ mở *không bao giờ* có kích cỡ zero. Cách duy nhất nghĩ về vũ trụ này là hãy tưởng tượng Big Bang đã xảy ra ở mọi nơi cùng một lúc trong một vũ trụ đã vô hạn. Tất nhiên, tại mọi điểm trong một vũ trụ vô hạn như vậy mật độ cũng sẽ là vô hạn.

Một cách khác là hãy nghĩ Big Bang của một vũ trụ mở tựa như một đường thẳng dài vô hạn. Mặc dù nó có một số vô hạn điểm trên nó (vì một điểm có cỡ zero), nhưng rút lại nó vẫn có thể tích zero. Khi đó chúng ta có thể tưởng tượng Vũ trụ Nhìn thấy của chúng ta lớn lên từ chỉ một điểm (một vụ nổ lớn) của đường thẳng đó. Tôi không muốn đi quá xa ở ví dụ tương tự này.

Cuối cùng, để làm cho bạn hoàn toàn bối rối, cho dù Vũ trụ bây giờ có hình dạng như thế nào, cho dù nó hầu như hoàn toàn phẳng, nhưng nó sẽ *cong vô hạn* tại Big Bang!

Khi đó Vũ trụ có hình dạng ra sao?

Cho đến đây, tôi đã cung cấp cho bạn một quan niệm về những hình dạng khác nhau mà Vũ trụ của chúng ta có thể có (và có lẽ còn đau đầu nữa), tôi sẽ đánh giá ngắn gọn một số khám phá và ý tưởng trong thời gian gần đây trong vũ trụ học và cái chúng cho chúng ta biết về Vũ trụ. Xét cho cùng, nếu Vũ trụ một ngày nào đó sẽ co trở lại trong một Vụ co Lớn, thì tôi nghĩ mọi người phải có quyền được biết. Không phải là vô số năm nữa đâu, nhưng một số người có thể sẽ ngủ ngon giấc hơn nếu như họ được nghe kể.

Như tôi đã đề cập, Vũ trụ là mở, đóng hay phẳng là tùy thuộc vào nó chứa bao nhiêu vật chất. Tuy nhiên, vấn đề này có chút khó khăn nếu Vũ trụ là vô hạn về kích cỡ, vì khi đó nó cũng sẽ chứa một lượng vô hạn vật chất, cho dù nó phân tán mỏng như thế nào chăng nữa! Nguyên nhân là vì nguyên lý vũ trụ học phát biểu rằng mọi bộ phận của Vũ trụ phải trông y hệt nhau và vì thế mật độ vật chất là gần như đồng đều ở quy mô lớn nhất. Điều này tựa như việc nói rằng mặc dù chỉ có một trong mỗi một nghìn phòng của Khách sạn Vô hạn là có khách, nhưng vẫn có một số vô hạn người khách. Cho nên, thay vậy, các nhà vật lý nói về mật độ vật chất. Đây là lượng vật chất tính trên đơn vị thể tích không gian và sẽ là một con số nhận thức được mặc dù thể tích tổng là vô hạn.

Nếu như Vũ trụ có một mật độ vật chất lớn hơn một lượng tới hạn nhất định thì lực hấp dẫn của toàn bộ vật chất này kết hợp lại sẽ có thể làm ngừng sự giãn nở và làm cho nó co trở lại. Mặt khác, nếu như mật độ vật chất nhỏ hơn lượng tới hạn này thì lực hấp dẫn chỉ có thể làm chậm sự giãn nở đến một tốc độ không đổi chứ không bao giờ dừng hẳn. Vũ trụ sẽ chịu sự giãn nở mãi mãi. Thật lạ làm sao, nhiều nhà vũ trụ học có lý do hợp lý để tin rằng mật độ vật chất sẽ đầu đó chính xác tại giá trị tới hạn: cân bằng trên một lưỡi dao giữa một vũ trụ một ngày nào đó sẽ co lại và một vũ trụ sẽ giãn nở đều mãi mãi. Thay vậy, mật độ vật chất sẽ phải sao cho lực hấp dẫn của nó đều đều làm chậm tốc độ giãn nở xuống cho đến cuối cùng thì nó ngừng giãn nở. Tuy nhiên, sẽ mất thời gian mãi mãi cho sự dừng lại này xảy ra, cho nên sẽ không có sự co lại. Điều này ứng với một vũ trụ phẳng, không mở cũng không đóng. Vậy làm thế nào các nhà vũ trụ học tin rằng một kịch bản không có khả năng như vậy là có thể và tại sao họ muốn nó là có thể?

Thật ra thì, trong chừng mực các kính thiên văn của chúng ta có thể nhìn thấy, Vũ trụ trông phẳng tuyệt đối. Nó không biểu hiện độ cong dương hay âm gì hết. Đây là một chút khó khăn đối với các nhà vũ trụ học vì thật khó mà tin rằng sẽ có mật độ vật chất vừa đủ để vũ trụ là phẳng. Nếu đúng như vậy thì lực hấp dẫn sẽ luôn luôn tác dụng kìm hãm lên sự giãn nở, liên tục làm cho nó chậm lại. Trường hợp này khác với một vũ trụ mở độ cong âm (với mật độ dưới lượng tới hạn) vì trong trường hợp đó lực hấp dẫn sẽ chỉ làm cho sự giãn nở chậm đi đến một tốc độ không đổi nào đó rồi giữ nguyên như thế mãi mãi.

Đa số các nhà vũ trụ học tin rằng bài toán tính phẳng nay đã được giải do cái gọi là sự lạm phát. Lời giải thích đơn giản cho tính phẳng của không gian mà chúng ta quan sát thấy sẽ là Vũ trụ có lớn hơn nhiều so với chúng ta nghĩ hay không. Theo kiểu giống như vậy, chúng ta không quan sát thấy độ cong của Trái đất vì chúng ta chỉ nhìn thấy một phần nhỏ của mặt đất. Khúc mắc đối với lời giải thích này là Vũ trụ dường như không đủ tuổi để giãn nở đến một kích cỡ như vậy. Do đó, người ta cho rằng, khi Vũ trụ chỉ mới một phần nhỏ của một giây tuổi, nó đã trải qua một thời kì rất ngắn giãn nở nhanh trong đó nó lớn lên đến kích cỡ bằng một nghìn tỉ nghìn tỉ nghìn tỉ nghìn tỉ kích cỡ của nó trước đó. Con số này lớn không thể tin nổi và được viết là số 1 và 48 số 0! Như vậy, Vũ trụ có thể đã cuộn lại trước thời kì lạm phát. Sau đó, trong một khoảng thời gian ngắn hơn nhiều so với một cái chớp mắt, nó lớn lên đến một kích cỡ mà chúng ta sẽ không bao giờ có thể phát hiện ra bất kì sự cong nào, cho dù chúng ta nhìn xa bao nhiêu vào trong không gian. Do đó, mô hình lạm phát này của Vũ trụ đòi hỏi mật độ vật chất rất gần với giá trị tới hạn làm cho nó phẳng. Trong ngôn ngữ toán học, mật độ này được kí hiệu bằng chữ kí Hi Lạp viết hoa *omega* (viết là Ω). Nếu mật độ vật chất nằm ở giá trị tới hạn, tương ứng với không gian phẳng, chúng ta nói *omega* có giá trị bằng một. Nếu vũ trụ có độ cong dương và đóng kín thì *omega* lớn hơn một, và nếu nó có độ cong âm và mở thì *omega* nhỏ hơn một.

Chúng ta không chắc sự lạm phát nhanh này của Vũ trụ rất non trẻ có xảy ra hay không. Đa số nhà vũ trụ học tin rằng nó đã xảy ra, nhưng các luận cứ ủng hộ và phản bác nó là tinh vi và dựa trên một số vấn đề khác, một số trong đó cho đến nay vẫn chưa được giải.

Vậy có thể đo mật độ vật chất trong Vũ trụ một cách trực tiếp hay không? Các nhà vũ trụ học tin là có thể. Họ dựa trên nguyên lí vũ trụ học, nếu bạn còn nhớ, phát biểu rằng Vũ trụ trông như nhau ở mọi nơi. Nói cách khác, mật độ vật chất ở mọi nơi là giống như ở góc nhỏ Vũ trụ của chúng ta. Tất nhiên, ‘góc nhỏ’ mà tôi muốn nói là phần Vũ trụ mà chúng ta có thể nhìn thấy. Vậy thì họ *thật sự* nhìn thấy cái gì? Hóa ra mật độ vật chất nhìn thấy đối với chúng ta (đó là số thiên hà trong một thể tích không gian cho trước) bằng khoảng 1% giá trị tới hạn cần thiết cho một vũ trụ phẳng. Ôi, ôi, thế là chúng ta lại gặp rắc rối! Vậy thì 99% kia nằm ở đâu rồi?

Vật chất không nhìn thấy

Người ta tin rằng phần khối lượng còn thiếu này của Vũ trụ có cấu tạo từ cái gì đó bí ẩn gọi là *vật chất tối*. Người ta tin rằng trong không gian có lẽ có nhiều vật chất hơn chừng 10 đến 40 lần cái chúng ta có thể thật sự nhìn thấy. Đây không phải là vì nó ở quá xa hay ẩn náu phía sau những vật thể khác, mà vì nó đúng là không thể nhìn thấy. Ở đây một lần nữa,

bạn đang nghĩ, làm thế nào các nhà khoa học có thể chắc chắn về những thứ ở trong không gian sâu thẳm mà họ *có thể* nhìn thấy, chỉ để những thứ vật chất đó là không nhìn thấy! Vâng, một lần nữa, câu trả lời đơn giản đến bất ngờ: các thiên hà dường như nặng hơn nhiều so với tổng số ngôi sao và những vật thể nhìn thấy khác mà chúng chứa và cũng phải cấu tạo từ một đám mây chất liệu không nhìn thấy vượt ngoài những ngôi sao nhìn thấy. Kết luận kì lạ này thu được từ hai lộ trình khá độc lập nhau.

Thứ nhất là bằng cách nghiên cứu cách thức các ngôi sao ở vành ngoài của các thiên hà quay xung quanh tâm. Nếu đa phần khối lượng của một thiên hà tập trung tại lõi của nó, đó là cái người ta trông đợi vì đó là vùng tập trung sao đông đúc nhất, thì những ngôi sao ở phía ngoài sẽ quay chậm hơn nhiều so với thực tế chúng quay. Cách duy nhất lí giải cách hành xử quan sát thấy ở những ngôi sao này là có một dạng không nhìn thấy nào đó của vật chất, đặt tên là quầng vật chất tối, bao xung quanh, và vươn ra ngoài, vật chất nhìn thấy (các ngôi sao). Cái quầng này phải chứa nhiều vật chất hơn gấp nhiều lần so với toàn bộ những dạng vật chất nhìn thấy cộng gộp lại.

Một gợi ý khác rằng các thiên hà nặng hơn nhiều so với trông chúng như thế là trực tiếp đo sức nặng của chúng! Việc này được thực hiện sử dụng quan niệm của Einstein rằng lực hấp dẫn của một vật khối lượng lớn làm cong không gian xung quanh nó. Hãy nhớ từ chương trước rằng thuyết tương đối tổng quát đã được kiểm tra thực nghiệm lần đầu tiên bằng cách quan sát sự lệch của ánh sáng đến từ những ngôi sao ở xa khi nó đi qua đủ gần trường hấp dẫn của Mặt trời. Theo kiểu giống như vậy, một thiên hà sẽ làm lệch ánh sáng đến từ một thiên hà ở xa hơn khi nó nằm trong đường nhìn giữa ngôi sao ở xa hơn đó và chúng ta. Lượng ánh sáng bị bẻ cong cho chúng ta biết thiên hà ở gần hơn đó có khối lượng bao nhiêu. Một lần nữa, chúng ta tìm thấy các thiên hà chứa nhiều vật chất hơn gấp nhiều lần so với chỉ phần vật chất nhìn thấy.

Cho đến gần đây, vẫn chưa rõ vật chất tối này cấu tạo từ cái gì. Ban đầu người ta nghĩ nó có thể gồm toàn bộ những ngôi sao chết lạnh lẽo, những lỗ đen, những hành tinh, những cụm đá cộng với bất kì chất liệu không phát sáng nào khác (do đó không nhìn thấy) có lẽ đang trôi nổi ở ngoài kia. Những vật thể như thế được đặt tên là MACHO, viết tắt cho Các vật thể Quầng Nén Thiên văn Khối lượng lớn. Tuy nhiên, hóa ra có một giới hạn loại vật chất này có thể có bao nhiêu, được lập ra bởi sự tỉ lệ của các nguyên tố được tổng hợp ngay sau Big Bang.

Vì thế vẫn còn một vấn đề nữa. Ngày nay, chúng ta không những chắc chắn vật chất tối có tồn tại mà đa phần vật chất tối phải cấu tạo từ một loại chất liệu mới mà chúng ta chưa khám phá ra.

Các thí nghiệm tiến hành ở Nhật Bản và công bố vào giữa năm 1998 cho thấy phần vật chất này có khả năng cấu tạo từ những hạt sơ cấp gọi là neutrino. Vướng mắc đối với những thực thể nhỏ xíu này, chúng đã được tiên đoán trên lý thuyết vào đầu thập niên 1930 và đã được phát hiện trong các thí nghiệm phòng thí nghiệm vào năm 1956, là không ai chắc chắn chúng thật sự có khối lượng hay không. Chúng cực kì khó nắm bắt, vì chúng đi thẳng qua chất rắn, kể cả dụng cụ đo của chúng ta, như thể chẳng có cái gì ở đó. Thật vậy, hàng tỉ neutrino, chủ yếu sinh ra trên Mặt trời, lúc này đang chạy xuyên qua cơ thể bạn mà bạn không hề hay biết. Các nhà khoa học người Nhật phát hiện thấy chúng thật sự có khối lượng rất nhỏ đủ để giải thích cho phần vật chất không nhìn thấy của các thiên hà, do số lượng vô cùng lớn của chúng. Ngay cả trong không gian sâu thẳm, người ta ước tính trung bình có đến vài trăm hạt nhỏ bé đó trong một thể tích chừng bằng cái lỗ xỏ kim.

Ngay cả khi tính gộp toàn bộ vật chất bình thường trong các thiên hà (cho dù nhìn thấy hay không) cộng với tất cả neutrino, chúng ta vẫn không thể lý giải toàn bộ khối lượng mà các thiên hà biểu hiện là chúng có. Các neutrino cấu thành nên cái gọi là “vật chất tối nóng” vì chúng lao đi ở tốc độ cao. Ngày nay, chúng ta chắc chắn rằng phải có thêm, có lẽ ở dạng những hạt nặng chuyển động chậm hơn cấu thành nên “vật chất tối lạnh”. Cuộc tìm kiếm hiện đang diễn ra ở một số phòng thí nghiệm trên khắp thế giới đi tìm những hạt mới đó. Yêu thích của tôi là WIMP (những hạt nặng tương tác yếu) có thể đóng góp cho khối lượng Vũ trụ hơn gấp nhiều lần so với toàn bộ vật chất nhìn thấy cộng lại. Những hạt như thế chưa từng được trông thấy – vâng, bạn sẽ không thấy chúng nếu chúng là không nhìn thấy đối với bạn – nhưng các nhà khoa học có thể chỉ ra những tính chất mà chúng phải biểu hiện và hiện đang thiết kế các thí nghiệm để phát hiện ra chúng.

Vì vậy, những ước tính tốt nhất hiện nay cho toàn bộ vật chất trong Vũ trụ (cả vật chất nhìn thấy và vật chất tối) chỉ mới lý giải một phần ba mật độ cần thiết để làm cho *omega* bằng một và Vũ trụ phẳng. Khả năng trông có vẻ ngày một tăng dần là chẳng có gì ở ngoài kia hết; là *omega* thật ra nhỏ hơn một nhiều. Làm thế nào vấn đề này được giải cùng với lý thuyết lạm phát đòi hỏi một vũ trụ phẳng? Chúng ta có phải sửa đổi nó, hay từ bỏ nó hoàn toàn?

1998: một năm quan trọng trong vũ trụ học

Đo sự giãn nở của Vũ trụ là một công việc đòi hỏi thủ thuật. Nó liên quan đến rất nhiều thứ chứ không đơn giản chỉ tính tốc độ mà những thiên hà ở xa đang lùi ra xa chúng ta bằng cách đo sự lệch đỏ trong ánh sáng của chúng. Trước tiên, thật khó biết chính xác chúng đích thực ở xa bao nhiêu. Và vì chúng ở quá xa nên, tính trung bình, chúng có xu

hướng là những thiên hà trẻ hơn – nên nhớ rằng ánh sáng từ chúng đến đã phát ra hồi hàng triệu, thậm chí hàng tỉ, năm trước – và các thiên hà trẻ hơn thường có xu hướng có màu xanh hơn và sáng hơn vì các ngôi sao của chúng trẻ tuổi hơn. Mặt khác, chúng rất mờ vì chúng ở quá xa. Ngoài tất cả những cái này ra, các thiên hà còn có mọi hình dạng và kích cỡ và, trong khi đúng là nghiên cứu đủ số lượng chúng thì chúng ta có thể rút ra một giá trị trung bình xác thực, nói chung việc đo sự lệch đỏ của tất cả các thiên hà không phải là cách tốt nhất để suy luận ra tốc độ giãn nở.

Có một phương pháp đáng tin cậy hơn. Hãy nhớ từ Chương 2 rằng sao siêu mới quá sáng nên trong thời gian ngắn chúng sáng hơn toàn bộ phần còn lại của thiên hà của chúng. Đặc biệt, sao siêu mới loại Ia (kết quả của sự phá hủy hoàn toàn của một ngôi sao trong một hệ sao đôi khi nó đã đạt tới khối lượng tới hạn bằng cách nuốt lấy vật chất từ bạn đồng hành của nó) đều tỏa sáng với một độ sáng nhất định. Chúng cũng bùng lên và tắt lịm trong một thời gian nhất định. Điều này có nghĩa là có thể sử dụng chúng làm những vật chuẩn đáng tin cậy để đo khoảng cách. Mới đây, sao siêu mới loại Ia đã được sử dụng để xác định tốc độ Vũ trụ đang giãn nở; nhất định đó là kết quả hấp dẫn nhất trong nghiên cứu thiên văn năm 1998.

Việc phát hiện ra một vụ nổ sao siêu mới của một ngôi sao trong một thiên hà xa xôi là cực kì khó vì chúng hết sức mờ nhạt. Cái còn khó tin hơn về kết quả mới đây là những sao siêu mới rất xa dường như còn mờ hơn so với nơi chúng ở khoảng cách như vậy. Một lí do có thể là vì không gian có độ cong âm (hyperbolic) có tính chất kì lạ là làm những vật ở xa mờ nhạt do cách ánh sáng của chúng bị phân tán trong một vũ trụ như thế. Nhưng có một khả năng khác thú vị hơn. Có lẽ những sao siêu mới này mờ hơn vì chúng ở xa hơn chúng ta nghĩ. Nhưng điều đó có nghĩa là chúng đang lùi ra xa nhanh hơn so với sự lệch đỏ đo được của chúng cho thấy. Nói cách khác, chúng không có độ lệch đỏ đủ cao cho khoảng cách của chúng. Vì ánh sáng từ những sao siêu mới này đi tới chúng ta đã phát ra khi Vũ trụ trẻ hơn nhiều, nên sự lệch đỏ dưới mức trông đợi của chúng hàm ý một tốc độ giãn nở chậm hơn trong quá khứ! Tôi biết bạn có thể cần phải đọc lại đoạn này một lần nữa để theo dõi trật tự logic của các lập luận, nhưng nếu các quan sát là đúng thì đoạn gạch chân là sự giãn nở của Vũ trụ KHÔNG chậm đi, mà đang *tăng lên*!

Cách duy nhất để xảy ra như vậy là có một lực phản hấp dẫn chi phối sự giãn nở, đẩy các thiên hà ra xa nhau và làm không gian nở ra. Trong khi tác dụng của lực hấp dẫn trở nên yếu hơn khi các thiên hà ở xa nhau, thì lực phản hấp dẫn mạnh dần theo khoảng cách, cho nên sẽ làm cho sự giãn nở còn xảy ra nhanh hơn. Sự tồn tại của loại lực kì lạ này chỉ là một cách khác nói rằng hằng số vũ trụ học là khác không. Nhưng nó từ đâu mà có?

Câu trả lời thường gặp là phải có một dạng năng lượng mới lạ gì đó không nhìn thấy có mặt trong toàn cõi không gian. Năng lượng này có tác dụng nghịch lí là vừa chi phối sự giãn nở của không gian vừa góp phần tiến tới tự khép kín Vũ trụ. Nghĩa là, nó sẽ giúp lấp đầy phần còn thiếu của *omega* để nâng nó lên bằng một, đây là cái nhiều nhà vật lý lý thuyết hoan nghênh. Thật vậy, *omega* còn có thể lớn hơn một một chút, làm cho Vũ trụ đóng kín, mặc dù nó có thể giãn nở mãi mãi. Điều này làm cho những lập luận đơn giản dựa trên vũ trụ mô hình của Friedmann là không đúng. Chúng ta không còn có thể nói rằng một vũ trụ mở là vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi, trong khi một vũ trụ đóng thì một ngày nào đó phải co lại trong một vụ co lớn. Hình dạng của Vũ trụ và số phận của nó không còn liên quan với nhau nữa.

Còn về nguồn gốc của năng lượng này của không gian trống rỗng thì các nhà vật lý vẫn đang nghiên cứu. Nó có thể là một trong một số biệt ngữ nghe có vẻ kì lạ (mà bạn có thể muốn nhấn mạnh với bạn bè của mình) như “thăng giáng lượng tử”, “sự chuyển pha”, “khiếm khuyết tô pô học” hay, nổi trội hơn tất cả, “nguyên tố thứ năm”.

Vũ trụ có vô hạn không?

Đây là một đề tài vui vẻ nữa mà bạn có thể trao đổi với gia đình và bạn bè mình thay cho bóng đá⁸. Hóa ra nếu tỉ trọng chung của Vũ trụ, do toàn bộ vật chất nhìn thấy và vật chất cùng năng lượng không nhìn thấy gây ra, vẫn không đủ để làm cho nó đóng kín, thì lẽ phải sáng suốt là nên cho rằng nó phải là vô hạn (để tránh có một ranh giới mà bạn có thể rơi ra ngoài). Tất nhiên, có thể cái xuất hiện trước chúng ta là một vũ trụ phẳng vô hạn có thể vẫn đóng kín và quá lớn cho bất kì sự cong nào có thể bị phát hiện ra. Trong một vũ trụ như vậy, giá trị của *omega* sẽ rất gần với một.

Đa số mọi người, kể cả các nhà vũ trụ học, sẽ không phải xử lí gì nhiều với một vũ trụ vô hạn. Trong vài năm trở lại đây, một lĩnh vực nghiên cứu mới gọi là tô pô học vũ trụ đã xuất hiện, đó là ngành nghiên cứu hình dạng của Vũ trụ. Một kết quả nghiên cứu trong lĩnh vực này mà tôi đã không nhận ra mãi cho đến gần đây là ngay cả một vũ trụ mở, dù là phẳng hay hyperboloid, cũng có thể có một kích cỡ hữu hạn. Thật vậy, và đây là chỗ thú vị, cho dù Vũ trụ là phẳng, hóa ra nó phải có hình dạng giống như tương đương cao chiều hơn của một cái bánh rán (những cái bánh có cái lỗ ở chính giữa). Tôi biết bạn đang nghĩ rằng bề mặt của một cái bánh rán khó mà phẳng nổi. Nhưng đó là vì nó chỉ là một sự gần đúng với hình dạng mà tôi đang nói. Trước hết, bề mặt của một cái bánh rán chỉ là hai chiều. Thứ hai, ngay cả tương đương 2D của không gian mà tôi đang nói tới cũng không thể tồn tại chìm trong không gian 3D của chúng ta. Tên gọi chính xác cho một hình dạng như thế là để

⁸Xin lỗi nhé. Chỉ vì hai đề tài trao đổi yêu thích của tôi là vật lý và bóng đá, chứ không nhất thiết phải như thế.

Euclid, và nó có tính chất, giống như bề mặt của một cái bánh rán, là có nhiều hơn một đường nối hai điểm bất kì trên nó.

Tất nhiên, nếu Vũ trụ thật sự có hình bánh rán thì phần khối lượng còn thiếu có khả năng là đường hoặc hương quế.

Tại sao ban đêm trời tối?

Có thể bạn nghĩ đây là một câu hỏi tầm thường, thậm chí ngớ ngẩn. Nói chung, ngay cả một đứa trẻ cũng “biết” đây là vì Mặt trời lặn bên dưới đường chân trời, và không có cái gì khác ở trên bầu trời sáng gần như Mặt trời, nên chúng ta chỉ nhận được ánh sáng phản xạ yếu ớt từ Mặt trăng và ánh sáng còn mờ nhạt hơn nữa từ những ngôi sao ở xa. Vâng, vậy tại sao lại nêu câu hỏi trên? Vấn đề là nó không đơn giản như thế!

Chúng ta có lí do hợp lí để mà tin rằng cho dù Vũ trụ không vô hạn về kích cỡ thì nó có khả năng mệnh mông đến mức vô hạn, trong mọi mục đích và ý nghĩa. Nếu vậy thì chúng ta đi đến cái gọi là nghịch lí Olbers. Nói đơn giản, nghịch lí này phát biểu rằng bầu trời đêm không thể tối đen như mực được. Nó phải sáng hơn cả ban ngày nữa. Thật vậy, bầu trời đêm sẽ sáng rõ, mọi lúc mọi nơi, cho dù Mặt trời có ở trên bầu trời hay không.

Hãy tưởng tượng bạn đang đứng giữa một cánh rừng rất lớn. Lớn đến mức thực tế bạn có thể xem nó là vô hạn về quy mô. Giờ hãy thử bắn một mũi tên theo một hướng (ngang) nào đó sao cho nó *không* chạm trúng một thân cây nào. Trong tình huống lí tưởng hóa này, mũi tên phải được phép bay đi theo đường thẳng mà không bị lao xuống đất. Tất nhiên, bạn sẽ thấy điều đó là không thể. Cho dù mũi tên có tránh được những cây ở gần, thì cuối cùng nó luôn chạm trúng một cây nào đó. Vì cánh rừng là vô hạn nên sẽ luôn luôn có một cái cây ở trên đường bay của mũi tên, cho dù cái cây đó ở xa bao nhiêu không quan trọng. Cho dù cánh rừng dày thưa thế nào cũng vậy. Nếu bạn đốn hạ 90% số cây trong rừng, thì điều này chỉ có nghĩa đơn giản là, tính trung bình, mũi tên sẽ phải bay xa gấp 10 lần trước khi nó chạm trúng một thân cây.

Giờ hãy xét một vũ trụ mô hình đơn giản, rộng vô hạn, tĩnh (không giãn nở) và có các ngôi sao phân bố đều. Ánh sáng từ các ngôi sao đi tới chúng ta giống như ví dụ cái mũi tên ở trên. Cho dù chúng ta nhìn vào chỗ nào trên bầu trời, nếu Vũ trụ là vô hạn thì chúng ta luôn luôn nhìn thấy một ngôi sao trên đường ngắm của mình. Cho nên sẽ không có bất kì khoảng trống nào trên trời mà chúng ta không nhìn thấy ngôi sao nào và *toàn bộ* bầu trời phải sáng rõ như bề mặt Mặt trời, suốt cả mọi lúc!

Vũ trụ thực tế cũng có khả năng là vô hạn, nhưng ở những phương diện khác, nó không giống mô hình đơn giản trên cho lắm. Trước tiên, các ngôi sao không phân bố đều mà co cụm lại thành các thiên hà. Điều này không thành vấn đề. Nó chỉ có nghĩa là bầu trời đêm sẽ sáng như một thiên hà trung bình, nó không sáng như bề mặt của một ngôi sao trung bình nhưng vẫn mờ. Thứ hai, Vũ trụ của chúng ta đang giãn nở. Sự giãn nở này có mang lại khác biệt gì không? Các nhà vật lý đã tiến hành những tính toán chi tiết sự giãn nở này không giải được nghịch lý trên, nó chỉ làm thu hẹp vấn đề. Vậy thì đâu là câu trả lời?

Người ta nghĩ có lẽ không gian chứa đầy chất khí và bụi giữa các sao sẽ chặn mất ánh sáng đến từ những thiên hà ở xa. Nhưng nếu Vũ trụ đã tồn tại đủ lâu, thì cả phần vật chất này cũng từ từ nóng lên, do ánh sáng mà nó hấp thụ, và cuối cùng sẽ phát sáng ngang với những thiên hà mà nó che khuất.

Câu trả lời đích thực, lời giải đã đưa nghịch lý Olbers vào yên nghỉ, là Vũ trụ không phải vĩnh hằng, nên ánh sáng từ những thiên hà ở rất xa đơn giản là không có đủ thời gian để đi tới chúng ta. Nếu Big Bang xảy ra hồi 15 tỉ năm trước, thì những thiên hà ở xa hơn 15 tỉ năm ánh sáng (hãy nhớ rằng năm ánh sáng là quãng đường ánh sáng truyền đi trong một năm) là không thể nhìn thấy đối với chúng ta vì ánh sáng của chúng vẫn đang truyền đi và chưa đi tới chúng ta. Phải thừa nhận rằng vấn đề có hơi phức tạp đi một chút do sự giãn nở của Vũ trụ, nhưng cái chúng ta có thể nhìn thấy trên bầu trời chỉ là một phần nhỏ của Vũ trụ. Nó được gọi là Vũ trụ Nhìn thấy và chúng ta không thể, cho dù với những kính thiên văn mạnh nhất, nhìn thấy vượt ngoài một đường chân trời nhất định trong không gian. Như vậy, Vũ trụ Nhìn thấy (góc không gian nhỏ xíu của chúng ta) thật sự có một ranh giới, mặc dù Vũ trụ tổng thể thì không.

Cuối cùng, chúng ta có thể làm đảo ngược tình thế với nghịch lý Olbers và nói rằng *bằng chứng thật sự cho thấy Big Bang từng xảy ra là khi ban đêm trời lại tối!*

Có cái gì trước Big Bang không?

Một trong những câu hỏi thường gặp nhất ở khán giả khi tôi giảng dạy vũ trụ học là *trước* Big Bang là cái gì. Tóm lại, nếu Big Bang thật sự xảy ra hồi 15 tỉ năm trước, thì cái gì làm cho nó xảy ra? Cái gì kích hoạt sự ra đời của Vũ trụ của chúng ta lúc ban đầu? Tôi sẽ trình bày ngắn gọn ở đây ba câu trả lời chính thức cho câu hỏi trên. Ở đây, tôi trình bày chúng theo trật tự ưu tiên ngược (theo quan điểm cá nhân).

Câu hỏi thứ nhất chỉ nêu ra nếu Vũ trụ của chúng ta chứa đủ vật chất để cuối cùng làm nó dừng giãn nở. Trong trường hợp đó, một ngày nào đó trong tương lai rất, rất xa, nó

sẽ bắt đầu co lại, cuối cùng kết thúc trong một Vụ Co Lớn. Nếu như điều này xảy ra, và chúng ta nghĩ sự co lại thành Vụ Co Lớn là sự đảo ngược thời gian của Vụ Nổ Lớn lúc đầu, thì hai sự kiện là tương đương nhau. Vì thế, Vụ Co Lớn của Vũ trụ của chúng ta có thể xem là một Vụ Nổ Lớn cho một vũ trụ mới ra đời từ đồng tro bụi của vũ trụ của chúng ta. Và nếu đúng như vậy thì Vũ trụ của chúng ta có thể đã xảy ra sau một vũ trụ trước đó đã giãn ra rồi co lại. Nó có thể xảy ra như vậy mãi mãi; một số vô hạn vũ trụ, mỗi vũ trụ giãn ra rồi co lại. Như vậy, câu trả lời cho câu hỏi: cái gì xảy ra trước Big Bang? là có một vũ trụ khác, có khả năng giống như vũ trụ của chúng ta.

Vì hiện nay trông có vẻ như sự giãn nở của Vũ trụ đang tăng tốc, nên nó sẽ không bao giờ co trở lại nữa. Có lẽ Big Bang là một sự kiện một đi không trở lại. Trong trường hợp đó, chúng ta phải nhìn tới nhiều câu trả lời kì lạ hơn cho câu hỏi đó. Một câu trả lời nhận được sự hậu thuẫn ngày một đông trong số những nhà vật lý nghiêng nhiều về toán học là rằng Vũ trụ, cho đến Big Bang, là một bộ phận của một không gian lớn hơn nhiều có 10 chiều (hay 11 chiều, tùy thuộc vào bạn đang nói với ai). Vũ trụ này được mô tả là “không bền”. Big Bang xuất hiện để giải nguy, làm cho nó thực hiện “bước nhảy lượng tử” sang một trạng thái bền hơn. Khi điều này xảy ra, sáu (hay bảy) chiều cuộn lại thành một quả cầu hết sức nhỏ, để lại ba chiều không gian và một chiều thời gian mà chúng ta có ngày nay. Sự viển vông văn tự lý thuyết màu mè như thế này thật ra lại xuất hiện tự nhiên từ những lý thuyết phức tạp nhất, nhưng cũng đồng thời khó hiểu nhất, trong vật lý hiện đại gọi là lý thuyết siêu dây và lý thuyết M. Thời gian sẽ cho biết chúng có là lộ trình đúng hướng hay không.

Câu trả lời cuối cùng, và chính thống, là như sau. Nếu thuyết tương đối tổng quát Einstein là đúng, và chúng ta chắc chắn như thế, thì Big Bang không những đánh dấu sự ra đời của Vũ trụ mà còn là sự bắt đầu của bản thân thời gian. Việc nêu những câu hỏi cái gì xảy ra *trước* Big Bang đòi hỏi phải có thời gian nhúng trong từ “trước” đó. Vì đơn giản là không có thời gian trước Big Bang, nên câu hỏi như thế là vô nghĩa.

Tóm tắt

Tôi đã điếm qua rất nhiều nền tảng trong chương này và có lẽ thật hữu ích là nên tóm lược một chút về những quan điểm mà tôi đã trình bày và phát biểu mức độ chắc chắn của tôi về độ chính xác của chúng.

Big Bang: Vâng, hầu như chắc chắn đã từng xảy ra. Vẫn có một vài nhà vật lý chống lại quan điểm này. Họ cho rằng Vũ trụ không có một thời khắc ra đời mà tồn tại vĩnh hằng.

Lí thuyết mà họ tán thành được gọi là lí thuyết trạng thái ổn định. Điều lí thú là, bất chấp rất nhiều bằng chứng ủng hộ cho Big Bang, lí thuyết trạng thái ổn định vẫn chưa chịu chào thua.

Sự giãn nở của Vũ trụ: Giống như Big Bang, không ai còn nghi ngờ về điều này nữa.

Tuổi của Vũ trụ: Ước tính hồi cuối thế kỉ 20 đặt ra con số 15 tỉ năm nhưng con số này có thể phải xét lại theo hướng tăng thêm (hoặc theo quan điểm của tôi là giảm bớt).

Hình dạng của Vũ trụ: Có khả năng là mở hoặc phẳng, dựa trên những ước tính hiện nay của lượng vật chất mà nó chứa và tốc độ giãn nở hiện nay. Nếu phải chọn lựa, tôi sẽ nói nó có khả năng là phẳng (hay gần như là phẳng).

Kích cỡ của Vũ trụ: Một Vũ trụ phẳng hoặc mở vẫn có khả năng có kích cỡ hữu hạn, mặc dù lớn hơn nhiều so với phạm vi xa nhất mà chúng ta từng thấy. Các lí thuyết hiện nay nghiêng về một vũ trụ không vô hạn về kích cỡ.

Số phận của Vũ trụ: Cho dù Vũ trụ có thể có kích cỡ và hình dạng ra sao, những kết quả mới nhất đo tốc độ giãn nở từ những sao siêu mới ở xa cho thấy mạnh mẽ rằng Vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi, kết thúc trong một Vụ Đông Lớn. Như vậy, đây là cách để mọi người dễ đương đầu hơn, ít nhất là vì thời gian sẽ tiếp tục trôi mãi mãi. Một cách nói về Big Bang là sự bắt đầu của thời gian, nhưng Vụ Co Lớn sẽ đánh dấu sự kết thúc của thời gian. Không những không có cái gì sống sót sau đó, mà ngay cả từ “sau đó” cũng đã là vô nghĩa!

Sự lạm phát: Lí thuyết này hiện nay trông khá ổn, mặc dù có một số phiên bản khác nhau của nó. Đa số đòi hỏi Vũ trụ là phẳng, nhưng một lí thuyết mới gọi là “lạm phát mở” hiện đang được phát triển. Lí thuyết này không đòi hỏi tính phẳng và cho phép quan niệm kì lạ về một vũ trụ mở vô hạn lấp vừa bên trong một cái “bọt” thể tích hữu hạn trôi nổi đâu đó trong không gian bên ngoài.⁹

Phản hấp dẫn: Hiện nay, hằng số vũ trụ học đã trở lại vũ đài khoa học, cho thấy có một lực đẩy phản hấp dẫn đẩy vật chất ra xa đang chi phối sự giãn nở của Vũ trụ. Nhưng chúng ta vẫn chưa hiểu rõ nguồn gốc của nó.

⁹Đừng đổ lỗi cho tôi, tôi không nghĩ vậy đâu!

4

LỖ ĐEN



Lỗ đen là những cái phễu không gian.

- Beavis và Butthead

Sáng hơn cả bắt gặp ánh mắt!

Ánh sáng thật sự là một chất liệu kì lạ. Trừ khi bạn có kiến thức khoa học, bằng không bạn sẽ lãng phí khá nhiều thời gian để suy tư xem ánh sáng là cái gì. Chắc chắn, bạn có thể nghĩ, nó là cái tỏa ra từ những vật như Mặt trời, bóng đèn điện, ngọn đuốc, ngọn nến, ngọn lửa và vân vân và, cho dù nó cấu tạo từ cái gì, nó đi vào mắt của bạn và chúng ta “nhìn thấy” các vật. Khi ánh sáng phản xạ khỏi một vật, nó mang theo cùng với nó vào võng mạc của chúng ta những thông tin về hình dạng và màu sắc của vật đó. Nhưng rốt cuộc thì ánh sáng cấu tạo từ cái gì?

Tôi đã mô tả ánh sáng phát ra từ một vật đang chuyển động ra xa chúng ta trở nên đỏ hơn như thế nào do sự giãn ra của bước sóng ánh sáng. Điều này gợi ý rằng nó không được cấu tạo từ những chất liệu mà chúng ta có thể sờ mó được. Thật vậy, ở trường học chúng ta được dạy rằng ánh sáng chỉ là những sóng năng lượng tuần hoàn, đang dao động, giống như sóng âm hay những gợn lăn tăn trên mặt hồ khi một hòn đá rơi xuống. Tất cả những thí nghiệm mà bạn đã làm trong phòng thí nghiệm khoa học ở trường học đều có thể xác nhận điều này. Sóng ánh sáng phản xạ khỏi gương, đi qua thấu kính và tách ra thành những màu cầu vồng, gọi là quang phổ nhìn thấy của ánh sáng (khi ánh sáng mặt trời đi qua một lăng kính).

Một số thí nghiệm này với ánh sáng có thể có rất nhiều điều thú vị, và tôi nhớ lúc còn nhỏ mình đã từng chế ra một cái hộp tối và cố gắng tìm hiểu xem làm thế nào ánh sáng đi qua một cái lỗ nhỏ xíu ở một thành hộp có thể tạo ra ảnh (lộn ngược) ở phía sau. Thật may cho những ai có ngưỡng buồn chán hơi bị thấp, hóa ra ánh sáng hầu như chẳng đơn giản và nhàm chán như chúng ta thấy ở trường học. Thật vậy, nó kì lạ đến mức toàn bộ giáo viên dạy khoa học đều kí tên vào một văn bản mật trong đó họ thề rằng sẽ không bao giờ tiết lộ bản chất của ánh sáng trước những đứa trẻ ngây thơ và chất phác. Lúc bọn trẻ lớn lên, chúng sẽ hoàn toàn mất hết vô tư hay đơn giản là từ chối không muốn tin vào những thứ quen thuộc với cuộc sống hàng ngày của chúng ta vì ánh sáng che giấu trong nó quá nhiều bí ẩn và là yếu tố hết sức cơ bản đối với sự hoạt động của Vũ trụ.

Vâng, tôi thừa nhận rằng bản hiệp ước bí mật quái gở mà các giáo viên trường học đã kí nghe có chút gì đó tựa như một câu chuyện Roald Dahl. Tất nhiên, không có sự thông đồng mang tính toàn cầu nào muốn che đậy bản chất đích thực của ánh sáng, nhưng tôi thật sự nghiêm túc khi nó có nhiều ánh sáng hơn cả bắt gặp ánh mắt!

Âm thanh là một ví dụ đơn giản của sóng. Người ta nói một vật tạo ra âm thanh nếu nó làm cho các phân tử không khí xung quanh nó dao động. Những phân tử này va chạm với những phân tử khác ở gần làm cho chúng chuyển động và cứ thế truyền dần đến tai chúng ta. Khi đó, các phân tử không khí bên trong tai làm cho màng nhĩ dao động và não của chúng ta phiên dịch dao động này thành cái ta gọi là âm thanh. Nhưng ta không thể nói một “chất” đã truyền từ vật tạo ra âm thanh đến tai chúng ta.

Ánh sáng thì phức tạp hơn. Trong Chương 6, tôi sẽ nói rõ ánh sáng cơ bản như thế nào đối với bản chất đích thực của không gian và thời gian. Nhà vật lí David Bohm đã tóm gọn khi ông nói rằng “khi chúng ta đến với ánh sáng, chúng ta đang đến với hoạt động cơ bản trong đó sự tồn tại có cơ sở của nó”. Hiện nay, và với mục đích trình bày về lỗ đen, chúng ta hãy nghiên cứu xem ánh sáng thật sự gồm những gì.

Isaac Newton, dựa trên những thí nghiệm nổi tiếng của ông với lăng kính, tin chắc rằng ánh sáng gồm một dòng hạt nhỏ xíu gọi là tiểu thể (corpuscle). Ông khẳng định điều này là hiển nhiên vì ánh sáng hầu như chắc chắn không thể hành xử giống như sóng âm. Các tia sáng luôn luôn truyền đi theo đường thẳng (sự bẻ cong tia sáng do lực hấp dẫn còn lâu nữa mới được khám phá ra) và tạo ra những cái bóng rõ nét. Sóng âm thì có thể đi vòng qua vật cản và dễ dàng luồn lách qua những góc khuất. Sóng âm cần một môi trường để truyền; một chất liệu cấu tạo từ những nguyên tử mà qua dao động mang năng lượng và tần số của âm thanh. Đây là nguyên do mà các tấm biển quảng cáo bộ phim *Alien* (Người ngoài hành tinh) mang đầu đề, khá chính xác, “Trong không gian, không ai nghe được tiếng thét của bạn”, vì trong không gian không có không khí để mang sóng âm. Mặt khác, ánh sáng rất cuộc chẳng giống như thế này và rõ ràng chẳng gặp khó khăn gì khi truyền trong không gian trống rỗng.

Vì những lí do này mà Newton bị thuyết phục rằng lí thuyết hạt của ánh sáng là đúng. Nhưng không phải ai cũng bị thuyết phục, và phải mất một thế kỉ thì bằng chứng rõ ràng mới xuất hiện rằng lí thuyết của Newton chưa phải là toàn bộ câu chuyện. Vào đầu thế kỉ 19, Thomas Young phát hiện rằng nguyên do ánh sáng dường như không bẻ cong xung quanh những góc khuất là vì hiệu ứng ấy quá nhỏ. Bước sóng của ánh sáng quá ngắn so với bước sóng của âm thanh nên lượng bẻ cong, gọi là nhiễu xạ, khó phát hiện ra. Tuy nhiên, Young đã thu được điều này bằng cách cho ánh sáng đi qua những cái khe rất hẹp và chứng minh rằng, khi nó đi tới một màn hứng ở phía bên kia, nó tạo ra một hàng gồm những vân

sáng và tối theo một kiểu không thể nào giải thích nếu như ánh sáng là gồm các hạt cấu tạo nên. Những vân giao thoa như thế, như chúng được gọi ngày nay, được giải thích trong mọi quyển sách giáo khoa vật lý là do các đỉnh sóng và hõm sóng ở sóng ánh sáng từ hai khe đến tăng cường và triệt tiêu nhau. Chúng ta đều đã quan sát hiệu ứng này ở trường học, với mức độ hứng thú khác nhau, trong các thí nghiệm bề sóng.

Vậy là Newton đã sai ư? Có phải rốt cuộc ánh sáng là sóng chứ không phải một dòng gồm những hạt nhỏ xíu? Vào cuối thế kỉ 19, dường như cách lí giải sóng ánh sáng của Young không còn ai nghi ngờ gì nữa khi nhà vật lý người Scotland James Clerk Maxwell phát triển một hệ phương trình chứng minh rằng toàn bộ ánh sáng mà chúng ta thấy là một dạng bức xạ điện từ, cái ngày nay chúng ta biết là bao gồm cả những dạng khác như sóng vô tuyến, vi sóng và tia X, cũng như bức xạ hồng ngoại và tử ngoại. Hóa ra ánh sáng cấu tạo gồm một sự kết hợp của điện trường và từ trường, dao động vuông góc với nhau, có thể truyền trong không gian trống rỗng. Vậy thì rốt cuộc ánh sáng là sóng. Nhưng đây có phải là hồi kết của câu chuyện hay chưa?

Còn lâu mới kết thúc. Tới lượt Albert Einstein, người giành giải Nobel vật lý cho một bài báo ông viết vào năm 1905 – thật bất ngờ, bài báo đó chẳng có liên quan gì tới các lí thuyết tương đối của ông hết. Bài báo đó giải thích cái gọi là hiệu ứng quang điện và chứng minh rằng rốt cuộc Newton không hẳn đã sai. Ánh sáng ở cấp độ cơ bản nhất của nó là gồm những thực thể nhỏ xíu gọi là *photon*.

Vậy còn hệ vân giao thoa Young thì sao? Và sóng điện từ của Maxwell là cái gì? Trên Trái đất, cái gì đang diễn ra ở đây? Chắc chắn ánh sáng phải cấu tạo từ cái gì đó của nó: là sóng hay là hạt?

Có rất nhiều sách vở giải thích chuyện gì xảy ra sau đó. Hóa ra ánh sáng thật sự là một kẻ tâm thần. Thỉnh thoảng, chúng ta thấy nó hành xử giống như một sóng tuần hoàn và thỉnh thoảng lại giống như một dòng hạt. Nó phụ thuộc vào loại thí nghiệm mà chúng ta thực hiện! Nếu bạn không thích như thế thì đành vậy. Tôi đã nói ánh sáng là kì lạ rồi mà. Lí thuyết mô tả các quy tắc hành xử của ánh sáng được gọi là QED, viết tắt của điện động lực học lượng tử, và đã được phát triển bởi nhà vật lý người Mỹ Richard Feynman, cùng với những người khác, hồi cuối thập niên 1940. QED, như tên gọi của nó cho thấy, được suy luận ra từ một lí thuyết rộng hơn nhiều trong vật lý hiện đại gọi là *cơ học lượng tử*, lí thuyết mô tả hành trạng không chỉ của riêng ánh sáng mà của toàn bộ vật chất và năng lượng ở cấp độ cơ bản nhất của nó (cấp độ nguyên tử và nhỏ hơn).

Cơ học lượng tử được phát triển hồi giữa thập niên 1920 bởi một nhóm nhà vật lý châu Âu, trong đó có Einstein. Nó mô tả những thứ như làm thế nào một nguyên tử có thể ở

hai nơi cùng một lúc, và làm thế nào những hạt nhỏ xíu có thể tự phát xuất hiện từ hư vô sau đó nhanh chóng biến mất trở lại. Các nhà vật lý hàng đầu thế giới đều nhất trí rằng nếu ai đó không thấy khó chịu với cái mà cơ học lượng tử cho chúng ta biết về thế giới chúng ta sống trong đó thì có lẽ người đó không thật sự hiểu cơ học lượng tử. Mặc dù vậy, nó vẫn là khám phá khoa học thành công nhất và quan trọng nhất của thế kỷ 20. Cơ học lượng tử hậu thuẫn cho toàn bộ nền hóa học hiện đại và toàn bộ nền điện tử học hiện đại. Không có nó, chúng ta sẽ không thể hiểu cấu trúc của tinh thể, hay phát minh ra laser hay chip silicon. Không có kiến thức về các quy luật của cơ học lượng tử thì sẽ không có truyền hình, máy vi tính, lò vi sóng, máy hát đĩa, đồng hồ kỹ thuật số và rất nhiều thứ không thể thiếu trong kỹ nguyên công nghệ của chúng ta.

Chúng ta sẽ dừng việc thảo luận về ánh sáng ở đây với một trích dẫn từ Einstein từ năm 1951 (bốn năm trước khi ông qua đời):

“Toàn bộ năm mươi năm suy tư nhận thức này chẳng mang tôi đến gần hơn với câu trả lời cho câu hỏi ‘Các lượng tử ánh sáng [photon] là cái gì?’ Ngày nay, cậu Tom, cậu Dick hay cậu Harry đều nghĩ cậu ta biết, nhưng các cậu sai lầm rồi”.

Đã giới thiệu đôi chút với bạn về bản chất của ánh sáng, giờ thì tôi có thể bắt đầu nói về tính chất của các lỗ đen.

Những ngôi sao không nhìn thấy

Để bắt đầu câu chuyện của chúng ta về những lỗ đen, ta phải lùi lại hai trăm năm đến cuối thế kỷ thứ 18, vì đó là khi các nhà khoa học lần đầu tiên nhận ra rằng các lỗ đen có thể tồn tại. Khi ấy, chúng được biết là những ngôi sao không nhìn thấy và sự tồn tại của chúng tuân theo lô gic và sự lý giải từ định luật vạn vật hấp dẫn Newton và lý thuyết hạt ánh sáng của ông.

Cho đến khá gần đây, người ta vẫn nghĩ rằng người ta đầu tiên tiên đoán sự tồn tại của các lỗ đen là nhà toán học và nhà thiên văn nổi tiếng người Pháp Pierre Laplace vào năm 1795. Ngày nay, người ta biết rõ rằng vinh quang ấy thuộc về nhà địa chất người Anh tên là John Michell, hiệu trưởng trường dòng Thornhill ở Yorkshire.

Michell được xem là cha đẻ của ngành địa chấn học và là người đầu tiên giải thích, sau trận động đất Lisbon năm 1755, rằng động đất là do sự hình thành áp suất chất khí từ nước sôi do nhiệt núi lửa. Ông cũng trình bày rằng động đất có thể bắt đầu bên dưới thềm đại dương và trận động đất Lisbon là một ví dụ thuộc loại này. Các quan điểm của ông về sự

hình thành của những lỗ đen trong không gian được trình bày trước Hội Hoàng gia London vào năm 1783. Cả Michell và Laplace đều dựa trên những lập luận khá giống nhau về quan niệm vận tốc thoát.

Gần đây, tôi có theo dõi một tư liệu trên truyền hình nói về những người chế tạo tên lửa nghiệp dư. Những nhân vật này rất nghiêm túc đối với sở thích của họ và đã có những cuộc thi xem tên lửa nào có thể lên tới độ cao lớn nhất trước khi lực hấp dẫn của Trái đất làm nó dừng lại. Tất nhiên, vấn đề là các tên lửa cần đạt tới một vận tốc thoát trước khi chúng có thể thoát khỏi sức hút của Trái đất và đi vào không gian bên ngoài. Thật bất ngờ, không gian đó không hẳn xa xôi lắm – chỉ khoảng hai giờ lái xe hơi nếu chúng ta có thể lái xe theo phương thẳng đứng. Cho dù vật bắt đầu với vận tốc bao nhiêu, lực hấp dẫn sẽ lập tức bắt đầu làm nó chậm lại, và vì thế nó phải bắt đầu đủ nhanh để vượt qua sự chậm dần này. Nên nhớ rằng lực hấp dẫn trở nên yếu hơn theo khoảng cách và vì thế một tên lửa không cần phải chuyển động rất nhanh một khi nó đã đạt tới một độ cao nhất định. Trên thực tế, các tên lửa chỉ đi vào quỹ đạo dần dần, bằng cách đốt những động cơ trong những tầng kế tiếp nhau.

Vận tốc thoát trên bề mặt Trái đất là 11 km/s (hay 40 nghìn km/h). Trên Mặt trăng, vận tốc thoát chỉ hơn 2 km/s một chút, vì thế các module mặt trăng của sứ mệnh Apollo không cần những tên lửa lớn để rời khỏi Mặt trăng và trở về Trái đất.

Vận tốc thoát trên Mặt trời là 620 km/s. Đây là một con số mà Michell đã nêu ra, dựa trên kích thước và tỉ trọng của Mặt trời. Ông còn biết một con số có phần chính xác khác nữa: tốc độ ánh sáng, đã được đo trước đó một thế kỉ, và lớn gấp 500 lần vận tốc thoát của Mặt trời. Vì thế, Michell tính được rằng một ngôi sao to gấp 500 lần Mặt trời, nhưng với tỉ trọng ngang ngửa, sẽ có vận tốc thoát bằng tốc độ ánh sáng.¹

Michell lập luận theo hiểu biết thông thường của thời kì ấy; quan niệm của Isaac Newton, và tin rằng ánh sáng là gồm các hạt tạo nên. Vì thế, ánh sáng phải bị tác dụng bởi lực hấp dẫn giống như mọi vật khác. Nhưng một ngôi sao có tỉ trọng bằng với Mặt trời, nhưng to gấp 500 lần, sẽ có vận tốc thoát vượt quá tốc độ ánh sáng, và vì thế các hạt ánh sáng sẽ không đủ nhanh để thoát khỏi sức hút hấp dẫn của nó. Do đó, một ngôi sao như thế sẽ trông có màu đen đối với thế giới bên ngoài. Trên thực tế, nó là vô hình!

¹Lưu ý tôi sử dụng cả hai thuật ngữ vận tốc và tốc độ trong cùng một câu. Ở đây chúng có nghĩa giống nhau, và việc sử dụng cả hai khái niệm thuần túy là vấn đề thói quen. Có một sự khác biệt kĩ thuật giữa hai khái niệm nhưng ở đây ta không cần quan tâm.

Michell đã giải thích phần “đen” nhưng chúng ta phải tiến nhanh sang thế kỉ 20 mới hiểu từ “lỗ” có nghĩa là gì. Xét cho cùng, một ngôi sao không nhìn thấy, như Michell và Laplace giải thích, thật ra chẳng hấp dẫn gì cho lắm. Thật vậy, việc sử dụng khái niệm vận tốc thoát để giải thích các lỗ đen có phần giống như là nói Big Bang chỉ là một vụ nổ rất lớn của vật chất và năng lượng, và thế là xong. Như tôi đã lí giải ở chương trước, Big Bang không xảy ra tại một nơi nào đó trong không gian và tại một thời điểm nào đó trong thời gian mà chứa đựng không gian và thời gian bên trong nó theo một kiểu cực kì khó lĩnh hội đối với chúng ta. Theo kiểu giống như vậy, các lỗ đen là những cụm sao chết đậm đặc hơn rất nhiều, có lực hấp dẫn mạnh đến mức ánh sáng không thể thoát ra. Thật vậy, chúng khác với những ngôi sao không nhìn thấy của Michell ở một số phương diện thật bất ngờ. Trước tiên, những ngôi sao đen của Michell là những vật thể rắn có kích cỡ hữu hạn nào đó. Các lỗ đen, như chúng ta hiểu ngày nay, bao gồm hầu như là không gian hoàn toàn trống rỗng! Thật vậy, chúng đúng là những cái lỗ trong không gian, bên trong đó các tính chất của không gian và thời gian hoàn toàn khác biệt. Và mặc dù chúng ta chưa bao giờ từng mặt đối mặt với một lỗ đen, nhưng chúng ta có cái nhìn sơ bộ nó trông như thế nào (không đẹp cho lắm). Nguyên do là vì chúng ta tin vào thuyết tương đối tổng quát Einstein. Vì nếu thuyết tương đối tổng quát là đúng, và cho đến nay chúng ta chẳng có lí do gì để nghi ngờ nó, thì nó đề xuất rằng các lỗ đen không những tồn tại trong Vũ trụ của chúng ta mà còn là một hệ quả không thể tránh khỏi của phiên bản hấp dẫn Einstein. Một trong những chuyên gia hàng đầu thế giới về thuyết tương đối tổng quát, Kip Thorne, còn phát biểu rằng “các định luật vật lí hiện đại hầu như đều đòi hỏi sự tồn tại của các lỗ đen”.

Chúng ta đã dừng lại đột ngột ở cuối Chương 2 sau khi mô tả ngắn gọn cái xảy ra với một ngôi sao nặng hơn Mặt trời nhiều lần khi nó cạn kiệt nhiên liệu hạt nhân của nó. Đã hoàn tất chặng đường gồ ghề - nhưng tôi hi vọng là vui vẻ - qua một số quan niệm vũ trụ học trong chương trước, giờ thì chúng ta đã sẵn sàng nhìn cụ thể hơn chính xác thì làm thế nào và tại sao một lỗ đen lại hình thành. Nên nhớ rằng quan niệm lực hấp dẫn của Einstein là làm việc với sự cong của không gian, và trường hấp dẫn của một vật khối lượng lớn càng mạnh, thì không gian xung quanh nó càng bị cong và biến dạng nhiều.

Khi một ngôi sao lớn bùng nổ dưới dạng sao siêu mới, nó thường tuôn phần lớn khối lượng của nó vào trong không gian, để lại phía sau một lõi sao neutron không còn đủ khối lượng để co lại thêm nữa. Bên trong một vật thể đặc như thế, vật chất bị ép chặt đến mức thậm chí các nguyên tử không thể giữ nổi dạng thức ban đầu của chúng. Trong vật chất bình thường, ví dụ như vật chất cấu tạo nên mọi thứ xung quanh chúng ta, kể cả bản thân chúng ta, mặc dù nhỏ như thế nhưng bản thân các nguyên tử chủ yếu là không gian trống rỗng. Chúng gồm một cái lõi nhỏ xíu gọi là hạt nhân nguyên tử bao quanh bởi những electron còn nhỏ hơn nữa. Các định luật của cơ học lượng tử chi phối những electron này hành xử như

thể nào bên trong các nguyên tử và giải thích tại sao chúng giữ được khoảng cách của chúng đối với hạt nhân. Bên trong một sao neutron, lực hấp dẫn mạnh đến mức các nguyên tử bị nén lại với nhau và các electron bị nén vào trong hạt nhân. Các định luật cơ học lượng tử phát biểu rằng lúc này sẽ có một áp suất hướng ra cản trở ngôi sao neutron co lại thêm nữa dưới sức nặng của riêng nó.

Vậy nếu sau khi một ngôi sao đã tuôn ra một phần khối lượng của nó trong một vụ nổ sao siêu mới, phần lõi còn lại của nó vẫn ở trên một khối lượng tới hạn nào đó (chừng ba lần khối lượng của Mặt trời) thì sao? Lúc này, một vật thể hết sức đặc với tỉ trọng của sao neutron cũng không đủ “rắn” nữa. Vật chất của nó không có đủ áp suất nội tại để chống lại sự co sập hấp dẫn. Thật vậy, ngôi sao không có chọn lựa nào khác mà tiếp tục co lại. Thay vì chậm dần, sự co sập hấp dẫn thật ra lại tăng tốc. Nó na ná như một quả bóng lăn qua đỉnh của một ngọn đồi. Một khi nó đã đi qua điểm cao nhất và bắt đầu lăn xuống phía bên kia, nó sẽ chuyển động mỗi lúc một nhanh. Câu hỏi đặt ra là cái gì xảy ra sau đó? Chắc chắn sự co sập phải dừng lại ở đâu đó? Ngôi sao bị nén mỗi lúc một nhỏ hơn với vật chất bên trong nó bị ép mỗi lúc một gần nhau hơn.

Giờ thì chúng ta thấy vận tốc thoát của một ngôi sao phụ thuộc vào khối lượng lẫn kích cỡ của nó. Vì thế, chúng ta không cần một ngôi sao có tỉ trọng bằng với Mặt trời và to hơn nó 500 lần để có vận tốc thoát lớn hơn tốc độ ánh sáng. Ta có thể đạt tới kết quả giống như vậy nếu như bản thân Mặt trời có thể bị nén xuống đến một kích cỡ chỉ vài km bề ngang, mặc dù nó vẫn có khối lượng như trước khi nó bị nén (lượng chất liệu ban đầu bằng như vậy), nhưng bây giờ nó bị ép chặt hơn nhiều. Một tỉ trọng như thế được xem là lớn hơn cả tỉ trọng của sao neutron (ngôi sao thường có vận tốc thoát bằng nửa tốc độ ánh sáng) và sẽ tiếp tục co lại để tạo thành một lỗ đen.

Như vậy, lập luận của Michell và Laplace rằng một ngôi sao đang co lại cuối cùng sẽ biến mất khỏi tầm nhìn cũng đúng đối với những ngôi sao đang co lại có tỉ trọng lớn hơn giá trị tới hạn đối với sao neutron. Nhưng đây chưa phải là cái bắt đầu để mô tả bản chất kì lạ của các lỗ đen. Xét cho cùng, chúng ta muốn biết cái gì, nếu có, có thể làm dừng sự co sập hấp dẫn mất kiểm soát của một vật thể như thế, cho dù chúng ta không còn “thấy” cái gì đang diễn ra nữa.

Manh mối là thực tế thì Michell và Laplace đang sử dụng phiên bản lực hấp dẫn của Newton chứ không phải của Einstein. Trong Chương 2, dường như sự khác biệt chính giữa lực hấp dẫn Newton và lực hấp dẫn Einstein là ở cách thức nó được hiểu. Newton mô tả nó đơn giản là một lực hút giữa hai vật bất kì, còn Einstein nói nó là sự cong của không gian xung quanh một vật do khối lượng của nó gây ra, làm cho những vật khác ở gần lăn vào vết lõm xung quanh nó và vì thế chuyển động đến gần nó. Nhưng có chắc chắn kết quả cuối

cùng là giống nhau cho dù chúng ta chọn cách nào để hiểu nó? Hóa ra không hẳn như vậy. Một khi lực hấp dẫn trở nên rất mạnh (ví dụ trong vùng phụ cận của một ngôi sao khối lượng lớn đang co lại), phiên bản lực hấp dẫn Einstein bắt đầu tách biệt khỏi phiên bản Newton. Thật vậy, người ta nói sự hấp dẫn Newton chỉ là một sự gần đúng. Nó hoạt động tốt trong trường hấp dẫn yếu của Trái đất, nhưng để tìm hiểu các lỗ đen chúng ta phải vùi chôn nó hoàn toàn.

Ngay khi Einstein hoàn tất thuyết tương đối tổng quát của ông vào năm 1915, ông đã bắt đầu cố gắng *giải* các phương trình trường của mình. Những phương trình này là hiện thân phức tạp (nhưng đẹp về mặt toán học) của những quan niệm của ông về mối liên hệ giữa vật chất, không gian và thời gian. Nhưng việc có thể viết ra các phương trình chỉ mới là một nửa trận chiến. Sau đó, chúng phải được áp dụng cho những tình huống và kịch bản nhất định không đơn giản là “đưa” số vào công thức, mà đòi hỏi nhiều trang tính toán đại số phức tạp và nhặt nhẻo. Điều này trái ngược hẳn với cơ sở toán học của lực hấp dẫn Newton, cái vốn quá đơn giản nên nó được mang vào giảng dạy trong trường học.

Nghiệm chính xác đầu tiên của các phương trình của thuyết tương đối tổng quát thu được bởi một nhà thiên văn học người Đức tên là Karl Schwarzschild. Ông đã hoàn thành các phép tính của mình khi nằm trên giường bệnh chờ chết vì mắc chứng bệnh nan y về da trong Thế chiến thứ nhất, và chỉ vài tháng sau khi Einstein công bố tác phẩm của mình. Nghiệm Schwarzschild, như ngày nay nó được gọi, mô tả các tính chất của không gian và thời gian gây ra bởi trường hấp dẫn xung quanh bất kì sự tập trung khối lượng có dạng cầu nào. Sau này, người ta mới nhận ra rằng kết quả của Schwarzschild có chứa một mô tả của lỗ đen trong không gian. Thật vậy, mãi đến năm 1967 thì nhà vật lí người Mỹ John Wheeler mới lần đầu tiên đặt ra cụm từ “lỗ đen”, cái tên kể từ đó đã thu hút sức tưởng tượng hết sức phong phú của công chúng.

Vượt quá đường chân trời

Nghiệm Schwarzschild của các phương trình Einstein phát biểu rằng khi một vật khối lượng đủ lớn co lại dưới sức nặng của riêng nó, nó sẽ đạt tới một kích cỡ tới hạn mà vượt quá sẽ không có cái gì làm nó ngừng co lại nữa, cho dù vật bị nén lại bao nhiêu. Đây là kích cỡ mà theo lực hấp dẫn Newton và tính toán của Michell ngôi sao phải có để cho vận tốc thoát bằng tốc độ ánh sáng. Nhưng có một sự khác biệt chính trong thuyết tương đối.

Nếu chúng ta chỉ sử dụng các quy tắc của lực hấp dẫn Newton thì, biết áp suất nội tại của ngôi sao co lại là đủ mạnh, thì chẳng có lí do gì tại sao nó không ngừng co lại ngay tại, hay vừa vượt qua, kích cỡ tới hạn này. Nó chỉ phụ thuộc vào tình trạng tại đó các phân tử,

nguyên tử hay thậm chí các hạt hạ nguyên tử nói đủ là đủ, nên chúng ta sẽ không chịu thêm bất kì sự nén nào nữa.

Lực hấp dẫn theo Newton phát triển theo cái trong toán học gọi là mối liên hệ nghịch đảo bình phương theo khoảng cách. Điều này có nghĩa là nếu một ngôi sao co lại đến một kích cỡ có bán kính bằng một nửa giá trị ban đầu của nó thì lực hấp dẫn trên bề mặt của nó sẽ mạnh gấp bốn lần. Nếu nó co lại bằng một phần ba bán kính ban đầu của nó thì lực hấp dẫn sẽ mạnh gấp chín lần, nếu nó co lại bằng một phần tư thì lực tăng gấp mười sáu lần, và cứ thế. Khi bán kính nhỏ dần thì lực hấp dẫn mạnh dần. Nếu có khả năng cho toàn bộ khối lượng của ngôi sao nén lại vào một điểm kích cỡ zero (lúc này nó có bán kính bằng zero) thì lực hấp dẫn sẽ là vô hạn.

Thuyết tương đối tổng quát trình bày về những cái khác hoàn toàn. Nếu một ngôi sao co đến một kích cỡ tới hạn nào đó, sao cho vận tốc thoát của nó bằng tốc độ ánh sáng, thì *lực hấp dẫn trên bề mặt của nó sẽ là vô hạn!* Ở đây tôi muốn nói lực cần thiết để làm nó ngừng co lại thêm sẽ là vô hạn. Bán kính của kích cỡ tới hạn này được gọi là bán kính Schwarzschild và đánh dấu ranh giới của một lỗ đen. Ngày nay chúng ta thấy rằng sự co lại *phải* tiếp tục vượt quá bán kính này. Nếu bạn nghiêng về toán học², bạn có thể tự hỏi³ làm thế nào lực này là vô hạn ở bán kính Schwarzschild và còn mạnh hơn nữa sau khi ngôi sao co lại thêm. Làm thế nào có cái gì đó còn lớn hơn vô hạn?! Câu trả lời nằm ở phần thảo luận (trong Chương 2) nói về những vật rơi tự do. Hãy nhớ lại rằng khi bạn đang rơi tự do, thí dụ tại cuối đầu dây thả từ trên máy bay (và trước khi bạn chạm đất), gia tốc của bạn triệt tiêu tác dụng của lực hấp dẫn nên bạn chẳng cảm thấy lực hút hấp dẫn nào cả. Tương tự như vậy, khi bề mặt của ngôi sao co lại qua bán kính tới hạn của nó thì bề mặt của nó không chịu lực hút hấp dẫn nào của phần bên trong của ngôi sao. Đây là lí do ngôi sao không thể ngừng co ở bán kính tới hạn đó vì lúc này không thể làm nó ngừng co lại thêm nữa.

Bên trong bán kính Schwarzschild, không có gì – ngay cả ánh sáng – có thể thoát ra ngoài. Hãy tưởng tượng một quả cầu có bán kính bằng bán kính Schwarzschild và bao xung quanh ngôi sao đã co lại. Một mặt cầu tưởng tượng như thế được gọi là chân trời sự kiện và là ranh giới nhân tạo trong không gian đánh dấu điểm không phản hồi. Bên ngoài chân trời đó, lực hấp dẫn mạnh nhưng là hữu hạn và có khả năng cho các vật thoát khỏi sức hút của nó. Nhưng một khi ở bên trong chân trời đó, một vật sẽ cần phải chuyển động nhanh hơn ánh sáng mới thoát ra, và điều này là không được phép. Như vậy, chân trời sự kiện là một khái niệm hơi khó chịu ở chỗ nó cho phép sự thông lưu có một chiều.

