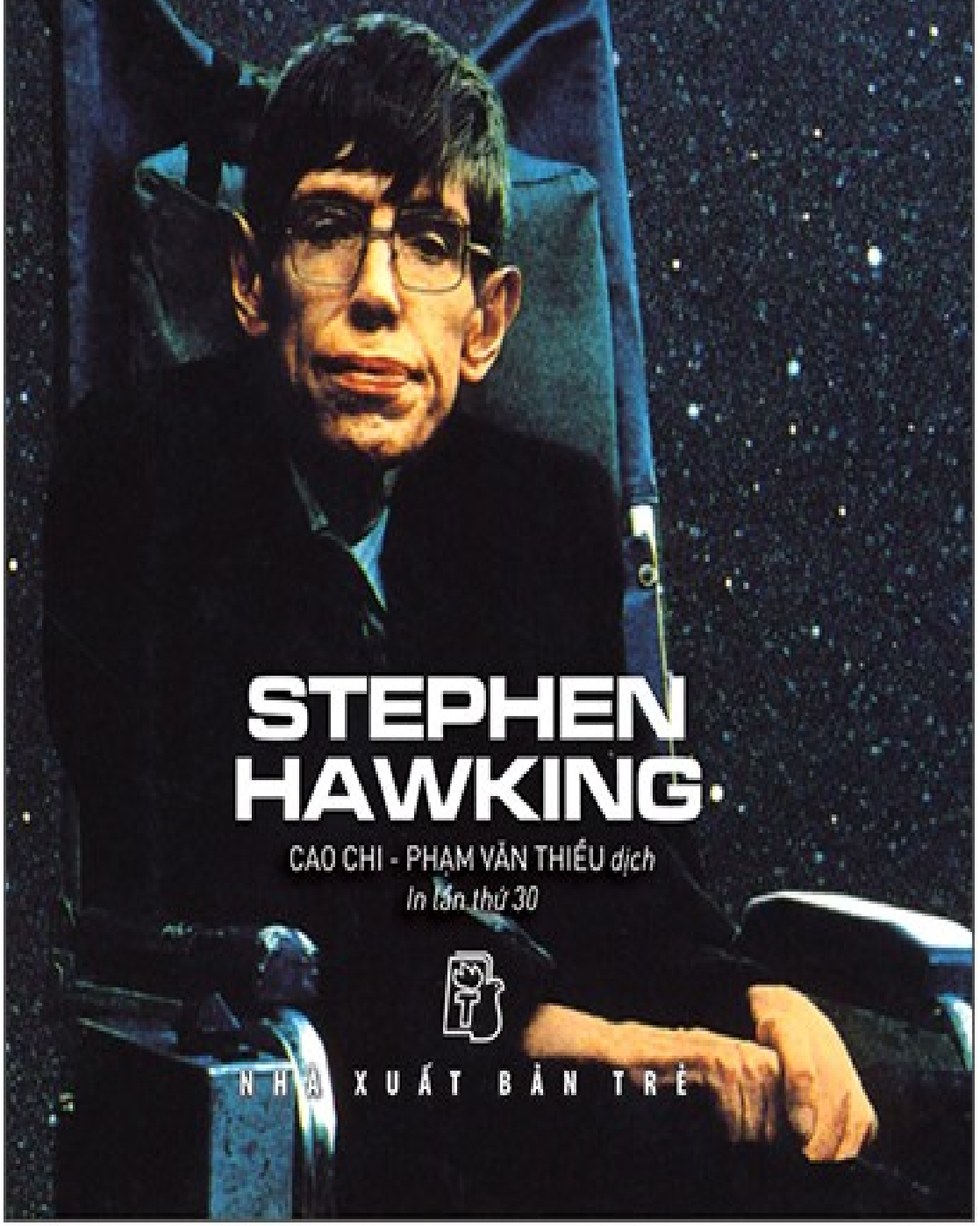
KHOA HỌC KHÁM PHÁ

LƯỢC SỬ THỜI GIAN

A BRIEF HISTORY OF TIME



STEPHEN HAWKING

CAO CHI - PHẠM VĂN THIỀU *dịch*

In lần thứ 30

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

Lược sử thời gian

Stephen Hawking

Chào mừng các bạn đón đọc đầu sách từ dự án sách cho thiết bị di động

Thư Viện Sách
www.thuviensach.net

Mục lục

Mở đầu
Chương 1
Chương 2
Chương 3
Chương 4
Chương 5
Chương 6
Chương 7
Chương 8
Chương 9
Chương 10
Chương 11
ALBERT EINSTEIN
GALILEO GALILEI
ISAAC NEWTON
Thuật ngữ
Lược sử về “một lược sử”
VŨ TRỤ TUẦN HOÀN
ĐẤU TRANH SINH TỒN
CHA ĐỠ ĐẦU CỦA KỶ NGUYÊN NGUYÊN TỬ

Thư Viện Sách
www.thuviensach.net

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Mở đầu

Lời cảm ơn của Stephen Hawking

Lời cảm ơn sau đây được in trong lần xuất bản đầu tiên của cuốn "Lược sử thời gian", nhà xuất bản Batam Books, 1987.

Tôi đã quyết định thử viết một cuốn sách phổ thông về không gian và thời gian sau khi đã đọc một loạt bài giảng ở Đại học Harvard năm 1982. Trước đó, cũng đã có khá nhiều cuốn sách viết về giai đoạn đầu của vũ trụ và các lỗ đen, từ những cuốn sách rất hay như cuốn “Ba phút đầu tiên” của Steven Weinberg (Bản dịch tiếng Việt của Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật ra mắt năm 1982 - VnExpress), cho tới những cuốn rất tồi mà tôi không muốn nhắc tên ở đây. Tuy nhiên, tôi cảm thấy chưa có cuốn nào đề cập đến những vấn đề đã dẫn tôi đi nghiên cứu vũ trụ học và lý thuyết lượng tử như: Vũ trụ ra đời từ đâu? Nó bắt đầu như thế nào và tại sao lại như vậy? Nó có kết thúc không, và nếu có thì sẽ kết thúc như thế nào? Đó là những vấn đề mà tất cả chúng ta đều quan tâm. Nhưng khoa học hiện đại đã trở nên chuyên sâu tới mức chỉ có một số ít chuyên gia nắm vững những công cụ toán học được dùng để mô tả chúng mới có thể hiểu được chúng. Tuy nhiên, những ý tưởng cơ bản về nguồn gốc và số phận của vũ trụ vẫn có thể trình bày dưới dạng phổ thông cho những người không thuộc giới khoa học cũng có thể hiểu được mà không cần tới toán học. Đó là mục tiêu mà tôi muốn thực hiện trong cuốn sách này. Mục tiêu đó có đạt được hay không, xin để bạn đọc phán xét.

Có ai đó nói với tôi rằng, mỗi một phương trình mà tôi đưa vào cuốn sách sẽ làm giảm số lượng bán đi một nửa. Do đó, tôi quyết định sẽ hoàn toàn không dùng đến một phương trình nào. Tuy nhiên, cuối cùng tôi cũng đành phải đưa vào một phương trình, đó là phương trình nổi tiếng của Einstein E =mc2. Tôi hy vọng nó sẽ không làm cho một số bạn đọc tiềm tàng của tôi phải hoảng sợ.

Ngoại trừ căn bệnh ALS (bệnh liệt toàn thân), hay bệnh về thần kinh chuyển động, ở hầu hết các phương diện khác, tôi là một người may mắn. Nhờ sự giúp đỡ và hỗ trợ của Jane, vợ tôi và các con Robert, Lucy và Timmy mà tôi có thể sống gần như bình thường và có một sự nghiệp thành công. Tôi còn may mắn ở một điểm nữa là tôi đã chọn vật lý lý thuyết, vì tất cả chỉ được làm trong trí óc. Do đó bệnh tật của tôi không phải là một sự tàn phế quá nghiêm trọng. Tất nhiên, những đồng nghiệp cũng đã giúp đỡ tôi rất nhiều.

Trong giai đoạn đầu tiên, giai đoạn "cổ điển" của con đường sự nghiệp, những người bạn và cộng sự chính của tôi là Roger Penrose, Robert Geroch, Brandon Carter và George Elis. Tôi rất biết ơn sự giúp đỡ mà họ đã dành cho tôi, và về công việc mà chúng tôi cùng tiến hành với nhau. Giai đoạn này đã được đúc kết thành cuốn sách "Cấu trúc ở thang vĩ mô của không - thời gian" do Elis và tôi viết năm 1973. Tôi không có ý định khuyên độc giả tìm đọc cuốn sách đó để lấy thêm thông tin, bởi vì nó quá chuyên sâu và tương đối khó đọc. Tôi hy vọng rằng từ khi viết cuốn sách đó đến nay, tôi đã học được cách viết sao cho dễ hiểu hơn.

Trong giai đoạn thứ hai, giai đoạn "lượng tử" của con đường sự nghiệp của tôi, từ năm 1974, các cộng sự chính của tôi là Gary, Gibsons, Don Page và Jim Hartle. Tôi phải mang ơn họ và các nghiên cứu sinh của tôi rất nhiều vì sự giúp đỡ to lớn của họ đối với

tôi. Sự tiếp xúc với sinh viên luôn kích thích tôi mạnh mẽ, và tôi hy vọng nó đã giúp tôi tránh được những con đường mòn.

Khi viết cuốn sách này, tôi đã nhận được sự giúp đỡ lớn của Brian Whitt, một sinh viên của tôi. Tôi bị sưng phổi năm 1985, sau khi đã viết song bản thảo đầu tiên. Tôi đã phải phẫu thuật mở khí quản. Sau phẫu thuật, tôi mất khả năng phát âm, và do đó, hầu như không còn khả năng giao tiếp nữa. Tôi nghĩ sẽ không thể hoàn thành được cuốn sách. Nhưng Brian không chỉ giúp tôi sửa lại bản thảo mà còn giúp tôi sử dụng chương trình giao tiếp có tên là Living Center do Walt Woltosz thuộc World Plus Inc. ở Sunnyvale, California tặng cho tôi. Với chương trình đó, tôi vừa có thể viết sách báo, vừa có thể giao tiếp với mọi người bằng một máy tổng hợp tiếng nói do Speech Plus, cũng ở Sunnyvale, California, tặng cho tôi. Máy tổng hợp tiếng nói đó và một máy vi tính được David Manson lắp ngay trên chiếc xe đẩy của tôi. Hệ thống này đã làm được một chuyện hoàn toàn bất ngờ: thực tế bây giờ tôi có thể giao tiếp còn tốt hơn so với khi tôi chưa bị mất tiếng nói.

Tôi cũng đã nhận được nhiều đề nghị hoàn thiện cuốn sách từ nhiều người đã xem bản thảo sơ bộ của nó. Đặc biệt, ông Peter Guzzardi, biên tập viên của tôi ở nhà xuất bản Bantam Books đã gửi cho tôi rất nhiều trang nhận xét và yêu cầu về những điểm ông cảm thấy tôi giải thích chưa thật thỏa đáng lắm. Tôi cũng phải thú nhận rằng tôi đã cảm thấy rất bực mình khi nhận được những bản liệt kê dài gồm những điều cần phải sửa đổi, nhưng ông đã hoàn toàn có lý. Tôi tin chắc rằng cuốn sách sở dĩ hay hơn chính là do ông đã bắt tôi phải làm việc cận lực.

Tôi cũng rất cảm ơn những trợ tá của tôi: Colin Williams, David Thomas và Raymond Laflamme; các thư ký Judy Fella, Ann Ralph,

Cheryl Billington và Sue Masey; cũng như đội ngũ các hộ lý của tôi. Cuốn sách này cũng không thể ra đời nếu không có sợ hỗ trợ cho cho nghiên cứu và chi phí y tế của tôi từ Trường Gonville và Caius, từ Hội đồng nghiên cứu khoa học và kỹ thuật, cũng như các Quỹ Leverhulme, Mcarthur, Nuffield và Ralph Smith. Tôi xin tỏ lòng biết ơn đối với các cơ quan đó.

Stephen Hawking
Ngày 20 tháng 10 năm 1987

Thư Viện Sách
www.thuviensach.net

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 1

Bức tranh của chúng ta về vũ trụ

Một nhà khoa học nổi tiếng (hình như là Bertrand Russell) một lần đọc trước công chúng một bài giảng về Thiên văn học. Ông đã mô tả trái đất quay quanh mặt trời như thế nào và đến lượt mình, mặt trời lại quay quanh tâm của một quần thể khổng lồ các vì sao - mà người ta gọi là thiên hà - ra sao. Khi bài giảng kết thúc, một bà già nhỏ bé ngồi ở cuối phòng đứng dậy và nói: “Anh nói với chúng tôi chuyện nhảm nhí gì vậy? Thế giới thực tế chỉ là một cái đĩa phẳng tựa trên lưng một con rùa khổng lồ mà thôi”. Nhà khoa học mỉm một nụ cười hạ cố trước khi trả lời: “Thế con rùa ấy tựa lên cái gì?”. “Anh thông minh lắm, anh bạn trẻ ạ, anh rất thông minh”, bà già nói, “nhưng những con rùa cứ xếp chồng lên nhau mãi xuống dưới, chứ còn sao nữa”.

Nhiều người chắc thấy rằng bức tranh về vũ trụ của chúng ta như một cái thang vô tận gồm những con rùa chồng lên nhau là chuyện khá nực cười, nhưng tại sao chúng ta lại nghĩ rằng chúng ta hiểu biết hơn bà già nhỏ bé kia? Chúng ta đã biết gì về vũ trụ và bằng cách nào chúng ta biết về nó? Vũ trụ tới từ đâu và nó sẽ đi về đâu? Vũ trụ có điểm bắt đầu không và nếu có thì điều gì xảy ra trước đó? Bản chất của thời gian là gì? Nó có điểm tận cùng không? Những đột phá mới đây trong vật lý học - một phần nhờ những công nghệ mới tuyệt xảo - đã đưa ra câu trả lời cho một số câu hỏi tồn tại dai dẳng từ xa xưa vừa nêu ở trên. Một ngày nào đó, rất có thể những

câu trả lời này sẽ trở nên hiển nhiên đối với chúng ta như chuyện trái đất quay xung quanh mặt trời hoặc cũng có thể trở nên nực cười như chuyện tháp những con rùa. Chỉ có thời gian (dù cho có thế nào đi nữa) mới có thể phán quyết.

Từ rất xa xưa, khoảng năm 340 trước công nguyên, nhà triết học Hy Lạp Aristotle, trong cuốn sách của ông nhan đề "Về Bầu trời", đã đưa ra hai luận chứng sáng giá chứng minh rằng trái đất có hình cầu chứ không phải là cái đĩa phẳng. Thứ nhất, ông thấy rằng hiện tượng nguyệt thực là do trái đất xen vào giữa mặt trời và mặt trăng. Mà bóng của trái đất lên mặt trăng luôn luôn là tròn, điều này chỉ đúng nếu trái đất có dạng cầu. Nếu trái đất là một cái đĩa phẳng thì bóng của nó phải dẹt như hình elip, nếu trong thời gian có nguyệt thực mặt trời không luôn luôn ở ngay dưới tâm của cái đĩa đó. Thứ hai, từ những chuyến du hành của mình, người Hy Lạp biết rằng sao Bắc đẩu nhìn ở phương nam dường như thấp hơn khi nhìn ở những vùng phương bắc! (Bởi vì sao Bắc đẩu nằm ngay trên cực bắc, nên nó dường như ở ngay trên đầu người quan sát ở Bắc cực, trong khi đó đối với người quan sát ở xích đạo, nó dường như nằm ngay trên đường chân trời).

Từ sự sai khác về vị trí biểu kiến của sao Bắc đẩu ở Ai Cập so với ở Hy Lạp, Aristotle thậm chí còn đưa ra một đánh giá về chiều dài con đường vòng quanh trái đất là 400.000 stadia. Hiện nay ta không biết chính xác 1 stadia dài bao nhiêu, nhưng rất có thể nó bằng khoảng 200 thước Anh (1 thước Anh bằng 0,914 mét). Như vậy, ước lượng của Aristotle lớn gần gấp 2 lần con số được chấp nhận hiện nay. Những người Hy Lạp thậm chí còn đưa ra một luận chứng thứ 3 chứng tỏ rằng trái đất tròn bởi vì nếu không thì tại sao khi nhìn ra

biển, cái đầu tiên mà người ta nhìn thấy là cột buồm và chỉ sau đó mới nhìn thấy thân con tàu?

Aristotle nghĩ rằng trái đất đứng yên còn mặt trời, mặt trăng, các hành tinh và những ngôi sao chuyển động xung quanh nó theo những quỹ đạo tròn. Ông tin vào điều đó bởi vì ông cảm thấy - do những nguyên nhân bí ẩn nào đó - rằng trái đất là trung tâm của vũ trụ, rằng chuyển động tròn là chuyển động hoàn thiện nhất. Ý tưởng này đã được Ptolemy phát triển thành một mô hình vũ trụ hoàn chỉnh vào thế kỷ thứ 2 sau Công nguyên. Theo mô hình này thì trái đất đứng ở tâm và bao quanh nó là 8 mặt cầu tương ứng mang mặt trăng, mặt trời, các ngôi sao và 5 hành tinh đã biết vào thời gian đó: sao Thủy, sao

Hình 1.1: Mô hình vũ trụ của Aristotle - Ptolemy coi trái đất là trung tâm của vũ trụ.

Kim, sao Hỏa, sao Mộc và sao Thổ (Hình 1.1). Chính các hành tinh lại phải chuyển động trên những vòng tròn nhỏ hơn gắn với các mặt cầu tương ứng của chúng để phù hợp với đường đi quan sát được tương đối phức tạp của chúng trên bầu trời. Mặt cầu ngoài cùng mang các thiên thể được gọi là các ngôi sao cố định, chúng luôn luôn ở những vị trí cố định đối với nhau, nhưng lại cùng nhau quay ngang qua bầu trời. Bên ngoài mặt cầu cuối cùng đó là cái gì thì mô hình đó không bao giờ nói một cách rõ ràng, nhưng chắc chắn nó cho rằng đó là phần của vũ trụ mà con người không thể quan sát được.

Mô hình của Ptolemy đã tạo ra được một hệ thống tương đối chính xác để tiên đoán vị trí của các thiên thể trên bầu trời. Nhưng để tiên đoán những vị trí đó một cách hoàn toàn chính xác, Ptolemy đã phải

đưa ra giả thuyết rằng mặt trăng chuyển động theo một quỹ đạo đôi khi đưa nó tới gần trái đất tới 2 lần nhỏ hơn so với ở những thời điểm khác. Ptolemy đành phải chấp nhận điểm yếu đó, nhưng dẫu sao về đại thể, là có thể chấp nhận được. Mô hình này đã được nhà thờ Thiên chúa giáo chuẩn y như một bức tranh về vũ trụ phù hợp với Kinh Thánh, bởi vì nó có một ưu điểm rất lớn là để dành khá nhiều chỗ ở ngoài mặt cầu cuối cùng của các ngôi sao cố định cho thiên đường và địa ngục.

Tuy nhiên, một mô hình đơn giản hơn đã được một mục sư người Ba Lan, tên là Nicholas Copernicus đề xuất vào năm 1554. (Thoạt đầu, có lẽ vì sợ nhà thờ quy là dị giáo, Copernicus đã cho lưu hành mô hình của mình như một tác phẩm khuyết danh). Ý tưởng của ông là mặt trời đứng yên, còn trái đất và những hành tinh chuyển động theo những quỹ đạo tròn xung quanh mặt trời. Phải mất gần một thế kỷ, ý tưởng này mới được chấp nhận một cách thực sự. Hai nhà thiên văn - một người Đức tên là Johannes Kepler và một người Italy tên là Galileo Galilei - đã bắt đầu công khai ủng hộ học thuyết Copernicus, mặc dù những quỹ đạo mà nó tiên đoán chưa ăn khớp hoàn toàn với những quỹ đạo quan sát được. Và vào năm 1609 một đòn chí mạng đã giáng xuống học thuyết Aristotle - Ptolemy. Vào năm đó, Galileo bắt đầu quan sát bầu trời bằng chiếc kính thiên văn của ông vừa phát minh ra. Khi quan sát sao Mộc, Galileo thấy rằng kèm theo nó còn có một số vệ tinh hay nói cách khác là những mặt trăng quay xung quanh nó. Điều này ngụ ý rằng không phải mọi thiên hà đều nhất thiết phải trực tiếp quay xung quanh trái đất, như Aristotle và Ptolemy đã nghĩ. (Tất nhiên vẫn có thể tin rằng trái đất đứng yên ở trung tâm của vũ trụ và các mặt trăng của sao Mộc chuyển động theo những quỹ đạo cực kỳ phức tạp khiến ta có cảm

tưởng như nó quay quanh sao Mộc. Tuy nhiên học thuyết của Copernicus đơn giản hơn nhiều). Cùng thời gian đó, Kepler đã cải tiến học thuyết của Copernicus bằng cách đưa ra giả thuyết rằng các hành tinh không chuyển động theo đường tròn mà theo đường elip. Và những tiên đoán bấy giờ hoàn toàn ăn khớp với quan sát.

Đối với Kepler, các quỹ đạo elip đơn giản chỉ là một giả thuyết tiện lợi và chính thế nó càng khó chấp nhận bởi vì các elip rõ ràng là kém hoàn thiện hơn các vòng tròn. Khi phát hiện thấy gần như một cách ngẫu nhiên rằng các quỹ đạo elip rất ăn khớp với quan sát, Kepler không sao dung hòa được nó với ý tưởng của ông cho rằng các hành tinh quay quanh mặt trời là do các lực từ. Điều này phải mãi tới sau này, vào năm 1867, mới giải thích được, khi Isaac Newton công bố tác phẩm Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Những nguyên lý toán học của triết học tự nhiên) của ông. Có lẽ đây là công trình vật lý học quan trọng bậc nhất đã được xuất bản từ trước đến nay. Trong công trình này, Newton không chỉ đưa ra một lý thuyết mô tả sự chuyển động của các vật trong không gian và thời gian, mà ông còn phát triển một công cụ toán học phức tạp dùng để phân tích các chuyển động đó. Hơn thế nữa, Newton còn đưa ra một định luật về hấp dẫn vũ trụ mà theo đó mỗi một vật trong vũ trụ đều được hút bởi một vật khác bằng một lực càng mạnh nếu hai vật càng nặng và càng ở gần nhau. Chính lực này đã buộc các vật phải rơi xuống đất.(Câu chuyện kể rằng, do có quả táo rơi trúng đầu mà Newton đã cảm hứng phát minh ra định luật hấp dẫn vũ trụ chắc chắn chỉ là chuyện thêu dệt. Tất cả những điều mà Newton nói ra chỉ là: ý tưởng về hấp dẫn đến với ông khi đang ngồi ở “trạng thái chiêm nghiệm” và “được nảy sinh bởi sự rơi của quả táo”). Newton đã chỉ ra rằng theo định luật của ông, lực hấp dẫn sẽ

làm cho mặt trăng chuyển động theo quỹ đạo elip xung quanh trái đất và các hành tinh chuyển động theo quỹ đạo elip xung quanh mặt trời.

Mô hình Copernicus đã vứt bỏ những thiên cầu của Ptolemy và cùng với chúng vứt bỏ luôn ý tưởng cho rằng vũ trụ có một biên giới tự nhiên. Vì "những ngôi sao cố định" dường như không thay đổi vị trí của chúng trừ sự quay xung quanh bầu trời do trái đất quay xung quanh trục của nó, nên sẽ là hoàn toàn tự nhiên nếu giả thiết rằng các ngôi sao cố định là những thiên thể giống như mặt trời của chúng ta, nhưng ở xa hơn rất nhiều. Căn cứ vào lý thuyết hấp dẫn của mình, Newton thấy rằng do các ngôi sao hút nhau nên về căn bản chúng không thể là đứng yên được. Vậy liệu chúng có cùng rơi vào một điểm nào đó không? Trong bức thư viết năm 1691 gửi Richard Bentley, cũng là một nhà tư tưởng lỗi lạc thời đó, Newton đã chứng tỏ rằng điều đó thực tế có thể xảy ra nếu chỉ có một số hữu hạn các ngôi sao được phân bố trong một vùng hữu hạn của không gian. Nhưng mặt khác, ông cũng chỉ ra rằng nếu có một số vô hạn các ngôi sao được phân bố tương đối đồng đều trong không gian vô tận thì điều đó không thể xảy ra được, bởi vì khi đó sẽ không có điểm nào là trung tâm để cho chúng rơi vào. Luận chứng này là một ví dụ về những cái bẫy mà ta có thể gặp khi nói về sự vô hạn. Trong vũ trụ vô hạn, mỗi một điểm đều có thể được xem là một tâm, bởi mỗi một điểm đều có một số vô hạn các ngôi sao ở mỗi phía của nó. Cách tiếp cận đúng đắn - mà điều này phải mãi sau này mới có - phải là xem xét một tình trạng hữu hạn trong đó tất cả các ngôi sao sẽ rơi vào nhau và sau đó đặt câu hỏi tình hình sẽ thay đổi như thế nào nếu ta thêm vào một số ngôi sao nữa được phân bố gần như đồng đều ở ngoài vùng đang xét. Theo định luật của Newton thì về

trung bình, những ngôi sao mới thêm vào này cũng hoàn toàn không làm được điều gì khác với những ngôi sao ban đầu, tức là chúng cũng rơi nhanh như vậy. Chúng ta có thể thêm vào bao nhiêu ngôi sao tùy ý, nhưng chúng cũng sẽ rơi sập vào nhau. Bây giờ thì chúng ta hiểu rằng không thể có một mô hình tĩnh vô hạn của vũ trụ trong đó hấp dẫn luôn là lực hút.

Đây là sự phản ánh lý thú về bầu không khí tư tưởng chung của một giai đoạn trước thế kỷ hai mươi, trong đó không một ai nghĩ rằng vũ trụ đang giãn nở hoặc đang co lại. Mọi người đều thừa nhận rằng hoặc vũ trụ tồn tại vĩnh cửu trong trạng thái không thay đổi, hoặc nó được tạo ra ở một thời điểm hữu hạn trong quá khứ đã gần giống chúng ta quan sát thấy hiện nay. Điều này có thể một phần là do thiên hướng của con người muốn tin vào những sự thật vĩnh cửu cũng như sự tiện lợi mà họ tìm thấy trong ý nghĩ rằng vũ trụ là vĩnh cửu và không thay đổi, mặc dù ngay bản thân họ cũng có thể già đi và chết.

Thậm chí ngay cả những người thấy rằng lý thuyết hấp dẫn của Newton chứng tỏ vũ trụ không thể là tĩnh, cũng không nghĩ tới chuyện cho rằng nó có thể đang giãn nở. Thay vì thế, họ lại có ý định cải biến lý thuyết này bằng cách làm cho lực hấp dẫn trở thành lực đẩy ở những khoảng cách rất lớn. Điều này không ảnh hưởng đáng kể đến những tiên đoán của họ về chuyển động của các hành tinh, nhưng lại cho phép một sự dàn trải vô hạn của các ngôi sao còn ở trạng thái cân bằng: những lực hút của các ngôi sao ở gần nhau sẽ được cân bằng bởi lực đẩy từ các ngôi sao ở rất xa. Tuy nhiên, ngày nay chúng ta biết chắc chắn rằng, sự cân bằng đó là không bền: nếu những ngôi sao ở một vùng nào đó chỉ cần xích lại

gần nhau một chút là lực hút giữa chúng sẽ mạnh hơn và lấn át lực đẩy, và thế là các ngôi sao sẽ tiếp tục co lại vào nhau. Mặt khác, nếu những ngôi sao dịch ra xa nhau một chút là lực đẩy sẽ lại lấn át, và các ngôi sao sẽ chuyển động ra xa nhau.

Một phản bác nữa đối với mô hình vũ trụ tĩnh vô hạn thường được xem là của nhà triết học người Đức Heinrich Olbers, người viết về lý thuyết này vào năm 1823. Thực tế thì rất nhiều người đương thời của Newton đã nêu ra vấn đề này, và bài báo của Olbers thậm chí cũng không phải là bài đầu tiên chứa đựng những lý lẽ hợp lý chống lại nó. Tuy nhiên, đây là bài báo đầu tiên được nhiều người chú ý. Khó khăn là ở chỗ trong một vũ trụ tĩnh vô hạn thì gần như mỗi một đường ngắm đều kết thúc trên bề mặt của một ngôi sao. Như thế thì toàn bộ bầu trời sẽ phải sáng chói như mặt trời, thậm chí cả ban đêm. Lý lẽ phản bác của Olbers cho rằng ánh sáng từ các ngôi sao xa sẽ bị mờ nhạt đi do sự hấp thụ của vật chất xen giữa các ngôi sao. Tuy nhiên, dù cho điều đó có xảy ra đi nữa thì vật chất xen giữa cuối cùng sẽ nóng lên, cho đến khi nó cũng phát sáng như những ngôi sao. Con đường duy nhất tránh được kết luận cho rằng toàn bộ bầu trời đêm cũng sáng chói như bề mặt của mặt trời là phải giả thiết rằng, các ngôi sao không phát sáng vĩnh viễn, mà chỉ bật sáng ở một thời điểm hữu hạn nào đó trong quá khứ. Trong trường hợp hợp đó, vật chất hấp thụ còn chưa thể đủ nóng, hay ánh sáng từ các ngôi sao xa chưa kịp tới chúng ta. Và điều này lại đặt ra cho chúng ta một câu hỏi: cái gì đã làm cho các ngôi sao bật sáng đầu tiên?

Sự bắt đầu của vũ trụ, tất nhiên, đã được người ta thảo luận từ trước đó rất lâu. Theo một số lý thuyết về vũ trụ có từ xa xưa, và theo truyền thống của người Do Thái giáo/ Thiên Chúa giáo/ Hồi giáo, thì vũ trụ bắt đầu có từ một thời điểm hữu hạn nhưng chưa

thật quá xa trong quá khứ. Một lý lẽ chứng tỏ có sự bắt đầu đó là cảm giác cần phải có cái "nguyên nhân đầu tiên" để giải thích sự tồn tại của vũ trụ. (Trong vũ trụ, bạn luôn luôn giải thích một sự kiện như là được gây ra bởi một sự kiện khác xảy ra trước đó, nhưng sự tồn tại của chính bản thân vũ trụ chỉ có thể được giải thích bằng cách đó, nếu nó có sự bắt đầu). Một lý lẽ nữa do St. Augustine đưa ra trong cuốn sách của ông nhan đề Thành phố của Chúa. Ông chỉ ra rằng, nền văn minh còn đang tiến bộ, và chúng ta nhớ được ai là người đã thực hiện kỳ công này hoặc ai đã phát triển kỹ thuật kia. Như vậy, con người và có lẽ cả vũ trụ nữa đều chưa thể được trải nghiệm được quá lâu dài. Và đã thừa nhận ngày ra đời của vũ trụ vào khoảng 5.000 năm trước Công nguyên, phù hợp với sách Chúa sáng tạo ra thế giới (phần Sáng thế ký của Kinh Cựu ước). (Điều lý thú là thời điểm đó không quá xa thời điểm kết thúc của thời kỳ băng hà cuối cùng, khoảng 10.000 năm trước Công nguyên, thời điểm mà các nhà khảo cổ nói với chúng ta rằng nền văn minh mới thực bắt đầu).

Mặt khác, Aristotle và các triết gia Hy Lạp khác lại không thích ý tưởng về sự Sáng thế vì nó dính líu quá nhiều tới sự can thiệp của thần thánh. Do đó họ tin rằng loài người và thế giới xung quanh đã tồn tại và sẽ còn tồn tại mãi mãi. Những người cổ đại đã xem xét lý lẽ nêu ở trên về sự tiến bộ và họ giải đáp như sau: đã có nhiều nạn hồng thuỷ hoặc các tai họa khác xảy ra một cách định kỳ đưa loài người tụt lại điểm bắt đầu của nền văn minh.

Những vấn đề: vũ trụ có điểm bắt đầu trong thời gian và có bị giới hạn trong không gian hay không sau này đã được nhà triết học Immannuel Kant xem xét một cách bao quát trong cuốn Phê phán sự suy lý thuần tuý, một công trình vĩ đại (và rất tối nghĩa) của ông,

được xuất bản năm 1781. Ông gọi những câu hỏi đó là sự mâu thuẫn của suy lý thuần tuý, bởi vì ông cảm thấy có những lý lẽ với sức thuyết phục như nhau để tin vào luận đề cho rằng vũ trụ có điểm bắt đầu, cũng như vào phản đề cho rằng vũ trụ đã tồn tại mãi mãi. Lý lẽ của ông bênh vực luận đề là: nếu vũ trụ không có điểm bắt đầu thì trước bất kỳ một sự kiện nào cũng có một khoảng thời gian vô hạn, điều này ông cho là vô lý! Lý lẽ của ông bảo vệ phản đề là: nếu vũ trụ có điểm bắt đầu, thì sẽ có một khoảng thời gian vô hạn trước nó, vậy thì tại sao vũ trụ lại bắt đầu ở một thời điểm nào đó? Sự thật thì những trường hợp ông đưa ra cho cả luận đề và phản đề đều chỉ là một lý lẽ mà thôi. Cả hai đều dựa trên một giả thiết không nói rõ ra cho rằng thời gian lùi vô tận về phía sau bất kể vũ trụ có tồn tại mãi mãi hay không. Như chúng ta sẽ thấy sau này, khái niệm thời gian mất ý nghĩa trước thời điểm bắt đầu của vũ trụ. St. Augustine là người đầu tiên đã chỉ ra điều đó. Khi được hỏi: Chúa đã làm gì trước khi Người sáng tạo ra thế giới? Ông không đáp: Người đang tạo ra Địa ngục cho những kẻ đặt những câu hỏi như vậy. Thay vì thế, ông nói rằng thời gian là một tính chất của vũ trụ mà Chúa đã tạo ra và thời gian không tồn tại trước khi vũ trụ bắt đầu.

Khi mà số đông tin rằng vũ trụ về căn bản là tĩnh và không thay đổi thì câu hỏi nó có điểm bắt đầu hay không thực tế chỉ là một câu hỏi của siêu hình học hoặc thần học. Người ta có thể viện lẽ rằng những điều quan sát được đều phù hợp tốt như nhau với lý thuyết cho rằng nó bắt đầu vận động ở một thời điểm hữu hạn nào đó, theo cách sao cho dường như là nó đã tồn tại mãi mãi. Nhưng vào năm 1929, Edwin Hubble đã thực hiện một quan sát có tính chất là một cột mốc cho thấy dù bạn nhìn ở đâu thì những thiên hà xa xôi cũng đang chuyển động rất nhanh ra xa chúng ta. Nói một cách khác, vũ trụ

đang giãn nở ra. Điều này có nghĩa là, ở những thời gian trước kia các vật gần nhau hơn. Thực tế, dường như là có một thời, mười hoặc hai mươi ngàn triệu năm về trước, tất cả chúng đều chính xác ở cùng một chỗ và do đó mật độ của vũ trụ khi đó là vô hạn. Phát minh này cuối cùng đã đưa câu hỏi về sự bắt đầu vũ trụ vào địa hạt của khoa học.

Những quan sát của Hubble đã gợi ý rằng có một thời điểm, được gọi là vụ nổ lớn, tại đó vũ trụ vô cùng nhỏ và vô cùng đặc (mật độ vô hạn). Dưới những điều kiện như vậy, tất cả các định luật khoa học và do đó mọi khả năng tiên đoán tương lai đều không dùng được.

Nếu có những sự kiện ở trước điểm đó thì chúng không thể ảnh hưởng tới những cái đang xảy ra trong hiện tại. Do đó, sự tồn tại của chúng có thể bỏ qua bởi vì nó không có những hậu quả quan sát được. Người ta có thể nói rằng thời gian có điểm bắt đầu ở vụ nổ lớn, theo nghĩa là những thời điểm trước đó không thể xác định được. Cũng cần nhấn mạnh rằng sự bắt đầu này của thời gian rất khác với những sự bắt đầu đã được xem xét trước đó. Trong vũ trụ tĩnh không thay đổi, sự bắt đầu của thời gian là cái gì đó được áp đặt bởi một Đấng ở ngoài vũ trụ, chứ không có một yếu tố nào cho sự bắt đầu đó cả. Người ta có thể tưởng tượng Chúa tạo ra thế giới ở bất kỳ một thời điểm nào trong quá khứ. Trái lại, nếu vũ trụ giãn nở thì có những nguyên nhân vật lý để cần phải có sự bắt đầu. Người ta vẫn còn có thể tưởng tượng Chúa đã tạo ra thế giới ở thời điểm vụ nổ lớn hoặc thậm chí sau đó theo cách sao cho dường như có vụ nổ lớn, nhưng sẽ là vô nghĩa nếu cho rằng vũ trụ được tạo ra trước vụ nổ lớn. Một vũ trụ giãn nở không loại trừ Đấng sáng tạo, nhưng nó đặt ra những hạn chế khi Người cần thực hiện công việc của mình!

Để nói về bản chất của vũ trụ và thảo luận những vấn đề như: nó có điểm bắt đầu hay kết thúc hay không, các bạn cần hiểu rõ một lý thuyết khoa học là như thế nào. Ở đây, tôi sẽ lấy một quan niệm mộc mạc cho rằng lý thuyết chỉ là một mô hình về vũ trụ, hoặc về một phần hạn chế nào đó, của nó cùng với tập hợp những quy tắc liên hệ các đại lượng của mô hình với quan sát mà chúng ta sẽ thực hiện. Tất nhiên lý thuyết chỉ tồn tại trong đầu của chúng ta chứ không có một thực tại nào khác (dù nó có thể có ý nghĩa gì đi nữa). Một lý thuyết được xem là tốt nếu nó thỏa mãn hai yêu cầu: nó phải mô tả chính xác một lớp rộng lớn những quan sát, trên cơ sở của mô hình chỉ chứa một số ít những phần tử tùy ý; và nó phải đưa ra được những tiên đoán về các quan sát trong tương lai. Ví dụ, lý thuyết của Aristotle cho rằng mọi vật đều được cấu tạo nên từ bốn yếu tố: đất, không khí, lửa và nước. Nó có ưu điểm là khá đơn giản, nhưng lại không đưa ra được một tiên đoán xác định nào. Trong khi đó, lý thuyết của Newton về hấp dẫn dựa trên một mô hình còn đơn giản hơn, trong đó các vật hút nhau bởi một lực tỷ lệ với một đại lượng được gọi là khối lượng của vật, và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Thế nhưng nó lại tiên đoán được những chuyển động của mặt trời, mặt trăng và các hành tinh với một độ chính xác cao.

Bất kỳ một lý thuyết vật lý nào cũng chỉ là tạm thời, theo nghĩa nó chỉ là một giả thuyết: bạn sẽ không khi nào có thể chứng minh được nó. Dù cho những kết quả thực nghiệm phù hợp với một lý thuyết vật lý bao nhiêu lần đi nữa, bạn cũng không bao giờ đảm bảo được chắc chắn rằng kết quả thí nghiệm lần tới sẽ không mâu thuẫn với lý thuyết. Trong khi đó, để bác bỏ một lý thuyết bạn chỉ cần tìm ra một quan sát không phù hợp với những tiên đoán của lý thuyết đó. Như

nhà triết học của khoa học Karl Popper đã nhấn mạnh, một lý thuyết tốt được đặc trưng bởi điều là: nó đưa ra được nhiều tiên đoán mà về nguyên tắc có thể bác bỏ bởi quan sát. Mỗi một lần những thực nghiệm mới còn phù hợp với những tiên đoán thì lý thuyết còn sống sót và niềm tin của chúng ta vào nó lại được tăng thêm, nhưng nếu thậm chí chỉ có một quan sát mới tỏ ra là không phù hợp thì chúng ta cần phải vứt bỏ hoặc phải sửa đổi lý thuyết đó. Ít nhất đó là điều được xem là sẽ xảy ra, nhưng bạn cũng luôn luôn có thể đặt vấn đề về thẩm quyền của người thực hiện quan sát đó.

Trên thực tế, điều thường hay xảy ra là một lý thuyết mới thực ra chỉ là sự mở rộng của lý thuyết trước. Ví dụ, những quan sát rất chính xác về hành tinh Thủy (mà ta quen gọi sai là sao Thủy) đã cho thấy sự sai khác nhỏ giữa chuyển động của nó và những tiên đoán của lý thuyết hấp dẫn Newton. Sự thật là những tiên đoán của Einstein hoàn toàn ăn khớp với quan sát, trong khi những tiên đoán của Newton chưa đạt được điều đó - là một trong những khẳng định có tính chất quyết định đối với lý thuyết mới. Tuy nhiên, chúng ta vẫn còn thường xuyên sử dụng lý thuyết của Newton cho những mục đích thực tiễn, bởi vì sự khác biệt giữa những tiên đoán của nó và của thuyết tương đối rộng là rất nhỏ trong những tình huống mà chúng ta gặp thường ngày. (Lý thuyết của Newton cũng còn một ưu điểm lớn nữa là nó dễ sử dụng hơn lý thuyết của Einstein rất nhiều).

Mục đích tối hậu của khoa học là tạo ra được một lý thuyết duy nhất có khả năng mô tả được toàn bộ vũ trụ. Tuy nhiên, cách tiếp cận mà phần đông các nhà khoa học thực sự theo đuổi là tách vấn đề này ra làm hai phần. Thứ nhất là những quy luật cho biết vũ trụ sẽ thay đổi như thế nào theo thời gian. (Nếu chúng ta biết ở một thời điểm nào đó vũ trụ là như thế nào thì các định luật vật lý sẽ cho chúng ta biết

nó sẽ ra sao ở bất kỳ thời điểm nào tiếp sau). Thứ hai là vấn đề về trạng thái ban đầu của vũ trụ. Một số người cảm thấy rằng có lẽ khoa học chỉ nên quan tâm tới phần thứ nhất; họ xem vấn đề về trạng thái ban đầu của vũ trụ là vấn đề của siêu hình học hoặc của tôn giáo. Họ cho rằng Chúa, Đấng toàn năng có thể cho vũ trụ bắt đầu theo bất cứ cách nào mà Người muốn. Cũng có thể là như vậy, nhưng trong trường hợp đó Người cũng có thể làm cho vũ trụ phát triển một cách hoàn toàn tùy ý. Nhưng hóa ra Người lại chọn cách làm cho vũ trụ tiến triển một cách rất quy củ phù hợp với một số quy luật. Vì vậy cũng sẽ là hợp lý nếu giả thiết rằng cũng có những quy luật chi phối trạng thái ban đầu.

Thực ra, rất khó có thể xây dựng được một lý thuyết mô tả được toàn bộ vũ trụ trong tổng thể của nó. Thay vì thế, chúng ta phân bài toán thành từng phần và từ đó phát minh ra nhiều lý thuyết có tính chất riêng phần. Mỗi một lý thuyết như thế mô tả và tiên đoán chỉ được một lớp hạn chế những quan sát, trong khi phải bỏ qua ảnh hưởng của những đại lượng khác hoặc biểu diễn chúng bằng tập hợp đơn giản các con số. Cũng có thể cách tiếp cận này là hoàn toàn sai lầm. Nếu mọi vật trong vũ trụ phụ thuộc vào nhau một cách căn bản, thì sẽ không thể tiếp cận lời giải đầy đủ bằng cách nghiên cứu các phần của bài toán một cách riêng rẽ, cô lập. Tuy nhiên, đó chắc chắn là cách mà chúng ta đã làm ra sự tiến bộ trong quá khứ. Một ví dụ kinh điển lại là lý thuyết hấp dẫn của Newton. Lý thuyết này nói với chúng ta rằng lực hấp dẫn giữa hai vật chỉ phụ thuộc vào một con số gắn liền với mỗi vật - đó là khối lượng của chúng, nhưng lại hoàn toàn độc lập với chuyện vật đó được làm bằng chất gì. Như vậy người ta không cần phải có một lý thuyết về cấu trúc và thành phần của mặt trời và các hành tinh mà vẫn tính được quỹ đạo của

chúng. Ngày nay, các nhà khoa học mô tả vũ trụ dựa trên hai lý thuyết cơ sở có tính chất riêng phần, đó là thuyết tương đối rộng và cơ học lượng tử. Hai lý thuyết đó là những thành tựu trí tuệ vĩ đại của nửa đầu thế kỷ này. Lý thuyết tương đối rộng mô tả lực hấp dẫn và cấu trúc cực vĩ của vũ trụ, - cấu trúc từ quy mô ít dặm tới triệu triệu triệu triệu (1 và hai mươi bốn số 0 tiếp sau) dặm tức là kích thước của vũ trụ quan sát được. Trái lại, cơ học lượng tử lại mô tả những hiện tượng ở phạm vi cực nhỏ, cỡ một phần triệu triệu của 1 inch. Tuy nhiên, không may, hai lý thuyết này lại không tương thích với nhau - nghĩa là cả hai không thể đều đồng thời đúng. Một trong những nỗ lực chủ yếu trong vật lý học ngày nay và cũng là đề tài chủ yếu của cuốn sách này, đó là tìm kiếm một lý thuyết mới có thể dung nạp cả hai lý thuyết trên - lý thuyết lượng tử của hấp dẫn. Hiện chúng ta còn chưa có một lý thuyết như vậy và có thể còn lâu mới có được, nhưng chúng ta đã biết được nhiều tính chất mà lý thuyết đó cần phải có. Và như chúng ta sẽ thấy trong các chương sau, chúng ta cũng đã biết khá nhiều về những tiên đoán mà lý thuyết lượng tử của hấp dẫn cần phải đưa ra.

Bây giờ, nếu bạn đã tin rằng vũ trụ không phải là tùy tiện mà được điều khiển bởi những quy luật xác định thì điều tối hậu là cần phải kết hợp những lý thuyết riêng phần thành những lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh có khả năng mô tả mọi điều trong vũ trụ. Nhưng trong quá trình tìm kiếm một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh như vậy, lại vấp phải một nghịch lý rất cơ bản. Những ý niệm về các lý thuyết khoa học được phác ra ở trên xem rằng chúng ta là những sinh vật có lý trí tự do quan sát vũ trụ theo ý chúng ta và rút ra những suy diễn logic từ những cái mà chúng ta nhìn thấy. Trong một sơ đồ như thế, sẽ là hợp lý nếu cho rằng chúng ta có thể ngày càng tiến gần tới

các quy luật điều khiển vũ trụ. Nhưng nếu quả thực có một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh, thì nó cũng sẽ có thể quyết định những hành động của chúng ta. Và như vậy tự bản thân lý thuyết đó sẽ quyết định kết quả việc tìm kiếm lý thuyết ấy của chúng ta! Hơn nữa, tại sao nó sẽ quyết định rằng chúng ta sẽ đi tới những kết luận đúng từ những điều quan sát được? Hay là tại sao nó không thể quyết định để chúng ta rút ra những kết luận sai? Hay là không có một kết luận nào hết?

Câu trả lời duy nhất mà tôi có thể đưa ra cho vấn vấn đề này là dựa trên nguyên lý chọn lọc tự nhiên của Darwin. Y tưởng đó như sau: trong bất cứ quần thể nào của các cơ thể tự sinh sản, cũng đều có những biến đổi trong vật liệu di truyền và sự giáo dưỡng, khiến cho có các cá thể khác nhau. Sự khác nhau đó có nghĩa là, một số cá thể có khả năng hơn những cá thể khác trong việc rút ra những kết luận đúng về thế giới quanh mình và biết hành động một cách phù hợp. Những cá thể này có sức sống và sinh sản mạnh hơn, và vì thế, kiểu mẫu hành vi và suy nghĩ của họ sẽ dần chiếm ưu thế. Trong quá khứ, đúng là những cái mà chúng ta gọi là trí tuệ và phát minh khoa học đã truyền được cái lợi thế sống sót của con người. Nhưng còn chưa rõ ràng là liệu điều đó có còn đúng trong trường hợp khi mà những phát minh khoa học của chúng ta có thể sẽ tiêu diệt tất cả chúng ta và thậm chí nếu không xảy ra điều đó, thì một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh cũng có thể không làm khác đi bao nhiêu cơ hội sống sót của chúng ta. Tuy nhiên, với điều kiện vũ trụ đã tiến triển một cách quy củ, chúng ta có thể hy vọng rằng những khả năng suy luận mà sự chọn lọc tự nhiên đã cho chúng ta vẫn còn đắc dụng trong cuộc tìm kiếm một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh và sẽ không dẫn chúng ta tới những kết luận sai lầm.

Vì những lý thuyết riêng phần mà chúng ta đã có đủ để đưa ra những tiên đoán về tất cả, trừ những tình huống cực đoan nhất, nên việc tìm kiếm một lý thuyết tối hậu về vũ trụ khó có thể biện minh trên cơ sở những ứng dụng thực tiễn. (Tuy nhiên, cần phải thấy rằng chính lý lẽ tương tự đã được đưa ra để chống lại thuyết tương đối và cơ học lượng tử, thế mà chính những lý thuyết này đã mang lại cho chúng ta cả năng lượng hạt nhân lẫn cuộc cách mạng vi điện tử!). Do đó sự phát minh ra lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh có thể không giúp gì cho sự sống sót của chúng ta. Nó thậm chí cũng không ảnh hưởng gì đến lối sống của chúng ta. Nhưng ngay từ buổi bình minh của nền văn minh, loài người đã không bằng lòng nhìn những sự kiện như những thứ rời rạc và không giải thích được. Họ đã khao khát hiểu biết cái trật tự nằm sâu kín trong thế giới. Ngày hôm nay chúng ta cũng vẫn trăn trở muốn biết tại sao chúng ta lại ở đây và chúng ta từ đâu tới. Khát vọng tri thức, khát vọng sâu xa nhất của loài người, đủ để biện minh cho sự tìm kiếm liên tục của chúng ta. Và mục đích của chúng ta không gì khác hơn là sự mô tả đầy đủ vũ trụ, nơi chúng ta đang sống.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 2

Không gian và thời gian

Những ý niệm của chúng ta hiện nay về chuyển động của vật thể bắt nguồn từ Galileo và Newton. Trước họ, người ta tin Aristotle, người đã nói rằng trạng thái tự nhiên của một vật là đứng yên, và nó chỉ chuyển động dưới tác dụng của một lực hoặc một xung lực. Từ đó suy ra rằng, vật nặng sẽ rơi nhanh hơn vật nhẹ, bởi vì nó có một lực kéo xuống đất lớn hơn.

Truyền thống Aristotle cũng cho rằng người ta có thể rút ra tất cả các định luật điều khiển vũ trụ chỉ bằng tư duy thuần túy, nghĩa là không cần kiểm tra bằng quan sát. Như vậy, cho tới tận Galileo không có ai băn khoăn thử quan sát xem có thực là các vật có trọng lượng khác nhau sẽ rơi với vận tốc khác nhau hay không. Người ta kể rằng Galieo đã chứng minh niềm tin của Aristotle là sai bằng cách thả những vật có trọng lượng khác nhau từ tháp nghiêng Pisa. Câu chuyện này chắn hẳn là không có thật, nhưng Galileo đã làm một việc tương đương: ông thả những viên bi có trọng lượng khác nhau trên một mặt phẳng nghiêng nhẵn. Tình huống ở đây cũng tương tự như tình huống của các vật rơi theo phương thẳng đứng, nhưng có điều nó dễ quan sát hơn vì vận tốc của các vật nhỏ hơn. Các phép đo của Galileo chỉ ra rằng các vật tăng tốc với một nhịp độ như nhau bất kể trọng lượng của nó bằng bao nhiêu. Ví dụ, nếu bạn thả một viên bi trên một mặt phẳng nghiêng có độ nghiêng sao cho cứ 10 m dọc theo mặt phẳng thì độ cao lại giảm 1m, thì viên bi sẽ lăn xuống

với vận tốc 1m/s sau 1 giây, 2m/s sau 2 giây... bất kể viên bi nặng bao nhiêu. Tất nhiên, viên bi bằng chì sẽ rơi nhanh hơn một chiếc lông chim, nhưng chiếc lông chim bị làm chậm lại chỉ vì sức cản của không khí mà thôi. Nếu thả hai vật không chịu nhiều sức cản không khí, ví dụ như hai viên bi đều bằng chì, nhưng có trọng lượng khác nhau, thì chúng sẽ rơi nhanh như nhau.

Những phép đo của Galileo đã được Newton sử dụng làm cơ sở cho những định luật về chuyển động của ông. Trong những thực nghiệm của Galileo, khi một vật lăn trên mặt phẳng nghiêng, nó luôn luôn chịu tác dụng của cùng một lực (là trọng lực của nó) và kết quả là làm cho vận tốc của nó tăng một cách đều đặn. Điều đó chứng tỏ rằng, hậu quả thực sự của một lực là luôn luôn làm thay đổi vận tốc của một vật, chứ không phải là làm cho nó chuyển động như người ta nghĩ trước đó. Điều này cũng có nghĩa là, bất cứ khi nào vật không chịu tác dụng của một lực, thì nó vẫn tiếp tục chuyển động thẳng với cùng một vận tốc. Ý tưởng này đã được phát biểu một cách tường minh lần đầu tiên trong cuốn Principia Mathematica (Các nguyên lý toán học), được công bố năm 1867, của Newton và sau này được biết như định luật thứ nhất của Newton. Định luật thứ hai của Newton cho biết điều gì sẽ xảy ra đối với một vật khi có một lực tác dụng lên nó. Định luật này phát biểu rằng vật sẽ có gia tốc, hay nói cách khác là sẽ thay đổi vận tốc tỷ lệ với lực tác dụng lên nó. (Ví dụ, gia tốc sẽ tăng gấp đôi, nếu lực tác dụng tăng gấp đôi). Gia tốc cũng sẽ càng nhỏ nếu khối lượng (lượng vật chất) của vật càng lớn. (Cùng một lực tác dụng lên vật có khối lượng lớn gấp hai lần sẽ tạo ra một gia tốc nhỏ hơn hai lần). Một ví dụ tương tự lấy ngay từ chiếc ô tô: động cơ càng mạnh thì gia tốc càng lớn, nhưng với cùng một động cơ, xe càng nặng thì gia tốc càng nhỏ.

Ngoài những định luật về chuyển động, Newton còn phát minh ra định luật về lực hấp dẫn. Định luật này phát biểu rằng mọi vật đều hút một vật khác với một lực tỉ lệ với khối lượng của mỗi vật. Như vậy lực giữa hai vật sẽ mạnh gấp đôi nếu một trong hai vật (ví dụ vật A) có khối lượng tăng gấp hai. Đây là điều bạn cần phải trông đợi bởi vì có thể xem vật mới A được làm từ hai vật có khối lượng ban đầu, và mỗi vật đó sẽ hút vật B với một lực ban đầu. Như vậy lực tổng hợp giữa A và B sẽ hai lần lớn hơn lực ban đầu. Và nếu, ví dụ, một trong hai vật có khối lượng hai lần lớn hơn và vật kia có khối lượng ba lần lớn hơn thì lực tác dụng giữa chúng sẽ sáu lần mạnh hơn. Bây giờ thì ta có thể hiểu tại sao các vật lại rơi với một gia tốc như nhau: một vật có trọng lượng lớn gấp hai lần sẽ chịu một lực hấp dẫn kéo xuống mạnh gấp hai lần, nhưng nó lại có khối lượng lớn gấp hai lần. Như vậy theo định luật 2 của Newton, thì hai kết quả này bù trừ chính xác cho nhau, vì vậy gia tốc của các vật là như nhau trong mọi trường hợp.

Định luật hấp dẫn của Newton cũng cho chúng ta biết rằng các vật càng ở xa nhau thì lực hấp dẫn càng nhỏ. Ví dụ, lực hút hấp dẫn của một ngôi sao đúng bằng một phần tư lực hút của một ngôi sao tương tự, nhưng ở khoảng cách giảm đi một nửa. Định luật này tiên đoán quỹ đạo của trái đất, mặt trăng và các hành tinh với độ chính xác rất cao. Nếu định luật này khác đi, chẳng hạn, lực hút hấp dẫn của một ngôi sao giảm theo khoảng cách nhanh hơn, thì quỹ đạo của các hành tinh không còn là hình elip nữa, mà chúng sẽ là những đường xoắn ốc về phía mặt trời. Nếu lực đó lại giảm chậm hơn, thì lực hấp dẫn từ các ngôi sao xa sẽ lấn át lực hấp dẫn từ mặt trời.

Sự khác biệt to lớn giữa những tư tưởng của Aristotle và những tư tưởng của Galileo và Newton là ở chỗ Aristotle tin rằng trạng thái

đứng yên là trạng thái được “ưa thích” hơn của mọi vật - mọi vật sẽ lấy trạng thái đó, nếu không có một lực hoặc xung lực nào tác dụng vào nó. Đặc biệt, ông cho rằng trái đất là đứng yên. Nhưng từ những định luật của Newton suy ra rằng không có một tiêu chuẩn đơn nhất cho sự đứng yên. Người ta hoàn toàn có quyền như nhau khi nói rằng, vật A là đứng yên và vật B chuyển động với vận tốc không đổi đối với vật A hoặc vật B là đứng yên và vật A chuyển động. Ví dụ, nếu tạm gác ra một bên chuyển động quay của trái đất quanh trục của nó và quỹ đạo của nó xung quanh mặt trời, người ta có thể nói rằng trái đất là đứng yên và đoàn tàu trên nó chuyển động về phía bắc với vận tốc 90 dặm một giờ hoặc đoàn tàu là đứng yên còn trái đất chuyển động về phía nam cũng với vận tốc đó. Nếu người ta tiến hành những thí nghiệm của chúng ta với các vật chuyển động trên con tàu đó thì tất cả các định luật của Newton vẫn còn đúng. Ví dụ, khi đánh bóng bàn trên con tàu đó, người ta sẽ thấy rằng quả bóng vẫn tuân theo các định luật của Newton hệt như khi bàn bóng đặt cạnh đường ray. Như vậy không có cách nào cho phép ta nói được là con tàu hay trái đất đang chuyển động.

Việc không có một tiêu chuẩn tuyệt đối cho sự đứng yên có nghĩa là người ta không thể xác định được hai sự kiện xảy ra ở hai thời điểm khác nhau có cùng ở một vị trí trong không gian hay không. Ví dụ, giả sử quả bóng bàn trên con tàu nảy lên và rơi xuống chạm bàn ở cùng một chỗ sau khoảng thời gian 1 giây. Đối với người đứng cạnh đường ray thì hai lần chạm bàn đó xảy ra ở hai vị trí cách nhau 40 m vì con tàu chạy được quãng đường đó trong khoảng thời gian giữa hai lần quả bóng chạm bàn. Sự không tồn tại sự đứng yên tuyệt đối, vì vậy, có nghĩa là người ta không thể gán cho một sự kiện một vị trí tuyệt đối trong không gian, như Aristotle đã tâm niệm. Vị trí của các

sự kiện và khoảng cách giữa chúng là khác nhau đối với người ở trên tàu và người đứng cạnh đường ray và chẳng có lý do gì để thích vị trí của người này hơn vị trí của người kia.

Newton là người rất băn khoăn về sự không có vị trí tuyệt đối, hay như người ta vẫn gọi là không có không gian tuyệt đối, vì điều đó không phù hợp với ý niệm của ông về Thượng đế tuyệt đối. Thực tế, Newton đã chối bỏ, không chấp nhận sự không tồn tại của không gian tuyệt đối, mặc dù thậm chí điều đó đã ngầm chứa trong những định luật của ông. Ông đã bị nhiều người phê phán nghiêm khắc vì niềm tin phi lý đó, mà chủ yếu nhất là bởi Giám mục Berkeley, một nhà triết học tin rằng mọi đối tượng vật chất và cả không gian lẫn thời gian chỉ là một ảo ảnh. Khi người ta kể cho tiến sĩ Johnson nổi tiếng về quan điểm của Berkeley, ông kêu lớn: “Tôi sẽ bác bỏ nó như thế này này!” và ông đá ngón chân cái vào một hòn đá lớn.

Cả Aristotle lẫn Newton đều tin vào thời gian tuyệt đối. Nghĩa là, họ tin rằng người ta có thể đo một cách đàng hoàng khoảng thời gian giữa hai sự kiện, rằng thời gian đó hoàn toàn như nhau dù bất kỳ ai tiến hành đo nó, miễn là họ dùng một chiếc đồng hồ tốt. Thời gian hoàn toàn tách rời và độc lập với không gian. Đó là điều mà nhiều người xem là chuyện thường tình. Tuy nhiên, đến lúc chúng ta phải thay đổi những ý niệm của chúng ta về không gian và thời gian. Mặc dù những quan niệm thông thường đó của chúng ta vẫn có kết quả tốt khi đề cập tới các vật như quả táo hoặc các hành tinh là những vật chuyển động tương đối chậm, nhưng chúng sẽ hoàn toàn không dùng được nữa đối với những vật chuyển động với vận tốc bằng hoặc gần bằng vận tốc ánh sáng.