²Đừng lo nếu bạn không hiểu nhiều về toán học

³Đừng lo nếu bạn thiên về toán học mà không tự hỏi điều gì!

Chân trời sự kiện là một tên gọi thích hợp vì nó có thể sánh (đại khái) với ý nghĩa chung của từ “chân trời” trên Trái đất. Đây là đường nhân tạo đánh dấu khoảng cách xa nhất mà ta có thể nhìn thấy và là nơi mặt đất tiếp giáp với bầu trời. Chúng ta hiểu ranh giới này là do sự cong của Trái đất và, vì ánh sáng truyền đi ít nhiều theo đường thẳng ở gần mặt đất, nên chúng ta không thể nhìn thấy bên ngoài đường chân trời. Theo kiểu giống như vậy, chân trời của một lỗ đen đánh dấu ranh giới mà vượt qua đó chúng ta không thể nhìn thấy bất kì “sự kiện” nào. Nhưng không giống như đường chân trời trên Trái đất liên tục di chuyển khi chúng ta tiến về phía nó, chân trời sự kiện là cố định và chúng ta có thể đến gần nó như chúng ta muốn, và thậm chí đi vượt qua nó nếu chúng ta có đủ xuẩn ngốc để làm như vậy.

Tất cả các vật thể đều có chân trời sự kiện tiềm tàng của riêng nó với bán kính Schwarzschild của riêng nó. Ngay cả Trái đất cũng có thể làm thành một lỗ đen, nhưng vì nó không có đủ khối lượng để tự co lại nên nó sẽ phải bị nén từ bên ngoài. Đừng hỏi tôi làm sao mà nén, tôi chỉ nói rằng nếu nó *có thể* bị nén đủ chặt thì cuối cùng nó sẽ vượt qua chân trời sự kiện của riêng nó, lúc đó sự co lại của nó sẽ tự duy trì. Bán kính Schwarzschild của Trái đất nhỏ hơn nửa centi mét, tức là bất kì lỗ đen nào có chứa vật chất bằng hành tinh của chúng ta sẽ có kích cỡ chừng bằng hạt đậu.

Một khi một ngôi sao co lại đã bị nén qua chân trời sự kiện của nó, thì không có gì có thể ngăn cản nó tiếp tục co lại thêm cho tới khi toàn bộ khối lượng của nó bị ép xuống còn một điểm. Điểm này gọi là *điểm kì dị* và thật sự là một thực thể rất kì lạ. Nó lạ đến mức trên thực tế các định luật vật lý hoạt động – trong chừng mực mà chúng ta biết – hoàn hảo ở mọi nơi, mô tả hành trạng của những hạ nguyên tử nhỏ bé nhất đến tính chất của Vũ trụ tổng thể, cũng bị phá vỡ tại điểm kì dị của một lỗ đen. Vì thế, đối với Vũ trụ bên ngoài thì chân trời sự kiện đã che chắn chúng ta thoát khỏi sự quái dị như thế.

Không có chân trời sự kiện, ai biết được điểm kì dị sửa lại các định luật vật lý bên ngoài lỗ đen như thế nào. Thật vậy, chân trời sự kiện quá quan trọng nên các nhà vật lý đã phát minh ra định luật kiểm duyệt vũ trụ nghe có vẻ to tát mà họ hi vọng sẽ áp dụng được ở mọi nơi trong tự nhiên. Chúng tác dụng giống như Mary Whitehouse⁴ của vũ trụ học bảo vệ Vũ trụ chống lại sự hỗn độn, sự mất khả năng dự đoán và các vô hạn của điểm kì dị. Vậy định luật này phát biểu ra sao? Đơn giản thôi: “Mi sẽ không có những điểm kì dị trần”. Bạn nên nhớ rằng phát biểu hài hước này thật ra chỉ là một giả thuyết và hóa ra khá tốt, ít nhất là trong những kịch bản nhất định, chứ không luôn luôn như vậy. Chẳng hạn, nó khẳng định rằng những lỗ đen nhỏ xíu, nhỏ hơn các nguyên tử, có lẽ đã được tạo ra ngay sau Big Bang

⁴Mary Whitehouse là thư kí danh dự của Hội Nghe Nhìn Quốc gia ở Anh và đã lên chiến dịch trong nhiều năm nhằm “quét sạch” các phương tiện này và những phương tiện khác bằng cách hồi phục lại một quan điểm tình dục “cân bằng” hơn trong các chương trình xem trong nhà.

và từ từ bay hơi qua một quá trình gọi là bức xạ Hawking (cái chúng ta sẽ gặp ở phần cuối chương). Một số phép tính cho thấy cái có thể còn lại ở cuối quá trình bay hơi này là những điểm kì dị trần. Tuy nhiên, kết quả này vẫn còn mơ hồ.

Theo các phương trình của thuyết tương đối tổng quát, điểm kì dị là nơi vật chất có mật độ vô hạn, không gian cong vô hạn và thời gian đi đến kết thúc. Có một sự hiểu sai thường gặp là thời gian đi tới kết thúc tại chân trời sự kiện. Đây là vì cái những người quan sát ở xa nhìn thấy khi họ đang nhìn cái gì đó rơi vào trong lỗ đen. Tôi sẽ nói tới vấn đề này ở phần sau; còn ở đây tôi muốn trở lại với điểm kì dị đánh dấu sự kết thúc của thời gian.

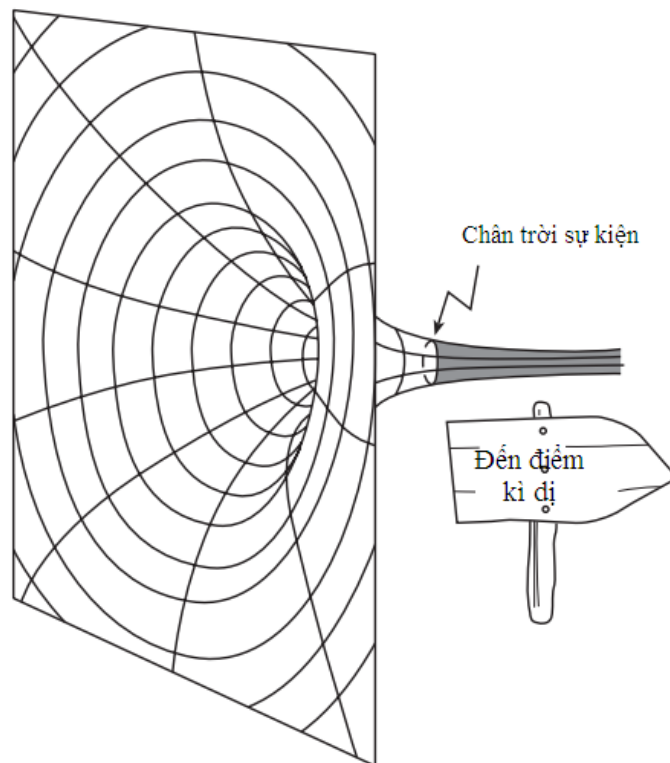
Rung chuông khoa trương ư? Việc phải làm thôi. Đây chính là cách tôi đã mô tả bản thân Big Bang. Chỉ có điều Big Bang đánh dấu sự ra đời chứ không phải sự kết thúc của thời gian. Ngoại trừ hai trường hợp giống đáng kể với Big Bang là mẹ đẻ của mọi điểm kì dị; một điểm kì dị trần hiện ra.

Trở lại với lỗ đen và cái bên trong chúng mà khi xác định bởi chân trời sự kiện là không gian hoàn toàn trống rỗng, trừ điểm kì dị tại tâm của nó (và trừ bất kì phần vật chất nào đã bị lỗ đen bắt giữ và rơi vào). Lí do khiến điểm kì dị có mật độ vô hạn có thể được xem xét là nếu chúng ta xét cách chúng ta tính mật độ của một vật. Đó là tỉ số của khối lượng của nó và kích cỡ của nó. Như vậy, nếu một vật có khối lượng bất kì có kích cỡ zero thì để thu được mật độ của nó ta phải chia một số khác không cho số không. Và, hãy tin tôi, đây là cái không ai muốn làm trong toán học. Bạn hãy tự mình thử đi. Chia một số bất kì cho số không trên máy tính bỏ túi. Máy tính của tôi cho tôi kí hiệu “-E-” kí hiệu cho “error” (sai) vì một cái máy tính nhỏ không thể xử lí phép tính vô hạn. Ngay cả máy tính trạm công suất mạnh của tôi mà tôi dùng trong nghiên cứu tại trường đại học cũng không xài được. Nếu nó gặp một phép chia cho số không thì chương trình đang chạy bị hỏng. Ít nhất thì nó cung cấp cho tôi một câu thông báo tình trạng trục trặc dưới dạng mã hóa. Tuy nhiên, hóa ra điểm kì dị không hẳn đáng sợ như thế này. Khi chúng ta áp dụng các quy tắc của cơ học lượng tử, như chúng ta phải làm ở thang bậc này, chúng ta phát hiện thấy điểm kì dị có kích cỡ cực kì nhỏ (nhỏ hơn nhiều so với một nguyên tử) nhưng *khác không*. Nhiều chi tiết vật lí chưa được làm sáng tỏ, vì việc áp dụng các quy tắc của cơ học lượng tử đồng thời với các quy tắc của thuyết tương đối tổng quát là cái chưa có ai biết làm thế nào cho thích hợp.

Vì thế, một cái lỗ đen là rất đơn giản về cấu trúc của nó. Nó có một cái tâm (điểm kì dị) và một mặt (chân trời sự kiện). Tất cả những cái khác là sự hấp dẫn. Tất nhiên, cái làm cho lỗ đen thú vị như thế là cách thức lực hấp dẫn cực lớn của chúng ảnh hưởng đến không gian (và thời gian⁵) xung quanh.

Một cái lỗ không bao giờ lấp đầy

Cho đến đây, tôi đã mô tả sự hình thành của một lỗ đen theo sự co sập hấp dẫn. Nhưng chúng ta đã biết quan điểm của Einstein về sự hấp dẫn là theo sự cong của không gian. Một lỗ đen còn có thể mô tả theo kiểu này. Hãy nghĩ tới thí dụ tôi đã dùng ở Chương 2: đặt một vật nặng ở chính giữa một tấm cao su làm cho nó lõm xuống dưới sức nặng của vật đó. Sự lõm xuống này của tấm cao su là tương đương với sự cong của không gian dưới tác dụng của một vật khối lượng lớn. Nếu vật càng nặng thì cái lõm đó càng sâu. Một lỗ đen tương ứng với trường hợp khi một vật rất nặng, nhưng có kích cỡ chất điểm, làm cho tấm cao su (không gian) cong đi và căng xuống thành một cái lõm hình nón sâu vô hạn (hình 4.1). Chân trời sự kiện ở đây tương ứng với vòng tròn ở đâu đó bên trong cái vành của cái lỗ không đáy này mà vượt qua đó sẽ không gì có thể thoát ra nữa.



Hình 4.1 Một cái lỗ trong không gian 2D

⁵Những người say mê thuyết tương đối và lỗ đen có lẽ đang hỏi tại sao tôi lại tránh nói tới thời gian và cách thức nó bị ảnh hưởng bởi trường hấp dẫn như theo Einstein. Tôi biết rằng cách truyền thống người ta giảng dạy vật lý lỗ đen là trong một mô tả thống nhất của sự cong của không gian và thời gian. Thật vậy, sẽ rất khó cho tôi mô tả cái gì xảy ra nếu như chúng ta rơi vào trong lỗ đen mà không nói tới sự cảm nhận thời gian của chúng ta đã thay đổi như thế nào. Tuy nhiên, toàn bộ khái niệm thời gian đã bị công trình của Einstein là cách mạng hóa tới mức nó xứng đáng được giới thiệu kĩ lưỡng hơn và trang trọng hơn với những người không chuyên vật lý. Do đó, trong chừng mực có thể, tôi sẽ hoãn phần trình bày về bản chất của thời gian, cái bên trong và bên ngoài lỗ đen, cho đến phần cuối tập sách này.

Có hai quan sát thú vị chúng ta có thể thực hiện dựa trên bức tranh đơn giản này. Thứ nhất, một cái lỗ đen không bao giờ có thể nhét đầy hoặc lấp đầy vật chất. Vật chất bị nuốt vào trong lỗ đen càng nhiều thì nó càng to. Nó sẽ càng háu ăn và mau lớn.

Thứ hai, kích cỡ của một cái lỗ đen, đo theo thể tích bên trong chân trời sự kiện của nó, thật ra chỉ là một số đo nhìn từ phía một người quan sát bên ngoài. Lấy ví dụ, một lỗ đen hình thành bởi sự co lại của một ngôi sao gấp 10 lần khối lượng Mặt trời sẽ có bán kính Schwarzschild là 30 km, tức là lỗ đen đó cỡ bằng một thành phố lớn. Tất nhiên, một người quan sát bên ngoài không thể nhìn thấy vượt quá chân trời sự kiện và do đó có thể chẳng có ý niệm gì về cái bên trong trông ra làm sao. Nhưng nếu không gian bên trong chân trời sự kiện tạo ra một cái lỗ sâu vô hạn thì khoảng cách từ chân trời sự kiện đến điểm kì dị thật ra cũng phải là vô hạn. Trên thực tế, và như tôi sẽ mô tả ở phần sau, nếu bạn rơi vào trong một cái lỗ đen thì bạn chỉ mất một khoảng thời gian rất ngắn để đi tới điểm kì dị vì không gian và thời gian lộn xộn bên trong lỗ đen và người ta không thể sử dụng những quy tắc đơn giản như tốc độ bằng quãng đường chia cho thời gian.

Nhìn từ bên ngoài, mọi lỗ đen có cùng khối lượng thì trông giống hệt nhau; chúng ta không thể biết bất cứ điều gì về vật thể tạo ra lỗ đen đó lúc ban đầu, thậm chí chẳng biết thành phần hóa học ban đầu của nó là gì. Mọi thông tin đã bị mất khỏi Vũ trụ của chúng ta mãi mãi. William J Kaufmann đã làm sáng tỏ điểm này trong quyển sách tuyệt vời của ông, *Vũ trụ*. Ông xét hai lỗ đen giả thuyết – một sinh ra bởi sự co sập hấp dẫn của khối lượng sắt gấp 10 lần mặt trời và một sinh ra từ khối lượng bơ lạc gấp 10 lần mặt trời. Một khi chúng đã co lại quá chân trời sự kiện của chúng, chúng trở nên giống hệt nhau và chúng ta không thể nói lỗ đen nào được hình thành từ chất liệu nào.

Một quan niệm sai thường gặp về lỗ đen là cuối cùng chúng sẽ nuốt sạch mọi thứ trong Vũ trụ. Điều này không đúng. Lực hấp dẫn được cho hành xử theo kiểu tương đối tính trong một vùng trong đó các tiên đoán của lý thuyết Einstein khác biệt hẳn với các tiên đoán của lực hấp dẫn Newton. Thí dụ, một lỗ đen có bán kính Schwarzschild 30 km sẽ chỉ làm cho trường hấp dẫn xung quanh nó hành xử tương đối tính ra xa đến khoảng cách 1000 km. Ở bên ngoài ngưỡng này, lỗ đen tuân thủ các định luật hơi nhàm chán của lực hấp dẫn Newton và hành xử giống như những ngôi sao bình thường có khối lượng bằng như vậy thông qua ảnh hưởng của nó đối với những vật thể ở xa.

Những lỗ đen quay tròn

Cho đến đây, tôi đã tự hạn chế chỉ rình bày loại lỗ đen đơn giản nhất: lỗ đen được mô tả bởi nghiệm Schwarzschild của các phương trình trường Einstein. Đây thật ra chỉ là một

kịch bản lí tưởng hóa. Một lỗ đen thật sự cũng sẽ quay tròn nữa. Chúng ta biết rằng các ngôi sao quay xung quanh trục của chúng giống như Trái đất vậy. Do đó, khi chúng co lại, chúng sẽ còn quay nhanh hơn nữa. Chúng ta hãy xác định sơ nét tại sao lại như vậy.

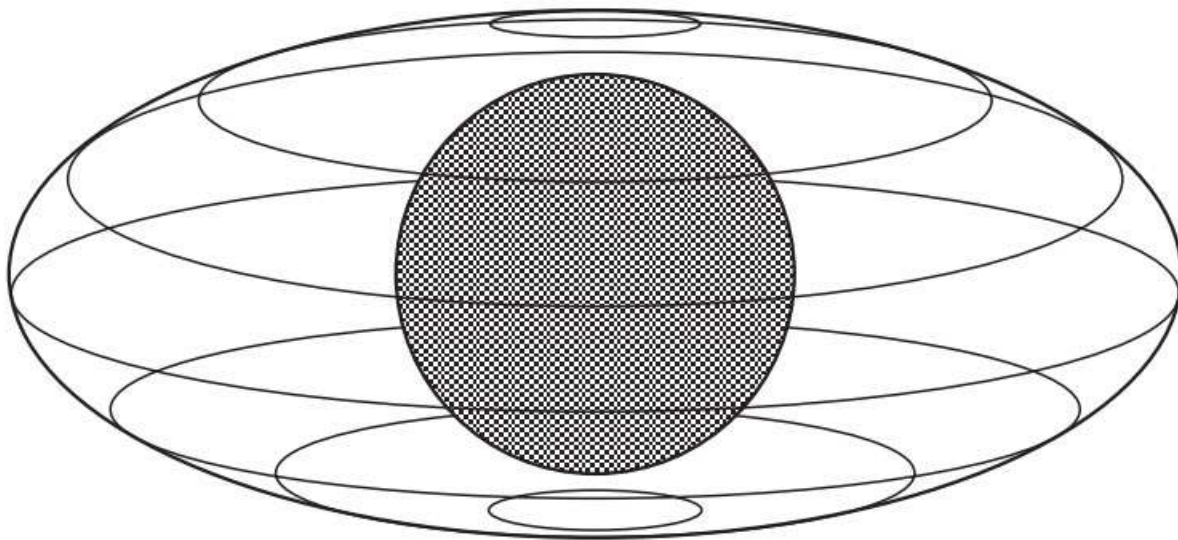
Một đại lượng quan trọng trong vật lí học gọi là xung lượng góc mà mọi vật đang quay đều có. Lí do nó quan trọng là vì một trong những đại lượng đó, giống như năng lượng, được nói là *bảo toàn*, nghĩa là nó vẫn giữ nguyên không đổi, biết rằng vật quay không chịu tác dụng của ngoại lực. Xung lượng góc phụ thuộc vào khối lượng của vật, tốc độ quay và hình dạng của nó. Hãy nghĩ tới một người trượt băng đang quay mình với hai cánh tay xòe rộng. Khi cô ta thu hai tay về gần cơ thể và gấp hai tay lại trước ngực, cô ta sẽ quay tròn nhanh hơn. Nguyên nhân là vì xung lượng góc của cô ta phải giữ nguyên không đổi – bỏ qua ma sát giữa giày trượt và băng – và bằng cách thu tay vào, cô ta đã làm thay đổi hình dạng của mình theo hướng làm giảm xung lượng góc nếu như đây là toàn bộ cái xảy ra. Tuy nhiên, cô ta cũng sẽ quay tròn nhanh hơn để bù lại cho việc làm này và giữ xung lượng góc của cô ta như cũ. Sự tăng tốc độ quay như thế này không phải là do cô ta thật sự cố ý; nó xảy ra tự động. Các định luật vật lí thật khôn khéo phải không nào? Một ngôi sao quay tròn đang co lại hành xử theo kiểu tương tự: kích cỡ giảm đi của nó phải được bù lại bởi chuyển động quay nhanh hơn để duy trì xung lượng góc của nó. Đây là nguyên nhân vì sao các pulsar (các sao neutron đang quay tròn chúng ta đã gặp ở Chương 2) lại quay nhanh như thế.

Theo phiên bản lực hấp dẫn của Newton, chúng ta không thể nói được sự khác biệt giữa những hiệu ứng hấp dẫn của một vật thể hình cầu đang quay tròn và một vật thể không quay tròn (miễn là nó không lắc lư xung quanh trục của nó). Ở đây một lần nữa, thuyết tương đối tổng quát thì khác. Một lỗ đen đang quay tròn đúng là kéo theo không gian xung quanh nó, tạo ra một xoáy hấp dẫn, na ná giống như kiểu nước xoay tròn xung quanh một lỗ tháo nước. Trong một vùng không gian như thế, một vật thể quỹ đạo sẽ phải gia tốc theo hướng ngược với chuyển động quay của lỗ đen chỉ để đứng lại! Kết quả kì lạ này mang lại cho chúng ta một phương tiện đo tốc độ mà một lỗ đen đang quay tròn, cùng với khối lượng của nó (từ đó ta có thể suy ra kích cỡ của nó), đó là đại lượng khác duy nhất mà ta có thể mô tả tất cả những gì ta có thể nói về một lỗ đen⁶. Để đo chuyển động quay của một lỗ đen, ta cần đưa hai vệ tinh vào quỹ đạo theo chiều ngược nhau xung quanh nó. Vì vệ tinh quay theo chiều ngược với chiều quay của lỗ đen phải chuyển động “chống lại thủy triều” của không gian đang chuyển động, nên nó sẽ mất thời gian lâu hơn để hoàn thành một vòng quỹ đạo vì nó đi qua không gian dài hơn. Sự chênh lệch chu kì quỹ đạo giữa hai vệ tinh cho chúng ta

⁶Chúng ta có thể đo điện tích của một lỗ đen nhưng điện tích này sẽ rất nhỏ và chỉ hấp dẫn trên lí thuyết thôi. Trên thực tế, một lỗ đen tích điện cuối cùng sẽ luôn luôn bị trung hòa bởi việc nuốt vào những hạt có điện tích trái dấu với nó.

biết tốc độ quay của lỗ đen.

Vùng không gian bị kéo theo xung quanh một lỗ đen đang quay tròn được gọi là ergosphere. Có nghĩa là một lỗ đen đang quay tròn sẽ có hai chân trời: một mặt cầu, bên trong là chân trời sự kiện ban đầu và từ đó không gì có thể thoát ra, và một mặt bên ngoài, phình ra tại xích đạo đánh dấu bề mặt của ergosphere (hình 4.2). Bên trong ergosphere, sự kéo theo mạnh đến mức không gì có thể đứng lại. Tuy nhiên, một vật thể rơi vào trong ergosphere vẫn có thể thoát ra trở lại, miễn là nó không cư trú bên trong chân trời sự kiện.



Hình 4.2 Ergosphere bao xung quanh chân trời sự kiện của một lỗ đen đang quay tròn

Rơi vào trong lỗ đen

Một trong những điều thú vị nhất về lỗ đen là cái xảy ra với những vật/những nhà du hành xui xẻo rơi vào trong chúng, và một người đang đứng nhìn từ một khoảng cách an toàn thấy hiện tượng xảy ra như thế nào. Trước tiên, chúng ta hãy xét cái sẽ trông ra sao nếu bạn đủ vận xui đến mức rơi vào trong lỗ đen.

Một khía cạnh của sự hấp dẫn cho đến đây chưa được nói tới là lực thủy triều. Chúng ta biết rằng lực hút hấp dẫn của một vật trở nên yếu hơn khi chúng ta tiến ra xa nó. Chắc chắn bạn từng nghĩ rằng, khi bạn đứng trên mặt đất, chân của bạn sẽ cảm nhận lực hút của Trái đất mạnh hơn đầu của bạn, vì cái đầu ở xa mặt đất hơn. Điều này thật ra là đúng, nhưng sự chênh lệch trong trường hấp dẫn của Trái đất là quá nhỏ trên một khoảng cách nhỏ như thế nên sẽ không bao giờ cảm nhận được. Mặt khác, chúng ta có thể nhìn thấy rõ ràng hiệu

ứng thủy triều của lực hấp dẫn của Mặt trăng tác dụng lên Trái đất. Đây là vì phía Trái đất đối diện với Mặt trăng chịu lực hút hấp dẫn mạnh hơn phía bên kia nên, khi Trái đất quay, gây ra sự dâng lên hàng ngày của nước biển từ đó mà có tên gọi thủy triều.

Khi xét đến lỗ đen, lực hấp dẫn thay đổi kịch tính hơn nhiều và bạn có thể cảm thấy hiệu ứng thủy triều ngay dọc cơ thể của mình. Hiệu ứng này trở nên mạnh không thể chịu nổi và cuối cùng sẽ xé toạc bạn thành những sợi dài trước khi cuối cùng bạn bị ép bẹp dí tại điểm kì dị.

Một lỗ đen nhỏ, vào cỡ vài lần khối lượng mặt trời, có lực thủy triều mạnh đến mức bất cứ nhà du hành nào mon men đến quá gần sẽ bị giết ngay trước khi anh ta hay cô ta băng qua chân trời sự kiện! Một kết cục không hay chút nào phải không? Bạn nghĩ ít nhất bạn có thể có cơ hội đến gần chân trời sự kiện mà không gặp trở ngại gì lớn lắm. May thay, chúng ta có lí do hợp lí để tin rằng có tồn tại những lỗ đen với khối lượng gấp hàng triệu lần khối lượng Mặt trời. Những lỗ đen siêu khối như thế có lực thủy triều lớn hơn rất rất nhiều và người ta có thể dễ dàng băng qua chân trời của sự kiện của một lỗ đen như thế mà không cảm thấy sự bất tiện nào. Khi bạn tiếp tục rơi tự do về phía điểm kì dị, lực thủy triều sẽ có độ lớn tăng dần dần. Như vậy, mặc dù cuối cùng bạn vẫn bị xé toạc ra rồi nén lại thành một điểm có mật độ vô hạn, nhưng ít ra thì lúc này bạn có thể nhìn ngắm một chút trên đường rơi xuống.

Trong tập sách này, bạn có thể nhận thấy⁷ tôi đang cố gắng trì hoãn trình bày về tác dụng kì lạ của lực hấp dẫn lên thời gian cho đến phần tiếp theo. Tuy nhiên, tôi không thể khiến các lỗ đen bất bình nếu không nói một chút về vấn đề này ở đây. Bên trong một lỗ đen, không gian và thời gian bị cuộn lại đến mức khoảng cách từ chân trời sự kiện đến điểm kì dị không phải là một khoảng cách trong không gian theo ý nghĩa bình thường nữa (theo nghĩa nó có thể được đo theo km hoặc một số đơn vị chiều dài thích hợp khác). Thay vậy, nó trở thành một chiều thời gian. Về cơ bản, khoảng cách xuyên tâm đến tâm của lỗ đen bị thay bởi trục thời gian! Đợi một chút, bạn nghĩ, chúng ta đang nói tới cỡ của những lỗ đen theo bán kính Schwarzschild được xác định rõ ràng nhất theo các đơn vị chiều dài. Sự khác biệt là ở chỗ bán kính Schwarzschild là bán kính *nhìn từ bên ngoài lỗ đen*. Hãy tưởng tượng đang quan sát một lỗ đen trên một tấm màn sáng làm nổi bật rõ chân trời sự kiện của nó, ví dụ một tinh vân khí phát sáng. Khoảng cách xuyên qua cái đĩa đen này là đường kính của nó, hay hai lần bán kính Schwarzschild của nó. Một khi ở bên trong lỗ đen, mọi thứ rất khác đi.

⁷Từ những dòng chú thích đều đặn kiểu như dòng này.

Sự hoán đổi này của không gian và thời gian giải thích tại sao bất cứ vật nào hề rơi vào trong lỗ đen là không có chọn lựa nào khác ngoài việc rơi vào trong về phía điểm kì dị. Các nhà vật lí ví von hành trạng này với cách không thể tránh được mà chúng ta chuyển động trong thời gian về phía tương lai. Ngoài ra, vì bạn không thể tiến xa hơn một khi bạn đã tới điểm kì dị, nên điểm này phải đánh dấu sự kết thúc của chính thời gian! Đây là chỗ các điểm kì dị lỗ đen khác với Vụ Nổ Lớn là điểm kì dị đánh dấu *sự bắt đầu* của thời gian. Chúng giống với điểm kì dị Vụ Co Lớn hơn (điểm đánh dấu sự kết thúc của không gian và thời gian nếu có đủ vật chất trong Vũ trụ để làm cho nó tự co lại).

Thời gian cần thiết để đi từ chân trời sự kiện đến điểm kì dị, khi đo bởi cái gì đó đang rơi vào, tỉ lệ với khối lượng của lỗ đen. Như vậy, với một lỗ đen gấp mười lần khối lượng Mặt trời, sẽ mất khoảng một phần mười nghìn của một giây để đi tới điểm kì dị, trong khi đối với một lỗ đen siêu khối có thể mất đến vài phút.

Một câu hỏi thường được nêu ra là một nhà du hành đang rơi qua chân trời sự kiện của một lỗ đen có để ý thấy sự khác biệt nào hay không (giả sử lỗ đen đó đủ lớn để nhà du hành sống sót trước lực thủy triều). Câu trả lời là không. Cách duy nhất bạn có thể biết được mình đã đi qua chân trời sự kiện (hãy lưu ý làm thế nào mà nhà du hành giờ đã thành bạn rồi? đừng giận hờn nhé, tôi chẳng biết bạn là ai và tôi cũng không muốn một kết cục như thế xảy ra với bất kì ai) sẽ là bạn cố gắng làm dừng chuyển động rơi và trèo trở ra bằng cách bật động cơ tên lửa đẩy bạn ra khỏi tâm của lỗ đen. Theo nhà thiên văn vật lí người Nga và là một chuyên gia hàng đầu về lỗ đen, Igor Novikov, một trong những khía cạnh kì lạ khác nữa của vật lí học lỗ đen và một hệ quả của cách thời gian bị cuộn lại là rằng khi cố làm như vậy (đốt động cơ tên lửa để thoát ra khỏi lỗ đen) bạn sẽ đi tới điểm kì dị còn nhanh hơn so với khi bạn tắt các động cơ đi!

Điều này chắc chắn là rất phản trực giác nhưng ông giải thích nó như sau. Hãy nhớ rằng không có động cơ tên lửa đang cháy thì bạn đang rơi tự do và không chịu bất kì lực hấp dẫn nào (tất nhiên là ngoài lực thủy triều ra). Bằng cách hướng tên lửa của bạn ra xa điểm kì dị và đốt động cơ, bạn sẽ cảm nhận một lực gia tốc hướng lên và, do nguyên lí tương đương, gia tốc này giống như sự cảm giác tác dụng của một trường hấp dẫn. Tuy nhiên, do cách không gian và thời gian hòa quyện bên trong lỗ đen, nên bạn tiếp tục rơi với *tốc độ không đổi* như trước đó. Lúc này đúng là thời gian của bạn sẽ chậm đi. Đây gọi là sự giãn nở thời gian do hấp dẫn và tôi sẽ trình bày nó trong Chương 6. Có nghĩa là một vật rơi từ chân trời sự kiện đến điểm kì dị sẽ khiến bạn, nói ví dụ thôi, cảm thấy mười giây giờ như có năm giây thôi. Lạ thay!

Trong khi viết chương này, tôi đã nói với vợ tôi, Julie, rằng tôi đã viết tới chỗ tôi mô tả bên trong lỗ đen trông như thế nào. “Rất tối, em nghĩ vậy” là câu đáp ngây ngô và sâu sắc

của vợ tôi. Thật ra, nó không hoàn toàn tối đen vì ánh sáng từ Vũ trụ bên ngoài vẫn rơi vào. Sự khác biệt là ở chỗ ánh sáng trở nên bị bẻ cong và tập trung vào một mảng sáng nhỏ. Nó na ná như là nhìn ngọn đèn đang lùi xa từ lối vào một đường hầm tối khi bạn liêu lĩnh bước sâu vào trong cái lỗ đó.

Giờ chúng ta hãy xét một nhà quan sát ở xa nhìn thấy cái gì khi một vật rơi vào trong một lỗ đen, để cho đơn giản, ta giả sử nó không quay tròn. Giờ hãy tưởng tượng bạn đang ở trong phi thuyền vũ trụ của mình, neo ở một khoảng cách an toàn bên ngoài chân trời sự kiện. Bạn chứng kiến một người đồng nghiệp đang rơi về phía chân trời sự kiện. Thay vì nhìn thấy anh ta rơi mỗi lúc một nhanh cho đến khi anh ta bất ngờ biến mất qua chân trời đó, tốc độ rơi của anh ta dường như mỗi lúc một chậm đi khi anh ta tiến tới đường chân trời đó, cho đến cuối cùng thì anh ta dừng lại, đóng băng, ngay bên ngoài nó. Sự chậm đi biểu kiến này của vật rơi là do cách lực hấp dẫn ảnh hưởng đến tốc độ trôi của thời gian. Thật vậy, thời gian đúng là *chậm đi* trong trường hấp dẫn và sự chậm đi này dễ thấy nhất trong trường hấp dẫn mạnh bên ngoài một lỗ đen.

Nếu nhà du hành đã tính rằng anh ta sẽ đi qua chân trời sự kiện lúc mười hai giờ chính xác theo cả hai đồng hồ đã đồng bộ hóa trước đây của bạn, thì bạn có thể, qua một chiếc kính thiên văn mạnh, quan sát thời gian biểu hiện trên đồng hồ của anh ta khi anh ta rơi. Bạn sẽ thấy kim trên đồng hồ của anh ta chạy chậm đi khi anh ta tiến về phía chân trời sự kiện cho đến khi cuối cùng chúng dừng lại đúng lúc mười hai giờ. Thật vậy, tại chân trời sự kiện, thời gian dừng lại. Thỉnh thoảng, người ta đề xuất (sai lầm) rằng bạn sẽ nhìn thấy anh ta đóng băng ở bên ngoài chân trời đó mãi mãi. Thật ra, hình ảnh của anh ta sẽ mờ đi rất nhanh và anh ta sẽ biến mất. Đây không phải là bạn đã “nhìn thấy” anh ta rơi qua chân trời sự kiện, mà vì ánh sáng từ anh ta đi tới bạn đã bị lệch đổ sang những bước sóng dài đến mức nó nhanh chóng vượt ra khỏi phổ nhìn thấy. Sự lệch đổ này không giống lắm với những thiên hà ở xa đang lùi ra xa có ánh sáng bị dịch chuyển Doppler. Giờ thì có thêm một ảnh hưởng nữa do sự chậm đi của thời gian ở gần chân trời sự kiện làm cho ánh sáng xuất hiện trước bạn có tần số thấp hơn và, do đó, bước sóng, bị lệch đổ, dài hơn. Tuy nhiên, nhà du hành đang rơi vào kia lại có khái niệm rất khác về tốc độ thời gian trôi và tính được anh ta rơi vào lỗ đen mỗi lúc một nhanh.

Để nhìn thấy lỗ đen

Có lẽ bạn đang nghĩ toàn bộ câu chuyện thời gian trôi chậm đi này, sự chuyển động ở tốc độ ánh sáng, sự kéo giãn như mì ống rồi nén lại đến kích cỡ zero và mật độ vô hạn thuần túy là chất liệu của truyện khoa học viễn tưởng. Xét cho cùng, chưa có ai từng mặt đối mặt

với một lỗ đen thực tế và toàn bộ những kết luận này có được từ sự nghiên cứu những tính chất của chúng trên lý thuyết.

Cho đến thập niên 1960, đa số các nhà thiên văn cảm thấy khó mà tin, bắt chấp những tiên đoán lý thuyết, rằng thật sự có những lỗ đen ở ngoài kia. Nhưng với những tiến bộ trong lĩnh vực thiên văn học vô tuyến và tia X và một số khám phá hấp dẫn trong thập niên 1960 như bức xạ nền vũ trụ (khám phá xác nhận lý thuyết Big Bang), quasar và pulsar, bất ngờ những lỗ đen không còn kì quặc nữa. Cùng với khám phá này, nhiều thành tựu lý thuyết quan trọng về vật lý học lỗ đen diễn ra trong thập niên 1960, 1970 và vào thập niên 1980 tôi đoán rằng các nhà thiên văn tin chắc 90% rằng các lỗ đen có tồn tại.

Có lẽ bạn nghĩ mức độ tin cậy 90% là chưa đủ, nhưng nhờ những fan hâm mộ lỗ đen như tôi mà thập niên 1990 đã chứng kiến một sự tích góp bằng chứng thêm nữa và chúng ta không còn gì nghi ngờ nữa cả. Tôi sẽ đưa mức độ tin cậy hiện nay lên 99%. Vậy bằng chứng này khi đó là gì? Xét cho cùng, nếu theo định nghĩa một lỗ đen là đen thui, thì làm thế nào nó được nhận ra trong bóng đen của không gian? Cho dù có một tinh vân phát quang chống lưng cho nó, nhưng bạn đừng quên rằng các lỗ đen quá nhỏ về kích cỡ thiên văn nên chúng sẽ quá nhỏ bé để có thể nhìn thấy ngay cả bằng những chiếc kính thiên văn mạnh nhất.

Bí mật cho khả năng phát hiện ra chúng (thật bất ngờ, nó đã được John Mitchell nêu ra hồi hai trăm năm trước) nằm ở cách chúng ảnh hưởng đến vật chất nhìn thấy ở gần đó. Hãy nhớ lại rằng những hệ sao đôi quay xung quanh nhau hay, chính xác hơn, xung quanh khối tâm hấp dẫn chung của chúng (một điểm tưởng tượng trong không gian là điểm chính giữa của khối lượng của chúng). Nếu chúng có cùng khối lượng thì chúng sẽ có cùng bán kính quỹ đạo và vì tâm hấp dẫn của chúng sẽ chia đôi đường nối liền chúng, nhưng nếu một ngôi sao nặng hơn ngôi sao kia nhiều lần thì nó chỉ hơi chao đảo một chút trong khi ngôi sao nhẹ hơn tiến hành phần lớn việc “chạy” xung quanh nó. Đây là vì tâm hấp dẫn lúc này nằm gần ngôi sao lớn hơn.

Nếu một trong hai ngôi sao đủ lớn để co lại thành một lỗ đen thì, cho dù bây giờ nó là không thể nhìn thấy, tác dụng hấp dẫn của nó lên ngôi sao đồng hành sẽ vẫn như cũ. Lưu ý rằng chúng sẽ ở không quá gần nhau để cho ngôi sao kia bị nuốt bởi lỗ đen vì hai ngôi sao đã bị hút về phía nhau từ lâu trước đó nếu chúng ở gần như thế (nhưng chúng vẫn có thể ở đủ gần cho lỗ đen nuốt một phần chất khí từ bề mặt của ngôi sao đồng hành).

Trên lý thuyết, chúng ta sẽ có thể quan sát “sự lắc lư” trong chuyển động của ngôi sao nhìn thấy còn lại và từ đó suy luận ra bao nhiêu khối lượng là cần thiết để làm cho một vật thể to như một ngôi sao chuyển động như thế này. Xét cho cùng, những ngôi sao đơn lẻ

không lắc lư mà chẳng có lí do gì và chuyển động như thế phải là kết quả của một sự tập trung khối lượng hết sức lớn ở gần đó. Trong thời gian gần đây, người ta còn phát hiện ra sự lắc lư nhỏ xíu trong vị trí của một ngôi sao có thể do những hành tinh quay xung quanh nó không thể nhìn thấy trực tiếp gây ra. Tuy nhiên, từ khối lượng của ngôi sao và lượng lắc lư, ta có thể suy luận ra người bạn đồng hành không nhìn thấy kia có khối lượng bao nhiêu. Nếu nó, thí dụ, gấp mười lần khối lượng mặt trời (nói thế cho an toàn) thì nó phải là một lỗ đen.

Không như bạn nghĩ, cách phát hiện sự lắc lư không phải là đo chuyển động qua lại (chuyển động tới lui của ngôi sao theo hướng vuông góc với đường nhìn của chúng ta) mà từ sự thay đổi bước sóng ánh sáng rời khỏi ngôi sao khi quỹ đạo của nó đưa nó đến gần chúng ta và khi nó tiến ra xa chúng ta. Một lần nữa, đây chỉ là một hiệu ứng Doppler. Bước sóng của ánh sáng bị nén lại (về phía đầu xanh của quang phổ) khi nó chuyển động về phía chúng ta và bị kéo giãn (về đầu đỏ bước sóng dài hơn) khi nó chuyển động ra xa. Dù cho hệ sao đôi xem như một tổng thể đang chuyển động về phía nào là không quan trọng vì đó là *sự biến thiên* bước sóng quan sát thấy mà chúng ta cần đến. Từ tốc độ mà sự biến thiên bước sóng này xảy ra, cộng với một số thông tin khác nữa, ta có thể suy luận ra chu kì quỹ đạo và, do đó, khối lượng của người bạn đồng hành không nhìn thấy kia.

Điều này trên lí thuyết nghe rất thông minh, nhưng trên thực tế hóa ra nó không đơn giản như thế. Có những lí do khác nữa lí giải tại sao chúng ta chỉ nhìn thấy một trong hai ngôi sao trong một hệ sao đôi. Lời giải thích đơn giản nhất là nếu như ngôi sao kia quá nhỏ và quá mờ và do đó bị ngôi sao đồng hành lớn hơn, sáng hơn của nó át mất. Có thể là ngôi sao không nhìn thấy là một sao lùn trắng hoặc thậm chí là một sao neutron. Cái cần thiết là chứng minh nó có khối lượng ở trên giá trị tới hạn cho một lỗ đen (thí dụ bằng năm hoặc mười lần khối lượng Mặt trời). Tuy nhiên, đây cũng chưa phải là một *bằng chứng* rằng nó là một lỗ đen. Igor Novikov từng nói thế này: “‘sự không nhìn thấy’ là một bằng chứng nghèo nàn cho sự tồn tại của cái gì đó”, và ông trích dẫn một câu chuyện hài xưa cũ về tiêu đề của một bài báo nghiên cứu: ‘Sự không có mặt của cột điện báo và dây điện báo ở địa điểm khai quật khảo cổ là một bằng chứng của sự phát triển của truyền thông vô tuyến ở những nền văn minh cổ đại’.

Rất cuộc cái xác nhận sự tồn tại của lỗ đen giữa những hệ sao đôi là cái tôi đã từng nói bóng gió tới. Nếu hai vật thể đồng hành (ngôi sao vẫn còn tỏa sáng và ứng cử viên lỗ đen không nhìn thấy) ở đủ gần nhau thì lực hấp dẫn mạnh khủng khiếp của lỗ đen sẽ từ từ nuốt chất khí ra khỏi lớp vỏ ngoài của ngôi sao kia. Chất khí này sẽ xoắn ốc về phía chân trời sự kiện của lỗ đen, nóng lên khi nó tăng tốc và tạo ra cái gọi là đĩa bồi tụ xung quanh lỗ đen. Vật chất trong cái đĩa này nóng đến mức, trước khi nó rơi vào, nó sẽ giải phóng một tín hiệu phát xạ tia X mạnh không thể nhầm lẫn, đó chính là những vụ nổ bức xạ điện từ năng

lượng cao. Chúng sẽ khác một cách tinh vi với sự phát xạ tia X tạo bởi một số pulsar (những sao neutron đang quay nhanh) do chuyển động quay nhanh của chúng, vì trong trường hợp đĩa bồi tụ của lỗ đen, thời gian của các xung là ngẫu nhiên. Các pulsar tia X phát ra tín hiệu của chúng ở những khoảng thời gian đều đặn khi chúng quay tròn, na ná như một ngọn hải đăng vậy.

Vậy những hệ đôi tia X như thế có tồn tại không? Câu trả lời là có. Ví dụ nổi tiếng nhất là hệ mà Stephen Hawking cuối cùng, và có chút miễn cưỡng (do ông đã đánh cược với Kip Thorne) thừa nhận rằng phải có chứa một lỗ đen. Nó có tên là Cygnus X-1 và ở cách Trái đất khoảng sáu nghìn năm ánh sáng, nhưng nằm trong Thiên hà của chúng ta. Bạn đồng hành nhìn thấy là một ngôi sao khổng lồ gấp khoảng ba mươi lần khối lượng Mặt trời (suy luận bằng cách nghiên cứu ánh sáng mà nó phát ra). Bằng cách nghiên cứu cách nó lắc lư (từ sự lệch Doppler tuần hoàn của nó), khối lượng của bạn đồng hành không nhìn thấy của nó được đặt ra vào khoảng mười lần khối lượng Mặt trời⁸. Mảnh cuối cùng trong trò chơi ghép hình xuất hiện từ chu kỳ của những phát xạ tia X từ đĩa bồi tụ giải phóng ra với tần số vài trăm lần trên giây và cho chúng ta biết chất khí đang quay xung quanh cái lỗ đó bao nhanh. Vì không gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng, nên chu kỳ này mang lại cho chúng ta một kích cỡ tối đa cho quỹ đạo và cho thấy cái lỗ đó phải nhỏ hơn nhiều so với Trái đất, và việc nén mười lần khối lượng mặt trời vào một thể tích nhỏ như thế có nghĩa là nó phải là một lỗ đen. Các định luật vật lý phát biểu rằng nó không thể là cái gì khác.

Còn có những ứng cử viên khác cho những lỗ đen trong những hệ sao đôi tia X trong Thiên hà của chúng ta và trong những thiên hà láng giềng. Người ta ước tính chỉ riêng Thiên hà của chúng ta có khả năng chứa hàng triệu lỗ đen!

Toàn bộ những gì tôi trình bày cho đến đây là những lỗ đen “sân vườn” quen thuộc hình thành khi những ngôi sao khối lượng lớn co lại dưới sức nặng của riêng chúng. Có một loại lỗ đen khác nữa, mà theo một nghĩa nào đó, còn ấn tượng hơn. Một trong những khám phá chính khác nữa về thiên văn học trong thập niên 1960 là sự khám phá ra quasar (viết tắt của ‘những nguồn vô tuyến giả sao’). Giả sao có nghĩa là chúng giống với những ngôi sao ở chỗ chúng xuất hiện dưới dạng những vật thể điểm thay vì những thùy sáng trải rộng như thiên hà hay tinh vân. Chúng còn giải phóng bức xạ mạnh trong dải tần vô tuyến – và không phải vì chúng có chứa những trạm phát vô tuyến của riêng chúng như tôi thường nghĩ lúc nhỏ khi lần đầu tiên tôi đọc về chúng. Ngày nay, chỉ một phần nhỏ trong số tất cả những quasar đã khám phá là những nguồn vô tuyến, như tên gọi cho biết. Cái quan trọng hơn là hóa ra các quasar không hề nhỏ như những ngôi sao. Chúng còn là những vật thể xa xăm nhất trong Vũ trụ Nhìn thấy và một số ở xa hơn mười tỉ năm ánh sáng (nghĩa là ánh sáng đã

⁸Chúng tôi không chắc chắn lắm với ước tính này và vẫn có một khả năng rất nhỏ là nó có thể là một sao neutron khối lượng lớn nếu nó nằm ở giới hạn dưới của khối lượng mà nó có thể có.

rời chúng khi Vũ trụ còn rất trẻ). Để cho những vật thể ở xa như vậy tỏa sáng với độ sáng như thế, chúng phải hết sức giàu năng lượng. Thật ra, ngày nay các quasar được xem là những thiên hà trẻ “hoạt động” với phần lớn năng lượng của chúng (gấp khoảng một nghìn lần công suất phát năng lượng của tất cả các ngôi sao trong Thiên hà của chúng ta) phát ra từ một cái lõi nhỏ xíu ở chính giữa. Cái lõi chứa cái gọi là một lỗ đen siêu khối. Thường thì những lỗ đen như vậy có khối lượng gấp hàng triệu lần khối lượng Mặt trời.

Kể từ khi khám phá ra các quasar đang ẩn chứa bên trong chúng những lỗ đen khổng lồ, người ta đã phát hiện ra nhiều thiên hà lớn có khả năng trải qua một pha quasar trước khi chúng hình thành. Cho dù không như vậy, chúng vẫn có thể chứa một lỗ đen siêu khối tại tâm của chúng. Những lỗ đen này hình thành từ sự tích góp vô số lượng chất khí sao trong cái tâm dày đặc của những thiên hà. Lỗ đen của thiên hà Andromeda gấp khoảng ba mươi triệu khối lượng mặt trời với bán kính tỏa ra bằng kích cỡ của hệ mặt trời của chúng ta. Lỗ đen của Thiên hà của chúng ta thì nhỏ hơn với kích cỡ ước tính chừng vài triệu lần khối lượng mặt trời. Một khi một lỗ đen siêu khối đã hình thành, nó sẽ từ từ nuốt lấy chất khí xung quanh và ngày một to hơn.

Lỗ đen không đen lắm

Hai mươi lăm năm trước, Stephen Hawking đã phát hiện rằng các lỗ đen rốt cuộc không hoàn toàn đen thui, khi nhìn từ bên ngoài. Ông nhận ra rằng một quá trình lượng tử gọi là sự tạo cặp có thể làm cho một lỗ đen rò rỉ năng lượng của nó rất chậm vào trong không gian. Khi xảy ra như vậy, nó sẽ từ từ co lại về kích cỡ cho đến khi cuối cùng thì nó phát nổ và chẳng còn lại gì cả. Vì thế sẽ không đúng nếu nói cái rơi vào trong lỗ đen không bao giờ xuất hiện trở lại. Rốt cuộc, nó sẽ phát xạ dưới dạng những hạt nhỏ xíu trong một chu kỳ, trên thực tế, có thể xem là vô hạn!

Quá trình này gọi là bức xạ Hawking và cần giải thích một chút ở đây.

Trong thế giới hạ nguyên tử, hai hạt, thí dụ như electron và hạt phản vật chất của nó⁹ (gọi là positron) có thể tự phát xuất hiện từ cái hoàn toàn hư vô. Cơ học lượng tử nói rằng điều này được phép miễn là hai hạt kết hợp trở lại rất nhanh trong một quá trình gọi là hủy cặp, để trả lại năng lượng chúng phải có cần thiết để sinh ra lúc đầu. Tôi biết như thế này sẽ khiến bạn khó hiểu. Thật vậy, điều đó không dễ hiểu, nhưng cái kì lạ có thể và thật sự xảy ra trong thế giới của cơ học lượng tử. Bạn có thể hỏi vậy thì năng lượng cần thiết để tạo ra các

⁹Một quan niệm sai phổ biến là các phản hạt có khối lượng âm và khối lượng âm này triệt tiêu với khối lượng dương của hạt. Điều này không đúng. Phản vật chất có cùng loại khối lượng, và bị ảnh hưởng bởi lực hấp dẫn giống như vật chất bình thường. Từ “phản” là ý muốn nói những hạt này có điện tích trái dấu (cộng với một vài khác biệt khác). Cho nên, vì electron tích điện âm, nên positron mang điện dương. Tuy nhiên, trên mọi phương diện chúng là y hệt nhau, trừ thực tế là Vũ trụ của chúng ta chứa chủ yếu electron).

hạt lúc đầu từ đâu mà có. Câu trả lời là năng lượng đó có thể “vay mượn từ hư vô” và phải hoàn trả lại “hư vô” rất nhanh vì tự nhiên không thích bị thiếu nợ lâu. Hawking nhận ra rằng khi một cặp hạt được tạo ra rất gần chân trời sự kiện của một lỗ đen thì hoặc là hạt, hoặc là phản hạt của nó có thể rơi vào trong lỗ đen trong khi hạt kia có thể thoát ra ngoài. Vì nó không còn có thể hủy với người anh em của nó nữa, nên nó được phép, giống như Pinocchio, trở thành một electron hay positron sống thật sự. Năng lượng mà nó có và không phải hoàn trả lại có nguồn gốc từ chính lỗ đen đó.

Sự bức xạ Hawking phải diễn ra suốt mọi thời gian ngay bên ngoài chân trời sự kiện của lỗ đen, nhưng chỉ trong một số lượng rất nhỏ trường hợp thì mới có một hạt trong các hạt thoát ra ngoài. Trong phần lớn thời gian cả hai hạt sẽ rơi vào trong lỗ đen. Nguyên do một trong hai hạt có thể thoát ra ngoài mãi mãi là vì lực thủy triều: hạt nằm gần lỗ đen hơn một chút bị nó hút hấp dẫn mạnh hơn nhiều.

Đối với những lỗ đen cỡ bình thường, quá trình này hoàn toàn có thể bỏ qua vì số hạt bị nuốt vào từ không gian xung quanh nhiều gấp bội số hạt bị mất do sự bức xạ Hawking. Hiệu ứng chỉ trở nên đủ đáng kể để mà quan tâm khi một lỗ đen đã co xuống tới kích cỡ vi mô (sau một thời gian dài hơn tuổi của Vũ trụ) khi vùng bên ngoài chân trời sự kiện của nó nóng lên và bức xạ phát ra rất mạnh. Sự co lại này của lỗ đen là do nó tuân theo phương trình nổi tiếng của Einstein $E = mc^2$ phát biểu rằng khối lượng (m) và năng lượng (E) là có thể hoán đổi và dạng này có thể biến đổi thành dạng kia. Quá trình này xảy ra ở đây hai lần. Thứ nhất, hạt thoát ra đã được phú cho khối lượng (chất đã cho) biến đổi từ năng lượng thuần túy trích xuất từ lỗ đen. Rồi bản thân lỗ đen bị mất năng lượng này do sự sinh một hạt phải tạo ra năng lượng đó bằng cách lấy một phần khối lượng nhỏ của riêng nó. Nhìn từ xa bên ngoài, chúng ta nói rằng lỗ đen đã đẻ ra một hạt. Chân trời sự kiện của nó có vẻ nóng lên vì nó bức xạ ra những hạt này. Nhưng chỉ xung quanh những lỗ đen rất nhỏ thì quá trình này mới không thể bỏ qua.

Người ta từng đề xuất rằng những lỗ đen mini như vậy thật sự có thể tồn tại. Chúng được tạo ra ngay sau Big Bang và một số có thể vẫn còn ở đâu đó ngày nay. Lấy ví dụ, nếu đỉnh Everest có thể bị nén xuống đến kích cỡ của một nguyên tử thì nó sẽ biến thành một lỗ đen mini như vậy. Khi đó nó sẽ giải phóng bức xạ Hawking với tốc độ rất cao. Cho dầu vậy, nó sẽ không hoàn toàn bay hơi trong hàng tỉ năm trời. Giờ thì chính điều đó xảy ra với Vũ trụ đã 15 tỉ năm tuổi, nên mọi lỗ đen mini đã sinh ra thời Vũ trụ sơ khai với khối lượng ban đầu bằng với ngọn Everest thì lúc này nó hoàn toàn vừa mới bay hơi hết. Vì chúng phát bức xạ với tốc độ tăng dần khi chúng co lại, nên chúng sẽ kết thúc trong một vụ nổ khủng khiếp cuối cùng của bức xạ năng lượng cao. Cho dù tin hay không, các nhà thiên văn hiện đang tìm kiếm những vụ nổ bức xạ mách bảo như thế.

Có lẽ năng lượng của các lỗ đen cũng có thể trích xuất nhân tạo. Trong trường hợp này nên bòn rút năng lượng quay. Nhà vật lý, toán học người Anh, và là cộng sự lâu năm của Hawking, Roger Penrose, đã đề xuất, trước khi có quan niệm bay hơi của Hawking, rằng nếu một vật đi vào ergosphere của một lỗ đen đang quay tròn và rồi tách thành hai phần với một phần rơi vào trong lỗ đen, thì phần còn lại có thể bị ném ra ngoài với năng lượng cao hơn năng lượng ban đầu mà nó có. Năng lượng mà nó có phát sinh từ lỗ đen và sẽ làm chậm chuyển động quay của lỗ đen đi một chút.

Có lẽ một nền văn minh tiên bộ có thể đi qua lỗ đen có thể khai thác phương pháp này để biến nó thành một nguồn năng lượng.

Lỗ trắng

Có những nghiệm nhất định của các phương trình của thuyết tương đối tổng quát cho phép sự tồn tại không chỉ của những lỗ đen mà còn có những vật thể gọi là lỗ trắng. Nhưng hóa ra điều này chỉ có thể xảy ra nếu như Vũ trụ có những tính chất nhất định, gọi là những điều kiện ban đầu, tại thời điểm Big Bang. Những vật thể gây tranh luận cao này là cái đối nghịch của lỗ đen, thay vì nuốt vật chất vào trong, chúng sẽ phun vật chất và năng lượng ra Vũ trụ. Điểm kì dị của chúng cũng sẽ khác và sẽ đánh dấu sự bắt đầu chứ không phải kết thúc của thời gian. Tuy vậy, không giống như những lỗ đen, chưa có bằng chứng thuyết phục nào rằng những lỗ trắng thật sự tồn tại. Một trong những trở ngại là vật chất rơi chúng có thể rơi vào trở lại và lỗ trắng sẽ nhanh chóng biến thành lỗ đen.

Ngày nay, người ta tin rằng những lỗ trắng lớn không tồn tại không Vũ trụ, nhưng các quy tắc của cơ học lượng tử về các hạt và phản hạt đề xuất rằng nếu những lỗ đen mini có tồn tại ở thang bậc hạ nguyên tử, thì cũng sẽ có những đối tác phản vật chất của chúng: những lỗ trắng mini. Hawking đã đề xuất rằng, giống hệt như những cặp hạt/phản hạt có thể thoát cái xuất hiện trong tích tắc, cái tương tự có thể xảy ra với những cặp lỗ đen/lỗ trắng đột ngột xuất hiện từ hư vô. Nhưng bạn đừng lo, chúng sẽ quá nhỏ để có bất kì tác động nào đối với chúng ta.

5

THỜI GIAN ĐANG THAY ĐỔI



“Thời gian là cách tự nhiên giữ cho mọi thứ không xảy ra cùng một lúc.”

John A Wheeler

“Thời gian chỉ là một lời nguyện cứ thế mà trôi.”

Không rõ

*Người nước ngoài ở London: “Xin hỏi, what is time?”**

Người đàn ông trên đường: “Đó là một câu hỏi triết lí. Sao lại đi hỏi tôi?”

J G Whitrow

*Ở đây, người này muốn hỏi “mấy giờ rồi”, nhưng thay vì hỏi “what time is it?”, người này nói sai nên bị người đàn ông kia bắt bẻ!

Thời gian là gì?

Chúng ta hãy đi thẳng vào vấn đề. Cho dù bạn đã đọc hay nghe nói tới ở đâu, không có ai hiểu thời gian thật sự là cái gì. Đã có quá nhiều bài viết về bản chất của thời gian, nhất là trong vài năm trở lại đây, cho nên trong quyển sách này thật khó góp thêm gì nhiều mang tính căn nguyên hay chưa được trình bày ở đâu đó khác. Nhưng đó không phải là ý định của tôi. Tuy vậy, tôi không cảm thấy mình cần rà soát qua nhiều quyển sách hay (và một số kém hay hơn) nói về vấn đề thời gian – mặc dù trong những năm qua tôi cũng đã đọc một số quyển – rồi sau đó thử và đi tới một số “góc nhìn” mới hay lập luận khéo léo không được sử dụng trước đây: lý thuyết thời gian của tôi. Tất nhiên, rất nhiều cái đã viết về thời gian là vô nghĩa, nhưng có nhiều chỗ mặc dù thoát nghe thì vô nghĩa nhưng thật ra khi bạn nhìn kĩ nó lại mang đến một ý nghĩa nào đó để mà suy ngẫm.

Tôi đã đề cập lúc mở đầu tập sách này rằng vấn đề thời gian đã cuốn hút tôi khi tôi còn nhỏ, và đến nay vẫn thế. Tôi không đơn độc. Thật ra, có lẽ tôi là nằm trong số đông. Thực tế đáng buồn là hiện nay tôi chẳng hơn gì bản thân mình lúc mười tuổi trước câu hỏi thời gian thật sự có nghĩa là gì. Tôi hiểu bao nhiêu định luật vật lý chứa thời gian một cách cơ bản, tôi đã nghe nói nhiều lập luận triết lý về dòng chảy của thời gian, chiều của thời gian, cho dù thời gian thật sự có “ở ngoài kia” hay chỉ là một ảo giác: một sản phẩm của trí tưởng tượng của con người. Nhưng vấn đề bản thân tôi có khai sáng thêm chút nào không thì có thể gây bàn cãi.

Tuy vậy, có một điều chắc chắn. Giống như phần lớn những cái khác chúng ta đã thấy cho đến nay, lý thuyết tương đối của Einstein hồi lúc bắt đầu thế kỉ này đã đánh đổ những quan niệm xưa cũ và thân thương. Tôi sẽ trình bày tính tương đối của thời gian trong chương tiếp theo. Ở đây, tôi sẽ dẫn dắt bạn qua một số quan niệm vật lý và triết học về bản chất của thời gian, đa phần trong số đó đã có từ lâu trước thời Einstein.

Ai đã phát minh ra thời gian?

Loài người từ lâu đã nhận thức bản chất tuần hoàn của thời gian theo kiểu đều đặn đêm nối tiếp sau ngày và sự đi qua của các mùa. Chúng ta còn nhận thức bản chất tuyến tính của thời gian trôi từ quá khứ đến tương lai. Những sự kiện nay ở trong quá khứ của chúng ta sẽ vẫn ở đó, không bao giờ trở lại mà sẽ lùi ra, xa mãi.

Buổi đầu trong lịch sử nhân loại, người ta đã thấy cần thiết phải chia một ngày thành những thời gian nhỏ hơn. Vì chuyển động của Mặt trời trên bầu trời – từ lâu trước khi người ta biết chuyển động này là do sự quay của Trái đất – mất một lượng thời gian (đại khái) cố định nên chẳng có gì bất ngờ khi mà một trong những chiếc đồng hồ cổ nhất lại là đồng hồ mặt trời, đã được phát minh ra hơn năm nghìn năm về trước ở Ai Cập cổ đại.

Thách thức lớn xảy ra với đồng hồ cơ học xuất hiện vào thế kỉ thứ 17 khi Galileo phát hiện thấy một con lắc có một chiều dài cho trước sẽ luôn luôn mất một khoảng thời gian như nhau để hoàn tất một vòng dao động. Nhưng đến giữa thế kỉ thứ 17 thì đồng hồ quả lắc đầu tiên mới được chế tạo. Sự chính xác này cho phép định thời gian chính xác hơn trước đó nhiều lần, và giờ được chia thành phút và phút được chia thành giây. Ngày nay, đồng hồ quả lắc và đồng hồ cơ giới đang dần dần bị thay thế bởi những chiếc đồng hồ đáng tin cậy hơn nữa. Một cái đồng hồ kĩ thuật số chứa một tinh thể thạch anh nhỏ xíu dao động hàng nghìn lần trong một giây khi có dòng điện đi qua nó. Những dao động quá đều đặn nên bạn có thể dùng chúng làm đồng hồ. (Xin lỗi!) Bạn có thể tưởng tượng hay không cuộc sống sẽ khó khăn như thế nào đối với chúng ta ngày nay với những công tác, những kế hoạch và hạn cuối làm việc nếu đơn vị thời gian nhỏ nhất mà chúng ta có là đơn vị giờ?

Ngày nay, đồng hồ chính xác nhất trên thế giới là đồng hồ nguyên tử có thể đo những khoảng thời gian với độ chính xác cực kì. Chúng dựa trên thực tế là những nguyên tử nhất định, khi được bơm năng lượng, phát ra ánh sáng ở một tần số chính xác độc nhất vô nhị cho loại nguyên tử đó. Nổi tiếng nhất trong số này là đồng hồ caesium nay đã lập thành chuẩn thế giới cho thời gian.

Trong khi “giây” là đơn vị chuẩn của thời gian, nó rõ ràng là một phát minh của con người. Nếu có một sự sống thông minh ở đâu đó khác trong Vũ trụ thì chúng sẽ đo thời gian theo “tiền tệ” riêng của chúng có thể suy luận ra từ thời gian cần thiết cho hành tinh quê nhà của chúng hoàn thành một vòng hay một quỹ đạo xung quanh mặt trời của chúng. Cho đến thời gian gần đây, một “giây” được định nghĩa là một phần sáu mươi của một phần sáu mươi của một phần hai mươi bốn của thời gian cần thiết để Trái đất quay trọn một vòng xung quanh trục của nó (tức là một ngày).

Đây *từng* là cách một giây được định nghĩa, nhưng không còn sử dụng nữa. Ngày nay, chúng ta bị ám ảnh với thời gian đến mức định nghĩa này không còn thích hợp nữa. Bạn thấy đó có một trở ngại. Hóa ra Trái đất đang quay chậm dần đi. Không đủ để bạn lưu tâm, chỉ chậm một giây trong mỗi vài năm, nhưng điều này đủ để nhấn mạnh rằng, trong thế giới công nghệ cao của chúng ta, chúng ta cần một cách khác để đo thời gian. Vì tất cả các nguyên tử caesium luôn luôn phát ra ánh sáng có một tần số 9.192.631.770 chu kì trên giây, nên các nhà khoa học quyết định lật ngược phát biểu trên lại và nói rằng một giây *được định nghĩa* là khoảng thời gian cần thiết cho ánh sáng phát ra từ các nguyên tử caesium dao động 9.192.631.770 lần. Giá trị này gọi là thời gian vạn vật kết hợp. Độ dài của một ngày theo thời gian vạn vật kết hợp, do đó, là $24 \times 60 \times 60 \times 9.192.631.770$ dao động của một nguyên tử caesium. Điều này có nghĩa là cứ mỗi vài năm chúng ta phải cộng thêm một giây bù cho chuyển động quay chậm dần của Trái đất để định nghĩa mới của thời gian không bị lệch với định nghĩa cũ.

Vậy bản thân khái niệm thời gian là gì, chứ không nói cách loài người chúng ta đo nó? Cho đến khi Isaac Newton hoàn thành công trình nghiên cứu của ông về các định luật của chuyển động, thời gian được xem là thuộc địa hạt triết lí chứ không phải khoa học. Tuy nhiên, Newton đã mô tả bằng toán học các vật chuyển động như thế nào dưới tác dụng của các lực, và vì mọi chuyển động và biến đổi đòi hỏi thời gian để làm cho nó có nghĩa, nên ông đã sử dụng cái gọi là một quan niệm thực tế của thời gian. Quan niệm kiểu “nghĩa thường gặp” này vẫn theo chúng ta đến ngày nay, cho dù thực tế chúng ta biết rằng điều đó là sai như chúng ta sẽ thấy ở chương sau.

Thời gian Newton luận là tuyệt đối và không ngừng nghỉ. Ông mô tả nó là một môi trường tồn tại hoàn toàn theo kiểu riêng của nó bên ngoài không gian và độc lập với mọi quá trình xảy ra bên trong không gian. Theo quan niệm này, thời gian được nói là trôi ở một tốc độ không đổi như thể có một cái đồng hồ vũ trụ tưởng tượng nào đó đánh dấu giây, giờ và năm, bất chấp cảm giác chủ quan, thường có của chúng ta về sự trôi qua của nó. Theo Newton, thời gian là tuyệt đối, có thật và mang tính toán học. Chúng ta không có tác động nào lên tốc độ chảy của nó và không thể làm cho nó trôi nhanh hoặc trôi chậm. Chúng ta cũng biết mức độ kém tin cậy mà thỉnh thoảng chúng ta có lúc phán xét các khoảng thời gian. Hãy tưởng tượng bạn rơi vào giấc ngủ trên một chuyến xe lửa thường mất một giờ và bạn thức dậy cảm thấy như chỉ mới có mười phút trôi qua. Khi bạn kiểm tra đồng hồ, bạn thấy là đã muộn một giờ rồi và điều này được xác nhận khi bạn nhìn ra ngoài cửa sổ thấy bạn đã đến gần ga cuối. Tất nhiên, có khả năng đồng hồ của bạn chạy sai và xe lửa đã tăng tốc đáng kể trong khi bạn ngủ để cho thật sự mới có mười phút trôi qua, nhưng đây là khả năng rất khó xảy ra vì chúng ta biết mức độ kém tin cậy mà chúng ta cảm nhận chủ quan về

thời gian. Tất cả chúng ta đều có cảm giác từ trong xương thịt rằng thời gian Newton luận thật sự “ở ngoài kia” và trôi đi ở tốc độ như nhau ở mọi nơi trong Vũ trụ.

Những tôn giáo chính trên thế giới đều có nói về bản chất của thời gian. Những tôn giáo đơn thần tin vào một Đấng Tối cao đã sáng tạo ra Vũ trụ và tồn tại bên ngoài không gian và thời gian của chúng ta. Ngài là tối cao theo nghĩa Ngài biết không chỉ quá khứ mà cả tương lai, và Ngài hiện diện ở mọi nơi mọi lúc. Do đó, một vị thần bất diệt tồn tại bên ngoài Vũ trụ của chúng ta không mâu thuẫn với quan niệm trong vật lí hiện đại của Vũ trụ (bao gồm không gian *lẫn* thời gian) đi vào tồn tại lúc Big Bang.

Tuy nhiên, cái là đề tài chính của sự tranh luận giữa các nhà khoa học, nhà triết học và thần học là Chúa giữ vai trò gì trong vũ trụ cơ giới quyết định luận của Newton. Theo quan niệm cơ giới mà các định luật chuyển động của Newton cho chúng ta biết về Vũ trụ, thì trên nguyên tắc ít nhất người ta có thể biết vị trí và vận tốc của mỗi hạt trong Vũ trụ. Biết rằng mỗi hạt sẽ đi theo một quỹ đạo nhất định và chịu tác dụng của những lực, một lần nữa là trên nguyên tắc, có thể xác định rõ ràng, người ta có thể chỉ rõ vị trí của chúng tại bất kì thời điểm tương lai nào và, do đó, biết được trạng thái của Vũ trụ trong tương lai. Vì thế tương lai được sắp xếp và quyết định trước.

Một quan niệm giản hóa luận như vậy của thế giới dường như chẳng có chỗ cho tư duy con người. Vì chúng ta cũng được cấu tạo từ các nguyên tử, nên chúng ta chịu những định luật vật lí giống như bất kì vật nào khác; khi đó có lẽ cái chúng ta xem là tư duy không gì hơn là những quá trình cơ giới trong não tuân theo các định luật Newton giống như mọi vật khác.

Trên thực tế, tất nhiên, chúng ta thậm chí không thể tính ra vị trí tương lai của vài quả bóng trên bàn bi-a sau khi chúng bị tán xạ bởi gậy bi-a, chứ đừng nói vị trí tương lai của tất cả các hạt trong Vũ trụ. Nhưng theo quan điểm “quyết định luận” này, ít nhất *trên nguyên tắc* phải có thể làm như thế, miễn chúng ta có một máy vi tính đủ mạnh. Một máy vi tính như thế sẽ phải chạy một chương trình có độ phức tạp kinh khủng đến mức nó sẽ chứa nhiều biến chưa biết hơn tất cả số hạt trong Vũ trụ. Đây là vì mỗi hạt cần (ít nhất) sáu con số để xác định trạng thái của nó tại một thời điểm cho trước: ba số cho chúng ta biết chỗ nó ở trong không gian 3D và ba số kia cho chúng ta biết nó chuyển động bao nhanh và theo hướng nào.

Để có một sự gần đúng thích hợp, chúng ta không cần tất cả những thông tin này vì một nguyên tử trong một thiên hà ở xa sẽ không ảnh hưởng đến vận vật trên Trái đất, nhưng cho dù chúng ta tự hạn chế mình với những nguyên tử trên Trái đất thôi chúng ta vẫn phải

đương đầu với một con số thật sự ấn tượng. Xét cho cùng, số nguyên tử trong một cốc nước còn nhiều hơn số lượng cốc nước trong tất cả các đại dương trên thế giới.

Tuy nhiên, tôi nhấn mạnh, miễn là số hạt chúng ta đang xử lý không phải là vô hạn, thì chúng ta có thể xem một chiếc máy vi tính tương đương có thể tính ra vị trí tương lai của tất cả các hạt trong Vũ trụ nếu như biết rằng hiện tại chúng đang làm gì. Và việc biết được tương lai đó hàm ý biết được tất cả các vật thể sẽ làm gì sau đó. Việc biết như thế cũng sẽ mở rộng cho con người, vì tất cả chúng ta đều chỉ cấu tạo từ những nguyên tử.

Ngày nay, các nhà vật lý không còn bám lấy quan điểm vũ trụ quyết định luận như vậy nữa. Cách suy nghĩ đó đã bị vứt bỏ khi lý thuyết cơ học lượng tử được phát triển vào giữa thập niên 1920 chứng tỏ rằng, ở cấp độ cơ bản nhất của nó, tự nhiên là ngẫu nhiên và không thể dự đoán trước¹. Bất chấp như vậy, nhiều nhà vật lý tin rằng tương lai *là* sẵn có ở ngoài kia, không phải do bức tranh Newton của một vũ trụ cơ giới, mà do nó tuân theo từ cách lý thuyết tương đối thống nhất thời gian với không gian. Quan niệm rằng tương lai đã tồn tại như thế này vượt ngoài thế giới quan Newton, thế giới quan khẳng định rằng tương lai *là có thể* dự đoán trước.

Như với bản chất của thời gian, không phải ai cũng hài lòng với quan điểm thực tế của Newton về một thời gian tuyệt đối bên ngoài, ngay cả trước khi có hai cuộc cách mạng khoa học của thế kỷ 20 trong vật lý hiện đại: thuyết tương đối và cơ học lượng tử. Các nhà khoa học, nhà triết học và nhà thần học từ lâu đã tranh luận một số vấn đề mà tôi sẽ trình bày ngắn gọn sau đây. Họ quan tâm đến ba khái niệm: nguồn gốc của thời gian, dòng chảy của thời gian và chiều của thời gian.

¹Tôi biết rằng việc sử dụng từ “không thể dự đoán trước” ở đây dễ bị hiểu sai. Cơ học lượng tử chỉ không thể đoán trước giống như sự sắp ngửa của một đồng xu là không thể đoán trước. Tuy nhiên, nếu bạn gieo đồng xu một trăm lần thì chừng một nửa kết cục sẽ là mặt sấp và một nửa kia là mặt ngửa. Vì thế, có một quy luật thống kê rõ ràng áp dụng cho một số lượng lớn những lần thử. Cơ học lượng tử có thể được hiểu theo kiểu như thế này.

Thời khắc đầu tiên

Trước tiên, tôi sẽ nói ngắn gọn về câu hỏi nguồn gốc của thời gian. Đa số tôn giáo ngày nay đều giảng tới thời khắc sáng tạo khi Vũ trụ đi vào tồn tại. Chúng có thể khác nhau ở chỗ “như thế nào”, “tại sao” và “khi nào”, nhưng quan niệm cơ bản là giống nhau. Như chúng ta đã thấy ở Chương 3, đa số các nhà vật lý (một số người trong số họ là hết sức ngoan đạo) ngày nay còn tin rằng Vũ trụ đã bắt đầu tại một thời điểm rõ ràng, khoảng 15 tỉ năm trước. Nhưng chúng ta có thể nói rằng Big Bang “đã xảy ra” tại một thời điểm rõ ràng nào đó trong thời gian hay không?

Vấn đề là ở chỗ bản thân thời gian được xem là đã bắt đầu lúc Big Bang và là một phần của cơ cấu của Vũ trụ. Big Bang thậm chí không thể xem là “sự kiện đầu tiên” vì như thế sẽ đòi hỏi nó phải xảy ra bên trong thời gian. Quan niệm này không chỉ của riêng khoa học mà nhiều tôn giáo có một Đấng sáng thế tồn tại bên ngoài thời gian, để Ngài tự do tạo ra bản thân thời gian.

Các nhà vật lý đang cố gắng tìm hiểu *tại sao* Big Bang lại xảy ra. Cái gì gây ra nó? Thật không may, nhân và quả là những quan niệm đòi hỏi thời gian, và vì Big Bang đánh dấu sự ra đời của thời gian nên chúng ta không thể nói cái gì đó “có trước” nó đã gây ra nó. Nó có lẽ vừa mới “xảy ra”.

Và như thế này là chưa đủ, hãy nhớ rằng để hiểu thế giới của cái rất nhỏ, chúng ta cần áp dụng các quan niệm và khái niệm phát sinh từ lý thuyết cơ học lượng tử, và bạn không thể tiến tới cái nhỏ hơn điểm kì dị. Vì thế, điểm kì dị Big Bang phải xem là một “sự kiện” lượng tử. Cho đến nay, các nhà vật lý vẫn chưa tường tận hết từng chi tiết, tuy nhiên họ cho rằng, trong thế giới lượng tử, mọi thứ trở nên mờ nhạt và không rõ ràng, kể cả trình tự của các sự kiện. Đủ lạ lắm rồi (hay đủ tiện lợi, tùy theo quan điểm của bạn), cơ học lượng tử cho phép mọi thứ xảy ra mà không cần nguyên nhân, kể cả bản thân Big Bang.

Một lí giải mà nhiều nhà vật lý thích sử dụng để mô tả cách thức Vũ trụ đi vào tồn tại là các quy tắc cơ học lượng tử cho phép Big Bang xảy ra ở chỗ hiểu rằng Vũ trụ phải nhanh chóng “khắc nhập, khắc xuất”. Vì những lí do chúng ta chưa hiểu rõ hết, cái có thể đã xảy ra tiếp sau đó là Vũ trụ nhanh chóng trải qua một giai đoạn ngắn giãn nở cực nhanh sau đó nó trở thành một thứ vĩnh cửu, vẫn tiếp tục giãn nở nhưng ở tốc độ hiện nay của nó, nhẹ nhàng hơn.

Vậy nếu không phải Big Bang, thì cái gì là sự kiện đầu tiên trong Vũ trụ có sinh ra này? Nhà vật lý và tác giả Paul Davies, một chuyên gia nghiên cứu về bản chất của thời gian, giải thích rằng không thể nào có một sự kiện đầu tiên. Ông ví von như thế giống như là hỏi con số đầu tiên sau số không là số mấy. Chúng ta phải xét hết các con số chứ không

riêng gì số nguyên, nếu không sau số “không” sẽ là số “một”. Cho dù chúng ta chọn một con số nhỏ bao nhiêu, ta luôn luôn có thể chia đôi nó để có một con số nhỏ hơn nữa. Theo kiểu giống như vậy, không có sự kiện đầu tiên nào sau Big Bang hết. Tuy nhiên, sự kiện càng sớm thì sẽ luôn luôn có một thời khắc gần Big Bang hơn nữa để xét đến.

Tuy nhiên, miễn là cơ học lượng tử được mang vào tranh luận, chúng ta thấy thật sự có một “thời khắc sớm nhất” sau Big Bang. Tại cấp độ chiều dài và thời gian nhỏ bé nhất, mọi thứ có tính chất hạt và mập mờ, kể cả thời gian cũng vậy. Giống như trường hợp khái niệm trình tự của các sự kiện không còn áp dụng được ở những thái cực này, quan niệm về một thời gian liên tục cũng thế. Ở cấp độ này, một khoảng thời gian gọi là thời gian Planck có thể xem là lát thời gian ngắn nhất có thể có ý nghĩa. Tất nhiên, chúng ta không nhận thức được một sự sai lệch khỏi dòng chảy phẳng phiu của thời gian như thế vì thang Planck là hết sức nhỏ. Thật ra, trong một giây có số đơn vị thời gian Planck nhiều hơn đến mức khó tin so với số giây đã có từ lúc Big Bang. Dẫu sao, vấn đề là ở chỗ nếu bạn đi ngược thời gian đến một đơn vị thời gian Planck sau Big Bang, thì câu hỏi cái gì xảy ra trước đó không còn có nghĩa nữa.

Thời gian có trôi không?

Nhiều nhà triết học cho rằng bản thân thời gian là một ảo giác. Hãy xét điều sau đây: thời gian gồm quá khứ, hiện tại và tương lai. Mặc dù chúng ta có ghi chép quá khứ và kí ức của những sự kiện nhất định đã từng xảy ra, nhưng nó không còn được xem là tồn tại nữa. Mặt khác, tương lai thì chưa mở ra và do đó cũng chẳng tồn tại. Như vậy để lại hiện tại được định nghĩa là đường phân chia giữa quá khứ và tương lai. Chắc chắn “ở đây và lúc này” là tồn tại. Nhưng mặc dù chúng ta “cảm thấy” đường phân chia này quét đều trong thời gian về phía tương lai và biến nó thành quá khứ, tuy nhiên nó chỉ là một đường thẳng và chẳng có bề dày nào cả. Vì thế, hiện tại có khoảng thời gian zero và cũng không thể có một sự tồn tại thực sự. Và nếu cả ba thành phần của thời gian không tồn tại thì bản thân thời gian là một ảo giác mà thôi!

Bạn có thể, giống như tôi, đưa ra những lập luận triết lí khéo léo như thế với một nhúm cát. Tuy nhiên, cái khó chứng minh hơn nhiều là quan niệm thời gian “trôi”; thời gian đó đi qua. Thật khó phủ nhận cảm giác đây là cái xảy ra, nhưng việc có một cảm giác “từ trong ruột gan” về cái gì đó, cho dù cảm giác đó mạnh bao nhiêu, là không đủ cho khoa học. Trong ngôn ngữ hàng ngày của mình, chúng ta nói “thời gian trôi qua”, “thời gian sẽ tới”, “thời khắc đã qua”, và vân vân. Nhưng nếu bạn nghĩ về nó, thì toàn bộ chuyển động và biến đổi, trên định nghĩa, đều phải được phán xét dựa trên thời gian. Đây là cách chúng ta định

nghĩa sự biến đổi. Khi chúng ta muốn mô tả tốc độ của một quá trình nhất định, hoặc chúng ta đếm số sự kiện trong một đơn vị thời gian, ví dụ như số nhịp tim trên phút, hoặc lượng biến đổi trong một đơn vị thời gian, ví dụ như một đứa trẻ tăng bao nhiêu cân trong một tháng. Nhưng sẽ là vô nghĩa nếu cố đo lấy tốc độ mà bản thân thời gian thay đổi vì chúng ta không thể so sánh nó với chính nó. Người ta thường nói một cách khôi hài rằng thời gian trôi đi ở tốc độ một giây trên giây. Đây rõ ràng là một phát biểu vô nghĩa vì chúng ta sử dụng thời gian để đo chính nó. Để làm sáng tỏ điều này, làm thế nào chúng ta biết thời gian có đột ngột tăng tốc hay không? Vì chúng ta tồn tại bên trong thời gian và đo độ dài của những khoảng thời gian bằng đồng hồ mà, giống như đồng hồ sinh học bên trong cơ thể của chúng ta, chúng cũng được cho là tăng tốc theo, nên chúng ta không bao giờ nhận thức được nó. Cách duy nhất nói về dòng chảy của thời gian (của chúng ta) là phân xét nó trên một thời gian bên ngoài nào đó, cơ bản hơn.

Nhưng nếu một thời gian bên ngoài trên đó chúng ta có thể đo tốc độ chảy của thời gian của riêng chúng ta thật sự tồn tại thì chúng ta chỉ đang đưa bài toán lùi ra xa hơn chứ chưa giải quyết được nó. Chắc chắn nếu thời gian theo bản chất của nó là trôi đi, thì tại sao thời gian bên ngoài này lại không trôi theo? Trong trường hợp đó, chúng ta trở lại với bài toán cần có một thang thời gian nữa, còn cơ bản hơn nữa trên đó để đo tốc độ chảy của thời gian bên ngoài, và cứ thế trong một vòng xoáy vô hạn.

Chỉ vì chúng ta không thể nói về một *tốc độ* chảy của thời gian thì không có nghĩa là thời gian rốt cuộc không trôi đi. Hoặc có lẽ thời gian đang ở yên tại chỗ trong khi chúng ta (ý thức của chúng ta) đang chuyển động cùng với nó (chúng ta chuyển động về phía tương lai chứ không phải tương lai chuyển động về phía chúng ta). Khi bạn nhìn ra ngoài cửa sổ của một đoàn tàu đang chạy và ngắm những cánh đồng đang giạt ra sau, bạn “biết” rằng chúng vẫn ở yên tại chỗ và đoàn tàu đang chuyển động. Tương tự như vậy, chúng ta có ấn tượng chủ quan mạnh mẽ rằng thời khắc hiện tại (cái chúng ta gọi là hiện nay) và một sự kiện trong tương lai của chúng ta (ví dụ Giáng sinh lần tới) chuyển động đến gần nhau. Khoảng thời gian phân cách hai thời điểm đó co lại. Cho dù chúng ta nói Giáng sinh lần tới đang chuyển động đến gần chúng ta hay chúng ta đang tiến đến gần Giáng sinh lần tới, thì ý nghĩa là như nhau: chúng ta cảm thấy có cái gì đó đang thay đổi. Vậy thì làm thế nào đa số các nhà vật lý đi đến cho rằng quan niệm này thậm chí không có giá trị?

Điều này nghe có vẻ lạ, nhưng các định luật vật lý chẳng nói gì về dòng chảy của thời gian. Chúng cho chúng ta biết vạn vật như các nguyên tử, rỗng rọc, đòn bẫy, đồng hồ, tên lửa và các ngôi sao hành xử như thế nào khi chịu tác dụng của những lực khác nhau tại những thời điểm nhất định trong thời gian, và nếu cho biết trạng thái của một hệ tại một thời điểm nhất định thì các định luật vật lý cho chúng ta những quy tắc tính ra trạng thái có thể của nó tại một thời điểm tương lai nào đó. Tuy nhiên, không có chỗ nào có chứa một dấu

hiệu của thời gian trôi qua hết. Khái niệm thời gian *trôi*, hay chuyển động theo một kiểu nào đó, hoàn toàn không có trong vật lý học. Chúng ta tìm thấy rằng, giống như không gian, thời gian đơn thuần là tồn tại; chỉ thể thôi. Rõ ràng, theo đa số các nhà vật lý, cảm giác mà chúng ta có rằng thời gian trôi qua chỉ là một cảm giác thôi, mặc dù nó trông có vẻ thật sự đối với chúng ta.

Cái khoa học hiện nay không thể cung cấp là một lời giải thích do đâu mà chúng ta có cảm giác mạnh mẽ rằng thời gian trôi qua và thời điểm hiện tại đang biến đổi. Một số nhà vật lý và nhà triết học bị thuyết phục rằng có cái gì đó còn thiếu trong các định luật vật lý. Tôi sẽ không đi quá xa ở điểm này, nhưng tôi tin rằng chúng ta chỉ có sự tiến bộ khi chúng ta hiểu rõ hơn ý thức của chúng ta hoạt động như thế nào, và do đó *tại sao* chúng ta cảm thấy có sự trôi qua của thời gian.

Tôi muốn nhắc rằng một nhân vật quyền uy như Einstein cũng giữ quan điểm cho rằng thời gian là ảo giác và thậm chí ông còn biểu diễn nó khi cố gắng an ủi người vợ góa của một người bạn thân của ông, ông nói bà nên thả lỏng nhận thức rằng thời điểm hiện tại chẳng có gì đặc biệt hơn bất kì thời điểm nào khác trong quá khứ hoặc trong tương lai; tất cả mọi thời điểm tồn tại cùng với nhau.

Có cái gọi là entropy

Cho dù thời gian không trôi đi, chúng ta vẫn có thể gán cho nó một chiều, gọi là một mũi tên thời gian. Đây là một khái niệm trừu tượng có nghĩa đơn giản rằng chúng ta có thể định nghĩa một trật tự của các sự kiện. Một mũi tên thời gian hướng từ quá khứ về phía tương lai, từ những sự kiện có trước đến những sự kiện có sau. Nó là một chiều trong thời gian trong đó mọi thứ xảy ra. Cái quan trọng ở đây là đưa ra sự khác biệt giữa một dòng chảy của thời gian và một chiều của thời gian. Hãy tưởng tượng đang nhìn vào từng khung hình một trong một guồng quay phim. Chúng ta có thể dễ dàng định nghĩa một chiều thời gian hướng theo một chiều nhất định theo guồng quay dựa trên những khung hình nào có trước và những khung hình nào có sau. Chúng ta làm như vậy bất chấp thực tế rằng chúng ta đang nhìn vào những ảnh chụp tĩnh của các sự kiện và không có chuyển động nào trong các khung hình hết. Mỗi khung hình là một ảnh chụp đóng băng trong thời gian.

Ngay cả khi có chiều của thời gian, chúng ta cũng nên thận trọng. Chúng ta không nên đảo lộn chiều thực tế của thời gian (nếu có tồn tại cái như thế) với cảm giác chủ quan của chúng ta về chiều thời gian. Trước tiên, tôi định nghĩa cái có vẻ là một mũi tên hiển nhiên của thời gian, gọi là *mũi tên triết lý*, đó là chiều mà chúng ta *cảm nhận* thời gian hướng vào; thật ra chúng ta nhớ các sự kiện trong quá khứ của mình và nhìn về những sự

kiện chưa xảy ra trong tương lai của chúng ta. Nếu mũi tên triết lí của thời gian của bạn đột ngột đảo chiều, thì mọi thứ xung quanh như thể đang chạy ngược vậy. Tương lai của người nào đó sẽ nằm trong quá khứ của bạn và ngược lại. Điều này rõ ràng lố bịch đến mức tôi sẽ không lãng phí thêm chút thời gian nào để nói về nó và bạn có thể ngừng việc cố gắng làm cho nó có nghĩa. Phải chăng rốt cuộc thật sự có vấn đề gì đó với mũi tên thời gian? Chắc chắn thực tế chúng ta nhìn thấy quá khứ xảy ra trước tương lai là vì quá khứ *thật sự* xảy ra trước tương lai!

Lí do tại sao tôi thận trọng ở đây là vì các phương trình vật lí thậm chí không cung cấp một chiều trong thời gian. Thời gian có thể trôi ngược và các định luật vật lí vẫn không đổi. Bạn có thể cho rằng đây có thể chỉ là một sự may mắn đối với các nhà vật lí. Nếu chiều trong đó thời gian hướng vào bị thiếu trong các phương trình vật lí thì chúng không thể cho chúng ta biết hết toàn bộ câu chuyện. Vì không thể nhận thức một chiều cho thời gian từ những phương trình toán học không có nghĩa là không có một chiều thời gian trong thế giới *thực*.

Nhưng vấn đề nghiêm trọng hơn thế này nhiều. Ngay cả trong thế giới thực, ở cấp độ nguyên tử, hầu hết mọi quá trình đều có tính thuận nghịch trong thời gian. Nếu, trong một quá trình hạ nguyên tử, hai hạt, a và b , đổ về và va chạm nhau thì chúng thường bật lên nhau và tách nhau ra trở lại. Nếu bạn xem phim quay của một quá trình như thế và sau đó xem nó chạy ngược, bạn sẽ không thể biết được quá trình đã xảy ra theo vòng quay nào. Quá trình đảo ngược thời gian vẫn tuân theo các định luật vật lí. Tôi nên trình bày đây phải là một thí nghiệm tưởng tượng. Thật ra, chúng ta không thể làm thí nghiệm đó vì không có chiếc kính hiển vi nào trên Trái đất đủ mạnh để phân giải chi tiết đến cấp độ hạ nguyên tử.

Cái thường xảy ra là thay vì hai hạt cũ bật lên nhau, thì hai hạt mới, ví dụ c và d , được sinh ra và bay ra xa nhau. Một lần nữa, bạn sẽ không thể chắc chắn trật tự thật sự của các sự kiện nếu bạn xem phim quay của quá trình này vì các định luật vật lí phát biểu rằng quá trình đảo ngược đó cũng là có thể. Các hạt c và d có thể va chạm để tạo ra các hạt a và b . Do đó, bạn không thể gán một mũi tên thời gian nêu rõ quá trình đã xảy ra theo trình tự nào.

Điều này trái ngược hẳn với những sự kiện xảy ra xung quanh chúng ta trong cuộc sống hàng ngày trong đó chúng ta chẳng phải bận tâm xác định xem thời gian hướng theo chiều nào. Chẳng hạn, bạn không bao giờ thấy khói phía trên một cái ống khói tập trung về phía ống khói và rồi bị nuốt vào bên trong trở lại. Tương tự, bạn không thể “giải khuỷa” đường từ một tách cà phê một khi nó đã hòa tan, và bạn không bao giờ nhìn thấy một đồng tro trong tàn lửa “nghi cháy” để trở thành một khúc gỗ trở lại. Vậy cái gì phân biệt những sự kiện này với những sự kiện hạ nguyên tử? Làm thế nào mà đa số những hiện tượng chúng ta

nhìn thấy xung quanh chúng ta không bao giờ xảy ra ngược lại? Chắc chắn mọi thứ rút cuộc cấu tạo gồm các nguyên tử và ở cấp độ đó mọi thứ là có tính thuận nghịch. Vậy thì ở giai đoạn nào trong sự diễn tiến từ các nguyên tử đến khối bốc lên trên ống khói, đến tách cà phê và những khúc gỗ thì một quá trình trở nên không thuận nghịch?

Xét kĩ hơn chúng ta sẽ thấy không phải mọi quá trình tôi vừa mô tả ở trên không bao giờ có thể xảy ra ngược lại, mà chúng rất không có khả năng xảy ra như thế. Hoàn toàn nằm trong phạm vi của các định luật vật lí để cho đường đã hòa tan “nghỉ tan” qua sự khuấy và tự hoàn nguyên thành một cục đường trở lại. Nhưng nếu chúng ta từng nhìn thấy điều này xảy ra thì hẳn chúng ta sẽ ngờ rằng đã có một thủ thuật phù phép nào đó. Và đúng như thế, xác suất để xảy ra như vậy nhỏ đến mức chúng có thể bỏ qua được.

Ta hãy xét một ví dụ đơn giản hơn với một bộ bài tây. Nó đơn giản hơn vì chúng ta đang xử lí một số lượng thành phần nhỏ hơn nhiều (52 lá bài) so với số lượng phân tử đường hoặc khói hoặc gỗ trong những ví dụ ở trên. Bắt đầu với một bộ bài đã sắp trật tự theo bốn loại quân đã tách rời và các con bài trong mỗi loại quân được sắp xếp theo trật tự tăng dần (hai, ba, bốn, ..., bảy, chẵn, lẻ, chẵn, lẻ). Xáo trộn các quân bài một chút thôi thì trật tự sẽ thay đổi. Giờ thì chúng ta có thể hỏi chuyện gì xảy ra với trật tự của các quân bài khi *tiếp tục* xáo trộn? Câu trả lời là rõ ràng: các quân bài có khả năng bị xáo trộn thêm dễ hơn so với để chúng trở lại với sắp xếp có trật tự ban đầu của chúng. Đây là sự không thuận nghịch giống như trong trường hợp cục đường bị hòa tan một phần khi bị khuấy thêm sẽ tiếp tục tan ra.

Để cho bạn có ý niệm về những xác suất có liên quan, nếu bạn lấy một bộ bài hoàn toàn xáo trộn thì xác suất để có được sự sắp xếp có trật tự mà bạn đã bắt đầu với sự xáo trộn thêm có khả năng nhỏ như xác suất để bạn trúng giải độc đắc của Công ti Xổ số Anh quốc không phải một hoặc hai lần mà là chín lần liên tiếp!

Tất cả là do một định luật quan trọng trong vật lí học gọi là định luật thứ hai nhiệt động lực học. Lĩnh vực nhiệt động lực học nghiên cứu nhiệt và mối liên hệ của nó với những dạng năng lượng khác. Nhà thiên văn học Arthur Eddington từng khẳng định rằng định luật thứ hai nhiệt động lực học có vị thế tối cao trong mọi định luật của tự nhiên. Còn có ba định luật khác của nhiệt động lực học liên quan đến cách thức nhiệt và năng lượng có thể chuyển hóa lẫn nhau, nhưng không định luật nào quan trọng bằng định luật thứ hai. Điều luôn khiến tôi thích thú là một trong những định luật quan trọng nhất trong toàn lĩnh vực vật lí học thậm chí không thể giành vị trí số một trong danh sách các định luật nhiệt động lực học.

Định luật thứ hai nhiệt động lực học phát biểu rằng mọi thứ bị mòn dần, nguội đi, tách rời ra, già đi và phân hủy. Nó giải thích tại sao đường hòa tan trong cà phê chứ không bao giờ xảy ra ngược lại. Nó cũng phát biểu rằng một cục đá trong một ly thủy tinh sẽ tan ra vì nhiệt luôn luôn truyền từ phía nước ấm hơn sang cục đá lạnh hơn và không bao giờ truyền ngược lại. Để hiểu rõ hơn một chút về định luật thứ hai, tôi phải giới thiệu với bạn một đại lượng gọi là *entropy*. Định luật thứ hai là một phát biểu của sự tăng entropy. Trong một hệ cô lập, entropy sẽ hoặc giữ không đổi hoặc tăng lên, chứ không bao giờ giảm đi.

Entropy là một đại lượng hơi khó định nghĩa chính xác nên tôi sẽ định nghĩa nó theo hai cách:

1. Entropy là một số đo của sự mất trật tự trong một hệ; là số đo mọi thứ bị xáo trộn bao nhiêu. Bộ bài có trật tự đã mô tả ở phần trước được nói là có entropy thấp. Bằng cách xào các lá bài, chúng ta làm xáo trộn trật tự ban đầu của chúng, và làm tăng entropy. Khi các lá bài hoàn toàn trộn lẫn lộn thì entropy của bộ bài được nói là ở mức cao nhất của nó và việc tiếp tục xào lên không làm chúng lộn xộn thêm².
2. Entropy còn có thể nghĩ là một số đo khả năng thực hiện công của một cái gì đó (ở đây tôi muốn nói tới khả năng trích xuất năng lượng có ích từ nó chứ không phải công dùng theo nghĩa thông thường). Một cục pin sạc đầy điện có entropy thấp tăng lên khi cục pin được sử dụng. Bộ đồ chơi dây cót có entropy thấp khi lên dây sẽ tăng lên khi dây cót xả ra. Khi dây cót đã xả hoàn toàn, ta có thể thiết lập lại entropy của nó ở một giá trị nhỏ bằng cách lên dây cót trở lại. Định luật thứ hai không bị vi phạm ở đây vì hệ (bộ đồ chơi dây cót) không còn cô lập với môi trường của nó (chúng ta). Entropy của bộ đồ chơi đang giảm nhưng chúng ta đang “thực hiện công” để quay nó lên và entropy của chúng ta đang giảm. Tính chung thì entropy của hệ đồ chơi + chúng ta đang tăng lên.

Có chút khó khăn để đưa ra một ví dụ về entropy bao hàm cả hai định nghĩa trên: tăng tính hỗn độn và khả năng thực hiện công. Tuy nhiên, một ví dụ như thế của sự tăng entropy không thể tránh khỏi là căn phòng ngủ của các con tôi. Trước khi chúng đi học về vào buổi chiều, phòng của chúng thật ngăn nắp và được nói là ở trong một trạng thái có entropy thấp. Một khi chúng đã về và chơi đùa phía sau những cánh cửa phòng đóng kín thì có một sự tăng entropy nhanh khủng khiếp. Nhựa xếp hình, xe hơi, búp bê, gấu đồ, bình trà nhựa và nhãn dán đồ ăn bị xé ra khỏi hộp và vương vãi ngẫu nhiên khắp sàn nhà. Cách duy nhất để đưa căn phòng trở lại trạng thái ban đầu entropy thấp của chúng là “thực hiện công bên ngoài vào hệ” (thường ở dạng mẹ của chúng). Sẽ vi phạm các định luật vật lý (hay cái gọi là định luật thứ hai của Al-Khalilis) nếu bọn trẻ đi vào một căn phòng ngủ entropy cao

²Tất nhiên, việc tiếp tục xào bài sẽ làm các lá bài bị hòa trộn lẫn theo một kiểu khác, nhưng chúng ta sẽ không thể nói chúng bị trộn lẫn thêm nữa.

và, không có công bên ngoài (ví dụ như răn đe bằng lời) làm giảm entropy của nó.

Một ví dụ nữa của sự tăng entropy là khói thuốc lá trong căn tin thư viện tại trường đại học của tôi (chỗ ẩn náu cuối cùng cho những người hút thuốc). Khi điếu thuốc đang nằm trong vùng tỏa khói thì entropy được nói là thấp vì khói thuốc bị giam gọn trong một thể tích nhỏ của căn tin. Nhưng nhờ định luật thứ hai của định luật thứ hai nhiệt động lực học, chúng ta sẽ sớm chia sẻ mùi khói thuốc đó. Định luật thứ hai của nhiệt động lực học phát biểu rằng bạn không bao giờ nhìn thấy khói thuốc phân bố đều khắp căn tin tập trung vào một góc trở lại.

Thỉnh thoảng chúng ta thấy những ví dụ trong đó entropy như thể đang giảm. Chẳng hạn, đồng hồ đeo tay là một hệ có trật tự cao và phức tạp được tạo ra từ một tập hợp những miếng kim loại. Chắc chắn điều này vi phạm định luật thứ hai. Thật ra, đây chỉ là một phiên bản phức tạp hơn của ví dụ bộ đồ chơi dây cót. Người thợ chế tạo đồng hồ đã đưa một lượng công sức nhất định vào trong việc chế tạo đồng hồ, làm tăng entropy của riêng anh ta lên một chút. Ngoài ra, việc nấu chảy quặng và chế tác kim loại cũng cần thiết để tạo ra một lượng nhiệt lãng phí nhất định nhiều hơn để bổ sung cho sự giảm entropy một ít do khâu chế tạo đồng hồ.

Nếu có vẻ như entropy đang giảm thì chúng ta luôn luôn tìm thấy thật ra hệ đang xét là không cô lập với môi trường của nó và, bằng cách phóng to tầm nhìn lên một bức tranh rộng lớn hơn, entropy sẽ luôn luôn lớn hơn nó trước đó. Chúng ta có thể thấy nhiều quá trình xảy ra trên Trái đất, từ sự tiến hóa của sự sống đến sự xây dựng những cấu trúc trật tự cao và phức tạp, đang làm giảm entropy trên bề mặt của hành tinh chúng ta. Mọi thứ từ xe hơi đến máy vi tính đến cái bắp có entropy thấp hơn những vật liệu thô cấu tạo nên nó. Dẫu vậy, định luật thứ hai rõ ràng đang bị bỏ sót. Cái chúng ta bỏ quên mất là thực tế thậm chí toàn bộ Trái đất không thể xem là hệ cô lập với môi trường của nó. Chúng ta không nên quên rằng hầu như toàn bộ sự sống trên Trái đất, và do đó toàn bộ những cấu trúc có entropy thấp, là nhờ ánh sáng mặt trời. Khi chúng ta xét chung hệ Trái đất + Mặt trời, ta thấy entropy tổng đang tăng lên vì bức xạ Mặt trời tỏa ra không gian (chỉ một phần của chúng bị Trái đất hấp thụ) có nghĩa là entropy của nó đang tăng lên nhiều hơn so với lượng giảm tương ứng trên Trái đất.

Mũi tên thời gian

Toàn bộ câu chuyện này đưa chúng ta đến đâu? Tôi đã bắt đầu với việc nói về chiều mà thời gian chảy vào. Hãy nhớ rằng đây không phải là một chiều thật sự theo nghĩa bắc hoặc nam, hoặc thậm chí một chiều *trong thời gian*; nó là một chiều *của* thời gian và chỉ có

thể hướng theo một trong hai chiều (ngược nhau). Có hai cách chọn một mũi tên như thế: ta có thể hoặc xét hai sự kiện và hỏi xem sự kiện nào xảy ra trước hoặc, bằng cách xét một đại lượng đang biến thiên, ta có thể chọn một mũi tên của thời gian để hướng theo chiều tăng hoặc giảm của đại lượng đó.

Người ta thường khẳng định rằng lí do chúng ta “thấy” thời gian trôi theo chiều mà chúng ta thấy là bởi vì não của chúng ta, giống như những hệ vật chất khác, phải tuân theo định luật thứ hai của nhiệt động lực học. Như vậy, mũi tên triết lí của thời gian phải luôn luôn hướng theo chiều tăng entropy. Điều này cực kì mơ hồ. Việc đề xuất rằng entropy trong não của chúng ta đang tăng lên là sai. Giống như mọi hệ sinh học khác, não của chúng ta khai thác năng lượng để duy trì trạng thái entropy thấp của chúng. Với mức độ gần đúng thích hợp, entropy trong não của chúng ta giữ nguyên không đổi trong phần lớn cuộc đời của chúng ta.

Định luật thứ hai của nhiệt động lực học cho chúng ta một mũi tên của thời gian dường như khái quát hơn và ít chủ quan hơn mũi tên triết lí của thời gian mà bạn và tôi đã xây dựng nên trong ý thức của mình. Vì thế, chúng ta định nghĩa một cái gọi là *mũi tên nhiệt động lực học của thời gian*, nó luôn luôn hướng theo chiều tăng entropy. Vì chúng ta luôn thấy entropy xung quanh chúng ta tăng lên, nên *theo định nghĩa* mũi tên nhiệt động lực học sẽ hướng cùng chiều với mũi tên triết lí.

Vậy nếu một ngày đó entropy bắt đầu giảm ở mọi nơi trong Vũ trụ thì sao? Ta sẽ nói rằng mũi tên nhiệt động lực học đã đảo chiều. Cái gì xảy ra khi đó với mũi tên triết lí? Giờ thì nó có hướng theo chiều ngược lại hay không? Giờ thì chúng ta có thấy đường tan ngược, bộ bài ngổn ngang và khói thuốc từ khắp căn phòng gom lại một chỗ và biến mất vào trong đầu điều thuốc hay không?

Câu trả lời, theo một số người, là không. Ở đây họ viện dẫn quan niệm cho rằng quá trình tư duy của chúng ta, cái định nghĩa mũi tên triết lí, là những quá trình hóa học diễn ra trong não, và giống như mọi hệ vật chất khác, sẽ phải tuân theo định luật thứ hai. Nếu vì lí do gì đó entropy bắt đầu giảm ở *mọi nơi*, thì bao gồm cả não của chúng ta (và các quá trình tư duy) và mũi tên triết lí cũng sẽ đảo chiều. Tôi không chắc chắn vì, như tôi đã nói ở phần trước, tôi tin rằng não của chúng ta đấu tranh với cơn thủy triều tăng entropy ở bên ngoài. Tôi không rõ cho lắm cái gì sẽ xảy ra bên trong não của chúng ta nếu như entropy bắt đầu giảm ở mọi nơi khác.

Có hai mũi tên thời gian nữa tôi muốn đề cập tới, chúng phản ánh những loại khác nhau của quá trình không thuận nghịch trong vật lí học. Thứ nhất là mũi tên phép đo lường tử. Miễn là một hệ lượng tử, ví dụ một nguyên tử, là cô lập và chúng ta không cố gắng đo

những tính chất của nó, thì nó vẫn hoàn toàn thuận nghịch theo nghĩa các quá trình diễn ra bên trong nó có thể xảy ra theo chiều xuôi hoặc chiều ngược trong thời gian. Tuy nhiên, một khi chúng ta cố gắng khảo sát hệ (sử dụng một số thiết bị thực nghiệm như máy dò hạt để đo vị trí của một nguyên tử chẳng hạn) thì một chiều rõ ràng trong thời gian đã được chọn. Những tính chất nhất định đã bị thay đổi vĩnh viễn bởi tác dụng đo.

Nghiên cứu trong thời gian gần đây về ý nghĩa của cơ học lượng tử cho biết rằng mũi tên phép đo lượng tử về nguồn gốc rất giống với mũi tên nhiệt động lực học. Một cách khác định nghĩa sự tăng entropy là qua sự mất thông tin. Bằng thao tác lưu một tệp trên máy vi tính, bạn đang tạo ra trật tự và làm giảm entropy cục bộ. Cái ngược lại xảy ra khi bạn xóa một tệp. Bạn đang làm mất thông tin và entropy tăng lên. Giờ thì cái đang xuất hiện là mũi tên phép đo lượng tử xoay chuyển do sự mất thông tin tương tự ở cấp độ hạ nguyên tử. Theo ngôn ngữ kỹ thuật, người ta nói sự kết hợp lượng tử rò rỉ vào môi trường xung quanh hệ lượng tử khi nó được khảo sát, do đó làm tăng entropy của nó. Sự mất thông tin lượng tử như thế này hơi giống với cách một vật nóng rò rỉ nhiệt vào môi trường nguội hơn của nó.

Cuối cùng, tôi muốn nói tới một mũi tên thứ tư của thời gian trong ánh sáng của những kết quả thực nghiệm gần đây. Nó được gọi là mũi tên vật chất/phản vật chất. Trong một thí nghiệm khá tinh vi thực hiện tại máy gia tốc hạt CERN hồi năm 1998, người ta phát hiện thấy khả năng phản vật chất biến đổi thành vật chất cao hơn so với những khả năng ngược lại. Thí nghiệm trên, gọi là CP-LEAR (viết tắt của thí nghiệm chắn lẻ điện tích trong vòng trữ phản proton năng lượng thấp) không đi tới kết quả rõ ràng cho lắm. Những nhóm nghiên cứu đối địch trên khắp thế giới cho đến nay vẫn chưa bị thuyết phục. Nhưng nếu đúng, thì nó cho thấy rằng nếu bạn bắt đầu với một lượng vật chất và phản vật chất bằng nhau, ở dạng những hạt hạ nguyên tử gọi là kaon, thì một thời gian sau sẽ có ít kaon phản vật chất hơn số kaon vật chất bình thường. Điều này mang đến cho chúng ta một mũi tên thời gian ở cấp độ của những hạt này, hướng theo chiều phản vật chất biến mất dần.

Stephen Hawking phạm sai lầm

Không bao lâu sau khi tôi bắt đầu nghiên cứu tiến sĩ vào năm 1987, tôi vào thư viện trường đại học của mình làm cái việc gọi là tìm kiếm tài liệu. Tôi đang nghiên cứu một vấn đề vật lý có liên quan đến một phép tính toán học dài ngoằng mô tả cái xảy ra khi hai hạt nhân nguyên tử va chạm nhau, và tôi đang tìm một số tư liệu tham khảo trong các tập san khoa học liên quan đến nghiên cứu của tôi. Không thành công cho lắm trong việc tìm gặp một bài báo nhất định và có chút chán nản, tôi quyết định tìm kiếm bất kỳ bài báo khoa học nào của Stephen Hawking, chẳng vì lý do gì cả mà tôi cảm thấy nghiên cứu của ông về vũ

trụ học có thể mang lại một chút thư giãn cho bản thân mình. Tôi tìm gặp một bài báo của ông hồi hai năm trước đó, năm 1985, trong đó ông trình bày chiều của thời gian có thể đảo như thế nào nếu như Vũ trụ đã từng bắt đầu co lại. Vấn đề nghe có vẻ hứa hẹn. Tôi đã photo một bản của bài báo và đọc nó trên đường ngồi tàu về nhà.

Tôi chăm chú theo dõi những lập luận của vài trang đầu nhưng rất mau chóng bị sa lầy với toán học. Tuy nhiên, tối hôm đó, tôi quả quyết rằng ông đã sai, nhưng vì tôi không thể theo dõi hết các chi tiết toán học nên tôi không cảm thấy có đủ cơ sở an toàn. Xét cho cùng, ông là một nhà khoa học nổi tiếng thế giới còn tôi chỉ mới khởi nghiệp nghiên cứu sinh trong một lĩnh vực nghiên cứu khác. Mặc dù tôi không biết vào lúc ấy Hawking đã nhận ra rằng những kết luận của ông trong bài báo đó, cái đã thu hút sự chú ý lớn, là sai lầm. Tuy vậy, tôi nói đông dài như thế chủ yếu để chứng minh thời gian có thể khó hiểu và viển vông như thế nào nếu một người nào đó tầm cỡ như Stephen Hawking mà còn phạm sai lầm. Thật vậy, cái lỗi cuốn tôi là nhìn xem có bao nhiêu nhà khoa học nổi tiếng và chuyên gia thế giới khác có thể giữ những quan điểm hoàn toàn trái ngược về cái gì đó cơ bản như thế này³. Tất cả là do sự lộn xộn mà nhiều người hiểu về khái niệm entropy. Trước tiên, tôi sẽ mô tả ngắn gọn tại sao Hawking đi tới kết luận gây tranh cãi của ông.

Định luật thứ hai nhiệt động lực học nên áp dụng mà không cần suy xét ở mọi nơi trong Vũ trụ phát biểu rằng entropy của một hệ cô lập bất kì không thể giảm đi. Vậy thì tại sao không nên áp dụng nó cho toàn bộ Vũ trụ? Xét cho cùng, Vũ trụ ở mức tổng thể của nó được định nghĩa là một hệ cô lập vì chẳng có cái gì ở bên ngoài nó cả. Thật vậy, entropy của toàn bộ Vũ trụ thật sự đang tăng lên và hàm nghĩa rằng nó phải có trật tự hơn so với trước đây. Thật vậy, nó phải có một entropy tối thiểu lúc Big Bang và rồi xả dây cót, hay tăng lên, kể từ đó.

Tất nhiên, bạn có thể xem việc chúng ta nói về entropy của Vũ trụ tổng thể là có phần tham vọng, nếu không nói là ngạo mạn, nhưng vì chúng ta đang cố gắng xác định kích cỡ, hình dạng của tuổi của nó, vậy thì tại sao không xác định entropy của nó luôn? Để bắt đầu, tôi sẽ xét một vũ trụ “mô hình” đơn giản có ít cái phải làm với thực tại nhưng sẽ giúp chúng ta tìm hiểu xem định luật thứ hai có thể giữ vai trò gì trong sự phát triển của Vũ trụ. Hãy tưởng tượng một cái hộp kín trong đó tất cả các phân tử không khí tập trung lại ở một góc. Một cách có được như vậy là nếu như toàn bộ không khí ban đầu được giữ bên trong một cái chai đặt tại góc đó rồi sau đó có thể mở nắp chai từ xa. Entropy của cái hộp ở trạng thái ban đầu này là thấp vì cái chứa bên trong ở trạng thái có trật tự cao với toàn bộ không

³Kết luận ban đầu của Stephen Hawking và sự thừa nhận sai lầm của ông sau đó đã được người ta nói nhiều. Nhưng có những nhà vật lý khác, cũng lỗi lạc không kém, không hề đưa ra công khai sau khi lý thuyết của họ bị bác bỏ vì thiếu sự trung thực và lương thiện của Hawking. Chính Hawking từ nói rằng “nên có một tạp chí công khai trong đó các nhà khoa học có thể thừa nhận những sai lầm của mình. Nhưng có lẽ tạp chí đó sẽ chẳng có cộng tác viên nào.”

khí được giữ chặt bên trong cái chai.

Khi thời gian trôi qua, không khí sẽ thoát ra khỏi cái chai và lan khắp cái hộp làm cho entropy của nó tăng lên. Khi các phân tử không khí phân bố đều trong khắp cái hộp thì entropy sẽ ở giá trị tối đa và hệ được nói là ở trạng thái cân bằng. Trường hợp này tương đương với một bộ bài tây hoàn toàn bị xáo trộn. Có một xác suất hết sức nhỏ rằng một lúc nào đó về sau chúng ta sẽ thấy toàn bộ các phân tử ở vào trong chai trở lại.

Giờ hãy tưởng tượng cái hộp lớn hơn nhiều (ví dụ bằng cỡ một thiên hà). Với quá nhiều phân tử bên trong cái hộp, khối lượng chung của chúng đủ cho lực hấp dẫn có sự tác dụng. Cái có thể xảy ra là một nhóm trong số chúng có thể bị trôi giạt ngẫu nhiên đến gần hơn khoảng cách trung bình. Một khi điều này xảy ra, chúng ta sẽ thấy lực hấp dẫn chiếm ưu thế và làm cho chúng bị hút về phía nhau. Càng có nhiều phân tử co cụm lại thì sức hút hấp dẫn chung của chúng lên các phân tử xung quanh sẽ càng lớn. Sự co cụm do hấp dẫn như thế này cuối cùng sẽ làm cho toàn bộ không khí tụ lại thành những đồng có kích cỡ khác nhau trong toàn thể tích của cái hộp, với những khoảng không trống rỗng ở giữa chúng. Cái gì xảy ra với entropy lúc này? Chúng ta đã bắt đầu với những phân tử phân bố đều khắp thể tích và entropy ở giá trị tối đa và kết thúc ở cái trông tựa như một trạng thái có trật tự cao hơn, tựa như việc quét những chiếc lá mùa thu rơi gom thành từng đồng. Trông có vẻ như lực hấp dẫn đã làm cho định luật thứ hai bị vi phạm.

Không phải thế. Nếu bạn nghĩ sự tăng entropy là một quá trình đi tới kết thúc, thì vật chất ở đủ gần nhau để chịu lực hút hấp dẫn sẽ “xả dây cót” khi nó hút hấp dẫn với nhau. Một quả bóng nằm trên đỉnh đồi thì có entropy thấp. Khi nó lăn xuống đồi (do tác dụng của lực hấp dẫn), entropy của nó tăng. Chúng ta nói nó đang mất khả năng thực hiện công. Chúng ta đã học ở trường phổ thông rằng quả bóng nằm tại đỉnh đồi có thể năng chuyển hóa thành động năng khi nó lăn xuống. Theo kiểu tương tự như vậy, một món đồ chơi lên dây cót (cái tôi đã mô tả ở phần trước là có entropy thấp) có thể năng mất dần khi nó xả dây cót và entropy của nó tăng lên.

Như vậy, lực hấp dẫn làm tăng entropy, nhưng điều này vẫn không lí giải được làm thế nào entropy trong cái hộp tăng lên nếu ban đầu nó đã ở giá trị cực đại. Câu trả lời là suốt thời gian các phân tử cách đều nhau, lực hấp dẫn sẽ hút theo mọi chiều và triệt tiêu, và entropy ở giá trị cực đại. Nếu, do tình cờ (và cái gì cũng là có thể) các phân tử ở một vùng nhất định ở gần nhau hơn so với trung bình thì trạng thái này biểu diễn một sự lệch tạm thời khỏi trạng thái entropy cực đại (trạng thái cân bằng). Để cho định luật thứ hai áp dụng được cho tình huống trên, những phân tử này có hai chọn lựa: chúng có thể hoặc trôi giạt trở ra vị trí cân bằng ban đầu của chúng, hoặc chúng có thể hút hấp dẫn lên nhau tạo thành một cụm. Dù theo cách nào thì entropy cũng tăng trở lại giá trị cực đại. Cả hai kịch bản đều có thể

xem là sự kết thúc của hệ, nhưng giờ chúng ta có hai bức tranh thay thế của trạng thái entropy cực đại.

Giờ ta đã sẵn sàng đương đầu với Vũ trụ thực. Hawking bắt đầu lập luận của ông bằng cách phát biểu rằng Vũ trụ phải có entropy tối thiểu lúc Big Bang và, vì nó phải tuân theo định luật thứ hai của nhiệt động lực học, đã xả dây cót từ đó, tiến về phía một trạng thái có entropy cực đại. Ông đã phát triển một lí thuyết của Vũ trụ đòi hỏi nó phải kín và tin rằng nó chứa đủ vật chất để một ngày nào đó làm dừng sự giãn nở và làm cho nó co lại trong một Vụ Co Lớn. Hãy nhớ ở Chương 3 rằng đây là một kịch bản có thể có cho số phận của Vũ trụ mà chúng ta không thể bác bỏ. Phần còn lại của chương này sẽ giả sử rằng đây thật sự là số phận của Vũ trụ (cái hiện nay là không có khả năng, như chúng ta đã biết).

Trong mô hình của Hawking, điểm kì dị Vụ Nổ Lớn và Vụ Co Lớn là giống hệt nhau. Nói chung, trong cả hai trường hợp, toàn bộ vật chất và năng lượng trong Vũ trụ sẽ bị nén đến mật độ vô hạn và kích cỡ zero. Như vậy, nếu điểm kì dị Vụ Nổ Lớn ở một trạng thái entropy thấp, thì điểm kì dị Vụ Co Lớn cũng thế. Vì thế, khi Vũ trụ co lại, entropy của nó sẽ giảm trở lại và định luật thứ hai của nhiệt động lực học sẽ bị vi phạm trong pha này. Hawking tin rằng trạng thái giãn nở cực đại cũng biểu diễn trạng thái entropy cực đại. Như vậy, pha co lại của Vũ trụ sẽ là sự đảo ngược thời gian của pha giãn nở.

Nói theo mũi tên thời gian, nếu entropy bắt đầu giảm trong pha co lại thì mũi tên nhiệt động lực học phải đảo chiều (vì nó được định nghĩa là luôn luôn hướng theo chiều entropy *tăng*) và nếu mũi tên chủ quan (triết lí) của chúng ta luôn luôn cùng chiều với mũi tên nhiệt động lực học, thì thời gian của chúng ta cũng sẽ trôi ngược. Điều này có nghĩa là thay vì Vụ Co Lớn là một sự kiện trong tương lai của chúng ta, thì nó sẽ là một sự kiện trong quá khứ. Tất nhiên, tôi đang giả sử con người sẽ sống sót trong hàng tỉ năm trời cần thiết để đưa giả thuyết này vào kiểm tra, nhưng nếu chúng ta làm như thế thật ra chúng ta sẽ không nhìn thấy Vũ trụ đang co lại. Vì thời gian của chúng ta đang trôi ngược nên chúng ta nghĩ Vũ trụ vẫn đang giãn nở. Do đó, chúng ta cũng sẽ không nhìn thấy bất cứ sự vi phạm nào của định luật thứ hai của nhiệt động lực học. Rốt cuộc, theo chúng ta, entropy sẽ đang tăng như bình thường. Kết luận thú vị nhất thu được từ tình huống kì lạ này là Vũ trụ hiện nay có lẽ đang co lại, và chỉ vì chúng ta có mũi tên thời gian hướng theo chiều entropy tăng nên chúng ta tin tưởng một cách sai lầm rằng nó đang giãn nở!

Lúc ấy tôi đã không nhận ra, nhưng quan điểm đảo chiều thời gian như thế này trong một Vũ trụ đang co lại thật ra là của Thomas Gold hồi thập niên 1960. Hawking đã thử đặt quan điểm này lên một cơ sở lí thuyết chắc chắn hơn bằng cách viện dẫn đến bản chất lượng tử của hai điểm kì dị. Thật vậy, hành trạng của Vũ trụ khi nó ở gần sự giãn nở tối đa sẽ phải rất lạ trong bức tranh ban đầu của Hawking. Giả sử có một người sống sót từ pha giãn nở

qua pha co lại trong khi ở bên trong một phi thuyền vũ trụ khép kín. Mũi tên thời gian của cô ta sẽ bắt ngờ đảo chiều và cô ta sẽ không nhớ thời điểm giãn nở cực đại vì lúc này nó nằm trong tương lai của cô ta.

Giờ tôi sẽ mô tả sự phản bác của tôi đối với quan điểm này. Trước hết, Hawking đã sử dụng các từ “giãn nở”, “co lại” và “sống sót qua thời kì giãn nở cực đại vào pha co lại”. Ngôn từ như thế hàm ý rằng phải có một mũi tên thời gian độc lập, bên ngoài, hướng từ Vụ Nổ Lớn đến Vụ Co Lớn. Nếu không sẽ chẳng có gì để phân biệt giữa hai hiện tượng và chúng ta không thể nói cái nào “có trước” cái nào. Khi khẳng định chúng ta có thể suy nghĩ “sai lầm” rằng chúng ta đang sống trong pha giãn nở nhưng “thật ra” đang ở trong pha co lại, chúng ta cần có một thời gian bên ngoài có tác dụng như một quan tòa và cho chúng ta biết Vũ trụ thật sự đang diễn biến ra sao. Chúng ta biết không có mũi tên nào như thế và việc đề xuất một thời gian có thể tồn tại như vậy làm nhớ lại phần trình bày trước đây của tôi về một thời gian giả thuyết bên ngoài chúng ta cần có để dựa trên đó đo tốc độ trôi của thời gian của chúng ta. Và nếu không có một chiều thời gian ưu tiên nào để đánh dấu pha giãn nở và co lại thì Vụ Co Lớn thật ra sẽ tương đương với Vụ Nổ Lớn và cũng sẽ đánh dấu sự bắt đầu của thời gian. Vì thế, chúng ta sẽ có thời gian trôi từ cả hai điểm kì dị, theo chiều ngược nhau, về phía “kết thúc của thời gian” lúc giãn nở cực đại.

Tôi muốn làm sáng tỏ vấn đề sự kết thúc của thời gian này bằng cách xét số phận của con người còn sống sót trong một phi thuyền vũ trụ ở gần thời điểm giãn nở cực đại. Cô ta tính được rằng Vũ trụ sẽ đạt tới sự giãn nở cực đại vào lúc ba giờ chiều hôm ấy (ta gọi đó là T_{max}). Cô ta nhận thức được rằng mũi tên thời gian của mình sắp đảo chiều. Lúc ba giờ kém một giây, mọi thứ vẫn bình thường và cô ta biết mình còn một giây nữa. Cái gì sẽ xảy ra hai giây sau đó? Lúc này là ba giờ quá một giây và chúng ta đang ở trong pha co lại. Nếu như mũi tên thời gian của cô ta lúc này đã đảo chiều và mọi quá trình bên trong phi thuyền vũ trụ đang chạy ngược thì đồng hồ của cô ta lúc này sẽ trở lại chỉ ba giờ kém một giây. Cô ta sẽ vẫn nghĩ rằng Vũ trụ hãy còn một giây giãn nở nữa.

Ngay cả lúc ba giờ kém một phần triệu giây ở phía bên này của T_{max} sẽ vẫn chẳng có gì xảy ra khác thường, nhưng hai phần triệu giây sau đó cô ta sẽ vẫn tin rằng T_{max} còn cách một phần triệu giây nữa. Chúng ta có thể tiến gần đến T_{max} như chúng ta muốn nhưng sẽ không bao giờ có một thời điểm sau đó nữa. Nó thật sự đánh dấu sự kết thúc của thời gian.

Những phản bác trên không chứng minh rằng Hawking là sai mà ngôn ngữ ông sử dụng đã giả sử trước một mũi tên thời gian nữa không đổi chiều lúc T_{max} , và không có cái gì để tham chiếu với nó cả.

Sau khi thảo luận lí thuyết của ông với các đồng nghiệp, Hawking sớm nhận ra rằng Vũ trụ không cần quay trở lại một trạng thái entropy thấp lúc Vụ Co Lớn và do đó sẽ không phải đảo chiều mũi tên thời gian của chúng ta. Entropy của Vũ trụ có thể tiếp tục tăng từ pha giãn nở qua pha co lại. Thật không may, Hawking đã bị mắc chứng liệt thần kinh vận động và không thể viết một bài báo đọc nhanh giải thích sai lầm của ông. Tôi nhớ như in lúc đọc quyển sách best-seller của ông *Lược sử thời gian* trong lúc ngồi trên xe lửa đi làm lúc một hai năm sau khi nó được xuất bản – một người bạn đã mua tặng tôi một quyển in bìa mềm tại sân bay New Delhi trước khi nó có mặt tại Anh quốc khá lâu – và tôi nhớ cái cảm giác vừa bất ngờ vừa khâm phục trước sự trung thực của Hawking. Tôi nhớ nhất là cái vẻ mặt ngượng ngịu cười ngu ngơ của mình đã thu hút sự chú ý của những hành khách khác trên xe.

Vậy thì làm thế nào chúng ta hiểu sự khác biệt giữa Vụ Nổ Lớn entropy thấp và Vụ Co Lớn entropy cao? Một lời giải thích là không gian ở gần hai điểm kì dị đó có dạng hình học khác nhau. Suy nghĩ hiện nay là các lỗ đen là những cái hồ chứa entropy. Chúng càng lớn thì entropy của chúng càng cao. Vì Vụ Co Lớn có thể xem là một lỗ đen tối hậu đã nuốt chửng toàn bộ Vũ trụ, nên nó phải có một entropy cực kì cao. Vụ Nổ Lớn, trái lại, giống với một lỗ trắng và sẽ có entropy rất thấp.

Tuy nhiên, lời giải thích này không thỏa đáng cho lắm. Rốt cuộc thì lực hấp dẫn từ đâu mà có? Sự giãn nở xảy ra trong cái gì? Và làm thế nào Vũ trụ ở trong một trạng thái entropy thấp như thế lúc ban đầu?

Thoạt nhìn, có vẻ như Vũ trụ lúc ấy ở trong một trạng thái entropy thấp. Các ngôi sao là những điểm nóng trong không gian phát xạ nhiệt của chúng vào môi trường xung quanh của chúng và làm cho entropy tăng lên (hãy nhớ quan điểm truyền nhiệt là một cách định nghĩa entropy). Khi một ngôi sao ngừng tỏa sáng, nó đã hoàn toàn cạn kiệt và sẽ ở trong một trạng thái entropy cao (cho dù nó có biến thành một lỗ đen hay không). Vì thế, sẽ có một thời điểm trong tương lai xa xôi khi tất cả các ngôi sao đã cháy hết và bức xạ của chúng sẽ phân bố đều khắp không gian (entropy cao). Tuy nhiên, ở đây có một trở ngại nghiêm trọng, cái các nhà vật lí đã vật vã chiến đấu với mức độ thành công khi nhiều khi ít. Trước khi các ngôi sao và thiên hà hình thành trong Vũ trụ sơ khai, Vũ trụ đã ở trong một trạng thái cân bằng nhiệt, với năng lượng của nó phân bố đều đến mức không có vùng không gian nào nóng hơn vùng không gian nào. Chắc chắn đây là một trạng thái entropy cực đại! Vậy thì cái gì làm cho các ngôi sao hình thành lúc ban đầu?

Có một đề xuất như thế này: Đúng là Vũ trụ đã bắt đầu ở một trạng thái entropy cực đại, nhưng khi đó nó cũng rất nhỏ. Entropy mà nó có là cực đại có thể có đối với vũ trụ kích cỡ đó. Sau đó Vũ trụ trải qua một thời kì giãn nở nhanh (lạm phát) và lượng entropy cực đại

mà nó *có thể* có tăng lên đáng kể. Tuy nhiên, entropy thật sự của nó nhanh chóng rơi sau giá trị cực đại có thể có này tạo ra một “khe entropy”.

Trong quyển sách *Tư duy Mới của Hoàng đế* của ông, Roger Penrose đã phê bình quan điểm này với việc khẳng định rằng tình huống đảo ngược thời gian cũng nên áp dụng nếu và khi Vũ trụ cuối cùng co lại đến một Vụ Co Lớn. Khi nó co lại, khe entropy sẽ giảm cho đến khi một lần nữa nó đạt tới kích cỡ trong đó entropy là cực đại có thể có. Bất kì sự co lại nào thêm nữa cũng sẽ làm nén entropy xuống thêm, vi phạm định luật thứ hai.

Vậy làm thế nào chúng ta có thể hiểu sự bất đối xứng này giữa hai điểm kì dị? Lực hấp dẫn có thể mang lại nó hay không? Một sự khác biệt rõ ràng giữa pha giãn ra và pha co lại là ở pha giãn ra sẽ có một số điều kiện ban đầu nào đó làm cho Vũ trụ giãn ra lúc ban đầu. Mặt khác, pha co lại toàn bộ là do lực hút hấp dẫn của vật chất bên trong Vũ trụ. Như vậy, nguồn gốc vật lí của sự giãn nở và sự co lại là khác nhau. Nhưng người ta sẽ hài lòng nếu có thể giải thích sự phát triển của Vũ trụ theo khái niệm entropy.

Một khác biệt nữa ít được nói tới là một vũ trụ co lại rất lâu rồi sẽ không còn ngôi sao nào cháy sáng nữa. Nó sẽ gồm toàn là bức xạ nền lạnh lẽo, nhưng ngôi sao chết và những lỗ đen. Rõ ràng là một diện mạo entropy cao. Nhưng đây không phải là kịch bản khả dĩ duy nhất. Chúng ta hãy giả sử cho đơn giản rằng Vũ trụ đang co lại đó chỉ chứa ánh sáng (photon) năng lượng thấp và các lỗ đen. Hawking đã chứng minh rằng các lỗ đen bay hơi và do đó chúng ta có thể tưởng tượng một vũ trụ thật già – một vũ trụ có vừa đủ vật chất để nó co lại, nghĩa là lực hấp dẫn phải mất một thời gian rất lâu mới làm ngừng và đảo ngược sự giãn nở - đến mức tất cả các lỗ đen có thể đã bay hơi hết. Chúng có để lại phía sau những điểm kì dị, trần, trống rỗng hay không thì chưa rõ, nhưng nếu chúng không để lại gì thì Vũ trụ cuối cùng chỉ gồm toàn là bức xạ lạnh lẽo.

Một lời giải có thể có

Tôi vẫn chưa giải thích các ngôi sao và thiên hà có thể hình thành như thế nào lúc ban đầu. Điều này chỉ có thể xảy ra nếu như có những điểm kì dị, hay nếp gấp, trong cấu trúc của không gian làm cho vật chất tại đó đậm đặc hơn mức trung bình. Miễn là không gian không giãn ra quá nhanh, cái lúc này không thể tránh được là vật chất trong những vùng đó sẽ cụm lại thêm nữa. Ở đây tương tự như ví dụ các phân tử không khí ở trong hộp mà tôi đã trình bày ở phần trước. Trong trường hợp đó, thể tích bên trong cái hộp không giãn ra, và những vùng có mật độ hơi cao hơn phát sinh do sự ngẫu nhiên thuần túy. Trong Vũ trụ sơ khai, những vùng có vật chất cụm lại với nhau đó cuối cùng sẽ nóng lên đến mức sự nhiệt hạch hạt nhân khởi phát và các ngôi sao ra đời. Tuy nhiên, lượng gấp nếp phải là

vừa đủ. Nếu quá ít thì vật chất sẽ không bao giờ co cụm lại và các thiên hà và các ngôi sao (do đó cả chúng ta nữa) sẽ không bao giờ hình thành. Mặt khác, nếu không gian bị gấp nếp quá nhiều thì mật độ cao của vật chất trong những vùng đó nhanh chóng mang lại sự ra đời của những lỗ đen khổng lồ.

Cho dù chúng ta không hiểu nguồn gốc của những kì dị này, nhưng ít nhất chúng ta nên đi tìm bằng chứng thực nghiệm rằng chúng tồn tại trong Vũ trụ sơ khai. Người ta đã dự đoán trên lí thuyết rằng chúng sẽ trình hiện dưới dạng những biến thiên nhiệt độ nhỏ xíu trong bức xạ nền vi sóng, cái tôi đã đề cập ở Chương 3, là ánh le lói của Big Bang. Tuy nhiên, hiệu ứng này phải thật nhỏ để nó không thể bị phát hiện ra từ Trái đất. Hồi năm 1992, NASA đã công bố rằng vệ tinh COBE (viết tắt của Tàu thám hiểm Bức xạ nền Vũ trụ) đã phát hiện ra một sự chênh lệch trong nhiệt độ của bức xạ nền với độ lớn vừa đúng. Khám phá trên được xem là bằng chứng cuối cùng rằng mô hình Big Bang là đúng. Tuy nhiên, một số nhà thiên văn học cho rằng phát biểu như vậy là quá cường điệu và rằng COBE chẳng làm gì hơn là ủng hộ các quan niệm của chúng ta về sự hình thành thiên hà.

Vậy thì mọi thứ có khớp với nhau không? Entropy của Vũ trụ có bắt đầu từ một giá trị thấp lúc Big Bang không? Nó có tiếp tục tăng lên hay không dẫn rằng Vũ trụ một ngày nào đó sẽ lại đến một Vụ Co Lớn, và do đó mang lại cho chúng ta một mũi tên thời gian không đảo chiều? Tôi tin như thế, tất nhiên giả sử rằng Vũ trụ một ngày nào đó sẽ co lại (không có khả năng đâu, tôi biết vậy).

Ngay sau Big Bang, Vũ trụ nóng bỏng và giàu năng lượng, và do đó ở trong một trạng thái có entropy thấp. Khi nó giãn ra, nó nguội đi. Entropy của nó tăng nhanh, nhưng không phải do sự truyền nhiệt mà vì năng lượng của nó có thể xem là đã sử dụng hết để thực hiện công cho sự giãn nở.

Khi Vũ trụ nguội đi, một phần nhỏ năng lượng của nó trở nên bị khóa bên trong các nguyên tử hydrogen. Sau đó, nhờ sự gấp nếp trong không gian mang lại những hạt mầm cho sự hình thành sao, lực hấp dẫn sớm có thể làm cho những nguyên tử này co cụm lại với nhau để hình thành các thiên hà và các ngôi sao bên trong chúng. Rồi nó cung cấp phương tiện để khai thác năng lượng này bên trong các nguyên tử qua sự nhiệt hạch hạt nhân.

Nếu các thiên hà và các sao đã không ra đời, thì Vũ trụ đã tận diệt trong một cái chết nhiệt cách nay lâu rồi. Lúc này nó đã là một nơi tối đen lạnh lẽo. Năng lượng khóa bên trong các ngôi sao đúng là đang trì hoãn cái không thể tránh được đó. Hiểu theo một nghĩa nào đó thì cái chết nhiệt của Vũ trụ đã xảy ra rồi. Các thiên hà thật ra chỉ là những cái túi nhỏ cô lập cản trở sự tăng nhanh entropy xung quanh chúng. Bức xạ nền vi sóng với nhiệt

độ của nó chỉ ba độ trên không độ tuyệt đối là bằng chứng rằng Vũ trụ gần như hoàn toàn đã xả hết dây cót.

Một số tác giả từng khẳng định rằng cái chết nhiệt của Vũ trụ sẽ không bao giờ xảy ra cho dù nó có tiếp tục giãn nở mãi mãi. Họ cho rằng vì không gian sẵn có cho vật chất trong Vũ trụ luôn luôn tăng lên, nên sẽ luôn luôn có thêm chỗ cho nó phân tán vào. Lập luận này là sai. Một khi vật chất và bức xạ phân tán đều khắp không gian thì bất cứ sự giãn nở thêm nào sẽ chỉ làm giảm mật độ (lượng vật chất có trong một thể tích cho trước). Nó sẽ không làm thay đổi trạng thái cân bằng.