Năm 1676, nhà thiên văn học Đan Mạch Ole Christensen Roemer là người đầu tiên phát hiện ra rằng ánh sáng truyền với vận tốc hữu

hạn, mặc dù rất lớn. Ông quan sát thấy rằng thời gian để các mặt trăng của sao Mộc xuất hiện sau khi đi qua phía sau của hành tinh đó không cách đều nhau như người ta chờ đợi, nếu các mặt trăng đó chuyển động vòng quanh sao Mộc với vận tốc không đổi. Khi trái đất và sao Mộc quanh xung quanh mặt trời, khoảng cách giữa chúng thay đổi. Roemer thấy rằng sự che khuất các mặt trăng của sao Mộc xuất hiện càng muộn khi chúng ta càng ở xa hành tinh đó. Ông lý luận rằng điều đó xảy ra là do ánh sáng từ các mặt trăng đó đến chúng ta mất nhiều thời gian hơn khi chúng ta ở xa chúng hơn. Tuy nhiên, do những phép đo của ông về sự biến thiên khoảng cách giữa trái đất và sao Mộc không được chính xác lắm, nên giá trị vận tốc ánh sáng mà ông xác định được là 140.000 dặm/s, trong khi giá trị hiện nay đo được của vận tốc này là 186.000 dặm/s (khoảng 300.000 km/s). Dù sao thành tựu của Roemer cũng rất đáng kể, không chỉ trong việc chứng minh được rằng vận tốc của ánh sáng là hữu hạn, mà cả trong việc đo được vận tốc đó, đặc biệt nó lại được thực hiện 11 năm trước khi Newton cho xuất bản cuốn Principia Mathematica.

Một lý thuyết đích thực về sự truyền ánh sáng phải mãi tới năm 1865 mới ra đời, khi nhà vật lý người Anh James Clerk Maxwell đã thành công thống nhất hai lý thuyết riêng phần cho tới thời gian đó vẫn được dùng để mô tả riêng biệt các lực điện và từ. Các phương trình của Maxwell tiên đoán rằng có thể có những nhiễu động giống như sóng trong một trường điện từ kết hợp, rằng những nhiễu động đó sẽ được truyền với một vận tốc cố định giống như những gợn sóng trên hồ. Nếu bước sóng của những sóng đó (khoảng cách của hai đỉnh sóng liên tiếp) là một mét hoặc lớn hơn, thì chúng được gọi là sóng radio (hay sóng vô tuyến). Những sóng có bước sóng ngắn

hơn được gọi là sóng cực ngắn (với bước sóng vài centimet) hoặc sóng hồng ngoại (với bước sóng lớn hơn mười phần ngàn centimet). Ánh sáng thấy được có bước sóng nằm giữa bốn mươi phần triệu đến tám mươi phần triệu centimet. Những sóng có bước sóng còn ngắn hơn nữa là tia tử ngoại, tia - X và các tia gamma.

Lý thuyết của Maxwell tiên đoán các sóng vô tuyến và sóng ánh sáng truyền với một vận tốc cố định nào đó. Nhưng lý thuyết của Newton đã gạt bỏ khái niệm đứng yên tuyệt đối, vì vậy nếu ánh sáng được giả thiết là truyền với một vận tốc cố định, thì cần phải nói vận tốc cố định đó là đối với cái gì. Do đó người ta cho rằng có một chất gọi là “ether” có mặt ở khắp mọi nơi, thậm chí cả trong không gian “trống rỗng”. Các sóng ánh sáng truyền qua ether như sóng âm truyền trong không khí, và do vậy, vận tốc của chúng là đối với ether. Những người quan sát khác nhau chuyển động đối với ether sẽ thấy ánh sáng đi tới mình với những vận tốc khác nhau, nhưng vận tốc của ánh sáng đối với ether luôn luôn có một giá trị cố định. Đặc biệt, vì trái đất chuyển động qua ether trên quỹ đạo quay quanh mặt trời, nên vận tốc của ánh sáng được đo theo hướng chuyển động của trái đất qua ether (khi chúng ta chuyển động tới gần nguồn sáng) sẽ phải lớn hơn vận tốc của ánh sáng hướng vuông góc với phương chuyển động (khi chúng ta không chuyển động hướng tới nguồn sáng). Năm 1887, Albert Michelson (sau này trở thành người Mỹ đầu tiên nhận được giải thưởng Nobel về vật lý) và Edward Morley đã thực hiện một thực nghiệm rất tinh xảo tại trường Khoa học ứng dụng Case ở Cleveland. Họ đã so sánh vận tốc ánh sáng theo hướng chuyển động của trái đất với vận tốc ánh sáng hướng vuông góc với chuyển động của trái đất. Và họ đã vô cùng ngạc nhiên khi thấy rằng hai vận tốc đó hoàn toàn như nhau!

Giữa năm 1887 và năm 1905 có một số ý định, mà chủ yếu là của vật lý người Hà Lan Hendrik Lorentz, nhằm giải thích kết quả của thí nghiệm Michelson - Morley bằng sự co lại của các vật và sự chậm lại của đồng hồ khi chúng chuyển động qua ether. Tuy nhiên, trong bài báo công bố vào năm 1905, Albert Einstein, một nhân viên thuộc văn phòng cấp bằng sáng chế phát minh ở Thụy Sĩ, người mà trước đó còn chưa ai biết tới, đã chỉ ra rằng toàn bộ ý tưởng về ether là không cần thiết nếu người ta sẵn lòng vứt bỏ ý tưởng về thời gian tuyệt đối. Quan niệm tương tự cũng đã được một nhà toán học hàng đầu của Pháp là Henri Poincaré đưa ra chỉ ít tuần sau. Tuy nhiên, những lý lẽ của Einstein gần với vật lý hơn Poincaré, người đã xem vấn đề này như một vấn đề toán học. Công lao xây dựng nên lý thuyết mới này thường được thừa nhận là của Einstein, nhưng Poincaré vẫn thường được nhắc nhở tới và tên tuổi của ông gắn liền với một phần quan trọng của lý thuyết đó.

Tiên đề cơ bản của lý thuyết mới - mà người ta thường gọi là thuyết tương đối - được phát biểu như sau: mọi định luật của khoa học là như nhau đối với tất cả những người quan sát chuyển động tự do bất kể vận tốc của họ là bao nhiêu. Điều này đúng đối với các định luật của Newton về chuyển động, nhưng bây giờ lý thuyết đó được mở rộng ra bao hàm cả lý thuyết của Maxwell và vận tốc ánh sáng: mọi người quan sát đều đo được vận tốc ánh sáng có giá trị hoàn toàn như nhau bất kể họ chuyển động nhanh, chậm như thế nào. Ý tưởng đơn giản đó có một số hệ quả rất đáng chú ý. Có lẽ nổi tiếng nhất là hệ quả về sự tương đương của khối lượng và năng lượng được đúc kết trong phương trình nổi tiếng của Einstein: E = mc2 và định luật nói rằng không có vật nào có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng. Vì có sự tương đương giữa năng lượng và khối lượng

nên năng lượng mà vật có thể nhờ chuyển động sẽ làm tăng khối lượng của nó. Nói một cách khác, nó sẽ làm cho việc tăng vận tốc của vật trở nên khó khăn hơn.

Hiệu ứng này chỉ trực sự quan trọng đối với các vật chuyển động với vận tốc gần với vận tốc ánh sáng. Ví dụ, vận tốc chỉ bằng 10 % vận tốc ánh sáng khối lượng của vật chỉ tăng 0,5 % so với khối lượng bình thường, trong khi vận tốc bằng 90 % vận tốc ánh sáng khối lượng của nó còn tăng nhanh hơn, vì vậy sẽ càng mất nhiều năng lượng hơn để tăng vận tốc của nó lên nữa. Thực tế không bao giờ có thể đạt tới vận tốc của ánh sáng vì khi đó khối lượng của vật sẽ trở thành vô hạn và do sự tương đương giữa năng lượng và khối lượng, sẽ phải tốn một lượng vô hạn năng lượng để đạt được điều đó. Vì lý do đó, một vật bình thường vĩnh viễn bị tính tương đối giới hạn chuyển động chỉ chuyển động với vận tốc nhỏ hơn vận tốc ánh sáng. Chỉ có ánh sáng hoặc các sóng khác không có khối lượng nội tại là có thể chuyển động với vận tốc ánh sáng.

Một hệ quả cũng đáng chú ý không kém của thuyết tương đối là nó đã làm cách mạng những ý niệm của chúng ta về không gian và thời gian. Trong lý thuyết của Newton, nếu một xung ánh sáng được gửi từ nơi này đến nơi khác thì những người quan sát khác nhau đều nhất trí với nhau về thời gian truyền xung ánh sáng đó (vì thời gian là tuyệt đối). Vì vận tốc ánh sáng chính bằng khoảng cách mà nó truyền được chia cho thời gian đã tốn để đi hết quãng đường đó, nên những người quan sát khác nhau sẽ đo được vận tốc của ánh sáng có giá trị khác nhau. Trong thuyết tương đối, trái lại, mọi người quan sát đều phải nhất trí về giá trị vận tốc của ánh sáng. Tuy nhiên, họ vẫn còn không nhất trí về khoảng cách mà ánh sáng đã truyền, vì vậy họ cũng phải không nhất trí về thời gian mà ánh sáng đã tốn

(thời gian này bằng khoảng cách ánh sáng đã truyền - điều mà các nhà quan sát không nhất trí - chia cho vận tốc ánh sáng - điều mà các nhà quan sát đều nhất trí). Nói một cách khác, lý thuyết tương đối đã cáo chung cho ý tưởng về thời gian tuyệt đối! Hóa ra là mỗi người quan sát cần phải có một bộ đo thời gian riêng của mình như được ghi nhận bởi đồng hồ mà họ mang theo và các đồng hồ giống hệt nhau được mang bởi những người quan sát khác nhau không nhất thiết phải chỉ như nhau.

Mỗi một người quan sát có thể dùng radar để biết một sự kiện xảy ra ở đâu và khi nào bằng cách gửi một xung ánh sáng hoặc sóng vô tuyến. Một phần của xung phản xạ từ sự kiện trở về và người quan sát đo thời gian mà họ nhận được tiếng dội. Thời gian xảy ra sự kiện khi đó sẽ bằng một nửa thời gian tính từ khi xung được gửi đi đến khi nhận được tiếng dội trở lại, còn khoảng cách tới sự kiện bằng nửa số thời gian cho hai lượt đi-về đó nhân với vận tốc ánh sáng. (Một sư kiện, theo ý nghĩa này, là một điều gì đó xảy ra ở một điểm duy nhất trong không gian và ở một điểm xác định trong thời gian).
Ý tưởng này được minh họa trên hình 2.1, nó là một ví dụ về giản đồ không-thời gian. Dùng thủ tục này, những người quan sát chuyển động đối với nhau sẽ gán cho cùng một sự kiện những thời gian và vị trí khác nhau. Không có những phép đo của người quan sát đặc biệt nào là đúng hơn những người khác, nhưng tất cả các phép đo đều quan hệ với nhau. Bất kỳ một người quan sát nào cũng tính ra được một cách chính xác thời gian và vị trí mà một người quan sát khác gán cho một sự kiện, miễn là người đó biết được vận tốc tương đối của người kia.
Ngày hôm nay để đo khoảng cách một cách chính xác, chúng ta vẫn còn dùng phương pháp nói trên, bởi vì chúng ta có thể đo thời gian

chính xác hơn đo chiều dài. Thực tế, mét được định nghĩa là khoảng cách mà ánh sáng đi được trong khoảng thời gian 0,000000003335640952 giây đo theo đồng hồ nguyên tử xesi. (Nguyên nhân dẫn tới con số lạ lùng này là để nó tương ứng với định nghĩa có tính chất lịch sử của mét: là khoảng cách giữa hai vạch trên một cái thước đặc biệt làm bằng bạch kim được giữ ở Paris). Như vậy chúng ta có thể dùng một đơn vị mới thuận tiện hơn, được gọi là giây-ánh-sáng. Nó đơn giản là khoảng cách mà ánh sáng đi được trong một giây. Trong lý thuyết tương đối, bây giờ ta định nghĩa khoảng cách thông qua thời gian và vận tốc ánh sáng, như vậy phải tự động suy ra rằng mọi người quan sát đo vận tốc của ánh sáng sẽ nhận được cùng một giá trị (theo định nghĩa là 1 mét trong 0,000000003335640952 giây). Khỏi cần phải đưa vào khái niệm ether, và lại sự có mặt của nó không thể được ghi nhận bằng cách nào, như thí nghiệm của Michelson - Morley đã chứng tỏ.

Tuy nhiên, lý thuyết tương đối buộc chúng ta phải thay đổi một cách căn bản những ý niệm của chúng ta về không gian và thời gian. Chúng ta buộc phải chấp nhận rằng thời gian không hoàn toàn tách rời và độc lập với không gian mà kết hợp với nó thành một đối tượng gọi là không - thời gian.

Theo kinh nghiệm thông thường, người ta có thể mô tả vị trí của một điểm trong không gian bằng ba con số, hay nói cách khác là ba tọa độ. Ví dụ, người ta có thể nói: một điểm ở trong phòng cách một bức tường 7 bộ, cách một bức tường khác 3 bộ, và cao so với sàn 5 bộ. Hoặc người ta có thể chỉ rõ một điểm ở kinh tuyến nào, vĩ tuyến bao nhiêu và ở độ cao nào so với mực nước biển. Người ta có thể thoải mái dùng ba tọa độ thích hợp nào mà mình muốn, mặc dù chúng chỉ có phạm vi ứng dụng hạn chế. Chẳng hạn, chúng ta sẽ không chỉ vị

trí của mặt trăng bằng khoảng cách theo phương bắc và phương tây so với rạp xiếc Piccadilly và chiều cao của nó so với mực nước biển. Thay vì thế, người ta cần phải mô tả nó qua khoảng cách từ mặt trời, khoảng cách từ mặt phẳng quĩ đạo của các hành tinh và góc giữa đường nối mặt trăng với mặt trời và đường nối mặt trời tới một ngôi sao ở gần như sao Alpha của chòm sao Nhân Mã. Nhưng thậm chí những tọa độ này cũng không được dùng nhiều để mô tả vị trí của mặt trời trong thiên hà của chúng ta hoặc của thiên hà chúng ta trong quần thể thiên hà khu vực. Thực tế, người ta có thể mô tả toàn bộ vũ trụ bằng một tập hợp các mảng gối lên nhau. Trong mỗi một mảng, người ta có thể dùng một tập hợp ba tọa độ khác nhau để chỉ vị trí của các điểm.

Một sự kiện là một cái gì đó xảy ra ở một điểm đặc biệt trong không gian và ở một thời điểm đặc biệt. Như vậy, người ta có thể chỉ nó bằng 4 con số hay là 4 tọa độ. Và lần này cũng thế, việc lựa chọn các tọa độ là tùy ý, người ta có thể dùng ba tọa độ không gian đã biết và một độ đo nào đó của thời gian. Trong thuyết tương đối, không có sự phân biệt thực sự giữa các tọa độ không gian và thời gian, cũng hệt như không có sự khác biệt thực sự giữa hai tọa độ không gian. Người ta có thể chọn một tập hợp tọa độ mới, trong đó, chẳng hạn, tọa độ không gian thứ nhất là tổ hợp của tọa độ không gian cũ thứ nhất và thứ hai. Ví dụ, thay vì đo vị trí của một điểm trên mặt đất bằng khoảng cách theo phương bắc và tây của nó đối với rạp xiếc Piccadilly người ta có thể dùng khoảng cách theo hướng đông bắc và tây bắc đối với Piccadilly. Cũng tương tự như vậy, trong thuyết tương đối, người ta có thể dùng tọa độ thời gian mới là thời gian cũ (tính bằng giây) cộng với khoảng cách (tính bằng giây - ánh sáng) theo hướng bắc của Piccadilly.

Một cách rất hữu ích để suy nghĩ về bốn tọa độ của một sự kiện là chỉ vị trí của nó trong một không gian 4 chiều, được gọi là không - thời gian. Chúng ta không thể tưởng tượng nổi một không gian 4 chiều. Riêng bản thân tôi hình dung một không gian 3 chiều cũng đã vất vả lắm rồi. Tuy nhiên vẽ một sơ đồ về không gian 2 chiều thì lại khá dễ dàng, chẳng hạn như vẽ bề mặt của trái đất (Bề mặt của trái đất là hai chiều vì vị trí của một điểm trên đó có thể được ghi bằng hai tọa độ, kinh độ và vĩ độ). Tôi sẽ thường sử dụng những giản đồ trong đó thời gian tăng theo phương thẳng đứng hướng lên trên, còn một trong những chiều không gian được vẽ theo phương nằm ngang. Hai chiều không gian còn lại sẽ bỏ qua, hoặc đôi khi một trong hai chiều đó được vẽ theo phối cảnh. (Những giản đồ này được gọi là giản đồ không-thời gian, giống như hình 2.1). Ví dụ, trong hình 2.2 thời gian

được đặt hướng lên trên với đơn vị là năm, còn khoảng cách nằm dọc theo đường thẳng nối mặt trời với sao Anpha của chòm sao Nhân mã được đặt nằm ngang với đơn vị là dặm. Những con đường của mặt trời và sao Alpha qua không - thời gian là những con đường thẳng đứng ở bên trái và bên phải của giản đồ. Tia sáng từ mặt trời đi theo đường chéo và phải mất 4 năm mới tới được sao Alpha.
Như chúng ta đã thấy, các phương trình Maxwell tiên đoán rằng vận tốc của ánh sáng sẽ là như nhau bất kể vận tốc của nguồn sáng bằng bao nhiêu, và điều này đã được khẳng định bằng nhiều phép đo chính xác.

Điều này suy ra từ sự kiện là nếu một xung ánh sáng được phát ra ở một thời điểm đặc biệt, tại một điểm đặc biệt trong không gian, thì sau đó với thời gian nó sẽ lan ra như một mặt cầu ánh sáng với kích

thước và vị trí không phụ thuộc vào vận tốc của nguồn sáng. Sau một phần triệu giây, ánh sáng sẽ lan truyền, tạo thành một mặt cầu có bán kính 300 mét, sau hai phần triệu giây, bán kính là 600 mét, và cứ như vậy mãi. Điều này cũng giống như những gợn sóng truyền trên mặt nước khi có hòn đá ném xuống hồ.

Những gợn sóng truyền như một vòng tròn cứ lớn dần mãi theo thời gian. Nếu ta nghĩ về một mô hình ba chiều gồm bề mặt hai chiều của hồ và một chiều thời gian thì vòng tròn lớn dần của các gợn sóng sẽ tạo thành một nón có đỉnh nằm đúng tại chỗ và tại thời điểm hòn đá chạm vào mặt nước (hình 2.3). Tương tự, ánh sáng lan truyền từ một sự kiện sẽ tạo nên một mặt nón ba chiều trong không-thời gian 4 chiều. Mặt nón đó được gọi là mặt nón ánh sáng tương lai của sự kiện đang xét. Cũng bằng cách như vậy ta có thể dựng một mặt nón khác, gọi là mặt nón ánh sáng quá khứ - đó là tập hợp các sự kiện mà từ chúng một xung ánh sáng có thể tới được sự kiện đang xét (hình 2.4).

Những mặt nón ánh sáng quá khứ và tương lai của một sự kiện P chia không gian thành ba miền (hình 2.5.). Tương lai tuyệt đối của sự kiện là vùng nằm trong mặt nón ánh sáng tương lai của P. Đây là tập hợp của tất cả các sự kiện có thể chịu ảnh hưởng của những điều xảy ra ở P.
Những tín hiệu từ P không thể tới được những sự kiện nằm ngoài nón ánh sáng của P bởi vì không gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng. Do vậy mà các sự kiện đó không chịu ảnh hưởng những gì xảy ra ở P. Quá khứ tuyệt đối của P là vùng nằm trong nón ánh sáng quá khứ. Đây là tập hợp các sự kiện mà từ đó những tín hiệu

truyền với vận tốc bằng hoặc nhỏ hơn vận tốc của ánh sáng có thể tới được P. Do đó, tập hợp những sự kiện này có thể ảnh hưởng tới những gì xảy ra ở P. Nếu biết được ở một thời điểm đặc biệt nào đó những gì xảy ra ở mọi nơi trong vùng không gian nằm trong nón ánh sáng quá khứ của P thì người ta có thể tiên đoán những gì sẽ xảy ra ở P.

Phần còn lại là vùng không - thời gian không nằm trong nón ánh sáng tương lai hoặc quá khứ của P. Các sự kiện trong phần còn lại này không thể ảnh hưởng hoặc chịu ảnh hưởng bởi những sự kiện ở P. Ví dụ, nếu mặt trời ngừng chiếu sáng ở chính thời điểm này, thì nó sẽ không ảnh hưởng tới các sự kiện trên trái đất ở ngay thời điểm đó bởi vì chúng nằm ngoài nón ánh sáng của ánh sáng khi mặt trời tắt (hình 2.6). Chúng ta sẽ biết về sự kiện đó chỉ sau 8 phút - là thời gian đủ để ánh sáng đi từ mặt trời đến trái đất. Và chỉ khi này những sự kiện trên trái đất mới nằm trong nón ánh sáng tương lai của sự kiện ở đó mặt trời tắt. Tương tự như vậy, ở thời điểm hiện nay chúng ta không thể biết những gì đang xảy ra ở những nơi xa xôi trong vũ trụ, bởi vì ánh sáng mà chúng ta thấy từ những thiên hà xa xôi đã rời chúng từ hàng triệu năm trước. Như vậy, khi chúng ta quan sát vũ trụ thì thực ra là chúng ta đang thấy nó trong qúa khứ.

Nếu người ta bỏ qua những hiệu ứng hấp dẫn, như Einstein và Poincaré đã làm năm 1905, thì ta có thuyết tương đối được gọi là thuyết tương đối hẹp. Đối với mỗi sự kiện trong không-thời gian ta đều có thể dựng một nón ánh sáng (là tập hợp mọi con đường khả dĩ của ánh sáng trong không-thời gian được phát ra ở sự kiện đó), và vì vận tốc ánh sáng là như nhau ở mỗi sự kiện và theo mọi

hướng, nên tất cả các nón ánh sáng là như nhau và cùng hướng theo một hướng. Lý thuyết này cũng nói với chúng ta rằng không gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng. Điều đó có nghĩa là đường đi của mọi vật qua không-thời gian cần phải được biểu diễn bằng một đường nằm trong nón ánh sáng ở mỗi một sự kiện trên nó (hình 2.7.).

Lý thuyết tương đối hẹp rất thành công trong việc giải thích sự như nhau của vận tốc ánh sáng đối với mọi người quan sát (như thí nghiệm Michelson - Morley đã chứng tỏ) và trong sự mô tả những điều xảy ra khi các vật chuyển động với vận tốc gần với vận tốc ánh sáng. Tuy nhiên, lý thuyết này lại không hòa hợp với thuyết hấp dẫn của Newton nói rằng các vật hút nhau với một lực phụ thuộc vào khoảng cách giữa chúng. Điều này có nghĩa là, nếu làm cho một vật chuyển động thì lực tác dụng lên các vật khác sẽ thay đổi ngay lập tức. Hay nói một cách khác, các tác dụng hấp dẫn truyền với vận tốc vô hạn, thay vì nó bằng hoặc nhỏ hơn vận tốc ánh sáng như thuyết tương đối hẹp đòi hỏi.

Trong khoảng thời gian từ năm 1908 đến năm 1914, Einstein đã nhiều lần thử tìm một lý thuyết hấp dẫn hòa hợp được với thuyết tương đối hẹp, nhưng đã không thành công. Cuối cùng, vào năm 1915, ông đã đưa ra được một lý thuyết mà ngày nay chúng ta gọi là thuyết tương đối rộng (hay thuyết tương đối tổng quát). Ông đã đưa ra một giả thiết có tính chất cách mạng cho rằng hấp dẫn không phải là một lực giống như những lực khác mà nó là kết quả của sự kiện là: không - thời gian không phải phẳng như trước kia người ta vẫn tưởng, mà nó cong hay “vênh” đi do sự phân bố của khối lượng và năng lượng trong nó. Các vật như trái đất không phải được tạo ra để chuyển động trên các quĩ đạo cong bởi lực hấp dẫn, mà thay vì thế,

chúng chuyển động theo đường rất gần với đường thẳng trong không gian cong mà người ta gọi là đường trắc địa. Đường trắc địa là đường ngắn nhất (hoặc dài nhất) giữa hai điểm cạnh nhau. Ví dụ, bề mặt trái đất là một không gian cong hai chiều.

Đường trắc địa trên mặt trái đất chính là vòng tròn lớn và nó là đường ngắn nhất giữa hai điểm trên mặt đất (H.2.8). Vì đường trắc địa là đường ngắn nhất giữa hai sân bay, nên nó là đường mà những người dẫn đường hàng không hướng các phi công bay theo. Trong lý thuyết tương đối rộng, các vật luôn luôn chuyển động theo các đường "thẳng" trong không-thời gian 4 chiều, nhưng đối với chúng ta, chúng có vẻ chuyển động theo những đường cong trong không gian 3 chiều. (Điều này rất giống với việc quan sát chiếc máy bay trên một vùng đồi gò. Mặc dù nó bay theo đường thẳng trong không gian 3 chiều, nhưng cái bóng của nó lại chuyển động theo một đường cong trên mặt đất hai chiều).
Khối lượng của mặt trời làm cong không-thời gian theo cách sao cho mặc dù trái đất chuyển động theo đường thẳng trong không-thời gian 4 chiều, nhưng nó lại thể hiện đối với chúng ta là chuyển động theo quĩ đạo tròn trong không gian ba chiều. Và thực tế, quĩ đạo của các hành tinh được tiên đoán bởi lý thuyết tương đối rộng cũng chính xác như được tiên đoán bởi lý thuyết hấp dẫn của Newton. Tuy nhiên, trong trường hợp đối với sao Thủy, hành tinh gần mặt trời nhất, do đó cảm thấy hiệu ứng hấp dẫn mạnh nhất và có quĩ đạo thuôn dài hơn, thì thuyết tương đối rộng tiên đoán rằng trục dài của elip quĩ đạo quay quanh mặt trời với vận tốc 1 độ trong 10 ngàn năm. Mặc dù hiệu ứng là rất nhỏ, nhưng nó đã được ghi nhận từ trước năm 1915 và được dùng như một bằng chứng đầu tiên khẳng

định lý thuyết của Einstein. Trong những năm gần đây, những độ lệch thậm chí còn nhỏ hơn nữa của quĩ đạo các hành tinh khác so với những tiên đoán của lý thuyết Newton cũng đã được đo bằng rada và cho thấy chúng phù hợp với những tiên đoán của thuyết tương đối rộng.

Những tia sáng cũng cần phải đi theo những đường trắc địa trong không-thời gian. Cũng lại do không gian bị cong nên ánh sáng không còn thể hiện là truyền theo đường thẳng trong không gian nữa. Như vậy thuyết tương đối rộng tiên đoán rằng anh sáng có thể bị bẻ cong bởi các trường hấp dẫn. Ví dụ, lý thuyết này tiên đoán rằng nón ánh sáng của những điểm ở gần mặt trời sẽ hơi bị uốn hướng vào phía trong do tác dụng của khối lượng mặt trời. Điều này có nghĩa là ánh sáng từ một ngôi sao xa khi đi qua gần mặt trời có thể bị lệch đi một góc nhỏ, khiến cho đối với những người quan sát trên mặt đất, ngôi

sao đó dường như ở một vị trí khác (H.2.9). Tất nhiên, nếu ánh sáng từ ngôi sao đó luôn luôn đi qua gần mặt trời, thì chúng ta không thể nói tia sáng có bị lệch hay không hoặc thay vì thế ngôi sao có thực sự nằm ở đúng chỗ chúng ta nhìn thấy nó hay không. Tuy nhiên, vì trái đất quay quanh mặt trời nên những ngôi sao khác nhau có lúc dường như đi qua phía sau mặt trời và ánh sáng của chúng bị lệch. Vì thế những ngôi sao này thay đổi vị trí biểu kiến của chúng đối với các ngôi sao khác.

Thường thì rất khó quan sát hiệu ứng này, bởi vì ánh sáng của mặt trời làm cho ta không thể quan sát được những ngôi sao có vị trí biểu kiến ở gần mặt trời trên bầu trời. Tuy nhiên, điều này có thể làm được trong thời gian có nhật thực, khi mà ánh sáng mặt trời bị mặt trăng chắn mất. Nhưng tiên đoán của Einstein không được kiểm

chứng ngay lập tức trong năm 1915 vì cuộc chiến tranh thế giới lần thứ nhất lúc đó đang lan rộng, và phải tới tận năm 1919 một đoàn thám hiểm Anh khi quan sát nhật thực ở Tây Phi đã chứng tỏ được rằng ánh sáng thực sự bị lệch do mặt trời đúng như lý thuyết đã dự đoán. Sự chứng minh lý thuyết của một người Đức bởi các nhà khoa học Anh đã được nhiệt liệt hoan nghênh như một hành động hòa giải vĩ đại giữa hai nước sau chiến tranh. Do đó, thật là trớ trêu khi kiểm tra lại sau đó những bức ảnh mà đoàn thám hiểm đã chụp, người ta phát hiện ra rằng sai số cũng lớn cỡ hiệu ứng mà họ định đo. Phép đo của họ hoàn toàn chỉ là may mắn hoặc một trường hợp đã biết trước kết quả mà họ muốn nhận được - một điều cũng thường xảy ra trong khoa học. Tuy nhiên, sự lệch của tia sáng đã được khẳng định hoàn toàn chính xác bởi nhiều quan sát sau này.

Một tiên đoán khác của thuyết tương đối rộng là thời gian dường như chạy chậm hơn khi ở gần những vật có khối lượng lớn như trái đất. Đó là bởi vì một mối liên hệ giữa năng lượng của ánh sáng và tần số của nó (tần số là sóng ánh sáng trong một giây): năng lượng càng lớn thì tần số càng cao. Khi ánh sáng truyền hướng lên trong trường hấp dẫn của trái đất, nó sẽ mất năng lượng và vì thế tần số của nó giảm. (Điều này có nghĩa là khoảng thời gian giữa hai đỉnh sóng liên tiếp tăng lên). Đối với người ở trên cao mọi chuyện ở phía dưới xảy ra chậm chạp hơn. Điều tiên đoán này đã được kiểm chứng vào năm 1962 bằng cách dùng hai đồng hồ rất chính xác: một đặt ở đỉnh và một đặt ở chân một tháp nước. Đồng hồ ở chân tháp, gần trái đất hơn, chạy chậm hơn - hoàn toàn phù hợp với thuyết tương đối rộng. Sự khác biệt của tốc độ đồng hồ ở những độ cao khác nhau trên mặt đất có một tầm quan trọng đặc biệt trong thực tiễn hiện nay khi người ta sử dụng những hệ thống đạo hàng

chính xác dựa trên những tín hiệu từ vệ tinh. Nếu khi này người ta bỏ qua những tiên đoán của thuyết tương đối rộng, thì vị trí tính toán được có thể sai khác tới vài ba dặm!

Những định luật về chuyển động của Newton đã đặt dấu chấm hết cho ý niệm về vị trí tuyệt đối trong không gian. Thuyết tương đối đã vứt bỏ khái niệm thời gian tuyệt đối. Ta hãy xét hai đứa trẻ sinh đôi. Giả sử rằng một đứa được đưa lên sống trên đỉnh núi và một đứa sống ở ngang mực nước biển. Đứa thứ nhất sẽ già nhanh hơn đứa thứ hai. Như vậy, nếu gặp lại nhau một đứa sẽ già hơn đứa kia. Trong trường hợp này sự khác nhau về tuổi tác sẽ rất nhỏ, nhưng nó sẽ lớn hơn rất nhiều nếu một đứa thực hiện chuyến du hành dài trong con tàu vũ trụ chuyển động với vận tốc gần vận tốc ánh sáng. Khi trở về nó sẽ trẻ hơn rất nhiều so với đứa ở lại trái đất. Điều này được gọi là nghịch lý hai đứa trẻ sinh đôi, nhưng nó là nghịch lý chỉ nếu ý niệm về thời gian tuyệt đối vẫn còn lẩn quất trong đầu óc chúng ta. Trong lý thuyết tương đối không có một thời gian tuyệt đối duy nhất, mà thay vì thế mỗi cá nhân có một độ đo thời gian riêng của mình và độ đo đó phụ thuộc vào nơi họ đang ở và họ chuyển động như thế nào.

Trước năm 1915, không gian và thời gian được xem là một sân khấu cố định nơi diễn ra mọi sự kiện và không chịu ảnh hưởng bởi những điều xảy ra trong nó. Điều này đúng thậm chí cả với thuyết tương đối hẹp. Các vật chuyển động, các lực hút và đẩy, nhưng không gian và thời gian vẫn liên tục và không bị ảnh hưởng gì. Và ý nghĩ cho rằng không gian và thời gian cứ tiếp tục như thế mãi mãi cũng là chuyện tự nhiên.

Tuy nhiên, tình hình hoàn toàn khác trong thuyết tương đối rộng. Bây giờ không gian và thời gian là những đại lượng động lực: khi

một vật chuyển động, hoặc một lực tác dụng, chúng đều ảnh hưởng tới độ cong của không gian và thời gian và đáp lại, cấu trúc của không - thời gian sẽ ảnh hưởng tới cách thức mà các vật chuyển động và các lực tác dụng. Không gian và thời gian không chỉ có tác động mà còn bị tác động bởi mọi điều xảy ra trong vũ trụ. Chính vì người ta không thể nói về các sự kiện trong vũ trụ mà không có khái niệm về không gian và thời gian, nên trong thuyết tương đối rộng sẽ trở nên vô nghĩa nếu nói về không gian và thời gian ở ngoài giới hạn của vũ trụ. Trong những thập kỷ tiếp sau, sự nhận thức mới này về không gian và thời gian đã làm cách mạng quan niệm của chúng ta về vũ trụ. Ý tưởng xưa cũ cho rằng một vũ trụ căn bản không thay đổi có thể đã tồn tại và có thể còn tiếp tục tồn tại đã vĩnh viễn được thay thế bằng khái niệm một vũ trụ động, đang giãn nở, một vũ trụ dường như đã bắt đầu ở một thời điểm hữu hạn trong quá khứ và có thể chấm dứt ở một thời điểm hữu hạn trong tương lai. Cuộc cách mạng này là đề tài của chương tiếp sau. Và những năm sau đó nó cũng đã là điểm xuất phát cho hoạt động của tôi trong lĩnh vực vật lý lý thuyết. Roger Penrose và tôi đã chứng tỏ được rằng chính thuyết tương đối rộng đã ngụ ý vũ trụ cần phải có điểm bắt đầu và có thể cả điểm kết thúc nữa.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 3

Vũ trụ giãn nở

Nếu ta nhìn lên bầu trời vào những đêm quang đãng, không trăng, những vật sáng nhất mà chúng ta nhìn thấy có lẽ là các hành tinh: sao Kim, sao Hỏa, sao Mộc và sao Thổ. Cũng có rất nhiều các ngôi sao tương tự như mặt trời của chúng ta nhưng ở rất xa. Một số những ngôi sao cố định đó, thực tế, lại dường như thay đổi - dù là rất ít - vị trí tương đối của chúng với nhau khi trái đất quay xung quanh mặt trời: chúng hoàn toàn không phải là cố định! Sở dĩ có điều này là do chúng tương đối ở gần chúng ta. Khi trái đất quanh xung quanh mặt trời, từ những vị trí khác nhau chúng ta thấy chúng trên nền của những ngôi sao ở xa hơn. Đó là một điều may mắn, vì nó cho phép chúng ta đo được một cách trực tiếp khoảng cách từ những ngôi sao đó đến chúng ta: chúng càng ở gần thì càng có vẻ di chuyển nhiều hơn.

Ngôi sao gần chúng ta nhất là sao Proxima của chòm sao Nhân Mã được tìm thấy cách chúng ta khoảng 4 năm ánh sáng (nghĩa là ánh sáng từ nó phải mất 4 năm mới tới được trái đất), hay khoảng hai mươi ba triệu triệu dặm. Đa số các ngôi sao khác thấy được bằng mắt thường nằm cách chúng ta trong khoảng vài trăm năm ánh sáng. Để so sánh, bạn cần biết rằng mặt trời chỉ cách chúng ta có 8 phút ánh sáng! Những ngôi sao thấy được dường như nằm rải rắc trên toàn bộ bầu trời đêm, nhưng chúng đặc biệt tập trung trong một dải mà người ta gọi là dải Ngân hà (Milky Way). Rất lâu về trước,

vào khoảng năm 1750, đa số các nhà thiên văn cho rằng sự xuất hiện của dải Ngân hà có thể giải thích được nếu phần lớn các sao nhìn thấy nằm trong một cấu hình đĩa duy nhất - một ví dụ về cái mà hiện nay chúng ta gọi là thiên hà xoắn ốc. Phải mấy chục năm sau, nhà thiên văn William Herschel mới khẳng định được ý tưởng đó của mình bằng cách cần mẫn lập một bộ sưu tập về vị trí và khoảng cách của một số rất lớn các ngôi sao. Thậm chí như thế, những ý tưởng này chỉ được chấp nhận hoàn toàn vào đầu thế kỷ này.

Bức tranh hiện đại về vũ trụ khởi đầu chỉ mới vào năm 1924, khi nhà thiên văn người Mỹ Edwin Hubble chứng tỏ được rằng thiên hà của chúng ta không phải là thiên hà duy nhất. Thực tế còn có nhiều thiên hà khác và giữa chúng là những khoảng không gian trống rỗng rộng lớn. Để chứng minh điều này, ông đã phải xác định khoảng cách đến các thiên hà khác đó. Những thiên hà này ở quá xa chúng ta, nên không giống những ngôi sao gần, chúng dường như thực sự cố định. Do đó Hubble buộc phải sử dụng các phương pháp gián tiếp để đo khoảng cách. Người ta biết rằng độ chói biểu kiến của các ngôi sao phụ thuộc vào hai yếu tố: ánh sáng nó phát ra bao nhiêu (tức độ trưng của nó) và nó ở xa chúng ta tới mức nào. Đối với những ngôi sao ở gần, chúng ta có thể đo được cả độ chói biểu kiến lẫn khoảng cách của chúng và như vậy chúng ta có thể tính được cả độ trưng của chúng. Ngược lại nếu chúng ta biết được độ trưng của các ngôi sao ở các thiên hà khác chúng ta có thể tính được khoảng cách bằng cách đo độ chói biển kiến của chúng. Hubble thấy rằng có một số loại sao luôn luôn có cùng độ trưng khi chúng ở đủ gần để ta có thể đo được, do đó ông rút ra kết luận rằng nếu ta tìm thấy những ngôi sao loại đó ở các thiên hà khác thì chúng ta có thể xem rằng chúng cũng có cùng độ trưng - và như vậy có thể tính được

khoảng cách đến thiên hà đó. Nếu chúng ta có thể làm điều đó cho nhiều ngôi sao trong cùng một thiên hà mà kết quả tính toán đều cho một khoảng cách như nhau thì hoàn toàn có thể tin được vào đánh giá của chúng ta.

Theo cách đó Edwin Hubble đã xác định được khoảng cách đến 9 thiên hà khác nhau. Bây giờ thì chúng ta biết rằng thiên hà của chúng ta chỉ là một trong số vài trăm ngàn triệu thiên hà có thể nhìn thấy được bằng các kính thiên văn hiện đại, mỗi một thiên hà lại gồm khoảng vài trăm ngàn triệu ngôi sao. Hình 3.1. là ảnh của một thiên hà xoắn ốc mà chúng ta nghĩ rằng thiên hà của chúng ta sẽ được nhìn giống như thế dưới con mắt của người sống ở một thiên hà khác. Chúng ta sống trong một thiên hà có bề ngang rộng chừng một trăm ngàn năm ánh sáng và quay chậm; các ngôi sao nằm trong các nhánh xoắn của thiên hà quay xung quanh tâm của nó với vận tốc góc một vòng trong hai trăm triệu năm. Mặt trời của chúng ta cũng chỉ là một ngôi sao bình thường màu vàng, có kích thước trung bình và nằm ở mép trong của một nhánh xoắn ốc. Kể từ thời Aristotle và Ptolemy, thời mà chúng ta nghĩ rằng trái đất là trung tâm của vũ trụ, cho tới ngày nay, - quả thật chúng ta đã đi được một chặng đường rất dài.

Những ngôi sao ở xa chúng ta đến nỗi, đối với chúng ta, chúng chỉ là những chấm sáng nhợt nhạt. Chúng ta không thể thấy được kích thước cũng như hình dạng của chúng. Vậy thì bằng cách nào ta có thể nói về các loại sao riêng biệt khác nhau? Đối với đại đa số các ngôi sao, chỉ có một nét đặc trưng mà chúng ta quan sát được - đó là mầu ánh sáng của chúng. Newton đã phát hiện ra rằng nếu ánh sáng mặt trời đi qua một lăng kính nó sẽ tách thành các màu thành phần (còn gọi là quang phổ của nó) như màu của cầu vồng. Bằng

cách hướng kính thiên văn vào một ngôi sao riêng lẻ hay một thiên hà người ta có thể quan sát một cách tương tự quang phổ của ánh sáng từ ngôi sao hay thiên hà đó. Những ngôi sao khác nhau có quang phổ khác nhau, nhưng độ chói tương đối của các màu khác nhau luôn luôn chính xác hệt như người ta mong đợi tìm thấy trong ánh sáng của những vật phát sáng nóng đỏ. (Thực tế, ánh sáng được phát ra bởi một vật không trong suốt nóng đỏ có phổ đặc trưng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nó - quang phổ nhiệt. Điều này có nghĩa là chúng ta có thể biết nhiệt độ của ngôi sao từ quang phổ ánh sáng của nó). Hơn nữa, chúng ta còn tìm thấy rằng một số màu rất xác định không có mặt trong quang phổ của ngôi sao, và những màu vắng mặt đó khác nhau đối với những ngôi sao khác nhau. Vì chúng ta biết rằng mỗi nguyên tố hóa học hấp thụ một tập hợp đặc trưng những màu rất xác định, nên bằng cách đối chiếu những màu này với những màu vắng mặt trong quang phổ của một ngôi sao, chúng ta có thể xác định được chính xác những nguyên tố nào có mặt trong khí quyển của ngôi sao đó.

Trong những năm 1920, khi các nhà thiên văn bắt đầu quan sát quang phổ của các ngôi sao thuộc những thiên hà khác, họ đã tìm thấy một điều rất đặc biệt: có những tập hợp đặc trưng các màu vắng mặt giống hệt như đối với những ngôi sao trong thiên hà chúng ta, nhưng chúng bị dịch đi cùng một lượng tương đối về phía đỏ của quang phổ. Để hiểu được ý nghĩa của điều này, chúng ta trước hết cần phải tìm hiểu về hiệu ứng Doppler. Như chúng ta đã thấy, ánh sáng thấy được gồm những thăng giáng, hay những sóng, trong trường điện từ. Tần số (hay số sóng trong một giây) của ánh sáng là rất cao, trải dài từ bốn đến bảy trăm triệu triệu sóng trong một giây. Các tần số khác nhau của ánh sáng được mắt người nhìn thấy như

những màu khác nhau. Những ánh sáng có tần số thấp nhất nằm ở phía đỏ của quang phổ và những ánh sáng có tần số cao nhất nằm ở phía tím của nó. Bây giờ chúng ta hãy hình dung một nguồn sáng ở cách chúng ta một khoảng không đổi, tỷ như một ngôi sao, và phát sóng ánh sáng có tần số không đổi. Rõ ràng là tần số của các sóng mà chúng ta nhận được cũng chính là tần số mà chúng đã được nguồn phát ra. (Trường hấp dẫn của thiên hà chưa đủ mạnh để gây ra hiệu ứng đáng kể). Bây giờ giả thử rằng nguồn sóng bắt đầu chuyển động hướng về phía chúng ta. Khi nguồn phát một đỉnh sóng tiếp theo thì nó ở gần chúng ta hơn, vì vậy thời gian để đỉnh sóng đó tới được chúng ta sẽ ít hơn so với khi nguồn sóng đứng yên. Điều này có nghĩa là thời gian giữa hai đỉnh sóng tới chúng ta là nhỏ hơn và do đó số sóng mà chúng ta nhận được trong một giây (tức là tần số) sẽ lớn hơn so với khi nguồn sóng đứng im. Tương ứng, nếu nguồn sóng đi ra xa chúng ta thì tần số mà chúng ta nhận được sẽ thấp hơn. Do đó, trong trường hợp ánh sáng điều này có nghĩa là những ngôi sao chuyển động ra xa chúng ta sẽ có quang phổ dịch về phía đỏ của quang phổ (hiện tượng dịch về phía đỏ) và những ngôi sao chuyển động về phía chúng ta sẽ có quang phổ dịch về phía tím. Mối quan hệ này giữa tần số và vận tốc - được gọi là hiệu ứng Doppler - là một kinh nghiệm hàng ngày. Hãy lắng nghe một chiếc xe ô tô chạy trên đường: khi chiếc xe tiến lại gần, tiếng động cơ của nó nghe bổng hơn (tức là tần số sóng âm cao hơn), còn khi nó đi ra xa âm của nó nghe trầm hơn. Đối với các sóng vô tuyến cũng tương tự như vậy. Thực tế cảnh sát đã dùng hiệu ứng Doppler để xác định vận tốc của các xe ô tô bằng cách đo tần số của các xung sóng vô tuyến phản xạ từ các xe đó.

Sau khi chứng minh được sự tồn tại của các thiên hà khác, trong

những năm tiếp sau, Hubble đã dành nhiều thời gian để lập một kho dữ liệu về khoảng cách giữa các thiên hà và quan sát quang phổ của các thiên hà đó. Vào thời gian ấy, nhiều người nhĩ rằng các thiên hà chuyển động hoàn toàn ngẫu nhiên, cho nên họ chờ đợi tìm thấy những quang phổ dịch về phía tím cũng nhiều như những quang phổ dịch về phía đỏ. Do đó, người ta hết sức ngạc nhiên khi phát hiện ra rằng đa số các thiên hà đều có quang phổ dịch về phía đỏ: nghĩa là gần như tất cả chúng đang chuyển động ra xa chúng ta! Điều còn ngạc nhiên hơn nữa là phát hiện mà Hubble công bố năm 1929: thậm chí độ dịch về phía đỏ của thiên hà cũng không phải là ngẫu nhiên, mà nó tỷ lệ thuận với khoảng cách giữa thiên hà đó và chúng ta. Hoặc nói một cách khác, thiên hà càng ở xa thì nó chuyển động ra xa càng nhanh! Có nghĩa là vũ trụ không phải là tĩnh như trước kia người ta vẫn tưởng, mà nó thực tế đang giãn nở, khoảng cách giữa các thiên hà ngày càng tăng lên theo thời gian.

Phát minh vũ trụ đang giãn nở là một trong những cuộc cách mạng trí tuệ vĩ đại của thế kỷ 20. Với nhận thức muộn màng, thì việc chỉ ngạc nhiên mà tự hỏi tại sao trước kia không ai nghĩ tới điều đó là chuyện quá dễ dàng. Newton và những người khác lẽ ra phải thấy rằng vũ trụ tĩnh sớm hay muộn rồi cũng sẽ co lại dưới ảnh hưởng của hấp dẫn. Nhưng bây giờ, ta hãy cứ giả thử rằng vũ trụ đang giãn nở. Nếu nó giãn nở đủ chậm, thì lực hấp dẫn sẽ làm cho nó cuối cùng sẽ ngừng giãn nở và sau đó sẽ bắt đầu co lại. Tuy nhiên, nếu vũ trụ giãn nở với vận tốc nhanh hơn một vận tốc giới hạn nào đó, thì lực hấp dẫn sẽ không bao giờ đủ mạnh để làm dừng nó lại và vũ trụ sẽ tiếp tục giãn nở mãi mãi. Điều này cũng hơi giống như khi người ta phóng một tên lửa lên không trung từ mặt đất. Nếu nó có vận tốc nhỏ thì lực hấp dẫn cuối cùng sẽ làm nó dừng lại và bắt đầu

rơi xuống. Ngược lại, nếu tên lửa có vận tốc lớn hơn một vận tốc tới hạn nào đó (khoảng bảy dặm trong một giây), thì lực hấp dẫn sẽ không còn đủ mạnh để kéo nó lại nữa, và nó sẽ tiếp tục rời xa trái đất mãi mãi.

Tính chất đó của vũ trụ lẽ ra có thể hoàn toàn được tiên đoán từ lý thuyết hấp dẫn của Newton ở bất kỳ thời điểm nào của thế kỷ 19, 18, thậm chí ở cuối thế kỷ 16. Nhưng vì niềm tin vào vũ trụ tĩnh quá mạnh tới mức nó vẫn còn dai dẳng cho tới đầu thế kỷ 20. Thậm chí ngay cả Einstein, khi xây dựng thuyết tương đối rộng vào năm 1915, cũng đinh ninh rằng vũ trụ cần phải là tĩnh. Vì thế ông đã phải sửa đổi lý thuyết của mình để điều đó có thể xảy ra, bằng cách đưa vào những phương trình của mình cái được gọi là "hằng số vũ trụ". Einstein đã đưa vào một lực “phản hấp dẫn” mới, mà không giống như những lực khác, nó không có xuất xứ từ một nguồn đặc biệt nào, mà được tạo dựng ngay trong cấu trúc của không-thời gian. Ông đặt ra yêu cầu là không-thời gian có xu hướng nội tại là nở ra, và điều đó là để cân bằng chính xác với lực hút của toàn bộ vật chất trong vũ trụ, sao cho kết quả thu được là một vũ trụ tĩnh. Dường như chỉ có một người muốn chấp nhận thuyết tương đối rộng ở dạng ban đầu của nó, đó là nhà vật lý và toán học người Nga Alexander Friedmann. Và trong khi Einstein và các nhà vật lý khác tìm mọi cách để lảng tránh sự tiên đoán về một vũ trụ không tĩnh, thì Friedmann đã chấp nhận và bắt tay vào giải thích nó.

Friedmann đã đưa ra hai giả thiết rất đơn giản về vũ trụ: đó là vũ trụ đồng nhất theo mọi hướng mà chúng ta quan sát, và điều này cũng đúng với bất kỳ vị trí quan sát nào. Chỉ từ hai ý tưởng đó, Friedmann đã chứng tỏ được rằng chúng ta không thể chờ đợi vũ trụ chỉ là tĩnh. Thực tế, vào năm 1922, ít năm trước phát minh của Hubble,

Friedmann đã tiên đoán chính xác điều mà Hubble tìm ra!

Giả thiết cho rằng vũ trụ nhìn y hệt nhau theo mọi hướng rõ ràng là không đúng với thực tế. Ví dụ, như chúng ta đã thấy, những ngôi sao khác trong thiên hà chúng ta tạo nên một dải sáng nổi bật trên nền trời đêm, tức là dải Ngân hà. Nhưng nếu chúng ta quan sát những thiên hà ở xa thì số lượng của chúng tương đối giống nhau. Như vậy, về đại thể thì vũ trụ có thể xem là như nhau theo mọi hướng, với điều kiện là ta phải nhìn nó ở qui mô lớn so với kích thước giữa các thiên hà, và bỏ qua những sai khác ở qui mô nhỏ. Trong một thời gian dài, điều này đã đủ biện minh cho giả thiết của Friedmann như một phép gần đúng thô đối với vũ trụ thực. Nhưng gần đây hơn, một sự tình cờ may mắn đã chỉ ra rằng giả thiết của Friedmann thực tế là sự mô tả khá chính xác vũ trụ của chúng ta.

Năm 1965, hai nhà vật lý Mỹ làm việc ở phòng thí nghiệm của hãng Bell Telephone ở New Jersey là Arno Penzias và Robert Wilson đang tiến hành trắc nghiệm một máy dò sóng cực ngắn rất nhạy. (Sóng cực ngắn cũng giống như ánh sáng nhưng với tần số chỉ cỡ 10 ngàn triệu sóng trong 1 giây). Penzias và Wilson rất băn khoăn khi họ phát hiện ra rằng máy dò của họ đã ghi được quá nhiều tiếng ồn hơn mức cần thiết. Tiếng ồn này dường như không đến theo một phương đặc biệt nào. Đầu tiên họ phát hiện có phân chim trong máy, sau đó họ đã kiểm tra mọi khả năng có thể hỏng hóc, nhưng tất cả đều bị loại trừ. Họ cũng biết rằng mọi loại tiếng ồn bên trong bầu khí quyển sẽ mạnh hơn khi máy dò không hướng theo phương thẳng đứng, bởi vì các tia sáng truyền trong khí quyển sẽ thu được ở gần đường chân trời nhiều hơn là trên đỉnh đầu. Nhưng tiếng ồn thái quá ở đây lại như nhau theo mọi phương mà họ hướng đầu dò tới và như vậy nó phải tới từ bên ngoài khí quyển. Tiếng ồn này cũng như

nhau cả ngày lẫn đêm trong suốt cả năm bất kể trái đất vẫn quay quanh trục của nó và quay quanh mặt trời. Điều này chứng tỏ bức xạ phải tới từ bên ngoài hệ mặt trời, thậm chí từ ngoài cả thiên hà chúng ta, vì nếu không nó sẽ thay đổi khi chuyển động của trái đất làm cho máy dò hướng theo những hướng khác nhau. Thực tế, chúng ta biết rằng bức xạ đó tới được chúng ta đã phải đi qua phần lớn vùng vũ trụ quan sát được và vì nó như nhau theo các phương khác nhau nên vũ trụ cũng cần phải như nhau theo mọi phương, nếu chỉ xét trên qui mô lớn. Bây giờ thì chúng ta đã biết rằng bất kể nhìn theo phương nào, thì tiếng ồn đó cũng chỉ biến thiên không bao giờ vượt quá một phần vạn. Như vậy, Penzias và Wilson hoàn toàn tình cờ đã phát hiện được một bằng chứng khá chính xác khẳng định giả thiết thứ nhất của Friedmann.

Gần khoảng thời gian đó, hai nhà vật lý Mỹ ở gần Đại học Princeton là Bod Dicke và Jim Peebles cũng đang quan tâm tới các sóng cực ngắn. Họ đang làm việc theo một đề xuất của George Gamow (người đã một thời là sinh viên của Alexander Friedmann) cho rằng vũ trụ ở thời kỳ đầu phải rất nóng và đặc, đồng thời phát sáng nóng, trắng. Dicke và Peebles lý luận rằng chúng ta hiện nay vẫn còn có thể thấy được ánh sáng chói lọi đó của vũ trụ ở thời kỳ đầu, bởi vì ánh sáng từ những phần rất xa của vũ trụ chỉ bây giờ mới đến được chỗ chúng ta. Tuy nhiên, sự giãn nở của vũ trụ có nghĩa là ánh sáng đỏ phải dịch rất mạnh về phía đỏ khiến cho bây giờ chúng ta thấy nó dưới dạng bức xạ viba (sóng cực ngắn). Dicke và Peebles đang chuẩn bị tìm kiếm bức xạ đó thì Penzias và Wilson nghe nói về công trình của họ và hai ông hiểu ngay rằng mình đã phát hiện được chính bức xạ đó. Vì thế mà Penzias và Wilson đã được trao giải thưởng Nobel về vật lý năm 1978 (một điều hơi chua chát đối với

Dicke và Peebles, ấy là chưa nói tới Gamow!).

Giờ đây thoạt nhìn thì toàn bộ bằng chứng đó - bằng chứng xác nhận rằng vũ trụ nhìn như nhau theo bất kỳ hướng nào mà chúng ta quan sát - có thể dẫn đến ý nghĩ cho rằng có một cái gì đó đặc biệt về vị trí của chúng ta trong vũ trụ. Đặc biệt, có thể nghĩ rằng nếu chúng ta quan sát thấy tất cả các thiên hà khác đang chuyển động ra xa chúng ta, thì chúng ta cần phải ở trung tâm của vũ trụ. Tuy nhiên, cũng có một cách giải thích khác: vũ trụ cũng phải như nhau theo mọi hướng khi nó được quan sát từ bất kỳ một thiên hà nào khác. Nhưng, như chúng ta đã thấy, đó chính là giả thiết thứ hai của Friedmann. Hiện chúng ta chưa có bằng chứng khoa học để khẳng định hay bác bỏ giả thiết đó. Chúng ta tin nó chỉ trên cơ sở của sự khiêm tốn: sẽ là quá nổi bật nếu vũ trụ là như nhau theo mọi phương xung quanh chúng ta, nhưng lại không như thế xung quanh các điểm khác trong vũ trụ. Trong mô hình của Friedmann tất cả các thiên hà đều chuyển động ra xa nhau. Tình huống này khá giống một quả bóng bay, trên mặt có vẽ nhiều chấm màu, đang được thổi căng lên từ từ. Khi quả bóng căng lên, khoảng cách giữa các chấm màu tăng lên, nhưng không thể nói chấm màu nào là trung tâm của sự giãn nở đó. Hơn nữa các chấm càng xa nhau thì chúng chuyển động ra xa nhau càng nhanh. Tương tự như vậy, trong mô hình của Friedmann vận tốc mà hai thiên hà chuyển động ra xa nhau tỷ lệ với những khoảng cách giữa chúng. Như vậy, mô hình này tiên đoán rằng mọi sự dịch về phía đỏ của một thiên hà tỷ lệ thuận với khoảng cách từ nó đến chúng ta, đúng như Hubble đã phát hiện. Mặc dù thành công của mô hình và tiên đoán của nó về những quan sát của Hubble, nhưng công trình của Friedmann ít được biết tới, cho tới khi những mô hình tương tự được phát minh bởi nhà vật lý Mỹ Howard

Robertson và nhà toán học Anh Arthur Walker, để giải thích phát hiện của Hubble về sự giãn nở đều của vũ trụ.
Mặc dù Friedmann chỉ tìm ra một, nhưng thực tế có tới ba loại mô hình khác nhau cùng tuân theo hai giả thiết cơ bản của Friedmann. Trong loại đầu tiên (loại mà Friedmann đã phát hiện) vũ trụ giãn nở đủ chậm để lực hút hấp dẫn giữa các thiên hà khác nhau, làm cho sự giãn nở chậm lại, và cuối cùng thì dừng hẳn. Sau đó các thiên hà bắt

đầu chuyển động lại gần nhau, và vũ trụ co lại. Hình 3.2 cho thấy, khoảng cách giữa hai thiên hà lân cận thay đổi từ 0, tăng tới cực đại rồi lại giảm dần xuống 0. Trong loại thứ hai, vũ trụ giãn nở nhanh tới mức lực hút hấp dẫn không bao giờ có thể làm quá trình

đó dừng lại, mặc dù nó có thể chậm lại đôi chút. Hình 3.3 cho thấy có sự tách xa của hai thiên hà cạnh nhau trong mô hình này. Nó bắt đầu từ 0, và đến một lúc nào đó, các thiên hà chuyển động ra xa nhau với tốc độ đều. Cuối cùng là khả năng thứ ba: vũ trụ giãn nở vừa đủ nhanh để tránh được quá trình co về trạng thái ban đầu. Trong

trường hợp đó, sự tách biệt - như được thấy trên hình 3.4 - cũng bắt đầu từ 0 rồi tăng lên mãi mãi. Tuy nhiên, vận tốc mà các thiên hà chuyển động ra xa nhau ngày càng nhỏ, mặc dù không bao giờ đạt tới 0.
Một đặc điểm nổi bật của mô hình đầu tiên của Friedmann là vũ trụ không phải là vô hạn trong không gian, nhưng không gian lại không có biên. Lực hấp dẫn đã mạnh tới mức không gian bị cuốn tròn lại và làm cho nó na ná như bề mặt của trái đất. Nếu người ta chỉ đi

theo một hướng trên bề mặt của trái đất, người ra sẽ không bao giờ gặp một rào chắn không thể qua được hoặc rơi xuống qua một mép vực, mà cuối cùng sẽ quay về chỗ đã xuất phát. Trong mô hình đầu tiên của Friedmann không gian đúng như thế, chỉ có khác là nó có ba chiều chứ không phải hai chiều như bề mặt trái đất. Chiều thứ tư - thời gian - cũng hữu hạn, nhưng nó giống như đường thẳng có hai đầu, hay nói cách khác là hai biên: bắt đầu và kết thúc. Sau này chúng ta sẽ thấy rằng khi người ta kết hợp thuyết tương đối rộng với nguyên lý bất định của cơ học lượng tử thì cả không gian lẫn thời gian đều có thể hữu hạn mà không có mép hoặc biên.

Ý tưởng cho rằng người ta có thể chu du vòng quanh vũ trụ và kết thúc ở chính chỗ xuất phát sẽ làm nên một câu chuyện viễn tưởng khoa học hay, nhưng không có nhiều ý nghĩa thực tiễn, vì người ta có thể chứng tỏ được rằng vũ trụ sẽ co lại trở về kích thước zero trước khi người ta đi hết một vòng quanh nó. Bạn cần phải đi nhanh hơn ánh sáng mới kịp về chỗ xuất phát trước khi vũ trụ cáo chung, nhưng điều đó lại không được phép.