Nếu như Vũ trụ đã được trù định sẽ co lại dưới sức hút hấp dẫn của riêng nó, thì đây sẽ tiêu biểu cho một sự tăng nữa của entropy. Cho dù toàn bộ những gì nó chứa khi đó là bức xạ lạnh lẽo đi nữa cũng chẳng sao vì không cần thiết có sự co cụm hấp dẫn theo nghĩa thông thường. Vụ Co Lớn không giống như sự hình thành các thiên hà trong Vũ trụ sơ khai. Trong pha co lại, toàn bộ Vũ trụ đang khép kín trên chính nó. Cách tốt nhất để mô tả là hãy nghĩ Vũ trụ giống như một cái lò xo. Sự giãn nở giống như sự kéo căng lò xo. Nếu nó bị kéo căng quá mạnh thì nó sẽ không bao giờ trở lại trạng thái cuộn ban đầu của nó nữa. Nếu nó bị kéo nhẹ nhàng hơn một chút, thì nó sẽ tự hút lại và nén bật vào bên trong. Tương tự như vậy, Vũ trụ lúc giãn nở cực đại vẫn có thể năng hấp dẫn. Khi nó co lại, entropy của nó vẫn tăng lên. Entropy đạt tới cực đại lúc Vụ Co Lớn đánh dấu sự kết thúc của thời gian; đầu nhọn của mũi tên nhiệt động lực học của thời gian.

Lí giải trên đây có phần quá đơn giản hóa. Tôi từng đề cập rằng cho đến nay chưa hề có sự nhất trí thật sự nào về những mũi tên thời gian trong vũ trụ học và phần lí giải tôi vừa nêu ra còn lâu mới là lời giải thích cuối cùng cho vấn đề trên.

Giờ thì bạn đã thấy thời gian khó hiểu như thế nào khi xem nó là một khái niệm riêng, cuối cùng bạn đã sẵn sàng làm quen với thuyết tương đối đặc biệt của Einstein trong đó ông đã trói buộc thời gian với không gian thành không thời gian bốn chiều. Đừng quá lo lắng bạn nhé. So với những huyền thuyên siêu hình học thường không thực tế của chương này, thuyết tương đối đặc biệt sẽ là một làn gió mới trong lành.

Tôi cảm thấy mình là kẻ đa nghi.

6

THỜI GIAN EINSTEIN



“Ah! điều đó giải thích cho nó,” Hattler nói. “Nó sẽ không ngừng chạy. Giờ nếu bạn xử trí đúng, nó sẽ làm hầu như bất cứ cái gì bạn thích với cái đồng hồ... bạn có thể để một giờ rưỡi bao lâu như bạn thích.”

Lewis Carroll, *Những cuộc phiêu lưu của Alice trong xứ sở thần kì*

Thuyết tương đối đặc biệt có gì đặc biệt?

Ở một góc độ nào đó, chương này là nội dung chính của tập sách. Trước đây, tôi đã yêu cầu bạn tưởng tượng ra những chiều cao hơn, hi vọng bạn chấp nhận lực hấp dẫn có thể uốn cong không gian và thời gian và dùng lời của tôi mô tả cái chúng ta nghĩ sẽ xảy ra như vậy nếu rơi vào trong một lỗ đen. Tuy nhiên, tôi chưa trình bày đủ chiều sâu để bạn đánh giá đúng hoàn toàn sự lí giải hợp lí đã dẫn tới chúng, việc đó nằm ngoài phạm vi của quyển sách này. Chương này thì khác. Tôi không thể bỏ sang một bên sự lí giải dẫn chúng ta đến quan điểm không gian và thời gian mà Einstein đã nêu cho chúng ta thấy. Đây là chỗ bạn sẽ thấy rõ thiên tài đích thực của ông và, tôi hi vọng, bạn sẽ đánh giá đúng những kết luận không thể tránh khỏi, nhưng bất ngờ, mà ông buộc phải đi tới.

Mười năm trước khi công bố thuyết tương đối tổng quát của ông vào năm 1915, Einstein đã trình bày, qua quy luật lôgic tất yếu, thời gian và không gian liên hệ với nhau như thế nào. Như chúng ta sẽ thấy, đây là chỗ quan niệm thời gian là chiều thứ tư xuất hiện. Nó được gọi là thuyết tương đối đặc biệt của ông, và chỉ sau khi ông đã hiểu rõ cấu trúc của “không thời gian” này ông mới có thể chuyển sự chú ý của mình sang thuyết tương đối tổng quát trong đó ông trình bày lực hấp dẫn có thể uốn cong nó như thế nào.

Einstein công bố lí thuyết tương đối đặc biệt của ông (ngày nay gọi đơn giản là thuyết tương đối hẹp) trước thế giới vào năm 1905 lúc ở độ tuổi hai mươi. Nhưng ông đã đương đầu với những khái niệm dẫn tới nó kể từ thời ông còn niên thiếu. Thuyết tương đối đặc biệt là cái xây dựng nên tên tuổi Einstein ngày nay, mặc dù vài năm sau đó nó đã bị thay thế bởi thuyết tương đối tổng quát khái quát hơn nhiều, và thật ra chính sự xác nhận thực nghiệm của thuyết tương đối tổng quát mới biến Einstein thành một cái tên của mọi nhà. Bài

báo của Einstein về thuyết tương đối đặc biệt thậm chí còn không được xem là tác phẩm quan trọng nhất của ông trong cái năm nó được công bố. Sự tác động của nó phải mất thời gian mới thấm nhuần. Hãy nhớ rằng ông đã được sự công nhận của ủy ban giải thưởng Nobel cho công trình nghiên cứu của ông chứng minh rằng ánh sáng là gồm những hạt nhỏ. Vậy thì cái gì ở thuyết tương đối đặc biệt khiến nó đặc biệt như thế?

Những lí giải phổ biến về thuyết tương đối đặc biệt thường cố đánh lừa bạn rằng nó là lí thuyết đã mang đến cho chúng ta phương trình nổi tiếng

$$E = mc^2$$

Điều này là đúng, và chính công thức đơn giản này đã đưa chúng ta, chẳng biết tốt hơn hay tệ hơn, bước vào kỉ nguyên hạt nhân. Tuy nhiên, thuyết tương đối đặc biệt sâu sắc hơn thế nhiều. Nói như trên có chút giống như việc mô tả cách mạng công nghiệp là cái đã mang đến cho chúng ta động cơ hơi nước. Trên thực tế, cuộc cách mạng công nghiệp có ý nghĩa lớn hơn nhiều so với một phát minh. Không những nó đã chuyển dịch lực lượng chính trị từ chủ đất sang nhà tư bản công nghiệp, mà sự phát triển sau đó của động cơ đốt trong và điện lực còn mang đến một sự thay đổi hoàn toàn trong cuộc sống của những con người bình thường. Tương tự như vậy, thuyết tương đối đặc biệt có ý nghĩa hơn nhiều so với phương trình $E = mc^2$. Nó báo trước một cuộc cách mạng trong vật lí học. Nó cho thấy làm thế nào và tại sao những quan niệm cũ của không gian và thời gian phải bị chôn vùi và bị thay thế bởi những khái niệm mới mẻ và xa lạ mà cho đến nay chúng ta vẫn không thể làm lung lay “những quan niệm cũ” ấy. Không gian và thời gian mà đa số mọi người chào đón theo “nghĩa chung” đã bị Einstein chứng minh là sai lầm. Kể từ đó, mọi thí nghiệm từng được người ta nghĩ ra chỉ xác nhận, với độ chính xác tăng dần, rằng ông đã đúng. Chúng ta sẽ thấy trong chương này tại sao nhiều người cảm thấy khó chấp nhận những quan điểm của ông, thậm chí cả một trăm năm sau đó.

Newton được mệnh danh là người đã dệt nên toàn bộ nền vật lí cổ điển với các định luật của ông về chuyển động. Những định luật này mô tả các vật chuyển động như thế nào và các lực như lực hấp dẫn ảnh hưởng đến chúng như thế nào bằng cách làm cho chúng tăng tốc, giảm tốc hoặc đổi hướng. Quen thuộc nhất trong số những định luật này có lẽ là định luật thứ ba. Có lẽ bạn còn nhớ nó là định luật nói về mỗi tác dụng có một phản tác dụng bằng về độ lớn và ngược chiều. Tuy nhiên, chính định luật thứ hai mới là quan trọng nhất và cơ bản nhất – có một sự trùng hợp thuần túy ngẫu nhiên là định luật quan trọng nhất trong lĩnh vực nhiệt động lực học cũng là định luật thứ hai – và nó mô tả một vật sẽ hành xử như thế nào khi bị tác dụng lực.

Toàn bộ những vật đang chuyển động có thể chia làm hai loại: những vật không chịu tác dụng của lực nào, và do đó hoặc là đứng yên hoặc chuyển động theo đường thẳng với tốc độ không đổi, và những vật đang chịu tác dụng của những lực nào đó làm cho chúng thay đổi tốc độ hoặc đổi hướng chuyển động. Ví dụ thuộc loại thứ hai này gồm những vật đang rơi, một chiếc xe đang tăng tốc hoặc đang phanh, một chiếc xe rẽ ở một góc đường, hay cả một quả bóng đang lăn trên một bề mặt bằng phẳng vì sức cản của gió và ma sát là hai lực làm cho quả bóng chuyển động chậm dần. Các định luật Newton của chuyển động bao quát mọi trường hợp trên với độ chính xác trong đa số những tình huống hàng ngày là rất ấn tượng.

Lí thuyết tương đối của Einstein sâu sắc hơn nhiều so với việc đơn thuần phát biểu các định luật của chuyển động. Lí do ông cần đến hai lí thuyết là vì ông phải phân biệt giữa hai loại chuyển động ở trên. Những vật đang chuyển động tự do ở tốc độ không đổi và không có mặt lực hấp dẫn được mô tả bằng thuyết tương đối đặc biệt. Một khi lực hấp dẫn hiện diện, ta phải chuyển sang thuyết tương đối tổng quát.

Bạn đã thấy định luật hấp dẫn Newton chỉ là một sự gần đúng với thuyết tương đối tổng quát chính xác hơn, tuy nhiên nó hoạt động rất tốt trong những trường hấp dẫn yếu như trường hấp dẫn của Trái đất. Tương tự, các định luật Newton của chuyển động chỉ là những gần đúng với thuyết tương đối đặc biệt, nhưng sự khác biệt lúc này sẽ chỉ xuất hiện khi các vật chuyển động ở những tốc độ rất cao. Đối với đa số mục đích trong cuộc sống hàng ngày, độ chính xác của cơ học Newton là đủ cho chúng ta rồi. Ngay cả NASA cũng dùng các định luật Newton để tính toán đường đi của tên lửa lên Mặt trăng, và tên lửa có lẽ là những vật thể chuyển động nhanh nhất mà đa số mọi người có thể nghĩ tới. Rõ ràng, tôi đang nói tới những tốc độ cao, cao hơn nhiều so với những tốc độ thu được bởi các tên lửa ngày nay, tại đó các định luật Newton không còn đúng nữa. Thật vậy, chỉ đối với những vật đang chuyển động với tốc độ bằng một phần tốc độ ánh sáng (chừng ba trăm nghìn kilomet mỗi giây) thì mới cần đến thuyết tương đối đặc biệt. Trong phần tiếp sau đây, tôi sẽ thường sử dụng ví dụ những vật đang chuyển động ở gần tốc độ ánh sáng. Đây chỉ là để những hiệu ứng tương đối tính trở nên rõ ràng hơn, và bạn không nên bám theo những ví dụ này.

Thuyết tương đối đặc biệt thường được lí giải theo vài cách khác nhau. Cách thông thường là suy luận ra một tập hợp những phương trình đại số gọi là các phương trình biến đổi Lorentz. Đừng lo lắng, ở đây chúng ta không đi theo lộ trình này đâu. Cách thứ hai là sử dụng những loại đồ thị đặc biệt gọi là sơ đồ không thời gian. Nhiều tác giả của những quyển sách không chuyên về thuyết tương đối sử dụng những đồ thị đó vì họ cảm thấy chúng dễ lí giải hơn những phương trình trừu tượng. Nhìn ở một góc độ nào đó thì điều này là đúng. Đa số mọi người đã quen nhìn các đồ thị thuộc loại này hay loại khác. Báo chí và truyền hình thể hiện cơ hội của các đảng phái chính trị tham gia trưng cầu dân ý hoặc sự thăng giáng giá

cả trên thị trường chứng khoán. Đa số công ti trình bày số liệu trong báo cáo thường niên của họ bằng đồ thị hình cột, hình bánh, và biểu đồ. Những phương pháp hình học như thế có thể mang tải nhiều thông tin và dễ giải thích. Nhưng sơ đồ không thời gian thì là chuyện khác. Nếu bạn có xu hướng nghiêng về toán học, có lẽ bạn sẽ thấy chúng rất hữu ích. Nhưng nếu bạn không thích toán học, thì chúng gần như không thể lĩnh hội giống như các phương trình đại số vậy. Vì thế, tôi sẽ chọn lộ trình thứ ba để giải thích các quan điểm của Einstein: tôi sẽ tự hạn chế mình chỉ dùng lời mô tả thôi.

Vậy thì toàn bộ câu chuyện ồn ào này là nói về cái gì? Bạn có thể tự hỏi tại sao tôi không tiếp tục ngay và giải thích nó thay vì nói nhăng nói cuội chán phèo. Nhưng thuyết tương đối đặc biệt đáng để tôn vinh. Các kết luận của nó mang lại chất liệu cho nhiều tiểu thuyết viễn tưởng, và đồng nghĩa với tên tuổi của Einstein. Lấy ví dụ, tôi sẽ nêu trích dẫn hai câu hỏi thường được nêu ra nhất trong toàn ngành vật lý hiện đại. Cả hai đều là kết quả trực tiếp của thuyết tương đối đặc biệt. Đó là:

- Tại sao không có cái gì có thể chuyển động nhanh hơn tốc độ ánh sáng?
- Tại sao đồng hồ chạy chậm đi khi chúng chuyển động rất nhanh? (Câu hỏi này chẳng có liên quan gì với đồng hồ báo thức bị vứt không thương tiếc trong phòng ngủ)

Khi tôi bắt gặp những câu hỏi này, câu trả lời của tôi thường là người nêu câu hỏi thật sự cần học một khóa về thuyết tương đối đặc biệt nếu họ chạm sâu tới đáy của vấn đề. Vì có một số bước logic bạn cần phải lĩnh hội trước khi bạn có thể bị thuyết phục. Trong chương này, tôi sẽ dẫn dắt bạn đi qua những bước đó. Nếu bạn không quan tâm đến câu trả lời cho những câu hỏi này và vui vẻ chấp nhận chúng, vì điều khá đúng là chẳng có cái gì có thể chuyển động nhanh hơn tốc độ ánh sáng và chúng ta thật sự nhìn thấy các đồng hồ đang chuyển động nhanh chạy chậm đi, thì bạn có thể không cần đọc vài trang tiếp theo, nhưng vì tôi đã trình bày tới đây rồi nên tôi tin tưởng bạn sẽ tiếp tục kiên nhẫn.

Tính hai mặt của ánh sáng

Tôi đã trình bày những tính chất kì lạ của ánh sáng lúc bắt đầu Chương 4 để giới thiệu về các lỗ đen. Lúc này tôi cần trở lại với đề tài ánh sáng, không phải chỉ vì nó “hữu ích” mà vì nó là cơ sở của toàn bộ thuyết tương đối đặc biệt.

Vào cuối thế kỉ thứ 19, Thomas Young (người Anh đã chứng minh Newton sai khi nói ánh sáng là gồm những dòng hạt) và James Clerk Maxwell (người Scotland đã khám phá ra ánh sáng là sóng điện từ) đã vượt qua mọi nghi ngờ chứng minh rằng ánh sáng hành xử kiểu sóng. Ngày nay, có vô số thí nghiệm bộc lộ rõ ràng và đẹp đẽ bản chất sóng của ánh

sáng. Đúng là cơ học lượng tử đã chứng minh rằng ánh sáng, trong những trường hợp nhất định, cũng có thể hành xử giống như một dòng hạt, trong phần sau đây, chúng ta cần đến bản chất sóng của nó.

Một tính chất quan trọng của sóng là chúng cần một cái gì đó để truyền; một môi trường qua đó các dao động có thể truyền đi. Khi bạn nói chuyện với ai đó đang đứng gần bạn, thì sóng âm đi từ miệng của bạn đến tai của anh ta cần không khí ở giữa để truyền. Tương tự như vậy, sóng nước trên mặt biển cần có nước, và “chỗ lồi” truyền dọc theo chiều dài sợi dây khi nó bị khều nhẹ ở một đầu thì cần có sợi dây. Rõ ràng không có môi trường mang sóng đi thì sẽ không có sóng. Đây là nguyên do thuyết phục các nhà vật lý thế kỉ 19 rằng ánh sáng, đã được chứng minh là sóng, cũng cần một môi trường truyền. Và vì không ai từng nhìn thấy một môi trường như vậy, nên họ phải nghĩ ra một cách chứng minh sự tồn tại của nó.

Môi trường đó được gọi là ether truyền sáng - không nên nhầm lẫn với chất hữu cơ thường dùng làm thuốc tê – và cuộc săn tìm nó bắt đầu. Nếu như nó tồn tại thì nó phải có những tính chất nhất định. Trước tiên, nó phải thấm đẫm toàn bộ không gian để ánh sáng phát ra từ các ngôi sao có thể đi tới chúng ta. Nó phải tồn tại ở mọi nơi, kể cả trong không gian trống rỗng bên trong các nguyên tử. Một tính chất quan trọng của ether là nó không thể tương tác với các đối tượng vật chất và do đó không thể bị kéo theo cùng với chúng khi chúng chuyển động. Điều này đã được xác nhận tận hồi năm 1729 do một tính chất của ánh sáng gọi là quang sai.

Người ta chẳng biết thêm gì khác về ether. Người ta hi vọng mọi thứ sẽ rõ ràng hơn với những tiến bộ đạt được trong lĩnh vực nghiên cứu quang học. Tuy nhiên, chưa ai sẵn sàng cho cái sắp xảy ra cả.

Vào năm 1907, A A Michelson trở thành người Mỹ đầu tiên giành giải Nobel vật lý cho một thí nghiệm ông đã thực hiện hồi thập niên 1880 cùng với E W Morley. Có lẽ đó là thí nghiệm nổi tiếng nhất trong lịch sử vật lý. Michelson đã phát minh ra một dụng cụ gọi là giao thoa kế hoạt động dựa trên bản chất sóng của ánh sáng để đo thời gian cần thiết cho một chùm ánh sáng đi hết một quãng đường nhất định. Bằng cách sử dụng khéo léo giao thoa kế của ông để đo xem những chùm ánh sáng chuyển động nhanh như thế nào, ông đã chứng minh không một chút nghi ngờ rằng ether không hề tồn tại!

Một thực tế trong vật lý học là mọi sóng truyền đi ở một tốc độ không phụ thuộc vào tốc độ của nguồn sóng. Hãy nghĩ tới âm thanh của một chiếc xe hơi đang chạy nhanh đến gần. Sóng âm sẽ đi tới tai bạn trước chiếc xe vì chúng truyền đi nhanh hơn, nhưng tốc độ của chúng liên quan đến các phân tử không khí có thể truyền chúng đang dao động bao

nhanh. Chúng không đi tới tai bạn nhanh hơn vì bị chiếc xe đang chuyển động “đẩy tới”. Thay vậy, cái xảy ra là sóng âm bị nén đến tần số cao hơn và bước sóng ngắn hơn ở phía trước xe (hiệu ứng Doppler) nhưng tốc độ của âm thanh thì không thay đổi.¹

Sóng âm truyền trong không khí ở tốc độ 1200 km/h. Tốc độ này độc lập với chuyển động của chiếc xe đang chuyển động bao nhanh. Nếu chiếc xe đang chạy 100 km/h thì người tài xế sẽ thấy sóng âm (giả sử sóng âm có thể nhìn thấy) ở phía trước anh ta với tốc độ chỉ 1100 km/h (1200 trừ 100). Chiếc xe chạy càng nhanh thì tốc độ tương đối của sóng âm mà người tài xế nhìn thấy sẽ càng nhỏ. Nhưng với một người quan sát đứng yên đang nhìn chiếc xe đang chạy tới, thì sóng âm luôn luôn truyền đi ở tốc độ 1200 km/h cho dù chiếc xe đó đang chạy bao nhanh. Nếu người tài xế và người quan sát đứng yên nêu ra lập luận về tốc độ của âm thanh, thì người tài xế sẽ phải thừa nhận rằng tốc độ mà anh ta thấy sóng âm đang di chuyển không phải là tốc độ thật sự của chúng vì anh ta cũng đang chuyển động so với các phân tử không khí.

Michelson và Morley đã áp dụng nguyên lý này cho sóng ánh sáng. Họ giả sử rằng Trái đất đang chuyển động trong ether khi nó quay xung quanh Mặt trời (với tốc độ khoảng một trăm nghìn km/h). Thí nghiệm của họ hơi khó mô tả nên tôi sẽ không đi sâu vào những chi tiết tinh tế của nó. Nói đại khái thì họ đã đo với độ chính xác rất cao thời gian cần thiết cho ánh sáng trong một phòng thí nghiệm truyền đi theo hai quãng đường bằng nhau, một đường theo hướng chuyển động của Trái đất khi nó quay xung quanh Mặt trời và đường kia thì vuông góc với nó. Ngồi trong phòng thí nghiệm của họ trên mặt đất và quan sát tốc độ ánh sáng, họ giống như người tài xế xe hơi sẽ đo sóng âm rời khỏi xe ở những tốc độ khác nhau phụ thuộc vào anh ta nhìn theo hướng nào. Nói chung, đối với anh ta những sóng âm đang truyền thẳng đứng sẽ vẫn đang chuyển động 1200 km/h.

Nếu ether có tồn tại, và Michelson và Morley biết rằng Trái đất phải chuyển động tự do trong nó, thì ánh sáng đi theo những lộ trình khác nhau sẽ đi hết hai quãng đường bằng nhau trong thời gian khác nhau. Điều này cho thấy, so với Trái đất đang chuyển động, ánh sáng đang chuyển động ở tốc độ khác nhau trong hai chiều đó. Mặc dù tốc độ ánh sáng là ba trăm nghìn kilomet mỗi giây, nhanh gấp mười nghìn lần tốc độ chuyển động của Trái đất, nhưng giao thoa kế của Michelson vẫn đủ chính xác để phát hiện ra bất kì sự chênh lệch nào trong thời gian truyền của hai chùm tia nếu có. Không có sự chênh lệch nào được tìm thấy. Nhiều thí nghiệm chính xác hơn sử dụng các chùm tia laser sau đó cũng xác nhận kết quả của Michelson và Morley.

¹Tốc độ của sóng bằng tần số của nó nhân với bước sóng của nó. Nếu một đại lượng tăng trong khi đại lượng kia giảm thì chúng sẽ cho tích số không đổi.

Thí nghiệm của họ đã chứng minh rằng ánh sáng không giống như những loại sóng khác. Nó truyền đi ở một tốc độ không đổi cho dù bạn đang chuyển động về phía nguồn sáng hay ra xa nguồn sáng. Không có một phong nền cố định để đo tốc độ của nó trên đó. Vì thế rớt cuộc ether là không cần thiết.

Đa số các nhà vật lý lúc ấy không tin vào kết quả này và cố gắng sửa đổi các định luật vật lý để dung hòa kết quả mới nhưng đều không thành công. Họ đã thử cho rằng ánh sáng hành xử giống như một dòng hạt (vì giả thuyết đó cũng giải thích được kết quả trên) nhưng thí nghiệm được lập ra lại chuyên để phát hiện bản chất sóng của ánh sáng. Nó phát hiện ra hệ vân giao thoa giữa các sóng theo kiểu khá giống với bố trí ban đầu của Thomas Young lần đầu tiên phát hiện ra bản chất sóng của ánh sáng. Dù trong trường hợp nào, ánh sáng hành xử giống như hạt cũng sẽ bác bỏ nhu cầu ether vì chúng không cần môi trường để truyền.

Thí nghiệm tưởng tượng và những vấn đề nan giải

Lúc Michelson và Morley thực hiện thí nghiệm của họ thì Einstein vẫn còn là một đứa trẻ. Trong những năm tháng tuổi trẻ của mình, Einstein đã suy ngẫm về những tính chất kì lạ của ánh sáng bằng cách nghĩ ra những thí nghiệm tưởng tượng (cái ông gọi là *gedanken*, tiếng Đức có nghĩa là thí nghiệm tưởng tượng – ND). Ông tưởng tượng bản thân mình đang bay ở tốc độ ánh sáng đồng thời cầm một cái gương ở phía trước mặt. Ông có nhìn thấy ảnh phản xạ của mình hay không? Làm thế nào ánh sáng từ mặt của ông có thể đi tới gương nếu chính cái gương đang chuyển động ra xa ở tốc độ ánh sáng? Những năm tháng suy tư của ông đã đơm hoa kết trái trong hai phát biểu đơn giản gọi là nguyên lý tương đối. Có thể trình bày chúng như sau:

1. Không có thí nghiệm nào cho bạn biết được bạn đang đứng yên hay đang chuyển động ở tốc độ không đổi. Mọi chuyển động là có tính tương đối nên không thể nói có cái gì thật sự đứng yên.
2. Ánh sáng hành xử giống như sóng ở chỗ tốc độ của nó không phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của nguồn sáng. Đồng thời, nó không đòi hỏi có một môi trường để truyền giống như những loại sóng khác.

Thật hay, thật tuyệt. Bạn sẽ nghĩ rằng trong hai phát biểu vô thưởng vô phạt ở trên, bạn chẳng có chút khó khăn gì nếu chấp nhận chúng. Nhất định trông chúng quá đơn giản để có thể trả lời hai câu hỏi đã nêu ở đầu chương này về chẳng có cái gì chuyển động nhanh hơn ánh sáng và thời gian trôi chậm đi. Trông chúng có vẻ vô hại nhưng hãy tin tôi đi, nếu chấp nhận chúng có nghĩa là bạn đang bán linh hồn mình cho quỷ dữ đấy.

Trước tiên, tôi cam đoan với bạn rằng cả hai phát biểu trên đều khá đúng và có thể chứng minh dễ dàng. Phát biểu thứ nhất cho rằng nếu bạn tiến hành một thí nghiệm đơn giản như thả rơi một quả bóng trong một khoang máy bay đang bay ở tốc độ không đổi thì, theo bạn, quả bóng sẽ rơi theo phương thẳng đứng giống hệt như nó rơi khi bạn tiến hành thí nghiệm đó trên mặt đất. Vì thế, bạn có quyền khẳng định rằng chiếc máy bay đang đứng yên trong khi Trái đất đang chuyển động bên dưới bạn ở tốc độ vài trăm kilomet mỗi giờ theo chiều ngược lại. Một ví dụ rõ ràng hơn là trường hợp hai tên lửa đang chuyển động ở tốc độ không đổi về phía nhau trong không gian. Nếu cả hai động cơ đã tắt và chúng bay trong chế độ “tiết kiệm xăng” thì không bao giờ chắc chắn được chúng đang tiến về phía nhau hay một tên lửa đang đứng yên còn tên lửa kia đang tiến về phía nó. Cũng chẳng thể viện dẫn một ngôi sao láng giềng nào làm vật mốc thì ai dám nói ngôi sao đó thật sự đứng yên chứ?

Phát biểu thứ hai đã được xác nhận bởi thí nghiệm của Michelson và Morley và vẻ trông như vô hại của nó. Nhưng khi kết hợp hai phát biểu lại thì rắc rối bắt đầu nảy sinh. Tôi biết có lẽ bạn sẽ cho rằng tôi giống bác sĩ quá, nhưng tôi muốn bạn hãy can đảm lên vì vấn đề này có chút đau đớn đấy.

Chúng ta đã biết rằng ánh sáng phát ra từ một nguồn sẽ truyền tới chúng ta ở tốc độ không đổi cho dù nguồn sáng đó đang chuyển động nhanh như thế nào. Nhưng vì nó không có một môi trường để truyền và với môi trường đó chúng ta có thể đo tốc độ của nó nên chúng ta cũng có thể nói rằng không phải nguồn sáng đang chuyển động về phía chúng ta mà là chúng ta đang chuyển động về phía nguồn sáng vì mọi chuyển động đều là tương đối. Đây chính là phát biểu rằng ánh sáng tuân theo nguyên lý tương đối thứ nhất.

Giờ lại xét hai tên lửa đang tiến về phía nhau. Một nhà du hành ngồi bên trong một tên lửa chiếu ra một chùm sáng về phía tên lửa kia và đo tốc độ của ánh sáng khi nó rời khỏi tên lửa của cô ta. Vì cô ta có thể khẳng định khá hợp thức rằng là mình đang đứng yên, và tên lửa kia đang chuyển động, nên cô ta nhìn thấy ánh sáng từ phía mình truyền ra xa ở tốc độ ba trăm nghìn kilomet mỗi giây như bình thường. Đồng thời, nhà du hành trên tên lửa kia cũng có thể khẳng định hợp thức rằng anh ta đang đứng yên. Anh ta sẽ đo thấy tốc độ ánh sáng đi tới anh ta là ba trăm nghìn kilomet mỗi giây và phát biểu rằng điều này chẳng có gì bất ngờ cả vì tốc độ của chùm tia sáng không phụ thuộc vào nguồn phát của nó đang tiến tới nhanh bao nhiêu.

Cả hai đo ánh sáng có tốc độ giống nhau. Kết quả này đáng ngạc nhiên, vì nó hơi trái với ý nghĩa thông thường. Hai nhà du hành đo cùng một chùm ánh sáng đang chuyển động ở một tốc độ giống nhau, bất chấp chuyển động tương đối so với nhau!

Giờ chúng ta có thể trả lời câu hỏi của Einstein liên quan đến cái gương. Cho dù ông đạt tới tốc độ gần tốc độ ánh sáng bao nhiêu chăng nữa – và tôi sẽ giải thích sau tại sao ông không bao giờ có thể chuyển động ở tốc độ ánh sáng – ông sẽ luôn luôn nhìn thấy ảnh phản xạ của mình. Đây là vì bất chấp chuyển động của ông, ông vẫn nhìn thấy ánh sáng chuyển động ở tốc độ như nhau từ mặt của ông đến cái gương và ngược lại.

Một cách dễ hình dung hơn là hãy tưởng tượng thấp một ngọn đuốc, rồi chạy theo chùm tia phát ra từ ngọn đuốc ở tốc độ bằng ba phần tư tốc độ ánh sáng theo người đang cầm giữ ngọn đuốc. Giác quan thông thường cho bạn biết rằng bạn sẽ nhìn thấy ánh sáng vẫn qua mặt bạn nhưng ở tốc độ giảm đi nhiều chỉ bằng một phần tư giá trị ban đầu của nó. Đúng không?

Sai rồi! Bạn sẽ nhìn thấy nó đang chuyển động ở tốc độ bằng với tốc độ mà người giữ ngọn đuốc đo thấy nó đang chuyển động.

Thời gian trôi chậm lại

Chúng ta đã đi tới tình huống kì lạ trên sau một số bước logic kết hợp với những kết quả thực nghiệm chắc chắn. Vậy thì chúng ta phạm sai lầm ở đâu? Xét cho cùng, cũng chùm ánh sáng đó; cũng sóng điện từ đó hay những photon hay bất cứ thứ gì mà bạn chọn là cái cấu tạo nên ánh sáng, nó đang rời khỏi ngọn đuốc. Làm thế nào bạn, trong khi đang chuyển động dọc theo nó ở một tốc độ đáng kể so với tốc độ ánh sáng, vẫn nhìn thấy nó đi qua bạn với tốc độ bằng như người cầm đuốc nhìn thấy? Cách duy nhất để xảy ra điều này là *nếu thời gian của bạn đang trôi ở một tốc độ chậm hơn thời gian của anh ta*. Nếu anh ta có thể nhìn thấy cái đồng hồ bấm giây mà bạn đang cầm, anh ta sẽ thấy nó đếm giây chậm hơn đồng hồ của anh ta. Nếu bằng cách nào đó anh ta có thể đo từ xa nhịp tim của bạn, anh ta sẽ thấy nó đập chậm hơn. Mọi thứ liên quan đến bạn, theo anh ta, đều đang chậm đi. Chưa hết, nếu trong khoảnh khắc bạn quên đi chùm ánh sáng đó, thì nguyên lý tương đối thứ nhất gợi ý rằng bạn cũng có thể xem người bạn của mình đang đứng trên đất là người đang chuyển động ở tốc độ bằng ba phần tư tốc độ ánh sáng, theo chiều ngược lại. Bạn sẽ thấy thời gian của anh ta trôi chậm hơn thời gian của bạn!

Đây không phải là lý thuyết lập dị nào đó được nghĩ ra để làm cho quan niệm lô bịch rằng ánh sáng truyền đi ở tốc độ như nhau đối với mọi người có ý nghĩa. Quan niệm về tốc độ ánh sáng như thế còn lâu mới lô bịch và luôn được xác nhận trong các thí nghiệm trong các máy gia tốc hạt ngày nay. Đây là những phòng thí nghiệm khổng lồ với những đường hầm hình tròn dưới lòng đất, kéo dài vài dặm, gửi những chùm hạt hạ nguyên tử đi vòng quanh đến gần tốc độ ánh sáng, ví dụ như cơ sở CERN nổi tiếng ở Thụy Sĩ. Sự trôi chậm lại

(gọi là giãn ra) của thời gian là một hệ quả không thể tránh khỏi của hành trạng của những hạt tốc độ cao.

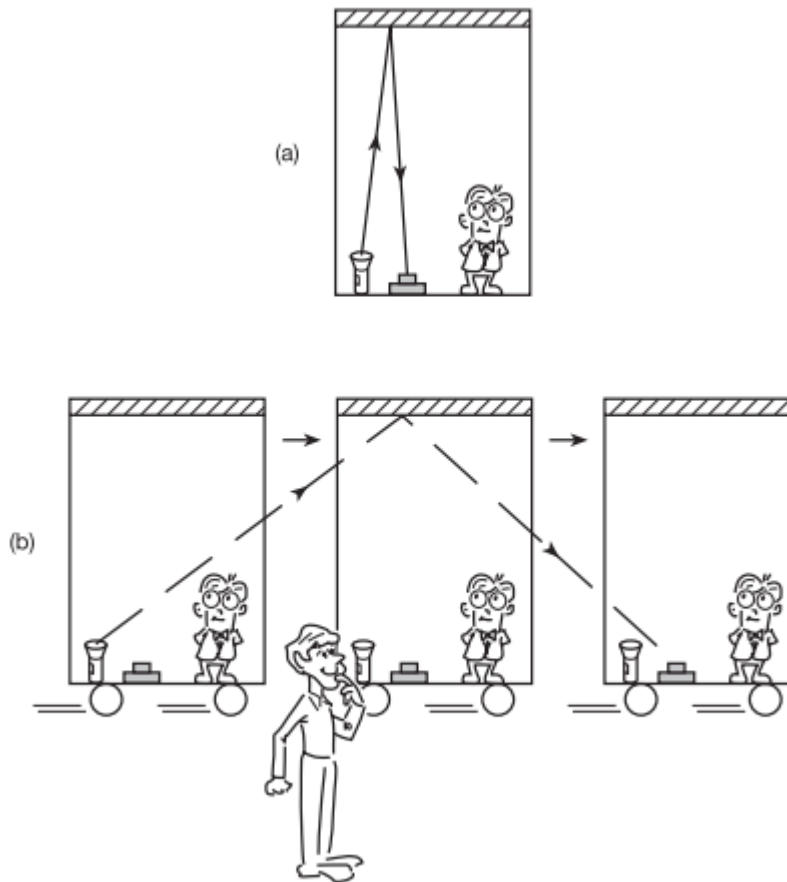
Trước tiên, tôi muốn đề cập tới những thí nghiệm hạt này. Người ta đã biết rằng một loại hạt hạ nguyên tử nhất định, gọi là pion, phát ra những photon ánh sáng. Khi hạt pion đứng yên thì, tất nhiên, photon đó sẽ xuất hiện ở tốc độ ánh sáng (xét cho cùng thì nó là một hạt ánh sáng). Nhưng tại CERN, người ta có thể làm cho các hạt pion chạy vòng quanh trong một đường hầm vòng tròn lớn ở dưới lòng đất đến rất gần tốc độ ánh sáng. Tuy nhiên, chúng vẫn phát ra những photon của chúng, và những photon xuất hiện theo hướng mà những pion đó đang chuyển động là có thể phát hiện ra và tốc độ của chúng có thể đo được. Người ta tìm thấy tốc độ của chúng truyền đi vẫn bằng tốc độ của chúng khi được phát ra từ một pion đứng yên.

Như vậy, cùng một hạt photon xuất hiện từ pion đang chuyển động được nhìn thấy chuyển động ở tốc độ ánh sáng từ điểm nhìn của chúng ta đứng trong phòng thí nghiệm và từ điểm nhìn của chính pion đó.

Như trường hợp sự trôi chậm đi của thời gian, ta có thể thấy hiện tượng này xảy ra xuất hiện như thế nào bằng cách xét thí nghiệm tưởng tượng sau đây. Hình 6.1 thể hiện một cái hộp chứa một nguồn sáng với một máy dò ở đáy hộp và một cái gương trên đỉnh hộp. Nguồn sáng, hướng thẳng đứng, phát ra một lóe sáng (gọi là một xung sáng) đến phản xạ tại gương trên đỉnh hộp rồi truyền xuống máy dò nơi thu nhận tín hiệu của nó. Theo một người nào đó ở bên trong hộp thì ánh sáng sẽ mất một thời gian nhất định để đi từ nguồn đến gương rồi đi xuống máy dò. Giờ hãy tưởng tượng toàn bộ cái hộp đang chuyển động sang ngang ở gần tốc độ ánh sáng. Đối với một người quan sát đang nhìn từ nó từ ngoài vào (cái hộp có một mặt kính phía trước) thì ánh sáng vạch ra một quỹ đạo dài hơn đường đi thẳng-đứng-lên-xuống mà người bên trong hộp nhìn thấy. Đối với người quan sát nhìn từ bên ngoài, xung sáng phải đi quãng đường dài hơn thể hiện trong hình, nhưng anh ta vẫn nhìn thấy ánh sáng truyền đi ở cùng một tốc độ. Tuy nhiên, vì lúc này nó phải đi một quãng đường dài hơn (đường đứt nét), nên phải có khoảng thời gian trôi qua lâu hơn trước khi nó trở lại máy dò². Vì thế, theo một đồng hồ trên mặt đất thì thời gian phải trôi qua nhiều hơn so với theo một đồng hồ bên trong hộp. Vì cả hai đồng hồ đang đo khoảng thời gian của cùng một quá trình (thời gian cần thiết cho ánh sáng đi lên và đi xuống trong hộp) nên thời gian bên trong hộp phải trôi chậm hơn để cho đồng hồ của nó ghi nhận một khoảng thời gian ngắn hơn! Những người hâm mộ thuyết tương đối đặc biệt sẽ nhận ra rằng phần giải

²Thời gian được tính bằng cách lấy quãng đường xung sáng đã đi chia cho tốc độ của nó. Ở đây, tôi hi vọng không phải nhắc nhở bạn rằng cách tính này được suy luận ra đơn giản từ mối liên hệ: tốc độ bằng quãng đường chia cho thời gian. Vì thế, nếu quãng đường phải truyền càng xa thì sẽ mất thời gian càng nhiều.

thích này chưa phải là toàn bộ câu chuyện chặt chẽ vì nói rằng ai đó “nhìn thấy” cái gì đó ngụ ý rằng ánh sáng phải đi từ vật đến mắt người nhìn, và sẽ mất một khoảng thời gian hữu hạn nữa.



Hình 6.1 (a) Một người quan sát ở bên trong cái hộp đang chuyển động nhìn thấy xung ánh sáng truyền đi quãng đường chừng bằng gấp đôi chiều cao của cái hộp trong hành trình lên-xuống của nó. (b) Đối với một người quan sát ở bên ngoài, ánh sáng đi một quãng đường dài hơn. Ba cái hộp là ảnh chụp nhanh của những khung hình liên tiếp. Ở bên trái là vị trí của cái hộp khi xung sáng phát ra, ở chính giữa là khi xung sáng đi tới gương và ở bên phải là khi xung sáng đi tới máy dò. Nếu hai người quan sát thống nhất về tốc độ ánh sáng (họ phải thống nhất như thế) thì cách duy nhất để ánh sáng có thể đi những quãng đường khác nhau là họ không thống nhất về thời gian để ánh sáng hoàn tất hành trình đi-về của nó.

Vậy thì những đồng hồ đang chuyển động chạy chậm đi và ví dụ trên cho thấy điều đó xảy ra như thế nào. Thường thì khi người ta lần đầu tiên gặp hiệu ứng này, họ có ấn tượng rằng sự chuyển động nhanh ảnh hưởng đến hoạt động cơ giới của đồng hồ; cái đồng hồ bằng cách nào đó phản ứng với tốc độ mà nó đang chuyển động. Không phải thế đâu. Thật vậy, vì mọi chuyển động là tương đối nên người ở trong hộp trong ví dụ vừa nêu có quyền khẳng định rằng mình không chuyển động gì cả và chính người quan sát ở bên ngoài

mới đang chuyển động ở gần tốc độ ánh sáng. Như vậy, thật ra anh ta sẽ nhìn thấy đồng hồ trở trên mặt đất chạy chậm hơn đồng hồ ở bên trong hộp! Điều này thường làm phát sinh cái trông có vẻ như một sự mâu thuẫn logic. Làm thế nào cả hai cái đồng hồ có thể chạy chậm hơn nhau cơ chứ? Những người không hiểu thuyết tương đối phỏng đoán rằng hai cái đồng hồ chỉ *trông như* chạy chậm đi đối với nhau vì ánh sáng mất một thời gian nhất định để truyền từ đồng hồ này đến người quan sát bên kia. Như James A Smith phát biểu trong quyển sách của ông, *Giới thiệu Thuyết tương đối Đặc biệt*, “không gì phủ bác thuyết tương đối đặc biệt hơn thế cả”. Chúng ta sẽ thấy trong phần trình bày nghịch lý cặp song sinh ở phần sau làm thế nào ta có thể làm chậm thời gian vĩnh viễn bằng cách làm cho một cái đồng hồ tăng tốc rồi giảm tốc trở lại.

Tôi cam đoan rằng bạn phải nghĩ xét cho cùng thì đây chỉ là lý thuyết thôi. Nó có thể tuyệt vời đối với các nhà văn khoa học viễn tưởng nhưng chắc chắn nó không có chỗ đứng trong “thế giới thực”. Nếu như tốc độ gõ nhịp của các đồng hồ độc lập với chuyển động tương đối của chúng như thế, thì lý do gì chúng ta lại quan tâm đến những thứ giữ nhịp thời gian chính xác như đồng hồ nguyên tử? Nguyên do là vì hiệu ứng trên chỉ biểu hiện khi các đồng hồ chuyển động đến những tốc độ cực cao so với nhau. Một đồng hồ chuyển động càng gần tốc độ ánh sáng bao nhiêu, thì nó sẽ gõ nhịp chậm đi bấy nhiêu. Nếu nó chuyển động ở tốc độ ánh sáng so với chúng ta thì chúng ta sẽ thấy thời gian của nó hoàn toàn dừng lại.

Sau đây là một ví dụ khác. Xét một vận động viên điền kinh chạy cự li một trăm mét trong đúng mười giây, tính theo đồng hồ chính xác cao và đáng tin cậy của các trọng tài. Nếu anh ta có đeo một đồng hồ bấm giây rất chính xác của riêng mình theo thì, do thời gian trôi chậm đi rất ít đối với anh ta trong khi đang chạy, đồng hồ của anh ta sẽ hiện số 9,999999999999995 giây. Tất nhiên, con số này rất gần với mười giây nên chúng ta không bao giờ biết sự chênh lệch đó. Tuy nhiên, các nhà khoa học thường cần đo thời gian với loại chính xác này. Sự chênh lệch giữa đồng hồ của vận động viên và của trọng tài chỉ là năm “femto giây”. Nguyên do có sự chênh lệch thời gian nhỏ như vậy là vì vận động viên đó chạy chậm hơn ánh sáng rất nhiều. Ngay cả những tên lửa nhanh nhất cũng quá chậm để thể hiện một hiệu ứng thấy rõ.

Vậy chúng ta có thể nào nhìn thấy sự giãn nở thời gian đang hoạt động hay không? Vâng, đây là cái tôi có thể xác nhận với tư cách cá nhân vì, giống như nhiều sinh viên vật lý khác, tôi đã từng làm một thí nghiệm trong phòng lab khi còn là sinh viên ở trường đại học. Thí nghiệm liên quan đến một hạt hạ nguyên tử khác gọi là muon, hạt do các tia vũ trụ sinh ra. Đây là những hạt năng lượng cao đến từ vũ trụ liên tục bắn phá khí quyển Trái đất. Trong tầng cao khí quyển, nhiều loại hạt mới, chủ yếu là muon, được tạo ra theo kiểu này, và truyền xuống mặt đất. Các nhà vật lý đã nghiên cứu tính chất của muon và biết rằng

chúng có thời gian sống cực ngắn, bằng một phần triệu của một giây. Tất nhiên, thời gian sống này chỉ có ý nghĩa thống kê, và một số muon có thể sống lâu hơn trong khi số hạt sống ngắn hơn. Nhưng nếu có một nghìn muon được tạo ra cùng lúc thì sau một phần triệu của một giây sẽ còn lại chừng năm trăm muon.

Các muon sinh ra trong tầng cao khí quyển giàu năng lượng tới mức chúng truyền xuống mặt đất ở tốc độ khó tin bằng 99% tốc độ ánh sáng. Tuy nhiên, ngay cả ở tốc độ này, chúng vẫn mất vài thời gian sống mới đi hết quãng đường tới mặt đất (và, quan trọng hơn, đi vào máy dò muon trong phòng thí nghiệm). Vì thế, lẽ ra chúng ta sẽ chỉ quan sát thấy vài ba muon có thời gian sống dài khác thường có khả năng hoàn tất hành trình đó. Thay vậy, chúng ta tìm thấy hầu như toàn bộ muon đều dễ dàng hoàn tất hành trình đó. Nguyên nhân như vậy là vì thời gian của các muon (đồng hồ riêng của chúng đo thời gian sống của chúng) đang trôi chậm hơn nhiều so với thời gian của chúng ta. Cho nên, nhìn từ phía các muon, chỉ một phần nhỏ thời gian sống của chúng đã trôi qua.

Một lập luận khác rằng các muon đang chuyển động nhanh vì lí do gì đó phải sống lâu hơn các muon đứng yên cũng là không ổn. Nhìn kĩ hơn, chúng ta thấy điều này không thể đúng được vì nó sẽ vi phạm nguyên lí tương đối thứ nhất: một photon đang chuyển động chỉ “đang chuyển động” đối với chúng ta mà thôi.

Độ dài co lại

Không những vứt bỏ những quan niệm xưa cũ về thời gian tuyệt đối, Einstein còn mang đến những thứ bất ngờ khác nữa. Hãy xét xem mọi thứ sẽ trông như thế nào nếu bạn đang ngồi trên một muon khi nó đang truyền về phía Trái đất. Bạn sẽ đồng ý với ai đó đứng trên mặt đất đang nhìn bạn rằng bạn đang tiến tới với tốc độ bằng 99% tốc độ ánh sáng. Làm thế nào anh ta trông thấy bạn đi hết quãng đường, nói thí dụ, một dặm trong thời gian bằng năm phần triệu của một giây (năm thời gian sống của hạt muon) theo đồng hồ Trái đất của anh ta, trong khi bạn khẳng định đi hết quãng đường đó chỉ trong một phần mười thời gian đó. Không có chùm ánh sáng nào ở đây cả và bạn sẽ nghĩ rằng chỉ cần có liên hệ toán học thôi: tốc độ bằng quãng đường chia cho thời gian. Làm thế nào cả hai người bạn đều thống nhất về tốc độ mà bạn đang chuyển động nhưng không thể nhất trí về thời gian để bạn đi hết quãng đường giống nhau đó?

Phải có cái gì đó khác, và ở đây là quãng đường. Để thu được cùng một giá trị cho tốc độ của muon trong cả hai trường hợp (bằng cách chia quãng đường cho thời gian), quãng đường đi khi nhìn bởi hạt muon cũng phải bằng một phần mười giá trị của nó khi nhìn từ Trái đất. Nghĩa là hạt muon sẽ nhìn thấy quãng đường đó co lại dưới một dặm nhiều

lần. Điều này giải thích làm thế nào nó có thể sống hết quãng đường đó; nó không hề nghĩ nó phải đi quãng đường xa như thế.

Tính chất này của sự chuyển động tốc độ cao được gọi là sự co lại của chiều dài. Nó phát biểu rằng những vật đang chuyển động nhanh trông ngắn hơn chúng khi đứng yên. Trong ví dụ hạt muon, đối tượng trong câu hỏi là bề dày của khí quyển. Một người Ireland và một người Hà Lan đã đề xuất hiệu ứng này lần đầu tiên không bao lâu sau thí nghiệm của Michelson và Morley, và vài năm trước khi có thuyết tương đối đặc biệt. George Fitzgerald và Hendrik Lorentz đã trình bày rằng kết quả của thí nghiệm ether có thể giải thích được nếu như có sự co lại của chiều dài đi cùng với sự chuyển động tốc độ cao. Quan điểm này sẽ cứu lấy quan niệm ether. Lorentz còn tiến xa đến chỗ suy luận ra một bộ phương trình ngày nay mang tên ông. Thật đáng tiếc cho ông, ông đã không thực hiện bước nhảy trực giác cuối cùng là tiên đề thứ hai của thuyết tương đối. Do đó, nói theo cách nào đó thì đã có rất nhiều nền tảng đã được xác lập trước Einstein và người ta thường khẳng định rằng nếu Einstein không khám phá ra thuyết tương đối đặc biệt thì sẽ có người khác khám phá.

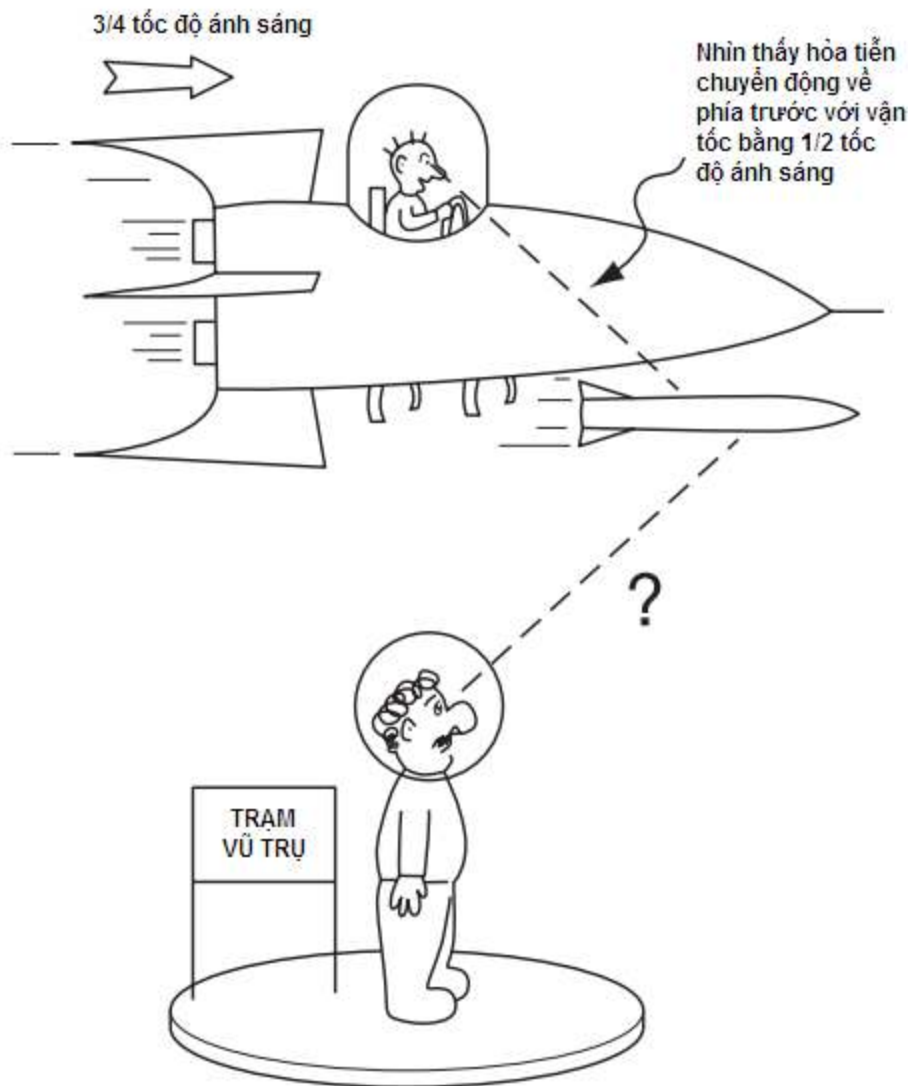
Như với sự chậm lại của thời gian, sự co lại của chiều dài biểu hiện càng nhiều khi vật chuyển động càng tiến gần đến tốc độ ánh sáng. Vậy trong thế giới thực tế, chúng ta sẽ quan sát thấy loại hiệu ứng nào? Để cung cấp cho bạn một ví dụ rõ ràng, hãy tưởng tượng chụp một bức ảnh chính xác cao của một chiếc phản lực đang bay gấp hai lần tốc độ âm thanh (hơn hai nghìn kilo mét mỗi giờ). Bạn sẽ thấy nó hơi ngắn một chút so với khi trên mặt đất. Nhưng đối với một máy bay thông thường, thì sự co lại này của chiều dài sẽ là chưa bằng bề rộng của một nguyên tử! Nhưng bạn phải nhớ rằng mặc dù gấp hai lần tốc độ âm thanh trông có vẻ nhanh ấn tượng đối với chúng ta, nhưng nó chẳng là gì so với tốc độ ánh sáng. Nếu chiếc phản lực đang bay nhanh hơn vài trăm nghìn lần, ví dụ hơn ba phần tư tốc độ ánh sáng, thì chúng ta sẽ thấy có sự khác biệt. Chiếc phản lực sẽ trông còn bằng một phần hai chiều dài ban đầu của nó. Nếu nó chuyển động nhanh như các muon tia vũ trụ, nó sẽ bị nén lại bằng phần mười chiều dài của nó.

Thật chẳng thoải mái chút nào cho người phi công tội nghiệp kia, bạn phải nghĩ như thế. Có lẽ đây là một trong những mối nguy hiểm của sự chuyển động tốc độ cao như vậy. Sự thật là người phi công sẽ chẳng cảm thấy có chút gì khác thường hết. Đối với anh ta, kích cỡ của chiếc phản lực (và bản thân anh ta) không thay đổi gì cả. Thật vậy, theo nguyên lý tương đối thứ nhất, anh ta sẽ nhìn thấy thế giới xung quanh mình bị nén lại, theo kiểu giống như các muon vậy (nếu như chúng có thể nhìn thấy!)

Ánh sáng – kỉ lục tốc độ của thế giới

Đối với một người lần đầu tiên làm quen với thuyết tương đối, chẳng có gì bức mình hơn là việc khẳng định rằng không có cái gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng. Họ sẵn sàng chấp nhận các đồng hồ chạy chậm đi, chiều dài co lại, thậm chí ánh sáng truyền đi ở cùng một tốc độ đối với mọi nhà quan sát, nhưng tại sao chúng ta không thể quan niệm có cái gì đó chuyển động ở tốc độ cao hơn ba trăm nghìn kilo mét mỗi giây? Đành rằng đây là một tốc độ cao khủng khiếp mà chúng ta biết (trừ những hạt hạ nguyên tử) không có cái gì có thể đạt tới, nhưng thuyết tương đối đặc biệt dường như phát biểu rằng các định luật của tự nhiên *cấm* bất cứ cái gì đó chuyển động nhanh hơn. Hãy tưởng tượng chế tạo ra một tên lửa có thể tăng tốc mãi mãi. Tất nhiên, một cỗ máy như vậy nằm ngoài khả năng công nghệ hiện nay của chúng ta, nhưng nếu một nền văn minh ngoài hành tinh có thể chế tạo nó thì sao? Điều gì sẽ xảy ra khi nó đạt tới tốc độ ánh sáng? Liệu có một hàng rào tốc độ vũ trụ nào đó bị phá vỡ hay không? Tên lửa có bay lên, rơi vào trong một lỗ đen hoặc đi vào một chỗ cuộn thời gian hay không? Không, không có cái gì kịch tính như thế.

Có một số cách giải thích tại sao tốc độ ánh sáng là giới hạn trên của tốc độ khả dĩ trong Vũ trụ của chúng ta. Một phương pháp là sử dụng đại số. (Ồ vâng, bạn đang nghĩ, điều đó sẽ thật sự thuyết phục tôi đấy.) Tuy nhiên, tôi sẽ không sa vào những chi tiết rườm rà đó. Chỉ cần nói thế này thôi, trong thuyết tương đối đặc biệt, tốc độ cộng lại theo một kiểu rất lạ. Nếu bạn đang ở trên một đoàn tàu đang chuyển động 100 km/h và bạn ném một quả bóng ra ngoài cửa sổ với vận tốc 10 km/h theo hướng đoàn tàu đang chuyển động thì, đối với một người nào đó đang đứng bên ngoài nhìn bạn đi qua, quả bóng sẽ bắt đầu (trước khi gió làm cho nó chậm lại) chuyển động ở tốc độ kết hợp 110 km/h. Vậy nếu bây giờ ta phát biểu lại ví dụ trên nhưng với những tốc độ cao hơn nhiều thì sao? Hãy xét cái người quan sát ở bên ngoài nhìn thấy trong hình 6.2. Tên lửa đang chuyển động ở ba phần tư tốc độ ánh sáng khi nó bắn một hỏa tiễn bay ra với tốc độ bằng một nửa tốc độ ánh sáng khi nhìn bởi người ở trong tên lửa. Người quan sát đó có nhìn thấy hỏa tiễn đang chuyển động với tốc độ bằng 1,25 tốc độ ánh sáng hay không? Anh ta sẽ thấy như vậy nếu quy tắc cộng vận tốc thông thường là đúng. Nhưng giống như nhiều cơ sở vật lí có giá trị trong những công dụng hàng ngày, định luật này bị phá vỡ ở những tốc độ tương đối tính. Công thức chính xác để sử dụng sẽ nói rằng người quan sát đó nhìn thấy hỏa tiễn chuyển động với vận tốc bằng chín phần mười tốc độ ánh sáng. Cho dù tên lửa và hỏa tiễn chuyển động ở gần tốc độ ánh sáng bao nhiêu, thì tốc độ kết hợp của chúng theo nhà quan sát đứng yên sẽ luôn luôn lớn hơn tốc độ riêng lẻ của chúng nhưng nhỏ hơn tốc độ ánh sáng.



Hình 6.2 Theo những quy tắc cộng vận tốc bình thường, nhà quan sát trên trạm vũ trụ sẽ thấy hỏa tiễn đang chuyển động ở tốc độ $\frac{3}{4} + \frac{1}{2} = 1\frac{1}{4}$ lần tốc độ ánh sáng. Einstein trình bày rằng không có cái gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng và cách chúng ta cộng vận tốc phải thay đổi.

Cách dễ nhất giải thích hàng rào tốc độ ánh sáng cũng là một cách giải thích phương trình nổi tiếng của Einstein ($E = mc^2$) có nguồn gốc từ đâu. Một khi Einstein đã hiểu không gian và thời gian bị ảnh hưởng như thế nào ở gần tốc độ ánh sáng, ông tiếp tục xét những cái khác cũng phải đúng. Một số định luật quan trọng và cơ bản nhất trong vật lý học được gọi là các định luật bảo toàn, chúng phát biểu rằng những đại lượng nhất định sẽ giữ nguyên không đổi cho dù là những đại lượng khác có biến thiên. Một trong số này là định luật bảo toàn động lượng. Hãy nhớ rằng động lượng của một vật bằng khối lượng của nó nhân với vận tốc của nó, cho nên một quả đạn đại bác đang lăn từ từ trên mặt đất có thể bị dừng lại

nếu bắn một viên đạn trực diện lên nó. Điều này sẽ xảy ra khi hai vật có động lượng bằng nhau nhưng ngược chiều và triệt tiêu lẫn nhau. Quả đạn đại bác có khối lượng lớn nhưng vận tốc nhỏ, trong khi viên đạn có khối lượng nhỏ nhưng vận tốc cao. Trong cả hai trường hợp, tích của khối lượng và vận tốc có thể cho cùng một giá trị (động lượng). Khi hai vật bất kì va chạm nhau, chúng ta trông đợi tổng động lượng của chúng trước và sau va chạm là bằng nhau. Chúng không phải hủy nhau – đó là một trường hợp đặc biệt – mà thường thì một vật sẽ truyền một phần động lượng của nó cho vật kia. Einstein tìm thấy rằng khi các vật chuyển động ở gần tốc độ ánh sáng, tổng động lượng không được bảo toàn, như nó nên như vậy, theo một số nhà quan sát nếu họ chỉ sử dụng quy tắc “khối lượng nhân vận tốc” đơn giản. Một lần nữa, phải có cái gì đó khác. Lần này, đó là định nghĩa khối lượng của một vật đang chuyển động nhanh.

Hóa ra một vật chuyển động càng nhanh thì nó càng trở nên nặng hơn, và càng khó cho nó tăng tốc thêm nữa. Tiến càng gần đến tốc độ ánh sáng thì động lượng của nó càng lớn, nhưng đây là do khối lượng đang tăng lên của nó, chứ không phải vận tốc của nó.

Xét cái xảy ra với khối lượng của một vật khi nó chuyển động rất nhanh. Một trong những hệ quả quan trọng nhất của các phương trình của thuyết tương đối đặc biệt là sự liên hệ giữa khối lượng và năng lượng. Einstein trình bày rằng khối lượng có thể biến đổi thành năng lượng và ngược lại. Hai đại lượng liên hệ với nhau qua phương trình $E = mc^2$, phương trình cho chúng ta biết có bao nhiêu năng lượng bị giam giữ bên trong một khối lượng cho trước bất kì. c là kí hiệu cho tốc độ ánh sáng và do đó đại lượng c^2 (tốc độ ánh sáng bình phương) thật sự là một con số rất lớn và giải thích làm thế nào ta có thể lấy nhiều năng lượng như thế ra khỏi một lượng nhỏ khối lượng. Phương trình này đề xuất rằng ta có thể nghĩ khối lượng là năng lượng đóng băng.

Vì một vật đang chuyển động còn có năng lượng do sự chuyển động của nó (gọi là động năng), nên năng lượng toàn phần của nó sẽ bằng tổng năng lượng đóng băng dưới dạng khối lượng khi nó không chuyển động cộng với động năng của nó. Vật chuyển động càng nhanh thì năng lượng mà nó có càng lớn. Điều này có nghĩa là khối lượng thật sự của một vật sẽ là do năng lượng đóng băng của nó cộng với năng lượng do chuyển động của nó. Trong phần lớn thời gian, năng lượng đóng băng của một vật (khối lượng của nó) lớn hơn nhiều so với năng lượng chuyển động của nó nên chúng ta có thể bỏ qua năng lượng chuyển động đó và xem khối lượng bằng như khi nó không chuyển động. Nhưng khi tốc độ tiến tới tốc độ ánh sáng thì động năng trở nên rất lớn đến mức nó vượt quá năng lượng đóng băng. Như vậy, khối lượng của một vật đang chuyển động nhanh lớn hơn nhiều so với khối lượng của nó khi đứng yên. Tất nhiên, miễn là vật đó còn được đề cập tới, thì có thể khẳng định nó là đứng yên (vì mọi chuyển động là tương đối) và vì thế người ta không nhận ra bất kì sự thay đổi nào của khối lượng của nó.

Giờ thì bạn có thể thấy rõ vấn đề cố gắng đạt tới tốc độ ánh sáng. Hãy tưởng tượng một động cơ xe lửa đang đang tăng tốc kéo một toa hàng. Điều gì sẽ xảy ra nếu như với mỗi 10 km/h tăng thêm, người ta mắc thêm một toa hàng nữa. Khi đó, nó phải chạy cật lực hơn để duy trì tốc độ của nó. Nó chạy càng nhanh thì càng có thêm nhiều toa hàng phải kéo, và nó cần có sức kéo mạnh hơn nữa. Tương tự như vậy, một vật chuyển động càng nhanh, so với một nhà quan sát nào đó, thì nó sẽ càng nặng, và nó sẽ khó mà chuyển động nhanh thêm được nữa. Để tăng tốc nó lên tới tốc độ ánh sáng đòi hỏi một lượng năng lượng vô hạn, điều đó là không thể.

Khi thời gian trôi ngược

Thuyết tương đối đặc biệt cho chúng ta biết rằng không có cái gì có thể tăng tốc đến một tốc độ lớn hơn tốc độ ánh sáng, nhưng nó không bác bỏ những cái chuyển động nhanh hơn tốc độ ánh sáng miễn là chúng luôn luôn duy trì phía bên kia của hàng rào tốc độ ánh sáng. Bạn thấy tốc độ ánh sáng là một hàng rào hai chiều; không cái gì chuyển động chậm hơn ánh sáng có thể đi nhanh hơn ánh sáng và không có cái gì đã nhanh hơn ánh sáng có thể chậm lại đến một tốc độ dưới tốc độ ánh sáng. Thậm chí, các nhà vật lý còn có một cái tên đặt cho những hạt “siêu sáng” giả định chuyển động nhanh hơn ánh sáng. Chúng được gọi là tachyon và, nếu như chúng tồn tại, sẽ có một số tính chất kì lạ. Chẳng hạn, vì thời gian trôi chậm đi khi một hạt tiến gần đến tốc độ ánh sáng, cho đến lúc bằng tốc độ ánh sáng thì thời gian dừng lại, nên chúng ta có thể tiến thêm một bước nữa và thấy rằng, đối với tachyon, thời gian sẽ chạy ngược. Đối với chúng ta, tachyon sẽ chuyển động ngược dòng thời gian! Tachyon sẽ không giống như những hạt bình thường vốn chuyển động chậm đi khi chúng mất năng lượng. Thay vậy, chúng lại tăng tốc, và khi một tachyon mất hết toàn bộ năng lượng của nó, nó sẽ chuyển động ở một tốc độ vô hạn!

Mặc dù thuyết tương đối đặc biệt tiên đoán sự tồn tại của những hạt kì lạ như thế, nhưng không có bằng chứng nào được tìm thấy cho chúng và đa số các nhà vật lý không tin rằng chúng tồn tại. Dầu sao, chúng thật sự quá kì lạ để mà suy ngẫm, cho dù là theo chuẩn của vật lý hiện đại.

Tuy nhiên, có một ví dụ chắc chắn về những hạt chuyển động nhanh hơn ánh sáng. Cái cho đến đây tôi chưa đề cập tới là giới hạn tốc độ tối đa mà tôi đang trình bày này là tốc độ của ánh sáng truyền trong không gian trống rỗng. Cái này được gọi là tốc độ ánh sáng trong chân không. Khi ánh sáng truyền qua một chất liệu trong suốt như thủy tinh hoặc nước, nó chuyển động chậm hơn. Đây là cái gây ra sự khúc xạ (nguyên nhân cái muỗng trông như bị bẻ cong khi đặt trong một cốc nước và vì sao hồ bơi trông cạn hơn độ sâu thật

sự của nó). Vì lí do này nên một hạt có thể chuyển động qua một môi trường như vậy ở một tốc độ lớn hơn tốc độ ánh sáng trong môi trường đó. Khi các electron chuyển động trong nước nhanh hơn tốc độ ánh sáng trong nước, chúng phát ra một ánh sáng màu xanh đẹp mắt gọi là bức xạ Cerenkov. Đây là cái tương đương ánh sáng của tiếng nổ khi một máy bay phản lực phá vỡ hàng rào âm thanh.

Cuối cùng, có một số trường hợp trong đó có vẻ như hàng rào tốc độ ánh sáng bị phá vỡ nhưng khi khảo sát kĩ thì không phải như vậy. Nổi tiếng nhất trong số này là cái gọi là nghịch lí đèn pha. Trong Chương 2 chúng ta đã gặp những sao neutron đang quay nhanh gọi là pulsar. Một số sao trong số này có thể quay hơn một trăm vòng mỗi giây. Khi chúng quay tròn, chúng phát ra một chùm sóng vô tuyến cường độ mạnh quét qua Trái đất giống như một ngọn đèn pha có cùng tần số với pulsar đang quay. Nhưng vì các pulsar ở quá xa (thường là hàng nghìn năm ánh sáng), nên đốm sáng mà chùm tia này chiếu lên Trái đất phải quét qua một vòng tròn khổng lồ đến mức nó phải chuyển động nhanh gấp hàng nghìn tỉ lần tốc độ ánh sáng! Tuy nhiên, khi xét kĩ chúng ta thấy không phải như vậy. Sóng vô tuyến từ pulsar đến là ở dạng các photon (vì chúng là bức xạ điện từ) và những photon này là cái được phát ra từ pulsar và chúng luôn truyền đi ở tốc độ ánh sáng. Sự nhấp nháy phát sinh là do chúng ta nghĩ có cái gì đó chạy vòng theo một vòng tròn, nhưng tất cả các photon đang truyền xuyên tâm ra phía ngoài. Thật ra không có đối tượng vật chất nào chuyển động trong cái vòng tròn lớn này hết. Bạn hãy nghĩ các photon đó giống như nước phun ra từ một cái vòi tưới vườn.

Người con người bé nhỏ màu xanh

Sự giãn thời gian và sự co chiều dài mang lại một cách đi xuyên khoảng cách liên thiên hà trong vũ trụ (cái hóa ra là điều may mắn bất ngờ cho những người nghiên cứu UFO). Ở Chương 3, tôi đã trình bày với bạn một số ấn tượng về khoảng cách khổng lồ giữa các sao. Ngay cả những láng giềng gần gũi nhất của chúng ta cũng ở xa đến mức ánh sáng mất vài ba năm mới đi tới chúng ta, trong khi đa số các ngôi sao ở xa hàng nghìn năm ánh sáng. Khoảng cách xa xôi này có vẻ như loại trừ mọi khả năng của chúng ta đi tới những ngôi sao khác, cùng với những hệ hành tinh có thể có của chúng, trong thời gian của một đời người.

Đây là chỗ thuyết tương đối cứu nguy. Nếu một phi thuyền vũ trụ có thể chuyển động gần tốc độ ánh sáng, thì nó sẽ thấy quãng đường mà nó phải đi bị co lại. Một hành trình đi tới một ngôi sao ở xa một nghìn năm ánh sáng có thể chỉ mất vài ba năm, tính theo nhà du hành ở trên tàu. Do hiệu ứng giãn nở thời gian, chuyến hành trình đó vẫn kéo dài

hơn một nghìn năm *Trái đất*. Xét cho cùng, khi nhìn từ phía Trái đất, phi thuyền đang chuyển động dưới tốc độ ánh sáng. Trên Trái đất chúng ta sẽ thấy phi thuyền phải đi hết quãng đường trọn vẹn chưa co lại, nhưng chúng ta cũng sẽ thấy đồng hồ trên phi thuyền chạy chậm đi nên chúng ta sẽ thống nhất với họ về thời gian kéo dài của chuyến hành trình tính theo họ.

Phải chăng điều này có nghĩa là sự du hành xuyên Vũ trụ là có thể? Vâng, trên nguyên tắc, bạn có thể đi xuyên Vũ trụ Nhìn thấy rộng hàng tỉ năm ánh sáng chỉ trong một ngày mà không cần đạt tới tốc độ ánh sáng. Điều này là có thể, bất chấp thực tế là ánh sáng, cái chuyển động nhanh hơn bạn, mất hàng tỉ năm mới đi hết hành trình đó. Vấn đề là luôn luôn phân biệt rõ giữa thời gian chuyến du hành diễn ra theo đồng hồ trên tên lửa của bạn (một ngày) và thời gian diễn ra khi đo bằng đồng hồ vẫn ở trên mặt đất (hàng tỉ năm). Một hệ quả hơi trở ngại là đối với bản thân ánh sáng, thời gian sẽ dừng lại. Nếu bạn có thể gắn một đồng hồ với một chùm tia sáng thì đồng hồ đó sẽ không chạy. Chúng ta nói đối với một photon, thời gian không trôi gì cả (sự giãn thời gian tối đa) và toàn bộ Vũ trụ có kích cỡ zero (sự co chiều dài tối đa)!!

Vì có thể đi hết một khoảng cách bất kì trong vũ trụ trong một khoảng thời gian ngắn tùy ý bằng cách chuyển động gần tốc độ ánh sáng, nên có vẻ như, ít nhất là trên nguyên tắc, tôi đã mở ra một cánh cửa cho khả năng chúng ta đã từng được thăm viếng bởi những sinh vật đến từ những thế giới khác. Luận cứ là ít nhất có khả năng cho một phi thuyền ngoài hành tinh có hệ thống sức đẩy tiến bộ hơn hàng trăm năm, thậm chí hàng nghìn năm, so với bất cứ cái gì chúng ta có thể nghĩ ra, và có thể đạt tới những tốc độ gần tốc độ ánh sáng. Vì thế, họ có khả năng đi xuyên những khoảng cách mênh mông trong vũ trụ chỉ trong vài tháng hoặc vài năm. Tôi cảm ghét tới mức muốn tạt gáo nước lạnh vào hình ảnh tưởng tượng đặc biệt này, rất không có khả năng (tất nhiên không phải là không thể) UFO là những đĩa bay chính cống vì một số lí do thực tế. Vì bất kì phi thuyền ngoài hành tinh nào cũng phải tuân theo các định luật vật lí giống như ở mọi nơi khác trong Vũ trụ, nên nó không thể chuyển động nhanh hơn tốc độ ánh sáng. Mặc dù chuyến hành trình ra đi từ hành tinh quê hương của họ có thể chỉ mất vài ba năm tính theo những nhà du hành đang đi lại đó, nhưng nhiều nghìn hay thậm chí nhiều triệu năm sẽ trôi qua trên hành tinh quê nhà của họ. Cho nên, giả sử tuổi thọ của họ là tương đương với chúng ta, thì sẽ không có khả năng cho họ trở về và báo cáo những kết quả tìm thấy của họ. Những người đương thời của họ đều đã chết từ lâu rồi. Tất nhiên, cái tôi không biết là (a) tuổi thọ của một người ngoài hành tinh là bao nhiêu và (b) đầu sao họ có ý định quay về quê hương của mình không.

Trôi nhanh về tương lai

Thuyết tương đối đặc biệt đã nêu ra một số khái niệm hấp dẫn và kì lạ, nổi lên trong số đó là quan niệm rằng thời gian trôi chậm đi đối với những vật đang chuyển động nhanh. Một khía cạnh quan trọng của hiệu ứng kì lạ này mà tôi chưa nhắc tới là nó cho chúng ta một cách “tiến nhanh” trong thời gian: du hành xuyên thời gian về phía tương lai! Vì thế, ta hãy xét kĩ hơn một chút về vấn đề này. Trong những năm qua, thuyết tương đối đặc biệt đã mang lại nhiều tranh luận và bàn cãi, và không chỉ riêng trong số các nhà vật lí. Nhưng cái khó hiểu nhất, gây tranh cãi nhất, và cho đến nay vẫn bị hiểu sai nhiều nhất, là những hệ quả của nó gọi là nghịch lí đồng hồ, hay nghịch lí cặp song sinh. Tôi sẽ trình bày vắn tắt một chút về nghịch lí đó ở đây và nói rõ tại sao rốt cuộc nó chẳng hề nghịch lí gì cả.

Hãy gặp cặp song sinh Alice và Bob. Alice là người có tính phiêu lưu, thích du hành đây đó vòng quanh Thiên hà trong tên lửa tốc độ cao của cô, còn Bob thì thích ở nhà hơn. Một ngày nọ, Alice nói lời chào tạm biệt người em của mình và hướng tên lửa thẳng tiến đến hệ sao Alpha Centauri ở xa bốn năm ánh sáng, đi với tốc độ bằng hai phần ba tốc độ ánh sáng. Bob theo dõi hành trình của cô và tính được rằng cô sẽ đi tới mục tiêu trong thời gian sáu năm. Một khi tới nơi, Alice sẽ bay vòng lại và thẳng tiến trở về. Tính luôn cả thời gian bay vòng lại, Bob trông đợi chuyến đi tổng cộng mất hơn mười hai năm một chút. Tuy nhiên, cậu ta thất vọng trước những tin nhắn mà cậu ta nhận được từ Alice. Không những có một sự trễ thời gian tăng dần do khoảng cách xa dần giữa họ, mà chúng còn bị lệch Doppler về phía những bước sóng dài hơn. Từ tốc độ của tên lửa, Bob tính được độ lệch Doppler đó và đưa nó vào trong tính toán. Tuy nhiên, các bước sóng vẫn quá dài và cậu ta nhanh chóng nhận ra rằng đây là do hiệu ứng giãn nở thời gian tương đối tính. Đối với cậu ta, thời gian trên tên lửa của Alice trôi chậm hơn thời gian của cậu ta, và sự chậm lại này tự biểu hiện ở một bước sóng dài hơn trong tín hiệu. Đưa sự trôi chậm lại này của thời gian của tên lửa vào tính toán, Bob tính được rằng theo Alice thì chuyến đi diễn ra mất có chín năm, ngắn hơn ba năm so với độ dài chuyến đi tính theo thời gian trên Trái đất. Điều này có nghĩa là, lúc quay về, Alice sẽ trẻ hơn cậu em song sinh của mình ba tuổi! Đây là vì sự giãn nở thời gian không phải là cái chỉ ảnh hưởng đến những đồng hồ đang chuyển động, mà ảnh hưởng đến toàn bộ thời gian trên tên lửa, kể cả đồng hồ sinh học của Alice.

Thật ra, đây không phải là nguyên nhân của “nghịch lí” như tiêu đề câu chuyện. Bob đã sử dụng khá chính xác các phương trình của thuyết tương đối đặc biệt và đã tính ra độ chênh lệch thời gian giữa đồng hồ của cậu ta và của người chị gái. Không, nghịch lí, hay cái thoát nhìn có vẻ như nghịch lí, là Alice không tin vào những dự đoán của cậu em trai mình. Cô ta cho rằng nguyên lí tương đối thứ nhất đã bị vi phạm ở đây. Chắc chắn vậy, vì mọi chuyển động là tương đối, nên cô ta có quyền khẳng định hợp lí rằng không phải tên lửa của

cô đang chuyển động ra xa Trái đất, mà là Trái đất đang chuyển động ra xa tên lửa. Do đó, cô khẳng định, lúc cô quay về, cô sẽ thấy cậu em của mình là người trẻ hơn. Sự đối xứng rõ ràng này là nguyên nhân gây ra tình trạng hiểu lộn xộn trong những năm qua. Cả hai người anh em song sinh nhà họ đều không thể cùng đúng phải không nào?

Có nhiều cách giải quyết phân giải chính xác vấn đề trên. Tôi sẽ trình bày ở đây cách đơn giản nhất. Câu trả lời là Bob đúng, và Alice thì sai. Khi trở lại, cô thật sự trẻ hơn cậu em của mình. Nhiều sách viết về thuyết tương đối sẽ phát biểu rằng đây là vì Alice là người phải chịu sự gia tốc và giảm tốc trong tên lửa và chính điều này đã phá vỡ sự đối xứng giữa hai người anh em song sinh. Điều này đúng, nhưng việc *nói* tình huống của họ không giống nhau là không *giải thích* cái gì cả. Nguyên nhân Alice trẻ hơn có thể giải thích được, không phải do sự giãn nở thời gian, mà do sự co chiều dài. Đối với cô ta, quãng đường đến ngôi sao Alpha Centauri không phải là bốn năm ánh sáng mà chỉ có ba năm thôi, và việc chuyển động ở tốc độ bằng hai phần ba tốc độ ánh sáng có nghĩa là cô ta có thể thực hiện chuyến hành trình chỉ trong bốn năm rưỡi thay vì sáu năm như ước tính của Bob. Chuyến bay trở về bốn năm rưỡi nữa có nghĩa là toàn bộ chuyến đi sẽ mất chín năm, giống hệt như Bob đã tính từ sự giãn nở thời gian của đồng hồ của cô. Nguyên nhân vì sao Alice đưa ra câu trả lời sai bằng cách viện dẫn thực tế cô nhìn thấy đồng hồ của Bob chạy chậm hơn, là vì cô không sử dụng chính xác các phương trình của thuyết tương đối đặc biệt. Chúng chỉ áp dụng được cho những người quan sát không thay đổi tốc độ hay hướng chuyển động. Cô ta thay đổi tốc độ, trong khi Bob thì không.

Độ chênh lệch thời gian ba năm lúc Alice trở về nghe không ấn tượng cho lắm, nên chúng ta hãy giả sử cô ta còn đi nhanh hơn nữa, thí dụ ở tốc độ bằng 99% tốc độ ánh sáng. Lúc này, cô sẽ trở về Trái đất (nếu chúng ta bỏ qua thời gian quay đầu) sau tám năm và một tháng tính theo thời gian Trái đất (đó là một tháng dài hơn để cho ánh sáng đi hết chuyến hành trình). Nhưng theo Alice, chuyến đi chỉ mất có một năm. Nếu cô ta quyết định đi du ngoạn ở tốc độ này trong một chuyến hành trình, tính theo cô ta, kéo dài mười năm, thì lúc trở về cô sẽ thấy tám mươi năm đã trôi qua trên Trái đất và Bob, cùng với hầu hết mọi người mà cô ta biết, đã chết cả rồi. Mặt khác, lúc trở về cô ta chỉ già hơn trước đó mười tuổi thôi. Đây là một ví dụ rõ ràng của sự du hành thời gian về tương lai. Nếu tên lửa của cô ta có thể đạt tới gần tốc độ ánh sáng hơn nữa, cô ta sẽ trở lại hàng nghìn, hay thậm chí hàng triệu, năm trong tương lai. Vì thế, hãy quên Giọt dầu Ulay đi. Chỉ việc nhảy lên một tên lửa đang chuyển động nhanh và bay lòng vòng hệ mặt trời trong chốc lát. Bạn bè sẽ thật bất ngờ khi thấy bạn trẻ biết bao nhiêu!

Thỉnh thoảng, người ta nghĩ rằng sự đối xứng giữa chuyển động của Alice và của Bob được hồi phục nếu chúng ta xét những cái tựa như một người quan sát thứ ba, ví dụ một nhà du hành vũ trụ đang đi qua. Anh ta thấy Alice và Bob bay ra xa nhau rồi tiến lại

gần nhau có phải không? Nếu anh ta chuyển động cùng chiều với Alice nhưng chỉ bằng nửa tốc độ của cô đối với Trái đất, thì anh ta sẽ thấy cặp song sinh chuyển động ra xa anh ta theo hai hướng ngược nhau ở tốc độ bằng nhau: một bức tranh đối xứng. Vấn đề là Alice phải quay trở về. Nếu nhà du hành vũ trụ tiếp tục chuyển động ở tốc độ cũ theo hướng cũ, anh ta sẽ thấy Bob tiếp tục chuyển động ra xa anh ta, nhưng Alice cuối cùng sẽ quay đầu và tiến về phía anh ta. Cô sẽ đi qua anh ta trong chuyến quay về của mình. Như vậy, sự đối xứng bị phá vỡ.

Trong những năm qua, tôi đã lập nghịch lí song sinh làm bài tập ở nhà cho sinh viên của tôi tại Surrey. Tôi yêu cầu họ nghiên cứu vấn đề với những cách tiếp cận khác nhau. Cho đến nay, tôi thấy cách tốt nhất là sử dụng một người quan sát thứ ba làm quan tòa phân giải. Các công thức toán triển khai rất đẹp.

Tôi đã gặp nhiều người ban đầu nghĩ rằng loại du hành thời gian về tương lai như thế này hàm ý rằng tương lai phải có sẵn ở ngoài kia, tồn tại cùng lúc với hiện tại của chúng ta. Ở đây không phải như vậy. Cái đang xảy ra là tương lai đang trải ra trên Trái đất suốt thời gian Alice đi xa. Chỉ có điều là, vì thời gian trôi qua đối với cô ta ngắn hơn, nên cô đang chuyển động trên một quỹ đạo thời gian khác với thời gian trên Trái đất mà thôi.

Không thời gian – tương lai ở ngoài kia

Tôi vừa nêu ra vấn đề gai góc là tương lai có sẵn ở ngoài kia hay không. Chúng ta hãy đối mặt với vấn đề đó và nhìn xem thuyết tương đối đặc biệt đã dạy chúng ta điều gì.

Hai năm sau khi Einstein công bố bài báo của ông về thuyết tương đối đặc biệt, một trong những vị giáo sư đại học cũ của ông, Hermann Minkowski, đề xuất rằng toàn bộ bài toán thời gian trôi chậm đi và độ dài co lại chỉ là vấn đề góc nhìn khác nhau của những người quan sát đang chuyển động khác nhau. Nhưng đó không phải là loại góc nhìn mà chúng ta đã quen thuộc trong không gian 3D, mà nó là một góc nhìn trong không gian bốn chiều. Minkowski chứng minh rằng thời gian và không gian có thể không còn xem là những thực thể tách rời nữa mà chúng hợp nhất thành cái gọi là không thời gian. Nhiều người, kể cả các nhà khoa học, cảm thấy lúng túng trước yêu cầu có một bức tranh như thế, và điều quan trọng nên hiểu cho đúng là vì sao Minkowski đi tới kết luận này.

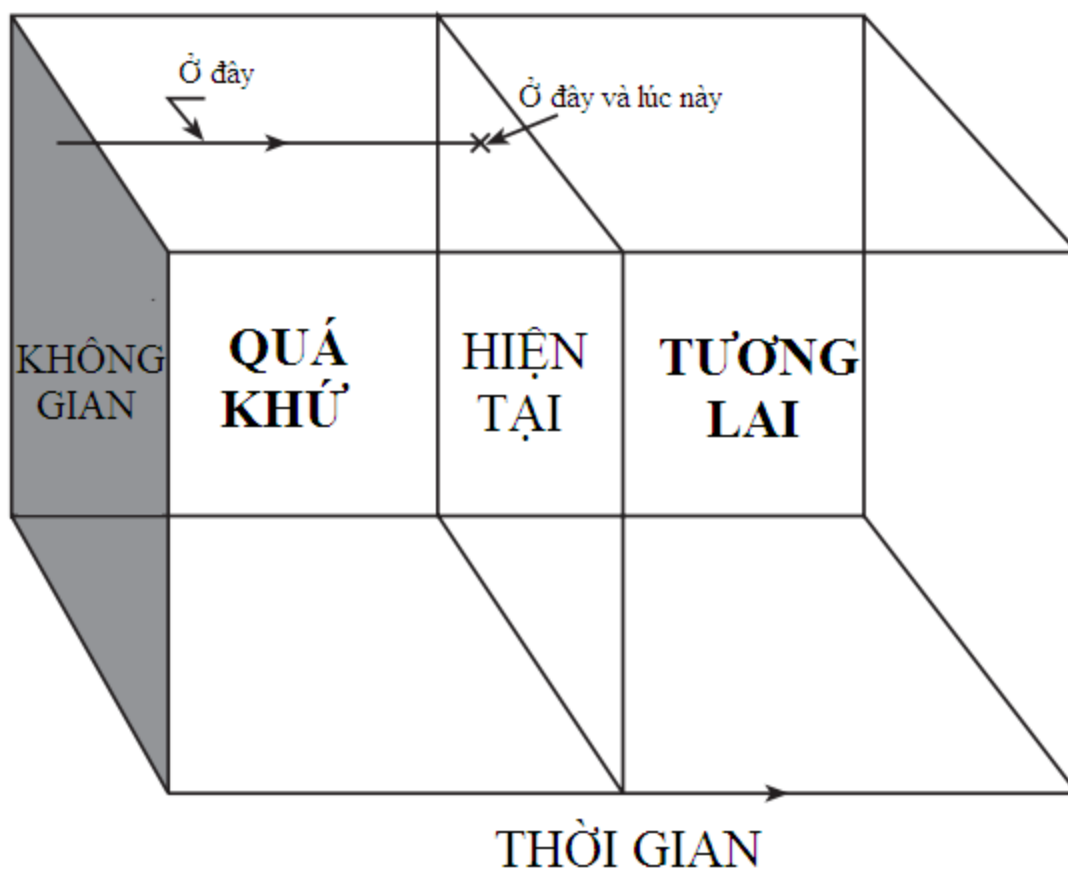
Nếu bạn nhìn vào một vật rắn, ví dụ một khối lập phương, bạn thấy chiều sâu của nó (là chiều theo hướng nhìn của bạn) dường như ngắn hơn hai chiều kia là chiều rộng và chiều dài, khiến cho hai mặt bên của hình lập phương trông như bị nén lại. Giờ hãy xét có ai đó đang nhìn khối lập phương này từ bên trái hoặc bên phải. Đối với cô ta, chiều mà bạn xem

là chiều rộng của hình lập phương lúc này là chiều sâu của nó, và cô ta thấy mặt lập phương đối diện với bạn bị nén lại. Cả hai người bạn đều không cãi nhau xem ai là người đang nhìn hình lập phương từ góc nhìn *đúng* vì cả hai người đều hiểu rằng đó chỉ là vấn đề góc nhìn khác nhau mà thôi. Thuyết tương đối đặc biệt dạy chúng ta rằng những nhà quan sát đang chuyển động nhanh phải nhìn thế giới trong không thời gian bốn chiều, trong đó khoảng cách không gian lẫn khoảng cách thời gian đều trở thành vấn đề góc nhìn. Một nhà quan sát đang chuyển động ở tốc độ cao so với người kia sẽ nhìn thấy không thời gian từ một góc nhìn khác. Theo nhà quan sát này, chiều thời gian có thể trông ngắn hơn hoặc dài hơn chiều thời gian đối với nhà quan sát kia, nhưng chẳng có nhà quan sát nào có quyền khẳng định rằng góc nhìn không thời gian của họ là chính xác hơn góc nhìn của người kia.

Hãy nghĩ tới hai sự kiện tách rời nhau, ví dụ tôi viết câu văn này và bạn đọc nó. Quan điểm trước Einstein (theo Newton) sẽ là hai sự kiện này độc lập nhau trong không gian và thời gian. Khoảng cách không gian giữa nơi tôi viết và nơi bạn đọc (ví dụ như 1000 km) và khoảng cách thời gian giữa thời điểm viết và thời điểm đọc (ví dụ như hai năm) là như nhau đối với mọi nhà quan sát. Thuyết tương đối đặc biệt nêu rõ cả hai đại lượng này sẽ biến thiên như thế nào, tùy thuộc vào nhà quan sát. Cái đẹp ở không thời gian 4D là chúng ta có định nghĩa trong nó một “khoảng cách” giữa hai sự kiện là sự kết hợp của một phần không gian và một phần thời gian. Một “khoảng” không thời gian như vậy có một giá trị cố định đối với mọi nhà quan sát. Vì thế, khi kết hợp thời gian và không gian, chúng ta trở về với khái niệm khoảng cách tuyệt đối.

Không thời gian 4D của Minkowski thường được gọi là mô hình vũ trụ hình khối. Đã từng có lần được xem là một chiều thứ tư của không gian, ta có thể tưởng tượng toàn bộ không gian và thời gian được mô phỏng dưới dạng một khối bốn chiều. Để hình dung ra hình khối này, tôi khuyên bạn nên vứt đi một trong các chiều không gian (như đã nói ở phần đầu tập sách) để thời gian có thể xem là một chiều thứ ba, biểu diễn trên hình 6.3 bởi trục chạy từ trái sang phải trang giấy.

Tại một thời điểm bất kì cho trước, không gian hai chiều sẽ là một lát cắt qua hình khối trên. Vũ trụ ở những thời điểm sớm hơn được biểu diễn bởi vùng phía bên trái lát cắt này và những thời điểm tương lai nằm ở phía bên phải. Ở đây, chúng ta có một cái nhìn tổng thể của sự tồn tại trong đó toàn bộ thời gian – quá khứ, hiện tại và tương lai – nằm đóng băng trước mắt chúng ta. Nhiều nhà vật lý, trong đó có Einstein lúc cuối đời của ông, đã đưa mô hình này đến kết luận hợp lý của nó: trong không thời gian 4D, không có cái gì chuyển động hết. Tất cả những sự kiện đã xảy ra hoặc sẽ xảy ra tồn tại chung với nhau trong vũ trụ hình khối đó và không có sự phân biệt giữa quá khứ và tương lai. Điều này hàm ý rằng không có cái gì ngoài tương đối có thể xảy ra. Không những tương lai là tiền định mà nó còn hiện hữu sẵn ở đó và bất biến giống như quá khứ vậy.



Hình 6.3 Vũ trụ hình khối. Một chiều bị cắt đi và không gian giảm xuống thành một tấm hai chiều. Thời gian chạy vuông góc với tấm đó từ trái sang phải. Nếu bạn đứng yên, bạn sẽ thấy một đường nằm ngang, gọi là đường thể giới của bạn. Cái bạn nghĩ là “hiện tại” sẽ là một lát cắt qua hình khối đó bao gồm mọi điểm trong không gian mà bạn xem là đồng thời. Nhưng nếu hai nhà quan sát đang chuyển động qua mặt nhau thì họ sẽ không nhất trí với nhau về tấm “hiện tại” đó.

Bức tranh này thật sự có cần thiết không? Xét cho cùng, chúng ta có thể tưởng tượng ra một không thời gian kiểu Newton mô phỏng dưới dạng một khối 4D. Sự khác biệt là ở chỗ trong trường hợp đó không gian và thời gian là độc lập nhau, trong khi trong thuyết tương đối cả hai liên quan với nhau. Một trong những hệ quả của thuyết tương đối là sẽ không có hai nhà quan sát nào có thể thống nhất với nhau “hiện tại” là lúc nào. Bằng cách vứt bỏ thời gian tuyệt đối, chúng ta cũng phải thừa nhận rằng quan niệm một thời điểm hiện tại chung là không hề tồn tại. Đối với nhà quan sát này, tất cả những sự kiện trong Vũ trụ xuất hiện đồng thời có thể liên hệ với nhau để tạo thành một lát cắt nhất định qua không thời gian mà nhà quan sát gọi là “hiện tại”. Nhưng nhà quan sát kia, đang chuyển động tương đối so với người thứ nhất, sẽ có một lát cắt khác giao với lát cắt thứ nhất. Một số sự kiện nằm

trong lát “hiện tại” của nhà quan sát thứ nhất sẽ nằm trong quá khứ của nhà quan sát thứ hai trong khi một số sự kiện khác sẽ nằm trong tương lai của anh ta. Kết quả khó tin nổi này được gọi là tính tương đối của sự đồng thời, và là nguyên nhân khiến nhiều nhà vật lý tranh luận rằng vì không có sự phân chia tuyệt đối giữa quá khứ và tương lai nên có thể không có sự trôi qua của thời gian, vì chúng ta không thể thống nhất với nhau hiện tại là lúc nào.

Tệ hơn nữa, nếu một người quan sát nhìn thấy một sự kiện A xảy ra *trước* một sự kiện B, thì có khả năng cho nhà quan sát kia chứng kiến sự kiện B *trước* A⁴. Nếu hai nhà quan sát thậm chí không thể thống nhất với nhau về trình tự sự việc xảy ra, thì làm thế nào ta có thể định nghĩa một sự trôi qua khách quan của thời gian dưới dạng một chuỗi những sự kiện?

Không phải nhà vật lý nào cũng sẵn sàng chấp nhận một quan điểm như vậy. Ngay cả Einstein cũng buộc phải thừa nhận rằng mặc dù không gian và thời gian hợp nhất thành một thể liên tục, tuy nhiên chúng ta không nên sa vào cái bẫy xem thời gian giống như một chiều nữa của không gian. Xét cho cùng, chúng ta đã biết từ chương trước rằng trục thời gian có một chiều nhất định; một mũi tên thời gian. Cả ba trục không gian đều không giống như thế này. Mỗi trục không gian thì có hai hướng, nên không gian và thời gian vẫn khác nhau về bản chất. Vì thế, khi Minkowski lần đầu tiên trình bày các quan điểm của ông, ngay cả Einstein cũng tỏ vẻ hoài nghi. Dần dần thì ông mới chấp nhận những quan điểm đó, và chúng tỏ ra thiết yếu cho sự phát triển sau đó của ông về thuyết tương đối tổng quát, trong đó chính không thời gian 4D bị ảnh hưởng bởi lực hấp dẫn. Thật vậy, không thời gian có thể uốn cong, giãn ra, nén lại và xoắn. Chúng ta sẽ thấy ở phần sau rằng thuyết tương đối tổng quát cho phép không thời gian hình thành một số hình dạng rất lạ mà các chuyên gia gọi là “tô pô học không tầm thường”.

Toàn bộ câu chuyện này đưa chúng ta đến đâu? Phải chăng thuyết tương đối đòi hỏi quá nhiều? Chúng ta biết rằng chúng ta phải từ bỏ quan niệm về một thời điểm hiện tại chung, nhưng chúng ta có buộc phải thừa nhận rằng tương lai là tồn tại sẵn hay không? Tôi sẽ nêu ra ba lý do giải thích tại sao tôi không tin là như vậy.

Trước tiên, sự không nhất trí mà hai nhà quan sát bất kì sẽ có về trật tự của những sự kiện sẽ chỉ liên quan đến những sự kiện rất gần nhau trong thời gian. Hãy tưởng tượng có hai lóe sáng theo tôi là cách nhau ba mươi centimét. Ánh sáng sẽ mất khoảng một phần tỉ của một giây để đi hết quãng đường này và vì thế, để cho ánh sáng của một lóe sáng đi tới kích thích lóe sáng kia, tôi phải thấy chúng cách nhau trong thời gian hơn một phần tỉ của

⁴Điều này chỉ có thể xảy ra nếu khoảng thời gian giữa hai sự kiện (trong cả hai hệ quy chiếu) là ngắn hơn thời gian cần thiết cho ánh sáng đi từ sự kiện này đến sự kiện kia. Như vậy sẽ bác bỏ khả năng một sự kiện có thể là nguyên nhân của sự kiện kia, vì điều này sẽ hàm ý rằng một nhà quan sát sẽ nhìn thấy kết quả xảy ra trước nguyên nhân, và các định luật vật lý sẽ không cho phép xảy ra một cái như vậy.

một giây. Với một khoảng thời gian như vậy, sẽ không có khả năng cho bất kì nhà quan sát nào khác nhìn thấy hai lóe sáng xảy ra theo kiểu khác, cho dù họ đang chuyển động tương đối nhanh bao nhiêu so với tôi. Như vậy sẽ vi phạm một định luật thiêng liêng của tự nhiên phát biểu rằng nguyên nhân của cái gì đó phải luôn luôn xảy ra trước hệ quả của nó. Đó là lí do chúng ta không thể có những cái xảy ra *trước* cái làm cho chúng xảy ra lúc ban đầu. Trong ví dụ này, cho dù lóe sáng thứ nhất có hay không có gây ra lóe sáng thứ hai cũng không sao, vì không có đủ thời gian cho điều này xảy ra.

Vì thế, sự sắp xếp lại các sự kiện đối với những nhà quan sát khác nhau chỉ được phép – nếu không vi phạm cái gọi là “tính nhân quả” (hay nguyên nhân xảy ra trước hệ quả của chúng) – nếu hai sự kiện ở gần nhau trong thời gian đến mức không có tín hiệu nào, thậm chí kể cả ánh sáng, có thể truyền qua giữa chúng⁵. Do đó, sự hòa lẫn của các sự kiện là cái làm tiêu tan sự trôi qua khách quan của thời gian chỉ ở thang thời gian rất nhỏ, làm cho thời khắc hiện tại “mờ đi” một chút, đó là tất cả những gì xảy ra.

Nguyên nhân thứ hai là vì, bất chấp trạng thái chuyển động tương đối của bạn, vẫn có một “hiện tại” rõ ràng và vì thế có một sự phân chia hoàn toàn có thể cảm nhận của các sự kiện, đối với bạn, thành quá khứ và tương lai.

Thứ ba, và để cho tương lai “có sẵn ở ngoài kia”, rõ ràng là cho đến khi nó “xảy ra” đối với chúng ta và chúng ta biết toàn bộ không thời gian, ta không thể cắt lát qua nó một cách lộn xộn được. Đối với chúng ta, tương lai chưa hề xảy ra. Cho dù chúng ta có thể, với đủ thông tin cho trước về trạng thái hiện tại của Vũ trụ (ví dụ như vị trí và trạng thái chuyển động của mọi hạt trong Vũ trụ), *tính ra* cái sẽ xảy ra ở mọi thời điểm tương lai. Đây chẳng gì hơn là vũ trụ (cơ giới) quyết định luận của Newton. Sự khác biệt lúc này ở quãng đường, khoảng thời gian, và thứ tự của những sự kiện nhất định sẽ phụ thuộc vào nhà quan sát.

Để xem toàn bộ không thời gian (Vũ trụ ở mọi thời điểm) là một hình khối 4D đòi hỏi một điểm mốc nằm bên ngoài Vũ trụ. Yêu cầu này giống như câu hỏi Vũ trụ trông như thế nào từ bên ngoài. Không có cái gì bên ngoài. Do đó, một cái nhìn như thế là mang tính giả thuyết mà thôi.

Những lập luận này không khiến nhiều nhà vật lí, nhà toán học và nhà triết học ngừng ôm ấp quan niệm vũ trụ hình khối, với thời gian tĩnh của nó, một cách toàn tâm toàn ý. Nhà toán học Hermann Weyl mô tả vũ trụ hình khối như sau: “Thế giới khách quan *là* đơn giản, nó không *xảy ra*. Chỉ có ý thức của chúng ta... là một quá trình tiến tới trong thời gian”. Thật vậy, một quan niệm như thế đã tồn tại từ lâu trước khi có thuyết tương đối và rất

⁵Tất nhiên, các sự kiện có thể cách nhau một năm rỗng miến là chúng ở xa nhau hơn một năm ánh sáng (vì ánh sáng, phương tiện truyền thông tin nhanh nhất, mất hơn một năm để đi từ sự kiện này đến sự kiện kia).

gần với những lập luận mà nhà triết học người Đức Immanuel Kant nêu ra trong quyển sách *Phê bình Nguyên nhân Thuần túy* của ông vào năm 1787.

Tôi luôn luôn cảm thấy có một sự mâu thuẫn trong lập luận này. Weyl muốn chúng ta tin rằng mặc dù chẳng có cái gì *đang biến đổi* trong không thời gian 4D, nhưng ý thức của chúng ta bằng cách nào đó vẫn tiến lên *trong* nó, đó là cách chúng ta có cảm giác về một thời khắc hiện tại bất biến. Ông khẳng định rằng cảm giác này là ảo giác. Nhưng sự chuyển động, tuy là ảo giác, gợi đến sự biến đổi, và sự biến đổi đòi hỏi sự trôi qua của thời gian. Cho nên, nếu ý thức của chúng ta trải nghiệm sự biến đổi thì nó phải tồn tại bên ngoài không thời gian tĩnh. Tuy nhiên, ý thức có bí ẩn hay không thì ở đây tôi chưa sẵn sàng bàn tới nó.

Thời gian hấp dẫn

Giờ thì chúng ta đã thấy thời gian được mô tả như thế nào trong thuyết tương đối đặc biệt, nên tôi sẽ trình bày ngắn gọn nó sẽ hành xử như thế nào trong thuyết tương đối tổng quát. Einstein đã chứng minh rằng lực hấp dẫn mang lại một cách khác làm chậm thời gian để chuyển động ở những tốc độ rất cao. Chúng ta đã thấy thuyết tương đối tổng quát mô tả cách những vật thể đồ sộ làm cho không thời gian trong vùng phụ cận của chúng cong đi như thế nào (hãy để ý làm thế nào cuối cùng tôi có thể nói về không thời gian chứ không riêng gì không gian nữa). Giống hệt như như không gian bị giãn ra bên trong trường hấp dẫn, thời gian cũng vậy. Hãy xét hiệu ứng trên thời gian ở gần chân trời sự kiện của một lỗ đen. Một người quan sát đang nhìn, từ một khoảng cách an toàn, một người đang cầm một cái đồng hồ trong khi đang rơi vào lỗ đen sẽ thấy cái đồng hồ chạy chậm đi. Đây là nguyên nhân chúng ta thấy các vật rơi vào trong lỗ đen có vẻ như thể chúng bị đóng băng tại chân trời sự kiện. Đối với chúng ta, thời gian tại chân trời sự kiện là dừng lại. Tuy nhiên, đây không đơn giản là một ảo giác quang học. Chúng ta đã thấy rằng sự giãn nở thời gian trong thuyết tương đối đặc biệt là mang tính tương đối. Hai nhà quan sát đang chuyển động ở tốc độ cao so với nhau, người này sẽ thấy đồng hồ của người kia chạy chậm hơn. Nhưng trong trường hợp hai nhà quan sát ở gần lỗ đen, thì người rơi vào trong sẽ thấy đồng hồ của người quan sát ở xa chạy nhanh hơn!

Bạn có quyền cảm thấy ít bị thuyết phục hơn bởi lập luận này. Xét cho cùng, chưa có ai từng mặt đối mặt với một lỗ đen để kiểm tra một hiệu ứng như thế. Vậy thì làm thế nào chúng ta có thể chắc chắn rằng thời gian thật sự trôi chậm đi? Câu trả lời là chúng ta có thể kiểm tra nó ngay trên Trái đất này. Trường hấp dẫn của Trái đất chẳng thấm vào đâu so với

trường hấp dẫn của một lỗ đen, nhưng chúng ta vẫn có thể đo hiệu ứng nhỏ xíu mà nó có đối với thời gian.

Sự giãn nở thời gian do lực hấp dẫn của Trái đất đã được xác nhận bởi một thí nghiệm nổi tiếng do hai người Mỹ thực hiện vào năm 1960. Robert Pound và Glen Rebka đã khai thác hiệu ứng Mossbauer mới được khám phá trước đó, hiệu ứng phát biểu rằng một nguyên tử thuộc một loại nhất định sẽ phát ra ánh sáng thuộc một bước sóng nhất định khi được bơm năng lượng. Và vì bước sóng này tương thích với những nguyên tử khác giống như vậy, nên chúng sẽ dễ dàng hấp thụ ánh sáng trên. Nếu bước sóng ánh sáng thay đổi đi một chút, ví dụ do hiệu ứng Doppler, thì những nguyên tử kia sẽ không thể hấp thụ nó. Pound và Rebka đã đặt một số nguyên tử sắt “phát xạ” tại chân của một tòa tháp cao 23 mét và những nguyên tử giống hệt tại đỉnh tháp. Họ tìm thấy ánh sáng phát ra bởi các nguyên tử tại chân tháp không bị hấp thụ bởi các nguyên tử tại đỉnh tháp, và lí giải rằng nguyên nhân là vì bước sóng của ánh sáng đã bị lệch đỏ. “Sự lệch đỏ do hấp dẫn” này là kết quả trực tiếp của sự chậm đi của thời gian tại chân tháp. Bạn thấy đó, đỉnh tháp ở xa Trái đất hơn và do đó lực hấp dẫn ở đó yếu hơn (tất nhiên, không nhiều cho lắm, nhưng đủ để làm thay đổi bước sóng ánh sáng).

Để hiểu sự lệch đỏ này là sự trôi chậm của thời gian, hãy xét xem một bước sóng thật ra có nghĩa là gì. Bạn có thể nghĩ các nguyên tử sắt là những cái đồng hồ với mỗi đỉnh của sóng ánh sáng mà chúng phát ra là một tiếng “tíc”. Nếu ta thấy những bước sóng dài hơn, thì đó là do thời gian trôi qua nhiều hơn giữa những tiếng tíc liên tiếp và ta nói đồng hồ nguyên tử đang chạy chậm đi. Để đo thời gian đang chậm đi *bao nhiêu*, Pound và Rebka đã làm cái việc mà tôi nhớ, khi lần đầu tiên tôi học về nó, tôi đã nghĩ rằng đó là một kì công tuyệt đối. Họ cho các nguyên tử tại đỉnh tháp chuyển động xuống với một tốc độ nhất định về phía các nguyên tử tại chân tháp. Các nguyên tử đang chuyển động bây giờ nhìn thấy bước sóng ánh sáng truyền lên gặp chúng hơi bị nén lại do hiệu ứng Doppler. Sự co ngắn lại như thế này của bước sóng có thể điều chỉnh, bằng cách điều khiển tốc độ của các nguyên tử đang rơi xuống, để hồi phục bước sóng ánh sáng đến giá trị đúng của nó và vì thế các nguyên tử đang rơi có thể hấp thụ ánh sáng đó.

Trong những tình huống nhất định, hai hiệu ứng giãn nở thời gian (do thuyết tương đối đặc biệt và do thuyết tương đối tổng quát) có thể tác dụng lên nhau. Xét hai đồng hồ nguyên tử, một ở trên mặt đất và một ở trên một vệ tinh bay vòng quanh Trái đất. Đồng hồ nào sẽ chạy chậm hơn? Đối với đồng hồ trên mặt đất, chuyển động tốc độ cao của đồng hồ trên quỹ đạo sẽ khiến nó chạy chậm hơn, trong khi thực tế thì nó đang quay quanh Trái đất trong trạng thái không trọng lượng sẽ khiến nó chạy nhanh hơn. Hiệu ứng nào sẽ giành phần thắng? Câu trả lời là tùy thuộc vào vệ tinh ở cao bao nhiêu. Các nhà khoa học cần biết cái này khi phân tích thông tin gửi xuống bởi những vệ tinh đạo hàng có đồng hồ nguyên tử của

riêng chúng. Lấy ví dụ, nếu một vệ tinh đang bay ở cao độ lớn hơn đường kính của Trái đất, thì nó sẽ ở đủ xa cho sự giãn nở thời gian do hấp dẫn giành phần thắng. Đồng hồ của nó sẽ chạy nhanh hơn đồng hồ trên mặt đất, chúng chạy chậm đi do lực hấp dẫn của Trái đất, sai lệch vài phần triệu của một giây mỗi ngày (một sự không chính xác không thể bỏ qua khi sử dụng các đồng hồ nguyên tử).

Vì thế, bạn hãy nhớ rằng nếu đồng hồ đeo tay của bạn đang chạy chậm đi thì hãy đưa nó lên trên đầu bạn! Nó sẽ chạy nhanh hơn vì nó đang chịu một lực hấp dẫn yếu hơn. Tất nhiên, bạn sẽ không bao giờ có thể đo được một hiệu ứng nhỏ bé như vậy cho dù bạn có nâng cái đồng hồ trên đầu bạn bao lâu chăng nữa.

7

**NGHỊCH LÝ
DU HÀNH THỜI GIAN**



C húng ta đã thấy một khoảng thời gian phụ thuộc như thế nào vào góc nhìn của bạn trong thuyết tương đối. Sẽ có ít thời gian trôi qua hơn đối với những ai tăng tốc đến những tốc độ rất cao hoặc bỏ ra một ít thời gian ở trong một trường hấp dẫn mạnh. Tôi đã trình bày làm thế nào hiệu ứng này cung cấp cho chúng ta một cách du hành vào tương lai. Tất nhiên, đây không thể xem là một trò đùa. Tất cả những cái chúng ta đang làm là tiến về tương lai nhanh hơn. Hãy nghĩ nó giống như những màn quảng cáo khéo léo trên truyền hình trong đó một ai đó đang nhai từ từ một thỏi sôcôla trong khi phần còn lại của thế giới đang vút qua ở tốc độ cao. Tôi đã mô tả loại du hành thời gian này khá bình thường như thế nào đối với các hạt hạ nguyên tử, vì chúng là những vật thể duy nhất có khả năng tiến gần đến tốc độ ánh sáng. Như vậy, các muon sinh ra bởi tia vũ trụ đang du hành thời gian vào tương lai (một phần nhỏ xíu của một giây thôi) trong chuyến hành trình rút ngắn của chúng xuyên qua khí quyển của Trái đất.

Vấn đề với loại du hành thời gian này là nó diễn ra theo một chiều. Có lẽ một ngày nào đó chúng ta sẽ có thể du hành vào tương lai, thậm chí vào tương lai xa, nhưng con đường duy nhất trở lại thời điểm hiện tại của chúng ta sẽ là du hành *ngược* về quá khứ. Đây là một vấn đề hết sức hấp dẫn. Khi các nhà khoa học nói về sự du hành thời gian, họ có xu hướng muốn nói tới sự du hành thời gian về quá khứ. Trong chương này, hể chỗ nào đề cập tới sự du hành thời gian là muốn nói tới sự du hành thời gian về quá khứ.

Có hai cách đi ngược về quá khứ. Một là đi *ngược* hướng trong thời gian, trong đó các kim đồng hồ của bạn sẽ chạy theo chiều ngược. Tất nhiên, bạn sẽ không nhận ra cái đang xảy ra này đâu. Cách này sẽ đòi hỏi những tốc độ nhanh-hơn-ánh-sáng mà chúng ta không thể với tới, cho nên đây không phải là loại du hành thời gian tôi muốn trình bày ở đây. Cách kia là đi xuôi chiều thời gian (thời gian cục bộ của bạn chạy xuôi) nhưng bằng cách chuyển động theo một đường cong trong không thời gian đưa bạn trở về quá khứ của mình (giống như đi vòng đường nhánh quay đầu trên đường sắt). Một cái vòng như vậy trong vật lý được gọi là “đường cong kiểu thời gian kín” và là đối tượng được nghiên cứu lí thuyết mạnh mẽ trong thập niên 1990. Cái có thể bất ngờ đối với bạn là đã nửa thế kỉ qua, các phương trình của thuyết tương đối tổng quát của Einstein cho phép những đường cong kiểu thời gian kín như vậy. Nhà toán học người Mỹ gốc Áo Kurt Godel đã trình bày vào năm 1949 rằng sự du hành thời gian về quá khứ như thế trên phương diện lí thuyết là có thể.

Vậy toàn bộ câu chuyện nặng nề này là gì? Du hành thời gian đến tương lai thì dễ và du hành thời gian về quá khứ, trong khi khó khăn, lại chưa bị bác bỏ bởi lý thuyết. Chúng ta đang chờ đợi cái gì? Tại sao chúng ta không chế tạo một cỗ máy thời gian ngay? Nguyên do là vì không những hết sức khó tạo ra một đường cong kiểu thời gian khép kín, mà chúng ta cũng không chắc trên lý thuyết nó là có thể hay không. Trong hoàn cảnh hiện nay, thuyết tương đối tổng quát cho biết rằng chúng ta không thể bác bỏ sự du hành thời gian, nhưng nhiều nhà vật lý đang nuôi hi vọng hiểu rõ hơn cơ sở toán học cuối cùng sẽ đưa đến kết luận rằng nó hoàn toàn bị cấm. Và nguyên do khiến các nhà vật lý tin chắc như vậy là vì sự du hành thời gian dẫn tới một số nghịch lý kì lạ. Trong chương này, tôi sẽ đi qua một số nghịch lý du hành thời gian này và xem có cách nào bác bỏ nó hay không.

Là một nhà khoa học, tôi cảm thấy thật khó mà ngồi yên để xem một bộ phim khoa học viễn tưởng nói về sự du hành thời gian. Thay vì ngâm bở hồn làm ngọt và (thông thường) thưởng thức câu chuyện vớ vẩn đó, tôi có xu hướng bới lông tìm vết. Tôi sẽ nói những câu như: chờ một chút; nếu anh muốn đi ngược thời gian và làm như thế như thế thì chắc chắn anh đã can thiệp vào lịch sử và..., vâng, có lẽ bạn biết tôi muốn nói tới cái gì rồi.

Thật sự có chút hơi buồn.

Đa số những bộ phim này khá ngớ ngẩn và tôi nên ‘thuận theo chiều gió’ và đánh giá cho đúng hàng triệu đô la đã chi cho những hiệu ứng đặc biệt đó. Nếu bạn từng xem bộ phim *Star Trek IV: Hành trình trở về nhà*, bạn sẽ biết tôi muốn nói cái gì. Trong tập phim đó, tập hay nhất trong loạt phim *Star Trek*, Hạm trưởng Kirk và phi hành đoàn của ông đã đi ngược thời gian về thế kỉ hai mươi. Trong tập phim đó có một số chi tiết buồn cười, ví dụ như khi Scotty cố gắng nói chuyện với máy vi tính, anh ta phải sử dụng chuột và vì thế anh nhặt nó lên và nói vào trong con chuột! Vâng, đó là chi tiết khoái khẩu của tôi.

Nghịch lý Terminator

Tôi muốn sử dụng một biến tấu trên cốt truyện trong một bộ phim nhất định để minh họa một nghịch lý du hành thời gian. Tên bộ phim đó là *Terminator*, trong đó Arnold Schwarzenegger là một người máy không thể tiêu diệt được gửi ngược thời gian bởi binh đoàn rô bốt thống trị thế giới trong một tương lai dữ dội. John Connor là thủ lĩnh phiến quân chiến đấu vì nhân loại chống lại rô bốt, và Arnie có nhiệm vụ giết mẹ của John trước khi bà sinh ra anh ta. Bạn thấy đó, nếu John chưa từng ra đời thì phiến quân sẽ dễ dàng bị tiêu diệt. Vì thế, bằng cách giết mẹ của anh ta, bọn rô bốt cũng tiêu diệt luôn anh ta.

Tất nhiên, không những Arnie không thành công, mà vị anh hùng trong phim, người được gửi ngược thời gian đến bảo vệ mẹ của John, cuối cùng đã yêu bà, khiến bà có mang và bà sinh ra... John Connor. Vì thế, nhân vật này, kẻ bằng tuổi với John trong thời đại (tương lai) của anh, thật ra là cha của anh ta. Ông được gửi ngược thời gian để đảm bảo cho sự ra đời của John, và cuối cùng là *nguyên nhân* khiến John có mặt.

Câu hỏi là liệu có khả năng cho Arnie làm thay đổi tiến trình của các sự kiện để cho tương lai thành ra khác đi hay không? Nếu hắn thành công trong việc giết mẹ của John thì sao? Mặc dù cốt truyện trong phim nghe có chút ngớ ngẩn, nhưng nếu bạn không phải là người hâm mộ truyện khoa học viễn tưởng, thì nó cũng có chút hợp lí. Không có nghịch lí nào phát sinh vì Arnie đã không thành công. Nói chung, bộ phim không hẳn là tệ lắm và các hiệu ứng đặc biệt thật xuất sắc. (Vâng, tôi biết chúng còn xuất sắc hơn nữa trong *Terminator II*.)

Ở đây, tôi muốn kể lại câu chuyện này để làm sáng tỏ nghịch lí du hành thời gian nổi tiếng nhất, gọi là nghịch lí ông cháu. Phát biểu ở dạng nguyên bản của nó, nghịch lí phát sinh khi bạn đi ngược thời gian và ám toán ông ngoại của bạn trước khi ông gặp bà ngoại của bạn. Vậy thì mẹ của bạn chưa hề ra đời và do đó bạn cũng thế. Và nếu bạn chưa từng ra đời thì ông ngoại của bạn *không thể* bị bạn giết, và như vậy thì bạn *sẽ* chào đời, và rồi ông ngoại của bạn *bị* giết, cứ thế. Đây là nghịch lí. Lập luận cứ chạy trong cái vòng lẩn quẩn.

Chúng ta hãy viết lại kịch bản cho bộ phim *Terminator*. Giả sử binh đoàn rô bốt từ thế giới tương lai quyết định rằng, thay vì gửi người máy cơ bắp của họ ngược thời gian về ‘xử’ người mẹ, họ sẽ bắt John Connor, cho anh ta uống bùa mê thuốc lú gì đó rồi gửi anh ta về quá khứ và giết mẹ của mình.

Chuyện gì xảy ra nếu như anh thành công? Tôi muốn nói, nếu bà bị giết trước khi bà sinh ra John thì anh ta chưa bao giờ tồn tại. Liệu anh ta có mờ nhạt dần đi khi người mẹ ngã xuống hay không? Và nếu anh ta chưa hề tồn tại thì ai đã giết mẹ của anh ta? Người đó không thể là John, vì anh ta chưa hề ra đời mà!

Có một số khả năng sau đây. Tất cả đều đã có mặt trong nhiều câu chuyện khoa học viễn tưởng, ở dạng này hoặc dạng khác. Tôi sẽ xét ba kịch bản:

1. *Khi John bắn gục người mẹ, anh ta ‘biến mất’.* Khả năng này sẽ không xảy ra được. Mẹ của anh ta sẽ có một viên đạn xuyên qua tim nên nó phải được bắn ra từ một khẩu súng. Ai đó đã bóp cò khẩu súng. Bạn không thể nói là John tồn tại trước khi anh ta bắn người mẹ vì lúc này anh ta đã làm thay đổi lịch sử nên anh ta chưa từng ra đời. Quá khứ sẽ diễn ra khác đi (không có John) và sẽ không có nhu cầu cho binh đoàn rô bốt gửi ai đó – nhất là người không hề tồn tại – ngược thời gian về tiêu

diệt người mẹ. Cách lí giải này hàm ý rằng lúc này có hai phiên bản lịch sử: một phiên bản có John và một phiên bản không có John, nó không thể đúng được.

2. *John không thể giết mẹ của mình vì anh ta đã ở đây.* Nói cách khác, thực tế anh ta tồn tại có nghĩa là mọi nỗ lực anh ta thực hiện *phải* thất bại. Kịch bản này chắc chắn tốt hơn lựa chọn thứ nhất vì nó đảm bảo rằng chỉ có một phiên bản lịch sử. Tuy nhiên, nó vẫn đưa đến một vấn đề, như chúng ta sẽ thấy.

3. *Khi John đi ngược thời gian, anh ta đã trượt vào một vũ trụ song song; một vũ trụ trong đó anh ta được phép làm thay đổi tiến trình lịch sử.* Như vậy, mặc dù anh ta không thể thay đổi quá khứ của riêng anh ta, nhưng anh ta có thể làm thay đổi quá khứ trong một vũ trụ láng giềng, nhưng hầu như giống hệt. Cho nên khi anh ta giết mẹ của mình, anh ta sẽ không bao giờ được sinh ra trong vũ trụ *đó*, nhưng mẹ của anh sẽ tiếp tục sống trong vũ trụ của anh ta. Loại lí giải này, cho đến thời gian gần đây, chỉ quen thuộc với các nhà văn tiểu thuyết viễn tưởng. Nhưng, cho dù tin hay không tin, nay nó đang được xem xét nghiêm túc bởi một số nhà vật lí thích có những vũ trụ song song tồn tại vì những lí do hơi khác nhau. Tôi sẽ trở lại vấn đề này ở phần sau và chứng minh rằng nó là lối thoát duy nhất cho chúng ta.

Đơn giản nhất, và nhiều người sẽ nói là hợp lí nhất, trong số những lựa chọn trên là kịch bản thứ hai. Chúng ta hãy giả sử rằng không có những vũ trụ song song (vì không có bằng chứng cho chúng và, do không có cỗ máy thời gian, chúng ta không có cách nào kiểm tra cả). Cũng chỉ có duy nhất một phiên bản của lịch sử. Chúng ta không thể đi ngược và thay đổi tiến trình của nó vì chúng ta đã *ghi nhớ* các sự kiện từ quá khứ của mình. Về cơ bản, cái đã xảy ra thì đã xảy ra rồi.

Điều này không giống như việc nói rằng chúng ta không thể đi ngược thời gian và can thiệp vào quá khứ. Vấn đề là nếu chúng ta có đi ngược thời gian, chúng ta phải làm cho mọi thứ xảy ra theo kiểu như chúng vốn vậy. Vì thế nên một nhà du hành thời gian không bao giờ có thể đi ngược về quá khứ và ngăn chặn J F Kennedy khỏi bị mưu sát, nhưng có khả năng anh ta chính là kẻ giết người.

Cách giải thích về sự đi ngược thời gian và can thiệp vào quá khứ của chúng ta như thế này đã được khai thác trong bộ phim *Trở lại Tương lai*. Trong đó, những sự kiện xảy ra không được giải thích vào lúc ấy. Chỉ sau đó chúng ta mới biết chúng là do những nhân vật từ tương lai đi ngược về quá khứ gây ra. Cho nên chúng ta nhìn thấy những cảnh nhất định hai lần: lần thứ nhất từ điểm nhìn của những nhân vật sống trong thời đại riêng của họ và sau đó từ điểm nhìn của những nhà du hành thời gian (thường là những con người lớn tuổi hơn của chính những nhân vật cũ).

Trở lại câu chuyện *Terminator* của tôi. John có thể đã cố gắng bắn hạ mẹ của anh ta nhưng rõ ràng cái gì đó phải xảy ra để ngăn anh ta lại. Đây có thể là do một trong một số nguyên nhân. Có lẽ anh đã phục hồi ý thức đúng lúc. Có lẽ súng đã không lên đạn, hoặc cò súng bị kẹt. Có thể anh là một tay súng quá tệ. Cho dù vì nguyên nhân thật sự gì mà John thất bại, đơn giản là anh ta phải thất bại. Mẹ của anh ta phải sống sót để anh ta có mặt ở đây. Tôi sẽ gọi câu đố bí hiểm này là nghịch lí “không có sự chọn lựa”, vì nó đề xuất rằng nhà du hành thời gian không được tự do làm những việc nhất định sẽ làm thay đổi tiến trình lịch sử theo kiểu khiến họ không thể đi ngược trở về quá khứ như thế nữa.

Một khi nghĩ về vấn đề này, bạn nhận ra có một vướng mắc thật sự. Điều này có nghĩa là gì nếu như John cố thử đi thử lại nhưng anh ta luôn luôn thất bại? Chúng ta có thể tưởng tượng là binh đoàn rô bốt đưa John trở về thời đại của chúng, tiêm cho anh ta gấp đôi liều lượng huyết thanh “giết mẹ”, dạy anh ta những bài học bắn súng tàn khốc, rồi gửi anh ta trở lại quá khứ với một khẩu súng cưa nòng, bôi trơn tốt, đã nạp đạn sẵn mà bất cứ thằng ngốc nào cũng phải sử dụng được. Anh ta sẽ vẫn thất bại. Các định luật vật lí không đòi hỏi giải thích tại sao anh ta sẽ luôn luôn thất bại. Toàn bộ vấn đề là nên tránh các nghịch lí.

Các nhà vật lí lí thuyết đã nghĩ ra một thí nghiệm tưởng tượng để xem cái gì sẽ xảy ra trong một tình huống thực tế nếu có cái gì đó đi ngược thời gian và gặp gỡ với chính nó. Toán học sẽ dự báo điều gì? Để làm cho mô hình đủ đơn giản, họ đi tới cỗ máy thời gian bàn bi-a. Quan điểm là một quả bóng đi vào một cái lỗ của bàn bi-a và ló ra từ một cái lỗ liền kề trong quá khứ. Vì thế, nó có thể va chạm với chính nó trước khi đi vào. Trong mô hình này, mọi nghịch lí có thể tránh được dễ dàng nếu chúng ta chỉ cho phép những tình huống không dẫn tới nghịch lí, gọi là “những giải pháp thích hợp”. Như vậy, một quả bóng có thể đi ngược thời gian, vọt ra khỏi một cái lỗ khác và làm lệch phiên bản trước đó của chính nó vào trong lỗ, cho phép nó đi ngược thời gian như lúc đầu. Nhưng tình huống trong đó quả bóng hiện ra từ cái lỗ và va chạm với phiên bản trước đó của nó sao cho nó trượt khỏi cái lỗ mà nó sẽ lăn vào, sẽ không được phép về mặt toán học vì nó dẫn tới một nghịch lí. Toàn bộ lí giải này rất gọn gàng và có nghĩa là những người ủng hộ du hành thời gian có thể tự khen mình vì đã chứng minh được trên cơ sở toán học rằng các nghịch lí là có thể tránh được nếu chúng ta thận trọng. Vấn đề họ cố gắng giả vờ không tồn tại là tránh được vì các quả bóng bi-a không có ý thức. Chúng không yểm trừ nghịch lí không có sự chọn lựa.

Vì thế, quy tắc là quá khứ đã xảy ra rồi và chúng ta chỉ cho phép một phiên bản của nó. Chúng ta có thể làm bất cứ điều gì mình muốn khi chúng ta đi ngược thời gian miễn là hãy nhớ rằng chúng ta càng can thiệp vào lịch sử bao nhiêu, thì ta sẽ luôn luôn làm cho nó diễn ra như cách nó vốn diễn ra vậy thôi. Thậm chí trong cốt truyện ban đầu, Arnie không bao giờ có thể thành công vì hắn đến từ tương lai nơi John đang sống, cho nên không cần

phải lo lắng cho dù hẳn có cất lực ra sao chẳng nữa. Nhưng khi đó, tôi nghĩ bộ phim sẽ không có khán giả nào yêu thích nữa đâu.

Cố gắng cứu lấy loài khủng long

Bạn có nhớ rằng tôi từng nói chúng ta vẫn có thể “can thiệp” vào quá khứ? Bây giờ tôi sẽ nói theo cách khác: chúng ta được phép trở về quá khứ và làm cho mọi thứ xảy ra theo kiểu như chúng vốn có *do* sự can thiệp của chúng ta. Tôi sẽ minh họa điều này với một ví dụ nữa.

Phần lớn các nhà khoa học ngày nay tán thành rằng một thiên thạch lớn đã va chạm với Trái đất hơn sáu mươi triệu năm trước và bụi phóng xạ từ vụ va chạm ấy đã gây ra sự biến thiên khí hậu tàn khốc quét sạch loài khủng long. Tuy nhiên, một số loài thú đã sống sót và một số trong số này đã tiến hóa thành loài linh trưởng và rồi thành con người vào hàng triệu năm sau đó. Thật vậy, chúng ta có khả năng nói rằng, nếu loài khủng long không bị quét sạch thì muông thú, và do đó là con người, sẽ không được phép tiến hóa. Nói cách khác, chính nhờ có thiên thạch đó mà chúng ta có mặt tại đây, lúc này.

Giả sử một nhà cổ sinh vật học có một cỗ máy thời gian và một tên lửa nhiệt hạch (theo tôi biết thì không có khả năng đâu). Ông đi ngược thời gian 65 triệu năm về quá khứ dự định phá hủy thiên thạch trước khi nó lao vào Trái đất. Nhưng nếu ông cứu được loài khủng long khỏi bị tuyệt chủng thì không những ông sẽ “biến mất” mà phần còn lại của nhân loại cũng thế. Đây là một dạng hết sức cực độ của nghịch lý ông cháu.

Tôi sẽ làm sáng tỏ vấn đề ở đây và nói rằng nếu chúng ta chế tạo được một cỗ máy thời gian thì các định luật vật lý nhất định không cho phép chúng ta đi ngược đến một thời điểm trước khi cỗ máy thời gian đó được chế tạo. Đây là vì việc xây dựng một cỗ máy thời gian đòi hỏi liên kết những thời điểm khác nhau lại bên trong không thời gian. Cho nên thời điểm sớm nhất được liên kết theo kiểu này sẽ là thời điểm chế tạo ra cỗ máy thời gian. Tất cả những thời điểm trước đó sẽ bị mất vĩnh viễn và không còn “có sẵn” nữa. Điều này bác bỏ mọi khả năng để chúng ta đi ngược về thời tiền sử - trừ khi chúng ta tình cờ bắt gặp một cỗ máy thời gian vũ trụ ở đâu đó trong không gian đã có từ rất lâu đời.

Vì mục đích lập luận, chúng ta hãy cho rằng nhà cổ sinh vật học điên khùng ấy thật sự đi ngược thời gian đến vài giờ trước khi vụ va chạm thiên thạch xảy ra và nhắm tên lửa của ông vào nó. Ông ngược nhìn lên trời và thấy bản thân ông mất can đảm hơn nhiều so với ông vẫn nghĩ trước đó. Thật vậy, nếu thiên thạch va chạm với Trái đất, như trông nó dự định thế, nó sẽ quét sạch toàn bộ sự sống, chứ không riêng gì loài khủng long.

“Vâng”, nhà cổ sinh vật học của chúng ta tự nhủ, “Ta có thể làm tốt cái ta có thể làm”. Ông khai hỏa tên lửa và cho nó va chạm trực tiếp với thiên thạch. Thiên thạch bị phá hủy.

Nhưng... dường như một mảnh vỡ nhỏ còn sót lại và nó vẫn lao về phía Trái đất. Không còn tên lửa nào nữa, nên lúc này nhà cổ sinh vật học không còn làm gì được mà chỉ biết ngược nhìn quả cầu lửa khi nó lao vút trong khí quyển, va chạm với Trái đất và, đoán xem chuyện gì xảy ra? Nó gây họa tuyệt chủng cho loài khủng long!

Bạn thấy đấy, không những nhà cổ sinh vật học không thể làm thay đổi lịch sử, mà thật ra ông còn gây ra nó. Giả như ông *không* đi ngược thời gian và phá hủy thiên thạch thì ông sẽ không hề tồn tại. Tôi đã chuyển sang lập luận từ trên xuống và nghịch lí dường như đã biến mất. Nhưng không giống như câu chuyện trước, trong đó John phải liên tục bắn hụt mẹ của anh ta, giờ thì nhà cổ sinh vật học của chúng ta không thể nào bắn hụt, vì nếu không ông ta sẽ không bao giờ tồn tại. Vào phút cuối, ông không thể quyết định là không bắn tên lửa hoặc có thể làm cái gì đó để làm lệch hướng bay của nó. Thật dễ bác bỏ nghịch lí không có sự lựa chọn trong trường hợp này bằng cách khẳng định rằng, không giống như ví dụ trước đó trong đó chúng ta đòi hỏi có cái gì đó khiến John thất bại, ở đây nhà du hành thời gian không nhận thức được tội ác của việc làm của anh ta và sự thiếu lựa chọn của anh ta.

Chị gái của Mona Lisa

Đó là vào năm 1504, ở thành Florence, Italy, và Leonardo da Vinci vừa hoàn tất tác phẩm vĩ đại nhất của ông, *Nàng Mona Lisa*. Ông quyết định nghỉ vẽ để dưỡng sức và, có chút chán ngán trong chuyện làm ăn, ông quyết định dành chút thời gian cho niềm đam mê thứ hai của ông, đó là phát minh. Sau nhiều tuần trầm tư suy nghĩ, và những đêm dài phác thảo từng chi tiết cụ thể, ông hoàn tất kế hoạch cho cỗ máy khéo léo nhất của ông từ trước đến giờ: một cỗ máy thời gian. Sau nhiều tuần nhốt mình trong phòng làm việc, cuối cùng ông đã hoàn thành nó vào một đêm khuya nọ và lên giường đi ngủ trong khi vẫn đang cảm thấy khó chịu vì ông chưa nghĩ ra cách làm thế nào để kiểm tra nó.

Sáng hôm sau, sự bồn khoăn lo lắng của ông đã được chứng thực khi ông bất ngờ tìm thấy một bức tranh trong cỗ máy thời gian của mình. Đó là bức chân dung của một người phụ nữ có dung mạo giống giống nàng Mona Lisa của ông: cũng gương mặt đó và mái tóc dài đen mượt, nhưng không có nụ cười bí ẩn. Ông lập tức nhận ra người phụ nữ ấy là bà chị gái xấu xa của Mona Lisa, Mona Lot, người đã quấy rầy ông, bảo ông phải vẽ bà và ông đã tránh mặt một thời gian. Bức tranh này rõ ràng là tác phẩm của ông (nó còn có chữ kí của ông) và, vì ông biết ông không có vẽ nó, nên ông suy luận rằng nó phải được gửi ngược thời

gian từ một Leonardo tương lai. Tất nhiên, ông thấy ớn lạnh trước chuyện này. Ông quyết định không kể cho ai nghe nhưng tiếp tục giữ bức tranh mới trong giấy bọc trong khi suy nghĩ xem ông nên làm gì.

Ngày tháng qua đi, Leonardo ngày một lo lắng hơn về những nghịch lí du hành thời gian có khả năng xảy ra. Ông biết ông phải trả lại bức tranh vì đó là cách để nó trở thành vật sở hữu của ông. Mặt khác, nếu và khi ông làm như vậy, ông sẽ mất nó vĩnh viễn. Nó bị kẹt trong một vòng lặp thời gian.

Ở đây có hai nghịch lí khác nhau. Thứ nhất là nghịch lí không có sự chọn lựa vì Leonardo biết rằng vào lúc nào đó ông phải trả bức *Mona Lot* vào cỗ máy thời gian của ông. Chúng ta hãy giả sử rằng có một ghi chú trên bức tranh ghi rõ thời gian và ngày tháng nó được gửi đi. Ông biết khi ông đi tới ngày hôm đó, cho dù ông có cố làm gì để tránh gửi trả nó, ông đều sẽ thất bại. Còn nếu ông cố lừa gạt thời gian bằng cách phá hủy bức tranh thì sao? Đây là một dạng rất gay gắt của nghịch lí không có sự lựa chọn. Chúng ta không có trở ngại gì với sự mất khả năng của chúng ta làm thay đổi quá khứ và sử dụng những cụm từ như “thôi đừng tiếc rẻ con gà quạ tha” và “cái đã làm thì đã làm rồi”. Tuy nhiên, ở đây tương lai liên hệ trực tiếp với quá khứ cố định và vì thế bản thân nó là cố định. Vậy thì cái gì sẽ ngăn Leonardo phá hủy bức *Mona Lot*? Thế lực chưa biết nào sẽ bảo vệ nó khỏi bị cháy, bị cắt, hay bị vứt xuống dòng Arno?