Trong loại mô hình đầu tiên của Friedmann, vũ trụ nở ra rồi co lại, không gian bị uốn tròn lại giống như bề mặt trái đất. Do đó, nó là hữu hạn. Trong loại mô hình thứ hai - vũ trụ nở ra mãi mãi - không gian bị uốn theo cách khác, nó giống như hình một chiếc yên ngựa. Như vậy, trong trường hợp này không gian là vô hạn. Cuối cùng trong mô hình thứ ba, với tốc độ giãn nở tới hạn, không gian là phẳng (và do đó cũng vô hạn).

Nhưng mô hình nào của Friedmann mô tả đúng vũ trụ của chúng ta? Liệu vũ trụ cuối cùng có ngừng giãn nở và bắt đầu co lại hay sẽ giãn nở mãi mãi? Để trả lời câu hỏi đó cần phải biết tốc độ giãn nở hiện nay của vũ trụ và mật độ trung bình hiện nay của nó. Nếu mật độ

nhỏ hơn một giá trị tới hạn nào đó được xác định bởi tốc độ giãn nở, thì lực hút hấp dẫn sẽ quá yếu để làm dừng quá trình giãn nở. Nếu mật độ lớn hơn giá trị tới hạn, lực hấp dẫn sẽ làm dừng quá trình giãn nở ở một thời điểm nào đó trong tương lai và sẽ làm cho vũ trụ co lại.

Chúng ta có thể xác định được tốc độ giãn nở hiện thời bằng cách dùng hiệu ứng Doppler đo vận tốc mà các thiên hà chuyển động ra xa chúng ta. Điều này có thể thực hiện được một cách rất chính xác. Tuy nhiên, khoảng cách giữa các thiên hà lại được biết không chính xác lắm, do chúng ta đo chúng chỉ bằng phương pháp gián tiếp thôi. Vì vậy, hiện nay chúng ta chỉ biết được là vũ trụ đang giãn nở 5% đến 10% trong mỗi khoảng thời gian là ngàn triệu năm. Tuy nhiên, sự bất định về mật độ trung bình hiện nay của vũ trụ thậm chí còn lớn hơn nữa. Nếu chúng ta cộng khối lượng của tất cả các ngôi sao nhìn thấy trong thiên hà của chúng ta và các thiên hà khác lại, thì tổng số còn nhỏ hơn một phần trăm khối lượng cần thiết để hãm sự giãn nở của vũ trụ lại, thậm chí cả trong trường hợp đánh giá thấp nhất tốc độ giãn nở. Tuy nhiên, thiên hà của chúng ta và các thiên hà khác còn cần phải chứa một lượng lớn “vật chất tối” mà chúng ta không thể thấy được trực tiếp, nhưng chúng ta biết nó phải có vì ảnh hưởng sức hút hấp dẫn của nó lên quỹ đạo của các ngôi sao trong các thiên hà. Hơn nữa, đa số các thiên hà được tìm thấy nằm thành từng cụm, và tương tự như trên, chúng ta có thể suy ra sự có mặt của một lượng vật chất tối còn lớn hơn nữa trong khoảng giữa các thiên hà thuộc một cụm bởi tác động của nó lên chuyển động của các thiên hà. Khi cộng tất cả lượng vật chất tối đó lại, chúng ta cũng chỉ mới nhận được khoảng một phần mười khối lượng cần thiết để hãm sự giãn nở lại. Tuy nhiên, chúng ta không thể loại trừ khả năng

có thể có một dạng vật chất khác được phân bố đồng đều trong toàn vũ trụ mà chúng ta còn chưa phát hiện được và nó có thể sẽ nâng mật độ trung bình của vũ trụ lên tới giá trị tới hạn để hãm sự giãn nở lại. Do vậy, bằng chứng mà hiện nay chúng ta có gợi ý rằng vũ trụ có lẽ sẽ giãn nở vĩnh viễn, nhưng điều mà chúng ta thực sự tin chắc, đó là nếu thậm chí cuối cùng vũ trụ có co lại đi nữa, thì điều đó cũng chưa xảy ra ít nhất trong vòng mười ngàn triệu năm nữa, bởi vì nó vẫn còn giãn nở ít nhất cũng từng ấy thời gian. Điều này chắc không khiến chúng ta phải lo lắng: tới thời gian đó nếu chúng ta không định cư được ở ngoài hệ mặt trời, thì loài người cũng đã diệt vong từ lâu cùng với mặt trời của chúng ta!

Tất cả các mô hình của Friedmann đều có một đặc điểm là ở một thời điểm nào đó trong quá khứ (khoảng giữa mười và hai mươi ngàn triệu năm trước) khoảng cách giữa hai thiên hà lân cận phải bằng 0. Ở thời điểm đó - thời điểm mà chúng ta gọi là vụ nổ lớn (Big Bang) - mật độ của vũ trụ và độ cong của không-thời gian là lớn vô hạn. Vì các nhà toán học không thể thực sự thao tác với các số vô hạn, nên điều này có nghĩa là thuyết tương đối rộng (mà các mô hình của Friedmann dựa trên đó) tiên đoán rằng có một điểm trong vũ trụ mà tại đó chính bản thân lý thuyết cũng không dùng được nữa. Một điểm như vậy là một ví dụ về cái mà các nhà toán học gọi là điểm kỳ dị. Thực tế mọi lý thuyết khoa học của chúng ta đều được phát biểu trên giả thuyết cho rằng không - thời gian là trơn và gần như phẳng, vì vậy chúng sẽ không còn dùng được ở điểm kỳ dị vụ nổ lớn vì ở đó độ cong của không-thời gian là vô hạn. Điều này có nghĩa là thậm chí nếu có những sự kiện xảy ra trước vụ nổ lớn, thì người ta cũng không thể dùng chúng để xác định những gì xảy ra sau đó, bởi vì tính tiên đoán được cũng sẽ không còn nữa tại vụ nổ

lớn. Tương ứng, nếu chỉ biết những gì từ sau vụ nổ lớn - đó chính là trường hợp của chúng ta - thì chúng ta cũng không thể xác định được những gì đã xảy ra trước đó. Đối với chúng ta, thì những sự kiện xảy ra trước vụ nổ lớn có thể không có hậu quả gì, vì vậy chúng không tạo thành một bộ phần trong mô hình khoa học về vũ trụ. Do đó, chúng ta sẽ cắt bỏ chúng khỏi mô hình và nói rằng thời gian bắt đầu từ vụ nổ lớn.

Nhiều người không thích ý tưởng xem rằng thời gian có điểm bắt đầu, có lẽ bởi vì nó dây dưa với sự can thiệp của thần thánh. (Nhà thờ Thiên Chúa giáo, trái lại, đã nắm ngay lấy mô hình vụ nổ lớn và vào năm 1951, và chính thức tuyên bố nó hoàn toàn phù hợp với Kinh thánh). Do đó đã có nhiều nỗ lực nhằm tránh kết luận cho rằng đã có vụ nổ lớn. Một đề xuất được ủng hộ rộng rãi nhất gọi là lý thuyết trạng thái bền vững. Nó được đưa ra vào năm 1948, bởi hai người tị nạn chạy khỏi nước Áo đang bị bọn phát xít chiếm đóng, đó là Hermann Bondi và Thamas Gold cùng với Fred Hoyle - người đã cùng họ nghiên cứu phát triển radar trong thời kỳ chiến tranh. Ý tưởng của họ như sau: Khi các thiên hà chuyển động ra xa nhau, thì ở khoảng trống giữa chúng, các thiên hà mới liên tục được tạo thành từ vật chất mới. Do đó, về đại thể, vũ trụ sẽ nhìn như nhau ở mọi thời điểm cũng như ở mọi điểm của không gian. Lý thuyết trạng thái bền vững yêu cầu phải sửa đổi thuyết tương đối rộng để cho phép liên tục tạo ra vật chất, nhưng tốc độ của quá trình đó chậm tới mức (cỡ một hạt trên một kilomét khối trong một năm) để nó không mâu thuẫn với thực nghiệm. Lý thuyết này là một lý thuyết khoa học tốt theo nghĩa đã được mô tả ở chương 1: nó đơn giản và đưa ra được những tiên đoán xác định có thể kiểm chứng được bằng quan sát. Một trong số những tiên đoán của nó cho rằng số thiên hà hoặc

các đối tượng tương tự trong một thể tích không gian cho trước sẽ là như nhau ở bất kỳ đâu và bất kỳ khi nào chúng ta quan sát vũ trụ. Vào cuối những năm 50 và đầu những năm 60, việc lập một bản đồ các nguồn sống vô tuyến từ ngoài không gian vũ trụ đã được tiến hành bởi một nhóm các nhà thiên văn ở Cambridge do Martin Ryle đứng đầu (ông cũng đã từng làm việc với Bondi, Gold và Hoyle về radar trong thời kỳ chiến tranh). Nhóm Cambridge đã chỉ ra rằng đa số các nguồn sóng vô tuyến này phải nằm ngoài thiên hà của chúng ta (thực tế nhiều trong số đó có thể đồng nhất với các thiên hà khác) và số nguồn yếu là do ở xa hơn và các nguồn mạnh là do ở gần hơn. Khi đó hóa ra số các nguồn nằm trong một đơn vị thể tích của không gian đối với các nguồn ở gần sẽ ít hơn so với các nguồn ở xa. Điều đó có thể có nghĩa là chúng ta nằm ở trung tâm của một vùng rộng lớn của vũ trụ trong đó có số các nguồn ít hơn các nơi khác. Hoặc, cũng có thể có nghĩa là trong quá khứ, ở thời điểm các sóng vô tuyến xuất phát đi tới chúng ta thì số các nguồn nhiều hơn so với hiện nay. Cả hai cách giải thích đều mâu thuẫn với tiên đoán của thuyết trạng thái bền vững. Hơn thế nữa, sự phát hiện thấy các bức xạ cực ngắn của Penzias và Wilson vào năm 1965 cũng chỉ ra rằng vũ trụ trong quá khứ phải đặc hơn rất nhiều. Do vậy lý thuyết trạng thái bền vững cần phải vứt bỏ.

Một nỗ lực khác nhằm tránh kết luận cần phải có vụ nổ lớn, và do đó có sự bắt đầu của thời gian, đã được hai nhà khoa học Nga là Evgenii Lifshitz và Isaac Khalatnikov đưa ra năm 1963. Họ cho rằng vụ nổ lớn có thể chỉ là một đặc điểm riêng có của các mô hình Friedmann; và xét cho cùng, những mô hình này cũng chỉ là những mô hình gần đúng của vũ trụ thực. Có lẽ, trong số tất cả các mô hình gần giống vũ trụ thực thì chỉ có những mô hình Friedmann là chứa

điểm kỳ dị vụ nổ lớn. Trong các mô hình Friedmann, tất cả các thiên hà đều chuyển động thẳng ra xa nhau, và vì vậy sẽ không có gì ngạc nhiên nếu ở một thời điểm nào đó trong quá khứ, tất cả chúng đều ở cùng một chỗ. Tuy nhiên, trong vũ trụ thực, các thiên hà không thực sự chuyển động thẳng ra xa nhau, mà chúng còn có cả vận tốc cạnh, mặc dù là nhỏ. Như vậy, trên thực tế, các thiên hà không bao giờ phải cùng ở đúng một chỗ mà chỉ cần ở rất sát nhau thôi. Có lẽ khi đó thì vũ trụ đang giãn nở hiện nay được tạo thành không phải từ điểm kỳ dị vụ nổ lớn, mà là từ một pha co lại trước kia. Khi vũ trụ đã co lại, các hạt trong đó có thể không phải tất cả đều va chạm với nhau mà chỉ bay qua rồi sau đó chuyển động ra xa nhau tạo nên sự giãn nở hiện nay của vũ trụ. Vậy thì làm sao chúng ta có thể nói được vũ trụ thực có bắt đầu từ vụ nổ lớn hay không? Điều mà Lifshitz và Khalatnikov đã làm là nghiên cứu các mô hình của vũ trụ gần giống với các mô hình của Friedmann nhưng có tính đến những điểm bất thường và vận tốc ngẫu nhiên của các thiên hà trong vũ trụ. Họ đã chỉ ra rằng những mô hình như vậy cũng có thể bắt đầu từ vụ nổ lớn, thậm chí mặc dù các thiên hà không phải luôn luôn chuyển động thẳng ra xa nhau, nhưng họ lại biện bạch rằng điều này chỉ khả dĩ trong một số mô hình đặc biệt trong đó các thiên hà phải chuyển động đúng cách. Họ lý luận rằng vì các mô hình giống Friedmann không có điểm kỳ dị vụ nổ lớn nhiều vô hạn hơn những mô hình có điểm kỳ dị đó, nên cần phải rút ra kết luận rằng thực tế không có vụ nổ lớn. Tuy nhiên, sau này họ thấy rằng có một lớp các mô hình giống Friedmann nhưng tổng quát hơn nhiều đều có các điểm kỳ dị mà trong đó các thiên hà không cần phải chuyển động theo một cách đặc biệt nào. Và do đó, họ đã rút lại ý kiến vào năm 1970.

Công trình của Lifshitz và Khalatnikov có giá trị ở chỗ, nó chứng tỏ được rằng vũ trụ có thể đã có điểm kỳ dị, tức là vụ nổ lớn, nếu thuyết tương đối rộng là đúng. Tuy nhiên, điều đó chưa giải quyết được vấn đề căn bản: thuyết tương đối rộng có tiên đoán rằng vũ trụ của chúng ta cần phải có vụ nổ lớn, nghĩa là sự bắt đầu của thời gian không? Câu trả lời xuất phát từ một cách tiếp cận hoàn toàn khác do nhà vật lý và toán học người Anh Roger Penrose đưa ra vào năm 1965. Sử dụng tính chất của các nón ánh sáng trong thuyết tương đối rộng và sự thật là lực hấp dẫn luôn luôn là lực hút, ông đã chứng tỏ được rằng một ngôi sao đang co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn riêng của mình sẽ bị bẫy vào một vùng mà bề mặt của nó cuối cùng sẽ co lại kích thước 0. Và vì bề mặt của vùng đó co lại tới 0, nên thể tích của nó cũng cần phải như thế. Như vậy toàn bộ vật chất sẽ được nén ép vào một vùng có thể tích 0, và do đó, mật độ của vật chất và độ cong của không-thời gian sẽ trở nên vô hạn. Nói một cách khác, ta có một kỳ dị nằm trong vùng không-thời gian được gọi là lỗ đen.

Thoạt nhìn, kết quả của Penrose chỉ áp dụng được cho các ngôi sao, chứ chưa cho biết toàn bộ vũ trụ đã có một điểm kỳ dị vụ nổ lớn trong quá khứ hay không. Tuy nhiên, vào thời gian Penrose đưa ra định lý của ông thì tôi còn là một nghiên cứu sinh đang trăn trở tìm vấn đề để hoàn tất luận án tiến sĩ. Hai năm trước đó, tôi được chuẩn đoán là đã mắc bệnh ALS, thường được gọi là bệnh Lou Gehrig hay là bệnh về thần kinh chuyển động, và người ta đã cho tôi hiểu rằng tôi chỉ còn sống được một hai năm nữa. Trong những hoàn cảnh như vậy, chẳng có tâm trí đâu mà làm luận án, vì tôi không nghĩ là mình sống được đến khi hoàn tất nó. Nhưng rồi hai năm đã trôi qua và tôi vẫn chưa thấy tình trạng sức khỏe của mình xấu đi nhiều.

Thực tế, mọi chuyện diễn ra khá tốt đẹp đối với tôi, và tôi đã hứa hôn với Jane Wilde, một cô gái tuyệt vời. Nhưng để cưới nàng tôi cần phải có việc làm, mà muốn có việc làm tôi phải có bằng tiến sĩ.
Năm 1965 tôi đã đọc được định lý của Penrose nói rằng bất cứ vật nào co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn cuối cùng sẽ phải tạo thành một điểm kỳ dị. Chẳng bao lâu sau tôi thấy rằng nếu đổi chiều thời gian trong định lý của Penrose, sao cho sự co lại trở thành sự giãn nở, thì các điều kiện của định lý đó vẫn còn đúng với điều kiện vũ trụ hiện nay gần giống với mô hình của Friedmann trên qui mô lớn. Định lý của Penrose đã chứng tỏ rằng bất kỳ một ngôi sao đang co lại nào cũng phải kết thúc ở một điểm kỳ dị, còn lý luận dựa trên sự nghịch đảo thời gian thì chỉ ra rằng mọi vũ trụ giãn nở giống như Friedmann phải bắt đầu từ một điểm kỳ dị. Vì những lý do kỹ thuật, định lý Penrose đòi hỏi rằng vũ trụ là vô hạn trong không gian. Như vậy, thực tế, tôi đã sử dụng định lý đó để chứng minh được rằng sẽ cần phải có điểm kỳ dị, chỉ nếu vũ trụ giãn nở đủ nhanh để nó không bị co lại một lần nữa (vì những mô hình Friedmann như thế mới là vô hạn trong không gian).
Trong ít năm sau, tôi đã phát triển những kỹ thuật toán học mới cho phép loại bỏ những điều kiện có tính chất kỹ thuật đó ra khỏi những định lý chứng minh rằng những điểm kỳ dị cần phải xảy ra. Kết quả là bài báo viết chung của Penrose và tôi công bố năm 1970; trong đó, cuối cùng chúng tôi đã chứng minh được rằng cần phải có điểm kỳ dị vụ nổ lớn, nhưng chỉ với điều kiện thuyết tương đối rộng là đúng, và vũ trụ chứa một lượng vật chất như chúng ta quan sát thấy. Có rất nhiều phản bác đối với công trình của chúng tôi, một phần từ những người Nga do niềm tin Mác-xít của họ vào quyết định luận khoa học, một phần từ những người cảm thấy rằng toàn bộ ý tưởng

về các kỳ dị là khó chịu, và làm hỏng vẻ đẹp của lý thuyết Einstein. Tuy nhiên người ta không thể thực sự tranh cãi với các định lý toán học. Và vì vậy, cuối cùng công trình của chúng tôi nói chung đã được chấp nhận, và hiện nay, hầu hết mọi người đều cho rằng vũ trụ đã bắt đầu từ điểm kỳ dị vụ nổ lớn. Nhưng có lẽ thật là trớ trêu, hiện nay tôi đã thay đổi ý nghĩ của mình, và đang cố gắng thuyết phục các nhà vật lý khác tin rằng, thực tế chẳng có điểm kỳ dị nào ở thời điểm bắt đầu của vũ trụ, vì như chúng ta sẽ thấy ở sau này, điểm kỳ dị sẽ biến mất một khi ta tính đến các hiệu ứng lượng tử.

Như chúng ta đã thấy trong chương này, chỉ chưa đầy một nửa thế kỷ mà quan niệm của loài người về vũ trụ được hình thành từ hàng nghìn năm nay đã biến đổi như thế nào. Phát minh của Hubble về vũ trụ giãn nở và nhận thức về sự nhỏ nhoi của hành tinh chúng ta trong khoảng bao la của vũ trụ chính là điểm xuất phát. Khi mà những bằng chứng thực nghiệm và lý thuyết được khớp lại, thì chúng ta ngày càng thấy rõ rằng vũ trụ cần phải có điểm bắt đầu trong thời gian, và mãi đến tận năm 1970, điều này cuối cùng đã được Penrose và tôi chứng minh trên cơ sở thuyết tương đối rộng của Einstein. Chứng minh này còn chỉ ra rằng, thuyết tương đối rộng cũng là một lý thuyết chưa hoàn chỉnh: nó chưa thể nói cho chúng ta biết vũ trụ đã khởi phát như thế nào, vì nó tiên đoán rằng mọi lý thuyết vật lý, kể cả chính bản thân nó, đều không còn dùng được ở thời điểm bắt đầu đó của vũ trụ. Tuy nhiên, lý thuyết tương đối rộng chỉ là một lý thuyết riêng phần, nên điều mà các định lý về điểm kỳ dị thực sự chỉ ra, là đã có một lúc trong giai đoạn rất sớm của vũ trụ, khi nó còn nhỏ tới mức không thể bỏ qua những hiệu ứng trên quy mô nhỏ của một lý thuyết riêng phần khác cũng rất vĩ đại của thế kỷ 20, đó là cơ học lượng tử.

Vào những năm đầu của thập kỷ 70, chúng tôi buộc phải thay đổi hướng nghiên cứu vũ trụ từ lý thuyết của chúng ta về các vật cực lớn tới lý thuyết của chúng ta về các vật cực nhỏ. Lý thuyết đó, tức cơ học lượng tử, sẽ được mô tả ở chương sau trước khi chúng ta quay trở lại với những nỗ lực kết hợp hai lý thuyết riêng phần thành một lý thuyết duy nhất: lý thuyết lượng tử của hấp dẫn.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 4

Nguyên lý bất định

Thành công của nhiều lý thuyết khoa học mà đặc biệt là lý thuyết hấp dẫn của Newton đã đưa nhà khoa học Pháp, hầu tước Laplace, vào thế kỷ 19 tới lập luận rằng vũ trụ là hoàn toàn tất định. Ông cho rằng có một tập hợp các định luật khoa học cho phép chúng ta tiên đoán được mọi chuyện xảy ra trong vũ trụ, miễn là chúng ta phải biết được trạng thái đầy đủ của vũ trụ ở một thời điểm. Ví dụ, nếu chúng ta biết vị trí và vận tốc của mặt trời và các hành tinh ở một thời điểm, thì chúng ta có thể dùng các định luật Newton tính được trạng thái của hệ mặt trời ở bất kể thời điểm nào khác. Quyết định luận dường như khá hiển nhiên trong trường hợp này, nhưng Laplace còn đi xa hơn nữa, ông cho rằng có những qui luật tương tự điều khiển mọi thứ khác nữa, kể cả hành vi của con người.

Học thuyết về quyết định luận khoa học đã bị chống đối rất mạnh bởi nhiều người, những người cảm thấy rằng nó xâm phạm đến sự tự do can thiệp của Chúa vào thế giới này, nhưng nó vẫn còn một sứ mạng với tính cách là tiêu chuẩn của khoa học cho tới tận đầu thế kỷ này. Một trong những chỉ dẫn đầu tiên cho thấy niềm tin đó cần phải vứt bỏ là khi những tính toán của hai nhà khoa học Anh, huân tước Rayleigh và ngài James Jeans, cho kết quả là: một đối tượng hay vật thể nóng, chẳng hạn một ngôi sao, cần phải phát xạ năng lượng với tốc độ vô hạn. Theo những định luật mà người ta tin là đúng ở thời gian đó thì một vật thể nóng cần phải phát ra các sóng

điện từ (như sóng vô tuyến, ánh sáng thấy được, hoặc tia X) như nhau ở mọi tần số. Ví dụ, một vật thể nóng cần phải phát xạ một lượng năng lượng như nhau trong các sóng có tần số nằm giữa một và hai triệu triệu sóng một giây cũng như trong các sóng có tần số nằm giữa hai và ba triệu triệu sóng một giây. Và vì số sóng trong một giây là không có giới hạn, nên điều này có nghĩa là tổng năng lượng phát ra là vô hạn.

Để tránh cái kết quả rõ ràng là vô lý này, nhà khoa học người Đức Max Planck vào năm 1900 đã cho rằng ánh sáng, tia X và các sóng khác không thể được phát xạ với một tốc độ tùy ý, mà thành từng phần nhất định mà ông gọi là lượng tử. Hơn nữa, mỗi một lượng tử lại có một lượng năng lượng nhất định, năng lượng này càng lớn nếu tần số của sóng càng cao, vì vậy ở tần số đủ cao, sự phát xạ chỉ một lượng tử thôi cũng có thể đòi hỏi một năng lượng lớn hơn năng lượng vốn có của vật. Như vậy sự phát xạ ở tần số cao phải được rút bớt đi, khi đó tốc độ mất năng lượng của vật mới còn là hữu hạn.

Giả thuyết lượng tử đã giải thích rất tốt tốc độ phát xạ của các vật nóng, nhưng những ngụ ý của nó đối với quyết định luận thì mãi tới tận năm 1926, khi một nhà khoa học Đức khác là Werner Heisenberg phát biểu nguyên lý bất định nổi tiếng của mình, thì người ta mới nhận thức được. Để tiên đoán vị trí và vận tốc trong tương lai của một hạt, người ta cần phải đo vị trí và vận tốc hiện thời của nó một cách chính xác. Một cách hiển nhiên để làm việc này là chiếu ánh sáng lên hạt. Một số sóng ánh sáng bị tán xạ bởi hạt và điều đó sẽ chỉ vị trí của nó. Tuy nhiên, người ta không thể xác định vị trí của hạt chính xác hơn khoảng cách giữa hai đỉnh sóng của ánh sáng, vì vậy người ta phải dùng ánh sáng có bước sóng ngắn để đo

chính xác vị trí của hạt. Nhưng theo giả thuyết lượng tử của Planck, người ta không thể dùng một lượng ánh sáng nhỏ tùy ý được, mà phải dùng ít nhất một lượng tử. Lượng tử này sẽ làm nhiễu động hạt và làm thay đổi vận tốc của hạt một cách không thể tiên đoán được. Hơn nữa, càng đo chính xác vị trí của hạt, thì phải cần dùng ánh sáng có bước càng ngắn, nghĩa là năng lượng của một lượng tử càng cao. Và vì thế vận tốc của hạt sẽ bị nhiễu động một lượng càng lớn. Nói một cách khác, bạn càng cố gắng đo vị trí của hạt chính xác bao nhiêu thì bạn sẽ đo được vận tốc của nó kém chính xác bấy nhiêu, và ngược lại. Heisenberg đã chứng tỏ được rằng độ bất định về vị trí của hạt nhân với độ bất định về vận tốc của nó nhân với khối lượng của hạt không bao giờ nhỏ hơn một lượng xác định - lượng đó là hằng số Planck. Hơn nữa, giới hạn này không phụ thuộc vào cách đo vị trí và vận tốc của hạt hoặc vào loại hạt: nguyên lý bất định của Heisenberg là một tính chất căn bản không thể tránh khỏi của thế giới.

Nguyên lý bất định có những ngụ ý sâu sắc đối với cách mà chúng ta nhìn nhận thế giới. Thậm chí sau hơn 50 năm chúng vẫn chưa được nhiều nhà triết học đánh giá đầy đủ và vẫn còn là đề tài của nhiều cuộc tranh luận. Nguyên lý bất định đã phát tín hiệu về sự cáo chung cho giấc mơ của Laplace về một lý thuyết khoa học, một mô hình của vũ trụ hoàn toàn có tính chất tất định: người ta chắc chắn không thể tiên đoán những sự kiện tương lai một cách chính xác nếu như người ta không thể dù chỉ là đo trạng thái hiện thời của vũ trụ một cách chính xác! Chúng ta vẫn còn có thể cho rằng có một tập hợp các định luật hoàn toàn quyết định các sự kiện dành riêng cho một đấng siêu nhiên nào đó, người có thể quan sát trạng thái hiện thời của vũ trụ mà không làm nhiễu động nó. Tuy nhiên, những

mô hình như thế không lợi lộc bao nhiêu đối với những người trần thế chúng ta. Tốt hơn là hãy sử dụng nguyên lý tiết kiệm được biết như lưỡi dao cạo của Occam và cắt bỏ đi tất cả những nét đặc biệt của lý thuyết mà ta không thể quan sát được. Cách tiếp cận này đã dẫn Heisenberg, Edwin Schrodinger và Paul Dirac vào những năm 20 xây dựng lại cơ học trên cơ sở của nguyên lý bất định thành một lý thuyết mới gọi là cơ học lượng tử. Trong lý thuyết này, các hạt không có vị trí, không có vận tốc tách bạch và không hoàn toàn xác định. Thay vì thế chúng có một trạng thái lượng tử là tổ hợp của vị trí và vận tốc.

Nói chung, cơ học lượng tử không tiên đoán một kết quả xác định duy nhất cho một quan sát. Thay vì thế, nó tiên đoán một số kết cục khả dĩ khác nhau và nói cho chúng ta biết mỗi một kết cục đó là như thế nào. Nghĩa là, nếu ta tiến hành cùng một phép đo trên một số lớn các hệ tương tự nhau, mỗi một hệ đều khởi phát một cách hệt như nhau, thì ta sẽ thấy rằng kết quả của phép đo có thể là A trong một số trường hợp, là B trong một số trường hợp khác...Người ta có thể tiên đoán được gần đúng số lần xuất hiện A hoặc B, nhưng người ta không thể tiên đoán một kết quả đặc biệt nào của chỉ một phép đo. Do đó, cơ học lượng tử đã đưa vào khoa học một yếu tố không thể tránh khỏi - đó là yếu tố không thể tiên đoán hay yếu tố ngẫu nhiên. Einstein đã kịch liệt phản đối điều này, mặc dù ông đã đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển những ý tưởng đó. Einstein đã được trao giải thưởng Nobel vì những đóng góp của ông đối với thuyết lượng tử. Tuy nhiên ông không bao giờ chấp nhận rằng vũ trụ lại được điều khiển bởi sự may rủi. Những tình cảm của ông đã được cô đúc trong câu nói nổi tiếng sau: “Chúa không chơi trò xúc xắc”. Tuy nhiên, phần lớn các nhà khoa học khác lại sẵn

sàng chấp nhận cơ học lượng tử vì nó phù hợp tuyệt vời với thực nghiệm. Quả thật đây là một lý thuyết thành công rực rỡ và là cơ sở cho hầu hết các khoa học và công nghệ hiện đại. Nó điều khiển hành vi của các tranzito và các mạch tích hợp - những thành phần căn bản của các dụng cụ điện tử như máy thu hình và computer, đồng thời cũng là nền tảng của hóa học và sinh học hiện đại. Lĩnh vực duy nhất của vật lý mà cơ học lượng tử còn chưa thâm nhập vào một cách thích đáng là hấp dẫn và cấu trúc của vũ trụ ở qui mô lớn.

Mặc dù ánh sáng được tạo bởi các sóng, nhưng giả thuyết lượng tử của Planck nói với chúng ta rằng trong một số phương diện nó xử sự như là được tạo thành từ các hạt: nó có thể được phát xạ hoặc hấp thụ chỉ theo từng phần riêng biệt hay theo các lượng tử. Cũng như vây, nguyên lý bất định Heisenberg lại ngụ ý rằng trên một số phương diện các hạt lại xử sự như các sóng: chúng không có vị trí xác định mà bị “nhoè” đi với một phân bố xác suất nào đó. Lý thuyết cơ học lượng tử được xây dựng trên một loại toán học hoàn toàn mới. Nó không mô tả thế giới thực bằng các sóng và các hạt nữa và chỉ có những quan sát thế giới là có thể được mô tả bằng những khái niệm đó. Như vậy là giữa sóng và hạt trong cơ học lượng tử có tính hai mặt: đối với một số mục đích sẽ rất lợi ích nếu xem hạt như các sóng và đối với những mục đích khác thì sẽ tốt hơn nếu xem sóng như các hạt. Một hệ quả quan trọng của điều này là người ta có thể quan sát được cái gọi là hiện tượng giao thoa giữa hai tập hợp sóng hoặc hạt. Tức là, các đỉnh của tập hợp sóng này có thể trùng với các hõm của tập hợp kia. Hai tập hợp sóng khi đó sẽ triệt tiêu lẫn nhau hơn là cộng lại để trở thành mạnh hơn như người ta

chờ
đợi (H.4.1). Một ví dụ quen thuộc của hiện tượng giao thoa ánh sáng là các màu thường thấy trên các bong bóng xà phòng. Hiện tượng này được gây bởi sự phản xạ ánh sáng ở hai mặt biên của màng mỏng nước tạo nên bong bóng. Ánh sáng trắng gồm các sóng ánh sáng có bước sóng khác nhau, tức là có màu sắc khác nhau. Đối với một số bước sóng, đỉnh của các sóng phản xạ từ một mặt biên trùng với hõm sóng được phản xạ từ mặt biên kia. Các màu tương ứng với các bước sóng này sẽ vắng mặt trong ánh sáng phản xạ và do đó ánh sáng này hóa ra có màu.

Sự giao thoa cũng có thể xảy ra đối với các hạt vì tính hai mặt được đưa vào bởi cơ học lượng tử. Một ví dụ nổi tiếng là cái được gọi là thí nghiệm hai - khe (H.4.2). Xét một màn chắn có hai khe hẹp song song nhau. Ở một phía của màn chắn, người ta đặt một nguồn sáng có màu xác định (tức là có bước sóng xác định). Đa số ánh sáng sẽ đập vào màn chắn, chỉ có một lượng nhỏ đi qua hai khe thôi. Bây giờ giả sử đặt một màn hứng ở phía bên kia của màn chắn sáng. Mọi điểm trên màn hứng sẽ đều nhận được sóng ánh sáng tới từ hai khe. Tuy nhiên, nói chung, lộ trình mà ánh sáng đi từ nguồn tới màn hứng qua khe sẽ là khác nhau. Điều này có nghĩa là các sóng ánh sáng tới màn hứng từ hai khe sẽ không trùng pha nhau: ở một số chỗ các sóng sẽ triệt tiêu nhau và ở một số chỗ khác chúng sẽ tăng cường nhau. Kết quả là ta sẽ nhận được bức tranh đặc trưng gồm những vân tối và sáng xen kẽ nhau.
Điều đáng lưu ý là người ta cũng nhận được bức tranh các vân hệt như vậy nếu thay nguồn sáng bằng nguồn hạt, chẳng hạn như các electron có vận tốc xác định (nghĩa là sóng tương ứng có bước sóng xác định). Điều nay xem ra hết sức lạ lùng, bởi vì nếu chỉ có hai khe

thôi thì ta sẽ không nhận được hệ vân nào hết mà chỉ thu được một phân bố đều đặn của các electron trên màn hứng. Do đó người ta có thể nghĩ rằng việc mở thêm một khe nữa sẽ chỉ làm tăng số electron đập vào mỗi điểm trên màn hứng, nhưng do hiện tương giao thoa, nó lại làm giảm con số đó ở một số chỗ. Nếu các electron được gửi qua hai khe mỗi lần một hạt, thì người ta chờ đợi rằng mỗi một hạt sẽ đi qua khe này hoặc khe kia và như vậy sẽ xử sự hệt như khi chỉ có một khe, nghĩa là sẽ cho một phân bố đều trên màn hứng. Nhưng thực tế, thậm chí cả khi gửi mỗi lần một electron, các vân giao thoa vẫn cứ xuất hiện. Do đó mỗi electron phải đồng thời đi qua cả hai khe.

Hiện tương giao thoa giữa các hạt là hiện tượng có tính chất quyết định đối với sự tìm hiểu của chúng ta về cấu trúc nguyên tử - phân tử cơ bản của hóa học, sinh học và các đơn nguyên tạo nên bản thân chúng ta và các vật xung quanh chúng ta. Ở đầu thế kỷ này, người ta nghĩ rằng nguyên tử khá giống với hệ mặt trời, trong đó các electron (mang điện âm) quay xung quanh một hạt nhân ở trung tâm mang điện dương, tương tự như các hành tinh quay xung quanh mặt trời. Lực hút giữa điện âm và điện dương được xem là lực để giữ các electron trên quĩ đạo của chúng hệt như lực hút hấp dẫn giữa mặt trời và các hành tinh giữ cho các hành tinh ở trên quĩ đạo của chúng. Nhưng ở đây có một khó khăn, đó là các định luật của cơ học và điện học (trước cơ học lượng tử), lại tiên đoán rằng các electron sẽ mất dần năng lượng và vì thế sẽ chuyển động theo đường xoáy trôn ốc đi vào cho tới khi rơi vào hạt nhân. Điều đó có nghĩa là nguyên tử, và thực tế là toàn bộ vật chất, sẽ suy sập rất nhanh về trạng thái có mật độ rất cao. Lời giải một phần của bài toán này đã được nhà khoa học Đan Mạch Niels Bohr tìm ra vào

năm 1913. Ông cho rằng các electron không thể chuyển động theo những quỹ đạo cách hạt nhân một khoảng tùy ý mà chỉ theo những quỹ đạo có khoảng cách xác định. Và nếu còn giả thiết thêm rằng trên một quĩ đạo như thế chỉ có thể có một hoặc hai electron thì bài toán về sự suy sập của nguyên tử xem như đã được giải quyết, bởi vì các electron không thể chuyển động xoáy trôn ốc đi vào mãi để lấp đầy các quỹ đạo với các khoảng cách và năng lượng nhỏ hơn.

Mô hình này đã giải thích khá tốt cấu trúc của nguyên tử đơn giản nhất - nguyên tử hydro - chỉ có một electron quay xung quanh hạt nhân. Nhưng người ta còn chưa rõ phải mở rộng nó như thế nào cho các nguyên tử phức tạp hơn. Hơn nữa, ý tưởng về một tập hợp hạn chế các quỹ đạo được phép dường như là khá tùy tiện. Lý thuyết mới - tức cơ học lượng tử - đã giải quyết được khó khăn này. Nó phát hiện ra rằng các electron quay xung quanh hạt nhân có thể xem như một sóng có bước sóng phụ thuộc vào vận tốc của nó. Đối với một số quỹ đạo có chiều dài tương ứng với một số nguyên lần bước sóng của electron, đỉnh sóng luôn luôn ở những vị trí nhất định sau mỗi lần quay, vì vậy các sóng được cộng lại: những quỹ đạo này tương ứng với các quỹ đạo được phép của Bohr. Tuy nhiên đối với các quỹ đạo có chiều dài không bằng số nguyên lần bước sóng, thì mỗi đỉnh sóng cuối cùng sẽ bị triệt tiêu bởi một hõm sóng khi các electron chuyển động tròn: những quỹ đạo này là không được phép.

Một cách rất hay để hình dung lưỡng tính sóng/hạt là cái được gọi là phép lấy tổng theo các lịch sử quỹ đạo do nhà khoa học người Mỹ Rirchard Feynman đề xuất. Trong cách tiếp cận này, hạt được xem là không có một lịch sử hay một quỹ đạo duy nhất trong không - thời gian. Thay vì thế, người ta xem nó đi từ A đến B theo mọi quỹ đạo khả dĩ. Mỗi một quỹ đạo được gắn liền với hai con số: một số biểu

diễn biên độ của sóng, còn số kia biểu diễn vị trí trong chu kỳ (tức là ở đỉnh sóng hay ở hõm sóng). Xác suất để hạt đi từ A đến B tìm được bằng cách cộng các sóng cho tất cả các quỹ đạo. Nói chung, nếu người ta so sánh tập hợp các quỹ đạo ở lân cận nhau, thì pha hay vị trí trên chu kỳ sẽ khác nhau nhiều. Điều này có nghĩa là các sóng gắn liền với những quỹ đạo đó sẽ gần như hoàn toàn triệt tiêu nhau. Tuy nhiên, đối với một số tập hợp các quỹ đạo lân cận nhau, pha không thay đổi nhiều lắm giữa các quỹ đạo. Những sóng của các quỹ đạo này sẽ không triệt tiêu nhau. Những quỹ đạo đó tương ứng với các quỹ đạo được phép của Bohr.

Với những ý tưởng đó, và dưới một dạng toán học cụ thể, người ta có thể tính không khó khăn lắm những quỹ đạo được phép trong những nguyên tử phức tạp hơn, thậm chí trong cả các phân tử được tạo thành từ nhiều nguyên tử liên kết với nhau bằng các electron chuyển động trên những quỹ đạo vòng quanh nhiều hạt nhân. Vì cấu trúc của phân tử và các phản ứng của chúng với nhau là cơ sở của toàn bộ hóa học và sinh học, nên cơ học lượng tử, về nguyên tắc, tiên đoán được hầu như mọi thứ xung quanh chúng ta trong giới hạn do nguyên lý bất định quy định. (Tuy vậy, trên thực tế, những tính toán của các hệ chứa nhiều electron là quá phức tạp và tự chúng ta không thể làm được).

Lý thuyết tương đối rộng của Einstein dường như điều khiển cấu trúc của vũ trụ trên quy mô lớn. Nó được gọi là lý thuyết cổ điển, tức là nó chưa tính đến nguyên lý bất định của cơ học lượng tử. Nguyên nhân tại sao điều này lại không dẫn đến những bất đồng với quan sát là vì tất cả những trường hấp dẫn mà chúng ta thường gặp đều rất yếu. Tuy nhiên, những định lý về kỳ dị được thảo luận ở trên chỉ ra rằng trường hấp dẫn sẽ trở nên rất mạnh ít nhất trong hai tình

huống: các lỗ đen và vụ nổ lớn. Trong các trường hấp dẫn mạnh như thế, những hiệu ứng của cơ học lượng tử sẽ trở nên quan trọng. Theo nghĩa đó thì thuyết tương đối rộng cổ điển bằng sự tiên đoán những mật độ vô hạn, đã tiên đoán cả sự sụp đổ của chính mình, cũng hệt như cơ học cổ điển (tức là phi lượng tử) đã tiên đoán sự sụp đổ của nó bằng cách cho rằng các nguyên tử sẽ suy sập về trạng thái có mật độ vô hạn. Chúng ta hiện còn chưa có một lý thuyết hòa hợp hoàn chỉnh thống nhất thuyết tương đối rộng với cơ học lượng tử, nhưng chúng ta đã biết nhiều đặc điểm mà lý thuyết đó phải có. Các hệ quả rút ra từ những đặc điểm này đối với lỗ đen và vụ nổ lớn sẽ được mô tả trong các chương sau. Tuy nhiên, bây giờ chúng ta sẽ chuyển sang những nỗ lực mới đây nhằm tổng kết sự hiểu biết của chúng ta về các lực khác nhau trong tự nhiên thành một lý thuyết lượng tử thống nhất và duy nhất.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 5

Các hạt cơ bản và các lực trong tự nhiên

Aristotle tin rằng toàn bộ vật chất trong vũ trụ được tạo thành từ bốn yếu tố cơ bản: đất, không khí, nước và lửa. Các yếu tố này được tác động bởi hai lực: lực hấp dẫn có xu hướng làm chìm xuống đối với đất và nước và lực nâng có xu hướng làm nâng lên đối với không khí và lửa. Sự phân chia nội dung của vũ trụ thành vật chất và các lực như thế vẫn còn được dùng cho đến ngày nay.

Aristotle cũng tin rằng vật chất là liên tục, tức là người ta có thể phân chia một mẩu vật chất ngày càng nhỏ mà không có một giới hạn nào: người ta không bao giờ đi tới một hạt vật chất mà không thể phân chia được nữa. Tuy nhiên một số ít người Hy Lạp, chẳng hạn như Democritus, lại cho rằng vật chất vốn có dạng hạt và vạn vật được tạo thành từ một số lớn các loại nguyên tử (atom) khác nhau (atom theo tiếng Hy Lạp có nghĩa là “không thể phân chia được nữa”). Cuộc tranh cãi kéo dài hàng thế kỷ mà không bên nào có một bằng chứng thực tế nào. Mãi tới năm 1830, John Dalton - nhà vật lý và hóa học người Anh - đã chỉ ra rằng việc các hợp chất hóa học luôn luôn được hóa hợp theo những tỷ lệ nhất định có thể được giải thích là do các nguyên tử đã cụm lại với nhau tạo nên những đơn nguyên gọi là phân tử. Tuy nhiên, cho tới tận những năm đầu thế kỷ này, cuộc tranh luận giữa hai trường phái tư tưởng mới ngã ngũ với phần thắng thuộc về những người theo nguyên tử luận. Einstein là người đã đưa ra được một bằng chứng vật lý quan trọng.

Trong một bài báo viết năm 1905, chỉ ít tuần trước bài báo nổi tiếng về thuyết tương đối hẹp, Einstein đã chỉ ra rằng cái được gọi là chuyển động Brown - tức là chuyển động không đều đặn, ngẫu nhiên của các hạt bụi lơ lửng trong một chất lỏng - có thể được giải thích như là kết quả của sự va chạm của các nguyên tử chất lỏng với các hạt bụi.

Vào thời gian đó cũng đã có những nghi ngờ đối với giả thuyết cho rằng các nguyên tử là không thể phân chia được. Vài năm trước đó, một nghiên cứu sinh của trường Trinity College, Cambridge, là J.J. Thomson đã chứng minh được sự tồn tại của một hạt vật chất mà ông gọi là electron. Đó là một hạt có khối lượng nhỏ hơn khối lượng của nguyên tử nhẹ nhất khoảng một ngàn lần. Ông đã dùng một dụng cụ khá giống với chiếc đèn hình của một máy thu hình hiện đại: một sợi kim loại nóng đỏ phát ra các hạt electron và bởi vì các hạt này mang điện âm nên có thể dùng một điện trường để gia tốc của chúng hướng tới một màn phủ photpho. Khi các hạt này đập vào màn, chúng sẽ gây ra những chớp sáng. Chẳng bao lâu sau, người ta thấy rằng các hạt electron đó bắn ra từ chính bên trong các nguyên tử và vào năm 1911, nhà vật lý người Anh Ernest Rutherford cuối cùng đã chứng tỏ được rằng các nguyên tử vật chất có cấu trúc bên trong: chúng tạo bởi một hạt nhân cực kỳ nhỏ mang điện dương và các electron quay quanh hạt nhân đó. Ông rút ra điều này từ việc phân tích sự lệch hướng của các hạt alpha - hạt mang điện dương do các nguyên tử phóng xạ phát ra - khi va chạm với các nguyên tử

Thoạt đầu người ta nghĩ rằng hạt nhân nguyên tử được tạo bởi electron và một số hạt mang điện dương gọi là proton (theo tiếng Hy Lạp proton có nghĩa là “đầu tiên”, vì người ta nghĩ rằng nó là đơn nguyên cơ bản tạo nên vật chất). Tuy nhiên, vào năm 1932 một

đồng nghiệp của Rutherford ở Cambridge là James Chadwick đã phát hiện ra rằng hạt nhân còn chứa một hạt khác gọi là neutron. Đó là hạt có khối lượng gần như proton nhưng không mang điện. Chadwick đã được trao giải thưởng Nobel vì phát minh này và được bầu làm hiệu trưởng của trường Gonville và Caius College, Cambridge (trường mà hiện tôi là thành viên của ban giám hiệu). Sau này ông đã phải từ chức hiệu trưởng vì bất đồng với các thành viên trong ban giám hiệu. Sự bất đồng trong trường còn gay gắt hơn khi nhóm các thành viên lãnh đạo trẻ trở về sau chiến tranh đã bỏ phiếu loại các thành viên già ra khỏi các chức vụ của nhà trường mà họ đã giữ quá lâu. Chuyện này xảy ra trước thời của tôi.

Tới tận gần hai mươi năm trước (tức là cuối những năm 1960 - VnExpress) người ta vẫn còn nghĩ rằng proton và neutron là các hạt "cơ bản", nhưng các thí nghiệm trong đó proton va chạm với các proton khác hoặc với các electron ở vận tốc cao đã chỉ ra rằng thực tế chúng được tạo thành từ các hạt nhỏ hơn. Các hạt này được nhà vật lý Muray Gell-Mann ở Học viện kỹ thuật California gọi là các hạt quark. Chính nhờ công trình về các hạt này mà ông đã được trao giải thưởng Nobel vào năm 1969. Nguồn gốc của cái tên này là một câu trích dẫn đầy bí ẩn từ một cuốn tiểu thuyết của nhà văn nổi tiếng James Joyce: "Ba quark cho Muster Mark".

Có nhiều loại quark khác nhau: ít nhất có tới 6 "mùi" mà người ta gọi là u (up), d (down), s (strange), c (charmed), b (bottom), và t (top). Mỗi một mùi lại có ba "màu": đỏ, xanh và lục. (Cần phải nhấn mạnh rằng các quark có bước sóng nhỏ hơn ánh sáng nhìn thấy rất nhiều và vì vậy không có màu theo nghĩa thông thường. Đó chỉ là vì các nhà vật lý hiện đại được tự do tưởng tượng hơn trong việc đặt tên các hạt và các hiện tượng mới, chứ không như trước bị bó hẹp

trong tiếng Hy Lạp). Proton và neutron được tạo ra từ ba quark, mỗi quark một màu. Một proton chứa 2 quark u và 1 quark d, còn neutron chứa 2 quark d và 1 quark u. Chúng ta cũng có thể tạo ra các hạt từ những quark khác (s, c, b, và t), nhưng tất cả chúng đều có khối lượng lớn hơn nhiều và sẽ phân rã rất nhanh thành proton và neutron. Như vậy, hiện nay chúng ta biết rằng các nguyên tử cũng như các proton và neutron đều không phải là không phân chia được nữa. Thành thử một câu hỏi được đặt ra: các hạt thực sự là cơ bản, những viên gạch tạo nên vạn vật là gì?

Vì bước sóng của ánh sáng lớn hơn nhiều so với kích thước của nguyên tử, nên chúng ta không thể "nhìn" các thành phần của nguyên tử theo cách thông thường được. Chúng ta cần phải dùng cái gì đó có bước sóng nhỏ hơn. Như chúng ta đã thấy ở chương trước, cơ học lượng tử nói với chúng ta rằng thực tế các hạt đều là sóng và năng lượng của hạt càng cao thì bước sóng của sóng tương ứng càng nhỏ. Như vậy câu trả lời tốt nhất cho câu hỏi của chúng ta tùy thuộc vào năng lượng của hạt có thể đạt tới cao đến mức nào, bởi vì điều đó quyết định chúng ta có thể nhìn được thang chiều dài nhỏ tới mức nào. Năng lượng này của các hạt thường được đo bằng đơn vị gọi là electron-volt. (Trong các thí nghiệm của Thomson với các electron, chúng ta đã thấy rằng ông dùng điện trường để gia tốc các hạt này. Năng lượng mà một electron thu từ điện trường 1 volt chính là một electron-volt). Ở thế kỷ 19, khi những năng lượng của hạt mà con người biết cách sử dụng là năng lượng thấp chỉ cỡ mấy electron-volt được sinh ra từ các phản ứng hóa học như sự cháy chẳng hạn, người ta nghĩ rằng nguyên tử là phần tử nhỏ nhất. Trong thí nghiệm của Rutherford, năng lượng của hạt alpha cỡ hàng triệu electron-volt. Và gần đây hơn nữa, chúng ta đã

biết cách dùng các trường điện từ để làm cho năng lượng của hạt lúc đầu đạt tới hàng triệu, rồi sau đó tới hàng tỉ electron-volt. Và như vậy, chúng ta biết được rằng các hạt mà 20 năm trước người ta nghĩ là “cơ bản”, thì thực tế lại được tạo thành từ các hạt nhỏ hơn nữa. Vậy thì liệu các hạt nhỏ này, đến lượt mình, có được tạo thành từ những hạt nhỏ hơn nữa không? Điều này cũng rất có thể, nhưng chúng ta có những căn cứ lý thuyết để tin rằng chúng ta có, hoặc rất gần tới có, sự hiểu biết về những viên gạch cuối cùng này của tự nhiên.

Dùng lưỡng tính sóng/hạt được thảo luận ở chương trước, vạn vật trong vũ trụ, kể cả ánh sáng và hấp dẫn đều có thể mô tả thông qua các hạt. Các hạt này có một tính chất được gọi là spin. Một cách dễ hình dung về spin là chúng ta hãy tưởng tưởng các hạt như những con quay quay xung quanh trục của chúng. Tuy điều này có thể dẫn đến những hiểu lầm, vì theo cơ học lượng tử thì các hạt không có một trục quay nào thật xác định cả. Điều mà spin của một hạt nói với chúng ta là hạt nhìn giống cái gì từ các hướng khác nhau. Một hạt có spin 0 giống như một chấm tròn: nó nhìn từ mọi hướng đều giống hệt nhau. (Hình 5.1a). Trái lại, hạt có spin 1 lại giống như một mũi tên: nhìn từ các hướng khác nhau sẽ thấy nó khác nhau

(Hình 5.1b). Chỉ nếu người ta quay nó trọn một vòng (360 độ) thì hạt mới nhìn giống như trước. Hạt có spin 2 giống như một mũi tên có hai đầu (Hình 5.1c): nó nhìn giống như trước nếu quay một nửa vòng (180 độ). Tương tự, các hạt có spin cao hơn sẽ nhìn giống như trước nếu quay nó một phần nhỏ hơn của một vòng trọn vẹn. Toàn bộ điều này xem ra có vẻ khá đơn giản, nhưng một điều đáng chú ý là có những hạt nhìn lại không giống như trước dù có quay nó trọn một vòng, muốn nhìn nó giống như trước phải quay trọn đúng hai

vòng. Những hạt như vậy người ta nói là nó có spin 1/2.

Tất cả những hạt trong vũ trụ mà chúng ta biết được chia làm hai nhóm: các hạt có spin 1/2 tạo nên vật chất trong vũ trụ và các hạt có spin 0, 1, 2, như chúng ta sẽ thấy, là những hạt gây ra các lực giữa các hạt vật chất. Các hạt vật chất tuân theo cái được gọi là nguyên lý loại trừ Pauli. Điều này được phát hiện vào năm 1925 bởi nhà vật lý người Áo Wolfgang Pauli, và vì thế ông đã được trao giải thưởng Nobel vào năm 1945. Ông là một nhà vật lý lý thuyết điển hình: người ta nói rằng thậm chí sự có mặt của ông ở một thành phố nào đó cũng làm cho mọi thì nghiệm ở đó sai lạc hết! Nguyên lý loại trừ Pauli phát biểu rằng hai hạt đồng nhất không thể tồn tại trong cùng một trạng thái, tức là chúng không thể vừa có cùng vị trí vừa có cùng vận tốc, trong giới hạn được quy định bởi nguyên lý bất định. Nguyên lý loại trừ Pauli là cực kỳ quan trọng vì nó cho phép giải thích tại sao các hạt vật chất không co về trạng thái có mật độ rất cao dưới ảnh hưởng của các lực tạo bởi những hạt có spin 0, 1 và 2: nếu các hạt vật chất có vị trí rất gần nhau, thì chúng lại phải có vận tốc khác nhau mà điều này có nghĩa là chúng không dừng lâu ở một vị trí. Nếu thế giới được tạo ra không có nguyên lý loại trừ, thì các quark sẽ không tạo nên các hạt proton và neutron tách biệt và hoàn toàn xác định. Và cùng với các electron chúng cũng sẽ không tạo nên các nguyên tử tách biệt và hoàn toàn xác định. Khi đó tất cả chúng sẽ suy sập tạo nên một món “súp” đặc và tương đối đồng đều.

Sự hiểu biết đúng đắn về electron và các hạt có spin 1/2 khác chỉ có vào năm 1928 khi Paul Dirac đưa ra một lý thuyết mới. Sau này Dirac đã được bầu làm giáo sư toán học ở Cambridge (cương vị trước kia của Newton và của tôi hiện nay). Lý thuyết của Dirac là lý

thuyết đầu tiên hòa hợp được cả với cơ học lượng tử và thuyết tương đối hẹp. Nó giải thích được bằng toán học tại sao electron lại có spin 1/2, tức là tại sao nó nhìn không giống như trước nếu chúng ta quay nó trọn một vòng; và nhìn giống như trước nếu chúng ta quay nó trọn hai vòng. Lý thuyết của Dirac còn tiên đoán rằng electron có một phản hạt của nó: đó là anti-electron hay còn gọi là positron. Việc phát hiện được hạt positron vào năm 1932 đã khẳng định lý thuyết của Dirac và dẫn tới việc ông được trao giải thưởng Nobel về vật lý vào năm 1933. Bây giờ thì chúng ta đều biết rằng mỗi một hạt đều có một phản hạt và hạt với phản hạt của nó có thể hủy nhau. (Trong trường hợp các hạt mang lực thì phản hạt giống hệt như chính hạt đó). Như vậy có thể có cả các phản thế giới, phản nhân loại được tạo thành từ các phản hạt. Tuy nhiên, nếu bạn gặp phản của chính bạn thì chớ có bắt tay đấy! Vì cả hai sẽ biến mất trong chớp mắt. Vấn đề tại sao xung quanh chúng ta số hạt lại nhiều hơn các phản hạt rất nhiều là một vấn đề quan trọng, và tôi sẽ trở lại vấn đề này ở cuối chương.

Trong cơ học lượng tử, người ta cho rằng các lực hoặc tương tác giữa các hạt vật chất được truyền bởi các hạt có spin nguyên 0, 1 hoặc 2. Điều này xảy ra như sau: Một hạt vật chất, ví dụ một electron hoặc một hạt quark, phát ra một hạt truyền tương tác. Sự giật lùi do việc phát này luôn làm thay đổi vận tốc của hạt vật chất đó. Sau đó, hạt truyền va chạm với một hạt vật chất khác và bị hạt này hấp thụ. Kết quả vận tốc của hạt thứ hai cũng bị thay đổi hệt như có một lực tác dụng giữa hai hạt vật chất đó.

Một tính chất quan trọng của các hạt truyền tương tác là chúng không tuân theo nguyên lý loại trừ. Điều này có nghĩa là có một số không hạn chế các hạt như vậy được trao đổi giữa các hạt và vì vậy

có thể làm cho lực trở nên rất mạnh. Tuy nhiên, nếu các hạt truyền tương tác có khối lượng lớn, thì chúng sẽ khó được tạo ra và khó trao đổi trên khoảng cách lớn. Vì vậy, lực do các hạt đó mang sẽ có tầm tác dụng ngắn. Ngược lại, nếu các hạt truyền tương tác không có khối lượng thì lực có tầm tác dụng dài. Các hạt truyền tương tác giữa những hạt vật chất được gọi là các hạt ảo, bởi vì không giống như các hạt "thực", chúng không thể được phát hiện trực tiếp bằng một máy dò hạt nào. Tuy nhiên, chúng ta biết chúng tồn tại, vì chúng gây ra hiệu ứng có thể đo được: đó là lực giữa các hạt vật chất. Các hạt có spin 0, 1 hoặc 2 trong một số trường hợp có thể tồn tại như những hạt thực khi chúng có thể được phát hiện trực tiếp. Khi đó đối với chúng ta chúng giống như cái mà các nhà vật lý cổ điển gọi là các sóng như sóng ánh sáng hoặc sóng hấp dẫn. Các sóng này đôi khi có thể được phát ra khi các hạt vật chất tương tác với nhau bằng cách trao đổi hạt lực ảo. (Ví dụ, lực đẩy tĩnh điện giữa hai electron là do sự trao đổi các photon ảo mà ta không bao giờ phát hiện được trực tiếp; nhưng nếu một electron chuyển động qua một electron khác thì các photon thực có thể được phát ra và chúng ta phát hiện được chúng như các sóng ánh sáng). Các hạt truyền tương tác có thể nhóm lại thành bốn loại tùy theo cường độ của lực mà chúng mang và các hạt vật chất mà chúng tương tác. Cần nhấn mạnh rằng sự phân chia thành bốn loại này có tính chất nhân tạo, nó chỉ thuận tiện cho việc xây dựng các lý thuyết riêng phần mà thôi, chứ không tương ứng với một điều gì sâu sắc hơn. Xét đến cùng, phần đông các nhà vật lý đều hy vọng tìm được một lý thuyết thống nhất có khả năng giải thích bốn loại lực nói trên chỉ là những mặt khác nhau của một lực duy nhất. Thực tế, nhiều người còn nói rằng đó là mục tiêu hàng đầu của vật lý học ngày nay. Mới đây, người ta đã thành công

trong việc thống nhất được 3 trong số 4 loại lực trên và tôi sẽ đề cập đến vấn đề này ở cuối chương. Vấn đề thống nhất nốt lực còn lại là hấp dẫn ta sẽ đề cập đến sau.

Loại lực đầu tiên là lực hấp dẫn. Lực này có tính chất phổ quát, tức là mọi hạt đều cảm thấy nó tùy theo khối lượng hoặc năng lượng của hạt. Trong số bốn lực, thì lực hấp dẫn là yếu nhất, yếu tới mức chúng ta sẽ không thể nhận thấy nó, nếu nó không có hai tính chất đặc biệt sau: nó có thể tác dụng trên khoảng cách lớn và luôn luôn là lực hút. Điều này có nghĩa là những lực hấp dẫn rất yếu giữa các hạt cá thể thuộc hai vật thể lớn, chẳng hạn như trái đất và mặt trời, có thể được cộng gộp lại để tạo nên một lực lớn. Ba loại lực còn lại, hoặc có tầm tác dụng ngắn, hoặc đôi khi là lực hút và đôi khi lại là lực đẩy, vì vậy chúng có xu hướng triệt tiêu nhau. Theo cách nhìn nhận của cơ học lượng tử đối với lực hấp dẫn, thì lực giữa hai hạt vật chất được mang bởi một hạt có spin 2, gọi là hạt graviton. Hạt này không có khối lượng riêng và vì vậy có tầm tác dụng dài. Lực hấp dẫn giữa trái đất và mặt trời chính là do sự trao đổi các graviton giữa các hạt tạo nên hai vật thể đó. Mặc dù các hạt được trao đổi là ảo, nhưng điều chắc chắn là chúng tạo ra một hiệu ứng đo được - đó là làm cho trái đất quay xung quanh mặt trời. Các graviton tạo nên cái mà các nhà vật lý cổ điển gọi là các sóng hấp dẫn, chúng rất yếu và khó phát hiện tới mức cho đến nay vẫn chưa quan sát được.

Loại lực tiếp sau là lực điện từ. Đây là lực tương tác giữa các hạt mang điện như các electron và các quark, chứ không phải giữa các hạt không mang điện như graviton. Lực này lớn hơn lực hấp dẫn nhiều: lực điện từ giữa hai electron khoảng triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu (1 với bốn mươi hai số 0 tiếp sau) lần lớn hơn lực hấp dẫn giữa chúng. Tuy nhiên, có hai loại điện tích, điện tích âm và điện tích

dương. Lực giữa hai điện tích dương cũng như hai điện tích âm đều là lực đẩy, trong khi lực giữa một điện tích dương và một điện tích âm lại là lực hút. Một vật thể lớn như trái đất hoặc mặt trời chứa các điện tích dương và âm với số lượng gần như nhau. Vì vậy lực hút và lực đẩy của các hạt cá thể gần như triệt tiêu nhau và lực điện từ tổng cộng còn lại rất nhỏ. Tuy nhiên, ở quy mô nhỏ như các nguyên tử và phân tử lực điện từ lại chiếm ưu thế. Lực hút điện từ giữa các electron mang điện âm và các proton mang điện dương trong hạt nhân làm cho các electron quay xung quanh hạt nhân của nguyên tử, hệt như lực hấp dẫn làm cho trái đất quay xung quanh mặt trời. Lực điện từ được hình dung như được gây bởi sự trao đổi một số lớn các hạt ảo không khối lượng, có spin 1 gọi là các photon. Các photon được trao đổi là các hạt ảo. Tuy nhiên, khi electron chuyển từ một quỹ đạo được phép này sang một quỹ đạo được phép khác gần hạt nhân hơn, năng lượng sẽ được giải phóng và một photon thực được phát ra - photon này có thể quan sát được bằng mắt người nếu nó có bước sóng ứng với ánh sáng nhìn thấy hoặc bởi một màng như phim ảnh, chẳng hạn. Cũng như vậy, nếu một photon thực va chạm với một nguyên tử nó có thể làm cho một electron chuyển từ quỹ đạo gần hạt nhân hơn sang quỹ đạo xa hơn. Quá trình này đã sử dụng hết năng lượng của photon, vì vậy nó đã bị hấp thụ.

Loại lực thứ ba được gọi là lực hạt nhân yếu. Nó gây ra sự phóng xạ và chỉ tác dụng lên các hạt có spin 1/2 chứ không tác dụng lên các hạt có spin 0, 1 hoặc 2 như photon và graviton. Lực hạt nhân yếu chỉ được hiểu thấu đáo từ năm 1967, khi Abdus Salam ở trường Imperal College, London và Steven Weinberg ở Đại học Harvard đưa ra các lý thuyết thống nhất tương tác này với tương tác điện từ,

hệt như Maxwell đã thống nhất lực điện với lực từ khoảng 100 năm trước. Họ đưa ra giả thuyết cho rằng, ngoài photon, còn có ba hạt spin 1 khác gọi là các hạt boson mang lực yếu. Đó là các hạt W+, W- và Zo, mỗi hạt có khối lượng khoảng 100 GeV (GeV là giga electron-volt, bằng một tỷ electron-volt). Lý thuyết Weinberg - Salam đã đưa ra một tính chất gọi là sự phá vỡ đối xứng tự phát. Điều này có nghĩa là một số hạt tưởng như là hoàn toàn khác nhau ở năng lượng thấp thực tế lại là cùng một loại hạt, chỉ có điều ở trạng thái khác nhau mà thôi. Ở mức năng lượng cao, tất cả các hạt này phản ứng hoàn toàn tương tự nhau. Hiệu ứng này khá giống với hành trạng của quả cầu trong trò quay xổ số. Ở mức năng lượng cao (tức khi bánh xe quay nhanh), quả cầu về căn bản phản ứng theo một cách, đó là quay tròn, quay tròn. Nhưng khi bánh xe quay chậm lại, năng lượng của quả cầu giảm và cuối cùng quả cầu sẽ rơi vào một trong số 36 rãnh trong bánh xe. Nói một cách khác, ở mức năng lượng thấp, quả cầu có thể tồn tại trong 36 trạng thái khác nhau. Nếu vì một nguyên nhân nào đó, chúng ta chỉ có thể quan sát được quả cầu ở mức năng lượng thấp, ta có thể nghĩ rằng có 36 loại quả cầu khác nhau.

Trong lý thuyết Weinberg - Salam, ở những mức năng lượng lớn hơn 100 GeV nhiều, ba hạt mới và photon phản ứng một cách hoàn toàn tương tự nhau. Ở những mức năng lượng thấp hơn, điều mà ta hay gặp trong những tình huống bình thường, thì sự đối xứng này giữa các hạt sẽ bị phá vỡ. W+, W- và Zo khi đó sẽ có khối lượng lớn, và làm cho các lực mà chúng mang có tầm tác dụng ngắn. Vào thời Salam và Weinberg đưa ra lý thuyết của mình, còn ít người tin họ và các máy gia tốc hạt còn chưa đủ mạnh để đạt tới năng lượng 100 GeV - năng lượng cần phải có để tạo ra các hạt W+, W- và Zo

thực. Tuy nhiên, khoảng gần mười năm sau, những tiên đoán khác của lý thuyết đó ở năng lượng thấp phù hợp rất tốt với thực nghiệm, khiến cho vào năm 1979 Salam và Weinberg đã được trao giải thưởng Nobel về vật lý cùng với Sheldon Glashow, một nhà vật lý cũng ở Đại học Harvard và cũng đưa ra một lý thuyết tương tự thống nhất lực điện từ và lực hạt nhân yếu. Ủy ban trao giải Nobel đã hoàn toàn yên tâm, không sợ mắc sai lầm khi mà vào năm 1983 tại CERN (Trung tâm nghiên cứu hạt nhân châu Âu) người ta đã phát hiện được ba hạt W+, W- và Zo với khối lượng và các tính chất khác đúng như lý thuyết đã tiên đoán. Carlo Rubbia, người lạnh đạo một nhóm nghiên cứu gồm khoảng vài trăm nhà vật lý - tác giả của phát minh đó - đã được trao giải thưởng Nobel vào năm 1984 cùng với Simon Van der Meer, một kỹ sư ở CERN, người đã phát triển một hệ thống tích lũy phản vật chất được sử dụng trong phát minh trên. (Thật khó đặt một dấu ấn trong vật lý thực nghiệm những ngày này nếu bạn không ở đỉnh cao!).

Loại lực thứ tư là lực hạt nhân mạnh. Đây là lực giữ cho các hạt quark ở trong proton và neutron ở trong hạt nhân nguyên tử. Người ta tin rằng lực này được mang bởi một hạt có spin 1 khác gọi là gluon. Hạt gluon chỉ tương tác với chính nó và với các quark. Lực hạt nhân mạnh có một tính chất rất lạ gọi là "sự cầm tù": nó luôn luôn liên kết các hạt này lại thành những tổ hợp không có mầu.

Như vậy ta không thể có một hạt quark riêng rẽ tự nó vì nó sẽ có màu (đỏ, xanh hoặc lục). Thay vì thế, một quark đỏ cần phải liên kết với một quark xanh và một quark lục bằng một “dây” các gluon (đỏ + xanh + lục = trắng). Một tam tuyến như thế tạo nên một proton hoặc một neutron. Một khả năng khác là cặp tạo bởi một quark và một phản-quark (đỏ + phản-đỏ, hoặc xanh + phản-xanh, hoặc lục +

phản-lục = trắng). Các tổ hợp như vậy tạo nên các hạt đã biết như các meson là những hạt không bền, vì quark và phản-quark có thể hủy nhau tạo thành các electron và các hạt khác. Tương tự, sự cầm tù cũng không cho phép có một gluon riêng lẻ tự nó, vì các gluon cũng có màu. Thay vì thế, người ta cần phải có một tập hợp các gluon với tổng màu là trắng. Một tập hợp như thế tạo nên một hạt không bền gọi là glueball.

Việc "sự cầm tù" không cho phép chúng ta quan sát được một hạt quark hoặc một gluon cô lập dường như làm cho toàn bộ khái niệm về các quark và gluon như các hạt trở nên hơi có vẻ siêu hình. Tuy nhiên, lực hạt nhân mạnh còn có một tính chất khác, gọi là sự tự do tiệm cận, làm cho khái niệm về các hạt quark và gluon trở nên hoàn toàn xác định. Ở những mức năng lượng bình thường, lực hạt nhân mạnh thực tế là rất mạnh và nó liên kết các hạt quark rất chặt với nhau. Tuy nhiên, những thực nghiệm trên các máy gia tốc lớn cho thấy, ở những mức năng lượng cao, lực mạnh trở nên yếu hơn nhiều và các quark cũng như các gluon xử sự gần như các hạt tự do.

Hình 5.2 cho thấy bức ảnh chụp sự va chạm của một proton và một phản-proton mức ở năng lượng cao. Một số hạt quark gần như tự do đã được tạo ra và làm xuất hiện các “tia” vết nhìn rõ trên hình vẽ.

Thành công của sự thống nhất các lực điện từ và hạt nhân yếu đã dẫn tới nhiều cố gắng định kết hợp hai lực này với lực hạt nhân mạnh nhằm xây dựng một lý thuyết gọi là lý thuyết thống nhất lớn (viết tắt là GUT - Grand Unified Theory). Cái tên này có vẻ hơi cường điệu, vì các lý thuyết như vậy chưa hoàn toàn là lớn và cũng chưa thống nhất được hoàn toàn, do chúng không bao gồm cả lực

hấp dẫn. Chúng cũng lại chưa phải là những lý thuyết thực sự hoàn chỉnh vì còn chứa nhiều tham số có giá trị không thể tiên đoán được từ lý thuyết mà lại cần phải chọn để làm khớp với thực nghiệm. Tuy nhiên, những lý thuyết này là một bước tiến tới một lý thuyết thống nhất đầy đủ và hoàn chỉnh. Tư tưởng cơ bản của các GUT là, như đã nói ở trên, lực hạt nhân mạnh trở nên yếu hơn khi ở năng lượng cao. Trái lại, các lực điện từ và hạt nhân yếu - vốn không có tính tự do tiệm cận - lại mạnh hơn lên ở những mức năng lượng đó. Vì vậy, ở một mức năng lượng rất cao nào đó - gọi là năng lượng thống nhất lớn - cả ba lực này sẽ có cường độ như nhau và như vậy có thể chỉ là những mặt khác nhau của cùng một lực duy nhất. Các GUT cũng tiên đoán rằng ở năng lượng này, các hạt vật chất khác nhau có spin 1/2, như các quark và electron, về căn bản cũng sẽ hoàn toàn như nhau và như vậy là đạt tới một sự thống nhất nữa.

Giá trị của năng lượng thống nhất lớn còn chưa được biết một cách chính xác, nhưng có lẽ ít nhất cũng phải cỡ một ngàn triệu triệu GeV. Thế hệ các máy gia tốc hạt hiện nay có thể làm cho các hạt va chạm ở năng lượng cỡ 100 GeV và các máy gia tốc dự định sẽ xây dựng có thể nâng con số này lên tới cỡ vài ngàn GeV. Nhưng một máy đủ mạnh để gia tốc các hạt tới năng lượng thống nhất lớn phải có kích thước cỡ gần bằng cả hệ mặt trời, điều mà bối cảnh kinh tế hiện nay không cho phép. Như vậy ta không thể kiểm chứng các GUT một cách trực tiếp trong phòng thí nghiệm được. Tuy nhiên, cũng như đối với trường hợp lý thuyết thống nhất lực điện từ và hạt nhân yếu, có những hệ quả của lý thuyết ở năng lượng thấp mà chúng ta có thể kiểm chứng được.

Lý thú nhất trong số các hệ quả này là tiên đoán cho rằng các proton - tức là các hạt tạo nên phần lớn khối lượng của vật chất thông

thường - có thể tự phân rã thành các hạt nhẹ hơn như các phản electron. Sở dĩ điều này có thể là bởi vì ở năng lượng thống nhất lớn không có sự khác nhau căn bản giữa quark và phản electron. Ba quark trong proton thường không có đủ năng lượng để biến đổi thành các phản - electron, nhưng rất hiếm hoi, có thể một trong ba hạt đó có đủ năng lượng để thực hiện biến đổi trên, bởi vì nguyên lý bất định nói rằng năng lượng của các quark trong proton không thể cố định một cách chính xác. Và khi đó, proton có thể phân rã. Xác suất để một hạt quark có đủ năng lượng là thấp tới mức người ta cần phải chờ đợi khoảng một triệu triệu triệu triệu triệu (1 và ba mươi con số 0 tiếp sau) năm. Như vậy, người ta có thể xem rằng khả năng phân rã tự phát của proton là không thể kiểm chứng bằng thực nghiệm được. Tuy nhiên, người ta tăng cơ may phát hiện sự phân rã bằng cách quan sát một số lượng lớn vật chất chứa một số rất lớn proton. (Ví dụ, nếu người ta quan sát một số lượng proton cỡ 1 và ba mươi con số 0 tiếp sau trong suốt một năm, thì theo GUT, đơn giản nhất người ta có thể hy vọng quan sát được hơn một vòng phân rã của proton).

Nhiều thí nghiệm như thế đã được thực hiện, nhưng chưa có một thí nghiệm nào cho một bằng chứng xác thực về sự phân rã của proton hoặc neutron. Một thí nghiệm đã dùng tới 8.000 tấn nước và được thực hiện ở mỏ muối Morton bang Ohio, Hoa Kỳ (để tránh những sự kiện khác do tia vũ trụ gây ra lẫn lộn với sự phân rã của proton). Vì không có một phân rã tự phát nào của proton quan sát được trong quá trình thực nghiệm, người ta có thể ước tính được rằng thời gian sống của proton phải lớn hơn 10 triệu triệu triệu triệu triệu (1 và ba mươi con số 0 tiếp sau) năm. Con số này còn lớn hơn cả thời gian sống của proton được tiên đoán bởi lý thuyết thống nhất lớn đơn

giản nhất, nhưng cũng có những lý thuyết tinh xảo hơn tiên đoán thời gian sống đó còn lâu hơn. Như vậy cần phải có những thí nghiệm nhạy hơn nữa dùng những lượng vật chất còn lớn hơn nữa để kiểm chứng những lý thuyết đó.

Mặc dù rất khó mà quan sát được sự phân rã tự phát của proton nhưng cũng có thể chính sự tồn tại của chúng ta lại là kết quả của quá trình ngược lại, quá trình tạo ra các proton hay đơn giản hơn là tạo ra các quark từ một tình huống ban đầu trong đó số quark không nhiều hơn số phản-quark (giả thuyết này là cách tự nhiên nhất để hình dung sự khởi phát của vũ trụ). Vật chất trên trái đất chủ yếu được tạo bởi các proton và neutron, và đến lượt mình các hạt này được tạo bởi các quark. Hoàn toàn không có các phản-proton và phản-neutron tạo bởi các phản-quark, trừ một số ít do các nhà vật lý tạo ra trong các máy gia tốc lớn. Chúng ta có những bằng chứng từ các tia vũ trụ cho thấy điều này cũng đúng đối với vật chất trên thiên hà chúng ta: không có các phản-proton và phản-neutron trừ một số ít được tạo ra như các cặp hạt/phản hạt trong các va chạm ở năng lượng cao. Nếu có những vùng lớn phản vật chất trong thiên hà chúng ta, thì chúng ta phải quan sát thấy một lượng lớn bức xạ tới từ vùng ranh giới giữa các vùng vật chất và phản vật chất, nơi nhiều hạt có thể va chạm với các phản hạt của chúng, rồi hủy nhau tạo thành các bức xạ năng lượng cao.

Chúng ta không có bằng chứng trực tiếp cho thấy vật chất ở các thiên hà khác, bởi các proton và neutron, hay bởi các phản-proton và phản-neutron, nhưng nó phải chỉ là loại này hoặc loại kia: không thể có sự hỗn hợp trong một thiên hà, bởi vì nếu không như vậy, chúng ta lại sẽ phải quan sát được một lượng lớn bứa xạ sinh ra do sự hủy. Do đó, chúng ta tin rằng tất cả các thiên hà đều được tạo

bởi các quark hơn là các phản-quark, còn khả năng một số thiên hà là vật chất và một số thiên hà khác là phản-vật chất thuần túy là điều rất đáng ngờ.

Vậy tại sao số lượng các quark lại lớn hơn nhiều so với số lượng các phản-quark? Tại sao số lượng mỗi loại lại không bằng nhau? Cũng may cho chúng ta là số lượng của chúng không bằng nhau, bởi vì nếu không thì gần như hầu hết các quark và phản-quark sẽ hủy nhau ở giai đoàn đầu của vũ trụ và để cho vũ trụ chỉ còn chứa đầy bức xạ, trừ một lượng rất ít vật chất. Khi đó sẽ chẳng có các thiên hà, chẳng có các vì sao và cũng chẳng có các hành tinh nơi đời sống của con người có thể phát triển được. May mắn thay, các lý thuyết thống nhất lớn đưa ra một cách lý giải tại sao vũ trụ hiện nay lại chứa một số lượng quark nhiều hơn phản-quark, cho dù lúc ban đầu số lượng mỗi loại có thể bằng nhau. Như chúng ta đã thấy, các GUT cho phép các quark biến đổi thành các electron ở năng lượng cao. Chúng cũng cho phép các quá trình ngược lại, các phản-quark biến thành electron và các electron và phản-electron biến thành phản-quark và quark. Có một thời gian trong giai đoạn rất sớm của vũ trụ khi mà vũ trụ nóng tới mức năng lượng của các hạt đủ cao để cho các biến hóa đó có thể xảy ra. Nhưng tại sao xu hướng biến thành quark lại nhiều hơn tạo thành phản-quark? Nguyên do là các định luật vật lý không hoàn toàn như nhau đối với hạt và phản hạt.

Cho đến tận năm 1956 người ta vẫn tin rằng các định luật vật lý đều tuân theo ba đối xứng có tên là C, P và T một cách riêng biệt. Đối xứng C có nghĩa là các định luật đối với hạt và phản hạt là như nhau. Đối xứng P có nghĩa là các định luật là như nhau đối với một tình huống bất kỳ và ảnh gương của nó (ảnh gương của một hạt

quay theo hướng phải sẽ là hạt quay theo hướng trái). Còn đối xứng T có nghĩa là nếu ta đảo ngược chiều chuyển động của tất cả các hạt và phản hạt thì hệ sẽ trở lại các trạng thái mà nó đã qua ở những thời điểm sớm hơn; nói một cách khác, các định luật sẽ không thay đổi theo hướng tiến hoặc lùi của thời gian.

Năm 1956 hai nhà vật lý Mỹ là Tsung-Dao Lee và Chen Ninh Yang đã đưa ra giả thuyết rằng lực yếu không tuân theo đối xứng P. Nói một cách khác, lực yếu làm cho vũ trụ phát triển theo cách khác với cách mà ảnh gương của vũ trụ phát triển. Cũng năm đó một đồng nghiệp của họ là Chien-Shiung Wu đã chứng minh được rằng tiên đoán đó là đúng đắn. Bà đã làm điều đó bằng cách sắp hạt nhân của các nguyên tử phóng xạ trong từ trường sao cho chúng quay theo cùng một hướng và chứng tỏ rằng các electron được phát ra theo một hướng nhiều hơn theo hướng khác. Năm sau Lee và Yang đã được trao giải thưởng Nobel cho ý tưởng của họ. Người ta cũng thấy rằng lực yếu không tuân theo đối xứng C. Điều này có nghĩa là lực yếu làm cho vũ trụ gồm các phản hạt xử sự khác với vũ trụ của chúng ta. Tuy nhiên, dường như lực yếu lại tuân theo đối xứng tổ hợp CP. Nghĩa là vũ trụ sẽ phát triển theo cách hệt như ảnh gương của nó nếu thêm vào đó mỗi hạt được thay bằng phản hạt của nó! Tuy nhiên, vào năm 1964 hai người Mỹ nữa là J. W. Cronin và Val Fitch đã phát hiện ra rằng đối xứng CP không được tuân theo trong phân rã của những hạt gọi là K-Meson. Cronin và Fitch cuối cùng đã được trao giải thưởng Nobel cho công trình của họ vào năm 1980. (Khá nhiều giải thưởng đã được trao để chứng tỏ rằng vũ trụ không đơn giản như chúng ta đã nghĩ).

Có một định lý toán học nói rằng mọi ý thyết tuân theo cơ học lượng tử và thuyết tương đối đều phải luôn luôn tuân theo đối xứng tổ hợp

CPT. Nói một cách khác, vũ trụ sẽ xử sự như trước nếu ta thay hạt bằng phản hạt. Lấy ảnh gương và nghịch đảo hướng thời gian. Nhưng Cronin và Fitch đã chứng minh được rằng nếu người ta thay hạt bằng phản hạt và lấy ảnh gương nhưng không nghịch đảo hướng thời gian thì vũ trụ không xử sự như trước nữa. Do đó các định luật vật lý cần phải thay đổi nếu ta đổi hướng thời gian, nghĩa là chúng không tuân theo đối xứng T.

Chắc chắn là trong giai đoạn đầu, vũ trụ không tuân theo đối xứng T: vì thời gian trôi về phía trước theo hướng vũ trụ giãn nở (nếu thời gian trôi giật lùi, vũ trụ sẽ co lại). Và do có những lực không tuân theo đối xứng T, suy ra rằng vì vũ trụ giãn nở nên những lực này có thể làm cho các phản - electron biến thành quark nhiều hơn các electron biến thành phản - quark. Sau đó, vì vụ trụ giãn nở và lạnh đi, các phản - quark sẽ hủy với các quark, nhưng vì có nhiều quark hơn phản-quark nên một số nhỏ quark còn dư lại tạo nên vật chất mà chúng ta thấy hôm nay, trong đó có cả bản thân chúng ta. Như vậy chính sự tồn tại của chúng ta có thể được xem như một bằng chứng khẳng định các lý thuyết thống nhất lớn, mặc dù mới chỉ là một khẳng định định tính mà thôi. Nhưng bất định còn nhiều tới mức người ta không thể tiên đoán được số lượng các quark còn lại sau quá trình hủy hoặc thậm chí còn chưa tiên đoán được các hạt còn lại là quark hay phản-quark. (Tuy nhiên, nếu số hạt dư thừa là phản-quark thì chúng ta đơn giản có thể gọi phản-quark là quark và quark là phản-quark).

Các lý thuyết thống nhất lớn không bao hàm lực hấp dẫn. Điều này không phải là quá nghiêm trọng bởi vì hấp dẫn là lực yếu tới mức các hiệu ứng của nó thường có thể bỏ qua khi đề cập tới các hạt cơ bản trong nguyên tử. Tuy nhiên, vì nó có tầm tác dụng dài và lại luôn

luôn là lực hút nên các hiệu ứng của nó đều được cộng lại. Vì vậy đối với một số lượng hạt vật chất đủ lớn lực hấp dẫn có thể sẽ lấn át tất cả các lực khác. Điều này giải thích tại sao hấp dẫn chính là lực quyết định sự tiến hóa của vũ trụ. Thậm chí đối với các vật thể có kích thước như một ngôi sao thôi, lực hấp dẫn cũng đã có thể thắng tất cả các lực khác và làm cho ngôi sao bị co lại. Công trình của tôi trong những năm 1980 tập trung vào các lỗ đen - một đối tượng có thể là kết quả co lại của một ngôi sao - và lực hấp dẫn xung quanh nó. Chính điều này đã dẫn tới những gợi ý đầu tiên về việc phải kết hợp cơ học lượng tử với thuyết tương đối rộng - một hình bóng đầu tiên về thuyết lượng tử của hấp dẫn trong tương lai.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 6

Lỗ đen

Thuật ngữ lỗ đen còn rất mới. Nó được nhà khoa học người Mỹ John Wheeler đưa ra vào năm 1969 nhằm mô tả một cách hình tượng một ý tưởng bắt nguồn ít nhất khoảng 200 năm trước, vào thời mà còn có hai lý thuyết về ánh sáng: một lý thuyết được Newton ủng hộ cho rằng ánh sáng được tạo thành từ các hạt, còn lý thuyết kia cho rằng nó được tạo thành từ các sóng.

Hiện nay ta biết rằng cả hai lý thuyết trên đều đúng. Theo quan điểm nhị nguyên sóng/hạt của cơ học lượng tử, thì ánh sáng có thể xem như vừa là sóng vừa là hạt. Theo lý thuyết sóng về ánh sáng thì không rõ nó sẽ phản ứng thế nào đối với hấp dẫn. Nhưng nếu ánh sáng được tạo thành từ các hạt thì người ta có thể nghĩ rằng nó sẽ bị tác động bởi hấp dẫn hệt như các viên đạn đại bác, tên lửa và các hành tinh. Ban đầu người ta tưởng rằng ánh sáng truyền với vận tốc lớn vô hạn và như thế thì hấp dẫn không thể nào làm cho nó chậm lại được, nhưng phát minh của Roemer cho thấy ánh sáng truyền với vận tốc hữu hạn, điều đó có nghĩa là hấp dẫn có thể có tác động quan trọng.

Dựa trên giải thuyết đó, một giảng viên của Đại học Cambridge là John Michell đã viết một bài báo in trên tạp chí “những văn kiện triết học của Hội Hoàng gia London” (Philosophical Transaction of the Royal Society of London) vào năm 1783, trong đó ông chỉ ra rằng một ngôi sao đủ nặng và đặc có thể có trường hấp dẫn mạnh tới

mức không cho ánh sáng thoát ra được: bất kỳ ánh sáng nào phát ra từ bề mặt ngôi sao đó cũng đều bị kéo ngược trở lại trước khi nó kịp truyền đi rất xa. Michell cho rằng có thể có một số rất lớn những sao như vậy. Mặc dù chúng ta không thể nhìn thấy những ngôi sao đó bởi vì ánh sáng từ những ngôi sao đó không đến được chúng ta, nhưng chúng ta vẫn cảm thấy được lực hút hấp dẫn của chúng. Những đối tượng đó là cái bây giờ chúng ta gọi là lỗ đen, bởi vì thực tế chúng là những khoảng đen trong vũ trụ.

Một giả thuyết tương tự cũng được một nhà khoa học người Pháp là hầu tước de Laplace đưa ra sau đó ít năm, tất nhiên là độc lập với Michell. Một điều khá lý thú là Laplace chỉ đưa ra giả thuyết này vào lần xuất bản thứ nhất và thứ hai của cuốn sách “Hệ thống thế giới”, nhưng rồi lại bỏ đi trong những lần xuất bản sau, chắc ông cho rằng đó là một ý tưởng điên rồ. (Cũng như lý thuyết hạt của ánh sáng không được ủng hộ trong suốt thế kỷ 19, và dường như mọi chuyện đều có thể giải thích bằng lý thuyết sóng, nhưng theo lý thuyết sóng thì hoàn toàn không rõ ánh sáng bị hấp dẫn tác động như thế nào).

Thực tế, xem ánh sáng như những viên đạn đại bác trong lý thuyết hấp dẫn của Newton là hoàn toàn không thích hợp bởi vì ánh sáng có vận tốc cố định. (Một viên đạn đại bác khi bắn lên từ mặt đất sẽ bị lực hấp dẫn làm cho chuyển động chậm lại và cuối cùng sẽ dừng lại và rơi xuống, trong khi đó hạt photon vẫn phải tiếp tục bay lên với vận tốc không đổi. Vậy thì lực hấp dẫn của Newton làm thế nào có thể tác động tới ánh sáng?). Phải mãi cho tới khi Einstein đưa ra thuyết tương đối rộng vào năm 1915, ta mới có một lý thuyết nhất quán cho biết hấp dẫn tác động như thế nào đến ánh sáng. Và thậm chí ngay cả khi đó cũng phải mất một thời gian sau người ta mới hiểu được những hệ quả của lý thuyết đối với các sao nặng.

Để hiểu một lỗ đen có thể được hình thành như thế nào, trước hết chúng ta phải hiểu vòng đời của một ngôi sao. Một ngôi sao được hình thành khi một lượng lớn khí (mà chủ yếu là hydro) bắt đầu co lại do lực hút hấp dẫn của chính mình. Và vì khi các khối khí co lại, nên các nguyên tử khí va chạm nhau thường xuyên hơn và ngày càng có vận tốc lớn hơn dẫn tới khối khí nóng lên. Cuối cùng, khối khí sẽ nóng tới mức khi các nguyên tử hydro va chạm nhau chúng sẽ không rời nhau ra nữa mà liên kết với nhau thành nguyên tử heli. Nhiệt giải phóng ra từ phản ứng này - giống như vụ nổ của bom khinh khí - sẽ làm cho ngôi sao phát sáng. Lượng nhiệt đó cũng làm tăng áp suất của khối khí cho tới khi đủ để cân bằng với lực hút hấp dẫn và khối khí ngừng co lại. Điều này cũng hơi giống với trường hợp quả khí cầu, trong đó có sự cân bằng giữa áp suất của không khí bên trong có xu hướng làm cho quả khí cầu phồng ra và sức căng của vỏ cao su có xu hướng làm cho nó co lại. Những ngôi sao sẽ còn ổn định như thế một thời gian dài với nhiệt từ các phản ứng hạt nhân tỏa ra cân bằng với lực hút hấp dẫn. Tuy nhiên, cuối cùng rồi các ngôi sao cũng sẽ dùng hết số khí hydro và các nhiên liệu hạt nhân của nó. Một điều thật nghịch lý là các ngôi sao càng có nhiều nhiên liệu lúc bắt đầu thì sẽ hết càng sớm. Đó là bởi vì ngôi sao càng nặng thì nó phải càng nóng để cân bằng với lực hút hấp dẫn. Mà nó đã càng nóng thì sẽ dùng hết số nhiên liệu của nó càng nhanh. Mặt trời của chúng ta có lẽ còn đủ nhiên liệu cho khoảng gần năm ngàn triệu năm nữa, nhưng những ngôi sao nặng hơn có thể dùng hết nhiên liệu của chúng chỉ trong khoảng một trăm triệu năm, ít hơn tuổi của vũ trụ rất nhiều. Khi một ngôi sao hết nhiên liệu, nó sẽ lạnh đi và co lại. Chỉ cuối những năm 20, người ta mới hiểu được điều gì xảy ra đối với nó khi đó.

Năm 1928 một sinh viên Ấn Độ mới tốt nghiệp đại học tên là Subrahmanyan Chandrasekhar đã dong thuyền tới nước Anh để theo học nhà thiên văn ngài Arthur Eddington, một chuyên gia về thuyết tương đối rộng ở Cambridge. (Theo một số dư luận, thì một nhà báo vào đầu những năm 20 có nói với Eddington, rằng ông ta nghe nói cả thế giới chỉ có ba người hiểu được thuyết tương đối rộng. Eddington im lặng một lát rồi nói: “Tôi còn đang cố nghĩ xem người thứ ba là ai”). Trong suốt chuyến chu du của mình từ Ấn Độ, Chandrasekhar đã giải quyết được vấn đề: một ngôi sao có thể lớn tới mức nào để khi đã sử dụng hết nhiên liệu vẫn chống chọi được với lực hấp dẫn riêng của nó. Ý tưởng của ông như sau: khi một ngôi sao trở nên nhỏ, các hạt vật chất sẽ ở rất gần nhau, và vì vậy theo nguyên lý loại trừ Pauli, chúng cần phải có vận tốc khác nhau. Điều này làm cho chúng chuyển động ra xa nhau và vì thế có xu hướng làm cho sao giãn nở ra. Do đó một ngôi sao có thể tự duy trì để có một bán kính không đổi bằng cách giữ cân bằng giữa lực hút hấp dẫn và lực đẩy xuất hiện do nguyên lý loại trừ, hệt như ở giai đoạn đầu trong cuộc đời của nó lực hấp dẫn được cân bằng bởi nhiệt.

Tuy nhiên, Chandrasekhar thấy rằng lực đẩy do nguyên lý loại trừ tạo ra có một giới hạn. Lý thuyết tương đối rộng đặt một giới hạn cho sự khác biệt cực đại về vận tốc của các hạt vật chất trong các ngôi sao - đó là vận tốc của ánh sáng. Điều này có nghĩa là khi một ngôi sao đủ đặc, lực đẩy gây bởi nguyên lý loại trừ sẽ nhỏ hơn lực hút hấp dẫn. Chandrasekhar tính ra rằng một ngôi sao lạnh có khối lượng lớn hơn khối lượng mặt trời chừng 1,5 lần sẽ không thể tự chống chọi nổi với lực hấp dẫn riêng của nó. (Khối lượng này hiện nay được gọi là giới hạn Chandrasekhar). Phát minh tương tự cũng

được nhà khoa học người Nga Lev Davidovich Landau đưa ra vào cùng thời gian đó.

Điều này có những hệ quả quan trọng đối với số phận tối hậu của các ngôi sao nặng. Nếu khối lượng của một ngôi sao nhỏ hơn giới hạn Chandrasekhar, thì cuối cùng nó cũng có thể ngừng co lại và yên phận ở trạng thái cuối cùng khả dĩ như "một sao lùn trắng" với bán kính chỉ khoảng vài ngàn dặm và mật độ khoảng vài trăm tấn trong một inch khối. Sao lùn trắng chống đỡ được với lực hút hấp dẫn là bởi lực đẩy do nguyên lý loại trừ sinh ra giữa các electron trong vật chất của nó. Chúng ta đã quan sát được một số khá lớn những sao lùn trắng này. Một trong những sao lùn đầu tiên quan sát được là ngôi sao quay xung quanh sao Thiên Lang (Sirius) - ngôi sao sáng nhất trên bầu trời đêm.

Landau chỉ ra rằng còn có một trạng thái cuối cùng khả dĩ nữa cho các ngôi sao có khối lượng giới hạn cỡ 1 đến 2 lần lớn hơn khối lượng mặt trời nhưng có kích thước còn nhỏ hơn cả các sao lùn trắng nhiều. Các sao này chống chọi được với lực hút hấp dẫn, bởi lực đẩy do nguyên lý loại trừ tạo ra giữa các neutron và proton lớn hơn là giữa các electron. Do đó chúng được gọi là các sao neutron. Chúng có bán kính chỉ cỡ mươi dặm và có mật độ cỡ vài trăm triệu tấn trên một inch khối. Khi sao neutron lần đầu tiên được tiên đoán, người ta không có cách nào quan sát được chúng và thực tế mãi rất lâu về sau người ta cũng không phát hiện được.

Trái lại, những ngôi sao có khối lượng lớn hơn giới hạn Chandrasekhar lại có vấn đề rất lớn đặt ra khi chúng đã dùng hết nhiên liệu. Trong một số trường hợp chúng có thể nổ hoặc điều chỉnh để rút bớt đi một lượng vật chất đủ để làm giảm khối lượng của nó xuống dưới giới hạn và như vậy sẽ tránh được tai họa co lại

do hấp dẫn. Tuy nhiên, thật khó lòng tin được rằng điều này luôn luôn xảy ra bất kể ngôi sao lớn tới mức nào. Vả lại, làm sao biết được nó cần phải giảm trọng lượng? Và cho dù mọi ngôi sao đều biết điều chỉnh giảm khối lượng đủ để tránh được quá trình co lại thì điều gì sẽ xảy ra nếu ta thêm khối lượng cho một sao lùn trắng hoặc sao neutron để khối lượng của nó lớn hơn khối lượng giới hạn? Liệu nó có co lại tới mật độ vô hạn không? Eddington đã bị "sốc" bởi hệ quả đó và ông đã chối bỏ không tin kết quả của Chandrasekhar. Eddington nghĩ rằng đơn giản là không thể có một ngôi sao có thể co lại thành một điểm được. Đó cũng là quan điểm của đa số các nhà khoa học. Chính Einstein cũng viết một bài báo trong đó ông tuyên bố rằng một ngôi sao không thể co lại tới kích thước bằng 0 được! Trước sự chống đối của các nhà khoa học khác, mà đặc biệt là Eddington - vừa là thầy giáo cũ vừa là người có uy tín hàng đầu về cấu trúc các sao, Chandrasekhar đành bỏ phương hướng nghiên cứu đó của mình và chuyển sang nghiên cứu những vấn đề khác trong thiên văn học như sự chuyển động của các cụm sao. Tuy nhiên, khi ông được trao giải thưởng Nobel vào năm 1938, thì ít nhất cũng một phần là do công trình đầu tay của ông về khối lượng giới hạn của các sao lạnh.

Chandrasekhar đã chứng minh được rằng nguyên lý loại trừ không thể ngăn chặn được sự co lại của các ngôi sao có khối lượng lớn hơn giới hạn Chandrasekhar, nhưng vấn đề hiểu được điều gì sẽ xảy ra đối với những sao như vậy theo thuyết tương đối rộng thì phải tới năm 1939 mới được nhà khoa học trẻ người Mỹ là Robert Oppenheimer giải quyết lần đầu tiên. Tuy nhiên, kết quả của ông cho thấy rằng không có một hệ quả quan sát nào có thể phát hiện được bằng các kính thiên văn thời đó. Rồi chiến tranh thế giới thứ 2

xảy ra, và chính Oppenheimer lại cuốn hút vào dự án bom nguyên tử. Sau chiến tranh, vấn đề sự co lại do hấp dẫn bị lãng quên vì đa số các nhà khoa học bắt đầu lao vào các hiện tượng xảy ra trong quy mô nguyên tử và hạt nhân của nó. Tuy nhiên, vào những năm 60 sự quan tâm tới các vấn đề ở thang vĩ mô của thiên văn học và vũ trụ học lại sống dậy vì số lượng cũng như tầm quan sát thiên văn tăng lên rất lớn, do việc áp dụng những công nghệ hiện đại. Công trình của Oppenheimer khi đó lại được phát hiện lại và được mở rộng thêm bởi nhiều người khác.

Bức tranh mà hiện nay chúng ta có từ công trình của Oppenheimer như sau: trường hấp dẫn của ngôi sao làm thay đổi đường truyền của các tia sáng trong không-thời gian. Các nón ánh sáng - chỉ đường truyền trong không-thời gian của các chớp sáng được phát ra từ đỉnh của nón - sẽ hơi bị uốn vào phía trong, phía gần với bề mặt của sao. Điều này có thể thấy được theo quỹ đạo cong của tia sáng phát từ những ngôi sao xa trong quá trình nhật thực. Vì ngôi sao nặng đang co lại, nên trường hấp dẫn ở bề mặt của nó ngày càng mạnh và nón ánh sáng càng bị uốn cong vào phía trong. Điều này làm cho tia sáng ngày càng khó thoát khỏi ngôi sao, và ánh sáng sẽ ngày càng mờ đi và đỏ hơn đối với người quan sát từ xa. Cuối cùng, khi ngôi sao đã co tới một bán kính tới hạn nào đó, trường hấp dẫn ở bề mặt của nó trở nên mạnh tới mức nón ánh sáng bị uốn vào phía trong nhiều đến nỗi ánh sáng không thể thoát ra được nữa

(hình 6.1). Theo thuyết tương đối thì không có gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng. Vì vậy, nếu ánh sáng không thể thoát ra được, thì cũng không có gì có thể thoát được ra; tất cả đều bị trường hấp dẫn kéo lại. Do đó, ta có một tập các sự cố, tức là một

vùng trong không-thời gian, mà không có gì có thể thoát ra từ đó để đến được với người quan sát từ xa. Vùng này chính là cái mà người ta gọi là lỗ đen. Biên của vùng này được gọi là chân trời sự cố, và nó trùng với đường truyền của các tia sáng vừa chớm không thoát ra được khỏi lỗ đen.

Để hiểu được điều mà bạn sẽ thấy nếu bạn đang quan sát sự co lại của một ngôi sao để tạo thành lỗ đen, thì cần nhớ rằng trong thuyết tương đối không có khái niệm thời gian tuyệt đối. Mỗi một người quan sát có độ đo thời gian riêng của mình. Thời gian đối với người ở trên một ngôi sao sẽ khác thời gian của người ở xa, do có trường hấp dẫn của các ngôi sao. Giả sử có một nhà du hành vũ trụ quả cảm ở ngay trên bề mặt một ngôi sao đang co lại vào phía trong của nó, cứ mỗi một giây theo đồng hồ của anh ta lại gửi về con tàu đang quay quanh ngôi sao đó một tín hiệu. Ở thời điểm nào đó theo đồng hồ của anh ta, ví dụ lúc 11 giờ, ngôi sao co lại dưới bán kính tới hạn - kích thước mà ở đó trường hấp dẫn bắt đầu mạnh tới mức không gì có thể thoát được ra, - và như vậy, các tín hiệu của nhà du hành không tới được con tàu nữa. Khi tới gần 11 giờ, các đồng nghiệp của nhà du hành quan sát từ con tàu thấy khoảng thời gian giữa hai tín hiệu liên tiếp do nhà du hành gửi về ngày càng dài hơn, nhưng trước 10 giờ 59 phút 59 giây hiệu ứng đó rất nhỏ. Họ chỉ phải đợi hơn một giây chút xíu giữa tín hiệu mà nhà du hành gửi về lúc 10 giờ 59 phút 58 giây và tín hiệu anh ta gửi về lúc đồng hồ anh ta chỉ 10 giờ 59 phút 59 giây, nhưng họ sẽ phải đợi vĩnh viễn viễn tín hiệu gửi lúc 11 giờ. Các sóng ánh sáng được phát từ bề mặt ngôi sao trong khoảng thời gian giữa 10 giờ 59 phút 59 giây và 11 giờ theo đồng hồ của nhà du hành sẽ được truyền qua một khoảng thời gian vô hạn, nếu đo từ con tàu. Khoảng thời gian giữa hai sóng ánh sáng

liên tiếp tới con tàu mỗi lúc một dài hơn, do đó ánh sáng từ ngôi sao mỗi lúc một đỏ và nhợt nhạt hơn. Cuối cùng, ngôi sao sẽ mờ tối tới mức từ con tàu không thể nhìn thấy nó nữa; tất cả những cái còn lại chỉ là một lỗ đen trong không gian. Tuy nhiên, ngôi sao vẫn tiếp tục tác dụng một lực hấp dẫn như trước lên con tàu làm cho nó vẫn tiếp tục quay xung quanh lỗ đen.

Thực ra, kịch bản này không phải hoàn toàn là hiện thực vì vấn đề sau: Lực hấp dẫn càng yếu khi bạn càng ở xa ngôi sao, vì vậy lực hấp dẫn tác dụng lên chân nhà du hành vũ trụ quả cảm của chúng ta sẽ luôn luôn lớn hơn lực tác dụng lên đầu của anh ta. Sự khác biệt về lực đó sẽ kéo dài nhà du hành vũ trụ của chúng ta giống như một sợi mì hoặc xé đứt anh ta ra trước khi ngôi sao co tới bán kính tới hạn, tại đó chân trời sự cố được hình thành! Tuy nhiên, chúng ta tin rằng trong vũ trụ có những vật thể lớn hơn rất nhiều, chẳng hạn như những vùng trung tâm của các thiên hà, cũng có thể co lại do hấp dẫn để tạo thành các lỗ đen; một nhà du hành vũ trụ ở trên một trong các vật thể đó sẽ không bị xé đứt trước khi lỗ đen được tạo thành. Thực tế, anh ta sẽ chẳng cảm thấy gì đặc biệt khi đạt tới bán kính tới hạn, và có thể vượt điểm-không-đường-quay-lại mà không nhận thấy. Tuy nhiên, chỉ một ít giờ sau, khi vùng đó tiếp tục co lại, sự khác biệt về lực hấp dẫn tác dụng lên chân và đầu sẽ lại trở nên mạnh tới mức nó sẽ xé đứt người anh ta.

Công trình mà Roger Penrose và tôi tiến hành giữa năm 1965 và 1970 chứng tỏ, rằng theo thuyết tương đối rộng, thì cần phải có một kỳ dị với mật độ và độ cong không-thời gian vô hạn bên trong lỗ đen. Điều này khá giống với vụ nổ lớn ở điểm bắt đầu, chỉ có điều ở đây lại là thời điểm cuối của một vật thể cùng nhà du hành đang co lại. Ở kỳ dị này, các định luật khoa học và khả năng tiên đoán tương lai

đều không dùng được nữa. Tuy nhiên, một người quan sát còn ở ngoài lỗ đen sẽ không bị ảnh hưởng bởi sự mất khả năng tiên đoán đó vì không một tín hiệu nào hoặc tia sáng nào từ điểm kỳ dị đó tới được anh ta. Sự kiện đáng chú ý đó đã dẫn Roger Penrose tới giả thuyết về sự kiểm duyệt vũ trụ - một giả thuyết có thể phát biểu dưới dạng “Chúa căm ghét sự kỳ dị trần trụi”. Nói một cách khác, những kỳ dị được tạo ra bởi sự co lại do hấp dẫn chỉ xảy ra ở những nơi giống như lỗ đen - nơi mà chúng được che giấu kín đáo bởi chân trời sự cố không cho người ngoài nhìn thấy. Nói một cách chặt chẽ thì đây là mới là giả thuyết về sự kiểm duyệt vũ trụ yếu: nó bảo vệ cho những người quan sát còn ở ngoài lỗ đen tránh được những hậu quả do sự mất khả năng tiên đoán xảy ra ở điểm kỳ dị, nhưng nó hoàn toàn không làm được gì cho nhà du hành bất hạnh đã bị rơi vào lỗ đen.

Có một số nghiệm của các phương trình của thuyết tương đối rộng, trong đó nó cho phép nhà du hành của chúng ta có thể nhìn thấy điểm kỳ dị trần trụi: như vậy anh ta có thể tránh không đụng vào nó và thay vì anh ta có thể rơi qua một cái “lỗ sâu đục” và đi ra một vùng khác của vũ trụ. Điều này tạo ra những khả năng to lớn cho việc du hành trong không gian và thời gian, nhưng thật không may, những nghiệm đó lại rất không ổn định; chỉ cần một nhiễu động nhỏ, ví dụ như sự có mặt của nhà du hành, là đã có thể làm cho chúng thay đổi tới mức nhà du hành không còn nhìn thấy kỳ dị nữa cho tới khi chạm vào nó và thời gian của anh ta sẽ chấm hết. Nói cách khác, kỳ dị luôn luôn nằm ở tương lai chứ không bao giờ nằm ở quá khứ của anh ta. Giả thuyết kiểm duyệt vũ trụ mạnh phát biểu rằng trong nghiệm hiện thực thì các kỳ dị luôn luôn hoặc hoàn toàn nằm trong tương lai (như các kỳ dị do quá trình co lại do hấp dẫn) hoặc

hoàn toàn nằm trong quá khứ (như vụ nổ lớn). Người ta rất hy vọng một trong hai giả thuyết kiểm duyệt là đúng, bởi vì ở gần các kỳ dị trần trụi sẽ có thể chu du về quá khứ. Trong khi điều này thật tuyệt vời đối với các nhà viết truyện khoa học viễn tưởng thì nó cũng có nghĩa là cuộc sống của bất kỳ ai đều không an toàn: một kẻ nào đó có thể mò về quá khứ giết chết bố hoặc mẹ của bạn trước khi bạn được đầu thai!

Chân trời sự cố, biên của vùng không - thời gian mà từ đó không gì thoát ra được, có tác dụng như một màng một chiều bao quanh lỗ đen: các vật, tỷ như nhà du hành khinh suất của chúng ta, có thể rơi vào lỗ đen qua chân trời sự cố, nhưng không gì có thể thoát ra lỗ đen qua chân trời sự cố (cần nhớ rằng chân trời sự cố là đường đi trong không-thời gian của ánh sáng đang tìm cách thoát khỏi lỗ đen, và không gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng). Có thể dùng lời của thi sĩ Dante nói về lối vào địa ngục để nói về chân trời sự cố: “Hỡi những người bước vào đây hãy vứt bỏ mọi hy vọng!”. Bất kỳ cái gì hoặc bất kỳ ai, một khi đã rơi qua chân trời sự cố thì sẽ sớm tới vùng có mật độ vô hạn và, chấm hết thời gian.

Thuyết tương đối rộng tiên đoán rằng các vật nặng khi chuyển động sẽ phát ra sóng hấp dẫn - những nếp gợn trong độ cong của không gian truyền với vận tốc của ánh sáng. Những sóng này tương tự như các sóng ánh sáng, là những gợn sóng của trường điện từ, nhưng sóng hấp dẫn khó phát hiện hơn nhiều. Giống như ánh sáng, sóng hấp dẫn cũng mang năng lượng lấy từ các vật phát ra nó. Do đó, hệ thống các vật nặng cuối cùng sẽ an bài ở một trạng thái dừng nào đó bởi vì năng lượng ở bất cứ dạng vận động nào đều được các sóng hấp dẫn mang đi. (Điều này gần tương tự với việc ném một cái nút xuống nước. Ban đầu, nó dập dềnh khá mạnh, nhưng rồi

vì các gợn sóng mang dần đi hết năng lượng của nó, cuối cùng nó an bài ở một trạng thái dừng). Ví dụ, chuyển động của trái đất xung quanh mặt trời tạo ra các sóng hấp dẫn. Tác dụng của việc mất năng lượng sẽ làm thay đổi quỹ đạo trái đất, làm cho nó dần dần tiến tới gần mặt trời hơn, rồi cuối cùng chạm mặt trời và an bài ở một trạng thái dừng. Tuy nhiên, tốc độ mất năng lượng của trái đất và mặt trời rất thấp: chỉ cỡ đủ để chạy một lò sưởi điện nhỏ. Điều này có nghĩa là phải mất gần một ngàn triệu triệu triệu triệu năm trái đất mới đâm vào mặt trời và vì vậy chúng ta chẳng có lý do gì để lo lắng cả! Sự thay đổi quỹ đạo của trái đất cũng rất chậm khiến cho khó có thể quan sát được, nhưng chính hiện tượng này đã được quan sát thấy ít năm trước trong hệ thống có tên là PSR 1913+16 PSR là tên viết tắt của một pulsar (pulsar là chuẩn tinh: một loại sao neutron đặc biệt có khả năng phát đều đặn các xung sóng radio). Hệ thống này gồm hai sao neutron quay xung quanh nhau và sự mất năng lượng do phát sóng hấp dẫn làm cho chúng chuyển động theo đường xoắn ốc hướng vào nhau

Trong quá trình co lại do hấp dẫn của một ngôi sao để tạo thành một lỗ đen, các chuyển động sẽ nhanh hơn nhiều và vì vậy tốc độ năng lượng được chuyển đi cũng cao hơn nhiều. Do vậy mà thời gian để đạt tới sự an bài ở một trạng thái dừng sẽ không quá lâu. Vậy cái giai đoạn cuối cùng này nhìn sẽ như thế nào? Người ta cho rằng, nó sẽ phụ thuộc vào tất cả các đặc tính của ngôi sao. Có nghĩa là, nó không chỉ phụ thuộc vào khối lượng và tốc độ quay, mà còn phụ thuộc vào những mật độ khác nhau của các phần tử khác nhau của ngôi sao và cả những chuyển động phức tạp của các khí trong ngôi sao đó nữa. Và nếu các lỗ đen cũng đa dạng như những đối tượng đã co lại và tạo nên chúng thì sẽ rất khó đưa ra một tiên đoán nào

về các lỗ đen nói chung.

Tuy nhiên, vào năm 1967, một nhà khoa học Canada tên là Werner Israel (ông sinh ở Berlin, lớn lên ở Nam Phi, và làm luận án tiến sĩ ở Ireland) đã tạo ra một bước ngoặt trong việc nghiên cứu các lỗ đen. Israel chỉ ra rằng, theo thuyết tương đối rộng thì các lỗ đen không quay là rất đơn giản; chúng có dạng cầu lý tưởng và có kích thước chỉ phụ thuộc vào khối lượng của chúng; hai lỗ đen như thế có khối lượng như nhau là hoàn toàn đồng nhất với nhau.

Thực tế, những lỗ đen này có thể được mô tả bằng một nghiệm riêng của phương trình Einstein đã được biết từ năm 1917, do Karl Schwarzchild tìm ra gần như ngay sau khi tuyết tương đối rộng được phát minh. Thoạt đầu, nhiều người, thậm chí ngay cả Israel, lý luận rằng, vì các lỗ đen cần phải có dạng cầu lý tưởng nên chúng chỉ có thể được tạo thành từ sự co lại của đối tượng có dạng cầu lý tưởng. Mà một ngôi sao chẳng bao giờ có thể có dạng cầu lý tưởng được, nên nó chỉ có thể co lại để tạo thành một kỳ dị trần trụi mà thôi.

Tuy nhiên, có một cách giải thích khác cho kết quả của Israel mà Roger Penrose và đặc biệt là John Wheeler rất ủng hộ. Họ lý luận rằng, những chuyển động nhanh trong quá trình co lại có nghĩa là các sóng hấp dẫn do nó phát ra sẽ làm cho nó có dạng cầu hơn và vào thời điểm an bài ở trạng thái dừng nó có dạng chính xác là cầu. Theo quan điểm này thì một ngôi sao không quay, bất kể hình dạng và cấu trúc bên trong phức tạp của nó, sau khi kết thúc quá trình co lại do hấp dẫn đều là một lỗ đen có dạng cầu lý tưởng với kích thước chỉ phụ thuộc vào khối lượng của nó. Những tính toán sau này đều củng cố cho quan điểm này và chẳng bao lâu sau nó đã được mọi người chấp nhận.

Kết quả của Israel chỉ đề cập trường hợp các lỗ đen được tạo thành từ các vật thể không quay. Năm 1963 Roy Kerr người New Zealand đã tìm ra một tập hợp nghiệm của các phương trình của thuyết tương đối mô tả các lỗ đen quay. Các lỗ đen "Kerr" đó quay với vận tốc không đổi, có kích thước và hình dáng chỉ phụ thuộc vào khối lượng và tốc độ quay của chúng. Nếu tốc độ quay bằng không, lỗ đen sẽ là cầu lý tưởng và nghiệm này sẽ trùng với nghiệm Schwarzchild. Nếu tốc độ quay khác 0, lỗ đen sẽ phình ra phía ngoài ở gần xích đạo của nó (cũng như trái đất và mặt trời đều phình ra do sự quay của chúng), và nếu nó quay càng nhanh thì sự phình ra sẽ càng mạnh. Như vậy, để mở rộng kết quả của Israel cho bao hàm được cả các vật thể quay, người ta suy đoán rằng một vật thể quay co lại để tạo thành một lỗ đen cuối cùng sẽ an bài ở trạng thái dừng được mô tả bởi nghiệm Kerr.

Năm 1970, một đồng nghiệp và cũng là nghiên cứu sinh của tôi, Brandon Carter đã đi được bước đầu tiên hướng tới chứng minh suy đoán trên. Anh đã chứng tỏ được rằng với điều kiện lỗ đen quay dừng có một trục đối xứng, giống như một con quay, thì nó sẽ có kích thước và hình dạng chỉ phụ thuộc vào khối lượng và tốc độ quay của nó. Sau đó vào năm 1971, tôi đã chứng minh được rằng bất kỳ một lỗ đen quay dừng nào đều cần phải có một trục đối xứng như vậy. Cuối cùng, vào năm 1973, David Robinson ở trường Kings College, London đã dùng kết quả của Carter và tôi chứng minh được rằng ước đoán nói trên là đúng. Những lỗ đen như vậy thực sự là nghiệm Kerr. Như vậy, sau khi co lại do hấp dẫn, lỗ đen sẽ an bài trong trạng thái có thể quay nhưng không xung động. Hơn nữa, kích thước hình dạng của nó chỉ phụ thuộc vào khối lượng và tốc độ quay chứ không phụ thuộc vào bản chất của vật thể bị co lại tạo nên

nó. Kết quả này được biết dưới châm ngôn: “lỗ đen không có tóc”. Định lý “không có tóc” này có một tầm quan trọng thực tiễn to lớn bởi nó hạn chế rất mạnh các loại lỗ đen lý thuyết. Do vậy, người ta có thể tạo ra những mô hình chi tiết của các vật có khả năng chứa lỗ đen và so sánh những tiên đoán của mô hình với quan sát. Điều này cũng có nghĩa là một lượng rất lớn thông tin về vật thể co lại sẽ phải mất đi khi lỗ đen được tạo thành, bởi vì sau đấy tất cả những thứ mà ta có thể đo được về vật thể đó chỉ là khối lượng và tốc độ quay của nó. Ý nghĩa của điều này sẽ được thấy rõ ở chương sau.

Thực tế, điều này đã được dùng như một luận cứ chủ yếu của những người phản đối lỗ đen: làm sao người ta có thể tin rằng có những vật thể mà bằng chứng về sự tồn tại của nó chỉ là những tính toán dựa trên lý thuyết tương đối rộng, một lý thuyết vốn đã đáng ngờ? Tuy nhiên, vào năm 1963, Maarten Schmidt, một nhà thiên văn làm việc ở Đài thiên văn Palomar, Caliornia, Mỹ, đã đo được sự chuyển dịch về phía đỏ của một đối tượng mờ tựa như sao theo hướng một nguồn phát sóng radio có tên là 3C273 (tức là số của nguồn là 273 trong catalogue thứ 3 ở Cambridge). Ông thấy sự chuyển dịch này là quá lớn, nếu xem nó do trường hấp dẫn gây ra: nếu đó là sự chuyển dịch về phía đỏ do trường hấp dẫn gây ra thì đối tượng đó phải rất nặng và ở gần chúng ta tới mức nó sẽ làm nhiễu động quỹ đạo của các hành tinh trong Hệ mặt trời. Điều này gợi ý rằng sự chuyển dịch về phía đỏ này là do sự giãn nở của vũ trụ và vì vậy đối tượng đó phải ở rất xa chúng ta. Để thấy được ở một khoảng cách xa như thế vật thể đó phải rất sáng hay nói cách khác là phải phát ra một năng lượng cực lớn. Cơ chế duy nhất mà con người có thể nghĩ ra để miêu tả một năng lượng lớn như thế, là sự co lại do hấp dẫn không phải chỉ của một ngôi sao mà của cả

vùng trung tâm của thiên hà. Nhiều đối tượng “tương tự sao” (chuẩn tinh), hay nói cách khác là các quasar, cũng đã được phát hiện. Tất cả đều có chuyển dịch lớn về phía đỏ. Nhưng tất cả chúng đều ở quá xa, khó quan sát để cho một bằng chứng quyết định về các lỗ đen.

Sự cổ vũ tiếp theo cho sự tồn tại của các lỗ đen là phát minh của Jocelyn Bell, một nghiên cứu sinh ở Cambridge, về những thiên thể phát các xung radio đều đặn. Thoạt đầu, Bell và người hướng dẫn của chị là Antony Hewish, nghĩ rằng có lẽ họ đã liên lạc được với một nền văn minh lạ trong thiên hà! Thực tế, trong buổi seminar khi họ thông báo phát minh của họ, tôi nhớ là họ đã gọi bốn nguồn phát sóng radio đầu tiên đó là LGM 1-4 với LGM là viết tắt của “Little Green Men” (những người xanh nhỏ). Tuy nhiên, cuối cùng họ và mọi người đều đi đến một kết luận ít lãng mạn hơn cho rằng những đối tượng đó - có tên là pulsar - thực tế là những sao neutron quay, có khả năng phát các xung sóng radio, do sự tương tác phức tạp giữa các từ trường của nó với vật chất xung quanh. Đây là một tin không mấy vui vẻ đối với các nhà văn chuyên viết về các chuyện phiêu lưu trong vũ trụ, nhưng lại đầy hy vọng đối với một số ít người tin vào sự tồn tại của lỗ đen thời đó: đây là bằng chứng xác thực đầu tiên về sự tồn tại của các sao neutron. Sao neutron có bán kính chừng mười dặm, chỉ lớn hơn bán kính tới hạn để ngôi sao trở thành một lỗ đen ít lần. Nếu một sao có thể co lại tới một kích thước nhỏ như vậy thì cũng không có lý do gì mà những ngôi sao khác không thể co lại tới một kích thước còn nhỏ hơn nữa để trở thành lỗ đen.