Có một loại nghịch lí khác mà nhiều người xem là còn rối rắm hơn cả nghịch lí không có sự lựa chọn và tôi sẽ gọi nó là nghịch lí “hiện hữu từ hư vô”. Nó phát sinh ngay cả khi Leonardo thật sự gửi trả bức tranh về thời điểm nó được gửi đi và phá hủy cỗ máy thời gian trước khi nó gây nhức đầu đối với ông. Chúng ta vẫn còn một câu đố nan giải, đó là *ai đã vẽ bức Mona Lot*? Lúc này Leonardo có thể cảm thấy rằng ông đã chế ngự được giông bão và, cho dù có những chướng ngại kì lạ đã ngăn chân những nỗ lực của ông khắc phục nghịch lí, toàn bộ tình tiết lúc này may mắn nằm trong quá khứ của ông. Nhưng không có cách nào thoát khỏi thực tế rằng, trong khoảnh khắc nào đó, có tồn tại một kiệt tác Leonardo da Vinci mà *chẳng có lúc nào Leonardo da Vinci đã thật sự vẽ nó*! Ông tìm thấy nó trong cỗ máy thời gian của ông, giữ nó trong một thời gian ngắn rồi đặt nó trở vào cỗ máy thời gian và gửi nó về cho chính ông. Nhưng nó đã *từ đâu* mà đến? Rõ ràng chẳng từ đâu cả. Nó được tìm thấy trong một vòng lặp thời gian và Leonardo chưa bao giờ vẽ nó! Không có lập luận nào đảm bảo sự nhất quán logic có thể bác bỏ nghịch lí hiện hữu từ hư vô.

Không cách nào bác bỏ chẳng?

Bạn có thể đã rõ vì sao nhiều nhà vật lý không chấp nhận rằng sự du hành thời gian ngược về quá khứ sẽ là có thể. Nhưng còn có một nghịch lý nữa mà tôi chưa nói tới, cái phải làm với việc sử dụng một cỗ máy thời gian để tạo ra nhiều bản sao của chính bạn, do đó vi phạm những định luật thiêng liêng của tự nhiên như sự bảo toàn khối lượng và năng lượng. Chẳng hạn, bạn có thể đi lùi về năm phút trước và gặp với chính bạn. Khi đó liệu hai người bạn có thể đi vào một cỗ máy thời gian và đi lùi đến năm phút trước đó nữa để gặp người bạn thứ ba, và cứ thế, hay không? Đây thật ra chỉ là một dạng nữa của nghịch lý không có sự lựa chọn. Vì chỉ có một phiên bản duy nhất của quá khứ và bạn biết trước khi bạn lên đường rằng không có bản sao nào của chính bạn từ tương lai đi về năm phút trước, nên bạn không thể tự do nhập bọn với chính mình. Bạn không thể đi ngược thời gian để gặp gỡ chính bạn vì bạn không có kí ức gặp gỡ chính mình.

Có vẻ như tôi vừa mang đến cho bạn một chút thất vọng về cỗ máy thời gian, và bạn có thể tự hỏi không biết có nên tiếp tục theo dõi phần còn lại của tập sách mà trong đó tôi giải thích làm thế nào có thể xây dựng một cỗ máy thời gian. Nhưng đừng nên thất vọng sớm thế. Rõ ràng phải có những quy luật cơ bản nhất định về những thời điểm mà chúng ta được phép đi tới và cái chúng ta được phép làm để những nghịch lý không thể phát sinh. Nhiều người hâm mộ sự du hành thời gian đến mức quá khích không lo lắng cho lắm về nghịch lý không có sự chọn lựa. Họ đồng ý rằng chúng ta phải từ bỏ ý thức nếu như sự du hành thời gian về quá khứ là có thể. Đối với họ, đầu sao thì chúng ta cũng chẳng có ý thức, chúng ta nghĩ là chúng ta có mà thôi. Vì chúng ta sống trong một vũ trụ quyết định luận trong đó mọi thứ là tiền định nên chúng ta không cần đòi hỏi cái gì mới mẻ hết. Miễn là mọi thứ phù hợp logic thì chẳng có vấn đề gì. Như vậy, bạn có thể đi ngược một giờ đồng hồ đến gặp phiên bản trẻ hơn (một chút) của bạn *nếu* bạn nhớ được chính bạn đã đi gặp bản thân mình hồi một giờ trước đó. Nếu bạn không nhớ thì bạn sẽ không thể đi ngược thời gian. Ngay cả nghịch lý hiện hữu từ hư vô cũng không ngăn nổi những người ủng hộ quá khích như thế. “Như thế thì đã sao”, họ nói, “bức tranh Mona Lot bị giữ trong một vòng lặp thời gian không gây ra bất kì sự mâu thuẫn logic nào cả.”

Tuy nhiên, theo tôi, đây là một sự từ bỏ nghiêm trọng hơn nhiều của ý thức. Ít nhất thì trong một vũ trụ quyết định luận, chúng ta đang ở dưới ảo giác rằng bản thân chúng ta đang đưa ra những lựa chọn và quyết định tự do của riêng mình. Trong sự du hành thời gian, chúng ta không được phép xa xỉ cảm giác này. Ý thức của chúng ta sẽ rời khỏi chúng ta theo một kiểu hết sức không rõ ràng.

Nếu bạn quyết định cho phép khả năng du hành thời gian ngược về quá khứ thì có một cái giá nữa mà bạn phải trả. Bạn phải xét mô tả vũ trụ hình khối của không thời gian một cách nghiêm túc. Quá khứ, hiện tại và tương lai phải đồng thời tồn tại. Nguyên nhân thật đơn giản: Nếu bạn đi ngược về quá khứ (cái chúng ta miễn cưỡng thừa nhận có thể tồn tại vì ít nhất chúng ta biết nó thật sự tồn tại) thì đối với những người mà bạn gặp khi bạn đi ngược dòng thời gian (kể cả phiên bản trẻ hơn của bạn), thời gian đó là “lúc này” của họ, tức thời điểm hiện tại của họ. Bạn đã đến từ tương lai của họ. Họ sẽ phải thừa nhận rằng tương lai là có thực giống như hiện tại vậy. Chúng ta thậm chí không thể khẳng định sự hiện diện của chúng ta là “lúc này” đích thực và rằng họ nghĩ họ sống trong thời hiện tại, vì chúng ta có thể tưởng tượng y như vậy về những người du hành thời gian từ tương lai của chúng ta đến thăm chúng ta ở thời điểm hiện tại của chúng ta. Nếu họ làm như vậy, thì tương lai của chúng ta, và thật ra là mọi thời điểm, phải đồng thời tồn tại. Đây chính là cái mà mô hình vũ trụ hình khối cho chúng ta biết.

Những vũ trụ song song

Nếu bạn chưa sẵn sàng duyệt qua những nghịch lý du hành thời gian bên dưới tấm thảm hoa, thì còn có một khả năng khác trong đó cả nghịch lý không có sự lựa chọn lẫn nghịch lý hiện hữu từ hư vô đều không cần xuất hiện. Tuy nhiên, cái giá phải trả có thể quá cao để bạn chấp nhận, mặc dù cảm giác tê tái không thể tránh khỏi mà bạn phải trải qua hướng đến một số điều vô lý mà bạn đã gặp trong quyển sách này. Cái tôi sắp mô tả nghe có vẻ ngu xuẩn hơn bất cứ cái gì mà bạn đã gặp cho đến đây, nhưng nó dựa trên sự giải thích đúng đắn, nếu không nói là độc đáo, của những hệ quả kì lạ của cơ học lượng tử.

Tôi đã đề cập ngắn gọn lúc mở đầu Chương 4, khi mô tả bản chất của ánh sáng, rằng cơ học lượng tử có thứ hạng còn cao hơn cả thuyết tương đối với tầm quan trọng của nó là một khám phá khoa học ảnh hưởng đến cuộc sống hàng ngày của chúng ta. Vấn đề là ở chỗ không ai thật sự hiểu nó cho chúng ta biết điều gì về thế giới của cái rất nhỏ mà nó mô tả chính xác như thế. Tất nhiên, điều này nghe có chút hơi lạ. Làm thế nào một lý thuyết chúng ta không hiểu rõ lại thành công như vậy? Câu trả lời là vì nó tiên đoán hành trạng của những viên gạch cấu trúc rất cơ bản của vật chất – không chỉ các nguyên tử, mà cả những hạt cấu tạo nên nguyên tử (electron, proton, neutron) cũng như các photon ánh sáng và mỗi hạt hạ nguyên tử khác mà bạn biết tên (và có nhiều hạt như vậy) – với độ chính xác khó tin nổi. Cơ học lượng tử đã đưa chúng ta đến với sự hiểu biết rất chính xác hiện nay của chúng ta về cách thức những hạt “lượng tử” này tương tác với nhau và kết nối để tạo nên thế giới xung quanh chúng ta. Nhưng đồng thời cơ học lượng tử buộc chúng ta phải nhìn nhận thế giới hạ nguyên tử hoàn toàn trái ngược với ý nghĩa thông thường của chúng ta. Ngày nay, các nhà

vật lí đã có ba phần tư thế kỉ để nhận thức những khái niệm này và đi tới một số cách giải thích khả dĩ của cái phải đang diễn ra ở cấp bậc lượng tử. Nhưng vẫn chưa có sự nhất trí chung cách lí giải nào là đúng, nếu như chỉ có duy nhất một cách lí giải.

Cách lí giải được ưa chuộng rộng rãi trong phần lớn thế kỉ 20 được gọi là trường phái Copenhagen (vì nó có xuất xứ từ một viện nghiên cứu ở Copenhagen, nơi một trong những người cha đẻ của cơ học lượng tử, Niels Bohr, làm việc). Những người ủng hộ nó chọn một quan điểm rất thực dụng của toàn bộ vấn đề bởi sự khẳng định rằng chúng ta không nên lo cố gắng tìm hiểu cái đang xảy ra ở cấp bậc nguyên tử mà cho đến nay vốn tách biệt với thế giới hàng ngày của chúng ta. Chẳng hạn, chúng ta không có quyền đòi hỏi một photon ánh sáng phải hành xử theo kiểu có ý nghĩa đối với chúng ta. Nếu ánh sáng xuất hiện một phút để có tính chất của một dòng hạt và phút tiếp theo đó có tính chất sóng thì nó là như vậy. Toàn bộ vấn đề, theo trường phái Copenhagen, là cơ học lượng tử phát huy tác dụng. Cơ sở toán học phù hợp tuyệt vời với cái chúng ta nhìn thấy xung quanh mình trong thế giới thực, vậy thì tại sao chúng ta lại tự đập đầu nó đi?

Cho đến thập niên cuối của thế kỉ hai mươi, một quan điểm như thế là quan điểm chủ đạo. Đa số các nhà vật lí thực nghiệm đều hài lòng (vâng, có lẽ hài lòng là từ dùng chưa chính xác lắm) sử dụng các công cụ của cơ học lượng tử - những kí hiệu trừu tượng và những kĩ thuật toán học thay vì cò lê và tua vít mà bạn hiểu. Họ đã sẵn sàng vứt bỏ sự cân nhắc và chiêm nghiệm về ý nghĩa sâu xa của nó như các nhà triết học hay làm.

Sự khác biệt giữa những cách giải thích đó là cách thức chúng ta mô tả cái “đang xảy ra” với một hạt lượng tử, ví dụ một hạt electron, khi chúng ta để cho nó tự làm cái mà các electron muốn làm khi còn lại một mình. Nếu chúng ta đo một tính chất nhất định của một electron, ví dụ như vị trí, tốc độ hay năng lượng của nó tại một thời điểm nhất định, thì cơ học lượng tử sẽ cho chúng ta biết chúng ta có khả năng tìm thấy cái gì. Tuy nhiên, nó chẳng cho ta biết gì về cái electron đang thực hiện khi nó không đang được quan sát. Đây sẽ không phải là vấn đề nếu chúng ta có thể tin tưởng các electron (và mọi hạt lượng tử khác) hành xử một cách hợp lí, nhưng chúng không như vậy. Chúng sẽ biến mất khỏi nơi chúng được nhìn thấy lần cuối và tự phát xuất hiện trở lại ở đâu đó khó tiếp cận đối với chúng. Chúng tồn tại ở hai nơi cùng một lúc, chúng chui hầm qua những hàng rào không thể xuyên qua, chuyển động theo hai hướng khác nhau đồng thời và thậm chí cùng lúc có một số tính chất mâu thuẫn nhau. Nhưng thời điểm bạn nhìn để thấy cái đang diễn ra, electron sẽ bất ngờ bắt đầu tự hành xử trở lại và không có cái gì khác lạ nữa. Tuy nhiên, những kết luận không thể tránh khỏi chúng ta phải rút ra từ những kết quả quan sát của mình là electron đó có khả năng nhất là đang thực hiện cái gì đó thật sự rất lạ khi chúng ta không nhìn vào. Thật vậy, mọi hạt lượng tử đều hành xử theo những kiểu rất không có khả năng nếu chúng tuân theo những quy tắc giống như những vật hàng ngày mà chúng ta quen thuộc.

Vì cơ học lượng tử chỉ cho chúng ta biết cái nên trông đợi từ kết quả của những quan sát của chúng ta nên chúng ta phải đòi hỏi cái gì đó khác nữa nếu chúng ta cứ ngoan cố đi tìm hiểu cái đang diễn ra khi chúng ta không đang nhìn vào. Đây là cái tôi muốn nói bằng những cách lí giải khác nhau. Cho đến đây, tôi chỉ mới đề cập tới cách giải thích Copenhagen, cách lí giải mà nhiều người xem là lí giải chuẩn. Đó là cách giải thích mà hầu như mọi sách giáo khoa cơ học lượng tử đều dùng và mọi sinh viên vật lí đều được học. Nhưng có một sự nhất trí đang tăng dần rằng thời đại của nó sắp lụi tàn. Những người ủng hộ nó có lẽ vẫn cho rằng cách giải thích mà chúng ta chọn thuần túy là vấn đề hương vị triết lí thôi nhưng sự thật là ngày càng có nhiều nhà vật lí (nhưng chưa phải là số đông) đang đi tìm cái gì đó còn sâu sắc hơn.

Một trong những lời giải thích khác ngoài quan điểm Copenhagen, cái được những người hâm mộ du hành thời gian đặc biệt hứng thú, được gọi là cách giải thích đa thế giới. Theo quan điểm này, ngay khi một hạt lượng tử, ở đâu đó trong Vũ trụ, đối mặt trước hai hoặc nhiều sự lựa chọn, thì toàn bộ Vũ trụ tách thành một số vũ trụ song song bằng với số lựa chọn mà hạt đó có. Theo quan điểm này, có một số vô hạn vũ trụ khác với vũ trụ của chúng ta với mức độ phụ thuộc nhiều hơn hoặc ít hơn vào chỗ chúng đã tách khỏi vũ trụ của chúng ta bao lâu rồi, và mỗi vũ trụ là có thật y hệt như vũ trụ của chúng ta. Trong nhiều vũ trụ trong số này, có tồn tại những phiên bản carbon của bạn. Trong một số vũ trụ, bạn là một đại gia giàu có, trong những vũ trụ khác, bạn phải sống nhợt nhợt trên đường phố. Trong những vũ trụ khác, hóa ra trông bạn rất giống như bạn trong Vũ trụ của chúng ta, ngoại trừ một số chi tiết thứ yếu. Trong nhiều năm trời, loại sự vật này được xem là chất liệu của truyện khoa học viễn tưởng, và đối với nhiều nhà vật lí nó sẽ vẫn là như thế. Không có bằng chứng thực nghiệm nào rằng những vũ trụ song song có tồn tại vì chúng ta không thể tiếp xúc với bất kì vũ trụ nào khác, mà sự thật là vì nó có những điểm tốt với tư cách là một lí thuyết khoa học và lí giải thành công nhiều hành trạng kì lạ của thế giới lượng tử. Nhưng cái giá phải trả thì sao? Nhà vật lí Paul Davies từng nhận xét rằng các giải thích đa thế giới là rẻ về mặt giả thuyết (một ưu điểm của nó) nhưng lại phung phí vũ trụ.

Nếu lần đầu tiên bạn gặp quan điểm này thì có vẻ như không thể có thêm chỗ nào cho những vũ trụ khác nữa này. Xét cho cùng, có lẽ bản thân vũ trụ của chúng ta là vô hạn không chừng. Toàn bộ những vũ trụ khác đó có thể ở đâu chứ? Cách hình dung ra là hãy nghĩ Vũ trụ của chúng ta là một tấm phẳng trải rộng vô hạn bằng cách vứt đi hai chiều của nó (hãy nhớ rằng chúng ta phải đi từ không-thời gian bốn chiều xuống một tấm hai chiều). Giờ thì những vũ trụ song song khác có thể xem là những tấm chồng lên bên trên và bên dưới vũ trụ của chúng ta. Có đủ chỗ cho tất cả với đủ chiều không gian.

Ngoài chỗ phung phí vì đòi hỏi một số vô hạn vũ trụ, một số nhà vật lí khẳng định rằng cách giải thích đa thế giới cũng thật sự vứt bỏ ý thức. Nó hoạt động như sau: Mỗi khi

bạn đối diện trước bất kì sự lựa chọn nào, ví dụ như chạm vào chóp mũi của bạn hoặc không chạm vào chóp mũi của bạn, và bạn chọn (bạn tự do suy nghĩ) không chạm vào nó, cái sẽ xảy ra là Vũ trụ chia tách làm đôi và lúc này sẽ có một vũ trụ song song trong đó bạn chạm tay vào mũi của mình. Bạn biết rõ việc mình chọn một trong hai khả năng, nhưng sẽ có một phiên bản khác của bạn trong một vũ trụ song song biết rằng “hắn” đã có một lựa chọn khác.

Cách giải thích đa thế giới của cơ học lượng tử được đề xuất bởi một nhà vật lý người Mỹ có tên gọi là Hugh Everett III hồi thập niên 1950 và, mặc dù lúc ấy không được hưởng ứng, trong thời gian gần đây nhận được sự ưa chuộng ngày một tăng của các nhà vũ trụ học cảm thấy rằng nó là cách giải thích duy nhất hợp lý khi áp dụng cơ học lượng tử để mô tả toàn bộ Vũ trụ.

Đồng thời, khái niệm vũ trụ song song còn được khai thác bởi các nhà văn khoa học viễn tưởng, họ nhận ra rằng nó cứu vớt họ ra khỏi những nghịch lý du hành thời gian. Mới đây hơn, nhà vật lý Oxford David Deutsch đã phát triển phiên bản lý thuyết của riêng ông và trình bày rằng nếu chúng ta muốn xét khả năng du hành thời gian về quá khứ một cách nghiêm túc thì chúng ta buộc phải xét cách giải thích đa thế giới một cách nghiêm túc. Tôi nên giải thích rằng Deutsch là một người rất ủng hộ quan điểm đa thế giới, cái ông xem là cách lý giải đa vũ trụ (thuật ngữ “đa vũ trụ” hàm ý có vô số vũ trụ, cái tổng thể của thực tại). Tôi không bị thuyết phục bởi quan điểm này, nhưng tôi không thể bác bỏ nó. Dù gì đi nữa, cách hiểu cơ học lượng tử yêu thích của tôi là cách lý giải của nhà vật lý David Bohm đòi hỏi chỉ một vũ trụ mà bạn trân trọng rất nhiều.

Vậy làm thế nào khái niệm đa thế giới đương đầu với các nghịch lý du hành thời gian? Như tôi đã nói ở lựa chọn thứ ba khi cố gắng lý giải những khả năng thay thế khác cho John Connor trong nghịch lý Terminator, một nhà du hành thời gian sẽ không đi vào quá khứ của vũ trụ của riêng anh ta hoặc cô ta – không có gì bất ngờ vì biết rằng có một số vô hạn quá khứ để mà lựa chọn – mà đi vào quá khứ của một vũ trụ song song.

Theo Deutsch, người đã xét khái niệm vũ trụ hình khối một cách nghiêm túc trong quyển sách của ông, *Cơ cấu của Thực tại*, Vũ trụ không chia thành nhiều bản sao của chính nó tại thời điểm chúng ta đối mặt với một sự lựa chọn. Thay vậy, có một số vô hạn vũ trụ song song ở ngoài kia. Tại thời điểm chọn lựa, chúng ta chỉ đi theo một lộ trình nhất định, giống như một đoàn tàu đi qua một giao lộ phức tạp. Điều này có nghĩa là tương lai là mở vì có nhiều lựa chọn sẵn có với chúng ta, nhưng quá khứ cũng thế. Không thời gian của riêng chúng ta chỉ là một trong vô số quá khứ và tương lai. Du hành vào quá khứ trong đa vũ trụ của Deutsch không khác với cách bình thường chúng ta được mang vào tương lai. Chúng ta chỉ đơn giản đi theo một vòng lặp thời gian vào một quá khứ có khả năng nào đó.

Cách tiếp cận của Deutsch chỉ là một trong một số phiên bản của cách giải thích đa thể giới. Tôi sẽ xét lại các nghịch lý du hành thời gian của chúng ta trong khuôn khổ phiên bản thường nhật hơn của lý thuyết đa thể giới – nếu bạn có thể gọi một số vô hạn vũ trụ là thường nhật. Nghịch lý không có sự lựa chọn không còn áp dụng nữa vì chúng ta tự do làm thay đổi quá khứ như chúng ta muốn vì nó sẽ không phải là quá khứ của chúng ta. Những sự kiện trong vũ trụ song song mà chúng ta đi tới không nhất thiết diễn ra theo kiểu như chúng đã diễn ra trong vũ trụ của riêng chúng ta. John Connor lúc này có thể giết mẹ của anh ta và ngăn anh ta ra đời trong *vũ trụ đó*, trong khi người mẹ trong vũ trụ của riêng anh ta thì sống sót. Tất nhiên, nếu anh ta xuống tay không thành công thì anh ta sẽ ra đời. Lúc này sẽ có một vũ trụ (sớm sinh sôi do tất cả những lựa chọn lượng tử khác đang diễn ra) trong đó John Connor trưởng thành, nhảy vào một cỗ máy thời gian và rồi biến mất mãi mãi. Cũng sẽ có một vũ trụ khác nữa trong đó hoặc có một, hoặc có hai “John Connor”, phụ thuộc vào việc anh ta có bắn hạ mẹ của mình được hay không. Nếu ta không giết bà thì sẽ có hai John Connor đồng thời tồn tại nhưng tuổi tác cách biệt nhau vì anh ta đã đi ngược thời gian. Tuy nhiên, một điều nên nhớ là xác suất để John tìm thấy đường về vũ trụ của riêng anh ta, hoặc một vũ trụ rất giống với nó, thật sự là rất nhỏ. Đơn giản là có quá nhiều khả năng để lựa chọn.

Nghịch lý hiện hữu từ hư vô cũng có thể giải thích rõ ràng. Bức tranh Mona Lot tất nhiên được gửi đến từ tương lai của một vũ trụ song song và được vẽ bởi Leonardo trong vũ trụ đó. Leonardo thậm chí không cần phải gửi bức tranh đó về quá khứ tại thời điểm giao hàng. Ông có thể cất giữ nó. Xét cho cùng, cho dù ông có thật sự gửi nó về quá khứ, thì một Leonardo thứ ba sẽ tìm thấy nó trong cỗ máy thời gian của ông ta.

Tuy nhiên, vấn đề tạo ra nhiều bản sao của chúng ta bằng cách lặp vòng trong thời gian đã được giải quyết. Nếu cuối cùng có tới 100 bản sao của bạn trong một vũ trụ thì điều này chỉ có nghĩa là có 99 vũ trụ khác từ đó bạn đã biến mất. Sự bảo toàn khối lượng và năng lượng không còn áp dụng cho mỗi vũ trụ rời rạc mà áp dụng cho toàn bộ vũ trụ xem như một tổng thể.

Một trong những ưu điểm của phiên bản gốc của cách giải thích đa thể giới, trong đó Vũ trụ chỉ phân tách khi bạn đối mặt trước một sự lựa chọn, là nó mang lại cho chúng ta một mũi tên thời gian hướng theo chiều tăng số lượng vũ trụ. Luôn luôn có nhiều vũ trụ trong tương lai hơn trong quá khứ. Nhưng chắc chắn, bạn có thể nghĩ, quy tắc này có bị vi phạm không khi chúng ta cho phép du hành thời gian ngược về quá khứ? Nếu tôi đi từ hôm nay về ngày hôm qua của một vũ trụ song song, tôi làm cho nó bắt đầu phân chia theo những lựa chọn mà tôi có thể quyết định lúc tôi có mặt ở đó. Nhưng làm thế nào vũ trụ song song đó có thể bắt đầu phân chia vào hôm qua trước khi tôi đưa ra quyết định đi ngược thời gian? Đây có phải là một dạng khác của nghịch lý không có sự lựa chọn hay không? Có vẻ

như vũ trụ song song mà tôi sắp đi vào phải biết trước rằng tôi sẽ đi tới và đưa ra những lựa chọn nhất định, từ đó buộc tôi phải đi ngược vào vũ trụ đó, và đưa ra những lựa chọn như thế.

Một lần nữa, cách giải thích đa thế giới mang lại một lối thoát. Thuyết tương đối tổng quát cho phép một phương pháp kết nối Vũ trụ của chúng ta với một vũ trụ song song có lẽ không nhất thiết phải du hành thời gian về quá khứ, như chúng ta sẽ thấy trong chương tiếp theo khi tôi giới thiệu lỗ sâu đục. Một cỗ máy thời gian tất nhiên là một phương pháp thực hiện kết nối này. Cái sai ở đoạn trước là nghĩ rằng kết nối này được tạo ra tại thời khắc chúng ta du hành ngược thời gian. Không phải như vậy. Nó được tạo ra tại thời khắc cỗ máy thời gian ra đời (hay bắt đầu hoạt động) cho phép *khả năng* du hành thời gian đến bất kì vũ trụ nào tách vũ trụ của chúng ta sau đó với thời khắc khi cỗ máy thời gian khởi động. Tại thời khắc khởi động, sẽ có những vũ trụ trong đó các phiên bản của chúng ta bắt đầu xuất hiện. Đây là vì, cho dù chúng ta quyết định không sử dụng cỗ máy thời gian mà phá hủy nó, thì đã quá muộn rồi. Đã đối mặt với lựa chọn này, Vũ trụ của chúng ta phân tách và có một vũ trụ khác trong đó chúng ta không phá hủy cỗ máy thời gian mà lại sử dụng nó. Trong một số vũ trụ, chúng ta đi ngược về đến thời khắc sớm nhất có thể có (ngay sau khi cỗ máy thời gian khởi động). Trong những vũ trụ khác, chúng ta đi ngược về đến một thời điểm muộn hơn. Ngay cả khi bạn vẫn đang giam mình trong cỗ máy thời gian, thì Vũ trụ đã phân chia, do tất cả những lựa chọn khác mà nó đang tạo ra ở mọi nơi khác trong không gian, và do đó sẽ có một số vô hạn “*bạn*” đi ngược dòng thời gian! Tôi nghĩ tôi nên dừng lại ở đây và đi nằm nghỉ một chút mới được.

Tất cả những nhà du hành thời gian ở đâu rồi?

Tôi hi vọng tôi đã cấp cho bạn một chút ý tưởng về những vấn đề mà chúng ta phải đối mặt nếu chúng ta khẳng định vào khả năng du hành thời gian về quá khứ. Các định luật vật lý như chúng ta hiểu không bác bỏ sự du hành như thế, vậy thì đâu là chỗ sai hỏng trong lập luận trên? Bạn có thể cảm thấy rằng hoặc là phải sống với những nghịch lý du hành thời gian, hoặc là phải chấp nhận một số vô hạn những vũ trụ song song thì đúng là quá nhiều rồi. Nhưng ngay cả các nhà vật lý cũng không thể đi tới một lập luận có sức thuyết phục hơn để bác bỏ nó. Một câu hỏi bạn có thể nghĩ tới là những nhà du hành thời gian từ tương lai tới nay ở đâu cả rồi? Nếu những thế hệ tương lai từng thành công trong việc xây dựng một cỗ máy thời gian thì chắc chắn sẽ có nhiều người muốn đến thăm thế kỉ hai mươi và chúng ta sẽ bắt gặp những vị khách này ở xung quanh chúng ta hàng ngày. Vì thế, tôi sẽ liệt kê ra đây năm nguyên nhân lí giải vì sao chúng ta không thấy bất cứ nhà du hành thời gian nào:

1. Du hành thời gian là bị cấm bởi một số định luật vật lí nào đó nhưng chưa được khám phá ra.
2. Một cỗ máy thời gian chỉ có thể đưa bạn lùi ngược đến thời khắc nó khởi động chứ không lùi về sớm hơn trước đó được. Cho nên, nếu chúng ta biết cách xây dựng một cỗ máy thời gian trong thế kỉ thứ hai mươi ba thì chúng ta không thể đến thăm thế kỉ thứ hai mươi. Cách duy nhất để đi ngược thời gian đến trước đây là nếu chúng ta bắt gặp một cỗ máy thời gian xuất hiện trong tự nhiên đã đủ lâu, ví dụ như một lỗ đen hay một lỗ sâu đục. Có lẽ chẳng có cỗ máy nào như thế được tìm thấy trong nút thắt Vũ trụ của chúng ta.
3. Những cỗ máy thời gian xuất hiện trong tự nhiên được tìm thấy và người ta thật sự sử dụng chúng để đi ngược về thế kỉ hai mươi, nhưng hóa ra lí thuyết đa thế giới là phiên bản đúng của thực tại. Vũ trụ của chúng ta chưa hẳn là một trong một số vũ trụ may mắn được những vị khách ấy đến thăm.
4. Muốn nhìn thấy những nhà du hành thời gian ở xung quanh chúng ta thì phải giả sử trước rằng họ thật sự muốn đến thăm thế kỉ này. Có lẽ, đối với họ, sẽ có những thời kì tươi đẹp hơn và an toàn hơn để mà đến thăm.
5. Những nhà du hành thời gian từ tương lai đến hiện diện xung quanh chúng ta nhưng không hề lên tiếng!

Tôi thích nghĩ tới sự du hành thời gian càng nhiều càng tốt, nhưng tôi ngại tôi sẽ phải trả giá cho mong muốn này. Lí do thật sự khá đơn giản và tôi đã nhắc tới ở phần trước. Để cho sự du hành thời gian về quá khứ là có thể thì tương lai – tương lai của chúng ta – phải có sẵn ở ngoài kia. Tôi thấy điều này khó mà chấp nhận được.

Đừng thất vọng. Lời khuyên của tôi dành cho bạn, nếu bạn không muốn từ bỏ sự du hành thời gian, là hãy hài lòng với thực tế rằng vẫn còn đó những kẽ hở trong các định luật vật lí cho phép nó. Miễn là sự du hành thời gian không bị liệt vào danh sách cấm thì chúng ta sẽ tiếp tục cuộc hành trình của mình.

8

LỖ SÂU ĐỤC



“Nhìn kìa,” cô ta nói, “tôi không phải chuyên gia về thuyết tương đối. Nhưng chúng ta không nhìn thấy những lỗ đen phải không? Chúng ta không rơi vào trong chúng phải không? Chúng ta không thoát ra khỏi chúng phải không? Một gram quan sát thì không đáng giá bằng một tấn lý thuyết ư?”

“Tôi biết, tôi biết,” Vagay nói, giọng ôn hòa. “Phải là cái gì đó khác chứ. Kiến thức vật lý của chúng ta không thể nào sai được. Phải không nào?”

Anh nêu câu hỏi cuối này với Eda, giọng có phần ai oán, nhưng cô ta chỉ đáp, “Một lỗ đen xuất hiện tự nhiên không thể nào là một đường hầm; chúng có những điểm kì dị không thể đi xuyên qua tại tâm của chúng.”

Carl Sagan, *Contact*

Hành trình của chúng ta đưa chúng ta từ lúc bắt đầu của thời gian đến rìa cùng của Vũ trụ. Di sản do Albert Einstein để lại cho chúng ta mô tả một thực tại đẹp hơn nhiều và bí ẩn hơn nhiều so với bất cứ thứ gì chúng ta có thể mơ tới. Đường hầm thời gian, lỗ đen, những vũ trụ song song, một quá khứ và một tương lai đồng thời tồn tại cùng với hiện tại, không cái nào trong số này là chất liệu của truyện khoa học viễn tưởng cả. Chúng cũng chẳng phải là những suy đoán rộng hơn của một số ít những minh chứng khoa học. Tất cả những cái kì lạ này là kết quả của những năm tháng phát triển từng bước, một số phát triển đó nay được xem là những thực tế. Ví dụ, sự trôi chậm lại của thời gian do lực hấp dẫn không “chỉ là một lý thuyết có thể hóa ra sai lầm vào một ngày nào đó khi xuất hiện cái gì đó tốt hơn”, mà nó được chứng minh là đúng trên một nền tảng hợp thức trong các phòng thí nghiệm khoa học. Những quan điểm khác, cũng như những khả năng khác, có thể không trụ vững qua phép thử của thời gian hay tiếp tục chịu sự giám sát chặt chẽ của các nhà khoa học. Đôi khi một lý thuyết bị cho là sai rõ rệt nếu những dự đoán của nó mâu thuẫn với kết quả của một thí nghiệm nào đó, hoặc nó có thể được thay thế bởi một lý thuyết tốt hơn giải thích nhiều hiện tượng hơn và mang lại cho chúng ta sự hiểu biết sâu sắc hơn về thế giới tự nhiên.

Ngày nay, chúng ta có thể hợp lý tin rằng các lỗ đen có tồn tại. Niềm tin này đúng bất chấp thực tế chúng ta chưa từng mặt đối mặt trước một lỗ đen. Bằng chứng cho chúng thuyết phục đến mức chúng ta không thể tìm ra một lời giải thích nào khác nữa. Không những các lỗ đen là một hệ quả không thể tránh khỏi của thuyết tương đối tổng quát, mà

chúng ta còn nhìn thấy những dấu hiệu không thể sai lẫn của chúng qua các kính thiên văn của chúng ta.

Lỗ sâu đục là một vấn đề hoàn toàn khác. Chúng cũng được phép bởi các phương trình của thuyết tương đối tổng quát mang lại một sự mô tả của chúng dưới dạng những thực thể trên lý thuyết. Nhưng, không giống như các lỗ đen, lỗ sâu đục vẫn còn là sự hiểu kỳ trên lý thuyết chứ chưa có bằng chứng thiên văn học cho sự tồn tại của chúng trong Vũ trụ thực. Tôi xin lỗi đã dập tắt ngọn lửa vui thích với việc dội một gáo nước lạnh lên những vật thể mà tôi chưa trình bày tới. Có lẽ đây chỉ là cơ chế phòng vệ của tôi trước sự kết tội từ phía những nhà vật lý khác rằng tôi đang tiến gần đến ranh giới giữa thực tế khoa học và tiểu thuyết viễn tưởng. Vì thế, để chứng minh chương này trước những người hoài nghi cổ thủ những quan điểm của họ, tôi sẽ trích dẫn một đoạn ngắn từ phần mở đầu quyển sách của Matt Visser *Lỗ sâu đục Lorentz: Từ Einstein đến Hawking* với phần bổ sung thêm của tôi trong ngoặc vuông:

“Mặc dù vật lý học lỗ sâu đục là mang tính suy đoán, nhưng những lý thuyết vật lý cơ sở, bao gồm thuyết tương đối tổng quát và [cơ học] lượng tử, đều đã được kiểm tra và được chấp nhận rộng rãi. [Cho dù] nếu chúng ta thành công trong việc tự nhốt mình vào một góc khuất bao quanh bởi những mâu thuẫn và những cái tai hại không thể lường trước, thì hi vọng rằng loại thảm họa gặp phải đó sẽ hấp dẫn và chứa đựng nhiều thông tin.”

Như vậy, có lẽ lỗ sâu đục không tồn tại, nhưng ít nhất thì việc nghiên cứu chúng có thể giúp chúng ta tìm hiểu thêm một chút xem Vũ trụ của chúng ta hoạt động như thế nào. Vâng, và trong trường hợp bạn đang nghi vấn, chúng chẳng có dây mơ rễ má gì với những con sâu cả.

Cầu nối sang một thế giới khác

Khái niệm lỗ sâu đục có từ thời ra đời thuyết tương đối tổng quát. Hãy nhớ lại ở Chương 4 rằng Karl Schwarzschild là người đầu tiên nhận ra các phương trình của thuyết tương đối tổng quát của Einstein dự đoán sự tồn tại của những lỗ đen. Đặc biệt hơn, lỗ đen của ông có chứa một điểm kỳ dị tại tâm của nó; một điểm có mật độ vô hạn tại đó bản thân thời gian đi tới kết thúc. Tại điểm kỳ dị, tất cả những định luật vật lý đã biết đều bị phá vỡ. Điều này khiến Einstein đứng ngồi không yên. Ông không thích những cái lỗ như thế này trong không thời gian và ông không cảm thấy chúng được che chắn đủ trước thế giới bên

ngoài bởi chân trời sự kiện của chúng. Đối với ông, đó chỉ đơn giản là một trường hợp “ngoài tầm nhìn, ngoài nhận thức”.

Năm 1935, Einstein cho công bố một bài báo cùng với người cộng sự Nathan Rosen, trong đó họ cố gắng chứng minh các điểm kì dị Schwarzschild không tồn tại. Bằng cách sử dụng một thủ thuật toán học gọi là phép biến đổi tọa độ, họ có thể viết lại nghiệm toán học của Schwarzschild để nó không chứa một điểm trong đó không gian và thời gian dừng lại. Tuy nhiên, lời giải thay thế mà họ nêu ra đúng là kì lạ. Họ chứng minh rằng điểm kì dị trở thành một cầu nối Vũ trụ của chúng ta với... một vũ trụ song song! Đây không phải là loại vũ trụ song song sẽ tách khỏi vũ trụ của chúng ta do hệ quả của cơ học lượng tử như tôi đã mô tả ở chương trước. Mỗi liên hệ này giữa hai vũ trụ được gọi là cầu nối Einstein-Rosen. Đối với Einstein, nó thuần túy là một bài tập lí thuyết về hình học trong đó hai không thời gian sẽ được nối với nhau. Ông không tin rằng một cầu nối như thế thật sự tồn tại, cũng y như việc ông không tin rằng các điểm kì dị thật sự tồn tại. Nó chỉ là một nét lạ của oán học của thuyết tương đối tổng quát.

Những cầu nối như thế giữa những thế giới khác nhau chẳng có gì là mới mẻ, kể cả khi ấy. Các nhà toán học thế kỉ thứ mười chín rất thành thạo về không gian cong và hình học cao chiều. Thật vậy, đúng nửa thế kỉ trước khi Einstein công bố công trình của ông về thuyết tương đối tổng quát, một nhà toán học người Anh tên là Charles Dodgson đã viết một quyển sách dành cho trẻ em nói về đề tài hình học cao chiều và những vũ trụ song song. Dưới bút danh Lewis Carrol, ông đã viết quyển *Những cuộc phiêu lưu của Alice vào Xứ sở thần kì* hồi năm 1865. Chúng ta đều đã quen thuộc với tình tiết khi Alice đuổi theo thỏ trắng xuống một cầu nối Einstein-Rosen dẫn sang một vũ trụ khác. Trong quyển sách, nó được gọi là cái hang thỏ, nhưng tôi tin rằng nó có ý nghĩa tương tự. Nguyên nhân những điều kì lạ như thế có thể xảy ra trong Xứ sở thần kì là vì các định luật vật lí trong vũ trụ đó là khác với chúng ta. Tất nhiên, Dodgson không nhận thức được loại cơ chế nào có thể gây ra một đường hầm như thế nối thế giới của chúng ta với một thế giới khác. Hãy nhớ rằng quyển sách này có trước thuyết tương đối, cơ học lượng tử và vũ trụ học hiện đại. Câu chuyện chủ yếu xây dựng trên những khái niệm hình học về cách thức không gian bị uốn cong và làm thế nào hai không gian có thể liên hệ với nhau trong một siêu không gian cao chiều nào đó. Cái Einstein nêu rõ hồi năm mươi năm sau đó là sự cong như thế của không gian xảy ra khi có sự tập trung đủ mạnh của khối lượng (hay năng lượng, vì nó tương đương với khối lượng). Lí thuyết hấp dẫn của ông (tức thuyết tương đối tổng quát) cung cấp cơ sở vật lí cho những đường hầm như thế dẫn sang những thế giới khác, mặc dù chúng rất không có khả năng tồn tại trong thực tế.

Trong một trong tác phẩm muộn sau này của Dodgson, *Sylvie và Bruno*, xuất bản năm 1890, chúng ta lại tìm thấy ông (và do đó những nhà toán học khác đương thời) còn nghĩ tới những con đường tắt bên trong cùng một vũ trụ. Trong câu chuyện đó, Fairyland và Outland ở xa nhau một nghìn dặm đường nhưng liên hệ với nhau bởi một “Con đường

Hoàng gia” có thể đưa bạn từ nơi này đến nơi kia gần như tức thời. Ông còn mô tả sự du hành thời gian, sự thay đổi tốc độ đồng hồ và sự đảo ngược thời gian.

Trở lại thập niên 1930 và nguyên nhân chẳng ai hứng thú với cầu nối Einstein-Rosen là vì, không giống như cái hang thỏ trong *Những cuộc phiêu lưu của Alice vào Xứ sở thần kì*, nó chưa bao giờ được dùng làm một phương tiện thực tế để đi sang một vũ trụ khác. Một cách hình dung xem cầu nối Einstein-Rosen hình thành như thế nào là hãy tưởng tượng một điểm kì dị trong Vũ trụ của chúng ta tự gắn nó với một điểm kì dị trong vũ trụ song song kia. Vậy đây có phải là cái sẽ xảy ra nếu chúng ta rơi vào trong một lỗ đen? Hãy nghĩ những lỗ đen là cái gì đó giống như kiếp sau. Không ai thật sự biết được cái gì đang chờ họ khi họ chết đi và, giống như vậy, chúng ta không thể chắc chắn cái gì sẽ xảy ra với chúng ta khi chúng ta nhảy vào một lỗ đen cho đến khi chúng ta thật sự làm như thế. Ngay cả khi ấy, chúng ta cũng không thể nào gửi phản hồi thông tin về cho những người đang chờ ở bên ngoài chân trời sự kiện. Là một nhà khoa học, tôi thích suy nghĩ rằng chúng ta biết về những lỗ đen nhiều hơn một chút so với chuyện kiếp sau, vì ít ra thì các lỗ đen còn tuân theo các phương trình toán học!

Vậy đâu là chỗ sai khi xem cầu nối Einstein-Rosen là một phương tiện đi sang những thế giới khác? Vâng, trước tiên hãy bắt đầu với chân trời sự kiện. Một khi bạn nhảy vào một lỗ đen thì bạn không thể nào trở ra được nữa. Tất nhiên, để đi ra ở phía bên kia, cái lỗ đen mà bạn nhảy vào sẽ cần biến thành một lỗ trắng. Hãy nhớ rằng đây là cái ngược lại của lỗ đen, từ đó vật chất sẽ tuồn ra chứ không rơi vào. Do đó, những lỗ trắng phải được bao quanh bởi cái ngược lại của chân trời sự kiện, cái được gọi là phản chân trời, nó cho phép lưu thông đi ra một chiều và không bao giờ cho vào. Thật không may, phản chân trời là rất không bền và biến thành chân trời bình thường trong chừng vài giây sau khi hình thành. Cho nên, đã đi qua chân trời sự kiện của lỗ đen ban đầu, bạn sẽ nhận thấy có một chân trời sự kiện thứ hai chặn lối ra của bạn ở phía bên kia. Hãy tưởng tượng có một người tù nhân trong một xà lim khóa chặt phát hiện thấy một đường hầm dưới giường ngủ của anh ta. Nó đi lòng vòng vài mét dưới đất rồi dẫn ra một xà lim khóa chặt khác.

Vấn đề chính đối với cầu nối Einstein-Rosen là toàn bộ hệ thống rất không bền. Cầu nối đó sẽ chỉ tồn tại trong một phần nhỏ của một giây trước khi biến mất. Thật vậy, thời gian tồn tại của chiếc cầu quá ngắn nên kể cả ánh sáng cũng chẳng đủ nhanh để đi xuyên qua nó. Cho nên, nếu bạn *từng* nhảy vào một lỗ đen với hi vọng đi qua nó, bạn sẽ luôn luôn bị kẹt lại ở điểm kì dị, và việc có cơ thể bị nén xuống đến kích cỡ nhỏ hơn nhiều so với một nguyên tử là cái chẳng ai ham.

Đó là đã giả sử bạn không bị xé toạc ra bởi lực hấp dẫn thủy triều trước khi bạn đi tới điểm kì dị. Lỗ đen đó sẽ phải là một lỗ đen siêu khối thì bạn mới có thể sống sót đi qua chân

trời sự kiện. Tóm lại, câu nói Einstein-Rosen có thể không bao giờ trở thành một phương tiện để đến thăm một vũ trụ láng giềng, và do đó nó chỉ là một sự hiểu kì lí thuyết trong nhiều năm qua mà thôi.

Alice qua chiếc gương soi

Đã có một số nét nổi bật trong lịch sử vật lí lỗ sâu đục. Sau nghiên cứu của Einstein và Rosen hồi giữa thập niên 1930, chẳng có gì xảy ra cho đến khi John Wheeler, một trong những nhà vật lí vĩ đại nhất của thế kỉ hai mươi (và là người đã đặt ra cái tên lỗ đen) công bố một bài báo vào năm 1955. Trong bài báo đó, ông lần đầu tiên chứng minh rằng một đường hầm trong không thời gian không nhất thiết nối Vũ trụ của chúng ta với một vũ trụ song song, mà có thể uốn cong để nối hai vùng khác nhau của Vũ trụ của chúng ta lại với nhau (giống như cái tay cầm trên cốc cà phê). Nó sẽ là một đường hầm phát sinh từ không thời gian bình thường mang lại một lộ trình khác giữa hai “cái miệng” của nó qua một chiều cao hơn. Hai năm sau đó, ông đã nêu lỗ sâu đục thành một biệt ngữ vật lí trong một bài báo nổi bật nói về cái ông gọi là “hình động lực học”, nghĩa là nghiên cứu cách thức hình học, hay hình dạng, của không gian biến thiên và diễn tiến. Tất nhiên, tác phẩm của ông vẫn là lí thuyết thuần túy. Mục tiêu của nó là tìm hiểu không thời gian có thể xoắn lại thành những hình dạng gì và chẳng nghiên cứu gì việc sử dụng lỗ sâu đục cho con người đi xuyên qua. Thật vậy, những lỗ sâu đục mà Wheeler quan tâm là những cái lỗ cực kì nhỏ. Ông đang nghiên cứu cấu trúc của không thời gian ở thang bậc nhỏ nhất có thể có, nơi cơ học lượng tử cho chúng ta biết rằng mọi thứ trở nên mờ nhạt và bất định. Xuống đến thang bậc này, ngay cả không thời gian cũng trở nên sủi bọt và phù du, và mọi kiểu hình dạng và cấu trúc khác lạ, trong đó có những lỗ sâu đục mini, có thể hình thành ngẫu nhiên. Tôi sẽ gọi đây là những lỗ sâu đục lượng tử và chúng ta sẽ gặp lại chúng lần nữa trong phần sau.

Sự kiện quan trọng nhất là vào năm 1963 khi nhà toán học người New Zealand Roy Kerr phát hiện thấy các phương trình Einstein dự đoán sự tồn tại của một loại lỗ đen hoàn toàn mới: một lỗ đen đang quay tròn, mặc dù lúc đầu ông không nhận ra như vậy. Chỉ sau đó người ta mới nhận ra rằng nghiệm Kerr áp dụng cho bất kì ngôi sao đang quay tròn nào co lại thành một lỗ đen và, vì tất cả các ngôi sao đều đang quay tròn xung quanh trục của chúng ở những tốc độ khác nhau, nên những lỗ đen của Kerr là khái quát hơn và thực tế hơn những lỗ đen không quay của Schwarzschild. Ngoài ra, một lỗ đen có thể quay nhanh hơn nhiều so với ngôi sao bình thường đã sinh ra nó vì nó nhỏ và đặc hơn rất nhiều. (Hãy nhớ tôi đã nêu sự tương tự với vận động viên trượt băng đang quay tròn khi tôi mô tả những lỗ đen như thế ở Chương 4.) Cái hấp dẫn ở những kết quả tính toán của Kerr là bản chất của điểm kì dị tại tâm của một lỗ đen như thế. Nó không còn là một điểm kích cỡ zero như điểm

kì dị tại tâm của những lỗ đen Schwarzschild mà thay vậy nó có dạng hình vòng. Chu vi của cái vòng đó là toàn bộ vấn đề cần nói, và nó có bề dày gần như bằng không và vì thế có mật độ gần như vô hạn. Ở giữa cái vòng đó là không gian trống rỗng. Một cái vòng kì dị như vậy, tùy thuộc vào khối lượng và spin của nó, có thể có một đường kính đủ lớn cho con người và cả phi thuyền của họ đi xuyên qua.¹

Nhà thiên văn vật lí Oxford John Miller trình bày rằng, trong khi nghiệm Kerr chỉ biểu diễn tính chất của không thời gian ở bên ngoài một lỗ đen đứng yên nào đó đang quay tròn, thì chưa có dấu hiệu nào cho thấy nó mô tả cái diễn ra ở bên trong chân trời sự kiện, kể cả những thứ xung quanh điểm kì dị vòng. Nó chỉ là một bức tranh khả dĩ của cái bên trong một lỗ đen có thể trông như thế. Miller đề xuất rằng những mô tả như vậy nên đi kèm với một sự cảnh báo nhất định nào đó.

Với suy nghĩ này trong đầu, tôi sẽ tiếp tục trình bày và mô tả một lỗ đen Kerr có thể trông như thế nào. Trước tiên, điểm kì dị vòng thì không giống với điểm kì dị của Schwarzschild. Chẳng hạn, một kì dị vòng có một chân trời thứ hai, ở bên trong, gọi là chân trời Cauchy, bao quanh điểm kì dị đó. Tất nhiên, một khi bạn đã băng qua chân trời sự kiện phía ngoài thì bạn không còn đường nào tiến lui nữa. Nhưng ít nhất bạn sẽ có thể nhìn thấy ánh sáng đến từ Vũ trụ bên ngoài, mặc dù nó sẽ bị bẻ cong và hội tụ do lực hấp dẫn của lỗ đen. Chân trời Cauchy đánh dấu ranh giới bên trong đó bạn sẽ không còn nhìn thấy ánh sáng từ Vũ trụ bên ngoài nữa. Điều này thoáng nghe ra thì hợp lí, nhưng không đơn giản thế. Lỗ đen là nơi kì quái đến mức không có cái gì là rõ ràng cả. Một trong những tiên đoán kì lạ của cơ sở toán học của lỗ đen là cái xảy ra với ánh sáng bạn nhìn thấy đến từ Vũ trụ bên ngoài khi bạn rơi về phía chân trời Cauchy. Vì thời gian của bạn đang trôi qua mỗi lúc một chậm đi, nên thời gian ở bên ngoài đang trôi nhanh cho đến khi, tại chân trời Cauchy, thời gian ở bên ngoài đang chạy nhanh vô hạn và bạn sẽ thấy toàn bộ tương lai của Vũ trụ lóe qua trước mắt bạn tại thời khắc bạn băng qua chân trời đó. Tôi thấy điều này có chút quá khó hiểu, ngay khi bạn muốn nhìn thấy toàn bộ quá khứ của mình lóe qua trước mắt, thì thay vậy bạn lại nhìn thấy toàn bộ tương lai.

Để đảm bảo không làm phật lòng bất cứ người nào say mê trước những lỗ đen, tôi phải nói thêm rằng, trên thực tế, thật ra bạn sẽ không có cái nhìn ân huệ về tương lai của Vũ trụ vì toàn bộ ánh sáng đi vào trong lỗ đen đều sẽ đi tới cùng một lúc trong một cái chớp mắt. Dòng ánh sáng đổ vào sẽ bị nén về phía đầu xanh của quang phổ. Đây là cái ngược lại của cái nhìn thấy bởi một nhà quan sát ở bên ngoài lỗ đen đang nhìn thấy ánh sáng đang rơi vào. Trong trường hợp đó, ánh sáng bị giãn ra (lệch đỏ). Khi bạn tiến đến chân trời Cauchy, bạn thấy ánh sáng bị lệch xanh càng lúc càng nhiều hơn về phía tần số cao hơn. Điều này

¹Như vậy, điểm kì dị khá quát hơn những điểm kích cỡ zero. Một điểm kì dị là bất cứ nơi nào đánh dấu ranh giới của không thời gian. Cho nên, trong mô hình tám cao su 2D, mọi đường cắt trên tấm đó đều tạo nên một điểm kì dị.

hàm ý rằng ánh sáng đang thu thêm năng lượng và bạn sẽ bị rán cháy xèo xèo luôn bởi vụ nổ sau cuối của bức xạ năng lượng cao vô hạn. Xin lỗi nhé. Tất nhiên, toàn bộ vấn đề ở đây là đang giả sử bạn còn sống sót trước lực thủy triều hấp dẫn kéo bạn giãn căng ra và xé bạn thành từng mảnh trước khi bạn đi tới chân trời Cauchy.

Ta hãy tạm gạt qua một bên vấn đề tầm thường là bị kéo thành mì sợi và rồi bị nấu chín trong bức xạ và hãy nhìn gần hơn chút nữa về bản thân điểm kì dị. Cơ sở toán học của thuyết tương đối tổng quát dường như đề xuất rằng điểm kì dị Kerr là một cửa sổ mở sang một vũ trụ khác. Thay vì Alice rơi xuống một cầu nối Einstein-Rosen dẫn sang Xứ sở thần kì, đây là chỗ cô có thể *bước qua gương soi*. Bạn thấy đó, miễn là bạn ở cách xa điểm kì dị, bạn có thể đi xuyên qua tâm của vòng kì dị (đảm bảo rằng bạn không tiến đến quá gần các cạnh vì đó là nơi có “chất liệu” của điểm kì dị). Một khi bạn làm được như vậy, bạn sẽ để lại không thời gian của chúng ta ở phía sau lưng.

Vậy bạn sẽ đi tới đâu nếu như bạn nhảy qua cái vòng lửa vũ trụ này? Câu trả lời là nó phụ thuộc chủ yếu và không thể điều khiển vào đường đi chính xác của bạn xuyên qua điểm kì dị. Một khả năng là bạn sẽ đi tới một bộ phận khác của vũ trụ của chúng ta và, vì thời gian và không gian là hòa lẫn, nên hầu như chắc chắn bạn cũng sẽ đi tới một thời điểm khác. Bạn có thể xuất hiện trong quá khứ xa xăm hoặc trong tương lai xa xôi. [Hay đấy, bạn nghĩ, ít ra thì đây là một cỗ máy thời gian đích thực.] Nhưng ngoài toàn bộ những cái nguy hiểm của việc nhảy vào một lỗ đen đang quay tròn, thì việc đi xuyên qua điểm kì dị Kerr là một chuyến đi một chiều. Tôi không có ý nói rằng bạn không thể đi ngược từ phía bên kia vòng trở về một khi bạn đã nhảy qua, nhưng đơn giản là bạn không thể tìm thấy chính mình trở về nơi và khi bạn xuất phát. Ồ, và đừng quên rằng còn có một chân trời sự kiện một chiều ngăn không cho bạn thoát ra.

Hãy để tôi tóm tắt những lí lẽ tán thành và phản đối việc xem lỗ đen Kerr là một “công sao”. Về mặt tích cực, bạn có thể tránh bị nén lại đến kích cỡ zero bằng cách thận trọng tìm phương hướng đi qua tâm của điểm kì dị. Vấn đề ở đây là ở chỗ, từ bên ngoài chân trời sự kiện, bạn không thể nhìn thấy mình đi vào với một góc bao nhiêu. Đi vào từ một bên nào đó (trong mặt phẳng vòng) thì bạn sẽ không thể tránh được bị chuyển động xoắn ốc vào trong và lao vào vòng. Một sự khác biệt quan trọng hơn giữa điểm kì dị bên trong lỗ đen đang quay (Kerr) và lỗ đen không quay (Schwarzschild) là không gian và thời gian bị cuộn lại theo những cách khác nhau. Theo biệt ngữ của thuyết tương đối, một kì dị điểm được gọi là kiểu-thời gian còn một kì dị vòng được gọi là kiểu-thời gian. Một kì dị kiểu-không gian đánh dấu ranh giới của thời gian (hoặc là sự bắt đầu của nó, ví dụ như kì dị Big Bang, hoặc sự kết thúc của nó như trong trường hợp lỗ đen) còn một kì dị kiểu-thời gian đánh dấu ranh giới của không gian, đó là cách có thể xem nó là một cánh cửa sổ vươn ra ngoài Vũ trụ của chúng ta.

Nói chung, thật sự có một sự ngượng ngịu trước hai chân trời rắc rối đó. Chân trời sự kiện chỉ cho phép du hành một chiều, và nó chặn kì dị khuất tầm nhìn để chúng ta không thể chọn góc thích hợp mà đi vào. Mặt khác, chân trời Cauchy là nơi bạn bị hạ gục trước bức xạ bị lệch xanh vô hạn. Vì thế, cái chúng ta thật sự muốn có là giải thoát những chân trời này, để lại cái gọi là một kì dị trần phơi ra trước Vũ trụ bên ngoài. Có một số cách (có lẽ) để có một kì dị trần. Một là qua sự bức xạ Hawking, nhờ đó một lỗ đen dần dần bay hơi cho đến khi chân trời của nó lùi ra xa hoàn toàn, để lại một kì dị trần. Nhưng đây vẫn còn là giả thuyết gây nhiều tranh cãi và nhiều nhà vật lí tin rằng khi một lỗ đen bay hơi hoàn toàn, nó chẳng để lại cái gì cả. Dẫu sao, đây chỉ là cái có khả năng xảy ra với những lỗ đen rất nhỏ và chẳng ai đủ kiên nhẫn mà chờ cho đến khi một lỗ đen siêu khối đang quay bay hơi hết. Tuy nhiên, một lỗ đen như thế có thể bị tước mất chân trời của nó theo một cách khác. Bạn thấy đó, một lỗ đen đang quay càng nhanh thì chân trời Cauchy của nó sẽ càng rộng ra bên ngoài và càng tiến gần đến chân trời sự kiện phía ngoài. Nếu nó quay đủ nhanh thì hai chân trời đó chồng lên nhau, và, tại thời khắc đó, toán học dự đoán rằng chúng sẽ hủy lẫn nhau và cả hai cùng biến mất.

Một kì dị trần còn có thể hình thành từ sự co lại của một khối lượng lớn, không có dạng cầu, nhưng lựa chọn này cũng còn gây tranh cãi vì những hình dạng như thế không có khả năng tồn tại trong Vũ trụ thực. Dự đoán là loại kì dị trần như thế này có thể hình thành từ những mô phỏng phức tạp trên máy tính mà các nhà thiên văn vật lí đã nghiên cứu.

Tất nhiên, tôi muốn nhắc bạn rằng đa phần những gì tôi trình bày từ trước đến nay trong chương này là dựa trên những dự đoán và suy đoán lí thuyết. Các nhà vật lí không tin rằng chúng ta sẽ có thể đi qua một kì dị Kerr trần và đi đến một vũ trụ khác, hay thậm chí là phía bên kia của vũ trụ của chúng ta. Một phần lí do cho sự hoài nghi (và bối rối) của họ là nếu chúng ta có thể thì chúng ta sẽ có khả năng sử dụng nó làm một cỗ máy thời gian và, như chúng ta đã thấy trong chương trước, đó chẳng phải là một lựa chọn mà nhiều nhà vật lí sẵn sàng xét đến.

Nhưng có một số khó khăn thực tế có khả năng sẽ làm cho toàn bộ ý tưởng du hành xuyên qua những kì dị vòng như thế thành không thể khi cố gắng đi xuyên qua cầu nối Einstein-Rosen. Trước hết, có vẻ chẳng có khả năng cho một lỗ đen nào đó có thể quay đủ nhanh để ném đi các chân trời của nó. Và nghiên cứu trong thời gian rất gần đây dường như cho biết rằng chân trời Cauchy kém bền đến mức ngay khi bạn đi qua nó (thậm chí nếu bạn đang trên đường đi xuyên qua tâm của kì dị) bạn sẽ làm nó biến dạng đủ để biến nó thành cái gọi là một kì dị yếu toàn phần, tuy nhiên khi đó bạn sẽ bị giữ lại ở bên trong.

Khi khoa học gặp gỡ truyện viễn tưởng

Kiến thức hiện nay của chúng ta về những lỗ đen dường như cho thấy chúng không bao giờ có thể sử dụng trong thực tế để làm cửa sổ hay cầu nối sang những vũ trụ khác, hoặc đến những phần khác thuộc vũ trụ của chúng ta, cho dù chúng ta có thể đi vào một lỗ đen đi chăng nữa. Chúng vẫn là đề tài màu mỡ cho các nhà văn viết tiểu thuyết viễn tưởng, những người không hề nản chí bởi sự phản đối của các nhà vật lý hay thậm chí bởi bằng chứng thực nghiệm. Tuy nhiên, không phải nhà tiểu thuyết viễn tưởng nào cũng tẩy chay những kết quả mới nhất và những dự đoán của các nhà vật lý. Nhiều tác giả truyện khoa học viễn tưởng là những nhà khoa học chuyên nghiệp và sẽ thối vào câu chuyện của họ rằng ít ra thì họ không chế giễu ra mặt trước các định luật vật lý. Đây là trường hợp xảy ra vào năm 1985 khi nhà thiên văn vật lý danh tiếng, tác giả và là người dẫn chương trình truyền hình Carl Sagan viết quyển tiểu thuyết *Contact*. Trong câu chuyện đó, đã được dựng thành phim, loài người tiến hành giao tiếp với một nền văn minh tiên tiến ngoài địa cầu sử dụng một đường hầm xuyên qua siêu không gian (một lỗ sâu đục²) liên kết hai phần xa xăm của Ngân hà qua những vị anh hùng trong câu chuyện đó. Sagan biết rõ khả năng của cầu nối Einstein-Rosen hay điểm kì dị Kerr đối với mục đích này, nhưng ông muốn câu chuyện của mình càng thực tế càng tốt và có cơ sở khoa học. Nói chung, mặc dù toàn bộ ý tưởng viễn tưởng là chúng ta có thể nghĩ ra những thứ muốn có khi câu chuyện diễn tiến, nhưng là một nhà khoa học đã qua đào tạo, Sagan xác định rằng ông chỉ đưa vào câu chuyện những cái ít nhất được thuyết tương đối tổng quát xem là *có thể*.

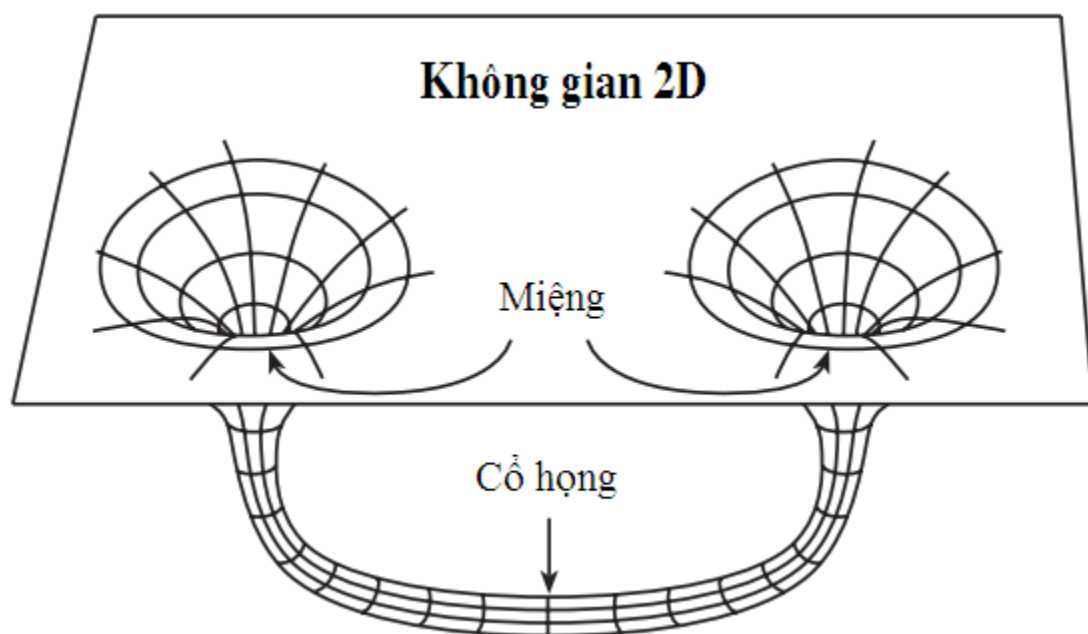
Vì thế, Sagan đã gửi bản nháp sơ bộ của bản thảo cho một người bạn của ông, Kip Thorne trong Nhóm Thiên văn Vật lý Lý thuyết ở Viện Công nghệ California. Thorne là một trong những chuyên gia hàng đầu thế giới về thuyết tương đối tổng quát và Sagan hi vọng ít nhất ông có thể đi tới một đề xuất hoặc hai người dựa trên những kết quả khoa học mới nhất nhằm tăng thêm sự tin cậy cho câu chuyện. Nhưng cả hai ông đều không sẵn sàng cho cái xảy ra sau đó. Yêu cầu của Sagan đánh thức lòng hiếu kì của Thorne và, với sự hỗ trợ của nghiên cứu sinh của ông, Michael Morris, Thorne quyết định xử lý vấn đề từ một góc nhìn căn bản. Để hiểu phương pháp của ông, tôi sẽ lí giải các phương trình Einstein của thuyết tương đối tổng quát đại khái trông như thế nào. Ở một vế của các phương trình là thông tin về khối lượng và năng lượng còn vế kia của các phương trình mô tả sự cong của không thời gian trong sự có mặt của khối lượng và năng lượng này – đủ để nói rằng các phương trình này phức tạp hơn và phong phú hơn phương trình thuyết tương đối đặc biệt của ông,

²Lưu ý rằng cho đến đây tôi vẫn tránh sử dụng thuật ngữ “lỗ sâu đục” để mô tả một liên kết giữa hai lỗ đen, cho dù có đang quay hay không. Thay vậy, tôi vẫn bám lấy tên gọi cầu nối Einstein-Rosen hoặc điểm kì dị Kerr. Sở dĩ tôi làm vậy là vì một nguyên do sẽ sớm rõ ràng ở phần sau.

$E = mc^2$. Thường thì các nhà vật lý sẽ bắt đầu bằng cách định nghĩa khối lượng và năng lượng của một vùng nhất định của không thời gian, ví dụ như một ngôi sao, rồi sau đó giải các phương trình Einstein để tính xem không gian xung quanh bị ảnh hưởng như thế nào và nó có những tính chất gì. Thorne bắt đầu nghĩ về những lỗ sâu đục có được phép trên lý thuyết hay không, nhưng ông không đi theo phương pháp truyền thống. Nói chung, ông nhận thức rõ những vấn đề quấy rầy những nghiệm thông thường cho các lỗ đen, ví dụ như chân trời sự kiện, lực thủy triều, những kì dị không bền, những đường hầm khép lại trước khi bạn đi qua và vân vân. Thay vậy, ông bắt đầu với một danh sách mong muốn. Ông biết rằng với mục đích câu chuyện của Sagan thì lỗ sâu đục sẽ phải bền, mở liên tục, không có chân trời sự kiện ở hai bên để cho phép sự du hành hai chiều, không có điểm kì dị nào và không có bất kì lực thủy triều khó chịu nào sẽ giết chết mọi nhà du hành trước khi họ có thể đi vào. Sau đó, cùng với những đồng nghiệp tại Caltech, ông bắt tay vào thiết kế (trên cơ sở toán học) hình dạng mà không thời gian phải có để thỏa mãn tất cả những yêu cầu của ông. Trước sự bất ngờ của ông, ông tìm thấy điều này thật sự là có thể.