Làm sao chúng ta có thể hy vọng phát hiện được lỗ đen, khi mà theo chính định nghĩa của nó, nó không phát ra một tia sáng nào? Điều

này cũng na ná như đi tìm con mèo đen trong một kho than. May thay vẫn có một cách. Như John Michell đã chỉ ra trong bài báo tiên phong của ông viết năm 1983, lỗ đen vẫn tiếp tục tác dụng lực hấp dẫn lên các vật xung quanh. Các nhà thiên văn đã quan sát được nhiều hệ thống, trong đó có hai sao quay xung quanh nhau và hút nhau bằng lực hấp dẫn. Họ cũng quan sát được những hệ thống, trong đó chỉ có một sao thấy được quay xung quanh sao đồng hành (không thấy được). Tất nhiên, người ta không thể kết luận ngay rằng sao đồng hành đó là một lỗ đen, vì nó có thể đơn giản chỉ là một ngôi sao phát sáng quá yếu nên ta không thấy được. Tuy nhiên, có một số trong các hệ thống đó, chẳng hạn như hệ thống có tên là Cygnus X-1

(hình 6.2) cũng là những nguồn phát tia X rất mạnh. Cách giải thích tốt nhất cho hiện tượng này là vật chất bị bắn ra khỏi bề mặt của ngôi sao nhìn thấy. Vì lượng vật chất này rơi về phía đồng hành không nhìn thấy, nên nó phát triển thành chuyển động theo đường xoắn ốc (khá giống như nước chảy ra khỏi bồn tắm) và trở nên rất nóng, phát ra tia X (hình 6.3). Muốn cho cơ chế này hoạt động, sao đồng hành không nhìn thấy phải rất nhỏ, giống như sao lùn trắng, sao neutron hoặc lỗ đen. Từ quỹ đạo quan sát được của ngôi sao nhìn thấy, người ta có thể xác định được khối lượng khả dĩ thấp nhất của ngôi sao đồng hành không nhìn thấy. Trong trường hợp hệ thống Cygnus X-1 sao đó có khối lượng lớn gấp 6 lần mặt trời. Theo kết quả của Chandrasekhar thì như thế là quá lớn để cho sao không nhìn thấy là một sao lùn trắng. Nó cũng có khối lượng quá lớn để là sao neutron. Vì vậy, nó dường như phải là một lỗ đen...
Cũng có những mô hình khác giải thích rằng Cygnus X-1 không bao gồm lỗ đen, nhưng tất cả những mô hình đó đều rất gượng gạo. Lỗ

đen là cách giải thích thực sự tự nhiên duy nhất những quan trắc đó. Mặc dù vậy, tôi đã đánh cuộc với Kip Thorne ở Viện kỹ thuật California, rằng thực tế Cygnus X-1 không chứa lỗ đen! Đây chẳng qua chỉ là sách lược bảo hiểm cho tôi. Tôi đã tốn biết bao công sức cho những lỗ đen và tất cả sẽ trở nên vô ích, nếu hóa ra là các lỗ đen không tồn tại. Nhưng khi đó tôi sẽ được an ủi là mình thắng cuộc và điều đó sẽ mang lại cho tôi bốn năm liền tạp chí Private Eye. Nếu lỗ đen tồn tại thì Kip được 1 năm tạp chí Penthouse. Khi chúng tôi đánh cuộc vào năm 1975 thì chúng tôi đã chắc tới 80% rằng Cygnus là lỗ đen. Và bây giờ tôi có thể nói rằng chúng tôi đã biết chắc tới 95%, nhưng cuộc đánh cuộc vẫn chưa thể xem là đã ngã ngũ.

Giờ đây chúng ta cũng có bằng chứng về một số lỗ đen khác trong các hệ thống giống như Cygnus X-1 trong thiên hà của chúng ta và trong hai thiên hà lân cận có tên là Magellanic Clouds. Tuy nhiên, số các lỗ đen chắc còn cao hơn nhiều; trong lịch sử dài dằng dặc của vũ trụ nhiều ngôi sao chắc đã đốt hết toàn bộ nhiên liệu hạt nhân của mình và đã phải co lại. Số các lỗ đen có thể lớn hơn nhiều so với số những ngôi sao nhìn thấy, mà chỉ riêng trong thiên hà của chúng ta thôi số những ngôi sao đó đã tới khoảng một trăm ngàn triệu. Lực hút hấp dẫn phụ thêm của một số lớn như thế các lỗ đen có thể giải thích được tại sao thiên hà của chúng ta lại quay với tốc độ như nó hiện có: khối lượng của các sao thấy được không đủ để làm điều đó. Chúng ta cũng có một số bằng chứng cho thấy rằng có một lỗ đen lớn hơn nhiều ở trung tâm thiên hà của chúng ta với khối lượng lớn hơn khối lượng của mặt trời tới trăm ngàn lần. Các ngôi sao trong thiên hà tới gần lỗ đen đó sẽ bị xé tan do sự khác biệt về hấp dẫn ở phía gần và phía xa của nó. Tàn tích của những ngôi sao

đó và khí do các sao khác tung ra đều sẽ rơi về phía lỗ đen. Cũng như trong trường hợp Cygnus X-1, khí sẽ chuyển động theo đường xoắn ốc đi vào và nóng lên mặc dù không nhiều như trong trường hợp đó. Nó sẽ không đủ nóng để phát ra các tia X, nhưng cũng có thể là các nguồn sóng radio và tia hồng ngoại rất đậm đặc mà người ta đã quan sát được ở tâm thiên hà.

Người ta cho rằng những lỗ đen tương tự hoặc thậm chí còn lớn hơn, với khối lượng khoảng trăm triệu lần lớn hơn khối lượng mặt trời có thể gặp ở tâm các quasar. Vật chất rơi vào những lỗ đen siêu nặng như vậy sẽ tạo ra một nguồn năng lượng duy nhất đủ lớn để giải thích lượng năng lượng cực lớn mà các vật thể đó phát ra. Vì vật chất chuyển động xoáy ốc vào lỗ đen, nó sẽ làm cho lỗ đen quay cùng chiều tạo cho nó một từ trường khá giống với từ trường của trái đất. Các hạt có năng lượng rất cao cũng sẽ được sinh ra gần lỗ đen bởi vật chất rơi vào. Từ trường này có thể mạnh tới mức hội tụ được các hạt đó thành những tia phóng ra ngoài dọc theo trục quay của lỗ đen, tức là theo hướng các cực bắc và nam của nó. Các tia như vậy thực tế đã được quan sát thấy trong nhiều thiên hà và các quasar.

Người ta cũng có thể xét tới khả năng có những lỗ đen với khối lượng nhỏ hơn nhiều so với khối lượng mặt trời. Những lỗ đen như thế không thể được tạo thành bởi sự co lại do hấp dẫn, vì khối lượng của chúng thấp hơn giới hạn Chandrasekhar: Các sao có khối lượng thấp đó tự nó có thể chống chọi được với lực hấp dẫn thậm chí cả khi chúng đã hết sạch nhiên liệu hạt nhân. Do vậy, những lỗ đen khối lượng thấp đó chỉ có thể được tạo thành nếu vật chất của nó được nén đến mật độ cực lớn bởi một áp lực rất cao từ bên ngoài. Điều kiện như thế có thể xảy ra trong một quả bom khinh khí

rất lớn: nhà vật lý John Wheeler một lần đã tính ra rằng nếu ta lấy toàn bộ nước nặng trong tất cả các đại dương thì ta có thể chế tạo được quả bom khinh khí có thể nén được vật chất ở tâm mạnh tới mức có thể tạo nên một lỗ đen. (Tất nhiên sẽ chẳng còn ai sống sót mà quan sát điều đó!). Một khả năng khác thực tiễn hơn là các lỗ đen có khối lượng thấp có thể được tạo thành dưới nhiệt độ và áp suất cao ở giai đoạn rất sớm của vũ trụ. Mặt khác những lỗ đen chỉ có thể tạo thành nếu vũ trụ ở giai đoạn rất sớm không trơn tru và đều đặn một cách lý tưởng, bởi vì chỉ cần một vùng nhỏ có mật độ lớn hơn mật độ trung bình là có thể bị nén theo cách đó để tạo thành lỗ đen. Nhưng chúng ta biết rằng nhất thiết phải có một số bất thường như vậy, bởi vì nếu không vật chất trong vũ trụ cho tới nay vẫn sẽ còn phân bố đều một cách lý tưởng thay vì kết lại thành khối trong các ngôi sao và thiên hà.

Những bất thường đòi hỏi phải có để tạo ra các ngôi sao và thiên hà có dẫn tới sự tạo thành một số đáng kể “lỗ đen nguyên thủy” hay không còn phụ thuộc vào chi tiết của những điều kiện ở giai đoạn đầu của vũ trụ. Vì vậy, nếu hiện nay chúng ta có thể xác định được có bao nhiêu lỗ đen nguyên thủy thì chúng ta sẽ biết được nhiều điều về những giai đoạn rất sớm của vũ trụ. Các lỗ đen nguyên thủy với khối lượng lớn hơn ngàn triệu tấn (bằng khối lượng của một quả núi lớn) có thể được phát hiện chỉ thông qua ảnh hưởng hấp dẫn của chúng lên các vật thể khác là vật chất thấy được hoặc ảnh hưởng tới sự giãn nở của vũ trụ. Tuy nhiên, như chúng ta sẽ biết ở chương sau, các lỗ đen xét cho cùng cũng không phải quá đen: chúng phát sáng như những vật nóng, và các lỗ đen càng nhỏ thì chúng phát sáng càng mạnh. Và như vậy một điều thật nghịch lý là các lỗ đen càng nhỏ thì càng dễ phát hiện hơn các lỗ đen lớn.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 7

Lỗ đen không quá đen

Trước năm 1970, nghiên cứu của tôi về thuyết tương đối rộng chủ yếu tập trung vào vấn đề có tồn tại hay không kỳ dị vụ nổ lớn. Tuy nhiên, vào một buổi tối tháng 11 năm đó, ngay sau khi con gái tôi, cháu Lucy, ra đời, tôi bắt đầu suy nghĩ về những lỗ đen khi tôi trên đường về phòng ngủ. Vì sự tàn tật của mình, tôi di chuyển rất chậm, nên có đủ thời gian để suy nghĩ. Vào thời đó còn chưa có một định nghĩa chính xác cho biết những điểm nào của không-thời gian là nằm trong, và những điểm nào là nằm ngoài lỗ đen. Tôi đã thảo luận với Roger Penrose ý tưởng định nghĩa lỗ đen như một tập hợp mà các sự cố không thể thoát ra khỏi nó để đến những khoảng cách lớn, và bây

giờ nó đã trở thành một định nghĩa được mọi người chấp nhận. Điều này có nghĩa là biên giới của lỗ đen, cũng gọi là chân trời sự cố, được tạo bởi đường đi trong không-thời gian của các tia sáng vừa chớm không thoát ra được khỏi lỗ đen, và vĩnh viễn chơi vơi ở mép của nó (hình 7.1). Nó cũng gần giống như trò chơi chạy trốn cảnh sát, chỉ hơi vượt trước được một bước nhưng còn chưa thể bứt ra được.

Bất chợt tôi nhận ra rằng đường đi của các tia sáng ấy không bao giờ có thể tiến tới gần nhau. Vì nếu không thế, cuối cùng chúng cũng sẽ phải chập vào nhau. Điều này cũng giống như đón gặp một

người bạn đang phải chạy trốn cảnh sát ở phía ngược lại - rốt cuộc cả hai sẽ đều bị bắt! (Hay trong trường hợp của chúng ta cả hai tia sáng sẽ đều bị rơi vào lỗ đen). Nhưng nếu cả hai tia sáng đó đều bị nuốt bởi lỗ đen, thì chúng không thể ở biên giới của lỗ đen được. Như vậy đường đi của các tia sáng trong chân trời sự cố phải luôn luôn song song hoặc đi ra xa nhau. Một cách khác để thấy điều này là chân trời sự cố - biên giới của lỗ đen - giống như mép của một cái bóng - bóng của số phận treo lơ lửng. Nếu bạn nhìn cái bóng tạo bởi một nguồn sáng ở rất xa, chẳng hạn như mặt trời, bạn sẽ thấy rằng các tia sáng ở mép của nó không hề tiến tới gần nhau.

Nếu các tia sáng tạo nên chân trời sự cố - biên giới của lỗ đen - không bao giờ có thể tiến tới gần nhau, thì diện tích của chân trời sự cố có thể giữ nguyên không đổi hoặc tăng theo thời gian chứ không bao giờ giảm, vì nếu không, ít nhất sẽ có một số tia sáng trên biên phải tiến gần tới nhau. Thực tế thì diện tích sẽ tăng bất cứ khi nào có vật chất hoặc bức xạ rơi vào lỗ đen (hình7.2). Hoặc nếu có hai

lỗ đen va chạm rồi xâm nhập vào nhau tạo thành một lỗ đen duy nhất, thì diện tích chân trời sự cố của lỗ đen tạo thành sẽ lớn hơn hoặc bằng tổng diện tích chân rời sự cố của hai lỗ đen riêng lẻ ban đầu (hình 7.3). Tính không giảm đó của diện tích chân trời sự cố đã đặt một hạn chế quan trọng đối với hành vi khả dĩ của các lỗ đen. Tôi đã xúc động về phát minh của mình tới mức đêm đó tôi không sao chợp mắt được. Ngay hôm sau tôi gọi điện cho Roger Penrose. Ông đã đồng ý với tôi. Thực tế, tôi nghĩ rằng chính ông cũng đã ý thức được tính chất đó của diện tích chân trời sự cố. Tuy nhiên, ông đã dùng một định nghĩa hơi khác của lỗ đen. Ông không thấy được rằng biên giới của các lỗ đen theo hai định nghĩa đó thực chất là

như nhau, và do đó, diện tích của chúng cũng như nhau với điều kiện lỗ đen đã an bài ở trạng thái không thay đổi theo thời gian.
Tính chất không giảm của diện tích lỗ đen rất giống với tính chất của một đại lượng vật lý có tên là entropy - đại lượng là thước đo mức độ mất trật tự của một hệ thống. Kinh nghiệm hàng ngày cũng cho chúng ta biết rằng nếu để các vật tự do thì mức độ mất trật tự sẽ có xu hướng tăng. (Chỉ cần ngừng sửa chữa xung quanh là bạn sẽ thấy điều đó ngay!). Người ta có thể tạo ra trật tự từ sự mất trật tự (ví dụ như bạn có thể quét sơn lại nhà), nhưng điều đó yêu cầu phải tốn sức lực hoặc năng lượng, và như vậy có nghĩa là sẽ làm giảm lượng năng lượng của trật tự sẵn có.
Phát biểu chính xác ý tưởng này chính là Định luật II của nhiệt động học. Định luật đó phát biểu rằng: entropy của một hệ cô lập luôn luôn tăng, và rằng khi hai hệ hợp lại với nhau làm một thì entropy của hệ hợp thành sẽ lớn hơn tổng entropy của hai hệ riêng rẽ. Ví dụ, xét một hệ phân tử khí đựng trong một cái hộp. Có thể xem những phân tử như những quả cầu billard nhỏ, liên tục va chạm với nhau và với thành hộp. Nhiệt độ của khí càng cao thì các phân tử chuyển động càng nhanh, và chúng va chạm càng thường xuyên và càng mạnh với thành hộp, và áp suất chúng đè lên thành hộp càng lớn. Giả sử rằng ban đầu tất cả các phân tử bị giam ở nửa trái của hộp bằng một vách ngăn. Nếu bỏ vách ngăn đi, các phân tử sẽ có xu hướng tràn ra chiếm cả hai nửa của hộp. Ở một thời điểm nào đó sau đấy, do may rủi, có thể tất cả các phân tử sẽ dồn cả sang nửa phải hoặc trở lại nửa trái của hộp, nhưng khả năng chắc chắn hơn rất nhiều là chúng có số lượng gần bằng nhau ở cả hai nửa hộp. Một trạng thái kém trật tự hơn, hay nói cách khác là mất trật tự hơn, trạng thái ban đầu mà trong đó mọi phân tử chỉ ở trong một nửa

hộp. Do đó, người ta nói rằng entropy của khí đã tăng lên. Tương tự, giả sử rằng ta bắt đầu với hai hộp, một hộp chứa các phân tử ôxy và một hộp chứa các phân tử nitơ. Nếu người ta ghép hai hộp với nhau và bỏ vách ngăn đi thì các phân tử ôxy và nitơ sẽ bắt đầu trộn lẫn vào nhau. Ở một thời điểm nào đó sau đấy, trạng thái có xác suất lớn nhất sẽ là sự trộn khá đều các phân tử ôxy và nitơ trong cả hai hộp. Trạng thái đó là kém trật tự hơn trạng thái ban đầu của hai hộp riêng rẽ.

Định luật thứ hai của nhiệt động học có vị trí hơi khác so với các định luật khoa học khác, chẳng hạn như định luật hấp dẫn của Newton, bởi vì nó không phải luôn luôn đúng, mà chỉ đúng trong đại đa số các trường hợp mà thôi. Xác suất để tất cả các phân tử trong hộp đầu tiên của chúng ta dồn cả về một nửa của hộp ở thời điểm sau khi bỏ vách ngăn chỉ bằng một phần nhiều triệu triệu, nhưng nó vẫn có thể xảy ra. Tuy nhiên, nếu có một lỗ đen ở cạnh thì định luật đó dường như sẽ bị vi phạm khá dễ dàng: chỉ cần ném một số vật chất có lượng entropy lớn, như một hộp khí chẳng hạn, vào lỗ đen. Khi đó tổng số entropy của vật chất ở ngoài lỗ đen sẽ giảm. Tất nhiên, người ta vẫn còn có thể viện lý rằng entropy tổng cộng, kể cả entropy trong lỗ đen sẽ không giảm, nhưng vì không có cách gì để nhìn vào lỗ đen, nên chúng ta không thể thấy được vật chất trong đó chứa bao nhiêu entropy. Khi này sẽ thật là tuyệt vời nếu có một đặc tính nào đó của lỗ đen, mà qua nó, người quan sát ở bên ngoài có thể biết về entropy của lỗ đen, và đặc tính này lại tăng bất cứ khi nào có một lượng vật chất mang entropy rơi vào lỗ đen. Sự phát hiện vừa mô tả ở trên cho thấy rằng diện tích của chân trời sự cố sẽ tăng bất cứ khi nào có một lượng vật chất rơi vào lỗ đen. Một nghiên cứu sinh ở Princeton tên là Jacod Bekenstein đã đưa ra giả thuyết

rằng diện tích của chân trời sự cố chính là thước đo entropy của lỗ đen. Khi vật chất mang entropy rơi vào lỗ đen, diện tích của chân trời sự cố tăng, nên tổng entropy của vật chất ngoài lỗ đen và diện tích chân trời sự cố sẽ không khi nào giảm.

Giả thuyết này dường như đã tránh cho định luật thứ hai nhiệt động học không bị vi phạm trong hầu hết mọi tình huống. Tuy nhiên, vẫn còn một khe hở tai hại. Nếu lỗ đen có entropy thì nó cũng sẽ phải có nhiệt độ. Nhưng một vật có nhiệt độ thì sẽ phải phát xạ với tốc độ nào đó. Kinh nghiệm hàng ngày cũng cho thấy rằng nếu người ta nung nóng một que cời trong lửa thì nó sẽ nóng đỏ và bức xạ, nhưng những vật ở nhiệt độ thấp cũng bức xạ, chỉ có điều lượng bức xạ khá nhỏ nên người ta thường không nhìn thấy mà thôi. Bức xạ này đòi hỏi phải có để tránh cho định luật thứ hai khỏi bị vi phạm. Như vậy, các lỗ đen cũng cần phải bức xạ. Nhưng theo chính định nghĩa của nó thì lỗ đen là vật được xem là không phát ra gì hết. Và do đó, dường như diện tích của chân trời sự cố không thể xem như entropy của lỗ đen. Năm 1972 cùng với Bradon Carte và một đồng nghiệp Mỹ Jim Bardeen, tôi đã viết một bài báo trong đó chỉ ra rằng mặc dù có nhiều điểm tương tự giữa diện tích của chân trời sự cố và entropy nhưng vẫn còn khó khăn đầy tai hại đó. Tôi cũng phải thú nhận rằng khi viết bài báo đó tôi đã bị thúc đẩy một phần bởi sự bực tức đối với Bekenstein, người mà tôi cảm thấy đã lạm dụng phát hiện của tôi về diện tích của chân trời sự cố. Tuy nhiên, cuối cùng hóa ra anh ta về căn bản lại là đúng, mặc dù ở một mức độ mà chính anh ta cũng không ngờ.

Tháng 9 năm 1973, trong thời gian đến thăm Matxcơva, tôi đã thảo luận về các lỗ đen với hai chuyên gia hàng đầu của Liên Xô là Yakov Zedovich và Alexander Starobinsky. Họ khẳng định với tôi rằng theo

nguyên lý bất động của cơ học lượng tử thì các lỗ đen quay cần phải sinh và phát ra các hạt. Tôi tin cơ sở vật lý trong lý lẽ của họ, nhưng tôi không thích phương pháp toán học mà họ sử dụng để tính toán sự phát xạ hạt. Do đó, tôi đã bắt tay vào tìm tòi một cách xử lý toán học tốt hơn mà tôi đã trình bày tại seminar thông báo ở Oxford vào cuối tháng 11 năm 1973. Vào thời gian đó, tôi còn chưa tiến hành tính toán để tìm ra sự phát xạ là bao nhiêu. Tôi chờ đợi người ta sẽ phát hiện được chính bức xạ từ các lỗ đen quay mà Zedovich và Starobinsky đã tiên đoán. Tuy nhiên, khi tính song tôi vô cùng ngạc nhiên và băn khoăn thấy rằng thậm chí cả các lỗ đen không quay dường như cũng sinh và phát ra các hạt với tốc độ đều. Thoạt tiên, tôi nghĩ rằng đó là dấu hiệu cho biết một trong những phép gần đúng mà tôi sử dụng là không thỏa đáng. Tôi ngại rằng nếu Bekenstein phát hiện ra điều đó, anh ta sẽ dùng nó như một lý lẽ nữa để củng cố ý tưởng của anh ta về entropy của các lỗ đen, điều mà tôi vẫn còn không thích. Tuy nhiên, càng suy nghĩ tôi càng thấy những phép gần đúng đó thực sự là đúng đắn. Nhưng điều đã thuyết phục hẳn được tôi rằng sự phát xạ là có thực là: phổ của các hạt bức xạ giống hệt như phổ phát xạ của vật nóng, và các lỗ đen phát ra các hạt với tốc độ chính xác để không vi phạm định luật thứ hai. Sau đó, những tính toán đã được lặp đi lặp lại dưới nhiều dạng khác nhau và bởi những người khác. Tất cả họ đều khẳng định rằng lỗ đen cần phải phát ra các hạt và bức xạ hệt như nó là một vật nóng với nhiệt độ chỉ phụ thuộc vào khối lượng của nó: khối lượng càng lớn thì nhiệt độ càng thấp.

Nhưng làm sao các lỗ đen lại có thể phát ra các hạt trong khi chúng ta biết được rằng không có vật gì từ phía trong có thể thoát ra khỏi chân trời sự cố? Câu trả lời mà cơ học lượng tử nói với chúng ta là:

các hạt không phát ra từ bên trong lỗ đen mà là từ không gian “trống rỗng” ở ngay bên ngoài chân trời sự cố của lỗ đen! Chúng ta có thể hiểu điều này như sau: cái mà chúng ta quen nghĩ là không gian “trống rỗng” lại không thể hoàn toàn là trống rỗng, bởi vì điều đó có nghĩa là tất cả các trường như trường hấp dẫn và trường điện từ sẽ cần phải chính xác bằng 0. Tuy nhiên, giá trị của trường và tốc độ thay đổi của nó theo thời gian cũng giống như vị trí và vận tốc của hạt: nguyên lý bất định buộc rằng nếu người ta biết một trong hai đại lượng đó càng chính xác thì có thể biết về đại lượng kia càng kém chính xác! Vì vậy trong không gian trống rỗng, trường không cố định ở giá trị chính xác bằng 0, bởi vì nếu trái lại thì trường sẽ có cả giá trị chính xác (bằng 0) và tốc độ thay đổi cũng trị chính xác (bằng 0). Cần phải có một lượng bất định tối thiểu nào đó, hay người ta nói rằng, có những thăng giáng lượng tử trong giá trị của trường. Người ta có thể xem những thăng giáng đó như một cặp hạt ánh sáng hoặc hấp dẫn cùng xuất hiện ở một thời điểm nào đó, đi ra xa nhau rồi lại gặp lại và hủy nhau. Những hạt này là những hạt ảo giống như các hạt mang lực hấp dẫn của mặt trời: không giống các hạt thực, chúng không thể quan sát được một cách trực tiếp bằng máy dò hạt. Tuy nhiên, những hiệu ứng gián tiếp của chúng, chẳng hạn những thay đổi nhỏ về năng lượng của các quỹ đạo electron trong nguyên tử, đều có thể đo được và phù hợp với những tính toán lý thuyết với một mức độ chính xác rất cao. Nguyên lý bất định cũng tiên đoán rằng, có cả những cặp hạt vật chất như electron hoặc quark là ảo. Tuy nhiên, trong trường hợp này một thành viên của cặp là hạt, còn thành viên kia là phản hạt (các phản hạt của ánh sáng và hấp dẫn giống hệt như hạt).

Vì năng lượng không thể sinh ra từ hư vô, nên một trong các thành

viên của cặp hạt/phản hạt sẽ có năng lượng dương và thành viên kia sẽ có năng lượng âm. Thành viên có năng lượng âm buộc phải là hạt ảo có thời gian sống ngắn, vì các hạt thực luôn luôn có năng lượng dương trong các tình huống thông thường. Do đó hạt ảo này phải đi tìm thành viên cùng cặp để hủy cùng với nó. Tuy nhiên, một hạt thực ở gần một vật nặng sẽ có năng lượng nhỏ hơn so với khi nó ở xa, bởi vì khi đưa nó ra xa cần phải tốn năng lượng để chống lại lực hút hấp dẫn của vật đó. Thường thường, năng lượng của hạt vẫn còn là dương, nhưng trường hợp hấp dẫn trong lỗ đen mạnh tới mức thậm chí một hạt thực ở đó cũng có năng lượng âm. Do đó, khi có mặt lỗ đen, hạt ảo với năng lượng âm khi rơi vào lỗ đen cũng có thể trở thành hạt thực hoặc phản hạt thực. Trong trường hợp đó, nó không còn cần phải hủy với bạn cùng cặp của nó nữa. Người bạn bị

bỏ rơi này cũng có thể rơi vào lỗ đen, hoặc khi có năng lượng dương, nó cũng có thể thoát ra ngoài vùng lân cận của lỗ đen như một hạt thực hoặc phản hạt thực (hình 7.4). Đối với người quan sát ở xa thì dường như nó được phát ra từ lỗ đen. Lỗ đen càng nhỏ thì khoảng cách mà hạt có năng lượng âm cần phải đi trước khi trở thành hạt thực sẽ càng ngắn và vì vậy tốc độ phát xạ và nhiệt độ biểu kiến của lỗ đen càng lớn.

Năng lượng dương của bức xạ đi ra sẽ được cân bằng bởi dòng hạt năng lượng âm đi vào lỗ đen. Theo phương trình Einstein E = mc2 (ở đây E là năng lượng, m là khối lượng và c là vận tốc độ sáng), năng lượng tỷ lệ với khối lượng. Do đó, dòng năng lượng âm đi vào lỗ đen sẽ giảm giảm khối lượng của nó. Vì lỗ đen mất khối lượng nên diện tích chân trời sự cố sẽ nhỏ đi, nhưng sự giảm đó của entropy được bù lại còn nhiều hơn bởi entropy của bức xạ phát ra, vì vậy định luật thứ hai sẽ không khi nào bị vi phạm.

Hơn nữa, khối lượng của lỗ đen càng nhỏ thì nhiệt độ của nó càng cao. Như vậy, vì lỗ đen mất khối lượng nên nhiệt độ và tốc độ bức xạ của nó tăng, dẫn tới nó mất khối lượng còn nhanh hơn nữa. Điều gì sẽ xảy ra khi khối lượng của lỗ đen cuối cùng cũng trở nên cực kỳ nhỏ hiện vẫn còn chưa rõ, nhưng sẽ rất có lý khi chúng ta phỏng đoán rằng nó sẽ hoàn toàn biến mất trong sự bùng nổ bức xạ khổng lồ cuối cùng, tương đương với sự bùng nổ của hàng triệu quả bom H.

Lỗ đen có khối lượng lớn hơn khối lượng của mặt trời một ít lần sẽ có nhiệt độ chỉ khoảng một phần mười triệu độ trên không độ tuyệt đối. Nó nhỏ hơn nhiều so với nhiệt độ của các bức xạ sóng cực ngắn choán đầy vũ trụ (khoảng 2,7 K), vì thế những lỗ đen này phát xạ thậm chí còn ít hơn hấp thụ. Nếu vũ trụ được an bài là sẽ giãn nở mãi mãi, thì nhiệt độ của các bức xạ sóng cực ngắn cuối cùng sẽ giảm tới mức nhỏ hơn nhiệt độ của lỗ đen và lỗ đen khi đó sẽ bắt đầu mất khối lượng. Nhưng ngay cả khi đó thì nhiệt độ của nó vẫn thấp đến mức cần khoảng 1 triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu (1 với sáu mươi sáu số không đứng sau) năm để lỗ đen bay hơi hoàn toàn. Con số đó lớn hơn nhiều tuổi của vũ trụ bằng 1 hoặc 2 và 10 con số không đứng sau (tức khoảng 10 hoặc 20 ngàn triệu năm).

Mặt khác như đã nói ở Chương 6 có thể những lỗ đen nguyên thủy được tạo thành bởi sự co lại của những bất thường trong giai đoạn rất sớm của vũ trụ. Những lỗ đen nguyên thủy với khối lượng ban đầu cỡ ngàn triệu tấn sẽ có thời gian sống xấp xỉ tuổi của vũ trụ. Những lỗ đen nguyên thủy với khối lượng nhỏ hơn con số đó chắc là đã bốc hơi hoàn toàn, nhưng những lỗ đen với khối lượng hơi lớn hơn sẽ vẫn còn đang tiếp tục phát xạ dưới dạng tia X hoặc tia

gamma. Các tia X và tia gamma này giống như ánh sáng chỉ có điều bước sóng của chúng ngắn hơn nhiều. Những lỗ như thế khó mà gán cho cái nhãn là đen: chúng thực sự nóng trắng và phát năng lượng với tốc độ khoảng mười ngàn mega oat.

Một lỗ đen như vậy có thể cung cấp đủ năng lượng cho mười nhà máy điện lớn, nếu chúng ta biết cách khai thác nó. Tuy nhiên việc này chẳng phải dễ dàng gì: lỗ đen đó có khối lượng bằng cả một quả núi bị nén lại tới kích thước nhỏ hơn một phần triệu triệu của inch, nghĩa là cỡ kích thước của hạt nhân nguyên tử! Nếu bạn có một lỗ đen như thế trên mặt đất, bạn sẽ không có cách nào giữ cho nó khỏi rơi xuyên qua sàn nhà xuống tới tâm trái đất. Nó sẽ dao động xuyên qua trái đất cho tới khi cuối cùng đậu lại ở tâm. Như vậy chỗ duy nhất đặt được một lỗ đen như vậy để có thể khai thác năng lượng do nó bức xạ ra là ở trên một quỹ đạo quay xung quanh trái đất và cách duy nhất có thể đưa nó lên quỹ đạo ấy là hút nó tới đó bằng cách kéo một khối lượng lớn phía trước nó hệt như dùng củ cà rốt nhử con lừa. Điều này xem ra không phải là một đề nghị thực tế lắm, ít nhất cũng là trong tương lai gần.

Nhưng thậm chí nếu chúng ta không thể khai thác được sự phát xạ từ các lỗ đen nguyên thủy thì liệu chúng ta có cơ may quan sát được chúng không? Chúng ta có thể tìm kiếm các tia gamma mà các lỗ đen nguyên thủy phát ra trong hầu hết thời gian sống của chúng. Mặc dù phát xạ từ phần lớn các lỗ đen đều mờ nhạt vì chúng ở quá xa, nhưng tổng số của chúng thì có thể phát hiện được. Chúng ta hãy quan sát kỹ một nền tia gamma như

vậy: Hình 7.5 cho thấy cường độ quan sát được khác nhau ở những tần số khác nhau. Tuy nhiên, nền tia gamma này có thể và chắc là được sinh ra bởi những quá trình khác hơn là bởi các lỗ đen

nguyên thủy. Đường chấm chấm trên Hình 7.5 cho thấy cường độ phải biến thiên thế nào theo tần số đối với các tia gamma do lỗ đen nguyên thủy gây ra nếu trung bình có 300 lỗ đen như thế trong một năm - ánh sáng khối. Do đó người ta có thể nói rằng những quan sát nền tia gamma không cho một bằng chứng khẳng định nào về các lỗ đen nguyên thủy, nhưng chúng cho chúng ta biết trong vũ trụ về trung bình không thể có hơn 300 lỗ đen như thế trong một năm - ánh sáng khối. Giới hạn đó có nghĩa là các lỗ đen nguyên thủy có thể tạo nên nhiều nhất là một phần triệu số vật chất của vũ trụ.

Với các lỗ đen nguyên thủy phân bố thưa thớt như vậy khó mà có khả năng một lỗ đen như thế ở đủ gần chúng ta để có thể quan sát nó như một nguồn tia gamma riêng rẽ. Nhưng vì lực hấp dẫn sẽ kéo lỗ đen nguyên thủy tới gần vật chất nên chúng sẽ thường gặp nhiều hơn ở trong hay gần các thiên hà. Như vậy, mặc dù nền tia gamma cho chúng ta biết rằng trung bình không thể có hơn 300 lỗ đen như thế trong một năm - ánh sáng khối nhưng nó lại chẳng cho chúng ta biết gì về tần suất gặp chúng trong thiên hà của chúng ta. Chẳng hạn nếu như chúng một triệu lần thường gặp hơn con số trung bình thì lỗ đen gần chúng ta nhất chắc cũng phải cách chúng ta chừng một ngàn triệu km, tức là xa như sao Diêm vương, hành tinh xa nhất mà chúng ta biết. Ở khoảng cách đó vẫn còn rất khó phát hiện bức xạ đều của một lỗ đen ngay cả khi nó là mười ngàn mega oát. Để quan sát được một lỗ đen nguyên thủy người ta phải phát hiện được một vài lượng tử gamma tới từ chính hướng đó trong một khoảng thời gian hợp lý, chẳng hạn như một tuần lễ. Nếu không, chúng chỉ là một phần của phông. Nhưng nguyên lý lượng tử của Planck cho chúng ta biết rằng mỗi một lượng tử gamma có năng lượng rất cao, vì tia gamma có tần số rất cao, nếu thậm chí nó có phát xạ với công

suất 10 ngàn mega oát thì cũng không phải có nhiều lượng tử. Và để quan sát được một số lượng tử, lại tới từ khoảng cách rất xa như sao Diêm vương, đòi hỏi phải có một máy dò lớn hơn bất cứ máy dò nào đã được chế tạo cho tới nay. Hơn nữa máy dò này lại phải đặt trong không gian vũ trụ vì các tia gamma không thể thâm nhập qua bầu khí quyển.

Tất nhiên nếu một lỗ đen ở cách xa như sao Diêm vương đã đến ngày tận số và bùng nổ thì sẽ dễ dàng phát hiện được sự bùng nổ bức xạ của nó. Nhưng nếu lỗ đen đó liên tục bức xạ trong khoảng 10 hoặc 20 ngàn triệu năm trở lại đây thì xác suất để nó tận số trong vòng ít năm tới thực sự là rất nhỏ! Vì vậy, để có một cơ may hợp lý nhìn thấy vụ nổ của lỗ đen trước khi tiền trợ cấp nghiên cứu của bạn tiêu hết thì bạn phải tìm cách phát hiện những vụ nổ ở trong khoảng cách một năm ánh sáng. Bạn vẫn phải giải quyết vấn đề có một máy dò tia gamma lớn có thể phát hiện được một vài lượng tử gamma tới từ vụ nổ đó. Tuy nhiên, trong trường hợp này sẽ không cần phải xác định rằng tất cả các lượng tử tới cùng một hướng: chỉ cần quan sát thấy tất cả chúng đều tới trong một khoảng thời gian ngắn là có thể tin được rằng chúng tới từ cùng một vụ bùng nổ.

Một máy dò tia gamma có khả năng phát hiện ra các lỗ đen nguyên thủy chính là toàn bộ bầu khí quyển của trái đất. (Trong mọi trường hợp chúng ta không thể chế tạo được một máy dò lớn hơn). Khi một lượng tử gamma năng lượng cao đập vào các nguyên tử trong khí quyển, nó sẽ tạo ra cặp electron và positron (tức là phản - electron). Khi các hạt này đập vào các nguyên tử khác, đến lượt mình, chúng sẽ tạo ra các cặp electron và positron nữa, và như vậy người ta sẽ thu được cái gọi là mưa electron. Kết quả là một dạng ánh sáng có tên là bức xạ Cherenkov. Do đó, người ta có thể phát hiện ra sự

bùng nổ tia gamma bằng cách tìm các chớp sáng trong bầu trời đêm. Tất nhiên có nhiều hiện tương khác như chớp hoặc sự phản xạ ánh sáng từ các vệ tinh rơi xuống hoặc các mảnh vỡ trên quỹ đạo cũng có thể tạo ra các chớp sáng trên bầu trời. Người ta có thể phân biệt sự bùng nổ tia gamma với các hiện tượng đó bằng cách quan sát các chớp sáng đồng thời ở hai hoặc nhiều vị trí ở cách rất xa nhau. Một thí nghiệm như thế đã được hai nhà khoa học ở Dublin là Neil Porter và Trevor Wecks thực hiện khi dùng các kính thiên văn ở Arizona. Họ đã tìm thấy nhiều chớp sáng nhưng không có cái nào có thể gán một cách chắc chắn cho sự bùng nổ tia gamma từ các lỗ đen nguyên thủy.

Ngay cả khi nếu việc tìm kiếm các lỗ đen nguyên thủy không có kết quả, vì điều này vẫn có thể xảy ra, thì nó vẫn cho chúng ta những thông tin quan trọng về những giai đoạn rất sớm của vũ trụ. Nếu vũ trụ ở giai đoạn rất sớm là hỗn loạn và bất thường hoặc nếu áp suất vật chất là thấp thì người ta có thể nghĩ rằng nó đã tạo ra nhiều lỗ đen nguyên thủy hơn là giới hạn đã được xác lập dựa trên những quan sát về phông tia gamma. Chỉ nếu ở giai đoạn rất sớm, vũ trụ là rất trơn tru và đều đặn với áp suất cao thì người ta mới có thể giải thích được tại sao lại không có nhiều lỗ đen nguyên thủy.

Ý tưởng về bức xạ phát từ các lỗ đen là một ví dụ đầu tiên về sự tiên đoán phụ thuộc một cách căn bản vào cả hai lý thuyết lớn của thế kỷ chúng ta: thuyết tương đối rộng và cơ học lượng tử. Nó đã gặp nhiều ý kiến phản đối lúc đầu vì nó đảo lộn quan điểm hiện thời "làm sao lỗ đen lại phát ra cái gì đó?". Khi lần đầu tiên tôi công bố các kết quả tính toán của tôi tại một hội nghị ở Phòng thì nghiệm Rurtherford - Appleton gần Oxford, tôi đã được chào đón bằng sự hoài nghi của hầu hết mọi người. Vào lúc kết thúc bản báo cáo của

tôi, vị chủ tọa phiên họp, ông John Taylor của trường Kings College, London đã đứng dậy tuyên bố rằng tất cả những thứ đó là vô nghĩa. Thậm chí ông còn viết một bài báo về vấn đề này. Tuy nhiên, rồi cuối cùng, hầu hết mọi người, kể cả ông John Taylo cũng đã đi đến kết luận rằng các lỗ đen cần phải phát bức xạ như các vật nóng, nếu những quan niệm khác của chúng ta về thuyết tương đối rộng và cơ học lượng tử là đúng đắn. Như vậy, mặc dù ngay cả khi chúng ta còn chưa tìm thấy một lỗ đen nguyên thủy nào vẫn có một sự khá nhất trí cho rằng nếu chúng ta phát hiện ra lỗ đen đó thì nó sẽ phải phát ra một lượng lớn tia X và tia gamma.

Sự tồn tại của bức xạ phát ra từ lỗ đen cũng còn ngụ ý rằng sự co lại do hấp dẫn không phải là chấm hết và không thể đảo ngược được như một thời chúng ta đã nghĩ. Nếu một nhà du hành rơi vào một lỗ đen thì khối lượng của nó sẽ tăng, nhưng cuối cùng năng lượng tương đương với khối lượng gia tăng đó sẽ được trả lại cho vũ trụ dưới dạng bức xạ. Như vậy theo một ý nghĩa nào đó nhà du hành vũ trụ của chúng ta đã được luân hồi. Tuy nhiên, đó là một số phận bất tử đáng thương, và quan niệm cá nhân về thời gian của nhà du hành chắc cũng sẽ chấm hết khi anh ta bị xé ra từng mảnh trong lỗ đen! Ngay cả các loại hạt cuối cùng được phát ra từ lỗ đen nói chung cũng sẽ khác với những hạt đã tạo nên nhà du hành: đặc điểm duy nhất còn lại của anh ta chỉ là khối lượng và năng lượng.

Những phép gần đúng mà tôi sử dụng để tính ra sự phát xạ từ lỗ đen vẫn còn hiệu lực tốt khi lỗ đen có khối lượng chỉ lớn hơn một phần của gam. Tuy nhiên chúng sẽ không còn dùng được nữa ở điểm cuối đời của lỗ đen, khi mà khối lượng của nó trở nên cực nhỏ. Kết cục có nhiều khả năng nhất là lỗ đen sẽ biến mất, ít nhất là khỏi vùng vũ trụ của chúng ta mang theo cả nhà du hành và kỳ dị có thể

có ở bên trong nó. Đây là chỉ dẫn đầu tiên cho thấy cơ học lượng tử có thể khử các kỳ dị đã được tiên đoán bởi thuyết tương đối rộng. Tuy nhiên các phương pháp mà tôi và những người khác sử dụng vào năm 1974 chưa thể trả lời được cho những câu hỏi, ví dụ như liệu những kỳ dị đó có xuất hiện trong lý thuyết lượng tử hấp dẫn hay không? Do đó từ năm 1975 trở đi tôi đã bắt đầu phát triển một cách tiếp cận mạnh hơn đối với hấp dẫn lượng tử dựa trên ý tưởng của Richard Feynman về phép lấy tổng theo những lịch sử. Câu trả lời mà cách tiếp cận này đưa ra cho nguồn gốc và số phận của vũ trụ và những thứ chứa bên trong nó, chẳng hạn như nhà du hành, sẽ được mô tả ở hai chương sau. Chúng ta sẽ thấy rằng mặc dù nguyên lý bất định đặt những hạn chế về độ chính xác cho tất cả các tiên đoán của chúng ta, nhưng đồng thời nó lại loại bỏ được tính không thể tiên đoán - một tính chất rất cơ bản xảy ra ở điểm kỳ dị của không - thời gian.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 8

Nguồn gốc và số phận của vũ trụ

Lý thuyết tương đối rộng của Einstein, tiên đoán rằng không gian, thời gian bắt đầu từ kỳ dị của vụ nổ lớn, sẽ kết thúc hoặc tại một kỳ dị cuối cùng (trường hợp toàn vũ trụ co lại) hoặc tại một kỳ dị nằm bên trong một lỗ đen (trường hợp một vùng định xứ, ví dụ một sao co lại). Mọi vật chất rơi vào lỗ đen, sẽ bị phá hủy tại điểm kỳ dị, chỉ còn lại hiệu ứng hấp dẫn của khối lượng là còn được cảm nhận từ phía bên ngoài. Mặt khác, khi các hiệu ứng lượng tử được tính đến thì dường như khối lượng và năng lượng của vật chất cuối cùng sẽ trở về với phần còn lại của vũ trụ, và lỗ đen cùng với mọi kỳ dị bên trong sẽ bay hơi và biến mất. Liệu cơ học lượng tử có gây một hiệu ứng bi kịch như thế đối với vụ nổ lớn và kỳ dị chung cuộc hay không? Điều gì thực tế đã và sẽ xảy ra vào các giai đoạn rất sớm và muộn hơn của vũ trụ, khi các trường hợp hấp dẫn mạnh đến mức mà các hiệu ứng lượng tử không thể nào bỏ qua được? Thực tế vũ trụ có một điểm bắt đầu và một điểm kết thúc hay không? Và nếu có, thì phải hình dung chúng ra sao?

Trong suốt những năm 70 tôi đã tập trung nghiên cứu các lỗ đen, nhưng vào năm 1981, tôi lại lưu tâm đến các vấn đề xung quanh nguồn gốc và số phận của vũ trụ khi tôi tham gia một hội thảo về vũ trụ học tổ chức bởi các tu sĩ dòng Jesuit tại Vatican. Nhà thờ Thiên chúa giáo đã phạm một sai lầm đối với Galileo khi họ phủ định một định luật khoa học vì tuyên bố rằng mặt trời phải quay quanh quả

đất. Bây giờ sau nhiều thế kỷ, họ đã quyết định mời nhiều nhà khoa học làm cố vấn về vũ trụ học. Cuối hội nghị các nhà khoa học đã được tiếp kiến Giáo hoàng. Ông nói rằng nghiên cứu sự tiến triển của vũ trụ sau vụ nổ lớn là đúng song Nhà thờ không tìm hiểu về bản thân vụ nổ lớn vì đó là thời điểm của Sáng tạo, nên thuộc công việc của Chúa. Tôi rất vui mừng vì đức Giáo hoàng không biết đến bài phát biểu của tôi tại hội thảo: khả năng không - thời gian là hữu hạn song không có biên, điều đó có nghĩa là không có cái ban đầu, không có thời điểm của Sáng tạo. Tôi không có ý muốn chịu cùng số phận của Galileo, người mà tôi có một cảm giác mạnh mẽ về sự đồng nhất với tôi, một phần vì sự trùng hợp giữa ngày sinh của tôi đúng tròn 300 năm sau ngày chết của ông.

Để giải thích các ý tưởng của tôi và những người khác về điều cơ học lượng tử có thể tác động lên nguồn gốc và số phận của vũ trụ, trước hết cần phải hiểu về lịch sử của vũ trụ theo quan điểm được nhiều người chấp nhận, dựa trên mô hình được biết dưới "mô hình nóng của vụ nổ lớn". Mô hình này giả định rằng vũ trụ được miêu tả bởi một mô hình Friedmann, ngược theo thời gian mãi tận lúc có vụ nổ lớn. Trong những mô hình như vậy người ta thấy rằng lúc vũ trụ nở, mọi vật chất và bức xạ sẽ lạnh dần. (Khi vũ trụ đạt kích thước gấp đôi thì nhiệt độ của vũ trụ giảm xuống một nửa). Vì nhiệt độ là số đo năng lượng trung bình - hay vận tốc - của các hạt, quá trình lạnh dần này sẽ gây một hiệu ứng lớn đối với vật chất trong vũ trụ. Ở nhiệt độ rất cao, các hạt chuyển động nhanh đến mức có thể thoát ra khỏi mọi trường hút giữa chúng với nhau do lực hạt nhân, hoặc điện tử tạo nên, song khi chúng trở nên lạnh thì chúng hút nhau và kết dính với nhau.

Ngoài ra, các loại hạt tồn tại trong vũ trụ cũng phụ thuộc vào nhiệt

độ. Ở nhiệt độ đủ cao, các hạt có năng lượng lớn và khi chạm nhau, nhiều cặp hạt/phản hạt có thể sinh ra và mặc dù nhiều hạt sau khi sinh ra có thể bị hủy lúc chạm các phản hạt, chúng vẫn được sinh ra nhanh hơn bị hủy đi. Ở nhiệt độ thấp hơn, khi các hạt va chạm nhau có năng lượng nhỏ hơn, các cặp hạt/phản hạt sinh ra với tốc độ chậm hơn và như vậy quá trình hủy của chúng nhanh hơn quá trình sinh.

Tại vụ nổ lớn, kích thước của vũ trụ được xem như là bằng không, vì vậy nhiệt độ là vô cùng lớn. Song trong quá trình giãn nở, nhiệt độ của bức xạ sẽ giảm xuống. Một giây sau vụ nổ lớn, nhiệt độ đã giảm xuống còn khoảng 10 ngàn triệu độ. Nhiệt độ này cỡ ngàn lần nhiệt độ ở tâm mặt trời và cỡ nhiệt độ đạt được lúc bom H (tức bom khinh khí) nổ. Vào thời điểm đó vũ trụ chứa phần lớn là các photon, electron và neutron (là những hạt nhẹ chỉ tham gia tương tác yếu và hấp dẫn) và các phản hạt của chúng, cùng với một số proton và neutron.

Lúc vũ trụ tiếp tục giãn nở và nhiệt độ hạ xuống thì các cặp electron/phản - electron sinh ra chậm hơn là bị hủy. Vì thế phần lớn các electron và phản - electron hủy với nhau để tạo thành nhiều photon và để sót lại một số electron. Song các hạt neutrino và phản - neutrino ít hủy nhau vì các hạt này tương tác với nhau và với các hạt khác rất yếu. Cho nên hiện nay chúng còn tồn tại trong vũ trụ. Nếu ta có thể quan sát được chúng thì ta có một bằng chứng chắc chắn về bức tranh của giai đoạn nóng đầu tiên của vũ trụ. Tiếc thay, năng lượng của chúng ngày nay quá nhỏ để ta có thể quan sát được chúng một cách trực tiếp. Nhưng nếu neutrino có một khối lượng nhỏ, theo kết quả một thí nghiệm chưa được kiểm nghiệm lại do những người Nga thực hiện năm 1981, thì ta có thể ghi đo được

chúng một cách gián tiếp: chúng phải tạo thành một “vật chất tối”, như đã nói trước đây, vật chất sẽ sinh ra một lực hấp dẫn đủ để hãm đứng sự giãn nở của vũ trụ và buộc vũ trụ co trở lại.

Khoảng một trăm giây sau vụ nổ lớn, nhiệt độ xuống còn một ngàn triệu độ, bằng nhiệt độ trong các sao nóng nhất. Ở nhiệt độ đó proton và neutron không còn đủ năng lượng để thoát khỏi sức hút của lực hạt nhân và kết hợp với nhau để tạo thành hạt nhân của nguyên tử đơteri (hydro nặng), gồm một proton và một neutron. Các hạt nhân của đơteri lại kết hợp thêm với các proton và neutron để tạo thành hạt nhân heli, gồm hai proton và hai neutron và một số hạt nhân nặng hơn là liti và berili. Người ta có thể tính ra rằng trong mô hình nóng của vụ nổ lớn, khoảng một phần tư các proton và neutron biến thành hạt nhân heli, cùng một số nhỏ hydro nặng và các hạt nhân khác. Số neutron còn lại phân hủy thành proton vốn là hạt nhân của nguyên tử hydro.

Bức tranh về giai đoạn nóng trước đây của vũ trụ lần đầu tiên được phác họa bởi George Gamow trong công trình nổi tiếng năm 1948, thực hiện chung với một sinh viên của ông là Ralph Alpher. Gamow là một người giàu tính hóm hỉnh, ông thuyết phục nhà vật lý hạt nhân Hans Bethe điền thêm tên vào công trình với ý muốn làm cho danh sách tác giả Alpher, Bethe, Gamow đọc lên nghe gần như âm của ba chữ cái đầu tiên của bảng vần Hy Lạp là alpha, beta, gamma: thật là thích hợp cho một công trình nói về giai đoạn đầu của vũ trụ! Trong công trình này, các tác giả tiên đoán một cách đặc sắc rằng bức xạ (dưới dạng các photon) từ những giai đoạn nóng tiền sử của vũ trụ sẽ tàn dư lại trong giai đoạn hiện nay, song với nhiệt độ hạ xuống chỉ còn vài độ trên không độ tuyệt đối (- 273 độ C). Bức xạ này đã được Penzias và Wilson phát hiện năm 1965.

Vào thời gian khi Alpher, Bethe, Gamow viết công trình trên, người ta chưa biết nhiều về các phản ứng hạt nhân giữa proton và neutron. Các tính toán dự báo về tỉ số các nguyên tố trong tiền sử của vũ trụ vì lẽ trên không được chính xác lắm, song những tính toán đó đã được thực hiện lại trên cơ sở những kiến thức hiện đại và cho những kết quả trùng hợp tốt với các quan trắc thực nghiệm. Khó mà cắt nghĩa theo một cách nào khác vì sao trong vũ trụ nhiều heli như vậy. Do đó chúng ta có thể tin tưởng rằng chúng ta có một bức tranh đúng đắn, ít nhất ngược lại theo thời gian đến thời điểm khoảng 1 giây sau vụ nổ lớn.

Trong vòng một vài giờ sau vụ nổ lớn, sự sinh ra heli và các nguyên tố khác dừng lại. Sau đó trong vòng triệu năm tiếp theo, vũ trụ tiếp tục giãn nở và không có điều gì đặc biệt xảy ra. Cuối cùng lúc nhiệt độ hạ xuống còn khoảng vài ngàn độ, và electron cùng các hạt nhân không còn đủ năng lượng thoát khỏi lực hút điện từ giữa chúng, thì chúng kết hợp với nhau tạo thành các nguyên tử. Vũ trụ trong Hoàn cục tiếp tục giãn nở và lạnh dần, song trong các vùng mà mật độ cao hơn trung bình, quá trình giãn nở có chậm hơn do lực hấp dẫn ở đấy lớn hơn. Điều này có thể dẫn đến sự dừng hẳn quá trình giãn nở của một số vùng nào đó và bắt đầu quá trình co lại. Khi các vùng này co lại, lực hút hấp dẫn của vật chất chung quanh bên ngoài sẽ làm cho các vùng đó bắt đầu quay. Vì các vùng này tiếp tục co nhỏ lại nên chúng quay nhanh hơn, hoàn toàn tương tự như vận động viên trượt băng đang quay trên băng sẽ quay nhanh hơn khi họ co tay sát sơ thể. Cuối cùng khi vùng đang xét trở nên đủ nhỏ, thì nó quay nhanh hơn đủ cân bằng với lực hấp dẫn và những thiên hà quay dạng hình đĩa được hình thành theo cách đó. Các vùng khác, nếu không thu được một chuyển động quay thì sẽ có dạng hình bầu

dục và sẽ được gọi là những thiên hà elliptic. Các thiên hà này sẽ dừng co lại vì nhiều bộ phận riêng lẻ của chúng sẽ chuyển động trên những quỹ đạo ổn định quanh tâm thiên hà, song về toàn cục thì thiên hà không có chuyển động quay.

Cùng với thời gian, các khối khí hydro và heli trong các thiên hà sẽ phân rã thành các đám khí nhỏ hơn và những đám khí này sẽ co lại dưới sức hấp dẫn của chúng. Khi chúng co lại thì các nguyên tử ở trong sẽ va chạm nhau và nhiệt độ của khí sẽ tăng lên, có thể đến mức đủ cao để xảy ra phản ứng nhiệt hạch. Lúc này hydro kết thành heli, nhiệt lượng thoát ra làm tăng áp suất và các đám mây không co lại thêm nữa. Chúng ổn định trong trạng thái đó rất lâu như các sao giống mặt trời, đốt cháy hydro thành heli và bức xạ phát sinh dưới dạng nhiệt và ánh sáng. Những sao có khối lượng lớn hơn cần có nhiệt độ cao hơn để cân bằng lực hút hấp dẫn lớn hơn của chúng, và các phản ứng nhiệt hạch xảy ra nhanh hơn, cho nên chúng sẽ tiêu hủy hydro trong vòng chừng một trăm triệu năm. Chúng sẽ co lại, nóng lên và bắt đầu biến heli thành những nguyên tố nặng hơn như cacbon hoặc oxy. Song chúng không để thoát nhiều năng lượng hơn, vì vậy một trạng thái tới hạn sẽ xảy ra như đã miêu tả ở chương nói về các lỗ đen.

Điều gì sẽ xảy ra sau đó không hoàn toàn rõ lắm song hình như các vùng ở tâm sao sẽ co lại đến một trạng thái mật độ cao như một sao neutron hoặc lỗ đen. Các vùng bên ngoài đôi khi có thể bị bắn ra trong một vụ nổ gọi là vụ nổ siêu sao, phát ra ánh sáng mạnh hơn mọi sao khác trong thiên hà. Một số nguyên tố nặng hình thành ở cuối đời một sao sẽ bị bắn trở lại vào đám khí của thiên hà và sẽ là nguyên liệu cho thế hệ tiếp theo của các sao. Mặt trời của chúng ta chứa khoảng 2% các nguyên tố nặng đó vì thuộc thế hệ sao thứ hai

hoặc thứ ba, hình thành chừng năm ngàn triệu năm về trước từ một đám mây quay chứa các mảnh vụn của các siêu sao thế hệ trước. Phần lớn khí trong các đám mây đó sẽ cấu thành mặt trời hoặc bị bắn xa, còn một khối lượng nhỏ các nguyên tố nặng sẽ kết với nhau thành các thiên thể hiện đang chuyển động trên các quỹ đạo quanh mặt trời như trái đất.

Lúc ban đầu quả đất rất nóng và không có khí quyển. Theo thời gian quả đất lạnh dần và có được bầu khí quyển hình thành nhờ sự khuếch tán các chất khí từ khoáng chất. Bầu khí quyển trong quá khứ không phải là bầu khí quyển thích hợp với cuộc sống. Bầu khí quyển này không chứa ôxy mà chỉ chứa một số chất khí khác là độc tố cho cuộc sống như sunfua hydro (là các chất khí gây ra mùi trứng thối). Song có những dạng sống sơ khai có thể phát triển trong những điều kiện như vậy. Người ta cho rằng sự sống đó bắt đầu trong những đại dương, rất có thể là kết quả ngẫu nhiên của sự phức hợp các nguyên tử thành những cấu trúc lớn, gọi là đại phân tử, những đại phân tử này có khả năng tập hợp nhiều nguyên tử khác trong đại dương thành những cấu trúc tương tự. Như thế chúng có thể tự tạo và sinh sản.

Trong một số trường hợp có thể xảy ra các sai lầm trong quá trình sinh sản. Phần lớn các sai lầm đó dẫn đến những đại phân tử mới không có khả năng tự tạo và do đó tàn lụi dần. Song cũng có những sai lầm dẫn đến những đại phân tử lại có khả năng tự tạo. Các đại phân tử này hoàn hảo hơn và sẽ thay thế dần các đại phân tử trước. Bằng cách đó hình thành một quá trình tiến hóa dẫn đến sự phát triển những cơ thể phức tạp hơn, có khả năng tự tạo. Những dạng sống sơ đẳng lúc đầu tiêu thụ nhiều nguyên liệu khác nhau như sunfua hydro và ôxy thoát sinh. Quá trình này dần dần biến đổi

thành phần của khí quyển đến hiện trạng và do đó tạo điều kiện thuận lợi cho các dạng sống cao cấp hơn như cá, bò sát, loài có vú, và cuối cùng là con người.

Bức tranh phác họa trên đây của vũ trụ từ trạng thái rất nóng và lạnh dần trong quá trình giãn nở của vũ trụ phù hợp với những quan trắc có được. Tuy nhiên, bức tranh đó cũng đặt ra nhiều câu hỏi quan trọng chưa có câu trả lời:

(1) Tại vì sao vũ trụ nóng đến như vậy ở các giai đoạn đầu tiên?

(2) Vì sao vũ trụ đồng nhất như vậy ở kích thước lớn? Tại sao vũ trụ giống nhau ở mọi điểm và theo mọi hướng? Nói riêng vì sao nhiệt độ của bức xạ phông có trị số bằng nhau theo mọi hướng? Tình huống tương tự như khi ta hỏi nhiều sinh viên một câu hỏi thi, nếu chúng trả lời giống nhau thì ta có thể tin rằng chúng đã trao đổi với nhau. Còn trong mô hình mô tả trên đây, từ vụ nổ lớn ánh sáng không đủ thời gian để đi từ một vùng quá xa xôi đến một vùng khác, mặc dù các vùng này vốn đã kề nhau trong giai đoạn sớm của vũ trụ. Theo thuyết tương đối, nếu ánh sáng không thể đi từ một vùng này đến một vùng khác, thì không có thông tin nào đã được trao đổi. Như vậy các vùng khác nhau không thể có cùng một nhiệt độ, trừ khi chúng có cùng một nhiệt độ lúc ban đầu vì một lý do nào đó chưa giải thích được.

(3) Vì sao vũ trụ bắt đầu giãn nở với vận tốc tới hạn là vận tốc ranh giới giữa mô hình co lại và mô hình giãn nở, và ngay trong thời gian hiện tại, mười ngàn triệu năm sau vẫn còn giãn nở với vận tốc tới hạn đó? Nếu như vận tốc giãn nở tại thời điểm một giây sau vụ nổ lớn chỉ nhỏ hơn một phần trăm ngàn triệu triệu thì vũ trụ đã co lại trước khi bắt đầu đạt kích thước hiện nay.

(4) Mặc dầu vũ trụ đồng nhất xét ở kích thước lớn, vũ trụ vẫn chứa

những vùng định xứ có nồng độ vật chất cao hơn như các sao và thiên hà. Người ta cho rằng các sao và thiên hà được hình thành do sự khác nhau về mật độ của các vùng ngay trong các giai đoạn sớm của vũ trụ. Vậy nguồn gốc của các thăng giáng mật độ là ở đâu?

Lý thuyết tương đối, xét độc lập, không thể giải thích được các điểm trên và đưa ra các câu trả lời cho những câu hỏi vừa đặt ra vì lý thuyết tương đối đoán nhận rằng vũ trụ sinh ra từ một kỳ dị với mật độ vô cùng của vụ nổ lớn. Tại điểm kỳ dị đó, lý thuyết tương đối và các định luật vật lý khác không còn đúng nữa: người ta không thể biết điều gì sẽ xảy ra với một điểm kỳ dị đó. Như đã giải thích trước đây, điều đó có nghĩa rằng ta có thể tách rời vụ nổ lớn và các sự kiện trước nó ra khỏi lý thuyết vì chúng không thể tác động lên những gì chúng ta quan sát được. Không - thời gian cần phải có biên - đó là điểm bắt đầu từ vụ nổ lớn.

Khoa học hy vọng tìm ra các định luật cho phép trong các giới hạn xác định bởi hệ thức bất định, tiên đoán được sự phát triển của vũ trụ nếu ta biết được trạng thái của nó tại một thời điểm. Những định luật đó có thể là do Chúa ban hành, nhưng hình như sau đó Chúa đã để cho vũ trụ tự phát triển và không buồn can thiệp vào nữa. Nhưng Chúa đã chọn điều kiện ban đầu hoặc cấu hình vũ trụ như thế nào? “Điều kiện biên” tại điểm bắt đầu của thời gian là điều kiện gì?

Một câu trả lời khả dĩ là cho rằng Chúa đã chọn một cấu hình đầu tiên theo những lý lẽ mà chúng ta không có hy vọng hiểu được. Điều đó hoàn toàn trong quyền lực của một đấng siêu nhân, song nếu ông ta đã bắt đầu theo một kiểu khó hiểu như vậy, thì tại sao ông ta lại để cho vũ trụ phát triển theo những quy luật mà chúng ta có thể hiểu được? Toàn bộ lịch sử khoa học là một quá trình tiệm cận đến

nhận thức được rằng các sự kiện không phát triển một cách ngẫu nhiên, mà chúng phản ánh một trật tự tiềm ẩn nào đó có hoặc không có nguồn gốc thần thánh. Ta có thể giả định một cách tự nhiên rằng trật tự đó không những được áp dụng vào các định luật mà cả vào các điều kiện ban đầu của không - thời gian. Có thể có rất nhiều mô hình vũ trụ với các điều kiện biên ban đầu khác nhau. Chúng ta phải đưa ra được một nguyên tắc nào đó để chọn được một trạng thái ban đầu, do đó chọn được một mô hình để mô tả vũ trụ.

Một khả năng là chọn cái gọi là điều kiện hỗn độn (chaotic) ban đầu. Điều kiện này giả định hoặc vũ trụ vô cùng trong không gian hoặc tồn tại vô số trong vũ trụ. Theo điều kiện gọi là hỗn độn ban đầu, xác suất tìm thấy một vùng không gian bất kỳ trong một cấu hình cho trước bất kỳ sau vụ nổ lớn là bằng nhau: trạng thái ban đầu của vũ trụ là hoàn toàn mang tính ngẫu nhiên. Điều đó có nghĩa là vũ trụ trước đây có nhiều xác suất là vô trật tự vì rằng đối với vũ trụ tồn tại nhiều cấu hình hỗn độn và vô trật tự hơn là các cấu hình đều đặn và trật tự. (Nếu mỗi cấu hình có xác suất bằng nhau thì vũ trụ phải xuất phát từ một trạng thái hỗn độn, vô trật tự vì một lý do đơn giản là tồn tại quá nhiều trạng thái như vậy). Rất khó hình dung được vì sao những trạng thái hỗn độn ban đầu lại có thể dẫn đến một vũ trụ đều đặn, trật tự ở kích thước lớn như vũ trụ hiện nay. Người ta cũng bắt buộc phải nghĩ rằng những thăng giáng mật độ trong một mô hình như thế nhất định phải dẫn đến sự hình thành một số lượng lỗ đen nguyên thủy lớn hơn cận trên thu được từ các quan trắc phông tia gamma.

Nếu vũ trụ vô cùng trong không gian, hoặc nếu tồn tại vô số vũ trụ, thì phải tồn tại ở đâu đó nhiều vùng lớn đã trở nên đồng nhất. Tình huống này giống như lúc có một đàn khỉ rất đông gõ máy chữ - phần

lớn những điều chúng gõ ra vô nghĩa nhưng cũng không loại trừ có xác suất là chúng thu được một bài thơ ngắn của Shakespear. Tương tự như vậy trong trường hợp vũ trụ, cũng có thể chúng ta ngẫu nhiên sống trong một vùng đồng nhất như thế? Thoạt nghĩ có thể điều đó có quá ít xác suất vì những vùng hỗn độn và vô trật tự là quá nhiều so với những vùng đồng nhất. Song hãy giả định rằng chỉ trong những vùng đồng nhất mới tồn tại những thiên hà và các sao, ở đấy có những điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của những sinh vật phức tạp có khả năng sinh sản như con người có khả năng đặt câu nghi vấn: Tại sao vũ trụ lại đồng nhất như thế? Đây là một ví dụ để ứng dụng cái gọi là nguyên lý vị nhân (anthropic) được phát biểu như sau: “Chúng ta nhìn thấy vũ trụ như vậy bởi vì chúng ta tồn tại”.

Có hai cách diễn dịch nguyên lý vị nhân: Nguyên lý yếu và nguyên lý mạnh. Nguyên lý vị nhân yếu khẳng định rằng trong vũ trụ vô cùng trong không gian và hoặc trong thời gian, điều kiện thuận lợi cho sự nảy sinh một dạng sống có trí tuệ chỉ xuất hiện ở một số vùng nhất định hữu hạn trong không gian và thời gian. Những sinh vật có trí tuệ trong những vùng đó sẽ không ngạc nhiên nếu chúng nhận thấy rằng địa phương của chúng trong vũ trụ thỏa mãn các điều kiện cần thiết cho sự sống của chúng. Tình huống tương tự như lúc một người giàu có sống trong môi trường nhung lụa không thấy được cảnh bần cùng chung quanh.

Một ví dụ ứng dụng nguyên lý vị nhân yếu là “giải thích” vì sao vụ nổ lớn đã xảy ra gần mười ngàn triệu năm về trước thì cũng cần gần ấy thời gian cho sự tiến hóa của sinh vật có trí tuệ. Như trước đây đã nói, đầu tiên một thế hệ sớm các sao được hình thành. Các sao này biến một số hydro và heli nguyên thủy thành cacbon và oxy vốn là các thành phần cơ thể của chúng ta. Các sao này lại nổ thành các

siêu sao, và các mảnh vỡ tàn dư lại hợp thành các sao và hành tinh khác, trong số này có thái dương hệ của chúng ta đã tồn tại khoảng năm ngàn triệu năm. Trong một hoặc hai ngàn triệu năm đầu tiên của trái đất, nhiệt độ quá cao vì thế các cấu trúc phức tạp không hình thành được. Trong ba ngàn triệu năm còn lại thì một quá trình tiến hóa chậm sinh học đã nảy sinh dẫn đến sự hình thành từ những cơ thể đơn giản đến các sinh vật có khả năng tư duy đi ngược theo thời gian về vụ nổ lớn.

Nhiều người đặt nghi vấn về sự đúng đắn và ích lợi của nguyên lý vị nhân yếu. Ngoài ra một số người đi xa hơn và đề nghị nguyên lý vị nhân mạnh. Theo nguyên lý này, tồn tại hoặc nhiều vũ trụ khác nhau hoặc nhiều vùng khác nhau của một vũ trụ duy nhất, mỗi đối tượng có cấu hình ban đầu riêng và có thể có tổ hợp riêng các định luật khoa học. Trong đa số các vũ trụ đó, điều kiện không thuận lợi cho sự phát triển của những cơ thể phức tạp; chỉ có một vài vũ trụ như vũ trụ của chúng ta là có điều kiện cho sự phát triển của những sinh vật có trí tuệ đủ khả năng để đặt ra câu hỏi: vì sao vũ trụ phải giống như ta quan sát được? Câu trả lời bây giờ sẽ trở nên đơn giản. Nếu vũ trụ khác đi thì chúng ta sẽ không thể tồn tại ở đây được!

Các định luật khoa học, trong dạng mà chúng ta nhận thức như hiện nay chứa nhiều hằng số cơ bản ví dụ điện tích của electron và tỷ số khối lượng của proton và của electron. Chúng ta không thể, ít nhất là trong điều kiện hiện nay, tính được giá trị của những hằng số đó từ lý thuyết - chúng ta chỉ thu được các trị số đó bằng thực nghiệm. Có lẽ một ngày nào đó chúng ta sẽ tìm được một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh có khả năng tính được mọi hằng số, song cũng rất có thể rằng một số hoặc tất cả hằng số đó lại biến thiên từ vũ trụ này sang vũ trụ khác hoặc ngay trong một vũ trụ. Điều đáng chú ý là trị

số của những hằng số đó dường như đã được điều chỉnh một cách tinh tế sao cho cuộc sống có thể nảy sinh và phát triển được. Ví dụ nếu điện tích electron chỉ khác đi một tý thì các sao hoặc không thể đốt cháy hydro và heli hoặc khác đi chúng không thể nổ thành siêu sao. Lẽ dĩ nhiên có thể tồn tại những dạng sống khác, mà thậm chí các nhà văn viễn tưởng cũng không sáng tạo nổi, những dạng sống không cần đến cả ánh sáng của các sao như mặt trời hoặc các nguyên tố hóa học nặng hơn được tạo thành trong các sao và bị bắn vào không gian khi sao nổ.

Có lẽ cũng dễ hiểu là miền xác định của các hằng số không thể rộng được nếu các hằng số đó phải phù hợp với sự phát triển của cuộc sống trí tuệ. Đa số các tập giá trị của các hằng số dẫn đến sự hình thành những vũ trụ mặc dầu rất đẹp, song không phù hợp cho sự phát triển sinh vật có khả năng chiêm ngưỡng vẻ đẹp đó. Chúng ta có thể đoán nhận hoặc điều đó là sự chứng minh cho mục đích thiêng liêng của Chúa trong sự sáng tạo và sự lựa chọn các định luật khoa học hoặc điều đó là sự chứng minh cho nguyên lý vị nhân mạnh. Có một số ý kiến người ta có thể đưa ra để phản đối ý kiến cho rằng nguyên lý vị nhân mạnh có thể giải thích trạng thái quan sát được của vũ trụ.

Thứ nhất, ta phải hiểu sự tồn tại của nhiều vũ trụ khác như thế nào đây? Nếu quả thực chúng tách riêng xa nhau, thì những điều xảy ra trong một vũ trụ khác sẽ không gây một hệ quả nào quan sát được trong vũ trụ chúng ta. Vì vậy chúng ta phải sử dụng nguyên lý tiết kiệm để cắt bỏ chúng khỏi lý thuyết của chúng ta. Nếu, mặt khác, tồn tại nhiều vùng khác nhau của cùng một vũ trụ, thì các định luật khoa học phải là chung cho tất cả các vùng, vì trái lại thì chúng ta không thể chuyển động liên tục từ một vùng này sang vùng khác.

Trong trường hợp đó thì sự khác biệt giữa các vùng quy về sự khác biệt của các cấu hình ban đầu và như thế nguyên lý vị nhân mạnh lại quy về nguyên lý vị nhân yếu.

Ý kiến phản đối thứ hai cho là nguyên lý này đi ngược lại dòng chảy của lịch sử khoa học. Chúng ta đã đi từ mô hình vũ trụ xem quả đất là trung tâm của Ptolemy và các tiền bối, qua mô hình mặt trời là trung tâm của Copernicus và Galileo, đến mô hình hiện đại trong đó quả đất chỉ là hành tinh kích thước vừa phải quay quanh một sao trung bình trong vùng biên của một thiên hà xoắn ốc bình thường vốn chỉ là một trong triệu triệu thiên hà của vũ trụ quan sát được. Nguyên lý vị nhân mạnh lại có tham vọng cho rằng toàn bộ kiến trúc khổng lồ đó tồn tại chỉ vì con người. Điều đó quả thật là khó tin. Chắc chắn rằng thái dương hệ là một tiền đề cho cuộc sống của chúng ta, và chúng ta cũng có thể ngoại suy nghĩ đó cho toàn thiên hà của chúng ta để cho phép sự tồn tại các thế hệ sao trước đã tạo nên những nguyên tố nặng hơn. Song dường như không có một sự cần thiết nào buộc các thiên hà khác và cho vũ trụ phải đồng nhất và giống nhau theo mọi phương hướng ở kích thước lớn.

Chúng ta sẽ cảm thấy yên tâm hơn với nguyên lý vị nhân, ít nhất ở phương án yếu, nếu chúng ta có thể chứng minh rằng nhiều cấu hình ban đầu khác nhau của vũ trụ sẽ tiến triển để tạo một vũ trụ giống như vũ trụ đang quan sát được. Nếu quả như vậy, thì một vũ trụ thoát thai từ những điều kiện hỗn độn ban đầu sẽ chứa một vùng đồng nhất, đều đặn thích hợp cho sự nảy sinh cuộc sống trí tuệ. Mặt khác, nếu trạng thái ban đầu đã được chọn tuyệt đối cẩn thận để được một vũ trụ mà chúng ta thấy chung quanh, thì vũ trụ đó chắc có ít xác suất chứa một vùng nào đó trong đó sự sống có thể xuất hiện. Trong mô hình nóng của vụ nổ lớn mô tả trước đây, chúng ta

đã thấy ở giai đoạn sớm của vũ trụ, nhiệt lượng không đủ thời gian để chảy từ vùng này sang vùng khác. Điều đó có nghĩa rằng trạng thái ban đầu của vũ trụ phải có cùng một nhiệt độ ở mọi nơi, có như thế thì ta mới quan sát được hiện tượng bức xạ phông có cùng một nhiệt độ ở mọi nơi theo mọi hướng. Tốc độ giãn nở ban đầu cũng phải được chọn rất chính xác thì tốc độ giãn nở hiện nay mới tiếp tục xấp xỉ tốc độ tới hạn cần thiết để tránh quá trình co lại. Điều đó có nghĩa rằng trạng thái ban đầu của vũ trụ phải được chọn rất cẩn thận nếu mô hình nóng của vụ nổ lớn là đúng ngược mãi tận tới điểm ban đầu của thời gian. Rất khó giải thích vì sao vũ trụ được bắt đầu như vậy, trừ khi cho rằng đây là hành động của Chúa muốn tạo nên những sinh vật như chúng ta.

Với ý đồ tìm một mô hình của vũ trụ, trong đó nhiều cấu hình khác nhau ban đầu có thể tiến triển đến một vũ trụ như hiện tại, một nhà khoa học công tác tại Viện công nghệ Massachusetts là Alan Guth đã đưa ra gợi ý trong các giai đoạn sớm vũ trụ đã trải qua một thời kỳ giãn nở cực nhanh. Thời kỳ giãn nở cực nhanh này được gọi là thời kỳ lạm phát, với ý nghĩa rằng trong thời kỳ đó vũ trụ đã giãn nở với tốc độ tăng dần chứ không phải giảm dần như hiện tại. Theo Guth, bán kính của vũ trụ đã tăng vọt lên triệu triệu triệu triệu triệu (1 với ba mươi con số không) lần trong chỉ một phần rất nhỏ của giây.

Guth gợi ý rằng vũ trụ đã bắt đầu từ một vụ nổ lớn, từ một trạng thái rất nóng, nhưng rất hỗn độn. Các nhiệt độ cao này làm cho các hạt trong vũ trụ chuyển động rất nhanh và có năng lượng rất lớn. Như đã nói ở trên những nhiệt độ cao như vậy các lực tương tác mạnh, yếu và điện tử hợp nhất thành một lực duy nhất. Trong quá trình giãn nở, vũ trụ lạnh dần, năng lượng các hạt giảm đi. Có thể xảy ra quá trình gọi là chuyển pha và đối xứng giữa các lực bị phá vỡ: lực

tương tác mạnh trở nên khác biệt với các lực tương tác yếu và điện từ. Một ví dụ thông thường của quá trình chuyển pha là quá trình nước đóng băng khi nhiệt độ hạ thấp. Nước lỏng có đối xứng giống nhau ở mọi điểm và theo mọi hướng. Song các tinh thể băng hình thành, chúng sẽ chiếm những vị trí nhất định và xếp thành hàng theo một hướng nào đó. Điều này phá vỡ đối xứng của nước ở trạng thái lỏng.

Trong trường hợp nước, nếu cẩn thận chúng ta có thể làm "siêu lạnh" nước, điều đó có nghĩa là chúng ta có thể đưa nhiệt độ xuống dưới nhiệt độ đóng băng 0 độ C mà băng vẫn chưa xuất hiện. Guth gợi ý rằng điều đó có thể xảy ra cho vũ trụ: nhiệt độ giảm xuống dưới trị số giới hạn mà đối xứng giữa các lực vẫn chưa bị phá vỡ. Nếu điều đó xảy ra, vũ trụ sẽ rơi vào một trạng thái ổn định, với năng lượng lớn hơn năng lượng ứng với lúc đối xứng bị phá vỡ. Có thể chứng minh rằng năng lượng dôi này sẽ gây ra hiệu ứng phản hấp dẫn: nó sẽ có tác động như hằng số vũ trụ mà Einstein đã đưa vào lý thuyết tương đối rộng khi ông muốn xây dựng một mô hình tĩnh của vũ trụ.

Vì vũ trụ đã giãn nở giống như trong mô hình nóng của vụ nổ lớn, cho nên hiệu ứng đẩy của hằng số vũ trụ này làm cho vũ trụ giãn nở với vận tốc luôn tăng. Ngay cả trong những vùng với mật độ hạt lớn hơn trung bình, hiệu ứng phản hấp dẫn gây ra bởi hằng số vũ trụ đó cũng vượt quá hấp dẫn. Do đó các vùng này phải giãn nở theo quy luật gia tăng lạm phát. Trong quá trình giãn nở, các vùng đó và các hạt vật chất sẽ đi xa nhau và ta có được một vũ trụ giãn nở với mật độ hạt nhỏ và hiện nằm trong trạng thái siêu lạnh. Mọi điểm bất thường trong vũ trụ sẽ bị là đều vì quá trình giãn nở, tương tự như những nếp nhăn của một quả bóng biến dần khi ta thổi không khí

vào. Như vậy trạng thái đồng nhất và đều đặn hiện nay của vũ trụ có thể đạt được trong quá trình tiến triển từ nhiều trạng thái không đồng nhất khác nhau.

Trong một vũ trụ như thế, quá trình giãn nở được gia tốc bởi hằng số vũ trụ và không bị hãm dần bởi lực hấp dẫn của vật chất, ánh sáng có đủ thời gian để thực hiện hành trình từ vùng này sang vùng khác trong các giai đoạn sớm của vũ trụ. Tình huống này có thể đưa ra lời giải cho bài toán nêu ra trước đây: vì sao các vùng khác nhau của vũ trụ có cùng những tính chất giống nhau. Ngoài ra, vận tốc nở của vũ trụ sẽ tự động trở nên xấp xỉ vận tốc giới hạn xác định bởi mật độ trong vũ trụ. Điều này có thể giải thích câu hỏi vì sao vận tốc giãn nở của vũ trụ vẫn gần vận tốc giới hạn, mà không cần giả định rằng vận tốc giãn nở ban đầu của vũ trụ đã được lựa chọn một cách cẩn thận.

Ý niệm về lạm phát cũng giúp ta giải thích được vì sao có nhiều vật chất như vậy trong vũ trụ. Có chừng mười triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu (1 với tám mươi số không) hạt trong vùng không gian mà chúng ta có thể quan sát được. Chúng từ đâu đến? Theo thuyết lượng tử các hạt đó được sinh ra từ năng lượng trong cặp hạt/phản hạt. Song bây giờ lại đến câu hỏi, năng lượng từ đâu ra? Câu trả lời là năng lượng toàn phần của vũ trụ chính xác bằng không. Vật chất trong vũ trụ được cấu tạo từ năng lượng dương. Song vật chất lại hút nhau vì hấp dẫn. Hai lượng vật chất gần nhau có ít năng lượng hơn là khi chúng xa nhau, bởi vì chúng phải sản ra năng lượng để kéo chúng ra xa chống lại hấp dẫn đang kéo chúng lại gần nhau. Như thế trong một ý nghĩa nhất định, trường hấp dẫn có năng lượng âm. Trong trường hợp của một vũ trụ gần đồng nhất trong không gian, người ta có thể chứng

minh được rằng năng lượng hấp dẫn âm này sẽ triệt tiêu năng lượng dương của vật chất. Như thế năng lượng toàn phần của vũ trụ bằng không.

Hai lần không vẫn là không. Cho nên vũ trụ có thể tăng gấp đôi năng lượng dương của vật chất và đồng thời tăng gấp đôi năng lượng âm của hấp dẫn mà vẫn không vi phạm định luật bảo toàn năng lượng. Điều này không thể xảy ra trong một quá trình giãn nở bình thường của vũ trụ, trong đó mật độ năng lượng vật chất giảm đi khi vũ trụ trở nên lớn hơn. Song điều đó có thể xảy ra trong một quá trình giãn nở lạm phát bởi vì mật độ năng lượng của trạng thái siêu lạnh vẫn không thay đổi khi vũ trụ giãn nở: Khi kích thước vũ trụ tăng gấp đôi, năng lượng dương của vật chất và năng lượng âm của hấp dẫn cũng tăng gấp đôi do đó năng lượng toàn phần vẫn bằng không. Trong pha lạm phát, kích thước của vũ trụ tăng lên rất nhiều. Như thế toàn phần năng lượng hiện hữu để tạo nên các hạt đều trở nên rất lớn. Như Guth đã nhận xét: “Có thể nói đây là một bữa tiệc không mất tiền. Và vũ trụ là bữa tiệc không mất tiền tối hậu”.

Vũ trụ hiện nay không giãn nở theo quy luật lạm phát. Như thế phải tồn tại một cơ chế có khả năng loại bỏ hằng số vũ trụ hiệu dụng quá lớn và như vậy biến vận tốc giãn nở từ quá trình gia tốc về quá trình chậm dần vì hấp dẫn như chúng ta hiện nay. Trong giai đoạn lạm phát có thể đối xứng giữa các lực bị phá vỡ, tương tự nước siêu lạnh rồi cuối cùng cũng phải đông lại. Năng lượng dôi ra của đối xứng bị phá vỡ thoát ra và hâm nóng vũ trụ đến một nhiệt độ vừa đúng dưới nhiệt độ tới hạn ứng với đối xứng giữa các lực. Vũ trụ tiếp tục giãn nở và lạnh dần đúng như mô hình nóng của vụ nổ lớn, song bây giờ ta lại cần giải thích tại sao vũ trụ giãn nở với vận tốc tới hạn và vì sao các vùng khác nhau có cùng một nhiệt độ.

Trong lý thuyết ban đầu của Guth, quá trình chuyển pha được giả định là xảy ra đột ngột, tương tự như các tinh thể băng trong nước thật lạnh. Có thể nghĩ rằng các "bong bóng" của pha mới của đối xứng bị phá vỡ được hình thành trong pha cũ, tương tự như các bong bóng hơi được bao bọc bởi nước đang sôi. Các bong bóng được giả định là giãn nở và gặp nhau cho đến khi toàn bộ vũ trụ rơi vào pha mới. Một khó khăn, mà tôi và nhiều người khác đã chỉ ra là vũ trụ giãn nở quá nhanh cho dẫu rằng các bong bóng lớn lên bằng tốc độ ánh sáng, chúng cũng sẽ chuyển động xa nhau ra và không kịp gặp nối nhau. Như vậy vũ trụ rơi vào trạng thái không đồng nhất, với một số vùng vẫn còn có đối xứng giữa các lực. Một bức tranh như thế không tương ứng với những điều ta quan sát được.

Tháng 10 năm 1981, tôi đến Matxcơva tham dự hội thảo về hấp dẫn lượng tử. Sau hội thảo, tôi có làm một seminar về mẫu lạm phát và các vấn đề của mẫu đó tại Viện thiên văn Sternberg. Trước đây tôi thường nhờ một người khác đọc báo cáo thay tôi vì đa số không hiểu được giọng nói của tôi. Nhưng lúc này tôi không còn thì giờ chuẩn bị nên tôi tự đọc, và chỉ nhờ nghiên cứu sinh của tôi phát lại những lời tôi nói. Phương thức này khá có kết quả và tạo được mối tiếp xúc với thính giả. Trong buổi seminar có một người Nga còn trẻ là Andrei Linde làm việc ở Viện Lebedev tại Matxcơva. Linde cho rằng có thể tránh được khó khăn gắn liền với điều các bong bóng không nối với nhau, nếu ta cho rằng các bong bóng lớn tới mức mà vùng vũ trụ của ta nằm trọn trong một bong bóng. Để giả thuyết được hợp lý thì sự phá vỡ đối xứng phải xảy ra rất chậm trong bong bóng và điều này là hoàn toàn khả dĩ trên lý thuyết thống nhất lớn.

Ý tưởng của Linde về một quá trình phá vỡ đối xứng chậm là rất hấp dẫn, song sau này tôi hiểu rằng những bong bóng của Linde phải

lớn hơn kích thước vũ trụ vào lúc đó. Tôi đã chứng minh rằng đối xứng bị phá vỡ khắp mọi nơi chứ không phải trong lòng các bong bóng. Điều này sẽ dẫn đến một vũ trụ đồng nhất, đúng như ta quan sát. Tôi rất tâm đắc với ý tưởng này và cùng bàn luận với một sinh viên của tôi là Ian Moss. Với tư cách là một người bạn của Linde, tôi hơi bối rối khi sau này nhận được bài báo của Linde do một tạp chí khoa học gửi đến hỏi liệu bài báo có thể công bố hay không. Tôi đã trả lời rằng còn điểm yếu về các bong bóng lớn hơn vũ trụ, song ý tưởng cơ bản về quá trình phá vỡ đối xứng chậm là rất hay. Tôi có khuyến nghị cho đăng bài báo vì tôi nghĩ rằng nếu không Linde sẽ mất rất nhiều tháng để sửa chữa lại, bởi vì mọi tài liệu mà ông đã gửi sang phương Tây phải được thông báo qua kiểm duyệt của Liên Xô (cũ), vốn không am hiểu lắm và cũng không mau mắn gì đối với những bài báo khoa học. Tôi có viết cùng với Ian Moss một bài báo ngắn gửi đăng cùng số báo, trong đó chúng tôi đặt lại vấn đề các bong bóng và chỉ ra cách giải quyết vấn đề.

Vừa từ Matxcơva trở về, hôm sau tôi đã bay tới Philadenphia để nhận huy chương của Viện Franklin. Cô thư ký của tôi là Judy Fella đã sử dụng sắc đẹp duyên dáng của mình để thuyết phục hãng British Airways cấp cho cô ta và tôi hai vé máy bay không mất tiền xem như một hợp đồng quảng cáo cho hãng. Tiếc rằng tôi đến sân bay chậm vì mưa to và lỡ chuyến máy bay. Nhưng rồi tôi cũng đến được Philadenphia để nhận huy chương dành cho tôi. Người ta yêu cầu tôi làm một seminar về mẫu lạm phát của vũ trụ tại Trường Đại học Drexel ở Philadenphia. Và tôi đã báo cáo về các vấn đề nở lạm phát của vũ trụ, tương tự như ở Matxcơva.

Một ý tưởng gần giống của Linde cũng được phát triển độc lập sau đó vài tháng bởi Paul Steinhardt và Andreas Albrecht tại trường Đại

học Pensylvania. Bây giờ họ cùng với Linde có vinh dự chung vì đã đưa ra “mô hình lạm phát mới”, dựa trên ý tưởng về một quá trình đối xứng chậm. (Mô hình lạm phát cũ dựa trên ý tưởng ban đầu của Guth về một quá trình phá vỡ đối xứng nhanh kèm theo sự hình thành các bong bóng).

Mô hình lạm phát mới là một mô hình tốt có khả năng giải thích vì sao vũ trụ lại có dạng như hiện nay. Song, nhiều người khác và tôi đã chứng minh rằng mô hình đó, ít nhất là trong phương án ban đầu, đã dẫn đến những thay đổi về nhiệt độ của bức xạ phông lớn hơn nhiều so với các quan trắc thu được. Các phương án sau cũng gây ra mối nghi ngờ liệu có tồn tại một quá trình chuyển pha kiểu như vậy ở giai đoạn rất sớm của vũ trụ hay không. Theo ý kiến của riêng tôi, thì mô hình lạm phát mới này bây giờ cũng đã chết như một lý thuyết khoa học, mặc dầu cũng còn một số người dường như chưa nghe biết và vẫn tiếp tục viết về mô hình đó.

Một mô hình hay hơn có tên là mô hình lạm phát hỗn độn đã được phát triển cũng bởi Linde vào năm 1983, trong mô hình này, không tồn tại quá trình chuyển pha hoặc trạng thái siêu lạnh. Thay vào đó, có một trường spin 0, trường này có thể có những trị số lớn ở một vài vùng của vũ trụ giai đoạn sớm, do sự tồn tại của thăng giáng lượng tử. Năng lượng của trường này trong những trường đó đóng vai trò như một hằng số vũ trụ. Năng lượng này gây ra tác dụng đẩy và làm cho các vùng đó giãn nở một cách lạm phát. Trong quá trình giãn nở, năng lượng của trường ở các vùng đó giảm chậm cho đến khi quá trình giãn nở lạm phát trở thành một quá trình giãn nở tương tự như trong mô hình nóng của vụ nổ lớn. Một trong những vùng đó sẽ trở thành vũ trụ mà hiện nay chúng ta quan sát được. Mô hình này có mọi ưu điểm của các mô hình lạm phát cũ, song không phụ

thuộc vào một quá trình chuyển pha đáng ngờ, mà lại cho những thăng giáng nhiệt độ của bức xạ viba phông hợp lý và phù hợp với các quan trắc.

Các nghiên cứu về những mô hình lạm phát chỉ ra rằng hiện trạng của vũ trụ được thoát thai từ một số rất lớn các cấu hình ban đầu. Điều này quan trọng vì cho ta thấy rằng, trạng thái ban đầu của phần vũ trụ trong đó ta sinh sống không cần được chọn một cách quá xác định. Vì vậy chúng ta có thể, nếu muốn, sử dụng nguyên lý vị nhân yếu để giải thích vì sao vũ trụ lại có dạng như ngày nay. Song cũng không phải mọi cấu hình ban đầu đều sẽ dẫn đến vũ trụ giống như vũ trụ ta quan sát. Ta có thể chứng minh điều đó bằng cách xét một trạng thái rất khác vũ trụ ngày nay, ví dụ, một trạng thái rất không đồng nhất. Ta có thể sử dụng các định luật khoa học để đi ngược lại thời gian tìm các cấu hình sớm trước đây của vũ trụ.

Theo các định lý về kỳ dị của lý thuyết tương đối rộng, thì tồn tại một kỳ dị của vụ nổ lớn. Nếu ta lại cho vũ trụ tiến triển về phía trước theo thời gian thì chúng ta sẽ thu được một vũ trụ không đồng nhất mà từ đó chúng ta đã xuất phát. Như thế tồn tại những cấu hình ban đầu có khả năng dẫn đến một vũ trụ không giống vũ trụ ta quan sát hiện nay. Như thế, mô hình lạm phát cũng không nói được tại sao các cấu hình ban đầu lại không là những cấu hình có khả năng dẫn đến những vũ trụ rất khác với vũ trụ quan sát được hiện nay. Ta phải cầu cứu đến nguyên lý vị nhân để giải thích điều đó hay sao? Có phải đây đúng là một ngẫu nhiên may mắn? Điều này có vẻ như là một lời tuyệt vọng, một phủ định mọi hy vọng của chúng ta về khả năng hiểu được cái trật tự sâu kín của vũ trụ chúng ta.

Để hiểu được vũ trụ đã bắt đầu như thế nào, chúng ta cần những định luật đúng đắn ở điểm xuất phát của thời gian. Nếu quả thuyết

tương đối rộng cổ điển đúng đắn, thì các định lý về kỳ dị mà Roger Penrose và tôi đã thiết lập chỉ rằng xuất phát điểm của thời gian là một điểm với mật độ và độ cong không - thời gian vô cùng lớn. Và mọi định luật đã biết của khoa học đều không còn tác dụng tại một điểm như vậy. Người ta có thể giả định rằng tồn tại những định luật mới, đúng đắn tại các điểm kỳ dị, song rất khó mà phát biểu ra những định luật như thế tại các điểm có dáng điệu kỳ dị như vậy, và chúng ta cũng không có một sự hướng dẫn nào từ các quan trắc khả dĩ giúp ta hình dung được các định luật đó.

Song các định lý về kỳ dị thực tế đã chỉ được rằng trường hấp dẫn trở nên mạnh đến nỗi các hiệu ứng lượng tử trở thành quan trọng: lý thuyết cổ điển không còn khả năng mô tả vũ trụ được nữa. Vậy chúng ta phải sử dụng lý thuyết hấp dẫn lượng tử khi bàn luận đến các giai đoạn sớm của vũ trụ. Như chúng ta sẽ thấy, trong lý thuyết lượng tử, các định luật khoa học thông thường lại trở nên đúng đắn mọi nơi kể cả tại xuất phát điểm của thời gian: không cần thiết phải phát biểu những định luật mới đối với các điểm kỳ dị, bởi vì rằng không cần có các điểm kỳ dị trong lý thuyết lượng tử.

Hiện nay chúng ta chưa có một lý thuyết hoàn chỉnh và tương hợp để tổng hợp cơ học lượng tử và hấp dẫn. Song chúng ta có thể chắc chắn về một vài yếu tố mà một thuyết thống nhất như vậy phải có. Một trong những yếu tố đó là sự cần thiết đưa vào ý tưởng của Feynman để trình bày lý thuyết lượng tử dưới dạng các tích phân theo lịch sử quỹ đạo. Trong cách tiếp cận đó, một hạt không có một lịch sử đơn chiếc như trong lý thuyết cổ điển. Thay vì, hạt có thể chuyển động theo mọi quỹ đạo khả dĩ trong không - thời gian, và ứng với mỗi lịch sử chuyển động ta có một cặp số, trong đó số thứ nhất mô tả biên độ của sóng còn số thứ hai mô tả vị trí trong chu kỳ

tức là pha. Xác suất để hạt, ví dụ, đi qua một điểm nhất định nào đó, sẽ thu được bằng cách cộng tất cả các sóng ứng với mọi lịch sử khả dĩ đi qua điểm đó.

Khi chúng ta tìm cách thực hiện phép cộng đó, chúng ta gặp phải nhiều vấn đề kỹ thuật. Một thủ thuật để giải quyết là dùng phương thức sau: cộng các sóng lịch sử đó không phải trong thời gian "thực" trong đó chúng ta sống mà trong cái gọi là thời gian "ảo". Thời gian ảo mới nghe tưởng như đó là chuyện khoa học viễn tưởng nhưng thực tế thời gian ảo là một khái niệm toán học xác định. Nếu chúng ta lấy một số thực và nhân cho chính nó thì kết quả là một số dương (ví dụ, 2 nhân với 2 là 4, cũng như -2 nhân với -2 là 4). Song ngoài số thực, tồn tại những số đặc biệt (gọi là số ảo) khi nhân với chính nó, kết quả sẽ là một số âm (Số ảo i khi nhân với chính nó sẽ cho ta -1, số ảo 2i khi nhân với chính nó sẽ cho ta -4, và v.v...).

Để tránh các khó khăn về kỹ thuật tính toán lúc cộng các lịch sử theo Faynman, người ta đã sử dụng thời gian ảo. Nói rõ hơn, vì mục đích tính toán người ta phải đo thời gian bằng các số ảo, chứ không bằng những số thực. Thủ thuật này dẫn đến một hệ quả lý thú: sự khác biệt giữa không gian và thời gian sẽ biến mất hoàn toàn. Một không - thời gian trong đó các trị số đều có trị số ảo trên tọa độ thời gian gọi là không gian Euclide, theo tên của nhà toán học Hy Lạp, người đã sáng lập hình học các mặt hai chiều. Không - thời gian mà chúng ta gọi là Euclide là một không gian tương tự chỉ có khác là không - thời gian có bốn chiều chứ không phải là hai. Trong không - thời gian Euclide không có sự khác biệt giữa chiều thời gian và các chiều không gian. Còn trong không - thời gian thực, trong đó mọi sự cố được đánh dấu bởi những tri số thực theo trục thời gian, thì dễ dàng chỉ ra sự khác biệt giữa không và thời gian - chiều thời gian tại

mọi điểm nằm trong nón ánh sáng và các chiều không gian thì nằm ngoài. Trong mọi trường hợp khi xét cơ học lượng tử, chúng ta xem việc sử dụng thời gian ảo và không - thời gian Euclide như một thủ thuật toán học để tìm các câu trả lời cho không thời gian thực.

Một yếu tố thứ hai, mà chúng tôi cho phải là thành phần trong lý thuyết tối hậu, là ý tưởng của Einstein cho rằng trường hấp dẫn phải được biểu diễn bởi không thời gian cong: các hạt sẽ chọn quỹ đạo ngắn nhất, tức một quỹ đạo thẳng trong không gian cong, song không - thời gian không phẳng cho nên quỹ đạo của các hạt sẽ bị cong, giống như chịu tác động của trường hấp dẫn. Khi chúng ta áp dụng phương pháp cộng theo các lịch sử quỹ đạo của Feynman vào quan điểm của Einstein về hấp dẫn, thì lịch sử của một hạt bây giờ tương ứng là một không thời - gian cong mô tả lịch sử của toàn vũ trụ. Để tránh các khó khăn về kỹ thuật trong lúc thực hiện phép cộng theo các lịch sử, các không - thời gian cong đó phải là Euclide. Như trên đã nói, điều đó có nghĩa là thời gian phải là ảo và không khác biệt với không gian. Để tính xác suất tìm thấy một không - thời gian thực với một tính chất xác định nào đó, ví dụ đồng nhất ở mọi điểm và theo mọi hướng, thì ta cần cộng các sóng gắn liền với tất cả các lịch sử vốn có tính chất đó.

Trong lý thuyết tương đối rộng cổ điển, tồn tại rất nhiều không - thời gian cong khác nhau khả dĩ, mỗi không - thời gian đó ứng với một trạng thái ban đầu của vũ trụ. Nếu chúng ta biết được trạng thái ban đầu của vũ trụ, chúng ta sẽ biết được toàn bộ lịch sử của nó. Tương tự như vậy, trong lý thuyết hấp dẫn lượng tử, tồn tại rất nhiều trạng thái lượng tử khác nhau khả dĩ cho vũ trụ. Và nếu chúng ta biết được dáng điệu các không - thời gian cong Euclide trong tổng theo lịch sử vào những giai đoạn sớm của vũ trụ, thì chúng ta cũng sẽ

biết được trạng thái lượng tử của vũ trụ.

Trong lý thuyết hấp dẫn cổ điển, vốn dựa trên không - thời gian thực, chỉ có hai khả năng cho dáng điệu của vũ trụ: hoặc vũ trụ tồn tại vô cùng trong thời gian, hoặc vũ trụ đã bắt đầu ở một điểm kỳ dị và tại một thời điểm hữu hạn nào đó trong quá khứ. Trong lý thuyết hấp dẫn lượng tử, còn có một khả năng thứ ba. Bởi vì chúng ta đang sử dụng không - thời gian Euclide, trong đó không có sự khác biệt giữa hướng thời gian và các hướng không gian, cho nên không - thời gian có thể là hữu hạn và không có điểm kỳ dị tạo nên biên. Không - thời gian sẽ có dạng tương tự như mặt quả đất, song có thêm hai chiều nữa. Mặt quả đất là hữu hạn song không có biên: nếu ta trương buồm đi về phía mặt trời lặn, ta không rơi vào một biên hoặc một điểm kỳ dị nào (tôi biết như thế, bởi vì tôi đã đi vòng quanh thế giới!).

Nếu không - thời gian Euclide kéo dài ngược vô tận theo thời gian ảo hoặc xuất phát từ một điểm kỳ dị trong thời gian ảo, thì chúng ta sẽ đối diện với bài toán tương tự như trong lý thuyết cổ điển là phải xác định trạng thái ban đầu của vũ trụ: Chúa có thể biết vũ trụ đã bắt đầu như thế nào, song chúng ta thì không có một lý do đặc biệt nào để nghĩ rằng vũ trụ đã bắt đầu như thế này chứ không phải như thế khác. Mặt khác, lý thuyết hấp dẫn lượng tử đã mở ra một khả năng mới, theo đó không - thời gian không có biên và do đó không cần thiết xác định dáng điệu tại biên. Không có điểm kỳ dị tại đó các định luật khoa học không còn đúng, cũng không có điểm mút của không - thời gian, tại đó chúng ta phải cầu cứu đến Chúa hoặc đến một định luật mới nào đó để xác định biên của không - thời gian. Ta có thể nói: “Điều kiện biên của vũ trụ là không có biên”. Vũ trụ là một hệ tự thân và không bị ảnh hưởng của bất cứ điều gì bên ngoài vũ trụ. Vũ

trụ không sinh không diệt. Vũ trụ luôn tồn tại.

Tại cuộc hội thảo Vantican mà trước đây tôi đã nhắc đến, tôi đã đưa ra ý tưởng gợi ý không - thời gian cấu thành một mặt hữu hạn về kích thước và không có biên, không có điểm mút. Bài báo của tôi mang tính toán học, song cũng rõ là phủ nhận vai trò của Chúa trong việc sáng tạo ra vũ trụ và điều đó đã không được đông đảo chấp nhận ở thời gian đó. Trong thời gian hội thảo tôi không có cách nào để sử dụng ý tưởng "không có biên" để đưa ra những đoán nhận về vũ trụ. Mùa hè năm sau tôi lưu lại trường đại học California ở Santa Barbara. Ở đấy tôi có một người bạn vừa là đồng nghiệp là Jim Hartle, chúng tôi cùng phân tích xem nếu không - thời gian không có biên thì phải có những điều kiện gì cho vũ trụ. Khi trở về Cambridge, tôi tiếp tục công trình với hai nghiên cứu sinh là Julian Luttrel và Jonathan Halliwell.

Tôi muốn nhấn mạnh rằng ý tưởng về không - thời gian hữu hạn và không có biên chỉ là một giả thiết: giả thiết này không thể suy ra được từ một nguyên lý khác. Cũng tương tự như mọi lý thuyết khoa học khác, ta phải đưa ra một giả thiết ban đầu nào đó hoặc vì lý do thẩm mỹ hoặc vì lý do siêu hình, và sự đúng đắn của nó chỉ có thể kiểm nghiệm được bằng thực tế theo những hệ quả mà giả thiết đó dẫn đến. Song đối với trường hợp hấp dẫn lượng tử có khó khăn vì hai lý do. Thứ nhất, như sẽ được giải thích ở chương sau, chúng ta chưa biết chắc chắn về một lý thuyết có khả năng tổng hợp một cách có hiệu quả lý thuyết tương đối rộng và cơ học lượng tử mặc dầu chúng ta đã hình dung được những nét chính của một lý thuyết như vậy. Thứ hai, mọi mô hình mô tả toàn bộ vũ trụ về chi tiết phải rất phức tạp về mặt toán học, do đó chúng ta khó lòng tính toán được chính xác kết quả. Vì vậy chúng ta phải đưa ra những hạn chế

để đơn giản hóa sơ đồ và những phép tính gần đúng - thậm chí sau những phép đó bài toán chiết ra những kết quả sẽ vẫn còn là một bài toán rất khó khăn.
Mỗi lịch sử trong tổng các lịch sử sẽ mô tả không chỉ không - thời gian mà phải mô tả mọi chi tiết, trong đó bao gồm cả những cơ thể phức tạp như con người là sinh vật có khả năng quan sát lịch sử của vũ trụ. Điều này có thể cung cấp lý do biện minh cho nguyên lý vị nhân, vì nếu mọi lịch sử đều khả dĩ, thì chúng ta có thể sử dụng nguyên lý vị nhân một khi chúng ta cũng tồn tại trong một trong các lịch sử đó. Còn ý nghĩa của những lịch sử khả dĩ khác, trong đó chúng ta không tồn tại, thì quả là chúng ta không rõ được. Quan điểm này của lý thuyết hấp dẫn lượng tử sẽ mang tính chất thuyết phục hơn nếu chúng ta có thể chứng minh rằng khi lấy tổng theo các lịch sử, thì vũ trụ của chúng ta không phải chỉ là một trong số các lịch sử khả dĩ mà còn là một trong số các lịch sử có xác suất lớn nhất. Để làm điều đó, chúng ta phải lấy tổng theo các lịch sử đối với mọi không - thời gian Euclide khả dĩ và không có biên.

Dưới giả thiết không có biên, ta cho rằng khả năng mà vũ trụ tiến triển theo phần lớn các lịch sử khả dĩ là nhỏ không đáng kể, và tồn tại một lớp lịch sử có xác suất lớn hơn các lịch sử khác. Các lịch sử này có thể được minh họa như mặt quả đất, trên mặt đó khoảng cách từ cực Bắc biểu diễn thời gian ảo, còn đường tròn cách đều cực Bắc biểu diễn kích thước của vũ trụ. Vũ trụ bắt đầu từ cực Bắc như là một điểm đơn. Khi chúng ta chuyển động về phía Nam, các đường tròn vĩ tuyến vốn cách đều cực Bắc sẽ lớn dần lên, điều này tương ứng với quá trình nở của vũ trụ trong thời gian ảo (Hình 8.1). Vũ trụ đạt kích thước cực đại tại đường xích đạo và sẽ co lại theo thời gian ảo về một điểm đơn tại cực Nam. Mặc dù vũ trụ có kích

thước bằng không tại hai cực Nam và Bắc, những điểm này không phải là những điểm kỳ dị, các điểm khác đều là những điểm bình thường. Các định luật khoa học đều đúng ở tất cả các điểm, kể cả ở cực Bắc và cực Nam.

Song lịch sử của vũ trụ theo thời gian thực sẽ khác. Vào thời điểm mười hoặc hai mươi ngàn triệu năm về trước, vũ trụ có kích thước nhỏ nhất bằng bán kính cực đại trong lịch sử theo thời gian ảo. Ở các thời điểm muộn hơn, vũ trụ giãn nở theo mô hình lạm phát hỗn độn của Linde (song giờ đây chúng ta không cần phải giả định từ một trạng thái đúng đắn nào cả). Vũ trụ sẽ giãn nở đến một kích thước rất lớn và có thể co lại về một điểm kỳ dị trong thời gian thực. Như thế, trong một ý nghĩa nào đó, chúng ta vẫn còn chưa hết trách nhiệm, dẫu có tránh xa các lỗ đen. Chỉ khi nào chúng ta có thể mô tả vũ trụ bằng thời gian ảo thì mới hết các điểm kỳ dị.

Nếu vũ trụ thực tế ở trong một trạng thái lượng tử như thế, thì sẽ không có kỳ dị trong lịch sử của vũ trụ theo thời gian ảo. Do đó tôi nghĩ rằng, công trình gần đây của tôi đã không tính đến hết các kết quả của công trình trước đây của tôi về kỳ dị. Song như đã nói trước đây, sự quan trọng thực tiễn của các định lý về kỳ dị là ở chỗ đã chứng minh được rằng trường hấp dẫn phải lớn đến nỗi các hiệu ứng lượng tử không thể nào bỏ qua được. Điều này lại dẫn đến ý tưởng cho rằng vũ trụ phải hữu hạn trong thời gian ảo song không có biên và điểm kỳ dị. Song khi chúng ta đi ngược thời gian thực trong đó chúng ta sống thì lại xuất hiện các kỳ dị. Nhà du hành vũ trụ đáng thương nếu rơi vào một lỗ đen sẽ đi đến một kết cục bi thảm; chỉ lúc nhà du hành sống trong thời gian ảo thì mới không gặp phải những kỳ dị mà thôi.

Tình huống trên có thể gợi ý rằng cái gọi là thời gian ảo thực tế là

thời gian thực, còn cái gọi là thời gian thực thì lại là sản phẩm của trí tưởng tượng của chúng ta. Trong thời gian thực, vũ trụ có một điểm ban đầu và một điểm cuối tại các kỳ dị là biên của không - thời gian, tại biên đó các định luật khoa học không còn đúng nữa. Song trong thời gian ảo thì không còn kỳ dị, không còn biên. Như thế rất có thể là cái mà ta gọi là thời gian ảo thì thực tế là cơ bản hơn, và cái mà ta gọi là thời gian thực thì chẳng qua là một ý niệm ta bày dặt ra để mô tả cái mà ta tưởng là vũ trụ. Theo cách tiếp cận tôi trình bày ở Chương 1, thì một lý thuyết khoa học chính là mô hình toán học ta sáng tạo ra để mô tả các điều quan sát: mô hình đó chỉ tồn tại trong trí óc ta mà thôi. Vì vậy thật là vô nghĩa khi nêu ra câu hỏi: Thời gian "thực" và thời gian "ảo", cái nào thực hơn? Vấn đề là ở chỗ thời gian nào có ích hơn cho việc mô tả vũ trụ.

Chúng ta có thể sử dụng tổng các lịch sử kết hợp với giả thiết không có điều kiện biên để tìm ra những tính chất nào của vũ trụ có nhiều xác suất cùng xảy ra. Ví dụ chúng ta có thể tính xác suất để vũ trụ giãn nở gần cùng một tốc độ trong mọi hướng lúc mà mật độ trong vũ trụ có trị số hiện nay. Trong các mô hình đã được đơn giản hóa mà chúng ta đã xét đến đây, xác suất này là lớn; điều đó có nghĩa là điều kiện không có biên dẫn đến hệ quả là có xác suất lớn để tốc độ giãn nở hiện tại là gần như nhau theo mọi hướng. Điều này phù hợp với các quan trắc về bức xạ vi - ba phông, những quan trắc này chứng tỏ rằng bức xạ có cùng một cường độ theo bất cứ hướng nào. Nếu vũ trụ giãn nở nhanh hơn theo một số hướng nào đó, thì cường độ bức xạ theo các hướng đó phải giảm đi do một sự dịch phụ về phía đó.

Những hệ quả khác của giả thiết không có điều kiện biên hiện nay đang được nghiên cứu. Một vấn đề đặc biệt lý thú là trị số của

những độ lệch nhỏ khỏi mật độ đồng nhất của vũ trụ vào những giai đoạn sớm, chính những độ lệch nhỏ đó sau này sẽ cấu thành trước hết là các thiên hà, sau đó là các sao và cuối cùng là bản thân chúng ta. Nguyên lý bất định buộc rằng vũ trụ vào các giai đoạn sớm không thể tuyệt đối đồng nhất bởi vì tồn tại những bất định hay những thăng giáng của vị trí và vận tốc của các hạt. Sử dụng điều kiện không có biên, chúng ta thấy rằng vũ trụ trong thực tế phải xuất phát từ sự không đồng nhất trong phạm vi cho phép bởi nguyên lý bất định.

Vũ trụ đã phải trải qua một thời kỳ giãn nở nhanh như trong các mô hình lạm phát. Suốt thời kỳ đó, những chỗ không đồng nhất ban đầu sẽ được phóng đại lên đến khi đủ lớn để cho phép chúng ta giải thích được nguồn gốc của những cấu trúc quan sát được trong vũ trụ. Trong một vũ trụ giãn nở, trong đó mật độ vật chất thay đổi không nhiều từ chỗ này sang chỗ khác, thì hấp dẫn làm cho những vùng có mật độ cao hơn giãn nở chậm và bắt đầu co lại. Điều này dẫn đến sự hình thành các thiên hà, các sao và sau đó là cơ thể của chúng ta. Như vậy mọi cấu trúc phức tạp mà chúng ta quan sát được trong vũ trụ đều có thể giải thích được bởi giả thiết không có biên của vũ trụ cộng với nguyên lý bất định của cơ học lượng tử.

Ý tưởng cho rằng không và thời gian có thể làm thành một mặt đóng không có biên cũng đưa ra những điều ràng buộc sâu sắc đối với vai trò của Chúa trong các công việc trong vũ trụ. Với tiến bộ của các lý thuyết khoa học có khả năng mô tả nhiều hiện tượng, đa số tin rằng Chúa cho phép vu trụ tiến hóa theo những quy luật nhất định và không can thiệp để vi phạm các định luật đó. Song các định luật này không nói lên được vũ trụ đã thoát thai từ trạng thái nào - lên dây cót đồng hồ và chọn xem vũ trụ bắt đầu như thế nào vẫn là phần của

Chúa. Nếu mà vũ trụ có một điểm xuất phát, chúng ta buộc lòng phải giả định có một Đấng sáng tạo. Nhưng nếu vũ trụ là hoàn toàn tự thân, không biên không mút thì vũ trụ cũng không có bắt đầu, không có kết cuộc: vũ trụ chỉ tồn tại. Vậy thì Đấng sáng tạo giữ vị trí gì ở đây?

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 9

Mũi tên của thời gian

Nhận thức của chúng ta về bản chất của thời gian thay đổi theo năm tháng. Mãi đến đầu thế kỳ này người ta vẫn tin vào một thời gian tuyệt đối. Điều đó có nghĩa là mỗi sự cố có thể đánh dấu đơn trị bằng một con số gọi là thời gian và tất cả các đồng hồ chính xác phải cho cùng một quãng thời gian giữa hai sự cố. Song vì sự phát hiện tốc độ ánh sáng là như nhau đối với mọi quan sát viên, không phụ thuộc vào chuyển động của họ, đã dẫn đến lý thuyết tương đối buộc người ta phải hủy bỏ ý tưởng về một thời gian tuyệt đối duy nhất. Thay vì, mỗi quan sát viên có số đo thời gian riêng theo đồng hồ họ mang theo: những đồng hồ của các quan sát viên khác nhau không nhất thiết phù hợp nhau. Như thế thời gian đã trở thành một nhận thức cá nhân gắn liền với quan sát viên thực hiện phép đo.

Khi người ta tìm cách thống nhất hấp dẫn với cơ học lượng tử, người ta đã phải đưa vào khái niệm thời gian “ảo”. Thời gian ảo như nhau đối với mọi hướng không gian. Nếu ta có thể đi về hướng Bắc thì ta cũng có thể quay người và đi về phía Nam; tương tự nếu ta có thể đi trong thời gian ảo thì ta cũng có khả năng quay người và đi lui. Điều đó có nghĩa là không có sự khác biệt quan trọng nào giữa hướng trước và hướng sau của thời gian “ảo”, mặt khác khi ta xét thời gian “thực” thì có một sự khác biệt rất lớn giữa các hướng trước và sau, như chúng ta đều biết. Từ đâu ra sự khác biệt đó giữa quá khứ và tương lai? Tại sao chúng ta chỉ nhớ quá khứ mà không nhớ

tương lai?

Các định luật khoa học không phân biệt quá khứ với tương lai. Nói chính xác hơn, các định luật khoa học không thay đổi dưới tổ hợp các toán tự (hay là các phép đối xứng) được biết dưới các ký hiệu C, P và T (C biến đổi hạt thành phản hạt, P là phép đối xứng qua gương, do đó trái và phải thay chỗ nhau, còn T là phép đảo hướng chuyển động của hạt: kết quả là hạt chuyển động lùi). Các định luật khoa học điều khiển tiến trình của vật chất trong mọi tình huống bình thường là không thay đổi dưới tác động của tổ hợp hai toán tử C và P. Nói cách khác, sự sống vẫn sẽ là như thế đối với người ở hành tinh khác nếu họ là phản chiếu gương của chúng ta và được cấu tạo bằng phản vật chất chứ không phải bằng vật chất.

Nếu các định luật khoa học không thay đổi dưới tổ hợp các toán tử C và P và cả dưới tổ hợp C, P và T thì chúng ta cũng phải không thay đổi dưới tác động của một mình toán tử T. Song có một sự khác biệt lớn giữa hướng trước và hướng sau của thời gian trong đời sống thường ngày. Hãy tưởng tượng một cốc thủy tinh rơi từ bàn và vỡ tan dưới sàn. Nếu ta nhìn phim ghi lại hiện tượng đó, ta có thể dễ dàng nói rằng phim đang bị quay tới hay quay lui. Nếu phim bị quay lui thì ta sẽ thấy các mảnh vỡ bỗng nhiên tập kết lại với nhau, rời khỏi sàn và rồi nhảy lên bàn thành cái cốc nguyên vẹn. Sở dĩ ta nói được là phim đang quay lui là vì trong một tiến trình như vậy không bao giờ có thể quan sát được trong cuộc sống thường ngày. Vì ngược lại các nhà máy thủy tinh đã bị phá sản.

Người ta thường giải thích hiện tượng vì sao cốc vỡ dưới sàn không thể trở thành cốc lành trên bàn bằng định luật thứ hai của nhiệt động học. Định luật đó nói rằng trong một hệ thống kín thì vô trật tự hay entropi, luôn tăng với thời gian. Nói cách khác, đấy là một dạng của

định luật Murphy: mọi vật luôn tiến triển theo chiều xấu đi! Một cốc lành ở trên bàn là một trạng thái với trật tự cao còn một cốc vỡ dưới sàn nhà là một trạng thái vô trật tự. Người ta có thể đi dễ dàng từ cái cốc trên bàn đến cái cốc vỡ dưới sàn trong tương lai. Song không thể đi ngược lại.

Sự tăng vô trật tự hay entropi với thời gian là một thí dụ về cái gọi là mũi tên của thời gian, một khái niệm phân biệt quá khứ với hiện tại, một khái niệm xác định hướng của thời gian. Ít nhất có tới ba mũi tên khác nhau của thời gian. Thứ nhất là mũi tên nhiệt động học của thời gian, chỉ hướng của thời gian theo đó vô trật tự hay entropi tăng lên. Tiếp đến là mũi tên tâm lý học của thời gian. Đó là hướng theo đó chúng ta cảm nhận được thời gian đang chảy, theo đó chúng ta chỉ nhớ quá khứ mà không có thể có bất cứ một lưu niệm nào của tương lai. Cuối cùng là mũi tên vũ trụ học của thời gian. Đó là hướng của thời gian, theo đó vũ trụ nở ra chứ không co lại.

Trong chương này tôi sẽ chứng minh rằng điều kiện không có biên của vũ trụ kết hợp với nguyên lý vị nhân yếu có thể giải thích được vì sao phải tồn tại một mũi tên thời gian có hướng xác định. Tôi sẽ chứng minh rằng mũi tên tâm lý học được xác định bởi mũi tên nhiệt động học và hai mũi tên đó nhất thiết phải luôn luôn chỉ cùng hướng. Nếu ta giả định điều kiện không có biên cho vũ trụ, ta sẽ thấy tồn tại các mũi tên nhiệt động học và vũ trụ học của thời gian, song chúng không chỉ về cùng một hướng trong suốt lịch sử của vũ trụ. Nhưng tôi sẽ chứng minh rằng chỉ trong trường hợp khi chúng chỉ về cùng một hướng thì mới có những điều kiện thuận lợi cho sự phát triển những sinh vật trí tuệ có khả năng đặt ra câu hỏi: vì sao vô trật tự tăng theo hướng thời gian, theo đó vũ trụ nở ra?

Tôi sẽ bàn trước tiên đến mũi tên nhiệt động học của thời gian. Định

luật thứ hai của nhiệt động học được suy ra từ dữ kiện: luôn luôn có nhiều trạng thái vô trật tự hơn trạng thái có trật tự. Ví dụ, hãy xét những miếng lắp hình trong một trò chơi. Có một và chỉ có một cách xếp những miếng lắp hình này thành một hình cho trước. Mặt khác có vô số cách xếp trong đó có những miếng lắp hình vô trật tự và không tạo thành một hình nào cả.

Giả sử một hệ xuất phát từ một trong số ít ỏi các trạng thái trật tự. Cùng với thời gian, hệ sẽ tiến triển theo các định luật khoa học và trạng thái của hệ thay đổi. Ở một thời điểm sau, có nhiều xác suất để hệ rơi vào một trạng thái vô trật tự hơn là một trạng thái trật tự bởi vì có nhiều trạng thái vô trật tự hơn. Như thế vô trật tự sẽ có chiều hướng tăng lên với thời gian nếu hệ lúc ban đầu có một trật tự cao.

Giả sử các miếng lắp hình lúc ban đầu nằm trong hộp trò chơi theo một cách xếp trật tự và tạo thành một hình. Nếu ta lắc hộp, các miếng lắp hình sẽ được xếp lại theo cách khác. Đó sẽ là một cách xếp vô trật tự, trong đó các mảnh không tạo thành một hình nào, vì một lý do đơn giản là có nhiều cách xếp vô trật tự hơn. Một số nhóm các mảnh có thể vẫn còn tạo thành một số bộ phận của hình ban đầu, song càng lắc hộp thì càng có nhiều xác suất là các nhóm đó cũng tan vỡ và các mảnh sẽ rơi vào trạng thái hoàn toàn vô trật tự, trong đó các mảnh không còn tạo nên một hình dạng nào cả. Như thế vô trật tự của các mảnh sẽ có nhiều xác suất tăng lên với thời gian nếu ban đầu chúng ở trạng thái có trật tự cao.