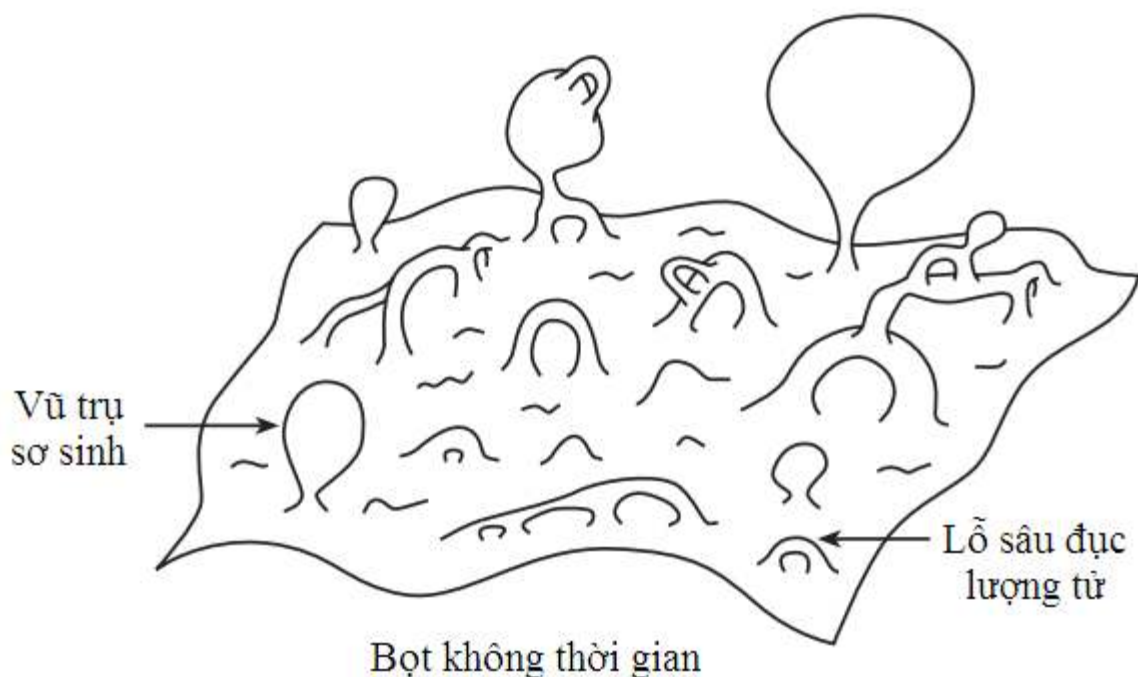
Thorne nhận ra ông có thể thiết kế đúng loại lỗ sâu đục mà Sagan đang tìm kiếm. Hóa ra trên lý thuyết có thể có một liên kết giữa hai phần của Vũ trụ mà, trên giản đồ, trông giống hệt như lỗ sâu đục lượng tử của Wheeler hồi ba mươi năm trước đó. Nhưng lần này các đường hầm sẽ đủ lớn cho con người đi xuyên qua trong một phi thuyền vũ trụ mà không cảm thấy sự bất tiện nào. Chẳng hạn, một nhà du hành có thể đi vào một miệng của lỗ sâu đục ở gần Trái đất và trong một thời gian ngắn anh ta hoặc cô ta sẽ hiện ra từ đầu bên kia thuộc phía bên kia của Thiên hà. Sau đó, nhà du hành có thể quay về qua lỗ sâu đục đó và tường thuật lại mọi chuyện. Bởi vậy nên “liên kết” này được đặt tên là “lỗ sâu đục đi qua được” để phân biệt nó với những lỗ sâu đục không đi qua được kiểu như cầu nối Einstein-Rosen. Từ nay về sau, khi tôi nhắc tới những cấu trúc như thế, tôi sẽ chỉ gọi chúng đơn giản là lỗ sâu đục, ý muốn nói loại có thể đi qua được.

Một lỗ sâu đục như vậy được thể hiện trên hình 8.1, trong đó không gian được miêu tả là một tấm hai chiều. Hai lối vào lỗ sâu đục được gọi là miệng của nó, còn cái cổ (hay eo thắt) ở giữa chúng được xem là cổ họng của lỗ sâu đục. Một khái niệm khó nắm bắt là, trong khi khoảng cách xuyên không gian bình thường giữa hai cái miệng của lỗ sâu đục có thể là dài tùy ý (ví dụ như một nghìn năm ánh sáng), chiều dài của bản thân lỗ sâu đục có thể ngắn tùy ý (vài km hoặc thậm chí vài mét). Điều này không hiện rõ từ hình 8.1 trong đó trông có vẻ như đường đi qua lỗ sâu đục thật sự dài hơn đường đi thẳng. tuy nhiên, bạn phải nhớ rằng lỗ sâu đục thật ra là một liên kết giữa hai vùng trong không thời gian cong bốn chiều mà chúng ta không thể hình dung ra.



Hình 8.1 Một lỗ sâu đục nối hai vùng của một không gian 2D

Một điều quan trọng cũng nên nhận thức cho đúng là lỗ sâu đục của Thorne không tạo ra từ những lỗ đen, nó cũng chẳng có chân trời sự kiện. Cho nên có lẽ chúng ta không thể trông đợi tìm thấy một lỗ sâu đục nằm đâu đó trong Vũ trụ này. Nếu thế thì chúng ta sẽ bắt tay vào việc tự xây dựng một lỗ sâu đục như thế nào? Trước tiên, và trước khi bạn quá hứng khởi, việc xây dựng một lỗ sâu đục có thể đi qua không phải là công việc dành cho công nghệ thế kỉ hai mươi hoặc thậm chí thế kỉ hai mươi mốt. Thật ra, nó có thể không bao giờ là có thể hết. Nhưng chương này đang nói về sự suy đoán, nên hãy cho phép tôi suy đoán một chút. Một cách tạo ra một lỗ sâu đục sẽ là mở rộng một lỗ sâu đục lượng tử. Xuống đến thang bậc chiều dài rất rất nhỏ, nhỏ hơn nguyên tử hàng nghìn tỉ lần, là cái gọi là thang đo Planck trong đó khái niệm chiều dài mất hết ý nghĩa của nó và các nguyên tắc bất định lượng tử. Ở thang bậc này, tất cả các định luật vật lí đều bị phá vỡ và thậm chí không gian và thời gian cũng trở thành những khái niệm mờ ảo. Bất kì và mọi sự biến dạng có thể nhận thức được của không thời gian sẽ thoát ẩn thoát hiện trong một điệu vũ ngẫu nhiên và hỗn loạn diễn ra mọi lúc mọi nơi trong Vũ trụ. Các thuật ngữ như “thăng giáng lượng tử” và “bọt lượng tử” được sử dụng để mô tả sự hoạt động hỗn loạn này là rất hợp tình hợp cảnh. Đây là nơi những lỗ sâu đục nhỏ xíu của Wheeler sẽ tồn tại chớp nhoáng trước khi biến mất, và người ta nói không thời gian được “liên kết bội” như trong hình 8.2. Thủ thuật là bằng cách nào đó bắt lấy một trong những lỗ sâu đục lượng tử này và bơm nó lên gấp nhiều lần kích cỡ ban đầu của nó trước khi nó có cơ hội biến mất trở lại.



Hình 8.2 Các thăng giáng lượng tử. Ở thang bậc nhỏ nhất có thể tưởng tượng ra, không thời gian không còn trơn nhẵn nữa. Nhiều hình dạng khác nhau sẽ sôi lên và biến mất trở lại.

Chúng ta vẫn chưa hiểu trên thực tế có thể làm việc này như thế nào. Nhưng có lẽ có một gợi ý theo xu hướng đúng từ cách thức Vũ trụ phát triển trong phần nhỏ đầu tiên của một giây sau Big Bang. Nhắc lại từ Chương 3 rằng đa số các nhà vũ trụ học ngày nay tin rằng Vũ trụ của chúng ta đã trải qua một giai đoạn ngắn gọn nở rất nhanh gọi là “lạm phát”. Người ta nghĩ rằng đây là cơ chế làm cho những thăng giáng lượng tử nhỏ xíu bùng phát kịch tính trở thành những dị thường quy mô lớn, hay những “gợn sóng” trong không gian. Rồi những dị thường này mang lại sự biến thiên mật độ vật chất cần thiết để tạo ra các thiên hà. Nếu mô hình lạm phát là đúng thì không gian chứa toàn bộ Thiên hà của chúng ta, với hàng nghìn tỉ ngôi sao của nó, trong đó có Mặt trời, đã từng là một thăng giáng lượng tử nhỏ hơn nhiều so với một nguyên tử. Nếu chúng ta hiểu cơ chế gây ra sự lạm phát thì chúng ta có thể khai thác nó để làm lạm phát lỗ sâu đục của riêng chúng ta từ thang bậc Planck lên thang bậc thiên văn học.

Tuy nhiên, rõ ràng rằng sự lạm phát chỉ hoạt động sau Big Bang, nó phải chống lại lực hút hấp dẫn hướng vào bằng cách cung cấp một áp suất hướng ra (hay lực phản hấp dẫn) làm cho không gian căng ra và Vũ trụ giãn nở. Quan điểm này nghe quen thuộc đấy. Đó là hằng số vũ trụ học của Einstein mà lúc đầu ông đề xuất để làm cân bằng Vũ trụ chống lại sự co lại, và nó đã nhận được sự quan tâm rồi hờ hững của các nhà vũ trụ học kể từ đó. Nếu

chúng ta có thể áp dụng “áp suất âm” như thế cho một vùng không gian nhỏ xíu và gây ra sự lạm phát mini điều khiển được của không gian của chúng ta thì chúng ta có thể tạo ra một lỗ sâu đục, trong số những “thứ” khác nữa. Tất nhiên điều này có nghĩa là những lỗ sâu đục như thế có lẽ đã được tạo ra tự nhiên trong Vũ trụ. Dầu vậy, rất không có khả năng, mặc dù không hẳn là không thể, một số lỗ sâu đục vẫn còn đâu đó ngày nay vì chúng sẽ co lại rất nhanh.

Tất nhiên, nếu những lỗ sâu đục xuất hiện tự nhiên thật sự tồn tại thì ngoài sự khó khăn của việc thật sự tìm thấy một lỗ sâu đục (hoặc ít ra một trong hai cái miệng của nó), chúng ta sẽ không điều khiển được nó có thể dẫn ta đi đến đâu. Chúng ta sẽ phải thử qua mới biết. Cách khác là đi tìm một lỗ sâu đục đã có sẵn, hoặc là một lỗ sâu đục nhỏ xíu mà chúng ta phải bơm căng lên hoặc là một lỗ sâu đục còn sót lại từ thời Big Bang, và rồi tự thao tác trên không thời gian. Ngay cả theo những chuẩn ngụy biện của tranh luận này, rất không có khả năng điều này là có thể. Tất nhiên, các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực “vật lý học lỗ sâu đục” hiện nay không quan tâm làm thế nào tạo ra những lỗ sâu đục vì lĩnh vực nghiên cứu này vẫn còn trong giai đoạn trứng nước của nó và họ quan tâm hơn đến những tính chất của chúng. Các bài báo khoa học về đề tài này thường bắt đầu với những cụm từ như: “Chúng ta xét một lỗ sâu đục có thể đi qua nối hai vùng phẳng tiệm cận của không thời gian...”, về cơ bản ý muốn nói “Xét một lỗ sâu đục...”. Rồi họ tiếp tục triển khai qua những phương trình phức tạp của thuyết tương đối tổng quát. Do bản chất suy đoán và mang tính lý thuyết cao độ của vật lý học lỗ sâu đục, nên những bài báo như thế thường nói về hai vùng “cắt và xuyên” qua nhau của không thời gian là một cách tạo ra lỗ sâu đục. Cách này gọi lên việc sử dụng kéo cắt và băng dán trên một không thời gian xem như một tờ giấy 2D. Ngay cả những nhà vật lý lý thuyết viết những bài báo này cũng có loại hình ảnh đơn giản như vậy trong đầu.

Đối với Kip Thorne, hiện nay ông chẳng còn quan tâm đến những lỗ sâu đục như hồi cuối thập niên 1980 khi những bài báo của ông đã khởi xướng lĩnh vực nghiên cứu mới trên. Kể từ đó, và trong suốt thập niên 1990, nhiều bài báo nghiêm túc và mang tính kỹ thuật cao đã xuất hiện trên những tạp chí khoa học hàng đầu xử lý những lỗ sâu đục thuộc mọi hình dạng và kích cỡ, và sự quan tâm đến đề tài trên cho thấy không có dấu hiệu ngừng lại. Ngày nay, có thể nói rằng chuyên gia nổi tiếng nhất về lỗ sâu đục là Matt Visser tại trường Đại học Washington ở St Louis, người đã viết quyển giáo trình đầu tiên về đề tài trên.

Visser đã biên soạn một phân loại tổng thể của lỗ sâu đục. Ông chứng minh rằng lỗ sâu đục có nhiều ngành và nhiều loài khác nhau. Ngành được quan tâm ở đây được gọi là lỗ sâu đục Lorentz (dựa trên cách không thời gian bị cuộn lại gây ra lỗ sâu đục). Rồi lỗ sâu đục Lorentz được chia làm hai loài: vĩnh cửu và tạm thời – ta thường quan tâm đến lỗ sâu đục vĩnh cửu. Mỗi một loài này gồm hai loài con tùy thuộc vào nó là lỗ sâu đục nối hai vũ trụ

khác nhau (gọi là lỗ sâu đục liên vũ trụ), hay nối hai vùng, có khả năng ở xa nhau, của cùng một vũ trụ (lỗ sâu đục nội vũ trụ). Rồi mỗi loài con này được chia thành dạng vĩ mô và dạng vi mô. “Vĩ mô” có xu hướng muốn nói là “đi qua được”, còn “vi mô” làm ý là lỗ sâu đục lượng tử thuộc loại đầu tiên mà Wheeler nghiên cứu. Tất nhiên, nói chung, lỗ sâu đục lượng tử của Wheeler là thuộc loại tạm thời vì chúng thoát ẩn thoát hiện theo các quy luật của cơ học lượng tử. Nhưng, theo sự bất định cơ học lượng tử, có lẽ những lỗ sâu đục thuộc loại vĩnh cửu (cái tôi muốn nói là có sự cong không thời gian thích hợp cho phép chúng tồn tại lâu hơn nhiều so với bình thường) thỉnh thoảng có thể được tạo ra.

Lỗ sâu đục – cánh cửa sao vẫn mở

Trong số mọi tính chất của lỗ sâu đục, cái người ta quan tâm nhất là vấn đề tính cân bằng của chúng. Bạn có thể thấy bất ngờ vì thậm chí chúng ta không chắc chắn làm thế nào tạo ra lỗ sâu đục nữa, và hiểu theo như thế thì bạn là đúng. Nhưng vật lý lỗ sâu đục nói về những cái có thể - chứ không phải những cái không thể. Ta có đủ lí lẽ để nói rằng lỗ sâu đục thuộc loại mà Thorne đề xuất đầu tiên *có thể* tồn tại trên lí thuyết. Làm thế nào chúng được tạo ra là vấn đề quan trọng thứ hai. Tuy nhiên, cái chưa rõ ràng là chẳng biết lỗ sâu đục đó có mở ra đủ lâu để cho người ta chuyển động ở một tốc độ dễ chịu (nhỏ hơn nhiều so với tốc độ ánh sáng) đi xuyên qua hay không.

Một trong những điều kiện mà Thorne muốn áp đặt trên lỗ sâu đục có thể đi xuyên qua của ông là nó không đóng nhanh giống như cầu nối Einstein-Rosen hay khép lại ngay khi chúng ta cố gắng đi vào giống như điểm kì dị Kerr. Tuy nhiên, ông phát hiện thấy đây chẳng phải là một vấn đề đơn giản. Cái cổ họng của lỗ sâu đục sẽ không chịu mở ra và cần rất nhiều sự hỗ trợ. Bạn có thể nghĩ đây là vấn đề tối thiểu của ông vì chúng ta có thể tượng làm cương lên một loại chất liệu nào đó bên trong lỗ sâu đục sẽ đủ mạnh để nó có thể kháng lại lực hấp dẫn rất mạnh đang cố khép nó lại. Hiển nhiên đây là cách nằm ngoài những khả năng công nghệ của chúng ta, nhưng *không phải là không thể*. Thật không may, hóa ra chẳng có chất liệu nào đã biết trong Vũ trụ có thể đáp ứng những yêu cầu của Thorne. Ông nhận ra rằng cách duy nhất để lỗ sâu đục của ông vẫn mở là nếu nó được dệt nên bởi một loại chất liệu rất kì lạ có khối lượng âm! Điều này có thể nghĩa là gì? Làm thế nào một cái gì đó có khối lượng nhỏ hơn cả zero? Về mặt kĩ thuật, người ta nói nó có năng lượng âm vì khối lượng và năng lượng là có thể hoán đổi, điều đó đúng là ngớ ngẩn. Theo ngôn ngữ khoa học thường gặp, Thorne đặt tên cho chất liệu này là “lạ”.

Một nhầm lẫn thường thấy ở nhiều người khi nghe nói tới chất liệu kì lạ này là cái gì đó tựa như phản vật chất. Khác xa lắm. So với chất liệu kì lạ trên, phản vật chất là một

miếng bánh nướng thôi. Phản vật chất có khối lượng dương có thể cảm nhận được và có chút giống với vật chất bình thường ở chỗ nó ảnh hưởng đến không thời gian. Sự khác biệt giữa vật chất và phản vật chất là chúng có những thuộc tính trái ngược nhau, ví dụ như điện tích. Cho nên, giống hệt như một hạt hạ nguyên tử như electron mang điện âm, có tồn tại tương đương phản vật chất của nó, hạt positron, giống hệt với electron về mọi phương diện, trừ ở chỗ mang điện dương. Nếu mang một miếng vật chất đến với một miếng phản vật chất, chúng sẽ hủy lẫn nhau trong một sự giải phóng năng lượng thuần túy. Nhưng một miếng phản vật chất cô lập sẽ rơi về phía Trái đất tuân theo định luật hấp dẫn giống hệt như vật chất bình thường. Mặt khác, vật chất lạ, nếu được thả rơi thì chịu một lực phản hấp dẫn đẩy nó ra xa bề mặt Trái đất!

Vậy bạn phải đi tới đâu mới tậu đủ lượng vật chất lạ này để sử dụng cho lỗ sâu đục của mình? Vâng, chúng ta thật sự biết làm thế nào tạo ra một lượng rất nhỏ năng lượng âm. Không lớn lao gì, nhưng đó là sự khởi đầu. Nghiên cứu về những lỗ sâu đục có thể đi qua đã kích thích sự quan tâm đến một hiệu ứng khó hiểu nhưng hấp dẫn, và đã được chứng minh thực nghiệm, do nhà vật lý người Hà Lan Hendrik Casimir phát hiện ra vào năm 1948. Nó liên quan đến một tính chất của cái chúng ta xem là không gian hoàn toàn trống rỗng.

Nếu toàn bộ không khí được bơm hết ra khỏi bình chứa thì chúng ta nói chúng ta có chân không, nghĩa là không có vật chất ở bên trong và do đó, tôi hi vọng bạn sẽ đồng ý, có năng lượng bằng không. Nhưng xuống tới cấp bậc nguyên tử, ngay cả chân không trống rỗng cũng là một nơi nhộn nhịp. Ở đây, tôi khuyên bạn nên lật ngược và đọc lại phần mục của Chương 4 tựa đề “Lỗ đen không đen lắm”, phần tôi trình bày về bức xạ Hawking. Đó là phần tôi mô tả làm thế nào các hạt và đối hạt phản vật chất của chúng liên tục hiện hữu từ hư vô trước khi nhanh chóng biến mất mà không để lại vết tích gì. Casimir chỉ rõ làm thế nào khai thác quá trình này để trích xuất năng lượng từ chân không, dấu cho nó chẳng có gì để mà cung cấp.

Như đa số chúng ta đều biết rành rọt, nếu chúng ta vay tiền của ngân hàng, ta phải trả nợ gốc thật sớm. Các quy tắc của cơ học lượng tử, khi biểu diễn theo nguyên lý bất định Heisenberg, hoạt động theo kiểu giống như vậy. Nhưng không giống như lãi suất ngân hàng, cái chúng ta được quyền tự do chọn kì hạn để trả lãi, nguyên lý bất định hơi khắt khe hơn một chút. Nó phát biểu rằng năng lượng có thể vay mượn từ chân không nhưng phải hoàn trả rất nhanh. Càng vay mượn nhiều năng lượng thì càng phải hoàn trả nhanh hơn. Giờ hãy xét cái diễn ra trong chân không nếu chúng ta có thể zoom xuống tới cấp độ hiển vi. Trong vô số hạt hạ nguyên tử đang hình thành từ năng lượng vay mượn này là các photon (các hạt ánh sáng). Ngoài ra, các photon thuộc mọi năng lượng đều được tạo ra, với những photon năng lượng cao hơn, tương ứng với ánh sáng bước sóng ngắn, có thể hiện hữu trong thời gian ngắn hơn so với những photon năng lượng thấp, bước sóng dài hơn. Như vậy, ở

một thời điểm bất kì cho trước, chân không chứa nhiều photon này (và những hạt khác) và sẽ có năng lượng trung bình bằng không vì mỗi hạt chỉ tạm thời vay mượn năng lượng cần thiết để nó được tạo ra.

Casimir chỉ rõ làm thế nào chân không có thể cung cấp một lượng rất nhỏ năng lượng của nó một cách vĩnh cửu. Ta thu được như vậy bằng cách lấy hai tấm kim loại phẳng và đặt chúng gần sát nhau bên trong một chân không. Khi khoảng cách giữa hai tấm không bằng những số nguyên lần bước sóng, tương ứng với những photon thuộc một năng lượng nhất định, thì những photon đó sẽ không thể được tạo ra bên trong khe trống vì chúng sẽ không khớp. Đây là một khái niệm hơi khó hình dung, vì chúng ta phải xét đồng thời cả bản chất sóng của ánh sáng (bước sóng) và bản chất hạt của nó (photon). Tuy nhiên, số lượng photon tạo ra trong chân không giữa hai tấm thì nhỏ hơn số lượng photon sinh ra ở hai phía ngoài và do đó nó sẽ có năng lượng thấp hơn. Nhưng vì chân không bên ngoài khe có năng lượng bằng không nên vùng giữa hai tấm kim loại phải có năng lượng nhỏ hơn không (âm). Sự chênh lệch này làm cho hai tấm kim loại bị đẩy về phía nhau bởi một lực rất yếu nhưng có thể đo được trên thực nghiệm³. Thật không may, phần năng lượng âm có thể tạo ra theo cách này là hết sức nhỏ và không đủ gần cho một lỗ sâu đục mở ra. Nhưng đó mới là sự khởi đầu.

Tiếp tục với tinh thần chủ đạo của chương này, tôi không đề xuất rằng rồi một ngày nào đó quá trình Casimir sẽ dẫn tới đủ vật chất lạ để nổi cổ họng của một lỗ sâu đục, mà chất liệu có năng lượng âm như vậy, trừ chỗ rất nhỏ và trích xuất từ không gian trống rỗng, là không bị bác bỏ bởi các định luật vật lí. Thật vậy, một số nhà vật lí từng đề xuất rằng phải có một cách vắt ép chân không và bơm năng lượng ra khỏi nó theo một kiểu có hệ thống hơn, nhưng rõ ràng chẳng có phương tiện nào như vậy cả. Để cho bạn một cảm giác về lượng vật chất lạ cần thiết, Matt Visser tính được rằng chúng ta sẽ cần lượng vật chất lạ tương đương với khối lượng Mộc tinh chỉ để giữ cho một lỗ sâu đục rộng một mét mở ra.

Một cách khác có được vật chất lạ là từ cái gọi là dây vũ trụ. Đây là chất liệu có thể còn sót lại từ thời Big Bang nhưng sự tồn tại của nó còn gây tranh cãi kịch liệt. Không nên nhầm lẫn với khái niệm dây của lí thuyết siêu dây mà tôi sẽ trình bày kĩ hơn trong chương cuối, mà nó ấn tượng hơn nhiều. Dây vũ trụ sẽ hoặc ở dạng một cái vòng hoặc sẽ vắt ngang qua Vũ trụ (và như thế có thể dài vô hạn nếu như Vũ trụ là lớn vô hạn). Cho dù trường hợp nào thì đây là sợi dây không có đầu cuối! Đường kính của nó nhỏ hơn nhiều so với bề rộng của một nguyên tử nhưng nó đậm đặc tới mức chỉ một đoạn mili mét của nó sẽ nặng một triệu tỉ tấn. Hi vọng sẽ là nếu Vũ trụ đã từng trải qua một thời kì lạm phát, bị chi phối bởi lực phản hấp dẫn do một hằng số vũ trụ học khác không, thì trạng thái của Vũ trụ tại thời kì đó có thể bị đóng băng bên trong dây vũ trụ. Vì thế, sợi dây đó sẽ chứa vật chất lạ, hay bất

³Sự xác nhận thực nghiệm của hiệu ứng Casimir vẫn còn chút gây tranh cãi.

cứ cái gì gây ra lực phản hấp dẫn chi phối sự lạm phát trong thời kì đó. Nếu chúng ta có thể tìm thấy sợi dây như thế trong Vũ trụ thì đúng là nó có thể dệt nên lỗ sâu đục của chúng ta.

Đến thăm một vũ trụ song song

Cho đến đây, tôi chỉ mới trình bày về lỗ sâu đục nội vũ trụ sẽ kết nối hai điểm xa nhau trong vũ trụ của riêng chúng ta. Nhưng lỗ sâu đục lượng tử của Wheeler còn có thể nối chúng ta với một vũ trụ song song. Những vũ trụ này được Hawking gọi là vũ trụ sơ sinh vì chúng sẽ giống như những cái bọt sinh ra và lớn lên từ bọt lượng tử trong Vũ trụ của chúng ta và kết nối với vũ trụ của chúng ta qua một lỗ sâu đục giống như dây rốn của bào thai. Một vũ trụ sơ sinh như vậy tự nó có thể bắt đầu giãn nở bên trong siêu không gian cao nhiều hơn và, nếu kết nối lỗ sâu đục bị phá vỡ, mãi mãi phân cách với vũ trụ của chúng ta. Thật vậy, nếu điều này đúng thì vũ trụ của riêng chúng ta tự nó có thể hiện hữu từ bọt lượng tử của một vũ trụ có sớm hơn nữa.

Như vậy, theo kiểu giống như cách chúng ta bơm căng một lỗ sâu đục nội vũ trụ lên từ cấp độ lượng tử, ta cũng có thể nghĩ tới việc bơm căng một lỗ sâu đục liên vũ trụ kết nối chúng ta với một vũ trụ láng giềng. Nếu hóa ra chúng ta đang sống trong một vũ trụ đóng kín, thì người ta có thể tưởng tượng một tương lai xa xôi nào đó Vũ trụ đang co lại đến một Vụ Co Lớn. Nếu lúc ấy loài người vẫn còn tồn tại thì họ sẽ muốn có thể thoát khỏi kiếp nạn bị nén của điểm kì dị cuối cùng bằng cách nhảy qua một lỗ sâu đục đi sang một vũ trụ trẻ hơn có những tính chất giống như vũ trụ của chúng ta.

9

LÀM THẾ NÀO CHẾ TẠO MỘT CỔ MÁY THỜI GIAN



Công thức cho món rỗng lòng xả: Trước tiên, hãy tìm một con rỗng...

Matt Visser, *Lỗ sâu đục Lorentz*

Cho đến đây, cuối cùng bạn đã ở vào tình trạng cần đánh giá đúng cơ sở vật lý cần thiết để xây dựng một cỗ máy thời gian. Tôi đã trình bày hai lý thuyết tương đối của Einstein, cả thuyết tương đối đặc biệt trong đó không gian và thời gian hợp nhất thành không thời gian bốn chiều, và thuyết tương đối tổng quát trong đó không thời gian bị uốn cong và bị xoắn lại trong sự có mặt của vật chất và năng lượng. Cả hai lý thuyết đều cần thiết trong chương này. Tôi đã trình bày bản chất của thời gian và khảo sát những loại vấn đề chúng ta phải khắc phục nếu chúng ta khẳng định vào khả năng du hành thời gian về quá khứ. Giờ là lúc thưởng phạt rồi.

Tôi sẽ tạm gác qua một bên mọi sự phản đối (khá hợp lý) trước sự du hành thời gian trong lúc này và chọn lấy quan điểm thực dụng, và lạc quan cao độ, rằng miễn là sự du hành thời gian không bị cấm bởi các định luật vật lý như chúng ta biết chúng ngày nay thì ta có một tia hi vọng. Tôi sẽ trình bày làm thế nào chúng ta có thể tiến tới xây dựng cỗ máy thời gian đơn giản nhất có thể có. Đây không phải là tôi đang leo qua hàng rào du hành thời gian, mà là tôi đang bò một cách nguy hiểm ở một phía hàng rào (hiện nay).

Những vòng lặp thời gian

Tôi có đọc một bài báo đăng trên một tờ báo ngày chủ nhật mới đây với tiêu đề “Rốt cuộc Albert Einstein có sai không?”. “Ồ không”, tôi nghĩ, “thêm một quan điểm khủng khiếp nữa muốn bác bỏ thuyết tương đối đặc biệt đây”. Đối với tôi, việc đọc thấy thuyết tương đối đặc biệt bị chứng minh là sai giống như là đọc thấy người ta phát hiện rốt cuộc Trái đất của chúng ta là phẳng vậy. Cả hai kết luận đó khá ngớ ngẩn trước những thứ mà chúng ta biết. Nhưng chính thuyết tương đối tổng quát đang được thảo luận trong bài báo đó và vẫn đứng vững, còn lâu mới bị đe dọa. Chỉ có cái tiêu đề khiến người ta hiểu lầm mà thôi.

Nhiều nhà vật lý xem thuyết tương đối tổng quát là lý thuyết khoa học đẹp nhất từng được khám phá. Cái đẹp của nó nằm ở tính đơn giản, tính tao nhã và tính phong phú của những phương trình toán học của nó. Tôi thừa nhận rằng chỉ một phần nhỏ dân số có thể đánh giá đúng cái đẹp này vì họ đã trải qua nhiều năm đào tạo. Đối với đa số mọi người, đó chỉ là một chum những kí tự Hi Lạp. Nhưng rồi tôi không bao giờ có thể thưởng thức hoặc

hiều nổi xu hướng lập thể là một dạng nghệ thuật. Dẫu sao, trước sự hài lòng của các nhà vật lý lý thuyết, thuyết tương đối tổng quát đã được xác nhận thực nghiệm hết lần này tới lần khác. Tuy nhiên, trong hầu như mọi trường hợp này, nó chỉ ở trong cái gọi là “giới hạn trường yếu” (tức là lực hấp dẫn yếu). Nó chưa thật sự chứng minh nhuệ khí trong những tình huống trong đó nó tách rời khỏi sự hấp dẫn theo kiểu Newton.

Bài báo tôi vừa nói mô tả một loại thí nghiệm mới, theo lường trước, sẽ xác nhận một tiên đoán khác nữa của thuyết tương đối tổng quát gọi là sóng hấp dẫn. Đoạn thứ nhất trong bài báo thật ra phát biểu rằng nếu những sóng hấp dẫn như thế *không được tìm thấy* thì thuyết tương đối tổng quát sẽ gặp phiền phức. Tuy nhiên, niềm tin của các nhà vật lý vào lý thuyết ấy mạnh đến mức những người đang nghiên cứu những thí nghiệm mới này hoàn toàn trông đợi sớm tìm thấy cái họ đang tìm. Thật không may, một dòng tít tuyên bố: “Bằng chứng thực nghiệm nữa chứng minh Einstein đúng vẫn chưa có” đáng lý không nên đưa lên mặt báo.

Sóng hấp dẫn là những nhiễu loạn, hay những gợn lăn lăn, trong cấu trúc của không gian gây ra bởi sự chuyển động của một vật thể khối lượng lớn. Hãy nghĩ tới mô hình tấm bạt lò xo của không gian. Khi bạn đứng ở chính giữa thì sức nặng của bạn tạo ra một vết lõm trên tấm bạt. Đây là cái nhìn đơn giản của cách thức khối lượng ảnh hưởng đến không gian xung quanh nó. Nếu sau đó bạn nhảy lên nhún xuống thì bạn sẽ làm cho tấm bạt dao động và, biết rằng nó có một diện tích rất lớn, những dao động này sẽ truyền tỏa ra bên ngoài giống như những gợn sóng tỏa ra trên bề mặt hồ nước khi ném một hòn đá xuống. Tương tự như vậy, sự chuyển động của những vật thể khối lượng lớn, ví dụ như sự co lại của một ngôi sao đỏ sộ thành một lỗ đen, sẽ gửi đi những gợn sóng không phải *qua* không gian mà là *của* không gian sẽ ảnh hưởng đến bất kỳ vật thể nào khác trên đường đi của chúng.

Tất nhiên, sóng hấp dẫn chẳng có liên can gì tới cỗ máy thời gian hết. Tôi nhắc tới chúng làm một ví dụ của một tiên đoán đầy tham vọng của thuyết tương đối tổng quát chưa được xác nhận trên thực nghiệm. Tuy nhiên, thuyết tương đối tổng quát phong phú đến mức nó còn cho phép (tất nhiên trên lý thuyết) tồn tại những hình dạng không thời gian khác, kì lạ hơn nữa, mà chúng ta hầu như không chắc cho lắm. Một trong những hình dạng này, và thích hợp với chương này, được gọi là *đường cong kiểu thời gian kín*. Đây là một quỹ đạo, hay lộ trình, tròn qua không thời gian uốn cong trong đó bản thân thời gian bị bẻ cong thành một vòng tròn. Nếu bạn đi theo một đường đi như vậy thì đối với bạn có vẻ bạn đang đi qua một không gian bình thường. Nếu bạn kiểm tra đồng hồ của mình tại bất kỳ thời điểm nào trong hành trình vòng tròn này, bạn sẽ thấy nó chạy về phía trước như bình thường. Tuy nhiên, sau một thời gian nào đó đã trôi qua với bạn, cuối cùng bạn sẽ đi tới lại địa điểm cũ và thời điểm bạn bắt đầu đi theo một đồng hồ còn đặt ở đó. Một đường đi như thế sẽ đòi hỏi

bạn đi về quá khứ trong phần hành trình của bạn. Tất nhiên, nếu bạn đi ngược thời gian thì bạn cũng có thể đi trở lại nơi bạn đã bắt đầu *trước khi bạn rời đi*, nếu không bạn sẽ chẳng thu được chút gì từ chuyến đi đó. Bất kì sự cong thêm nào nữa của không thời gian sẽ gây ra vòng lặp thời gian đưa bạn trở về quá khứ.

Như vậy, “đường cong kiểu thời gian kín” là tiếng lóng cho “cỗ máy thời gian”. Ở đây, tôi sẽ gọi chúng đơn giản là “vòng lặp thời gian”. Lâu nay người ta biết rằng thuyết tương đối tổng quát cho phép sự tồn tại của những vòng lặp thời gian, nhưng hễ khi một vòng lặp xuất hiện trong cơ sở tính toán thì thường người ta cho rằng giả thuyết ban đầu đưa vào các phương trình là không hợp lí. Các nhà vật lí thật là ngớ ngẩn. Thật không may, quan điểm này đã được lí giải và có nhiều ví dụ khác minh họa tại sao. Lấy ví dụ đơn giản sau đây. Nếu ai đó bảo với bạn rằng một hình vuông có diện tích 9 mét vuông thì bạn suy luận ra nó có chiều dài mỗi cạnh là 3 mét, vì diện tích của hình vuông có từ dạng 3×3 . Tuy nhiên, -3×-3 cũng cho giá trị 9 (hãy nhớ rằng một số âm nhân một số âm cho kết quả dương). Nhưng chúng ta sẽ không bao giờ nói tới cạnh của một hình vuông có chiều dài -3 mét và vì thế chúng ta bỏ qua lựa chọn này vì nó vô nghĩa. Các phương trình toán học mô tả thế giới thực thường mang lại, cùng với đáp số đúng, những đáp số vô nghĩa hoặc không có ý nghĩa vật lí, những đáp số đó sẽ bị bỏ qua. Đối với phần đông các nhà vật lí học nghiên cứu thuyết tương đối tổng quát, vòng lặp thời gian rơi vào loại này. Chúng bị xem là không có ý nghĩa vật lí do những vướng mắc đi cùng với sự du hành thời gian về quá khứ.

Tuy nhiên, trong những năm gần đây, một số nhà vật lí đã miễn cưỡng hơn khi gạt bỏ vòng lặp thời gian thật nhanh và chúng đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu hấp dẫn. Như chúng ta sẽ thấy, đây một phần là nhờ tác phẩm của Kip Thorne về những lỗ sâu đục. Tuy nhiên, bất chấp sự thoải mái mà những vòng lặp thời gian có thể sinh ra là nghiệm của các phương trình Einstein, các nhà vật lí vẫn chưa chắc chắn chúng có thật sự tồn tại trong Vũ trụ của chúng ta hay không.

Nghiệm thứ nhất của các phương trình trường của thuyết tương đối tổng quát Einstein mô tả một không thời gian chứa hai vòng lặp thời gian do W J van Stockum nêu ra vào năm 1937. Tuy nhiên, mối liên hệ giữa nghiệm toán học kì lạ này và khả năng sử dụng nó mô tả sự du hành thời gian đã không được đánh giá đúng mãi cho đến muộn về sau này. Nghiệm von Stockum đòi hỏi một hình trụ dài vô hạn của một chất liệu rất đậm đặc đang quay nhanh trong không gian trống rỗng; chứ không phải thuộc loại bạn có khả năng đi qua tình cờ trừ khi bạn ở trên con tàu Starship Enterprise. Thuyết tương đối tổng quát dự đoán rằng vùng không thời gian bao xung quanh hình trụ sẽ bị xoắn xung quanh nó và có thể chứa một vòng lặp thời gian. Nhưng hình trụ vô hạn ấy bị gạt bỏ là có thể hiểu được vì nó quá không hợp lí để xem xét nghiêm túc. Ngoài ra, toán học dự đoán rằng ngay cả không thời gian ở rất xa hình trụ đó cũng có những tính chất kì lạ, chứng tỏ rằng một hình trụ vật

chất như thế không thể tồn tại trong Vũ trụ của chúng ta hoặc chúng ta sẽ có thể nhìn thấy những hiệu ứng cục bộ của nó cho dù nó nằm ở phía bên kia của Vũ trụ.

Những vòng lặp thời gian thật sự gây chú ý khoa học với tác phẩm của Kurt Godel vào năm 1949. Trong một bài báo kinh điển, ông mô tả toán học một vũ trụ trừu tượng sẽ chứa những vòng lặp thời gian. Tuy nhiên, vũ trụ của Godel khác với vũ trụ mà chúng ta sinh sống ở cách nó duy trì sự ổn định của nó trước lực hút hấp dẫn hướng vào trong của vật chất của nó. Thay vì giãn nở, như vũ trụ của chúng ta, vũ trụ của ông đang quay tròn. Nếu một nhà du hành không gian trong một vũ trụ như thế đi theo một quỹ đạo tròn đủ lớn thì cô ta sẽ trở lại điểm xuất phát của mình trước khi rời đi. Du hành thời gian đây!

Mặc dù Einstein, làm việc chung một cơ sở tại Viện nghiên cứu Cao cấp Princeton như Godel, ban đầu bị kết quả này làm cho bối rối, nhưng ông (và đa số những nhà vật lý khác) sớm gạt bỏ kết quả trên vì một chút liên hệ với Vũ trụ thực tế mà chúng ta biết là *không* đang quay tròn. Ngay cả bản thân Godel cũng bỏ qua khả năng du hành thời gian vì không thể thu được nó trong thực tế, không phải vì mô hình vũ trụ của ông không giống với vũ trụ thực, mà vì những tốc độ không thực tế cần thiết phải có và khoảng cách mà một tên lửa phải đi để hoàn tất một vòng lặp thời gian trong một vũ trụ như thế. Tuy nhiên, thực tế còn lại là Godel đã đi tới một kịch bản (dẫu là một kịch bản không thực tế) trong đó không có định luật vật lý nào bị vi phạm và nó hoàn toàn phù hợp với thuyết tương đối tổng quát, nhưng nó chứa những vòng lặp thời gian với tất cả những nghịch lý du hành thời gian mà chúng gợi lên. Đa số các nhà vật lý tin rằng, và vẫn thật sự tin rằng, những kẻ hờ trong vật lý học cho phép loại nghiệm này tồn tại cuối cùng sẽ được lấp kín qua sự hiểu biết tốt hơn. Cho đến khi đó, vũ trụ của Godel bị xếp xó thành một sự hiểu kì toán học mà thôi.

Cỗ máy thời gian Tipler

Vào thập niên 1960 và 1970, nhiều mô hình lý thuyết của không thời gian có chứa những vòng lặp thời gian đã được khám phá ra bởi một số nhà vật lý đang nghiên cứu tính chất của các phương trình của thuyết tương đối tổng quát. Tất cả những mô hình này có một điểm chung. Chúng đều có những vật thể khối lượng lớn đang quay tròn làm xoắn không thời gian xung quanh chúng. Tác phẩm được biết tới nhiều nhất theo xu hướng này là của một người Mỹ trẻ tuổi tên là Frank Tipler, người đã công bố một bài báo trong năm 1974 gây mưa sa bão táp vào lúc ấy. Tipler đã phân tích lại công trình của von Stockhum về một hình trụ đang quay tròn, vừa đưa nó tiến thêm một bước. Trước tiên, ông chứng minh trên toán học rằng, để đảm bảo có một vòng lặp thời gian kín xung quanh hình trụ, hình trụ đó thật sự có chiều dài vô hạn, cấu tạo từ vật chất rất đậm đặc và quay ở tốc độ hàng nghìn lần

mỗi giây. Tất nhiên, vấn đề lớn nhất là ở chỗ “chiều dài vô hạn”, cái nói thì dễ hơn làm. Cho nên, Tipler tiếp tục tính toán cái cần thiết để xây dựng một cỗ máy thời gian trong thực tế. Ông đề xuất rằng chúng ta có thể thoát khỏi nó với việc có một hình trụ chỉ dài 100 km và rộng 10 km. Vấn đề là ông không còn có thể dựa trên toán học để chứng minh rằng kích cỡ này sẽ đủ để uốn cong không thời gian. Và cho dù có thu được một vòng lặp thời gian kín thì hình trụ đó sẽ phải hết sức bền và rắn chắc để tránh bị nén theo phương dài của nó do sức căng hấp dẫn khủng khiếp mà nó đang chịu. Đồng thời, nó sẽ phải đủ bền để giữ nó lại và trụ vững trước lực li tâm khủng khiếp đang cố ném vật chất của nó ra bên ngoài khi nó quay tròn với tốc độ bề mặt hơn một nửa tốc độ ánh sáng. Tuy nhiên, ông trình bày rằng đây đều là những vấn đề thực tế và, dẫu sao, ai mà biết cái gì sẽ là có thể về mặt công nghệ trong tương lai xa xôi.

Để sử dụng cỗ máy thời gian trụ Tipler, bạn sẽ rời khỏi Trái đất trên một phi thuyền vũ trụ và đi đến nơi hình trụ đó đang quay tròn trong không gian. Khi bạn đến đủ gần bề mặt của hình trụ đó (nơi không thời gian bị uốn cong nhiều nhất), bạn sẽ quay tròn xung quanh nó một vài vòng rồi trở lại Trái đất, đi ngược về quá khứ. Đi ngược được bao xa là tùy thuộc vào số vòng quay bạn đã thực hiện. Mặc dù bạn cảm thấy thời gian của riêng bạn trôi về phía trước như bình thường trong khi bạn đang quay tròn xung quanh hình trụ đó, nhưng ở bên ngoài vùng bị uốn cong bạn sẽ đang dần dần chuyển động về quá khứ. Trường hợp này giống như là leo *lên* một cầu thang xoắn ốc chỉ để cảm thấy rằng mỗi vòng tròn mà bạn vừa leo qua khi nhìn xuống là nằm *dưới* vòng tròn trước đó!

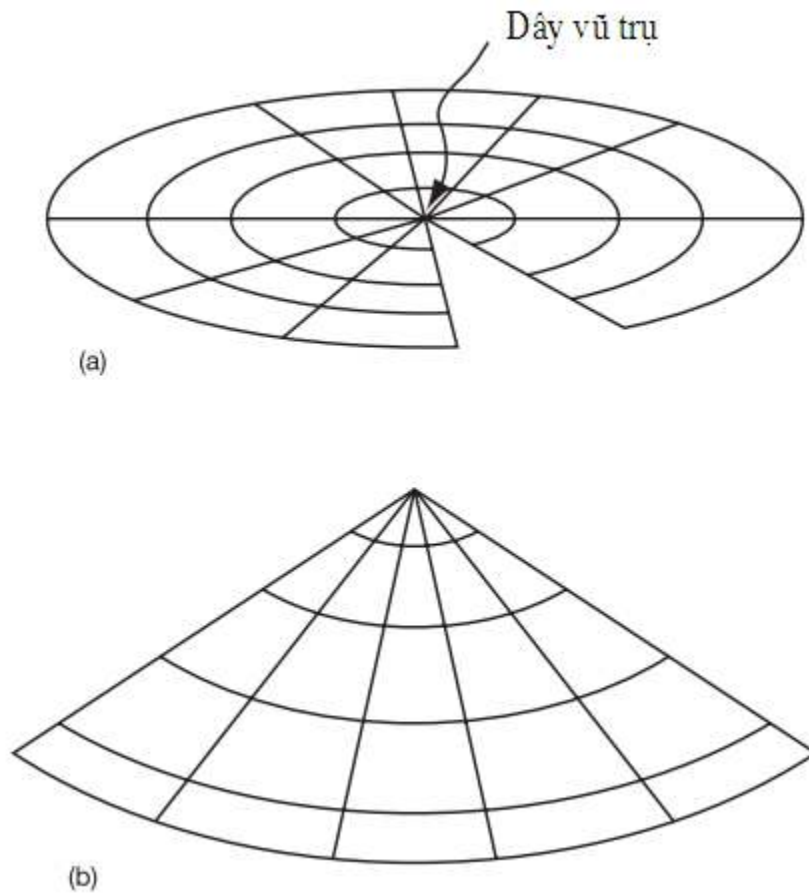
Một số nhà nghiên cứu khác còn đề xuất rằng thật ra chúng ta không cần những hình trụ vô hạn để có các vòng lặp thời gian, và sự du hành thời gian còn có thể thu được bằng cách quay vòng quanh một sao neutron hay lỗ đen đang quay tròn, biết rằng chúng đang quay đủ nhanh. Các nhà thiên văn học đã tìm thấy những sao neutron (pulsar) quay tròn ở gần tốc độ cần thiết đó. Những sao neutron này được gọi là pulsar mili giây vì tốc độ quay tròn của chúng là mỗi vòng vài mili giây (một mili giây là một phần nghìn của một giây). Một số người khẳng định rằng chúng ta cần giả lập một hình trụ, trong trường hợp đó ta sẽ cần xếp chồng một số pulsar mili giây như thế lên trên nhau, rồi tìm một cách ngăn không cho chúng nén lên nhau và tạo ra lỗ đen¹. Những tính toán khác gợi ý rằng chỉ cần một lỗ đen đang quay nhanh làm rơi vãi chân trời sự kiện của nó, để lại phía sau một vòng kì dị trần, là đủ để mang lại một vòng lặp thời gian kín xung quanh nó. Tuy nhiên, cơ sở toán học cho tất cả những đề xuất hoang đại và đẹp đẽ này còn lâu mới có sức thuyết phục.

¹Sự suy luận trên lí thuyết có chút vượt khỏi tầm tay khi chúng ta bắt đầu nói về những sao neutron xếp chồng lên nhau, nhưng nói như thế cho vui thôi.

Cỗ máy thời gian dây vũ trụ

Một cách khả dĩ nữa hiện thực hóa cỗ máy thời gian Tipler là sử dụng dây vũ trụ. Chúng ta đã thấy trong chương trước dây vũ trụ có thể hữu ích như thế nào trong việc giữ cho cổ họng của lỗ sâu đục mở ra. Nhưng một lần nữa, đây có lẽ là loại chất liệu vừa vặn mà chúng ta đang tìm kiếm. Nó sẽ dài vô hạn và nhất định sẽ đủ đậm đặc. Toàn bộ những gì chúng ta cần làm là để cho nó quay đủ nhanh. Tất nhiên ở đây thật sự có giả sử rằng (a) các dây vũ trụ có tồn tại, (b) chúng ta có thể tìm ra vị trí và đi tới một dây như thế, (c) chúng ta có thể tìm ra một cách nào đó làm cho nó quay đủ nhanh và (d) một vòng lặp thời gian kín sẽ thật sự hình thành xung quanh nó.

Ngay cả khi một dây vũ trụ không quay tròn, thì không thời gian xung quanh nó cũng bị biến dạng theo một kiểu hơi lạ (vâng, lạ hơn cả không thời gian xung quanh một lỗ đen!). Bất chấp mật độ cao của dây, bạn sẽ không cảm thấy lực hút hấp dẫn cho dù bạn ở gần sợi dây, và không thời gian được nói là phẳng. Tuy nhiên, không gian tự nó sẽ uốn thành hình nón xung quanh sợi dây. Để hình dung, hãy xét một không gian 2D cho đơn giản và một miếng tròn của không gian này xung quanh sợi dây. Nó giống như là một cái nêm không gian đã bị lấy ra như trong hình 9.1(a) và hai rìa bên dán lại với nhau như trong hình 9.1(b). Như vậy sẽ làm cho không gian khép lại vòng quanh dây vũ trụ theo hình nón. Thông thường, chu vi của một vòng tròn bằng hai lần bán kính của nó nhân với π . Và như vậy, nếu thiếu một miếng tròn, thì chu vi của nó sẽ nhỏ hơn với bán kính như cũ. Nếu bạn đi trong một vòng tròn có bán kính cho trước xung quanh sợi dây thì bạn sẽ thấy quãng đường bạn đi hết vòng tròn và trở lại điểm xuất phát của bạn sẽ ngắn hơn quãng đường bạn đi hết một vòng tròn có cùng bán kính trong không gian bình thường (ở xa dây vũ trụ). Lưu ý rằng sợi dây vũ trụ được mô tả bằng một điểm 0D trong không gian 2D. Thật ra nó là một đường 1D trong không gian 3D (cái tôi không có khả năng trình bày ra ở đây vì tôi không thể nào vẽ một hình nón 4D!).



Hình 9.1 Để mô phỏng không gian 3D trông như thế nào ở gần một dây vũ trụ (một đường 1D), ta hãy vớt đi một chiều không gian và xét không gian 2D xung quanh một điểm (0D). Nếu miếng nệm không gian bị lấy khỏi như trong hình (a) và hai rìa dán lại với nhau như trong hình (b) thì không gian sẽ có hình nón.

Một biến thể trên kế hoạch dây vũ trụ này được Richard Gott đề xuất vào năm 1991. Ông đưa ra một cách giải quyết vấn đề cần có dây vũ trụ quay tròn. Thay vậy, ông chỉ rõ làm thế nào hai dây vũ trụ đang chuyển động qua nhau ở tốc độ cao sẽ có hiệu ứng giống như vậy, và một vòng lặp thời gian sẽ hình thành xung quanh cặp dây đó. Vấn đề ở đây là hai sợi dây sẽ phải song song với nhau khi chúng đi qua nhau. Vì thế, cho dù dây vũ trụ có thật sự tồn tại đi nữa, thì chúng ta vẫn sẽ phải hi vọng có hai sợi dây vừa vặn đi qua nhau ở đúng góc độ thích hợp. Gott trình bày rằng chúng ta không cần chờ có hai dây dài vô hạn đi qua nhau. Hiệu ứng tương tự có thể thu được nếu một dây vũ trụ kín, tạo ra một vòng lặp, nó có hình ôvan chứ không tròn (giống như hình dạng tạo bởi một sợi dây cao sau bị kéo căng) co lại sao cho hai phần dài vừa vặn sót qua khi chúng bay qua nhau. Chính Gott trình bày rằng bất kì vòng lặp thời gian kín nào có thể hình thành xung quanh hai mảnh dây vũ

trụ không có chiều dài vô hạn sẽ tạo ra một lỗ đen và bị chấn với bên ngoài bởi chân trời sự kiện, tất nhiên điều đó cũng có nghĩa là chúng không bao giờ có thể khai thác được.

Thật không may, cách thu được một vòng lặp thời gian của Gott còn hại não hơn cả những kế hoạch khác đã có vì, cùng với tất cả những cái nếu và cái nhưng mà tôi vừa nhắc tới, nó đòi hỏi phần khối lượng tổng của các dây phải là cái gọi là “ảo”.²

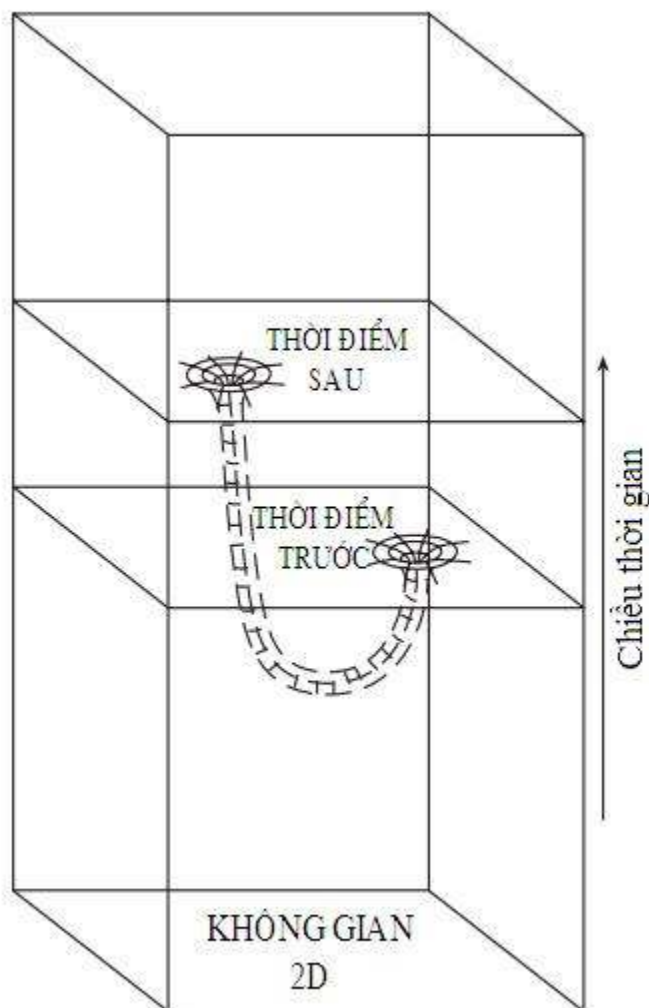
Công thức cho một cỗ máy thời gian lỗ sâu đục

Theo những cách mà tôi đã trình bày cho đến đây, để có những vòng lặp thời gian kín ta cần uốn cong không thời gian xung quanh một khối lượng đang quay tròn. Có một cách khác không cần chuyển động xung quanh một vật thể khối lượng lớn, mà thay vào đó là cần một lỗ sâu đục. Không bao lâu sau khi Kip Thorne trình bày với người bạn của ông Carl Sagan làm thế nào xây dựng một lỗ sâu đục có thể đi qua, các đồng nghiệp của họ cho rằng chẳng có lí do gì tại sao lỗ sâu đục đó không nối hai thời điểm khác nhau. Nói chung, lỗ sâu đục được tạo ra trong không thời gian 4D, chứ không phải trong không gian 3D. Một cách dễ hình dung ra như vậy là sử dụng mô hình vũ trụ khối. Hình 9.2 thể hiện một lỗ sâu đục xuyên qua không thời gian 3D này nối hai thời điểm khác nhau. Một điểm quan trọng cần lưu ý ở đây là cái cổ họng của lỗ sâu đục thật ra không bị chìm bên trong khối, mà tồn tại trong một không gian cao chiều nào đó bên ngoài ba chiều nó được vẽ trong đó. Thật không may, tôi đã sử dụng hết các chiều rồi. Nhưng ít nhất nó cung cấp cho bạn một khái niệm sơ lược về cái có liên quan. Nếu “hiện tại” của bạn xảy ra tại THỜI ĐIỂM SAU thì việc đi qua lỗ sâu đục sẽ đưa bạn về quá khứ. Nhưng, giống như vậy, một ai đó có “hiện tại” ở THỜI ĐIỂM TRƯỚC sẽ sử dụng lỗ sâu đục để đi vào tương lai.

Cách tôi vẽ lỗ sâu đục trong vũ trụ hình khối cho thấy hai cái miệng của nó mở ra ở hai lát nhất định cắt qua hình khối đó. Điều này hàm ý rằng ai đó có “hiện tại” ở trên lát nằm giữa hai lát sẽ không nhìn thấy bất kì miệng lỗ sâu đục nào. Thật vậy, tất cả những lát đến sau lát THỜI ĐIỂM TRƯỚC cũng sẽ chứa miệng lỗ sâu đục của nó, vì chúng cắt qua ở những thời điểm muộn hơn. Tất cả những lát sau lát THỜI ĐIỂM SAU sẽ chứa cả hai miệng lỗ sâu đục. Một miệng sẽ là đường dẫn về quá khứ và miệng kia thì dẫn về tương lai.

²Yêu cầu này thậm chí còn tệ hơn cả việc có khối lượng âm, cái đã khó hiểu lắm rồi. Từ ảo hàm ý việc có một tính chất toán học nhất định liên quan đến căn bậc hai của một số âm. Nếu bạn chưa từng gặp loại phép toán này trước đây thì sau đây tôi xin giải thích một chút ngắn gọn. Bạn biết rằng bình phương của một số dương là một số dương, và bình phương của một số âm cũng là một số dương (vì $- \times - = +$). Nhưng một số khi nhân với chính nó vẫn cho một số âm thì được gọi là số ảo vì nó không giống như số (thực) bình thường và có tập hợp những quy tắc riêng của nó. Những con số ảo như vậy có ích trong nhiều lĩnh vực vật lí và kĩ thuật.

Cái làm cho mô hình vũ trụ hình khối hơi khó nhận thức đúng, nhưng cần thiết để sự du hành thời gian là có thể, là cả hai thời điểm đều không thể gọi là “hiện tại” thực sự. Cả hai có giá trị ngang nhau vì thời gian không trôi trong vũ trụ hình khối. Điều này không ngăn cản cảm giác chủ quan của chúng ta rằng thời gian đang trôi về phía trước. Cho nên, đối với chúng ta đang sống bên trong vũ trụ hình khối đó, cả hai lát cắt sẽ chuyển động lên trên đồng thời với nhau, theo trục thời gian, nhưng sẽ có những người có thời khắc hiện tại tương ứng với thời điểm này hoặc thời điểm kia.



Hình 9.2 Một lỗ sâu đục trong vũ trụ hình khối nối hai thời điểm khác nhau

Kip Thorne và các đồng sự của ông còn có thể chỉ rõ làm thế nào một lỗ sâu đục không phải là cỗ máy thời gian – theo nghĩa là nếu bạn đi xuyên qua nó, bạn sẽ hiện ra ở đầu bên kia tại một thời điểm muộn hơn với cùng lượng thời gian đã trôi qua đối với bạn đang ở bên trong lỗ sâu đục cũng như đối với người ở bên ngoài – có thể biến thành một cỗ

máy thời gian. Cái tôi muốn nói với một lỗ sâu đục không phải là cỗ máy thời gian có thể hiểu từ hình 9.2 nếu những lát THỜI ĐIỂM TRƯỚC và THỜI ĐIỂM SAU là một và như nhau. Giờ nếu bạn đi xuyên qua lỗ sâu đục đó, bạn sẽ hiện ra ở cùng lát thời gian như bạn sẽ ở trong đó nếu bạn không đi xuyên qua lỗ sâu đục. Thủ thuật trong việc tạo ra cỗ máy thời gian trên là khai thác một hiệu ứng trong thuyết tương đối đặc biệt mà bạn đã gặp. Nó liên quan đến quan niệm ản sau nghịch lí cặp song sinh.

Trước tiên, hãy để tôi phác họa kế hoạch cho cái được xem là cách dễ nhất để xây dựng một cỗ máy thời gian (tất nhiên, giả sử là có thể):

Làm thế nào xây dựng một cỗ máy thời gian

- (1) Tạo ra một lỗ sâu đục (*bằng cách bơm căng bọt lượng tử, hoặc tạo ra bằng cách uốn cong không thời gian*).
- (2) Làm ổn định lỗ sâu đục đó (*bằng cách giữ nó mở ra với vật chất lạ hoặc dây vũ trụ*).
- (3) Tích điện cho một trong hai miệng của lỗ sâu đục (*để nó có thể chuyển động trong điện trường*) và đưa nó lên một tên lửa.
- (4) Gây ra một sự chênh lệch thời gian giữa hai miệng lỗ (*cho một miệng bay ra xa ở gần tốc độ ánh sáng*).
- (5) Biến lỗ sâu đục thành cỗ máy thời gian (*bằng cách mang hai cái miệng đến gần nhau trở lại*).

Bước (1) và (2) đã được trình bày trong chương trước. Nhưng tóm lại, chúng ta thật sự chẳng biết làm thế nào thu được như thế này cả. Đây là lí do nhiều tác giả viết về cỗ máy thời gian lỗ sâu đục thường bắt đầu một cách lém lỉnh với phát biểu: “Xét một lỗ sâu đục có thể đi xuyên qua”. Vì tôi chẳng thể bổ sung thêm cái gì mới nên tôi sẽ làm giống như họ và giả sử rằng chúng ta đã có một lỗ sâu đục ổn định và, cho tiện lợi, có hai cái miệng đủ lớn để con người có thể đi xuyên qua. Hai cái miệng ban đầu có thể nằm cạnh nhau trong phòng thí nghiệm lỗ sâu đục của chúng ta. Bước (3) cho phép một trong hai cái miệng được chuyên chở đi khỏi phòng thí nghiệm lỗ sâu đục và cho vào tên lửa nằm chờ. Với bước (4) và (5), ta có thể quên đi cái miệng lỗ sâu đục ở trong tên lửa. Toàn bộ cái chúng ta cần làm là cho tên lửa bay vòng vòng ở gần tốc độ ánh sáng trong một thời gian ngắn và hiệu ứng tương đối tính đặc biệt của sự giãn nở thời gian sẽ làm phần việc còn lại.

Bạn có nhớ câu chuyện nghịch lí cặp song sinh? Khi Alice bay khỏi Trái đất trên tên lửa tốc độ cao của cô và đi vòng quanh trong một thời gian ngắn, khi trở lại Trái đất, cô sẽ thấy có nhiều thời gian trôi qua hơn cái cô có thể giải thích. Khi trở lại, cô sẽ trẻ hơn cậu em

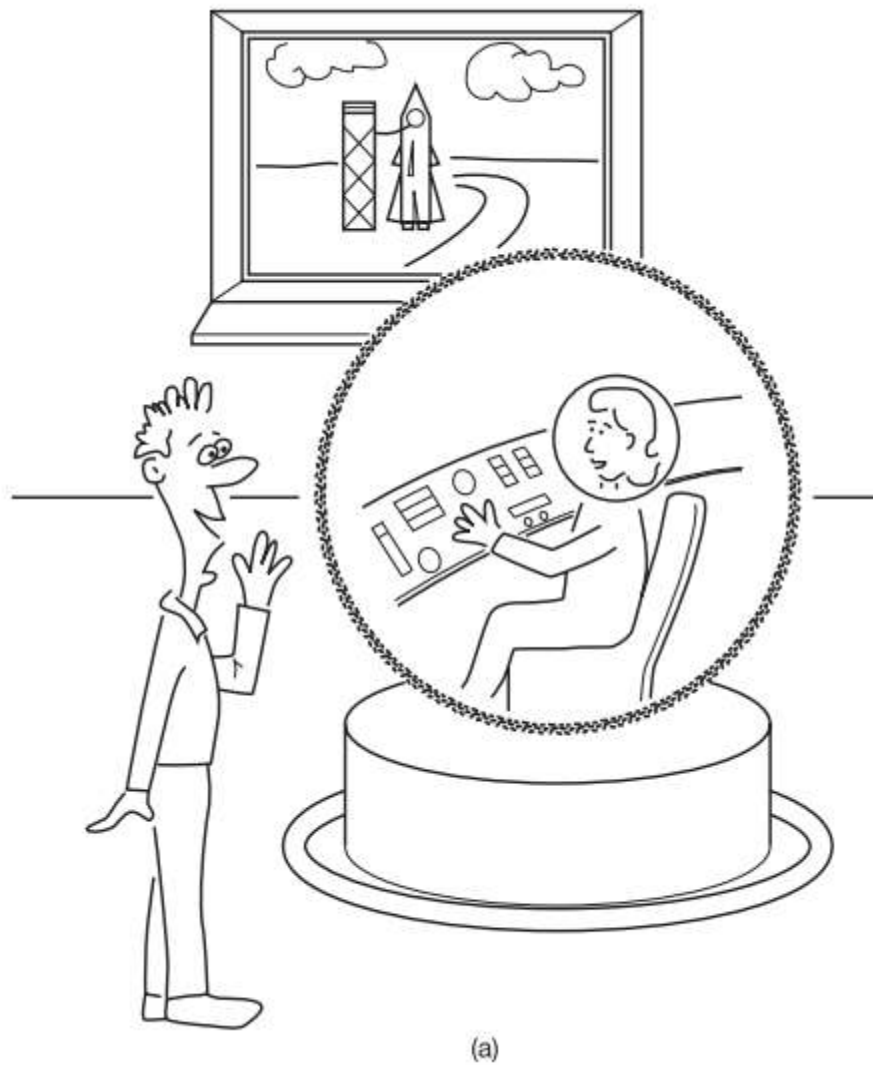
song sinh của mình, Bob, vì cô đã đi nhanh hiệu dụng về phía tương lai. Lần này, Alice sẽ mang theo cô một miệng của lỗ sâu đục và gây ra một sự lệch thời gian giữa hai miệng lỗ.

Mô tả sau đây của kết quả này tương tự như mô tả mà Kip Thorne trình bày trong quyển sách của ông, *Lỗ đen và Vòng thời gian*, nhưng có một số thay đổi. Hình 9.3(a) thể hiện Bob trong phòng thí nghiệm lỗ sâu đục đang nhìn Alice qua đầu lỗ sâu đục của cậu ta. Qua lỗ sâu đục, cô ta chỉ ở xa vài ba mét, nhưng thật ra cô đang ngồi trong tên lửa có thể nhìn thấy ở bên ngoài cửa sổ trên bệ phóng. Hình 9.3(b) thể hiện cái nhìn từ miệng lỗ sâu đục của Alice được bảo đảm bên trong tên lửa.

Alice và Bob tán thành rằng cô sẽ bay đi trên một hành trình vòng quanh Hệ Mặt trời với tốc độ cao của tên lửa lên tới một trăm nghìn kilômét mỗi giây (hay một phần ba tốc độ ánh sáng) và trở lại Trái đất sau đúng hai tuần lễ. Chúng ta hãy giả sử cô ta khởi hành vào một ngày Thứ tư. Khi cô đi ra xa Trái đất, khoảng cách giữa cô và Bob qua lỗ sâu đục vẫn không đổi (xem hình 9.4), mặc dù qua kính thiên văn của mình cậu ta có thể nhìn thấy tên lửa của cô đang lùi ra xa Trái đất với tốc độ bằng một phần ba tốc độ ánh sáng. Bob có thể nói chuyện với cô ta và còn gửi những tách cà phê pha sẵn cho cô ta vào mỗi buổi sáng qua lỗ sâu đục. Quan trọng hơn, họ sẽ đang đếm ngày cùng với nhau. Tại mọi thời điểm trong chuyến đi, đồng hồ của họ sẽ luôn ăn khớp với nhau, vì họ đảm bảo chúng vẫn đồng bộ hóa qua lỗ sâu đục.

Hai tuần sau đó, cả Bob và Alice đều thống nhất với nhau đó là ngày Thứ tư, Bob nhìn người chị gái của mình qua lỗ sâu đục khi cô sắp kết thúc chuyến đi và lái tên lửa qua khí quyển của Trái đất trước khi cho nó tiếp đất trên bệ phóng. Bob đi ra ngoài để nhìn cô ta tiếp đất, nhưng cảnh tượng mà cậu nhìn thấy khi bước ra ngoài khá là sốc. Bệ phóng trông trơn, không có tên lửa đâu hết. Cậu tự cầu vớ mình, xông tới đài quan sát và ngắm kính thiên văn vào mảng trời nơi tên lửa sẽ đến. Sức mạnh phân giải của kính thiên văn phải lớn lắm cậu ta mới có thể nhận ra tên lửa của Alice vừa mới bay ngang qua Hải Vương tinh trên hành trình của nó trở về Trái đất. Cậu tính rằng với tốc độ hiện tại của Alice, phải đến hôm sau thì cô ta mới đi tới Trái đất!

Là một nhà khoa học – xét cho cùng thì cậu ta làm việc trong một phòng thí nghiệm lỗ sâu đục – nên Bob nhanh chóng nhận ra đây chính là cái cậu ta trông đợi. Cậu có thể giải thích cái đang xảy ra bằng cách viện dẫn thuyết tương đối đặc biệt. Cậu chạy về phòng thí nghiệm lỗ sâu đục kể cho chị gái mình nghe. Một khi ở bên trong rồi, cậu nhìn qua lỗ sâu đục thấy Alice vừa mới hoàn tất những kiểm tra cuối cùng của cô về các thiết bị điều khiển của tên lửa và sẵn sàng mở cửa leo ra ngoài. Cậu gọi qua lỗ sâu đục chúc mừng cô tiếp đất hoàn chỉnh lần nữa, rồi thông báo với cô rằng thật ra cô vẫn chưa tiếp đất!