Song bây giờ giả sử rằng Chúa đã quyết định là vũ trụ phải kết thúc bằng một trạng thái có trật tự cao bất kể trạng thái ban đầu là như thế nào. Như vậy ở những giai đoạn sớm vũ trụ có nhiều xác suất ở vào trạng thái vô trật tự. Điều đó có nghĩa là vô trật tự sẽ giảm theo

thời gian và ta sẽ thấy cốc vỡ tập kết lại thành cốc lành và nhảy lên bàn. Những con người quan sát được cái cốc đó sẽ phải sống trong một vũ trụ ở đấy vô trật tự giảm với thời gian. Tôi sẽ chứng minh rằng những con người như thế sẽ có mũi tên tâm lý học của thời gian hướng về phía sau. Nghĩa là họ sẽ nhớ các sự kiện trong tương lai mà không nhớ các sự kiện trong quá khứ. Khi cốc vỡ, họ sẽ nhớ nó lúc ở trên bàn, họ sẽ không nhớ lúc nó ở dưới sàn.

Rất khó nói về trí nhớ của con người bởi vì chúng ta không biết bộ não hoạt động chi tiết như thế nào. Song có lẽ chúng ta biết rõ cách hoạt động của bộ nhớ các máy tính điện tử. Vì vậy tôi sẽ bàn về mũi tên tâm lý học của thời gian đó với máy tính điện tử. Tôi cho rằng ta có lý khi giả định rằng mũi tên đối với máy tính điện tử trùng với mũi tên đối với con người. Nếu không chúng ta có thể trúng to tại thị trường chứng khoán bằng cách sử dụng một máy tính điện tử có khả năng nhớ giá cả của ngày mai.

Bộ nhớ của máy tính điện tử cơ bản là một thiết bị chứa những yếu tố có thể nằm ở một trong hai trạng thái. Một ví dụ đơn giản là cái bàn tính. Trong dạng đơn giản nhất, bàn tính gồm một số dây kim loại, trên mỗi dây sâu một hạt, hạt có thể ở một trong hai vị trí. Trước khi một thông tin được ghi vào bộ nhớ của máy tính, bộ nhớ ở trong một trạng thái vô trật tự, với xác suất bằng nhau cho các cặp trạng thái khả dĩ (các hạt của bàn tính phân bố ngẫu nhiên trên các dây). Sau khi bộ nhớ tương tác với hệ cần nhớ, bộ nhớ sẽ ở vào một trạng thái nhất định ứng với trạng thái của hệ. (Mỗi hạt trên bàn tính sẽ ở hoặc bên trái hoặc bên phải của dây). Như thế bộ nhớ chuyển từ một trạng thái vô trật tự sang một trạng thái trật tự.

Song, để thực hiện sử chuyển trạng thái đó, cần phải tiêu tốn một năng lượng (để chuyển động các hạt của bàn tính hoặc cung cấp

điện năng cho máy tính điện tử). Năng lượng này sẽ khuếch tán thành nhiệt năng và làm tăng vô trật tự của vũ trụ. Người ta có thể chứng minh rằng độ gia tăng vô trật tự này luôn luôn lớn hơn độ gia tăng trật tự của bản thân bộ nhớ. Như thế lượng nhiệt xua đi bởi cái quạt làm mát máy tính là bằng chứng nói rằng khi máy tính ghi một thông tin vào bộ nhớ thì tổng vô trật tự trong vũ trụ tăng lên. Hướng đi của thời gian theo đó một máy tính ghi lại quá khứ trong bộ nhớ là cùng hướng với sự gia tăng vô trật tự.

Như thế sự cảm nhận chủ quan của chúng ta về hướng đi của thời gian, tức mũi tên tâm lý học của thời gian, được xác định trong bộ não bởi mũi tên nhiệt động học của thời gian. Tương tự như máy tính điện tử, chúng ta phải nhớ sự việc theo thứ tự mà entropi tăng. Điều này làm cho định luật thứ hai của nhiệt động học trở thành hầu như hiển nhiên. Vô trật tự tăng với thời gian vì chúng ta đo thời gian theo hướng tăng của vô trật tự. Bạn không thể có một cách đánh cuộc nào khác chắc ăn hơn!.

Nhưng vì sao nói chung lại tồn tại một mũi tên nhiệt động học của thời gian? Hay nói cách khác, vì sao vũ trụ phải ở trong một trạng thái trật tự cao ở đầu kia của thời gian, đầu mà người ta gọi là quá khứ? Tại sao vũ trụ không nằm trong một trạng thái vô trật tự ở mọi thời gian? Nói cho cùng, điều này có vẻ như nhiều xác suất hơn. Và tại sao hướng đi của thời gian theo đó vô trật tự tăng lại trùng khớp với hướng theo đó vũ trụ nở ra?

Trong lý thuyết tương đối rộng cổ điển người ta không thể tiên đoán được vũ trụ đã bắt đầu như thế nào bởi vì mọi định luật khoa học đã biết đều không đúng tại điểm kỳ dị của vụ nổ lớn. Vũ trụ có thể bắt đầu từ một trạng thái rất đồng nhất và trật tự, điều này sẽ dẫn đến mũi tên nhiệt động học và vũ trụ học xác định của thời gian như

chúng ta quan sát. Song vũ trụ có thể hoàn toàn bắt đầu tự một trạng thái rất không đồng nhất và vô trật tự. Trong trường hợp này vì vũ trụ đã ở trong trạng thái rất vô trật tự rồi, cho nên vô trật tự không thể tăng theo thời gian nữa. Vô trật tự hoặc không thay đổi, lúc này không tồn tại mũi tên nhiệt động học xác định của thời gian, hoặc giảm đi, lúc này mũi tên nhiệt động học của thời gian chỉ hướng ngược lại của mũi tên vũ trụ học. Các khả năng này không phù hợp với điều ta quan sát được. Song ở đây lý thuyết tương đối rộng cổ điển tự tiên đoán sự sụp đổ của mình. Khi độ cong của không - thời gian trở nên lớn, các hiệu ứng hấp dẫn lượng tử trở nên quan trọng và lý thuyết cổ điển không còn mô tả tốt vũ trụ được nữa. Để hiểu được vũ trụ đã bắt đầu như thế nào, ta phải sử dụng một lý thuyết hấp dẫn lượng tử.

Trong một lý thuyết hấp dẫn lượng tử muốn xác định trạng thái của vũ trụ chúng ta cần phải biết cách diễn biến của mọi lịch sử khả dĩ của vũ trụ ở biên không - thời gian trong quá khứ. Ta có thể tránh việc mô tả những gì mà ta không biết và không thể biết được nếu cho rằng các lịch sử thỏa mãn điều kiện không có biên: chúng hữu hạn song không có biên, không có kỳ dị. Trong trường hợp đó, khởi điểm thời gian là một điểm không kỳ dị của không - thời gian và vũ trụ bắt đầu quá trình giãn nở từ một trạng thái đồng nhất và trật tự. Song vũ trụ không thể tuyệt đối đồng nhất vì như thế nó sẽ vi phạm nguyên lý bất định của lý thuyết lượng tử. Phải tồn tại những thăng giáng nhỏ và mật độ và vận tốc các hạt. Mặt khác điều kiện không có biên buộc rằng các thăng giáng đó phải đủ nhỏ, nhưng trong mức độ cho phép của nguyên lý bất định.

Vũ trụ có thể bắt đầu bằng một giai đoạn giãn nở hàm mũ hay giãn nở “lạm phát”, trong giai đoạn này vũ trụ đã gia tăng kích thước

nhiều lần. Trong quá trình giãn nở này, các thăng giáng mật độ lúc đầu có thể nhỏ, song sau đó thì bắt đầu lớn lên. Những vùng với mật độ lớn hơn trung bình một tý giãn nở chậm hơn vì lực hút hấp dẫn của khối lượng thừa. Những vùng như thế có thể ngừng giãn nở và co lại để hình thành những thiên hà, các sao và cả những sinh vật như chúng ta. Vũ trụ có thể bắt đầu từ một trạng thái đồng nhất và trật tự, và dần dần trở thành không đồng nhất và vô trật tự. Điều này có thể giải thích mũi tên nhiệt động học của thời gian.

Song điều gì sẽ xảy ra nếu vũ trụ ngừng giãn nở và bắt đầu co lại? Mũi tên nhiệt động học có đổi hướng không và vô trật tự có giảm đi với thời gian không? Sự đảo ngược này sẽ dẫn đến những tình huống khoa học viễn tưởng cho những người sống sót sau thời điểm chuyển pha từ quá trình co lại sang quá trình co lại của vũ trụ. Những người này sẽ thấy những mảnh vỡ tập kết lại từ dưới sàn thành cốc lành và nhảy lên bàn chăng? Họ sẽ nhớ được giá cả của ngày mai và trúng to trên thị trường chứng khoán chăng?

Nỗi lo lắng điều gì sẽ xảy ra khi vũ trụ co trở lại ít nhiều mang tính chất kinh viện vì lẽ rằng vũ trụ có co lại cũng ít nhất cũng vài chục tỷ năm nữa. Song có một cách nhanh chóng hơn để biết điều gì sẽ xảy ra lúc đó là nhảy vào một lỗ đen. Quá trình co lại của một sao để hình thành một lỗ đen rất giống những giai đoạn cuối của quá trình co lại của toàn bộ vũ trụ. Như thế nếu vô trật tự giảm trong pha co lại của vũ trụ thì vô trật tự cũng phải giảm trong lòng một lỗ đen. Như thế có thể người du hành vũ trụ khi rơi vào một lỗ đen sẽ trúng to trên bàn bi quay bằng cách nhớ lại bi đã rơi vào đâu trước khi anh ta đặt cược (song tiếc thay anh ta không đủ thời gian chơi lâu trước khi biến thành sợi mỳ ống. Anh ta cũng không thể thông báo cho chúng ta biết về sự đảo hướng của mũi tên nhiệt động học, thậm chí

cũng không đưa kịp tiền thắng cược của mình vào ngân hàng vì anh ta bị cuốn mất sau chân trời sự cố của lỗ đen). Lúc đầu tôi những tưởng rằng vô trật tự sẽ giảm khi vũ trụ co lại. Tôi tưởng thế vì tôi cho là vũ trụ sẽ quay về trạng thái đồng nhất và trật tự khi nó trở thành nhỏ. Điều này có nghĩa là pha co lại là nghịch đảo theo thời gian của pha giãn nở. Mọi người sống trong pha co lại sẽ sống cuộc đời chảy lùi: họ sẽ chết trước lúc sinh ra và càng ngày càng trẻ ra lúc vũ trụ co nhỏ lại.

Ý tưởng trên rất hấp dẫn vì thiết lập được một đối xứng đẹp giữa hai pha giãn nở và co lại. Song chúng ta không thể chấp nhận ý tưởng này một cách tự thân, độc lập với những ý tưởng khác về vũ trụ. Câu hỏi nảy sinh là: ý tưởng này tương thích hay mẫu thuẫn với điều kiện không có biên? Như đã nói ở trên tôi đã nghĩ lúc đầu rằng điều kiện không có biên ắt đòi hỏi rằng vô trật tự sẽ giảm đi trong pha co lại. Ở đây tôi nhầm một phần vì liên tưởng đến mặt quả đất. Nếu ta lấy cực Bắc làm điểm bắt đầu tương ứng của vũ trụ, thì điểm kết thúc của vũ trụ sẽ tương tự như điểm ban đầu, hoàn toàn giống như cực Nam tương tự với cực Bắc. Song cực Bắc và cực Nam chỉ tương ứng với điểm bắt đầu và kết thúc của vũ trụ trong thời gian ảo mà thôi. Điểm bắt đầu và điểm kết thúc của vũ trụ có thể rất khác nhau trong thời gian thực.

Tôi nhầm phần khác vì một công trình tôi làm trước dựa trên một mô hình đơn giản của vũ trụ trong đó pha co lại là nghịch đảo theo thời gian của pha giãn nở. Nhưng một bạn đồng nghiệp của tôi, Don Page ở đại học quốc gia Pennsylvania đã chỉ ra rằng điều kiện không có biên không đòi hỏi pha co lại nhất thiết phải là nghịch đạo theo thời gian của pha giãn nở. Sau đó một sinh viên của tôi, Raymond Laflamme đã phát hiện rằng trong một mô hình phức tạp

hơn một chút thì sự co lại của vũ trụ khác xa sự giãn nở. Tôi hiểu rằng tôi đã nhầm: điều kiện không có biên ngụ ý rằng vô trật tự thực tế vẫn tiếp tục tăng trong quá trình co lại. Các mũi tên nhiệt động học và tâm lý học của thời gian sẽ không đảo hướng cả trong lỗ đen, lẫn khi vũ trụ bắt đầu co lại.

Bạn phải làm gì khi nhận ra mình đã nhầm như thế? Một số người chẳng bao giờ chấp nhận mình sai và tiếp tục tìm ra những lý lẽ mới, thường mâu thuẫn với nhau để bảo vệ quan điểm của mình như trường hợp Eddington đã làm để chống lại thuyết các lỗ đen. Một số người khác phủ nhận rằng đã thực tế bảo vệ quan điểm sai lầm, hoặc nếu có bảo vệ thì cũng chỉ vì muốn vạch ra sai lầm của quan điểm đó. Theo ý tôi tốt hơn cả là công bố trên báo quan điểm sai lầm của mình. Một ví dụ đẹp là trường hợp Einstein khi cho rằng hằng số vũ trụ mà ông đưa vào lý thuyết để thiết lập mô hình tĩnh của vũ trụ là sai lầm lớn nhất của đời mình.

Quay trở lại mũi tên của thời gian, còn lại câu hỏi: vì sao ta quan sát thấy các mũi tên của nhiệt động học và vũ trụ học là đồng hướng? Hay nói cách khác, vì sao vô trật tự tăng lên theo hướng của thời gian theo đó vũ trụ giãn nở? Nếu ta tin tưởng rằng vũ trụ giãn nở rồi sau đó sẽ co lại, điều này dường như đã tiềm ẩn trong điều kiện không có biên, thì câu hỏi trên trở thành câu hỏi vì sao chúng ta phải ở vào pha giãn nở chứ không phải pha co lại?

Chúng ta có thể trả lời câu hỏi này trên cơ sở của nguyên lý vị nhân yếu. Các điều kiện trong pha co lại không cho phép sự tồn tại các sinh vật có trí tuệ để mà có khả năng đặt ra câu hỏi: Vì sao vô trật tự tăng theo hướng của thời gian theo đó vũ trụ giãn nở? Sự giãn nở lạm phát trong những giai đoạn sớm của vũ trụ, tiên đoán bởi giả thiết không có biên, có nghĩa là vũ trụ phải giãn nở gần tốc độ tới

hạn, với tốc độ vũ trụ vừa vặn tránh được quá trình co lại, và như thế sẽ không co lại trong một thời gian rất dài. Đến lúc đó các sao sẽ cháy và các proton và neutron trong các sao sẽ phân rã thành bức xạ và các hạt nhẹ. Vũ trụ sẽ ở vào trạng thái gần như vô trật tự hoàn toàn. Mũi tên nhiệt động học của thời gian sẽ không xác định. Vô trật tự không thể tăng hơn vì vũ trụ đã rơi vào trạng thái gần vô trật tự hoàn toàn.

Song, một mũi tên nhiệt động học xác định là cần thiết cho sự sống có trí tuệ. Để sống, con người cần thức ăn vốn ở dạng trật tự của năng lượng, biến đổi thức ăn thành nhiệt năng là dạng vô trật tự của năng lượng. Như vậy sức sống có trí tuệ không thể tồn tại trong pha co lại của vũ trụ điều này giải thích vì sao ta quan sát thấy các mũi tên nhiệt động học và vũ trụ học của thời gian đều chỉ về một hướng. Không phải sự giãn nở của vũ trụ làm cho vô trật tự tăng lên. Đúng hơn là điều kiện không có biên làm cho vô trật tự tăng lên và các điều kiện trở nên thích hợp cho sự sống trí tuệ chỉ trong pha giãn nở của vũ trụ.

Tóm lại, các định luật khoa học không phân biệt hướng tới và hướng lui của thời gian. Song ít nhất có ba mũi tên thời gian làm phân biệt quá khứ với tương lai. Đó là mũi tên nhiệt động học chỉ hướng theo thời gian theo đó vô trật tự tăng lên; mũi tên tâm lý học chỉ hướng theo thời gian theo đó chúng ta chỉ nhớ quá khứ mà không nhớ tương lai và mũi tên vũ trụ học chỉ hướng theo thời gian theo đó vũ trụ giãn nở chứ không co lại. Tôi đã chứng minh rằng mũi tên tâm lý học và mũi tên nhiệt động học thực chất là một, vì chúng chỉ cùng hướng. Giả thiết không có biên cho vũ trụ dẫn đến sự tồn tại của một mũi tên nhiệt động học xác định của thời gian vì vũ trụ phải xuất phát từ một trạng thái thống nhất và trật tự. Và lý do làm sao ta quan

sát mũi tên nhiệt động học cùng hướng với mũi tên vũ trụ học là các sinh vật có trí tuệ chỉ có thể tồn tại trong pha giãn nở. Pha co lại của vũ trụ không thích hợp cho sự sống có trí tuệ vì trong pha này không tồn tại mũi tên nhiệt động học định hướng rõ ràng.

Tiến bộ của loài người trong quá trình nhận thức đã thiết lập nên một góc nhỏ trật tự trong cái vô trật tự ngày càng tăng của vũ trụ. Nếu bạn nhớ mỗi chữ trong quyển sách này, trí nhớ của bạn đã ghi nhận khoảng hai triệu đơn vị thông tin: trật tự trong bộ não của bạn đã tăng lên chừng hai triệu đơn vị. Song khi bạn đóng quyển sách này bạn đã biến ít nhất hai ngàn calo năng lượng trật tự ở dạng thức ăn thành năng lượng vô trật tự ở dạng nhiệt mà bạn mất đi vào môi trường xung quanh do đối lưu và bay hơi mồ hôi. Điều này sẽ làm tăng vô trật tự của vũ trụ khoảng 20 triệu triệu triệu triệu đơn vị hay khoảng mười triệu triệu triệu lần số gia tăng trật tự trong bộ não của bạn, nếu bạn nhớ mọi thứ trong quyển sách này.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 10

Lý thuyết thống nhất của vật lý học

Chúng ta đều biết xây dựng một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh của vạn vật trong vũ trụ là một việc vô cùng khó khăn. Song thay vì, chúng ta đã đạt nhiều tiến bộ trong việc xây dựng nhiều lý thuyết riêng phần có khả năng mô tả một tập hợp giới hạn nhiều hiện tượng bằng cách bỏ qua các hiệu ứng khác hoặc xấp xỉ chúng bằng một số đại lượng. (Ví dụ, hóa học cho phép chúng ta tính tương tác của các nguyên tử mà không cần biết cấu trúc nội tại của hạt nhân nguyên tử). Nhưng cuối cùng mà nói, người ta luôn hy vọng tìm ra một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh đúng đắn bao trùm lên tất cả các lý thuyết riêng phần như những phép gần đúng và không cần điều chỉnh cho phù hợp với thực nghiệm bằng cách chọn lựa giá trị của một số đại lượng tùy tiện trong lý thuyết. Sự tìm kiếm một lý thuyết như thế được gọi là sự tìm kiếm “lý thuyết thống nhất của vật lý”.

Einstein đã để phần lớn những năm cuối đời để tìm một lý thuyết thống nhất, nhưng vô vọng vì thời điểm chưa chín mùi: lúc bấy giờ người ta đã có lý thuyết riêng phần của hấp dẫn, của điện từ nhưng người ta đã biết rất ít về lực hạt nhân. Hơn nữa Einstein lại phủ nhận thực tại của cơ học lượng tử, mặc dầu ông đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của cơ học lượng tử. Mà nguyên lý bất định chắc chắn lại là một đặc thù cơ bản của vũ trụ ta đang sống. Vì vậy một lý thuyết thống nhất thành công phải chứa đựng nguyên lý này.

Như tôi sẽ trình bày, hiện nay triển vọng để tìm ra một lý thuyết như thế rất sáng sủa bởi vì chúng ta đã biết về vũ trụ khá nhiều. Song cũng phải cảnh giác về một niềm quá tự tin - chúng ta trước đây cũng từng có nhiều lần bất chợt những tia sáng giả tạo như vậy. Ví dụ vào đầu thế kỷ này, chúng ta đã nghĩ rằng mọi việc có thể giải thích nhờ các tính chất của môi trường liên tục như tính đàn hồi, tính dẫn nhiệt. Sự phát hiện cấu trúc nguyên tử và nguyên lý bất định đã kết liễu dòng tư tưởng này.

Sau đó lại một lần nữa, năm 1928 nhà vật lý đoạt giải Nobel Max Born đã phát biểu với một nhóm đến tham quan trường đại học Gottingen: “Vật lý, như chúng ta đã quan niệm, sẽ kết thúc trong vòng 6 tháng”. Niềm tin của Max Born dựa trên cơ sở sự phát hiện bởi Dirac phương trình mô tả chuyển động của electron. Người ta nghĩ rằng một phương trình tương tự cũng sẽ mô tả chuyển động của proton, vốn là một hạt khác duy nhất được biết vào lúc bấy giờ, và điều đó có nghĩa là vật lý lý thuyết cáo chung. Nhưng sự phát hiện neutron và lực hạt nhân đã làm thay đổi tất cả. Dẫu nói lên điều này, tôi vẫn tin rằng đã có nhiều cơ sở cho một niềm lạc quan thận trọng rằng chúng ta hiện nay đang ở gần giai đoạn cuối trên quá trình tìm ra những định luật cơ bản của thiên nhiên.

Trước đây tôi đã mô tả lý thuyết tương đối rộng vốn là thuyết riêng phần về hấp dẫn và những lý thuyết riêng phần khác về các tương tác yếu, mạnh và điện từ. Ba tương tác sau có thể tổng hợp lại thành lý thuyết thống nhất lớn (GUT), lý thuyết này không hoàn chỉnh vì nó không bao hàm hấp dẫn và vì nó chứa một số đại lượng, như khối lượng tương đối của nhiều hạt khác nhau, mà chúng ta không tiên đoán được từ lý thuyết mà phải chọn để có được kết quả phù hợp với thực nghiệm. Khó khăn chủ yếu trong quá trình tìm

kiếm một lý thuyết có khả năng thống nhất hấp dẫn với các tương tác khác là lý thuyết tương đối rộng - một lý thuyết “cổ điển”, có nghĩa là lý thuyết này không chứa đựng nguyên lý bất định của cơ học lương tử. Mặt khác, các lý thuyết riêng phần khác lại phụ thuộc thiết yếu vào cơ học lượng tử.

Vì vậy bước đầu tiên cần thiết là kết hợp lý thuyết tương đối rộng với nguyên lý bất định. Nguyên lý bất định đưa đến kết quả là “chân không” cũng chứa đầy các cặp ảo hạt và phản hạt. Những cặp này có một năng lượng vô cùng lớn và vì vậy chúng có một khối lượng lớn vô cùng theo phương trình nổi tiếng của Einstein E = mc2. Lực hút hấp dẫn của chúng sẽ uốn cong vũ trụ vào một kích thước vô cùng bé.

Tương tự như thế, những đại lượng vô cùng lớn vô nghĩa cũng xuất hiện trong các lý thuyết riêng phần khác, song trong tất cả các trường hợp, những đại lượng này đều có thể loại bỏ nhờ quá trình tái chuẩn hóa. Quá trình này loại bỏ những đại lượng vô cùng lớn bằng cách đưa vào những đại lượng khác cũng lớn vô cùng. Mặc dầu kỹ thuật đáng ngờ về mặt toán học nhưng tỏ ra hữu hiệu về mặt thực hành và được sử dụng trong các lý thuyết đó để đưa ra các tiên đoán lý thuyết phù hợp với thực nghiệm với một độ chính xác kỳ diệu. Song phép tái chuẩn hóa chứa một khiếm khuyết nghiêm trọng xét từ quan điểm đi tìm một lý thuyết hoàn chỉnh, bởi vì rằng theo phép này thì giá trị của các khối lượng và cường độ các tương tác không thể tiên đoán từ lý thuyết mà phải được chọn sao cho phù hợp với thực nghiệm.

Để đưa nguyên lý bất định vào lý thuyết tương đối rộng, chúng ta chỉ có hai đại lượng cần hiệu chỉnh: hằng số hấp dẫn và hằng số vũ trụ. Song điều chỉnh chúng cũng chưa đủ để loại trừ tất cả các đại lượng

vô cùng lớn. Như vậy người ta đi đến một lý thuyết trong đó một số đại lượng, như độ cong của không - thời gian, quả là lớn vô cùng, song chúng ta phải quan sát và đo được chúng như những đại lượng hữu hạn hoàn toàn!

Vấn đề kết hợp lý thuyết tương đối rộng với nguyên lý bất định đã bị nghi ngờ trong một thời gian nhưng cuối cùng được xác nhận nhờ những tính toán chi tiết vào năm 1972. Bốn năm sau, một lời giải, gọi là "siêu hấp dẫn" được đưa ra. Ý tưởng của siêu hấp dẫn là kết hợp hạt spin 2 gọi là graviton, lượng tử truyền lực hấp dẫn, với những hạt mới khác có spin 3/2, 1, 1/2 và 0. Trong một ý nghĩa nhất định tất cả những hạt này có thể được xem là những trạng thái khác nhau của cùng một "siêu hạt", như thế ta thống nhất được những hạt vật chất có spin 1/2 và 3/2 với những hạt truyền tương tác có spin 0, 1 và 2. Cặp ảo hạt/phản hạt có spin 1/2 và 3/2 sẽ có năng lượng âm, và như thế sẽ triệt tiêu năng lượng của các cặp ảo hạt có spin 2, 1 và 0. Điều này loại được nhiều đại lượng lớn vô cùng, song một số đại lượng như thế có thể còn sót lại. Nhưng những phép tính cần thiết để chứng minh rằng có còn sót lại một số đại lượng như thế hay không là quá khó và quá dài đến nỗi không ai sẵn sàng thực hiện chúng. Ngay cả với máy tính, người ta ước lượng cũng phải cần ít nhất 4 năm, và xác suất phạm một phép tính sai hoặc có thể nhiều hơn, là rất lớn. Vì vậy người ta dám tin rằng mình đã tính đúng chỉ khi nào có một người nào khác lặp lại những phép tính đó và cũng thu được một kết quả tương tự, và điều này xem chừng khó xảy ra.

Dẫu có những khả năng đó và thực tế các hạt trong các lý thuyết siêu hấp dẫn xem chừng không tương thích với các hạt quan sát được, đa số các nhà vật lý tin tưởng rằng siêu hấp dẫn có nhiều xác

suất là câu trả lời đúng đắn cho bài toán lý thuyết thống nhất của vật lý. Hình như đây là con đường tốt nhất để thống nhất hấp dẫn với các tương tác khác. Song đến năm 1984 thì ý kiến thay đổi nghiêng về cái gọi là những lý thuyết dây. Trong lý thuyết dây, những đối tượng cơ bản không phải là các hạt, vốn chỉ chiếm một điểm không).

gian, mà là một thực thể có độ dài và không có chiều nào khác, giống như một sợi dây vô cùng mảnh. Những sợi dây này có thể có mút (gọi là dây hở) hoặc chúng có các mút trùng nhau để tạo thành một vòng (gọi là dây kín) (xem các Hình 10.1 và 10.2

Mỗi hạt chiếm một điểm không gian tại mỗi điểm thời gian. Như thế lịch sử của nó có thể biểu diễn được bởi một đường trong không - thời gian (đó là “đường vũ trụ”). Còn một dây thì chiếm một đường trong không gian tại mỗi thời điểm. Vì vậy lịch sử của nó là một mặt hai chiều gọi là mặt vũ trụ (mỗi điểm trên mặt vũ trụ như thế được mô tả bởi hai số: một số xác định thời gian còn số kia xác định vị trí của điểm trên dây). Mặt vũ trụ của một dây hở là một giải; hai đường biên là một quỹ đạo các mút trong không - thời gian (H. 10.1). Mặt vũ trụ của một dây kín là một ống hình trụ (H.10.2) với mặt cắt là một đường cong kín mô tả vị trí của dây tại một thời điểm.

Hai dây có thể nối với nhau thành một dây; trong trường hợp dây hở chúng nối nhau tại điểm mút (H.10.3), trong trường hợp dây kín thì chúng nối nhau như hai ống may lại với nhau trong một cái quần (H.10.4).

Tương tự như vậy, một dây có thể phân thành hai dây. Trong lý

thuyết dây, thực tế trước đây được xem như là hạt thì giờ đây được biểu diễn như

những sóng chạy dọc theo dây, giống như những sóng trên một dây đàn rung. Quá trình bức xạ hoặc hấp thụ một hạt bởi một hạt khác ứng với quá trình phân rã hoặc tổng hợp của các dây. Ví dụ, lực hấp dẫn của mặt trời lên trái đất được biểu diễn trong lý thuyết hạt như phát sinh trong quá trình bức xạ graviton bởi một hạt của mặt trời và hấp thụ bởi một hạt của trái đất (H.10.5). Còn trong lý thuyết dây, quá trình này ứng với một ống có dạng hình chữ H (H.10.6). Hai ống đứng của chữ H ứng với các hạt của mặt trời và của trái đất, còn ống ngang ứng với hạt graviton chuyển động giữa các hạt trên.

Lý thuyết dây có một lược sử lý thú. Đầu tiên cuối những năm 60, lý thuyết dây được xây dựng để mô tả tương tác mạnh. Tư tưởng xuất phát là các hạt như proton và neutron có thể xem như sóng của một dây. Lực tương tác giữa các hạt sẽ được mô tả bởi những đoạn nối giữa các dây như trong một mạng nhện. Để lý thuyết này cho những trị số quan sát được của tương tác mạnh giữa các hạt, các dây này phải giống như những dây cao su với lực kéo khoảng mười tấn.

Năm 1974, Joel Scherk ở Paris và John Schwarz ở Viện công nghệ California công bố một bài báo chỉ rằng lý thuyết dây có thể mô tả lực hấp dẫn nếu lực căng của dây lớn hơn nhiều, khoảng nghìn triệu triệu triệu triệu triệu triệu triệu (1 với 39 số không) tấn. Những tiên đoán của lý thuyết dây trùng với những tiên đoán của thuyết

tương đối rộng ở các độ dài bình thường, song khác nhau ở các khoảng cách cực bé, nhỏ hơn một phần nghìn triệu triệu triệu triệu triệu centimet (1centimet chia cho 1 với 33 số không). Song công trình của hai tác giả trên không nhận được sự chú ý đặc biệt, bởi vì vào đúng khoảng thời gian đó đa số từ bỏ lý thuyết dây của tương tác mạnh để theo đuổi lý thuyết quark và gluon vì lý thuyết sau có vẻ phù hợp với quan sát thực nghiệm. Scherk chết trong hoàn cảnh bi thảm (ông bị bệnh đái đường rơi vào trạng thái hôn mê khi không có một ai bên cạnh để chích cho ông một mũi insulin). Như thế chỉ còn lại Schwarz là người duy nhất bênh vực cho lý thuyết dây, nhưng bây giờ với một trị số giả định cao hơn nhiều của lực căng.

Năm 1984 sự quan tâm đến lý thuyết dây đột ngột được tái sinh, vì hai lý do. Lý do thứ nhất là thực tế người ta không thu được tiến bộ gì nhiều trong việc chứng minh rằng siêu hấp dẫn là hữu hạn hoặc siêu hấp dẫn có khả năng giải thích các loại hạt mà chúng ta quan sát được. Lý do thứ hai là sự ra đời bài báo của John Schwarz và Mike Green ở Đại học Nữ hoàng Mary, London chứng minh rằng lý thuyết dây có thể giải thích sự tồn tại các hạt xoắn trái nội tại đã được quan sát. Dẫu lý do thế nào đi nữa, một số đông đã đổ vào lý thuyết dây, và một phương án mới được phát triển, cái gọi là dây hỗn hợp (heterotic), phương án này dường như giải thích được các loại hạt quan sát.

Lý thuyết dây cũng dẫn đến những vô hạn, song người ta nghĩ rằng chúng sẽ bị loại trừ trong những phương án như dây hỗn hợp (mặc dầu hiện nay điều đó chưa chắc chắn). Lý thuyết dây cũng có vấn đề: các lý thuyết này chỉ đúng nếu không - thời gian có hoặc mười hoặc hai mươi sáu chiều, chứ không phải là bốn. Các chiều không gian phụ sẽ là cơ sở cho khoa học viễn tưởng: Thực vậy, các chiều

đó có khi là cần thiết, nếu không có chúng thì chắc chắn phải có một thời gian rất lớn để đi đến được các sao và thiên hà vì thuyết tương đối buộc rằng chúng ta không thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng.

Ý tưởng khoa học viễn tưởng là hy vọng chúng ta có thể tìm được một quỹ đạo tắt theo một chiều phụ. Ta có thể hình dung được điều này như sau. Hãy tưởng tượng rằng không - thời gian chúng ta sống chỉ có hai chiều và cong như một mặt hình xuyến (H.10.7). Nếu bạn ở điểm A và muốn đi đến điểm B thì bạn phải đi theo đường AMB (đường đậm nét) trên mặt xuyến. Song nếu có chiều thứ ba thì bạn có thể du hành theo chiều đó dọc đường AEB (đường gạch) nhiều lần ngắn hơn AMB.

Tại sao chúng ta không cảm nhận được các chiều phụ đó, nếu quả thật chúng tồn tại? Tại sao chúng ta chỉ thấy được ba chiều không gian và một chiều thời gian? Một gợi ý giải thích điều đó là các chiều phụ bị uốn cong thành một không gian có kích thước rất nhỏ, cỡ một phần triệu triệu triệu triệu triệu inch. Không gian này quá nhỏ nên chúng ta không thấy được: chúng ta chỉ thấy thời gian một chiều và không gian ba chiều, trong đó không - thời gian gần như phẳng. Điều này giống như mặt một quả cam: nếu như bạn nhìn gần sát bạn sẽ thấy những chỗ cong và nhăn nheo, song nếu bạn nhìn từ khoảng cách xa, bạn sẽ không thấy những chỗ lồi lõm và mặt quả cam gần như trơn tru.

Đối với không thời gian cũng vậy: ở một kích thước rất bé ta có một không gian mười chiều, có độ cong lớn, song ở những kích thước lớn hơn bạn sẽ thấy độ cong hoặc các chiều phụ. Nếu bức tranh đó là đúng thì có khó khăn cho những người muốn du hành vào vũ trụ: các chiều phụ quá bé để con tàu vũ trụ có thể lọt qua. Tại sao chỉ có

một số chiều, chứ không phải tất cả, bị uốn cong trong một quả cầu nhỏ? Có thể đoán chừng rằng trong những giai đoạn sớm của vũ trụ, tất cả các chiều đều bị uốn cong rất nhiều. Tại sao chỉ một chiều thời gian và ba chiều không gian mở phẳng ra, còn các chiều khác thì vẫn ở trong trạng thái bị uốn cong?

Một câu trả lời là nguyên lý vị nhân. Một không gian hai chiều không đủ để cho phép hình thành những sinh vật phức tạp như con người. Ví dụ, những sinh vật hai chiều sống trên một không gian một chiều phải trèo qua nhau để vượt nhau. Nếu một sinh vật hai chiều ăn một vật gì thì vật đó không thể tiêu hóa hoàn toàn được, sinh vật đó phải đưa phần không tiêu hóa được ra đằng mồm bởi vì nếu có một đường tiêu hóa xuyên qua cơ thể thì đường này sẽ phân cơ thể sinh vật thành hai nửa riêng biệt: và sinh vật hai chiều sẽ phải rã thành hai mảnh (H.10.8). Tương tự như vậy thật khó mà hình dung được bất kỳ một hệ tuần hoàn máu nào trong cơ thể sinh vật hai chiều.

Nhiều vấn đề sẽ nảy sinh với một không gian có nhiều chiều hơn ba chiều. Lực hấp dẫn giữa hai vật sẽ giảm nhanh với khoảng cách hơn là trong không gian ba chiều. (Trong không gian ba chiều lực hấp dẫn giảm 1/4 lần nếu khoảng cách tăng lên gấp đôi. Trong không gian bốn chiều, nó giảm 1/8 lần, trong không gian năm chiều, 1/16 lần và cứ như vậy). Sự giảm nhanh đó dẫn đến quỹ đạo của các hành tinh, như quả đất, xung quanh mặt trời sẽ không ổn định: một nhiễu loạn nhỏ khỏi quỹ đạo tròn (nhiễu loạn gây ra bởi lực hút hấp dẫn của các hành tinh khác) sẽ làm cho quả đất chuyển động xoắn và rơi vào hoặc xa dần mặt trời. Chúng ta sẽ bị thiêu cháy hoặc chết cóng.

Trong một không gian có số chiều lớn hơn ba, dáng điệu của hấp

dẫn theo khoảng cách không cho phép mặt trời tồn tại trong một trạng thái ổn định với áp suất cân bằng hấp dẫn. Mặt trời hoặc sẽ rã ra hoặc co lại thành một lỗ đen. Trong tất cả các trường hợp trên, mặt trời sẽ không còn là nguồn nhiệt và ánh sáng vốn cần thiết cho sự sống trên trái đất. Ở một kích thước nhỏ hơn, các lực điện buộc rằng các electron phải quay quanh hạt nhân nguyên tử theo cách quả đất quay quanh mặt trời. Như vậy hoặc các electron cũng thoát khỏi nguyên tử hoặc rơi xoắn vào hạt nhân. Do đó chúng ta không thể có các nguyên tử mà chúng ta đã quan sát được.

Vậy rõ ràng cuộc sống, như chúng ta nhận thức, chỉ có thể tồn tại trong những vùng của không - thời gian ở đó một chiều thời gian và ba chiều không gian không bị uốn cong nhỏ lại. Điều này có nghĩa là chúng ta cần phải cầu cứu đến nguyên lý vị nhân yếu, miễn là chúng ta chứng minh được rằng lý thuyết dây ít nhất cho phép sự tồn tại của những vùng như thế trong vũ trụ - và hình như lý thuyết dây cho phép. Có thể tồn tại những vùng khác của vũ trụ, hoặc những vũ trụ khác (theo bất cứ ý nghĩa nào), trong đó tất cả các chiều đều bị uốn cong nhỏ lại hoặc trong đó có nhiều hơn bốn chiều gần như phẳng, song tiếc thay ở đây không thể tồn tại một sinh vật có trí tuệ nào để quan sát những điều có thật đó.

Ngoài vấn đề số chiều của không gian, lý thuyết dây còn đặt ra nhiều vấn đề khác cần giải quyết trước khi lý thuyết này được công nhận là lý thuyết tối hậu của vật lý học. Chúng ta còn chưa biết rằng có phải mọi đại lượng vô hạn sẽ triệt tiêu nhau và cũng chưa biết làm thế nào để nối liền một cách chính xác các sóng trên dây với các hạt quan sát được. Tuy nhiên, có lẽ những câu trả lời cho các câu hỏi đó sẽ được tìm ra trong vài năm tới và đến cuối thế kỷ này chúng ta sẽ rõ liệu lý thuyết dây có quả thực là lý thuyết thống nhất

của vật lý từ lâu mong đợi chăng.

Mặt khác, có thực tồn tại một lý thuyết như thế hay không? Hay là chúng ta chỉ đang săn đuổi một ảo ảnh? Có thể có ba khả năng:

1. Quả thực tồn tại một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh, mà chúng ta một ngày nào đó sẽ phát minh ra nếu chúng ta có đủ tài năng.
2. Không tồn tại một lý thuyết tối hậu của vũ trụ, chỉ tồn tại một chuỗi vô cùng các lý thuyết mô tả vũ trụ ngày càng chính xác.
3. Không tồn tại một lý thuyết nào về vũ trụ; các sự cố không thể tiên đoán vượt quá một giới hạn nào đó, chúng xảy ra một cách ngẫu nhiên và tùy tiện.

Với sự ra đời của cơ học lượng tử, chúng ta phải thừa nhận rằng các sự cố không thể được tiên đoán với độ chính xác hoàn toàn mà luôn tồn tại một độ bất định. Nếu muốn, người ta có thể gán sự ngẫu nhiên đó cho sự can thiệp của Chúa, song đấy quả là một loại can thiệp kỳ lạ: không có một chứng cứ gì cho thấy can thiệp đó được định hướng đến bất kỳ một mục đích nào. Thực vậy, nếu có một mục đích, thì không còn là ngẫu nhiên nữa. Trong thời đại hiện nay, chúng ta đã loại bỏ hữu hiệu khả năng thứ ba bằng cách định nghĩa lại mục đích của khoa học: mục tiêu của khoa học là xây dựng một bộ định luật có khả năng cho phép chúng ta tiên đoán các sự cố chỉ trong giới hạn xác định bởi nguyên lý bất định.

Khả năng thứ hai, khả năng tồn tại một chuỗi vô cùng những lý thuyết ngày càng tinh tế, rất phù hợp với kinh nghiệm của chúng ta. Nhiều lần chúng ta đã tăng độ nhạy các phép đo và thực hiện nhiều loại thí nghiệm mới chỉ với mục đích phát hiện những hiện tượng mới không tiên đoán được bởi lý thuyết hiện có và để mô tả những hiện tương đó chúng ta phải phát triển một lý thuyết tiên tiến hơn. Vì vậy không có gì đáng ngạc nhiêu nếu thế hệ hiện tại các lý thuyết

thống nhất phạm sai lầm khi khẳng định rằng không có điều gì căn bản mới xảy ra giữa năng lượng cỡ 100 GeV của lý thuyết thống nhất yếu điện từ và năng lượng cỡ ngàn triệu triệu GeV của lý thuyết thống nhất lớn. Đáng lý chúng ta phải hy vọng tìm ra nhiều tầng cấu trúc mới cơ bản hơn quark và electron hiện nay được xem như là những hạt "cơ bản".

Song dường như hấp dẫn có thể cung cấp một giới hạn cho chuỗi các "hộp trong hộp" đó. Nếu ta có một hạt với năng lượng lớn hơn cái gọi là năng lượng Planck, mười triệu triệu triệu GeV (1 theo sau là 19 số không), thì khối lượng của nó có mật độ tập trung đến mức mà nó tự cô lập tách khỏi phần vũ trụ còn lại và biến thành một lỗ đen nhỏ. Như vậy dường như chuỗi các lý thuyết ngày càng tinh tế đó phải có một giới hạn khi chúng ta tiếp cận với những năng lượng ngày càng cao, và ắt phải có một lý thuyết tối hậu về vũ trụ. Lẽ dĩ nhiên, năng lượng Planck là một quãng đường dài kể từ những năng lượng cỡ nghìn GeV mà hiện nay là năng lượng lớn nhất chúng ta có khả năng tạo ra trong phòng thí nghiệm. Chúng ta chưa vượt qua được hố ngăn cách đó trong một tương lai gần nhờ những máy gia tốc! Nhưng những giai đoạn sơ sinh của vũ trụ đã từng chứng kiến những năng lượng như vậy. Tôi nghĩ rằng có nhiều xác suất may mắn là sự nghiên cứu những giai đoạn sớm của vũ trụ kết hợp với những đòi hỏi chặt chẽ của toán học sẽ dẫn chúng ta đến một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh trong giới hạn cuộc đời của nhiều người chúng ta.

Nếu chúng ta thực sự tìm ra được một lý thuyết tối hậu về vũ trụ, thì điều đó có ý nghĩa như thế nào? Chúng ta không bao giờ có thể chắc chắn hoàn toàn rằng quả chúng ta đã tìm ra được một lý thuyết hoàn chỉnh. Song nếu lý thuyết chặt chẽ về mặt toán học và luôn

đưa ra được những tiên đoán phù hợp với quan sát, thì chúng ta có thể tin một cách hợp lý rằng đó là một lý thuyết đúng đắn. Nó sẽ kết thúc một chương dài và vinh quang trong lịch sử đấu tranh trí tuệ của con người để tìm hiểu vũ trụ. Đồng thời nó cũng cách mạng hóa sự hiểu biết các định luật vũ trụ của con người bình thường.

Thời Newton một người có giáo dục rất có thể nắm được toàn bộ kiến thức của nhân loại, ít nhất là trong những nét cơ bản. Song sau đó nhịp độ phát triển của khoa học làm cho khả năng trên không còn nữa. Vì rằng các lý thuyết luôn thay đổi để phù hợp với những quan sát mới, chúng không thể đơn giản hóa được để một người bình thường có thể hiểu thấu. Bạn phải là một chuyên gia, và dẫu là một chuyên gia bạn cũng chỉ hy vọng nắm bắt được một phần các lý thuyết khoa học. Ngoài ra, khoa học tiến nhanh tới mức mà những kiến thức thu nhận được ở học đường cũng luôn luôn bất cập với thời đại. Chỉ một số ít người theo kịp được ranh giới tiền tiêu của kiến thức và số người đó cũng phải dùng toàn bộ số thời gian để làm việc và chuyên sâu vào một lĩnh vực nhỏ. Số đông còn lại ít có khái niệm về những thành tựu tiên tiến của khoa học và những vấn đề lý thú nảy sinh từ đó.

Bảy mươi năm về trước, nếu tin lời Eddington, thì chỉ có hai người hiểu được lý tuyết tương đối rộng. Ngày nay hàng vạn sinh viên đại học hiểu được lý thuyết đó và hàng triệu người ít nhất đã làm quen với lý thuyết tương đối rộng. Nếu một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh được phát minh, thì chỉ còn là vấn đề thời gian để cho lý thuyết đó được thấu triệt rồi đơn giản hóa và giảng dạy trong nhà trường ít nhất là những nét cơ bản. Và mọi người chúng ta sẽ đủ khả năng có được một kiến thức nhất định về những định luật trị vì vũ trụ và điều hành cuộc sống của chúng ta.

Ngay nếu chúng ta tìm được ra một lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh, điều đó cũng không có nghĩa rằng chúng ta có khả năng tiên đoán mọi sự cố nói chung, vì hai lẽ. Thứ nhất do giới hạn mà nguyên lý bất định của cơ học lượng tử áp đặt lên mọi quyền lực tiên đoán của chúng ta. Chúng ta không thể làm gì được để vượt giới hạn đó. Song trong thực tiễn giới hạn thứ nhất đó còn ít ràng buộc hơn giới hạn sau đây. Vấn đề là ở chỗ chúng ta không thể giải được các phương trình của lý thuyết một cách tuyệt đối chính xác, trừ vài trường hợp rất đơn giản. (Chúng ta không thể giải chính xác ngay cả chuyển động ba vật trong lý thuyết hấp dẫn của Newton, và khó khăn sẽ tăng lên với số vật tham gia chuyển động và mức độ phức tạp của lý thuyết).

Chúng ta đã biết nhiều định luật điều hành vật chất dưới mọi điều kiện cực đoan nhất. Nói riêng, chúng ta đã biết những định luật cơ bản điều khiển mọi đối tượng của hóa học và sinh học. Nhưng chắc chắn ta không quy các đối tượng đó về thực trạng của những bài toán giải được; đến nay chúng ta đã đạt được quá ít tiến bộ trong việc tiên đoán cách xử sự của con người từ những phương trình toán học! Vì vậy ngay lúc chúng ta tìm ra được một bộ hoàn chỉnh các định luật cơ bản, cũng cần nhiều năm trong tương lai để thách đố trí tuệ con người tìm ra những phương pháp xấp xỉ hữu hiệu hơn để có thể đưa ra những tiên đoán có ích về những hệ quả khả dĩ trong những tình huống thực tiễn và phức tạp. Một lý thuyết thống nhất chặt chẽ và hoàn chỉnh, chỉ mới là bước đầu: mục tiêu của chúng ta là một sự hiểu biết hoàn chỉnh về mọi sự cố chung quanh và về bản thân sự tồn tại của chúng ta.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Chương 11

Kết luận

Chúng ta ở trong một thế giới đang làm chúng ta phải trầm tư suy nghĩ. Chúng ta muốn gán cho mọi vật xung quanh chúng ta một ý nghĩa nào đó và tự hỏi bản chất của vũ trụ là gì? Chúng ta đóng vai trò gì trong vũ trụ và chúng ta từ đâu tới? Tại sao vũ trụ lại như thế này?

Để trả lời những câu hỏi đó chúng ta hãy chọn một "bức tranh của vũ trụ". Một bức tranh là hình ảnh của vô số con rùa chở trên lưng một mặt đất phẳng, còn bức tranh khác có thể là lý thuyết siêu dây. Cả hai đều là những lý thuyết về vũ trụ, song lý thuyết thứ hai toán học hơn và chính xác hơn. Cả hai lý thuyết đều thiếu cơ sở thực nghiệm: chưa ai thấy con rùa khổng lồ mang mặt đất trên lưng và cũng chưa ai thấy được một siêu dây. Song lý thuyết rùa không thể đứng vững như một lý thuyết khoa học vì theo thuyết này thì chúng ta có thể rơi từ vùng biên của thế giới. Điều này không phù hợp với thực nghiệm, nếu không hóa ra đó lại là cách giải thích cho hiện tượng nhiều người được giả định là biến mất trong tam giác Bermuda!

Nhiều lý thuyết trước đây nhằm mô tả và giải thích vũ trụ gắn liền với ý tưởng cho rằng các sự cố và hiện tượng thiên nhiên đều điều hành bởi thần linh, do đó mang sắc thái cảm tính và không có khả năng tiên đoán. Các thần linh sống giữa những vật thể như sông, núi, kể cả các tinh cầu như mặt trăng, mặt trời. Con người phải cảm

tạ và cầu xin thần linh để đất đai được phì nhiêu, mưa gió thuận hòa. Song dần dần, người ta nhận thấy được một số quy luật: mặt trời luôn mọc ở phương Đông và lặn ở phương Tây bất kể là người ta có dâng vật hy sinh cho thần mặt trời hay không. Hơn nữa, mặt trời, mặt trăng và các hành tinh khác luôn chuyển động theo những quỹ đạo nhất định mà người ta có thể tính toán được trước với một độ chính xác rất cao. Mặt trời và mặt trăng có thể vẫn là những thần linh, song những thần linh này luôn tuân thủ những đinh luật rất nghiêm ngặt, không ngoại lệ, nếu người ta tin vào những truyền thuyết như mặt trời đã dừng lại cho Joshua.

Ban đầu những hiện tượng bình thường và những quy luật như thế chỉ quan sát được trong một số lĩnh vực như thiên văn học và trong một số tình huống khác. Song lúc văn minh loài người càng tiến hóa và đặc biệt trong 300 năm gần đây, nhiều định luật đã được phát hiện. Sự thành công trong việc ứng dụng những định luật đó đã dẫn Laplace ở đầu thế kỷ 19 thiết lập thuyết quyết định luận, với nội dung khẳng định rằng dựa trên các định luật chúng ta có thể xác định được sự tiến triển của vũ trụ một cách chính xác khi biết cấu hình của vũ trụ tại một thời điểm.

Quyết định luận của Laplace không hoàn chỉnh ở hai điểm. Luận thuyết đó chưa nói rõ phải chọn các định luật như thế nào và không xác định được cấu hình ban đầu của vũ trụ. Các điểm đó thuộc phần của Chúa. Chúa sẽ chọn vũ trụ bắt đầu như thế nào, những định luật nào mà vũ trụ phải tuân theo, nhưng Chúa không can thiệp vào vũ trụ nữa, một khi vũ trụ đã bắt đầu. Thực ra, Chúa chỉ giới hạn vào những lĩnh vực mà khoa học thế kỷ 19 chưa hiểu được.

Hiện nay thì chúng ta đã biết các niềm hy vọng về một quyết định luận của Laplace không thể là hiện thực được, ít nhất là theo những

quan điểm của ông. Nguyên lý bất định của cơ học lượng tử buộc rằng một số cặp các đại lượng liên hợp, như vị trí và vận tốc của một hạt, không thể tiên đoán đồng thời được.

Cơ học lượng tử giải quyết tình huống này thông qua lý thuyết lượng tử trong đó hạt không thể đồng thời có vị trí và vận tốc xác định, ở đây hạt được biểu diễn bởi một sóng, những lý thuyết lượng tử là tất định với ý nghĩa rằng chúng đưa ra những định luật xác định sự tiến triển của sóng theo thời gian. Như thế khi biết sóng tại một thời điểm thì người ta có thể tính sóng ở bất cứ thời điểm nào. Điều không tiên đoán được và mang tính xác suất chỉ xuất hiện khi ta muốn đoán nhận sóng để biết vị trí và vận tốc của hạt. Nhưng có lẽ đây là một sai lầm của chúng ta: rất có thể không tồn tại vị trí, vận tốc của hạt mà chỉ tồn tại các sóng. Chẳng qua là chúng ta muốn làm ứng sóng với các tiền niệm của chúng ta về vị trí và vận tốc. Cho nên sự khó khăn trong việc đoán nhận nói trên là nguyên nhân của tính không thể tiên đoán biểu kiến của lý thuyết lượng tử.

Quả vậy, chúng ta đã định nghĩa lại nhiệm vụ của khoa học là phát kiến những định luật cho phép chúng ta tiên đoán các sự kiện với độ chính xác quyết định bởi nguyên lý bất định. Những câu hỏi còn lại là: các định luật và trạng thái ban đầu của vũ trụ đã được chọn như thế nào và vì sao?

Trong quyển sách này, tôi đã chú trọng đặc biệt đến các định luật điều hành hấp dẫn, bởi vì chính hấp dẫn đã quyết định hình dáng các cấu trúc vĩ mô của vũ trụ, mặc dầu hấp dẫn là tương tác yếu nhất trong bốn loại tương tác. Các định luật hấp dẫn không tương thích với quan niệm phổ biến đến mãi gần đây là vũ trụ không thay đổi theo thời gian: Lực hấp dẫn là lực hút, điều này buộc vũ trụ hoặc giãn nở hoặc co lại. Theo lý thuyết tương đối rộng, tồn tại một trạng

thái với mật độ vô cùng trong quá khứ, vụ nổ lớn là điểm bắt đầu của thời gian. Tương tự như vậy, nếu toàn bộ vũ trụ co lại, phải tồn tại một trạng thái khác cũng với mật độ vô cùng trong tương lai, vụ nổ lớn sẽ là chung cuộc của thời gian. Ngay cả trong trường hợp toàn vũ trụ không co lại, thì cũng tồn tại những kỳ dị trong những vùng địa phương dẫn đến sự co lại thành những lỗ đen. Các kỳ dị này sẽ là điểm kết thúc của thời gian đối với ai rơi vào lỗ đen. Tại vụ nổ lớn hoặc các điểm kỳ dị khác, mọi định luật khoa học không còn đúng nữa, và Chúa toàn quyền chọn cho vũ trụ phải bắt đầu như thế nào.

Khi chúng ta tổng hợp cơ học lượng tử với lý thuyết tương đối rộng, hình như tồn tại một khả năng mới, chưa xuất hiện trước đây: không gian và thời gian có thể làm thành một không gian hữu hạn bốn chiều không kỳ dị, không biên tựa như mặt đất song với số chiều lớn hơn. Dường như ý tưởng đó có thể giải thích được nhiều điều trong vũ trụ, ví như sự đồng nhất ở thang vĩ mô cũng như những nơi lệch khỏi sự đồng nhất đó như thiên hà, các sao và thậm chí cả cơ thể như chúng ta. Cũng phải tính đến chiều của mũi tên thời gian mà chúng ta quan sát được. Nếu vũ trụ là hoàn toàn tự thân, không kỳ dị, không biên và có thể mô tả hoàn toàn được bởi một lý thuyết thống nhất, thì điều này sẽ đưa ra những ràng buộc sâu sắc cho vai trò của Chúa như là Đấng sáng tạo.

Einstein đã một lần nêu ra câu hỏi: “Chúa có bao nhiêu phương án khi xây dựng vũ trụ?”. Nếu quả giả thiết không có biên là đúng, thì Chúa không còn tự do để chọn các điều kiện ban đầu nữa. Lẽ dĩ nhiên Chúa còn có thể chọn các định luật mà vũ trụ phải tuân theo. Song sự lựa chọn cũng không được nhiều lắm, có thể chỉ một, hai hoặc một số ít các lý thuyết thống nhất hoàn chỉnh, như thuyết dây

hỗn hợp, là không chứa mâu thuẫn và cho phép sự tồn tại những cấu trúc phức tạp như con người là những sinh vật có khả năng nghiên cứu các định luật của vũ trụ và đặt ra câu hỏi về bản chất của Chúa.

Cho dầu chỉ có một lý thuyết thống nhất là khả dĩ, thì lý thuyết đó cũng gồm cả một tập hợp những quy luật và phương trình. Điều gì đã thổi sức sống vào những phương trình đó và tạo ra vũ trụ để chúng có thể mô tả được? Cách tiếp cận của khoa học để xây dựng một mô hình toán học không thể cung cấp câu trả lời vì sao tồn tại một vũ trụ để có thể mô tả. Vì sao vũ trụ phải chịu trải qua mọi sự phiền hà của cuộc sống? Lý thuyết thống nhất có phải vì quá hấp dẫn mà phải tồn tại không? Hoặc vũ trụ cần một Đấng sáng tạo, và nếu quả như vậy, Đấng sáng tạo có tác dụng gì khác đối với vũ trụ? Và ai sáng tạo ra Đấng sáng tạo?

Đến thời điểm này, đa số các nhà khoa học quá bận rộn vào việc phát triển những lý thuyết để trả lời câu hỏi như thế nào và chưa bận tâm tới câu hỏi vì sao? Mặt khác, những triết gia là những người mà công việc là đặt ra câu hỏi vì sao, lại không đủ điều kiện để thông tuệ được các lý thuyết hiện đại.Ở thế kỷ thứ 18, các nhà triết học xem toàn bộ kiến thức của loài người trong đó có khoa học tự nhiên là thuộc lĩnh vực của họ và nêu ra những câu hỏi như: vũ trụ có điểm ban đầu không? Song đến các thế kỷ 19 và 20, khoa học trở nên quá kỹ thuật và toán học hóa đối với những nhà triết học nói riêng và nói chung là đối với nhiều người trừ một số chuyên rất sâu. Các triết gia giới hạn các câu hỏi đến mức mà Wittgenstein, nhà triết học danh tiếng nhất của thế kỷ này đã thốt lên: “Nhiệm vụ duy nhất còn lại của triết học là phân tích ngôn ngữ”. Thật là một thoái trào lớn khởi truyền thống lớn lao của triết học từ Aristotle đến Kant.

Song nếu chúng ta phát kiến được một lý thuyết đầy đủ, thì lý thuyết đó cũng không được hiểu ngay bởi đa số, ngoại trừ một số chuyên gia. Nhưng sau đó, tất cả chúng ta, các nhà khoa học, các triết gia và cả mọi người bình thường sẽ hiểu được và tham gia thảo luận câu hỏi vì sao vũ trụ và chúng ta tồn tại. Nếu chúng ta tìm được câu trả lời, thì đó là sự thắng lợi cuối cùng của trí tuệ con người - chúng ta sẽ biết được ý của Chúa.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

ALBERT EINSTEIN

Einstein có liên quan đến chính sách bom nguyên tử, điều đó được nhiều người biết: Einstein đã viết một bức thư nổi tiếng thuyết phục Tổng thống Franklin Roosevelt cần nghiêm túc nghiên cứu vấn đề bom nguyên tử, sau chiến tranh Einstein lại hoạt động chống chiến tranh hạt nhân. Nhưng những hoạt động đó không phải là những hoạt động cô lập của một nhà khoa học bị lôi cuốn vào thế giới chính trị. Cuộc đời Einstein theo cách phát biểu của ông "được chia đôi giữa chính trị và các phương trình".

Einstein bắt đầu những hoạt động chính trị rất sớm, vào thời gian Chiến tranh thế giới lần thứ nhất, khi ông còn là giáo sư ở Berlin. Đau khổ vì số phận nhiều người bị chết, ông tham gia vào nhiều cuộc biểu tình chống chiến tranh. Ông bênh vực sự chống đối của công luận và hô hào quần chúng không tòng quân, nhưng điều này làm ông mất cảm tình của nhiều đồng nghiệp. Sau đó trong thời kỳ chiến tranh, ông hoạt động nhằm cải thiện các mối quan hệ quốc tế. Điều này cũng vậy, làm cho ông bị nhiều thế lực căm ghét, và chính kiến của ông đã sớm gây cho ông nhiều khó khăn trong việc sang Mỹ, thậm chí chỉ để đọc bài giảng.