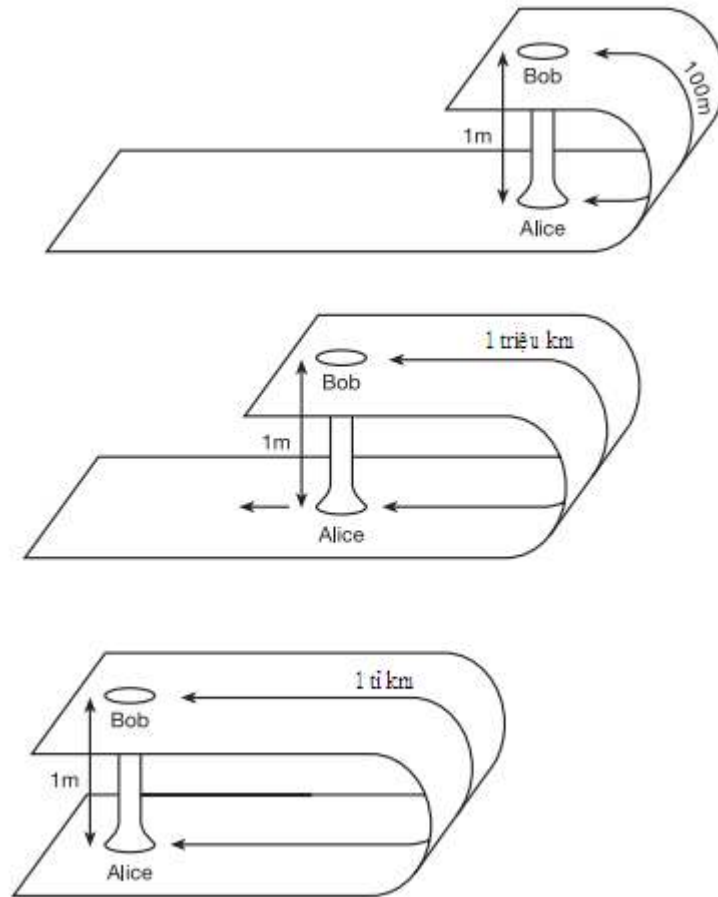


Hình 9.3(a) Bob có thể nhìn thấy Alice qua lỗ sâu đục đóng vai trò con đường tắt giữa hai người họ cho dù họ đang ở xa nhau bao nhiêu trong không gian 3D. Thật ra, cô ta đang ngồi trong tên lửa của mình và có thể nhìn thấy từ bên ngoài cửa sổ của Bob.



(b)

Hình 9.3(b) Alice có thể nhìn thấy Bob qua đầu lỗ sâu đục của cô



Hình 9.4 Hai miệng lỗ sâu đục có thể cách xa nhau tùy ý qua không gian bình thường nhưng vẫn đủ gần nhau thông qua lỗ sâu đục

Alice vẫy tay với Bob. “Nè, cậu nói chị chưa tiếp đất là ý gì vậy? Chị vừa nhìn thấy mình tiếp đất mà. Chị hi vọng sắp có cà phê uống nhé, có cái gì đó với vật chất lạ trong lỗ sâu đục thật sự làm hỏng mất cà phê rồi.”

“Chờ chút nhé Alice”, Bob la lên với chút điên cuồng, “em muốn nói thế này. Em nghĩ chị đã đi vào một hệ thời gian khác với em rồi. Em biết em nhìn thấy chị cho tên lửa tiếp đất qua lỗ sâu đục nhưng ở ngoài kia kia” – cậu vẫy tay phồng chùng theo hướng bệ phóng nhìn qua cửa sổ - “chị vẫn đang ở hệ mặt trời phía ngoài. Tên lửa của chị chắc chắn không ở trên bệ phóng. Thật vậy, tới ngày mai chị mới về tới mà!” Alice, không có gì bất ngờ, không hề bị thuyết phục. Cô có thể thấy Bob đang nói nghiêm túc, nhưng chẳng có gì hợp lí như cái cô có thể nhìn thấy cả. Cô thử lại lần nữa: “Nhìn kia, cả hai chúng ta đều thống nhất hôm nay là Thứ tư. Thật vậy, chị em mình đã đếm số ngày trôi qua cùng nhau mà. Hơn nữa, đồng hồ của chị em ta vẫn được đồng bộ hóa. Do đó, chị em ta phải ở trong

một hệ thời gian giống nhau. Và hãy tin chị đi, chị *thật sự* vừa cho cái tên lửa này tiếp đất mà.”

Nhưng Bob chẳng nghe thêm gì nữa và mãi đắm chìm trong suy nghĩ. Vài phút trước đó, cậu cảm thấy rằng cậu đã hiểu vì sao Alice luôn khẳng định lúc trên đường về rằng chuyến đi của cô diễn ra ngắn hơn thời gian trôi qua trên Trái đất. Đó chỉ là do thuyết tương đối đặc biệt thôi. Nhưng cái đáng nói là lỗ sâu đục đường như làm mọi thứ rối tung lên hết. Rồi, trong khoảnh khắc, sương mù tan đi và cậu đã hiểu. Cậu bắt đầu thốt nên lời trước khi bị rối trí lần nữa.

“Alice, hãy giả sử rằng chúng ta không có lỗ sâu đục nhé. Em không biết rằng chị đã tiếp đất. Thật ra, đối với em, trong thời gian trên Trái đất, chuyến đi của chị *thật sự* mất mười lăm ngày và tới ngày mai thì em mới thấy chị. Nhưng đối với chị, theo thời gian trên tên lửa, chuyến đi chỉ mất mười bốn ngày thôi. Thời gian trôi qua ngắn hơn đối với chị là do tốc độ cao của chị. Vì thế chị cho tên lửa hạ cánh vào ngày Thứ tư theo thời gian trên tên lửa, nhưng đó là ngày Thứ năm theo thời gian trên Trái đất. Chị đã đi thêm một ngày vào tương lai”. Cậu dừng lại một chút để đảm bảo chị gái mình vẫn đang nghe. “Tiếp nào”, người chị nói về hào hứng.

“Vâng, thời gian của chúng ta có được đồng bộ hóa qua lỗ sâu đục cũng không thành vấn đề. Trong suốt chuyến đi, chị đã từ từ kéo theo miệng lỗ sâu đục phía chị vào tương lai của thời gian trên Trái đất. Em biết đối với chị lúc này là Thứ tư. Đó là thời gian bên trong tên lửa. Nhưng lúc này chị đã hạ cánh về Trái đất nên em e rằng chị phải tuân theo thời gian trên Trái đất”.

“Nghe em nói như bọn tiếp viên hàng không ấy nhỉ”, người chị cười. “Cảm ơn quý khách đã bay cùng chúng tôi, và xin vui lòng điều chỉnh đồng hồ của quý khách theo giờ địa phương, ở đây hôm nay là Thứ năm”.

“Ừ. Trái đất mà chị hạ cánh là Thứ năm của em”.

“Chị thích nghĩ rằng mình đang ở hiện tại nếu điều đó là OK với em, em trai à”.

“Tốt thôi. Nếu chị cứ khẳng định là ở hiện tại thì cái chị nhìn thấy qua lỗ sâu đục là một ngày trong quá khứ của chị. Chị đang nhìn một thời điểm xảy ra hôm qua đối với chị, khi chị vẫn trên đường bay về. Nhưng em cũng có thể khẳng định là đang sống trong hiện tại và em đang nhìn qua lỗ sâu đục vào cái sẽ xảy ra vào ngày mai. Ít nhất thì em biết rằng chị sẽ cho tên lửa hạ cánh an toàn.”

“Lúc này ư?” Alice hỏi.

“Vâng, lỗ sâu đục đã biến thành một cỗ máy thời gian. Không đa năng cho lắm, nhưng em thừa nhận nó là một cỗ máy liên tục nối liền hai thời điểm cách nhau một ngày.”

Bây giờ, Alice và Bob có thể sử dụng cỗ máy thời gian lỗ sâu đục này bao lâu tùy thích. Cậu có thể bước qua nó để tham gia cùng chị gái mình ở ngày Thứ năm, hoặc cô ta có thể cùng trải nghiệm ngày Thứ tư với cậu. Họ có thể mua báo in của ngày Thứ năm, xem kết quả xổ số của tối hôm trước, trèo ngược về ngày Thứ tư và tìm mua vé số trúng thưởng.

Tất nhiên, Alice có thể ở cùng Bob vào ngày Thứ tư và rồi họ có thể chờ cho đến Thứ năm, và cả hai đi ra ngoài trời xem Alice cho tên lửa tiếp đất! Alice trong tên lửa tại thời khắc đó sẽ đang nói chuyện với Bob hôm Thứ tư và cuối cùng sẽ trèo qua lỗ sâu đục đến với em trai của cô và trở thành Alice đang chờ ở bên ngoài. Cho nên, trong khoảnh khắc sẽ có hai Alice. Giả sử Alice đã nhìn ra ngoài tên lửa trước khi cô leo qua lỗ sâu đục, cô sẽ thấy chính mình, và một Bob khác nữa.

Tôi đã thận trọng tránh né mọi nghịch lý du hành thời gian trong câu chuyện này. Nhưng nếu bạn đang đi tìm chỗ rắc rối, thì chúng rất dễ tìm thôi. Lấy ví dụ nhé, điều gì sẽ xảy ra nếu Alice và Bob đang đứng bên ngoài quan sát tên lửa tiếp đất hôm Thứ năm đi về phía nó và leo lên tên lửa (từ bên ngoài tên lửa leo vào chứ không qua lỗ sâu đục), và cố ngăn không cho Alice trong tên lửa đi vào lỗ sâu đục? Không những họ phải thất bại vì cô ta thật sự đi vào, mà họ còn không thể tiếp xúc với Alice Tên lửa vì Alice Bên ngoài không có kí ức về một sự gặp gỡ như thế với chính mình khi cô là Alice Tên lửa!

Đây chính là nghịch lý không có sự lựa chọn đang phơi bày mặt sau phức tạp của nó, và chúng ta phải viện đến một trong hai phương pháp để giải quyết nó mà tôi đã trình bày ở Chương 7:

(a) Nếu Alice Bên ngoài không thể nhớ việc nhìn thấy chính mình khi cô ở trong tên lửa thì rõ ràng cô sẽ bị cấm (bằng cách nào đó) tương tác với Alice Tên lửa, cho dù bằng cách nào. Các nhà vật lý gọi một kịch bản như thế là một nghiệm mâu thuẫn.

(b) Vũ trụ tách ra làm đôi tại thời khắc lỗ sâu đục biến thành một cỗ máy thời gian.

Có lẽ bạn không hài lòng với hai giải pháp này và muốn thêm muối vô nữa. Tuy nhiên, tôi muốn nói rằng không những câu chuyện của tôi không có chỗ nào vi phạm bất kì định luật vật lý nào, mà quá nhiều muối thì chẳng tốt cho bạn, và sẽ làm hỏng mất hương vị. Vậy liệu một kịch bản như thế có khả năng trở thành thực tại trong tương lai xa hay không?

Như tôi đã giải thích ở cuối chương trước, bước (1) và bước (2) trong phần khung nhỏ “Làm thế nào xây dựng một cỗ máy thời gian” có lẽ không bao giờ được hiện thực hóa.

Nhưng nếu chúng được hiện thực hóa và chúng ta có thể tạo ra một lỗ sâu đục bền có thể đi qua thì có những trở ngại nào khác nữa không?

Bước (4), bước đòi hỏi gây ra một sự lệch thời gian giữa hai miệng lỗ sâu đục bằng cách cho chúng chuyển động ra xa nhau ở tốc độ rất cao, sẽ chỉ là trở ngại nếu không bạn nghĩ rằng người ta sẽ có thể chế tạo một tên lửa có khả năng chuyển động ở gần tốc độ ánh sáng. Tất nhiên, đó không phải là cách duy nhất để gây ra sự lệch thời gian. Nếu chúng ta truy xuất một trường hấp dẫn đủ mạnh, thì chúng ta có thể sử dụng hiệu ứng giãn nở thời gian theo thuyết tương đối tổng quát để làm thời gian chậm lại ở một đầu của lỗ sâu đục. Có thể thu được như vậy bằng cách cho một miệng lỗ sâu đục quay vài vòng xung quanh một lỗ đen. Tất nhiên, trong trường hợp này quỹ đạo không nhất thiết đi theo một vòng lặp thời gian kín vì chúng ta không cần cho miệng lỗ sâu đục quay tròn để đi ngược thời gian. Toàn bộ cái ta cần là làm cho thời gian chậm đi so với miệng lỗ ở cách xa lỗ đen.

Những trở ngại không thể vượt qua chăng?

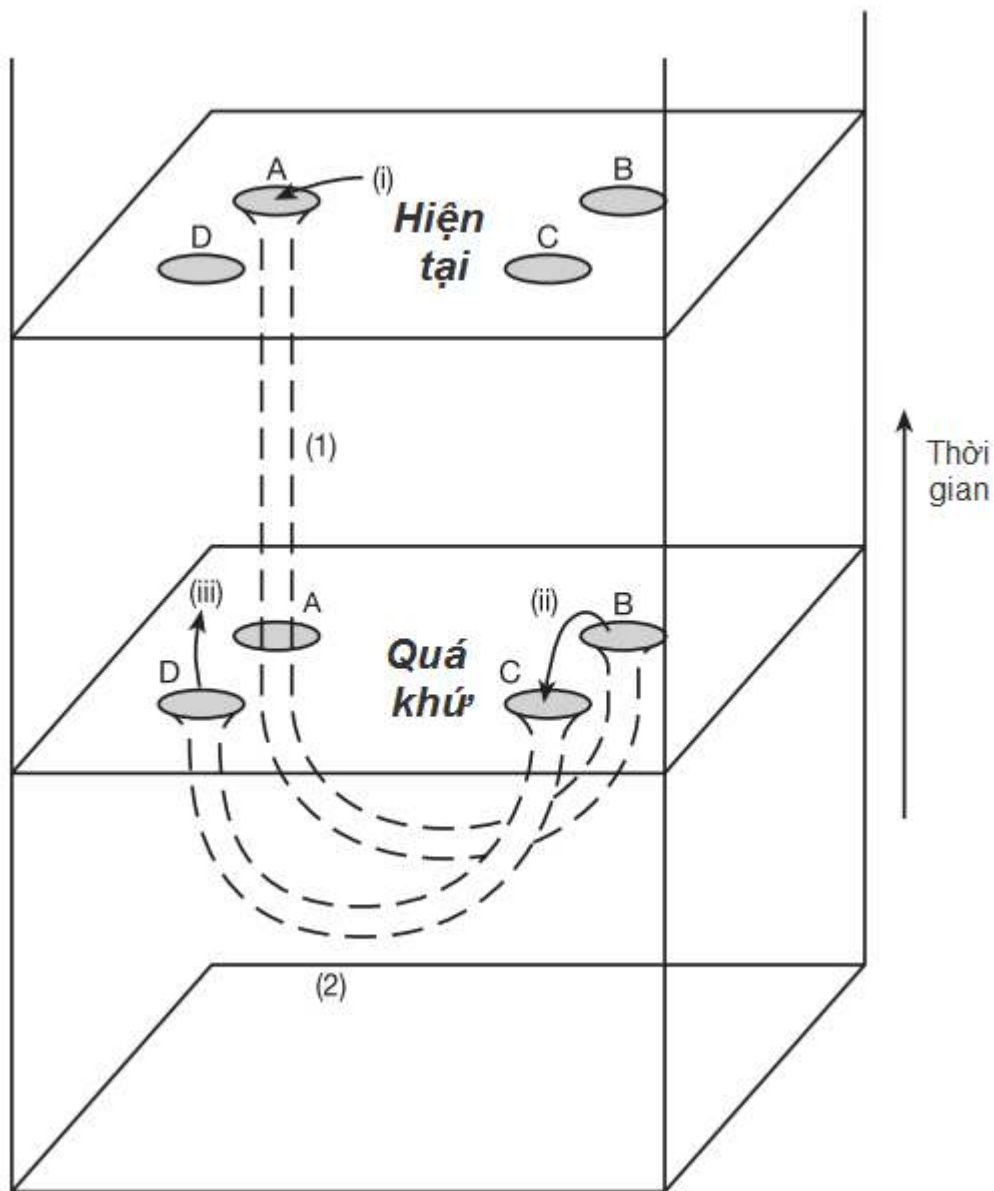
Đã có một số phản đối trước kế hoạch cỗ máy thời gian lỗ sâu đục. Tất cả đều dựa trên những tính toán nghiêm túc chỉ rõ bước này hoặc bước khác có thể là một chướng ngại vật mà chúng ta không bao giờ vượt qua nổi. Nghiêm trọng nhất trong số này là, cho dù có thể xây dựng một lỗ sâu đục có thể đi qua, và cho dù có gây ra được một sự lệch thời gian, bước cuối cùng yêu cầu mang hai miệng lỗ lại gần nhau – cái bạn có thể nghĩ là dễ dàng nhất – thật ra sẽ làm cho lỗ sâu đục bị phá hủy. Mặc dù cho đến nay chẳng có ai dám chắc chắn, nhưng cái được trông đợi là ngay khi lỗ sâu đục trở thành một cỗ máy thời gian, ánh sáng đã đi qua nó sẽ có thể đi trở về, qua không gian bình thường, tới cái miệng nó đi vào *trước khi* nó đi vào. Khi đó, nó sẽ có thể đi vào cùng với phiên bản gốc của nó, vì thế làm tăng gấp đôi năng lượng của nó. Nhưng nếu bức xạ đi vào nhiều gấp đôi và có thể đi trở về lối vào trước khi nó đi vào thì nó sẽ có cường độ tăng gấp bốn lần, và cứ thế. Thật vậy, các tính toán cho thấy thời khắc hai cái miệng (cùng với hệ thời gian khác nhau của chúng) được mang đến đủ gần để cho ánh sáng rời khỏi miệng ra đi ngược trở về rồi đi qua miệng vào trước khi nó đi vào thì tức thời sẽ có một lượng ánh sáng vô hạn chảy xuyên qua lỗ sâu đục và hoặc sẽ làm co sập cổ họng của lỗ sâu đục hoặc sẽ làm hai cái miệng của nó nổ tung trong một cơn bùng phát năng lượng dữ dội. Ánh sáng (hay bức xạ điện từ) này sẽ luôn luôn là vấn đề vì nó được sinh ra bởi chính chân không, và vì thế liên quan đến các thăng giáng chân không.

Một chuyên gia nghiên cứu lỗ sâu đục, Tom Roman, đã nêu cách xây dựng một cỗ máy thời gian lỗ sâu đục mà không phải tuân theo bước (5) mang hai cái miệng lỗ lại với

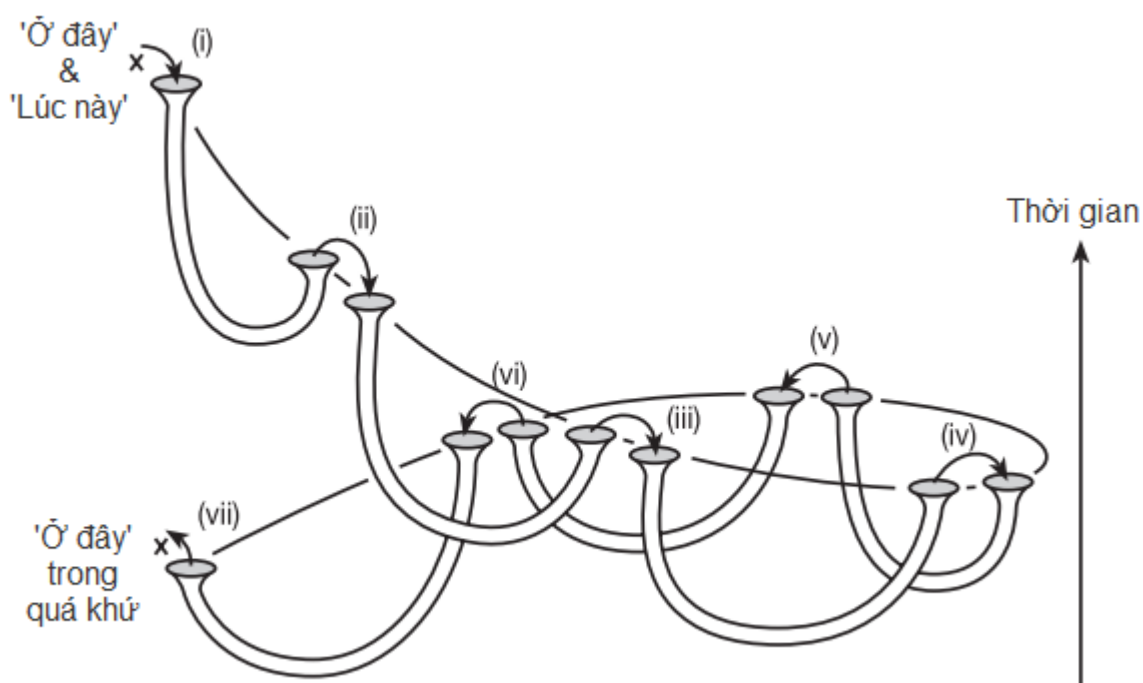
nhau. Thay vậy, một khi đã có sự lệch thời gian giữa hai miệng lỗ và trong khi chúng ở xa nhau, hai cái miệng của một lỗ sâu đục thứ hai, không cần có sự lệch thời gian với nhau, có thể đặt liền kề với hai cái miệng của lỗ sâu đục thứ nhất, như trong hình 9.5. Giờ thì bạn có thể đi qua lỗ sâu đục thứ nhất rồi sử dụng lỗ sâu đục thứ hai làm đường tắt đi trở về điểm xuất phát của bạn, quay về trước khi bạn rời đi lúc đầu. Các thăng giáng chân không chông chát và phá hủy một lỗ sâu đục đơn lẻ khi hai miệng lỗ được mang đến gần nhau lúc này được kiểm soát. Tuy nhiên, cho đến nay toàn bộ những tính toán đã thực hiện cho thấy các phương trình của thuyết tương đối tổng quát vẫn cho những đáp số vô nghĩa ngay khi một vòng lặp thời gian được tạo ra từ cái gọi là cấu hình ‘Roman’ lỗ sâu đục như thế này. Matt Visser đề xuất rằng chúng ta có thể đặt một loạt lỗ sâu đục nối tiếp nhau thành một cái vòng kín. Mỗi lỗ sâu đục sẽ có một sự lệch thời gian nhỏ nhưng không đủ để dùng riêng nó làm một cỗ máy thời gian bởi vì, cho dù chúng ta có đi qua nó, thì khoảng cách giữa hai cái miệng đó trong không gian bình thường sẽ quá xa để chúng ta đi từ miệng ra đến miệng vào trước khi chúng ta đi vào. Nhưng sự kết hợp của những lỗ sâu đục như thể hiện trên hình 9.6 thì có thể hoạt động.

Stephen Hawking bị thuyết phục rằng tự nhiên ngăn cấm các vòng lặp thời gian và sự du hành thời gian. Ông đã đi tới cái gọi là giả thuyết bảo vệ niên đại phát biểu đơn giản rằng sự du hành thời gian về quá khứ là không được phép trong vật lý học. Giả thuyết này chưa được chứng minh trên cơ sở toán học nhưng cho đến nay nó cũng chưa hề bị bác bỏ. Nếu hóa ra giả thuyết bảo vệ niên đại thật sự là một định luật của tự nhiên thì sự du hành thời gian sẽ bị bác bỏ hoàn toàn. Cách sắp xếp lỗ sâu đục Roman (với hai hay nhiều lỗ) cũng có những trục trặc, với cơ sở toán học không mang lại những đáp số rõ ràng, hay thậm chí là có nghĩa.

Những kết quả mới nhất cho thấy một chương ngại có trước hơn nữa là vật chất lạ cần thiết để giữ cho một lỗ sâu đục có thể đi qua mở ra lúc ban đầu. Một số nhà nghiên cứu khẳng định rằng những tính toán của họ bác bỏ khả năng có đủ vật chất lạ để giữ mở miệng một lỗ sâu đục bất kì lớn hơn một lỗ sâu đục lượng tử.



Hình 9.5 Một cỗ máy thời gian Roman sử dụng hai lỗ sâu đục. Đã có sự lệch thời gian giữa miệng A và miệng B của lỗ sâu đục (1), bạn không cần phá hủy nó bằng cách mang chúng đến gần nhau lần nữa. Thay vậy, hãy sử dụng lỗ sâu đục (2) để quay về điểm xuất phát của bạn. Bước (i): đi qua A. Bước (ii): đi ra khỏi B và đi vào C nằm liền kề với B. Bước (iii): đi ra khỏi D nằm kế điểm đi vào ban đầu của bạn tại A, nhưng trong quá khứ của nó.



Hình 9.6 Một cỗ máy thời gian vòng Roman sử dụng nhiều lỗ sâu đục, mỗi lỗ sâu đục có một sự chênh lệch thời gian nhỏ giữa hai cái miệng của nó. Sự lệch thời gian tích lũy dần trong khi các lỗ sâu đục đưa bạn đi theo một vòng kín trở lại điểm xuất phát của bạn, trong quá khứ.

Vậy thì chúng ta nên tin vào cái gì đây? Có thể tạo ra những lỗ sâu đục hay không? Chúng có thể tạo thành những cỗ máy thời gian hay không? Bạn sẽ thấy từ những thứ tôi đã trình bày trong vài chương trở lại đây rằng đoàn hội thẩm vẫn chưa đưa ra phán xét cuối cùng trước những câu hỏi này. Đơn giản vì chúng ta chẳng biết có chắc chắn hay không. Thật vậy, ngoài những trở ngại trước mắt đòi hỏi làm thế nào giữ lỗ sâu đục mở miệng và làm thế nào vận chuyển nó đi xa, còn có một trở ngại lí thuyết căn bản hơn nữa.

Cơ học lượng tử mô tả hành trạng của những cái rất nhỏ, trong khi đa số hiện tượng mô tả trong khuôn khổ của thuyết tương đối tổng quát có xu hướng bao hàm những không gian mênh mông, những khối lượng hết sức lớn và những lực khổng lồ. Các ngôi sao, lỗ đen, thiên hà, và cả toàn bộ Vũ trụ, đều hoạt động trên mô tả sự hấp dẫn của Einstein và cách thức nó ảnh hưởng đến không gian và thời gian. Chúng không có mặt trong thế giới lượng tử vi mô. Tuy nhiên, có một số quá trình, ví dụ như sự bức xạ Hawking từ bề mặt của những lỗ đen, chỉ có thể hiểu được nếu đưa cơ học lượng tử vào giải thích. Nhưng sự áp dụng thành công cả thuyết tương đối tổng quát và cơ học lượng tử vào giải thích cùng một hiện tượng như thế là hiếm gặp. Người ta chỉ có thể làm được như thế bằng cách gán ghép

các quy tắc cơ lượng tử lên thuyết tương đối tổng quát theo một kiểu thích hợp. Tóm lại, thuyết tương đối tổng quát và cơ học lượng tử chẳng hề tương thích với nhau. Một sự cộng sinh giữa hai mô tả thành công này của thực tại sẽ chỉ có thể thu được nếu chúng hợp nhất trong một khuôn khổ thống nhất nào đó; một lí thuyết hoàn thiện của *sự hấp dẫn lượng tử*.

Cho đến khi chúng ta tìm ra một lí thuyết như thế, chúng ta sẽ không thể trả lời dứt khoát câu hỏi giả thuyết bảo vệ niên đại của Hawking thật ra có là một quy luật của tự nhiên, từ đó ngăn cấm sự du hành thời gian, hay không. Tôi sẽ kết thúc chương này với một trích dẫn từ Frank Tipler, nhà vật lí đã công bố bài báo nghiêm túc đầu tiên trình bày cách xây dựng một cỗ máy thời gian. Ba năm sau tác phẩm ấy, vào năm 1977, ông đã công bố thêm một bài báo dài hơn trong đó ông khảo sát kĩ lưỡng hơn khả năng hiện thực hóa cỗ máy thời gian hình trụ quay của ông. Ông kết thúc bài báo đó với một trích dẫn từ nhà thiên văn học Simon Newcomb, tác giả của một số bài báo lúc chuyển giao thế kỉ bảo vệ quan điểm cho rằng không thể có những chiếc máy biết bay nặng hơn không khí. Tipler cảm thấy áp dụng quan điểm đó cho những cỗ máy thời gian thì cũng đúng:

“Minh chứng rằng không có sự kết hợp khả dĩ nào của những chất đã biết, những dạng máy móc đã biết, và những lực đã biết có thể hợp nhất thành một cỗ máy thực tế để người ta bay [ngược về quá khứ], đối với tác giả nó hoàn chỉnh như là khả năng cho minh chứng của bất kì một sự thật vật lí nào đó.”

Tôi không cần phải nhắc bạn Orville và Wilbur Wright đã chứng minh Newcomb sai như thế nào về những chiếc máy bay nặng hơn không khí chỉ vào năm sau đó.

10

CHÚNG TA BIẾT ĐƯỢC NHỮNG GÌ?



“Bây giờ tôi tin rằng nếu tôi hỏi một câu hỏi thậm chí đơn giản hơn – ví dụ, Anh muốn nói gì với khối lượng? hay sự gia tốc, đó là tương đương khoa học của câu nói, Anh biết đọc không? – chẳng có hơn một trong số mười người có học thức sẽ cảm thấy tôi đang nói cùng thứ ngôn ngữ với họ. Vì thế, đỉnh thự của nền vật lý hiện đại càng đồ sộ thì phần đông những người thông minh nhất ở thế giới phương tây sẽ có kiến thức về nó ngang ngửa như tổ tiên tiền sử của họ mà thôi.”

C P Snow, *Hai nền văn hóa*

“Các nhà thơ nói rằng khoa học đã cướp mất cái đẹp của những vì sao – chúng chỉ là những đám nguyên tử chất khí mà thôi. Chẳng có gì “chỉ là” hết. Tôi cũng nhìn thấy những vì sao trên bầu trời đêm sa mạc, và tôi cảm nhận chúng. Nhưng tôi nhìn thấy nhiều hơn hay ít hơn chứ? Sự mênh mông của bầu trời làm mở rộng trí tượng tượng của tôi – đôi mắt nhỏ bé của tôi có thể bắt gặp ánh sáng một triệu năm tuổi; một khung trời bao la mà tôi là một bộ phận trong đó... Đâu là khung trời, hay ý nghĩa, hay nguyên nhân? Tôi không làm tổn hại đến bí ẩn biết ít nhiều về nó. Đó là sự thật kì diệu hơn nhiều so với bất kì người nghệ sĩ nào thời quá khứ từng tưởng tượng ra. Vậy tại sao các nhà thơ thời nay không nói về nó nữa?”

Richard Feynman, *Những bài giảng vật lý của Feynman, Tập 1*

Ở chương cuối này, tôi muốn dành để nói đôi điều về cái chúng ta tin rằng chúng ta biết về Vũ trụ của chúng ta và xét xem chúng ta có thể phát triển tiến bộ như thế nào.

Mẹ của mọi lí thuyết

Lí thuyết hình học của sự hấp dẫn (thuyết tương đối tổng quát) của Einstein và cơ học lượng tử là hai thành tựu vĩ đại của nền vật lý học thế kỉ thứ hai mươi, là cột trụ cho mọi thứ khác mà chúng ta đã biết về thế giới vật chất của chúng ta và ngoài đó nữa, cả trước đó và kể từ đó. Chúng đều mô tả rất thành công những phương diện cơ bản nhất của thực tại. Nhưng như tôi đã nói ở chương trước, vấn đề là chúng *không* tương thích với nhau. Chúng xây dựng trên những loại toán học rất khác nhau và có những quy tắc và những nguyên lí cơ bản hoàn toàn tách biệt. Thuyết tương đối tổng quát sụp đổ tại các kì dị và các vòng lặp thời gian kín, còn cơ học lượng tử không mô tả được lực hấp dẫn trong khuôn khổ của nó. Vậy chúng ta tiến được bao xa đến một lí thuyết của sự hấp dẫn lượng tử; một ‘lí thuyết của tất cả’ sẽ chứa bên trong cấu trúc toán học của nó những nguyên tắc và nguyên lí của cả thuyết

tương đối và cơ học lượng tử? Vâng, như chúng ta đã thấy trong thế kỉ hai mươi và bước sang thế kỉ hai mươi mốt, có lẽ chúng ta đã có một lí thuyết như thế trong tầm tay rồi.

Einstein đã hoàn thành lí thuyết tương đối tổng quát của ông vào năm 1915, và rồi giữ một vai trò tương đối thứ yếu (không có ý định chơi chữ nhé) trong sự phát triển sau đó của thuyết lượng tử chiếm lĩnh phần lớn những nhà khoa học hàng đầu khác trên thế giới trong hơn mười năm tiếp sau đó. Nhưng một khi các khái niệm và cơ sở toán học đã được sắp xếp thì chúng ta cần làm những gì nữa? Một số nhân vật lớn thời đại Einstein sẽ không chịu dừng lại với việc chằm lên những chữ ‘i’ và gạch ngang những chữ ‘t’. Vì thế, trong ba mươi năm cuối đời, ông đã đi tìm, nhưng không thành công, cái gọi là một lí thuyết trường thống nhất; một lí thuyết sẽ kết hợp thuyết tương đối tổng quát không phải với cơ học lượng tử mà với thuyết ánh sáng (hay chính xác hơn là thuyết điện từ). Einstein đã thử một số cách tiếp cận nhưng chưa lần nào dẫn sâu nổi. Được biết, người ta đã tìm thấy những bài báo với lí thuyết chưa hoàn thành của ông trên bàn làm việc của ông sau khi ông qua đời.

Cơ sở toán học sáng giá nhất, nhưng cũng khó hiểu nhất, cho một lí thuyết thống nhất mà Einstein tìm kiếm là từ hai nhà toán học: Theodor Kaluza người Ba Lan, và Oskar Klein người Thụy Điển. Kaluza đã tiến hành mọi công việc cơ bản và, vào năm 1919, đã gửi một bài báo cho Einstein trong đó ông đề xuất một cách giải thích bức xạ điện từ trong khuôn khổ của thuyết tương đối tổng quát.

Kaluza chứng minh rằng cái cần thiết để thu được lời giải thích này là viết các phương trình của ông không phải trong không thời gian 4D mà là 5D, bằng cách gộp thêm một chiều không gian bổ sung nữa. Mặc dù điều này nghe thật tùy tiện và xa rời với cái chúng ta xem là thực tế, nhưng nó tương đối dễ tiến hành về mặt toán học, nơi chúng ta có thể cộng bao nhiêu chiều mà chúng ta muốn. Nhưng chiều không gian thứ tư mà Kaluza đề xuất này là có thực hay không? Chắc chắn chúng ta không nhận thức được nó nếu nó hiện diện. Nhưng khi ông gộp thêm chiều không gian bổ sung này, Kaluza tìm thấy rằng ánh sáng, thay vì là một trường điện từ đang dao động trong không gian 3D, thật ra là một dao động của chiều thứ năm này. Cho nên bạn cứ yên tâm tiến lên thôi. Nhưng đừng lo, tôi cũng chẳng thật sự hiểu điều này có nghĩa là gì. Tất cả những gì chúng ta có thể nói là nó cố gắng giải thích nguồn gốc của ánh sáng ở một cấp độ hình học, cơ bản hơn giống như kiểu Einstein đã mô tả sự hấp dẫn là sự cong của không thời gian 4D. Không những thế, chiều thứ năm này không trải ra theo đường thẳng như ba chiều không gian kia mà tự ‘cuộn lại’. Một cách đơn giản hình dung điều này có ý nghĩa gì là hãy nghĩ tới thế giới 2D. Hãy tưởng tượng không gian 2D phẳng cuộn lại thành một hình trụ. Một trong hai chiều của nó – chiều hướng theo trục dài của nó – vẫn không biến đổi, còn chiều kia khép kín thành một vòng tròn.

Tất nhiên, vấn đề là, bất chấp nét đẹp toán học của lý thuyết Kaluza, chẳng có mảnh bằng chứng thực nghiệm nào cho thấy chiều thứ năm này thật sự tồn tại. Ngay cả Einstein, trong khi ấn tượng trước cách Kaluza thống nhất ánh sáng và sự hấp dẫn, cũng không sẵn lòng tin vào thực tế có một chiều thứ năm. Nói chung, ông có chút miễn cưỡng khi đưa vào xét khái niệm không thời gian bốn chiều làm điểm xuất phát. Ít nhất thì bốn chiều đó (một chiều thời gian và ba chiều không gian) là có thật. Nguyên nhân chính cho sự hoài nghi của Einstein và những người khác là vì chúng ta chưa bao giờ nhìn thấy chiều bổ sung này. Câu hỏi này được trả lời vào năm 1926 khi Oskar Klein đề xuất rằng lý do người ta không phát hiện ra chiều thứ năm là vì nó cuộn lại thành một vòng tròn nhỏ đến mức nó nhỏ hơn hàng tỉ lần so với một nguyên tử. Một lần nữa, hãy nghĩ tới một trong hai chiều của thế giới 2D cuộn vòng lại thành bề mặt của một hình trụ. Klein nói rằng hình trụ đó sẽ mỏng đến mức trông nó như một đường thẳng. Nghĩa là thế giới 2D đó sẽ trông có một chiều và chúng ta sẽ nói rằng chiều thứ hai bị che giấu. Tôi e rằng tôi không thể nêu ra cho bạn một ví dụ cao chiều hơn ví dụ này bởi vì, như chúng ta đã thấy ở Chương 1, chúng ta cần một chiều thứ ba để uốn cong một trong hai chiều của thế giới 2D đó vào. Và bạn nghĩ bạn đã vứt bỏ được món nợ nhức đầu về các chiều lại phía sau lưng.

Nhưng bạn chưa phải tay được đâu! Hãy tiếp tục nào.

Sau nhiều thập kỉ bị xem là xa lạ, lý thuyết Kaluza-Klein đã có sự hồi sinh vào thập niên 1970. Khi ấy, lý thuyết thống nhất mà những nhà vật lý lý thuyết tham vọng nhất tìm kiếm đang làm mưa làm gió. Thống nhất lực hấp dẫn và ánh sáng thôi là chưa đủ. Lúc ấy, người ta đã biết rõ mà chẳng nghi ngờ gì rằng mọi hiện tượng trong tự nhiên, ở cấp độ cơ bản nhất của nó, có thể được mô tả bởi bốn lực. Lực hấp dẫn là một và lực điện từ là một lực khác. Lực điện từ là lực hút giữa các điện tích liên kết các nguyên tử lại bằng cách giữ các electron tích điện âm vây quanh hạt nhân nguyên tử tích điện dương. Nó cũng là lực hút tác dụng bởi các nam châm lên nhau và lên những kim loại nhất định. Tôi muốn nói rằng, mặc dù lực điện và lực từ dường như khá khác biệt, nhưng thật ra đây chỉ là cái bề ngoài. Michael Faraday đã chứng minh hồi thế kỉ thứ mười chín rằng chúng có liên hệ mật thiết và có nguồn gốc chung là lực điện từ. Gần như mọi hiện tượng mà chúng ta thấy xung quanh chúng ta xét cho cùng là một trong hai lực này: lực hấp dẫn và lực điện từ. Ngày nay, chúng ta biết, ngoài hai lực này, có hai lực khác chỉ tác dụng trong phạm vi nhỏ xíu của hạt nhân nguyên tử, nhưng chúng quan trọng như hai lực đầu tiên với vai trò là những định luật cơ bản của tự nhiên đáng quan tâm.

Như vậy, lý thuyết tối hậu đang được tìm kiếm hồi cuối thập niên 1970 là một lý thuyết không những thống nhất lực hấp dẫn với lực điện từ, giống như lý thuyết Kaluza-Klein, mà nó còn bao hàm hai lực hạt nhân nữa. Một lý thuyết như vậy sẽ được gọi là “lý thuyết của tất cả” vì nó sẽ cho biết làm thế nào cả bốn lực của tự nhiên là những mặt khác

nhau của cùng một “siêu lực”. Nguyên nhân lí thuyết Kaluza-Klein trở lại vũ đài vật lí là vì sự khéo léo của nó trong việc thống nhất các lực khi đưa thêm những chiều không gian cao hơn vào các phương trình. Tất nhiên, với bốn lực phải xử lí, thay vì hai lực, sẽ cần thêm một chiều bổ sung nữa. Cuối cùng, vào giữa thập niên 1980, một lí thuyết ứng cử viên đã được phát hiện. Nó được đặt tên là lí thuyết siêu dây và nhanh chóng được phát triển thành lí thuyết phức tạp nhất, đẹp nhất, rắc rối nhất, mạnh nhất và khó hiểu nhất mà người ta từng nghĩ ra. Nói chung, nó là một lí thuyết gồm *mười* chiều. Nếu đúng, nó phát biểu rằng chúng ta đang sống trong một vũ trụ có mười chiều. Nhưng lúc này toàn bộ sáu chiều không gian bổ sung sẽ phải cuộn lại thành một quả cầu cao chiều nhỏ xíu mà chúng ta không bao giờ có thể phát hiện ra, để lại đúng bốn chiều không thời gian. Lí thuyết siêu dây mang tên như thế vì nó đề xuất rằng vạn vật xét cho cùng là gồm những sợi dây nhỏ xíu dao động trong mười chiều. Điều này nghe có vẻ quái gở nhưng nó thật sự thu được sự thống nhất của thuyết tương đối tổng quát với cơ học lượng tử, nói chung đó chính là chén thánh của vật lí học.

Vậy lí thuyết siêu dây có là lí thuyết tối hậu của sự hấp dẫn lượng tử mà các nhà vật lí đã và đang lùng sục, tìm kiếm? Và, quan trọng hơn đối với các bạn độc giả thân mến, liệu các phương trình của nó có chứa câu trả lời cho câu hỏi sự du hành thời gian là được phép hay không? Tôi e rằng hãy còn quá sớm để nó nói lên bất cứ điều gì. Nhiều nhà vật lí mô tả lí thuyết siêu dây là lí thuyết của thế kỉ hai mươi mốt đã được phát hiện ra quá sớm: trước khi chúng ta có cơ hội phát triển những công cụ toán học có sự phức tạp cần thiết. Có vẻ quá khó khăn để cho ai đó hiểu nó một cách trọn vẹn. Cơ sở toán học của nó nằm ngoài khả năng hiện nay của đa số, nếu không nói là tất cả, các nhà toán học. Không những thế, vào đầu thập niên 1990 có đến những năm phiên bản khác nhau của lí thuyết siêu dây và chẳng ai biết đâu là phiên bản đúng, hay thật sự có một phiên bản thống nhất hay không.

Sau đó, vào năm 1995, một nhà khoa học mệnh danh “kẻ thông minh nhất trên Trái đất” đã tìm thấy một câu trả lời, có lẽ là câu trả lời ĐÓ. Tên của ông là Edward Witten và ông làm việc tại Viện Nghiên cứu Cao cấp ở Princeton, New Jersey (đó là nơi Einstein đã trải qua những năm cuối đời của ông). Cùng với một người đồng nghiệp, Paul Townsend thuộc trường Đại học Cambridge, Witten tin rằng ông đã khám phá ra tại sao có nhiều phiên bản của lí thuyết siêu dây như thế. Cái giá phải trả là tương đối rẻ dưới những trường hợp đó. Witten chỉ đòi hỏi có thêm một chiều nữa thôi! Với mười một chiều thay vì mười chiều, nhiều vướng mắc của lí thuyết siêu dây đã hô biến. Giờ thì những sợi dây nhỏ xíu được thay thế bằng những tấm gọi là màng (membrane) và lí thuyết mới của Witten và Townsend được gọi là lí thuyết màng, hay lí thuyết-M cho gọn. Tuy nhiên, chữ “M” thường được cho là viết tắt của “Magic” (Thần kì), “Mystery” (Bí ẩn), hay “Mother” (Mẹ), vì đây thật sự sẽ là mẹ-của-mọi-lí-thuyết.

Nhưng chúng ta có thể tiếp tục phát triển tiếp hay không? Nếu những phiên bản khác của lý thuyết-M được khám phá ra thì sao? Có lẽ việc bổ sung thêm một chiều thứ mười hai sẽ giải quyết được vấn đề. Thật vậy, tại sao ta không ném thêm vài ba chiều nữa để cho an toàn chứ! Hóa ra điều này là không thể nào. Có cái gì đó rất đặc biệt trên phương diện toán học về mười chiều của lý thuyết siêu dây và mười một chiều của lý thuyết-M.

Các nhà vật lý đã và đang vất vả tìm hiểu ý nghĩa của lý thuyết-M, mặc dù tôi nghĩ vài thập kỉ nữa thì tất cả bí ẩn và sự thần kì của nó mới hé lộ. Một trong những câu hỏi chính yếu cần trả lời tất nhiên là tại sao và làm thế nào toàn bộ những chiều bổ sung đó cuộn lại và nén xuống còn lại đúng bốn chiều mà chúng ta thấy. Suy nghĩ hiện nay là điều này xảy ra tại thời khắc Big Bang. Như vậy hàm ý rằng có cái gì đó *trước* Big Bang. Có lẽ ba chiều không gian và một chiều thời gian của chúng ta là bộ phận trong một vũ trụ nhiều chiều hơn, với mười hoặc mười một chiều, trong đó tất cả các lực của tự nhiên được thống nhất làm một. Rồi Big Bang đã làm cho sáu hoặc bảy chiều không gian cuộn lại đến một kích cỡ mà chúng ta sẽ không bao giờ có thể phát hiện ra.

Sự cáo chung của vật lý lý thuyết

Từ những gì trình bày ở phần trước, bạn có thể nghĩ rằng nền vật lý lý thuyết đã sắp đến hồi cáo chung. Có lẽ lý thuyết-M sẽ trả lời mọi câu hỏi của chúng ta, trong đó có những câu hỏi cho đến nay vẫn được xem là nằm ngoài địa hạt khoa học. Có lẽ chúng ta cứ ngồi chèn chút chờ trong khi Witten và các đồng nghiệp của ông chỉ ra các chi tiết của lý thuyết-M trong vài năm sắp tới. Rồi toàn bộ nền vật lý cơ bản sẽ được biết rõ. Tôi là một người không tán thành quan điểm này. Đây một phần là vì thực tế tôi chẳng phải là một chuyên gia về lý thuyết siêu dây hay lý thuyết-M, và do đó tôi không thể chia sẻ cái cảm giác hào hứng mà những người trong cuộc trong lĩnh vực này phải cảm nhận thấy. Nhưng có một lí do khác, chính đáng hơn, cho sự hoài nghi của tôi.

Trong khi nhiều nhà vật lý tin chắc rằng chúng ta đã có một lý thuyết của sự hấp dẫn lượng tử ở dạng các siêu dây đa chiều hay lý thuyết-M, thì còn có những người khác không thấy chắc ăn cho lắm. Họ nhắc lại tình trạng ngành vật lý hồi cuối thế kỉ trước [thế kỉ mười chín – ND] khi người ta nghĩ sự cáo chung đã là nhãn tiền và toàn bộ các định luật của tự nhiên đã được khám phá và tìm hiểu. Rồi xuất hiện các khám phá tia X và sự phóng xạ, Max Planck đề xuất rằng năng lượng xuất hiện dưới dạng những gói rời rạc, hay lượng tử, và Einstein vứt bỏ khái niệm không gian và thời gian Newton luận. Hồi một trăm năm trước, không có nhà khoa học nào trong những giấc mơ điên cuồng của họ lường trước nổi cái sẽ xảy ra trong một phần tư thế kỉ tiếp sau đó. Vậy có gì ngày nay chúng ta dám chắc

chấn như vậy? Thật ra, các nhà nghiên cứu lịch sử khoa học cho biết rằng so với ngày nay, khi ấy các nhà khoa học có lẽ còn có lí do chính đáng hơn để tin rằng nền vật lí học sắp cáo chung rồi. Một số nhà vật lí hàng đầu thế giới, như Roger Penrose và David Deutsch, tin chắc rằng trước khi cơ học lượng tử và thuyết tương đối tổng quát có thể hợp nhất thành một lí thuyết hấp dẫn lượng tử, một hoặc thậm chí cả hai lí thuyết này cần có một đợt phẫu thuật lớn.

Một số quan điểm vật lí vẫn trụ vững theo thời gian và phát triển dần khi bằng chứng thực nghiệm ủng hộ chúng tích lũy dần. Rồi dần dà chúng ta hiểu chúng nhiều hơn và đi tới tin chắc rằng chúng là một mô tả chính xác của Vũ trụ vật chất. Những quan điểm khác thì xuất hiện bất ngờ do thời khắc sáng tạo của một thiên tài hay một kết quả thực nghiệm bất ngờ. Nhưng nhiều lí thuyết đã vỡ vụn tan tành khi chúng không trụ nổi trước những thử nghiệm kĩ lưỡng hơn.

Một vài lí thuyết thành công đã gây ra một cuộc cách mạng ở cách chúng ta nhìn nhận thế giới – gọi là sự chuyển dịch mô hình nhận thức của chúng ta. Đây là trường hợp xảy ra với thuyết tương đối của Einstein khi ông đề xuất rằng không cần có ether làm môi trường cho ánh sáng truyền qua. Đề xuất này lập tức dẫn tới kết luận là một chùm ánh sáng truyền đi ở một tốc độ như nhau cho dù chúng ta đang chuyển động về phía nguồn sáng hay đang chuyển động ra xa nó. Hóa ra, đề xuất này không thể tránh khỏi đưa đến thực tế là thời gian trôi chậm đi đối với những nhà quan sát khác nhau.

Nhưng chắc chắn cơ học lượng tử không thể sai rồi, đúng không nào? Sức mạnh tiên đoán của nó không cần phải nghi ngờ gì nữa, đã 75 năm trôi qua rồi và hiện nay nó đang là cơ sở của phần nhiều khoa học hiện đại. Tất nhiên, nhưng ai có học đôi chút về cơ học lượng tử sẽ biết nó đề xuất về thế giới vi mô lạ lùng như thế nào, nhưng lí lẽ cơ bản là như thế này: Dạng thức toán học thì đúng, nhưng các phương trình *có ý nghĩa* gì thì đúng là chưa hiểu nổi, và đó là vấn đề triết học chứ không còn vật lí nữa. Phần đông các nhà vật lí ngày nay tin rằng mặc dù trong ngành có nhiều cách hiểu khác nhau của cơ học lượng tử, nhưng tất cả chúng đều có giá trị như nhau, và khuôn khổ toán học cơ sở là đúng, và tùy theo khẩu vị của mỗi người mà tự chọn cho mình một cách hiểu nào đó. Cho dù bạn tin vào cách hiểu Copenhagen trong đó vũ trụ phân tách thành một số vô hạn bản sao, hay cách hiểu Bohm trong đó các tín hiệu truyền đi nhanh hơn ánh sáng hay thậm chí, mới đây hơn, cách hiểu kĩ yếu trong đó các tín hiệu truyền ngược dòng thời gian, thì không thành vấn đề. Cho đến nay, người ta chưa nghĩ ra thí nghiệm nào phân biệt giữa những quan điểm khác biệt này. Cái duy nhất chúng ta dám chắc chắn là cơ học lượng tử không có một sự lí giải chung đơn giản.

Theo quan điểm của tôi, việc nói ý nghĩa của các phương trình toán học mô tả thực tại ở cấp độ cơ bản nhất của nó là không quan trọng, và toàn bộ những cái chúng ta quan tâm là những con số mà chúng ta thu được bằng cách giải những phương trình này, là một lối thoát. Trong hơn mười năm qua, tôi, và một số nhà vật lý đang trưởng thành, trở nên bị thuyết phục rằng không phải cách hiểu nào của cơ học lượng tử cũng có thể đúng. Tự nhiên hành xử theo một kiểu nhất định và thực tế chúng ta chưa tìm ra cái gì đang diễn ra là cái chúng ta phải ưu tiên giải quyết. Chẳng hạn, hoặc là Vũ trụ phân tách thành nhiều bản sao của chính nó, hoặc là không như vậy. Thật may mắn cho chúng ta nếu chúng ta không thể tìm ra xem điều này có xảy ra hay không, nhưng chúng ta không nên ngừng nỗ lực tìm kiếm. Có lẽ chúng ta không bao giờ thành công trong việc tìm thấy cái gì đang thật sự diễn ra, nhưng có cái gì đó đang diễn ra. Tôi tin rằng một ngày nào đó chúng ta sẽ tìm thấy.

Khi còn là sinh viên, thần tượng của tôi là John Bell, một nhà vật lý lý thuyết người Ireland và là một trong những chuyên gia hàng đầu của thế kỷ hai mươi về cơ học lượng tử. Ông cũng là tiếng nói phân giải khi cách hiểu của cơ học lượng tử cần đến nó, trong chừng mực mà tôi bình chọn. Vào thập niên 1920, hai nhà khổng lồ của ngành vật lý, Neils Bohr và Einstein, đã có một cuộc tranh cãi dai dẳng, kịch liệt về ý nghĩa của lý thuyết mới khi ấy. Einstein cho rằng cơ học lượng tử không thể là ngôn từ cuối cùng và phải có cái gì đó còn thiếu, còn Bohr khẳng định rằng cơ học lượng tử cho chúng ta biết tất tần tật mọi thứ chúng ta có thể biết về tự nhiên. Bohr bị thuyết phục rằng các lý thuyết vật lý không mô tả thực tại trực tiếp mà chỉ mô tả cái chúng ta có thể *biết* về thực tại. Phiên bản cơ học lượng tử của ông được gọi là quan điểm Copenhagen vì đó là nơi đặt trụ sở làm việc của ông. Mặt khác, Einstein cảm thấy một lý thuyết tốt phải có tính bản thể ở chỗ nó mô tả thực tại thật sự là ra sao. Cơ học lượng tử không nên phân chia phe phái như thế. Thường người ta biết rằng Bohr đã thắng cuộc tranh cãi đó và kể từ đấy các thế hệ nhà vật lý đã đi theo trường phái Copenhagen.

Tôi là một vị khách thường xuyên đến thăm Viện Niels Bohr ở Copenhagen, nơi nhiều nghiên cứu vẫn đang diễn ra ngày nay. Từ bên ngoài, trông nó có chút là lạ gồm một tập hợp những tòa nhà nhỏ bé hắt đi vì đứng cạnh một bệnh viện to ở gần bên. Tuy nhiên, ở bên trong, khách khứa dễ đi lạc giữa vô số đường hầm và hành lang dưới lòng đất nối các tòa nhà với nhau. Tuy nhiên, nguồn cảm hứng thật sự của tôi đến từ việc thả bộ trong công viên phía sau viện nơi Bohr và những nhà khổng lồ khác của nền vật lý học đầu thế kỷ hai mươi dành phần nhiều thời gian cố gắng luận ra những hàm ý lạ lẫm của cơ học lượng tử mới.

John Bell thuộc về thế hệ sau này. Tôi có nghe ông giảng ở một số dịp trong đó ông luôn nói rằng những ai cố bám lấy quan điểm Copenhagen là giống như những con đà điểu vùi đầu trong cát, không dám hỏi tới ý nghĩa sâu xa hơn của cơ học lượng tử, mà thỏa mãn

với việc mù quáng tuân thủ những quy tắc hoạt động suôn sẻ của nó. Điều này khiến Bell không thích vì ông cảm thấy vật lý học nên cố gắng tìm hiểu ý nghĩa sâu xa hơn của những cái đang diễn ra trong tự nhiên.

Tuy nhiên, Bell chẳng phải là kẻ ngoài lề. Ông là một trong những nhân vật được trọng vọng nhất trong thế giới vật lý kể từ đầu thập niên 1960 và đã có một số khám phá thuộc loại quan trọng nhất trong vật lý hiện đại. Tôi tình cờ gặp ông lần cuối tại một cuộc họp của Hội Vật lý Hoa kỳ ở Baltimore vào năm 1989, một năm trước khi ông qua đời. Tôi có dự một cuộc họp bên lề về những nền tảng của cơ học lượng tử trong đó người thuyết trình đề xuất một số cách hiểu mới, và rõ ràng không đáng tin. Tôi để ý thấy John Bell cũng có mặt trong hàng khán giả. Cuối buổi sáng hôm đó, tôi có dịp một mình đi thang máy với Bell lên sảnh cà phê trên tầng thượng của tòa nhà hội nghị. Để bắt chuyện với một nhân vật lớn, tôi đã hỏi xem ông nghĩ gì về bài thuyết trình vừa mới kết thúc.

“Ồ, rõ ràng anh ta sai rồi,” ông cười, “anh ta rõ ràng chẳng có chút nhận thức nào về bài toán helium.”

“Rõ ràng là không,” tôi cười hăm hở, tự hỏi bài toán helium là cái quái gì thế không biết, nhưng tôi nhìn ra là ông biết tôi hoàn toàn tán thành ý kiến của ông.

Tôi nhớ có lần hỏi Bell một câu sau một bài giảng tại trường Queen Mary College London. Ông vừa có phần trình bày rằng ông là một fan của cách hiểu của David Bohm của cơ học lượng tử mô tả toàn bộ Vũ trụ kết nối đan xen với nhau trên cấp độ lượng tử đến mức cái xảy ra với một nguyên tử ở đây trên Trái đất có thể ảnh hưởng tức thời đến một nguyên tử khác ở một thiên hà khác. Loại kết nối này giữa tất cả các hạt trong Vũ trụ được gọi là phi định xứ, hay tác dụng xa, và sẽ đòi hỏi một số kiểu truyền tín hiệu phải truyền nhanh hơn ánh sáng. Nhưng chắc chắn, tôi hỏi Bell, điều này vi phạm thuyết tương đối đặc biệt Einstein. Ông trả lời rằng ông thà bỏ thuyết tương đối chứ không bỏ thực tại, đó là cái giá mà người ta phải trả nếu tin vào quan điểm Copenhagen. Bạn thấy đó, theo Bohm, thậm chí chẳng có cái gì tồn tại trong thế giới lượng tử cho đến khi chúng ta đo nó và quan sát nó, và vì mọi thứ rốt cuộc được cấu tạo từ những vật lượng tử, nên chẳng có cái gì (không kể trang tiếp theo của quyển sách này) tồn tại cho đến khi chúng ta nhìn vào nó. Bell cho rằng nếu không đúng như vậy, thì chúng ta sẽ biết vẽ ở đâu đường ranh giới giữa thế giới vi mô tuân theo các quy tắc lượng tử và thế giới vĩ mô của cuộc sống hàng ngày?

Thiên văn học và chiêm tinh học

Cách thức mà nhiều nhà vật lý và triết học ngày nay phân chia phe phái vì ý nghĩa của cơ học lượng tử có phần giống như những đức tin tôn giáo khác nhau. Một số người bảo vệ quan điểm của họ một cách nồng nhiệt và cho rằng bất cứ ai có quan điểm khác với quan điểm của họ là sai lầm một cách ngu ngốc. Một số người khác thì bất khả tri ở chỗ họ không thể quyết định nên “tin vào” phiên bản nào của cơ học lượng tử. Vì cách hiểu ưa thích của một người nào đó là cái không thể được chứng minh, quan điểm đối lập lại cũng không thể bị bác bỏ, nên nó trở thành vấn đề đức tin. Đây không phải là con đường khoa học nên đi, hay nói chung khoa học không là như thế. Trích dẫn sau đây là từ nhà vật lý Michio Kaku trong quyển *Siêu không gian* của ông:

“Một số người kết tội các nhà khoa học đang sáng tạo ra một lý thuyết thần học mới dựa trên toán học; nghĩa là chúng ta đã bác bỏ tính thần thoại của tôn giáo, chỉ đi theo một thứ tôn giáo còn lạ lẫm hơn nữa xây dựng trên không thời gian cong, các đối xứng hạt và sự giãn nở vũ trụ. Trong khi các vị linh mục có thể cầu kinh bằng tiếng Latin mà những người khác khó hiểu, thì các nhà vật lý cầu kinh bằng những phương trình bí ẩn thậm chí còn có ít người hiểu hơn. “Niềm tin” vào một Đức Chúa toàn năng giờ bị thay thế bởi “niềm tin” vào cơ học lượng tử và thuyết tương đối tổng quát.”

Vậy thì làm thế nào những người không làm khoa học có thể dám chắc chắn vào những cái mà các nhà khoa học cho họ biết?

Trước tiên, không nên nghĩ rằng vật lý học đang mở ra một cánh cửa hoài nghi và bất định, hay sự mô tả của chúng ta về thực tại chỉ là vấn đề khẩu vị của từng người. Hôm nay là Thứ năm vì thế tôi tin vào những vũ trụ song song, ngày mai tôi sẽ mang vớ xanh may mắn nên tôi sẽ dừng cảm theo đuổi quan điểm tồn tại các dây vũ trụ, và vân vân. Khoa học là đi tìm những quy luật mà tự nhiên tuân theo, khám phá một lý thuyết rồi sau đó kiểm tra nó nhiều lần xem nó có là một mô tả đúng của thực tại hay không. Nếu nó thất bại thì nó bị bác bỏ. Nhiều người không làm khoa học thường nghĩ chúng ta có tư duy quá hẹp hòi và tin tưởng mù quáng vào những quan điểm mới và những khả năng mới, nhất là khi nó đến cùng với những thứ như những hiện tượng huyền bí. Tuy nhiên, khi nói rằng một tinh thể nhất định có sức mạnh chữa bệnh thần kỳ hay nó có khả năng phản ứng với một loại năng lượng siêu linh nào đó, một nhà khoa học sẽ muốn biết dạng năng lượng này là cái gì, và sức mạnh tiềm ẩn của nó có thể giải thích được theo định luật đã biết của tự nhiên hay không? Có thể nhân bản nó hay không? Có thể đo nó hay không? Nếu nó là một năng lượng mới hay một lực mới thì những tính chất của nó có thể hiểu được hay không? Sự thật đơn giản và dễ hiểu

là, cho đến nay, và hãy tin tôi nhiều người đã tìm kiếm trong hơn một trăm năm qua rồi, không có bằng chứng khoa học nào cho bất kì một hiện tượng siêu linh nào hết. Đây không phải là không cố gắng tìm hiểu hay do thiếu trí tưởng tượng, hay tư duy chưa đủ độ mở ở phần việc của các nhà khoa học, mà vì tất cả những khẳng định như thế nhanh chóng tan vỡ khi đối mặt trước nhu cầu khắt khe của sự thẩm tra khoa học.

Hãy nhớ rằng các nhà khoa học phải có tư duy mở hoặc là họ sẽ chẳng bao giờ phát hiện ra cái gì mới mẻ, tuy thế họ bị thuyết phục rất nhiều khi đối mặt trước bất kì hiện tượng mới hoặc chưa được giải thích nào đó. Một nhà vật lí bạn bè của tôi, James Christley, thường trích dẫn tặng tôi câu châm ngôn:

“Hãy tư duy mở nhưng đừng mở đến mức não tràn ra ngoài”

Câu này nghe như một lời khuyên. Chúng ta đã tiến một chặng đường dài kể từ kỉ nguyên mê tín và ma thuật. Hàng trăm năm trước, chiêm tinh học có sự tác động mạnh đối với mọi người. Ngày nay, đa số mọi người biết rằng thật phi lí nếu tin rằng một ngôi sao xa xôi nào đó, ánh sáng từ nó phát ra có lẽ đã truyền đi hàng nghìn năm trước khi đi tới chúng ta, lại bằng cách nào đó có sự tác động thật sự lên cuộc sống hàng ngày của chúng ta. Nhưng vào thế kỉ thứ mười sáu, ngay cả các nhà thiên văn học cũng tin vào chiêm tinh học. Một ví dụ khác là nguồn gốc của từ ‘flu’ là viết tắt cho từ Italy ‘influenza’ nghĩa là “ảnh hưởng” của các hành tinh, vì người ta tin rằng chúng ảnh hưởng đến cuộc sống của chúng ta. Bạn có tin như thế không hay bạn có chấp nhận rằng có một cái gì đó như virus flu không?

Khoa học mang lại sự tiến bộ cho mọi thời đại, và những tiến bộ đó hướng đến sự thật và sự khai sáng. Con đường khoa học không phải lúc nào cũng thẳng, và thỉnh thoảng chúng ta lại đi vào ngõ cụt, nhưng nói chung chúng ta đã tạo nên sự tiến bộ hết sức ấn tượng. Vì tôi còn có kế hoạch sống và làm việc trong nửa đầu thế kỉ hai mươi mốt, nên tôi hi vọng trong thời gian đó chúng ta sẽ tìm thấy Vũ trụ vẫn chứa trong nó nhiều bất ngờ đối với chúng ta.

Sức hấp dẫn của khoa học

Khi một số đồng nghiệp của tôi lần đầu nhìn thấy tôi viết một quyển sách về lỗ sâu đục và cỗ máy thời gian – hãy nhớ rằng là những lỗ đen đáng kính – họ đã tạt một gáo nước lạnh lên dự án, khẳng định rằng nó không phải là *vật lí đích thực*, rằng tôi đang buôn bán mớ kiến thức đại chúng tầm thường. Đây là chất liệu thuộc nhóm X-Files và không có chỗ đứng trong nền khoa học nghiêm túc.

Đúng là tôi không cần tóm lấy những câu hỏi sâu sắc và nổi cộm như Vũ trụ đã xuất hiện *như thế nào* và *tại sao* để truyền đạt hứng thú của nền vật lý thế kỉ hai mươi. Nếu chúng ta nhìn kĩ lưỡng xung quanh mình, ta thấy toàn bộ thế giới chứa đầy nghi vấn. Tại sao tôi không viết về điều đó? Tại sao lại nêu những câu hỏi về cái có thể, hoặc không thể, diễn ra tại chính giữa của một lỗ đen khi mà tôi có thể hỏi những câu đơn giản như ‘Vì sao bầu trời có màu lam?’, ‘Vì sao nó không có màu xanh lục hay màu vàng?’. Thật không may, cái khiến tôi buồn không phải là đa số mọi người không biết câu trả lời cho câu hỏi này, mà có lẽ vì họ chẳng quan tâm. Dầu sao, quyển sách này là sự chia sẻ niềm hứng thú cả đời của tôi với khái niệm thời gian.

Các nhà khoa học là một loài giống lạ. Không, tôi không có ý nói chúng tôi là những kẻ lập dị không giống ai trong xã hội, mà muốn nói chúng tôi vẫn giữ cái tính con trẻ ở niềm khao khát không bao giờ thỏa mãn muốn biết “tại sao”. Tôi thấy thật phi thường khi mà các nguyên tử cấu tạo nên cơ thể của tôi đã được tạo ra ở bên trong một ngôi sao xa xôi nào đó hồi hàng tỉ năm về trước; rồi một ngôi sao phát nổ dưới dạng sao siêu mới, vương vãi mớ tro tàn của nó ra khắp vũ trụ. Một phần tro bụi này sau đó dần dần ngưng lại với nhau, nóng lên trở lại để sinh ra một ngôi sao mới, Mặt trời của chúng ta, và các hành tinh của nó. Nếu bạn không thấy sợ chút nào trước điều này, thì chúng ta là những người rất khác rồi. Nhưng, ôi chao, khoa học không thể làm xoay chuyển hết thảy mọi người chúng ta; còn có quá nhiều cái khác đang diễn ra, và cuộc sống thật là ngắn ngủi.

Tôi cho rằng những câu hỏi về ý nghĩa của thời gian, nó có trôi hay không, quá khứ và tương lai có đồng thời tồn tại với hiện tại hay không và một ngày nào đó chúng ta sẽ có thể đến thăm chúng hay không là những câu hỏi vượt quá sự hiểu kì khoa học. Theo một nghĩa nào đó, điều đó khiến quyển sách này thật dễ viết vì tôi chẳng phải vất vả thuyết phục bạn rằng vấn đề đang trình bày là có sức hấp dẫn.

Nói tới thời gian, có lẽ đã tới lúc tôi nên kết thúc tập sách này và dành chút thời gian quý báu lừ lừ trôi kia cho gia đình của mình. Nhưng tôi có thu được cái tôi sắp làm hay không đây? Sự du hành thời gian về quá khứ có lẽ không bao giờ là có thể, các lỗ sâu đục có lẽ không tồn tại trong Vũ trụ của chúng ta, và chẳng có cái gì ở “phía bên kia” của một lỗ đen cả. Nhưng tôi muốn giải thích rõ ràng với những người không làm khoa học một số khái niệm nổi cộm nhất của không gian và thời gian, và nếu chúng có thể hấp dẫn hơn và dễ được chấp nhận hơn qua việc trình bày về việc xây dựng một cỗ máy thời gian, vậy thì tại sao lại không chứ?

Tôi hi vọng quyển sách này vừa mang tính giải trí vừa cung cấp thông tin hữu ích. Tôi không hề bắt tay vào viết phần giới thiệu về thuyết tương đối, nhưng cái tôi đã mang đến cho bạn, tôi hi vọng thế, là một cái nhìn thoáng qua về nền vật lý hiện đại trông như thế

nào và cơ hội sẽ chia cùng tôi niềm hứng khởi của việc suy ngẫm một số câu hỏi sâu sắc nhất của sự tồn tại. Tôi hi vọng bạn thích quyển sách này.

HẾT

LỖ ĐEN, LỖ SÂU ĐỤC VÀ CỔ MÁY THỜI GIAN

JIM AL-KHALILI

(Trần Nghiêm dịch)

Sách download miễn phí tại <http://thuvienvatly.com>