Hoạt động chính trị lớn thứ hai của Einstein là chủ nghĩa phục quốc Do thái (Zionism). Mặc dầu thuộc dòng họ Do thái, Einstein phủ nhận các ý tưởng kinh thánh của Chúa. Song trước những hành động bài Do thái ngày càng phát triển trước và trong Chiến tranh thế giới lần thứ nhất, Einstein đã dần dần hòa nhập với cộng đồng Do

thái và trở thành một người phát ngôn xuất sắc của phong trào Zionism. Bị nhiều kẻ chống đối, Einstein vẫn không ngừng nói lên quan điểm của mình. Các lý thuyết của ông bị công kích, thậm chí cả một tổ chức chống Einstein cũng đã được thành lập. Một kẻ đã bị truy tố vì hô hào kẻ khác giết Einstein (và chỉ bị phạt 6 đô la). Nhưng Einstein luôn bình tĩnh: khi một cuốn sách có tên "100 tác giả chống Einstein" được công bố, Einstein đã trả lời: "Nếu tôi sai lầm thì chỉ cần một cũng đủ rồi".

Năm 1933, Hitle lên cầm quyền. Lúc đó Einstein ở Mỹ tuyên bố sẽ không về Đức. Khi bọn quốc xã đột phá nhà của ông và tịch thu tài khoản nhà băng của ông, một tạp chí Berlin đã đăng tít đậm "Những tin tức tốt lành từ Einstein...ông ta không trở về nữa". Trước sự đe dọa của bọn quốc xã, Einstein đã từ bỏ chính sách hòa bình và sợ các nhà khoa học Đức sẽ làm một quả bom nguyên tử, ông đã đề nghị Mỹ phải làm bom nguyên tử. Song ngay trước lúc quả bom nguyên tử đầu tiên nổ, ông công khai báo động về mối hiểm họa của một cuộc chiến tranh hạt nhân và đề nghị thiết lập sự kiểm soát quốc tế đối với vũ khí hạt nhân.

Trong suốt cuộc đời, các hoạt động cho chính sách hòa bình của Einstein đạt ít kết quả và có lẽ cũng không gây được nhiều tình cảm trong bạn bè. Song các hoạt động cho phong trào Zionnism của ông đã được đền đáp một cách xứng đáng năm 1952, khi ông được đề cử tổng thống Israel. Ông từ chối với lý do là ngây thơ về chính trị. Song lý do chính lại là khác: theo lời của ông là: "phương trình quan trọng hơn đối với tôi, vì chính trị là cho hiện tại, còn phương trình là cho vĩnh cửu".

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

GALILEO GALILEI

Có lẽ Galileo hơn ai cả là người có công lớn trong sự ra đời của khoa học hiện đại. Ông đã chống lại Nhà thờ Thiên chúa giáo, sự chống đối này là điểm trung tâm triết học của ông. Galileo là một trong những người khẳng định rằng con người có thể hy vọng hiểu được vũ trụ hoạt động như thế nào, và ngoài ra, chúng ta có thể làm được điều đó bằng cách quan sát vụ trụ thực tại.

Galileo tin vào lý thuyết Copecnicus (cho rằng các hành tinh quay xung quanh mặt trời) từ lâu, nhưng chỉ khi tìm ra được những điều hiển nhiên chứng minh cho lý thuyết đó thì ông mới phát biểu công khai. Galileo viết về lý thuyết của Copecnicus bằng tiếng Italy (không phải bằng tiếng Latinh hàm lâm), và quan điểm của ông được ủng hộ rộng rãi ngoài các trường Đại học. Điều này làm các giáo sư phái Aristotle giận dữ, họ liên minh chống lại Galileo và thuyết phục nhà thờ Thiên chúa triệt bỏ lý thuyết Copecnicus.

Galileo bèn đến Rome yết kiến chính quyền tôn giáo. Ông lý luận rằng Kinh thánh không nhằm mục đích nói với chúng ta mọi điều về các lý thuyết khoa học, và phải giả định rằng, những đoạn mà Kinh thánh trái với lương tri chỉ là những đoạn có tính chất phúng dụ, biểu tượng mà thôi. Nhưng Nhà thờ, lo sợ đến một vụ bê bối có thể làm thất bại cuộc đấu tranh chống đạo Tin lành, nên đã sử dụng những biện pháp đàn áp. Nhà thờ tuyên bố luận thuyết Copecnicus là “giả dối và sai lầm” vào năm 1616 và yêu cầu Galileo đừng bao giờ “bảo vệ và giữ quan điểm” lý thuyết đó. Galileo đã phục tùng.

Năm 1623, một người bạn cố tri của Galileo lên giữ chức Giáo hoàng. Lập tức Galileo tìm cách hoạt động để Nhà thờ thủ tiêu sắc lệnh năm 1616. Ông đã thất bại, tuy vậy cũng được phép viết một cuốn sách bàn luận về hai thuyết Aristotle và Copecnicus dưới hai điều kiện: không được đứng về phái nào và phải kết luận rằng con người không bao giờ xác định được vũ trụ hoạt động như thế nào bởi vì Chúa có khả năng tạo ra những hệ quả bằng cách con người không hình dung được, con người không thể áp đặt giới hạn cho quyền lực vô biên của Chúa.

Cuốn sách “Đối thoại của hai hệ thống chủ yếu của thế giới” được hoàn thành và xuất bản năm 1632. Với sự giúp đỡ triệt để của kiểm duyệt, cuốn sách ngay lập tức được hoan nghênh khắp châu Âu như là một kiệt tác về văn chương và triết học. Liền sau đó, Giáo hoàng hiểu ngay rằng độc giả đã thấy rõ cuốn sách là một tác phẩm đầy thuyết phục của lý thuyết Copecnicus và hối tiếc vì đã cho phép xuất bản. Giáo hoàng lý luận rằng mặc dầu cuốn sách đã được kiểm duyệt, nhưng Galileo vẫn vi phạm sắc lệnh năm 1616. Giáo hoàng đã đưa Galileo ra trước Tòa án dị giáo, tòa án này đã tuyên án quản thúc Galileo tại gia suốt đời và buộc ông công khai tuyên bố từ bỏ thuyết Copecnicus. Lần thứ hai, Galileo phục tùng.

Galileo vẫn là một người Thiên chúa giáo ngoan đạo, song sự tin tưởng của ông vào tính độc lập của khoa học không bao giờ bị lay chuyển. Bốn năm trước khi chết, năm 1642, trong khi ông vẫn bị quản thúc, một bản thảo của cuốn sách kiệt tác thứ hai của ông đã lọt đến một nhà xuất bản Hà Lan. Đó là cuốn “Hai khoa học mới”, cuốn sách này không chỉ là sự ủng hộ Copecnicus, mà còn là sự hình thành của vật lý hiện đại.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

ISAAC NEWTON

Isaac Newton không phải là một người dễ chịu. Những mối quan hệ của ông với các học giả khác rất tai tiếng, phần lớn các giai đoạn sau của cuộc đời ông quyện liền với những tranh luận gay gắt. Sau khi cuốn sách Principia Mathematica, cuốn sách uy tín nhất trong vật lý được xuất bản, Newton nhanh chóng chiếm được lòng ngưỡng mộ của công chúng. Ông được chỉ định làm Chủ tịch Hội Hoàng gia và trở thành nhà khoa học đầu tiên được phong tước hầu.

Newton mâu thuẫn với nhà thiên văn Hoàng gia, John Flamsteed, người trước đây đã cung cấp cho Newton nhiều dữ liệu cần thiết cho cuốn Principia Mathematica nhưng giờ đây từ chối không cung cấp các thông tin mà Newton cần. Newton đã không lấy sự bó tay làm câu trả lời, ông đã tự bổ nhiệm mình vào ban giám đốc Đài thiên văn Hoàng gia và tìm cách buộc phải công bố ngay lập tức các dữ liệu. Ông còn bố trí thu giữ công trình của Flamsteed và giao cho Edmond Halley, kẻ tử thù của Flamsteed, chuẩn bị xuất bản công trình đó.

Flamsteed đưa vụ này ra tòa và kịp thời đạt được lệnh tòa án ngăn không cho xuất bản tài liệu bị đánh cắp. Newton tức giận và trả thù bằng cách xóa bỏ mọi tài liệu dẫn về Flamsteed trong các lần tái bản của Principia.

Một cuộc tranh luận nghiêm túc hơn đã xảy ra với nhà triết học Đức, Gottfried Leibniz. Cả Leibniz lẫn Newton đã phát triển, độc lập nhau ngành toán học gọi là Calculus (Giải tích) vốn sẽ là cơ sở cho vật lý

hiện đại. Mặc dầu hiện nay chúng ta đều biết Newton đã phát hiện Calculus nhiều năm trước Leibniz, song ông đã công bố các công trình của mình muộn hơn Leibniz. Nảy sinh cuộc tranh cãi om sòm chung quanh việc ai là người đầu tiên tìm ra Calculus giữa các nhà khoa học ủng hộ hai phía. Một điều đáng chú ý, là số lớn các bài báo ủng hộ Newton lại được chính ông viết ra và công bố dưới tên các bạn ông! Khi cuộc cãi vã có quy mô lớn, Leibniz mắc sai lầm lớn là kêu gọi Hội Hoàng gia giải quyết, Newton vốn là Chủ tịch Hội hoàng gia, đã chỉ định một hội đồng "không thiên vị" để tra xét vấn đề, hội đồng này "tình cờ" lại gồm toàn những người bạn của Newton! Song chưa hết: Newton đã đề lên hội đồng một bản báo cáo và Hội Hoàng gia đã công bố bản báo cáo này, trong đó Newton công khai buộc tội Leibniz đánh cắp công trình. Chưa thỏa mãn, Newton còn viết một bài báo nặc danh điểm lại bản báo cáo nói trên và đăng vào tạp chí riêng của Hội Hoàng gia. Sau khi Leibniz chết, người ta còn kể lại rằng Newton đã tuyên bố ông vô cùng thỏa dạ khi "làm vỡ quả tim của Leibniz".

Trong thời kỳ hai cuộc tranh luận, Newton đã rời Cambridge và trường Đại học. Ông là người tích cực tham gia phong trào chính trị chống Thiên chúa giáo ở Cambridge và sau này tại Nghị viện và được bổ nhiệm vào chức vụ rất hời là Thống đốc Sở đúc tiền Hoàng gia. Ở cương vị này Newton đã sử dụng tài năng của mình để gian dối và cay độc theo cách dễ được xã hội chấp nhận hơn, ông cũng đã thành công trong một chiến dịch lớn chống làm bạc giả và thậm chí cũng đưa nhiều kẻ lên giá treo cổ.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Thuật ngữ

1. Bảo toàn năng lượng (Conservation of energy): Định luật khẳng định rằng năng lượng (có thể tính tương đương qua khối lượng) không sinh không diệt.
2. Bức xạ viba phông hay nền (Microwave background radiation): Bức xạ từ lúc vũ trụ còn nóng, hiện nay dịch về phía đỏ nhiều đến mức không còn là ánh sáng nữa mà là dưới dạng viba (tức sóng radio với bước sóng khoảng vài cm).
3. Bước sóng (Wave length): Khoảng cách giữa hai đỉnh hoặc hai hõm sóng kề nhau.
4. Chân trời sự cố (Event horizon): Biên của lỗ đen.
5. Chiều của không gian (Spatial dimension): một trong ba chiều của không gian, các chiều này đồng dạng không gian khác với chiều thời gian.
6. Chuyển dịch đỏ (Red shift): Sự chuyển dịch về phía đỏ của ánh sáng phát ra từ một sao đang chuyển động xa dần bởi hiệu ứng Doppler.
7. Cơ học lượng tử (Quantum Mechanics): Lý thuyết phát triển từ nguyên lý lượng tử của Planck và nguyên lý bất định của Heisenberg.
8. Điện tích (Electric charge): Một tính chất của hạt đẩy (hoặc hút) một hạt khác có cùng (hoặc khác) dấu điện tích.
9. Điều kiện không có biên (No boundary condition): Ý tưởng cho rằng vũ trụ là hữu hạn song không có biên (trong thời gian ảo).

10. Định lý kỳ dị (Singulaitry theorem): Một định lý chứng minh rằng dưới những điều kiện nào đó kỳ dị phải tồn tại và nói riêng vũ trụ phải xuất phát từ một kỳ dị.
11. Đường trắc địa (Geodesic): Đường ngắn nhất (hoặc dài nhất) giữa hai điểm.
12. Electron (Electron): Hạt mang điện tích âm quay chung quanh hạt nhân nguyên tử.
13. Gia tốc (Acceleration): Tốc độ thay đổi của vận tốc.
14. Giây ánh sáng (năm ánh sáng) (Light second (light year): Khoảng cách ánh sáng đi trong một giây (một năm).
15. Giới hạn Chandrasekhar (Chandrasekhar limit): Khối lượng tối đa khả dĩ cho một sao lạnh bền, lớn hơn khối lượng đó thì sao co lại thành lỗ đen.
16. Hạt ảo (Virtual particle): Trong cơ học lượng tử, đó là một hạt ta không ghi nhận được trực tiếp nhưng sự tồn tại của nó gây ra những hệ quả đo được.
17. Hạt nhân (Nucleus): Hạch trung tâm của nguyên tử, gồm neutron và proton liên kết với nhau bởi tương tác mạnh.
18. Hằng số vũ trụ (Cosmological Constant): Một hằng số Einstein đưa vào lý thuyết để làm cho không - thời gian có thể giãn nở.
19. Khối lượng (Mass): Lượng vật chất trong một vật thể; quán tính đối với gia tốc.
20. Không - thời gian (Space - time): Một không gian bốn chiều, mỗi điểm tương ứng với một sự cố.
21. Không độ tuyệt đối (Absolute zero): Nhiệt độ thấp nhất, tại đó vật chất không còn nhiệt năng.
22. Kỳ dị (Singularity): Một điểm của không gian tại đó độ cong của không - thời gian trở nên vô cùng.

23. Kỳ dị trần trụi (Naked Singularyty): Một điểm kỳ dị của không - thời gian không bao quanh bởi lỗ đen.
24. Lỗ đen (Black hole): Vùng của không - thời gian từ đó không gì thoát ra khỏi được, kể cả ánh sáng vì hấp dẫn quá mạnh.
25. Lỗ đen nguyên thủy (Primordial hole): Lỗ đen sinh ra ở các giai đoạn sớm của vũ trụ.
26. Lực điện từ (Electromagnetic force): Lực tương tác giữa các hạt có điện tích, đây là loại lực mạnh thứ hai trong bốn loại lực tương tác.
27. Lực tương tác mạnh (Strong force): Lực tương tác mạnh nhất trong bốn loại lực tương tác, có bán kính tác dụng ngắn nhất. Lực này cầm giữ các hạt quark trong proton và neutron, và liên kết proton và neutron để làm thành hạt nhân.
28. Lực tương tác yếu (Weak force): Lực tương tác yếu thứ hai trong bốn loại tương tác cơ bản với bán kính tác dụng rất ngắn. Lực này tác dụng lên các hạt vật chất nhưng không tác dụng lên các hạt truyền tương tác.
29. Lượng tử (Quantum): Đơn vị không phân chia được trong bức xạ và hấp thụ của các sóng.
30. Máy gia tốc hạt (Particle Accelerator): Thiết bị sử dụng các nam châm điện, có khả năng làm chuyển động của các hạt có điện tích, do đó chúng thu được năng lượng lớn hơn.
31. Năng lượng thống nhất điện từ yếu (Electroweak unification energy): Năng lượng cỡ 100 GeV, cao hơn trị số đó thì không còn sự khác biệt giữa các tương tác điện từ và yếu.
32. Năng lượng thống nhất lớn (Grand unification energy): Năng lượng mà trên đó, tương tác điện từ, yếu và mạnh không còn khác biệt nhau.

33. Nguyên lý bất định (Uncertainty principle): Ta không bao giờ đo được chính xác cùng một lúc vận tốc và vị trí của hạt; càng biết chính xác đại lượng này thì càng biết ít chính xác về đại lượng kia.
34. Nguyên lý loại trừ (Exclusion principle): Hai hạt đồng nhất có spin bằng 1/2 không thể có cùng một vị trí và vận tốc (trong giới hạn xác định bởi nguyên lý bất định).
35. Nguyên lý lượng tử của Planck (Planck's quantum principle): Ý tưởng cho rằng ánh sáng (hoặc bất kỳ một sóng cổ điển nào khác) có thể hấp thụ theo từng lượng nhỏ rời rạc, gọi là lượng tử, có năng lượng tỷ lệ với tần số.
36. Nguyên lý vị nhân (Anthropic principle): Ta thấy vũ trụ như thế này bởi vì nếu vũ trụ khác đi thì ta không thể tồn tại được để mà quan sát nó.
37. Nguyên tử (Atom): Đơn vị cơ sở của vật chất, gồm hạt nhân (cấu thành bởi proton và neutron) có các electron chuyển động chung quanh.
38. Nhị nguyên sóng/hạt (Wave/particle duality): Một khái niệm trong cơ học lượng tử nói rằng không có sự khác biệt giữa sóng và hạt: một hạt đôi khi có dáng điệu của sóng và ngược lại.
39. Nón ánh sáng (Light cone): Một mặt trong không - thời gian giới hạn các hướng khả dĩ cho những tia ánh sáng đi qua một sự kiện.
40. Neutrino: Một hạt cơ bản rất nhẹ (rất có thể là không có khối lượng) chỉ tham gia vào các tương tác yếu và hấp dẫn.
41. Neutron: Một hạt không có điện tích, nhiều tính chất rất giống proton, chiếm xấp xỉ một nửa số trong các hạt cấu thành hạt nhân nguyên tử.
42. Pha (Phase): Đối với sóng, vị trí của nó trong chu kỳ tại một thời điểm: đây là số đo xem sóng đang ở đỉnh, ở hõm hoặc ở một điểm

nào khác giữa đỉnh và hõm.
43. Phản hạt (Antiparticle): Mỗi loại hạt có một phản hạt tương ứng. Mỗi hạt chạm với phản hạt thì chúng hủy nhau và cho thoát ra năng lượng.
44. Phóng xạ (Radioactivity): Quá trình chuyển biến tự phát của một hạt nhân nguyên tử này thành một hạt nhân khác
45. Phổ (Spectrum): Sự tách, ví dụ, của sóng điện từ ra các tần số thành phần.
46. Photon (Photon): Lượng tử của ánh sáng.
47. Positron (Positron): Phản hạt của electron, mang điện tích dương.
48. Proton (Proton): Hạt mang điện tích dương, chiếm xấp xỉ một nửa số trong các hạt cấu thành hạt nhân nguyên tử.
49. Quark (Quark) : Hạt (có điện tích) tham gia tương tác mạnh. Mỗi proton và neutron được cấu thành bởi ba hạt quark.
50. Radar (Radar): Một hệ thống phát sóng vô tuyến để định vị một vật thể bằng cách đo thời gian sóng đến và phản xạ lại từ vật đó.
51. Sao neutron (Neutron star): Một sao lạnh tồn tại nhờ lực đẩy phát sinh vì nguyên lý loại trừ giữa các neutron.
52. Saolùn trắng (White dwarf): Sao lạnh bền tồn tại nhờ lực đẩy phát sinh vì nguyên lý loại trừ giữa các electron.
53. Spin (Spin): Một thuộc tính nội tại của các hạt cơ bản, gắn liền, song không đồng nhất với khái niệm quay thông thường.
54. Sự cố, sự kiện (Event): Một điểm trong không - thời gian, xác định bởi thời điểm và vị trí của nó.
55. Tần số (Frequency): Đối với ánh sáng, số chu kỳ trong một giây.
56. Thời gian ảo (Imaginary time): Thời gian đo bằng số ảo.
57. Thuyết thống nhất lớn (Grand unified theory - GUT): Lý thuyết

thống nhất các tương tác điện từ, mạnh và yếu.
58. Thuyết tương đối hẹp (Special relativity): Thuyết của Einstein dựa trên ý tưởng cho rằng các định luật khoa học phải là như nhau đối với mọi quan sát viên chuyển động tự do, với vận tốc bất kỳ.
59. Thuyết tương đối rộng hay tổng quát (General relativity): Lý thuyết của Einstein dựa trên ý tưởng cho rằng các định luật khoa học phải là như nhau đối với mọi quan sát bất kể họ chuyển động như thế nào. Lý thuyết này giải thích lực hấp dẫn bằng độ cong của không - thời gian 4 chiều.
60. Tia Gamma (Gamma ray): Sóng điện từ với bước sóng rất ngắn, phát sinh trong quá trình phân rã phóng xạ, hoặc va chạm của các hạt cơ bản.
61. Tọa độ (Coordinates): Các số dùng xác định vị trí của một điểm trong không gian và thời gian.
62. Tổng hợp hạt nhân (Nuclear fusion): Quá trình trong đó hai hạt nhân chạm nhau, tổng hợp thành một hạt nhân duy nhất nặng hơn.
63. Trạng thái dừng (Stationary State): Trạng thái không thay đổi với thời gian: Một quả cầu quay với vận tốc không thay đổi là ở vào một trạng thái dừng bởi vì trạng thái đó là như nhau ở mọi thời điểm, mặc dù đó không là một trạng thái tĩnh.
64. Trọng lực (Weight): Lực tương tác của trường hấp dẫn lên một vật, lực này tỷ lệ với khối lượng.
65. Trường (Field): Một thực thể tồn tại rộng trong không - thời gian, ngược lại với hạt chỉ vốn tồn tại ở một điểm và một lúc.
66. Từ trường (Magnetic Field): Trường của các lực từ, hiện nay đã được thống nhất với điện trường thành điện - từ trường.
67. Tỷ lệ (Proportional): “X được gọi là tỷ lệ với Y” nếu khi nhân Y với một số nào đó, thì X cũng bị nhân với số đó.

“X được gọi là tỷ lệ nghịch với Y” nếu khi nhân Y với một số nào đó, thì X bị chia cho số đó.

68. Vụ co lớn (Big crunch): Điểm kỳ dị chung cuộc của vũ trụ.
69. Vụ nổ lớn (Big bang): Điểm kỳ dị ban đầu của vũ trụ.
70. Vũ trụ học (Cosmology): Môn học về toàn bộ vũ trụ.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

Lược sử về "một lược sử"

Bài này in lần đầu tiên vào tháng Chạp năm 1988 trên tờ Independent. Trên thực tế, lược sử thời gian đã ở trong danh mục sách bán chạy nhất của tờ New York Times trong 53 tuần, tại nước Anh, đến tháng Giêng năm 1993, nó đã ở trong danh mục sách bán chạy nhất của tờ Sunday Times trong 205 tuần. Đến nay đã có 33 bản dịch không kể bản tiếng Việt.

Tôi hãy còn kinh ngạc với sự đón nhận cuốn sách của tôi: Lược sử thời gian. Nó đã ở danh mục sách bán chạy nhất của New York Times trong ba mươi bảy tuần và của tờ Sunday Times trong hai mươi tám tuần (cuốn sách được xuất bản ở Anh chậm hơn ở Mỹ). Và nó được dịch ra hai mươi thứ tiếng (hai mươi mốt, nếu bạn xem tiếng Mỹ khác với tiếng Anh). Điều đó vượt sự mong ước của tôi dự định lần đầu tiên vào năm 1982 viết một cuốn sách về Vũ trụ cho độc giả rộng rãi. Một trong các ý định của tôi là kiếm tiền trả học phí cho con gái. (Trên thực tế, khi cuốn sách cuối cùng rồi cũng ra được, con gái tôi đang học năm chót). Nhưng động cơ chủ yếu của tôi muốn giải thích sự hiểu biết của chúng ta về vũ trụ đã tiến lên được bao nhiêu và có lẽ chúng ta đã gần tới mức nào trong việc tìm kiếm một lý thuyết hoàn chỉnh mô tả vũ trụ và tất cả mọi thứ trong đó.

Nếu tôi phải dành thời gian và sức lực để viết một cuốn sách, tôi muốn nó có thể đến với một số người càng đông càng tốt. Các tác phẩm khoa học mà tôi đã viết cho tới lúc đó đều do Cambridge

University Press xuất bản. Họ đã làm công việc rất tốt, nhưng có vẻ không thành thạo với thị trường độc giả rộng rãi mà tôi nhằm vào. Tôi tiếp xúc với một người môi giới văn học, Al Zuckerman, vốn là anh em rể của một đồng sự. Tôi đưa cho anh ta bản nháp chương đầu tiên và giải thích rằng tôi muốn viết một cuốn sách có thể bán tại các quầy sách của các sân bay. Anh ta trả lời là điều đó không thể được: một cuốn sách như thế có thể bán chạy cho giới đại học và sinh viên, nhưng không có cơ hội nào để cạnh tranh với Stephen King (một tiểu thuyết gia).

Tôi đưa bản nháp đầu tiên của cuốn sách cho Zuckerman vào năm 1984. Anh ta đã gửi nó cho mấy nhà xuất bản và khuyên tôi nên nhận đề nghị của Norton, nhà xuất bản Mỹ hơi kén chọn. Tôi quyết định chọn Bantam, không chuyên môn hóa chút nào trong việc xuất bản những tác phẩm khoa học, nhưng sách của họ được phát hành rộng rãi tại các quầy sách sân bay. Nếu họ chấp nhận sách của tôi thì chắc là do mối quan tâm của một trong các cố vấn biên tập của họ, Peter Gujjardi. Ông này vốn rất nghiêm túc trong công việc và bắt tôi viết lại cuốn sách sao cho những người ngoại đạo như ông ta cũng hiểu được. Cứ mỗi lần tôi gửi cho ông ta một chương đã được soát lại và sửa chữa thì ông ta gửi lại cho tôi một bản liệt kê dài các nhận xét và các câu hỏi mà ông muốn tôi làm sáng tỏ. Thỉnh thoảng tôi nghĩ rằng quá trình này chắc không có kết thúc. Nhưng ông ta có lý: rốt cuộc cuốn sách trở nên hay hơn nhiều.

Ít lâu sau khi nhận được đề nghị của Bantam, tôi bị sưng phổi. Tôi phải chịu phẫu thuật mở khí quản làm cho mất giọng. Trong một thời gian, tôi chỉ có thể giao tiếp bằng cách nhướn lông mày khi ai đó chỉ đúng chữ phù hợp trên một lá bài. Nếu không có chương trình máy tính người ta tặng thì tôi hoàn toàn không thể viết xong cuốn sách.

Viết như vậy hơi chậm, nhưng tôi nghĩ ngợi cũng chậm, do vậy rất phù hợp với tôi. Nhờ chương trình mà tôi hoàn toàn viết lại bản nháp đầu tiên đáp lại sự cổ vũ của Gujjardi. Trong việc sửa chữa này tôi được sự trợ giúp của một trong các sinh viên của tôi, Brian Whitt.

Tôi có ấn tượng rất mạnh đối với bộ phim truyền hình nhiều tập của Jacob Bronowski có tên gọi là “Sự thăng tiến của đàn ông”.(Một tên gọi phân biệt giới tính như vậy ngày nay sẽ không được phép). Bộ phim giới thiệu tất cả những gì mà loài người đạt được từ những người dã man nguyên thủy cách đây vạn rưởi năm đến chúng ta ngày nay. Tôi cũng muốn giới thiệu những tiến bộ mà chúng ta đạt được khi tiến đến một sự thông hiểu hoàn toàn các quy luật chi phối vũ trụ. Tôi tin chắc rằng hầu hết mọi người đều muốn biết vũ trụ vận hành như thế nào. Nhưng đa số họ không đủ khả năng theo dõi các phương trình toán học - vả lại ngay tôi cũng chẳng yêu mến lắm các phương trình. Điều đó một phần là tôi viết rất khó khăn, nhưng chủ yếu là do tôi không có sự nhạy cảm trực giác đối với các phương trình. Tôi suy nghĩ bằng hình ảnh và mục đích của tôi là mô tả bằng chữ các hình tượng trong đầu qua những so sánh tương tự quen thuộc và bằng vài đồ thị. Tôi hy vọng bằng cách đó có thể chia sẻ với số đông người sự phấn khởi và tình cảm của tôi với các tiến bộ nổi bật mà môn vật lý đạt được trong hai mươi lăm năm gần đây.

Tuy vậy, dù đã tránh được các diễn dịch toán học, một số ý tưởng vật lý vẫn còn xa lạ và rất khó trình bày. Tôi đứng trước hai con đường: hoặc là tôi thử giải thích chúng với nguy cơ làm độc giả rối trí, hoặc là tôi tránh các chỗ khó khăn? Một số khái niệm lạ lùng, như việc những nhà quan sát di chuyển với tốc độ khác nhau đo được những khoảng cách thời gian khác nhau đối với cùng một cặp hiện tượng, không thực cần thiết cho bức tranh mà tôi muốn vẽ ra.

Hình như tôi có thể bằng lòng với việc kể chúng ra mà không đi vào chi tiết. Mặt khác, một vài ý tưởng khó hiểu nhưng lại rất cơ bản khiến tôi phải giải thích. Đặc biệt có hai khái niệm mà tôi buộc phải đưa vào. Một khái niệm mà người ta gọi là "tổng hòa về các lịch sử". Ý tưởng đó nói rằng không tồn tại chỉ một lịch sử duy nhất của vũ trụ, mà là tập hợp của tất cả các lịch sử có thể có của vũ trụ, và rằng tất cả các lịch sử đó đều có thực như nhau (cho dù như vậy có ý nghĩa gì). Ý tưởng khác cần thiết để rút ra ý nghĩa toán học của tổng hòa của các lịch sử, đó là ý tưởng về "thời gian ảo". Ngược lại quá khứ, ngày nay tôi có cảm giác rằng tôi cần bỏ nhiều công sức hơn nữa để giải thích hai khái niệm rất khó đó, có vẻ chúng đã đặt ra nhiều vấn đề nhất cho các độc giả cuốn sách của tôi. Tuy vậy, cũng không thực sự cần thiết phải hiểu chính xác thời gian ảo là gì, chỉ cần biết nó khác biệt như thế nào với cái mà chúng ta gọi là thời gian "thực".

Khi thời hạn phát hành đến gần, một nhà khoa học nhận được nhiều trang để bình luận trên tờ Thiên nhiên đã ngạc nhiên về số lượng các sai sót trong đó, đặc biệt về vị trí và chú giải của các minh họa. Ông đã điện cho Bantam, ở đó họ cũng đã rất ngạc nhiên như vậy và quyết định thu hồi tất cả các bản in để sửa chữa. Sau ba tuần lễ sửa chữa và kiểm tra cật lực, cuốn sách rồi cũng được đặt lên quầy các hiệu sách đúng thời hạn phát hành đã thông báo. Vào lúc đó, tờ Time đã dành cho tôi một bài báo dài. Các nhà xuất bản tuy vậy cũng ngạc nhiên về số lượng yêu cầu. Cuốn sách được tái bản mười bảy lần ở Mỹ, và mười lần ở Anh.

Tại sao nhiều người mua nó? Tôi khó mà khách quan được, vậy xin nhường lời cho các ý kiến bên ngoài. Tôi thấy đa số các bài bình duyệt tuy thuận lợi nhưng không được sáng tỏ cho lắm. Các bài đó

có khuynh hướng đi theo các công thức sau đây: Stephen Hawking mắc bệnh Lou Gehrig (đối với người Mỹ) hoặc bệnh về các nơron vận động (đối với người Anh). Anh ta bị gắn chặt vào một chiếc ghế di động, không nói được và chỉ có thể ngọ ngậy một số x ngón tay (x biến thiên từ 1 đến 3, tùy theo bài báo không chính xác mà người bình duyệt đã đọc về tôi). Tuy vậy anh ta đã viết một cuốn sách về vấn đề cơ bản trong các vấn đề là chúng ta từ đâu tới và chúng ta đi đâu? Câu trả lời mà Hawking đề nghị là vũ trụ không được sáng tạo ra cũng như mất đi: đơn giản là nó tồn tại. Để phát biểu ý tưởng đó, Hawking đã đưa ra khái niệm thời gian ảo mà tôi (người bình duyệt) thấy hơi khó theo dõi. Dù sao nếu Hawking có lý và nếu chúng ta đi tới một lý thuyết hoàn toàn thống nhất, chúng ta sẽ biết được tư tưởng của Chúa. (Khi sửa chữa các bản nháp, tôi đã định gạch câu cuối cùng nói rằng chúng ta sẽ biết đến tư tưởng của Chúa. Nếu tôi làm vậy, số sách bán được có thể giảm đi một nửa).

Sáng suốt hơn một chút (theo tôi) là bài báo của The Indipendent nói rằng ngay một cuốn sách khoa học nghiêm túc như lược sử thời gian cũng có thể trở thành cuốn sách kích động. Vợ tôi (cuối năm 1995 các báo loan tin S. Hawking ly dị với bà Jane đã có với ông ba mặt con và lấy người hộ lý vẫn chăm sóc ông) thì kinh hãi nhưng tôi hơi khoái vì thấy cuốn sách của mình được so sánh với cuốn Luận về thiền và việc bảo dưỡng xe máy. Tôi hy vọng rằng, cũng như cuốn Luận, nó cho mọi người cảm giác rằng họ không bị tách rời một cách định mệnh khỏi các vấn đề lớn về tư duy và triết học.

Không nghi ngờ gì là khía cạnh con người, liên quan đến việc tuy bị tàn tật nhưng tôi vẫn trở thành một nhà vật lý lý thuyết, đã phát huy tác dụng. Nhưng những ai vì quan tâm đến điều ấy mà mua cuốn sách có thể thất vọng, vì cuốn sách chỉ có đôi chỗ hiếm hoi đả động

đến tình trạng sức khỏe của tôi; đây là cuốn sách về lịch sử của vũ trụ, không phải của tôi. Điều đó không giúp cho Bantam khỏi bị buộc tội rằng đã khai thác thô bạo bệnh tật của tôi, và tôi thì đã hợp tác bằng cách cho in ảnh của mình lên trang bìa. Trên thực tế thì theo hợp đồng tôi không có quyền gì đối với tờ bìa. Tuy thế tôi cũng thuyết phục được Bantam dùng một tấm ảnh tốt hơn cho tờ bìa cuốn sách xuất bản ở Anh, thay cho hình ảnh thảm hại và đã cũ dùng để trang trí cho cuốn xuất bản ở Mỹ. Nhưng họ vẫn không thay đổi tờ bìa cho cuốn sách xuất bản ở Mỹ vì họ nói với tôi rằng độc giả Mỹ bây giờ đã đồng nhất tấm ảnh ấy với cuốn sách.

Người ta cũng ám chỉ rằng mọi người mua sách vì họ đã đọc các bài bình duyệt, hoặc vì cuốn sách được liệt vào danh mục các sách bán chạy nhất, chứ họ không đọc nó; họ chỉ đơn thuần có nó trong tủ sách hay đặt nó trên bàn xa lông để được tiếng là sở hữu nó, mà không cần bỏ công tìm hiểu. Tôi tin rằng điều ấy cũng xảy ra, nhưng tôi không biết đó có phải cũng là trường hợp của các sách nghiêm túc khác, bao gồm cả Thánh kinh và Shakespeare. Trái lại, tôi biết rằng một số người ít ra cũng đã đọc nó, vì hàng ngày tôi nhận được một chồng thư về cuốn sách của mình; nhiều thư có những câu hỏi hay những bình luận chi tiết, chứng tỏ người viết đã đọc cuốn sách, dù rằng họ không phải luôn luôn hiểu được tất cả. Cũng có những người lạ đón gặp tôi trên đường phố để nói rằng cuốn sách đã làm họ hài lòng đến mức nào. Hiển nhiên tôi dễ nhận ra và khác biệt nhiều, chứ không phải được công nhận nhiều so với đa số các tác giả khác. Nhưng tần số của những khen ngợi công cộng đó (làm đứa con trai 9 tuổi của tôi bối rối). Hình như chứng tỏ rằng ít ra có một tỷ lệ những người mua sách đã đọc nó.

Nhiều người hỏi tôi rằng hiện nay tôi định tiếp tục làm gì. Tôi khó mà

viết được phần tiếp theo cuốn sách Lược sử thời gian. Tôi sẽ gọi nó là gì? Một lịch sử dài hơn của thời gian? Bên kia sự kết thúc của thời gian? Đứa con của thời gian? Người môi giới gợi ý nên quay một cuốn phim về cuộc đời của tôi! Nhưng cả tôi và gia đình tôi sẽ không có được sự tôn trọng cá nhân nếu chúng tôi để cho các diễn viên đóng vai của mình. Cũng sẽ là như vậy, trong chừng mực ít hơn, nếu tôi cho phép ai đó viết tiểu sử của mình. Dĩ nhiên, tôi không thể ngăn cấm ai đó tự ý viết tiểu sử của tôi, miễn là không bôi nhọ tôi, nhưng tôi sẽ cố làm nản lòng những người có dự định ấy bằng cách nói rằng tôi nghĩ đến việc tự viết tiểu sử cho mình. Có thể làm như vậy, nhưng tôi không vội. Tôi đang dự tính nhiều nghiên cứu chúng là ưu tiên đối với tôi.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

VŨ TRỤ TUẦN HOÀN

Nicolaus Copernicus:
và tác phẩm De Revolutionibus Orbium Coelestium

Ngay từ thời tiền sử, con người đã bị mê hoặc bởi quang cảnh bầu trời hùng vĩ: Mặt trời, mặt trăng, các hành tinh, các ngôi sao và sự tuần hoàn không lúc nào ngừng của các vì tinh tú ấy. Mặt trời mọc rồi lặn, mặt trăng tròn rồi khuyết, bốn mùa thay đổi, các hành tinh xuất hiện rồi biến đi không những chỉ là những sự kiện có thể quan sát được mà trên nhiều phương diện còn ảnh hưởng đến đời sống hàng ngày của nhân loại. Vì vậy, không lạ gì có hàng vạn chuyện hoang đường và ngay cả vô số tín ngưỡng, tôn giáo đã phát sinh từ những hiện tượng của bầu trời ấy.

Khi trình độ văn minh tiến bộ, các triết gia đã tìm cách giải thích chuyển động tuần hoàn của bầu trời bằng những danh từ hợp lý. Các nhà khoa học và tư tưởng tiến bộ hơn hết về khoa thiên văn thời xưa là người Hy Lạp, bắt đầu với Pythagoras vào thế kỷ thứ năm và Aristotle vào thế kỷ thứ tư trước Công nguyên. Một người Ai Cập, Claudius Ptolemy sinh sống ở Alexandria khoảng năm 150 sau Công nguyên đã hệ thống lại những hiểu biết của mình và của các đời trước thành một số những lý thuyết dễ hiểu. Trong khoảng từ 1.500 thuyết của Ptolemy, như được trình bày trong quyển “The Almagest” đã chế ngự trí óc con người và được công nhận như là quan niệm chính xác về vũ trụ.

Thuyết của Ptolemy được tạo dựng trên ý niệm: Quả đất là một khối

đứng yên, bất động, nằm giữa trung tâm vũ trụ và tất cả các thiên thể gồm mặt trời và các định tinh đều quay xung quanh nó. Hồi đó người ta tin tưởng quả đất là trung tâm của hệ thống các tinh cầu. Các hành tinh được kết cứng vào hệ thống đó. Các ngôi sao thì được cột chặt vào một quả cầu khác bọc bên ngoài hệ thống đó, và tất cả đều quay mỗi vòng trong hai mươi bốn giờ. Sự chuyển động phức tạp của các định tinh đã được giải thích là đã được đính vào các vòng ngoài (épicycles), còn các vòng đính các hành tinh nằm ở trong (planetary spheres) thì quay ngược chiều với vòng hình cầu của các vì sao (sphere of stars) nhưng lại bị lôi cuốn theo bởi một lực mạnh hơn. Sao Thổ được coi là hành tinh xa tâm điểm nhất và gần vòm hình cầu của các vì sao hơn hết, do đó nó quay một vòng phải mất một khoảng thời gian lâu hơn cả. Mặt trăng gần tâm điểm nhất nên xoay xong một vòng với thời gian ít nhất. Rosen mô tả quan niệm của Ptolemy như sau:

“Lý thuyết thông thường lúc bấy giờ chủ trương rằng các hành tinh thường di chuyển về hướng đông, đồng thời chậm dần lại cho tới khi ngừng hẳn, rồi tự đảo ngược một lần thứ hai để tiếp tục cuộc hành trình về phía Đông, và cứ tiếp tục như thế mãi mãi”.

Vũ trụ do đó được coi như một khoảng có giới hạn bởi một cái bao hình cầu bọc lại. Bên ngoài vũ trụ không còn gì nữa.

Người ta dễ dàng chấp nhận thuyết của Ptolemy vì hai yếu tố mà hai yếu tố đó chính là phản ánh bản tính của con người: Yếu tố thứ nhất là vì thuyết đó có vẻ phù hợp với những điều mà người nào ngẫu nhiên quan sát cũng thấy. Yếu tố thứ hai là vì nó nuôi dưỡng cái chủ quan của con người. Sung sướng bao nhiêu khi người ta tin rằng quả đất là tâm điểm của vũ trụ, mọi hành vi và định tinh đều quay xung quanh mình. Cả vũ trụ hình như chỉ được Chúa Trời tạo dựng

để phục vụ con người.
Lâu đài vũ trụ kiến trúc xinh đẹp như nói trên vẫn còn nguyên vẹn cho tới khi xuất hiện trào lưu Phục hưng, một trào lưu vĩ đại về sự bừng tỉnh trí thức ở châu Âu.
Phá hủy lâu đài kiến thúc ấy là công lớn của Nicolaus Copernicus, "một giáo sĩ, vừa là họa sĩ, thi sĩ, vật lý gia, chiến sĩ và vừa là nhà khoa học...", một trong những nhân vật uyên bác toàn diện đã làm cho thời Phục hưng được muôn đời ca tụng.
Bảy mươi tuổi đời của Copernicus từ năm 1473 đến năm 1543 là giai đoạn hào hứng nhất và cũng nhiều sự kiện nhất của lịch sử châu Âu: Columbus tìm ra châu Mỹ; Magellan đi vòng quanh trái đất; Vasco de Gama lần đầu tiên vượt biển sang ấn Độ; Martin Luther khởi xướng đạo Tin Lành cải cách; Michel Angelo xây dựng một thế giới nghệ thuật mới; Paracelsus và Vesalius đặt nền móng cho khoa y học hiện đại; và Leonardo da Vinci, "một thiên tài toàn diện", nổi tiếng là họa sĩ, nhà điêu khắc, kỹ sư, nhà kiến trúc, nhà vật lý, nhà sinh vật học và triết gia. Đó quả là một thời đại thuận lợi biết bao để một thiên tài khác, Copernicus cống hiến cho nhân loại một vũ trụ quan mới.
Nicolaus Copernicus sinh tại Torun, một thị trấn trên bờ sông Vistula của Ba Lan, một thị trấn trước kia nằm trong Hiệp hội những thành phố tự do ở Phổ. Về hướng nghiệp ông sớm bị ảnh hưởng sâu rộng của người cậu là Lucas Watzelrode sau này làm Tổng Giám mục ở Ermeland. Ông được hấp thụ một nền giáo dục lâu dài và phức tạp, trước ở Trường sơ cấp Torun, sau năm 1491, tại Trường đại học Krakow. Trường đại học này cuốn hút ông vì nổi tiếng là trung tâm lãnh đạo châu Âu về toán học và thiên văn học. Năm năm sau Copernicus du lịch sang Italia, tiếp tục học ở Bologna, một trong

những trường đại học cổ xưa nhất và nổi tiếng nhất châu Âu. Ông bỏ hết thì giờ vào việc học Giáo luật và thiên văn học. Sau đó ông đến sống ở Rome một năm, vừa dạy toán vừa dạy thiên văn. Sau cùng, năm năm học Y khoa và Giáo luật ở Padua và Ferrara, đã hoàn tất chương trình học vấn của ông. Văn bằng Tiến sĩ Giáo luật được cấp cho ông năm 1503 ở Ferrara.

Trong khi đó, do ảnh hưởng của người cậu, Copernicus được phong linh mục ở Vương cung Thánh đường thánh Frauenburg và đó là nơi ông sống 37 năm còn lại đời mình sau khi từ Italia trở về vào năm 1506.

Nhiệm vụ linh mục của Copernicus rất phức tạp: ông chăm sóc thuốc men cho các tu sĩ và giáo dân; giúp việc phòng thủ quận của ông về quân sự trong cuộc chiến tranh tái phát giữa Ba Lan, Phổ và các chiến binh người Đức; tham dự hội nghị hòa bình được triệu tập sau khi chiến tranh kết thúc; góp ý cải tổ vấn đề đúc tiền và lưu hành tiền tệ, cai quản những họ đạo xa xôi thuộc địa phận ông; và để giải trí, ông vẽ và dịch các tác phẩm thi ca Hy Lạp sang tiếng Latinh.

Nghiên cứu thiên văn chỉ là một trong những hoạt động của Copernicus, con người có tri thức toàn diện. Nhưng dần dần môn khoa học đó trở thành mối quan tâm lớn nhất của ông, khi ông thấy phát sinh những nhận định về các hiện tượng thiên văn, những ý niệm này hình như đã nảy nở trong tâm trí ông từ trước và được tăng lên qua sự học hỏi ở các trường đại học Krakow và Italia. Copernicus âm thầm và đơn độc tiếp tục tìm kiếm, không một ai giúp đỡ và góp ý. Để có một trạm quan sát thiên văn, ông đã dùng một tháp canh trên bức tường bao quanh thánh đường.

Các dụng cụ thiên văn của Copernicus rất thô thiển. Công trình của ông được thực hiện gần một thế kỷ trước khi kính viễn vọng được

phát minh. Để đo lường, ông có một cái đồng hồ dùng bóng mặt trời; một cái thước đo chiều cao (một dụng cụ thô sơ bằng gỗ có ba mặt) tự ông chế ra để tính độ cao của các vì sao và các hành tinh, một cái kính trắc tinh, một hình cầu trong đó có những vòng dọc ngang. Hơn nữa khí hậu gây trở ngại cho việc quan sát thiên văn: biển Baltic và những con sông ở gần đó thường xuyên tạo ra mây và sương mù. Hiếm có những ngày và đêm bầu trời hoàn toàn trong sáng. Tuy nhiên, hết năm này qua năm khác, mỗi khi có cơ hội là Copernicus lại vùi đầu vào các tính toán.

Lý thuyết mang tính cách mạng mà Copernicus cố gắng biện minh đúng hay sai qua những nghiên cứu lâu dài ngược hẳn với thuyết của Ptolemy mà bấy lâu nay vẫn được tôn sùng. Lý thuyết của Copernicus đại khái là: trái đất không đứng yên mà quay tròn, tựa như trên một trục, mỗi ngày một vòng. Một quan niệm như vậy vào thế kỷ 16 quả là quá kỳ dị, đến nỗi Copernicus không dám công bố sớm, trước khi ông tin chắc rằng những điều ông đưa ra không thể chối cãi được. Đó là lý do khiến Copernicus phải chờ đợi 30 năm, mới quyết định công bố lý thuyết của mình cho thế giới.

Trước đó, có vài nhà thiên văn Hy Lạp cho rằng trung tâm của vũ trụ là mặt trời chứ không phải là trái đất. Nhưng Aristarchus, “Copernicus của thời thượng cổ”, vào khoảng thế kỷ thứ ba trước Công nguyên đã giải thích việc mặt trời mọc và lặn mỗi ngày bằng cách đưa ra giả thuyết rằng trái đất quay tròn trên chính mình nó mỗi ngày một vòng. Tuy nhiên, giả thuyết này cùng với các giả thuyết tương tự của các nhà thiên văn khác đã bị Aristotle và Ptolemy bác bỏ và chỉ bênh vực giả thuyết trái đất là trung tâm của vũ trụ.

Nhờ đọc những áng văn cổ điển, Copernicus đã biết những giả thuyết cổ xưa ấy và rất có thể những giả thuyết này đã thúc đẩy ông

tới chỗ xét lại vấn đề. Theo Copernicus hình như từ 1800 năm trước đó Arstarchus đã đưa ra một lối giải thích về chuyển động của bầu trời đơn giản hơn thuyết của Ptolemy nhiều.

Có lẽ ngay từ năm 1951 Copernicus đã viết một bản tóm tắt về lý thuyết mới của ông. Nhan đề là Commentariolus (hay là Tiểu luận). Quyển đó không được ấn hành trong khi tác giả còn sống nhưng có một số bản viết tay được lưu hành trong giới sinh viên khoa thiên văn học. Trong số những bản viết tay đó, nay còn lại hai bản. Trong quyển Commentariolus Copernicus cho thấy sở dĩ ông bắt đầu khảo cứu vì ông thấy các lý thuyết của Ptolemy về vũ trụ vừa quá phức tạp vừa quá vô lý, lại không đưa ra được những giải thích thỏa đáng về các hiện tượng của bầu trời. Kết quả chính yếu mà Copernicus đã phát hiện thấy là: quả đất không phải là trung tâm của thái dương hệ mà chỉ là trung tâm của quỹ đạo mặt trăng, và các hành tinh khác đều quay xung quanh Mặt trời. Quyển Tiểu luận thể hiện một giai đoạn dứt khoát trong sự phát huy tư tưởng của nhà địa thiên văn.

Ai có thể ngờ rằng tác phẩm kiệt xuất mà Copernicus đã dụng công xây dựng, ba mươi năm trời vẫn chưa được in thành sách? Do đó tác phẩm rất có thể bị thất lạc nếu không có những cố gắng của một học giả trẻ tuổi người Đức. Mùa hạ năm 1539, một giáo sư 25 tuổi dạy toán ở trường đại học Wittenberg tới Frauenburg thăm Copernicus. Đó là George Joachim Rheticus. Danh tiếng đang lên của Copernicus đã cuốn hút Rheticus và ông này tìm đến cốt để dò xét xem danh tiếng kia có xác đáng không. Ông tính chỉ ở lại vài tuần lễ nhưng ông được Copernicus đón tiếp nồng hậu khiến ông đã ở đó hơn hai năm. Rheticus nhận thấy ngay rằng chủ nhà là một thiên tài vào bậc nhất.

Trong ba tháng ông nghiên cứu và bàn cãi về các tài liệu do

Copernicus ghi chép. Sau đó Rheticus đã viết một bản tóm tắt về tư tưởng Copernicus và gửi cho ông thầy cũ của mình là Johann Schoner dưới hình thức bức thư. Bức thư được in ở Dantzig năm 1540. Bài Narratio prima hay là Bản tóm tắt thứ nhất của Rheticus là bản văn đầu tiên trình bày lý thuyết làm rung chuyển địa cầu của nhà thiên văn Ba Lan. Thực ra quyển sách nhỏ ấy chỉ trình bày chi tiết một phần trong toàn bộ lý thuyết của Copernicus: đó là sự khảo sát về chuyển động của quả đất. Tiếp theo "Bản tóm tắt thứ nhất" Rheticus còn tính cho ra thêm những bản "tóm tắt" khác, nhưng những bản tóm tắt sau đều không cần thiết. Niềm thán phục của Rheticus đối với Copernicus biến thành gần như sự tôn sùng và đã bộc lộ ra trong việc ông tặng Copernicus danh hiệu "Tiến sĩ Quán Thế" (Dominus Doctor) trong văn bản của ông.

Cho tới đó Copernicus vẫn kiên quyết không chịu cho ấn hành toàn bộ công trình của ông. Ông vốn cầu toàn và cho rằng mỗi điều quan sát thấy đều phải được thẩm tra nhiều lần. Nguyên bản viết tay tìm thấy được ở Praha vào giữa thế kỷ 19 sau khi bị thất lạc 300 năm đã chứng tỏ rằng bản văn đã được sửa lại từ trên xuống dưới sáu lần.

Thêm vào những ngần ngại nói trên, Copernicus có thể còn bị cản trở vì Giáo hội Thiên Chúa lúc đó ngấm ngầm phản đối.

Cuộc cải cách tôn giáo của giáo phái Tin lành, sự bừng tỉnh tri thức của thời Phục hưng đã làm cho các giới tôn giáo nghi ngại các lý thuyết có tính chất cách mạng cũng như những tư tưởng có thể đưa người ta xa rời các giáo lý chính thống. Copernicus, một giáo sĩ tin đạo mãnh liệt, tất nhiên không muốn trở thành kẻ phản đạo cũng không muốn hy sinh vì một lý thuyết.

Tuy nhiên, cuốn Narratio prima (Bản tóm tắt thứ nhất), đã được tiếp nhận nồng hậu. Rheticus và nhiều người khác yêu cầu ấn hành toàn

văn tác phẩm. Cuối cùng Copernicus phải nhượng bộ. Bản thảo viết tay được giao phó cho Rheticus ông này đem về Nuemberg và trông nom việc ấn loát.

Trước khi công việc ấn hành hoàn tất thì Rheticus được chỉ định làm giáo sư tại trường đại học Leibzig, và Andreas Osiander một mục sư Tin lành được chỉ định trông coi việc ấn loát.

Hình như Osiander đã lo ngại trước những ý kiến cấp tiến của Copernicus. Không xin phép và âm thầm, ông tự ý bỏ phần giới thiệu của quyển một. Thay vào đó ông viết bài tựa nói rằng: “Quyển sách chỉ gồm những giả thuyết có lợi cho các nhà thiên văn; việc trái đất quay không phải là điều nhất thiết đúng hay có thể đúng”. Nói cách khác đi, những điều viết trong quyển sách không có gì bảo đảm đã chính xác. Chắc Osiander muốn né tránh những lời chỉ trích của phe đối lập, và như Mizwa đã nhấn mạnh: “Có thể là vô tình mà Osiander đã góp phần lớn lao vào việc bảo toàn công trình vĩ đại này hơn ông tưởng. Vì bài tựa giả dối và ôn hòa vô hại của ông khéo léo núp dưới tên của tác giả (gửi cho người đọc định được thuyết nêu ra trong sách), nên Giáo hội Thiên Chúa không quan tâm đến tính chất cách mạng của quyển De Revolutionibus (về sự chuyển động). Phải tới năm 1616 họ mới kịp nhận ra và ghi nó vào bảng sách cấm”.

Trước khi việc ấn loát hoàn tất, Copernicus bị bệnh nặng. Một câu chuyện đáng tin cậy đã kể lại trong đoạn bi thảm nhất rằng, một sứ giả tới Frauenburg, mang từ Nuremberg bản in đầu tiên cuốn sách kiệt tác của Copernicus và chỉ kịp đặt vào tay ông vài giờ trước khi ông chết. Hôm đó là ngày 24 tháng 5 năm 1543. Quyển sách đề là De Revolutionibus Orbium Celestium nghĩa là về sự vận động của các thiên thể”. Cũng như các tác phẩm giáo khoa hồi đó, quyển sách

được viết bằng tiếng Latinh.

Vừa vì khôn ngoan vừa vì xã giao, Copernicus đề tặng tác phẩm cho Giáo hoàng Paul III. Qua lời đề tặng ấy, rõ ràng Copernicus đã tiên đoán một số khó khăn sẽ gặp phải.

“Tâu Đức Thánh Cha, con có thể tin chắc rằng một số người khi nghe nói đến sự xoay vần của địa cầu trong những cuốn sách này lập tức tuyên bố đấy là những ý kiến cần phải loại bỏ. Lúc này, những giả thuyết của chính con cũng chưa làm cho con hoàn toàn thỏa mãn đến độ không quan tâm đến những lời người khác có thể chê trách. Khi con bắt đầu nghĩ đến dư luận của những người công nhận quả đất đứng yên (như quan niệm phổ biến từ bao thế kỷ nay) đối với thuyết quả đất quay của con, con đã lưỡng lự rất lâu không biết có nên công bố những điều con đã viết để chứng minh sự xoay vần của quả đất không, hay tốt hơn là nên theo gương các triết gia thuộc nhóm Pythagore chỉ bác lại các điều huyền bí của triết học cho bà con và bạn bè bằng nói miệng thôi. Sau khi suy nghĩ kỹ, con gần như bị thúc đẩy đến chỗ xếp lại toàn bộ tác phẩm đã viết, vì con nhìn thấy trước sự khinh bỉ của người đời đối với tính chất mới lạ và có vẻ phi lý của nó.

Tuy nhiên, các bạn bè khuyên con bỏ ý định đó và bảo con phải ấn hành quyển sách con đã giấu kín trong nhà không phải chín năm mà tới bốn lần cái chín năm đó. Không thiếu những nhân vật danh tiếng và có học thức đã yêu cầu con ấn hành quyển sách. Họ bảo rằng không có gì đáng lo ngại mà phải trì hoãn cống hiến công trình của con cho ích lợi chung của toán học...

Con tin chắc rằng những người thông minh và học rộng sẽ đồng ý với con nếu họ thành thật có thiện chí tìm hiểu và cân nhắc các bằng chứng con đưa ra trong quyển sách. Nhưng để cả người thức

giả lẫn người thường dân có thể thấy rằng con không sợ sự phê phán của người đời, con muốn đề tặng quyển sách này, kết quả những đêm dài vất vả của con, cho Đức Thánh Cha hơn là bất cứ ai. Dù là một người ở trong một xó xa xôi của địa cầu, con vẫn coi Đức Thánh Cha là người vĩ đại nhất về địa vị và tha thiết nhất với khoa học và toán học. Do vậy Đức Thánh Cha nhờ địa vị và nhận xét của người, có thể loại bỏ dễ dàng lời lẽ của những người xấu miệng, mặc dầu tục ngữ có câu rằng không có thuốc gì chữa được vết cắn của kẻ nói xấu. Cũng có thể có trường hợp những bọn có thói quen gièm pha, lười biếng, dốt toán sẽ đòi quyền chỉ trích công trình của con bằng cách viện dẫn một vài đoạn trong Thánh Kinh mà họ đã vo tròn bóp méo theo ý họ. Nếu có kẻ nào dám liều lĩnh chỉ trích và tỏ ý than phiền về chủ trương của con, con sẽ không quan tâm đến, và con coi những phán đoán của họ là không chín chắn và đáng khinh".

Copernicus đã tóm tắt vũ trụ quan của ông mấy lời sau đây:

"Xa hơn hết là vòm hình cầu của các định tinh nó chứa đựng đủ thứ và chính vì lý do đó, không chuyển động. Thực ra đó là cái khung của vũ trụ mà sự chuyển động và vị trí của các vì sao phải quy chiếu vào. Tuy một số người nghĩ rằng nó có thể chuyển động theo lối nào đó, chúng tôi vẫn gán một lý do khác cho điều tại sao nó lại xuất hiện như vậy trong thuyết của chúng ta về sự chuyển động của trái đất. Trong số các hành tinh, trước hết phải kể sao Thổ, đi trong ba mươi năm mới hết một vòng. Sau đó là sao Mộc vận chuyển mười hai năm một vòng. Thứ tư trong số đó là hành tinh quay một năm một vòng mà chúng tôi đã nói, đó là trái đất với quỹ đạo mặt trăng (lunar orbit) như là một vòng ngoài. Thứ năm đến sao Kim quay một vòng đến chín tháng. Sao Thủy đứng hạng sáu đi một vòng hết tám

mươi ngày. Ở giữa các hành tinh đó là mặt trời. Thật ra giữa ngôi đền đẹp hơn hết thảy ấy, ai đặt được một bó đuốc vào bất cứ chỗ nào khác hơn là nơi, từ đó nó có thể soi sáng toàn thể và cùng một lúc?... Cho nên chúng tôi thấy bên dưới sự xếp đặt có trật tự ấy một sự cân đối huyền diệu trong vũ trụ, và một liên hệ rõ rệt trong sự chuyển động và tầm vóc vĩ đại của các tinh cầu. Sự cân đối ấy và mối liên hệ ăn khớp ấy thuộc loại chúng ta không thể có được bằng bất cứ một phương pháp nào khác".

Mấy nét đại quát về nội dung quyển De Revolutionibus đủ cho ta thấy phương pháp trình bày của tác giả. Tiếp theo lời đề tặng Giáo Hoàng Paul III và bài tựa đánh lạc hướng của Osiander, tác phẩm được chia làm sáu "quyển" hay sáu phần chính. Mỗi phần chia ra nhiều chương.

Phần một gồm vũ trụ quan của Copernicus, những lập luận ông đưa ra để bênh vực thuyết mặt trời là trung tâm của Thái dương hệ, ý niệm quả đất quay quanh mặt trời như các hành tinh khác và sự khác nhau giữa các mùa trong năm. Nhiều chương ở cuối phần này trình bày về lượng giác và những nguyên tắc lượng giác này được Copernicus dùng trong những phần sau.

Phần II bàn về sự chuyển động của các thiên thể đã được đo lường một cách chính xác và kết thúc bằng bảng liệt kê các tinh tú, xác định vị trí chúng trong bầu trời. Bảng liệt kê phần lớn mượn của Ptolemy tuy có sửa đổi đi chút đỉnh.

Bốn phần sau mô tả chi tiết sự chuyển động của trái đất, mặt trăng và các hành tinh khác. Trong mỗi trường hợp sau, phần giải thích sự chuyển động đều kèm theo hình vẽ đường đi của hành tinh ấy trên bầu trời theo những tính toán của Copernicus.

Một trong những lý lẽ chính yếu chống lại thuyết trái đất xoay vần

trước đó đã được Ptolemy đưa ra: trái đất phải yên, nếu không thể, bất cứ vật gì bay trên không gian như, mây trời, chim chóc sẽ bị bỏ lại đằng sau và một vật tung vào trong không gian khi rơi xuống sẽ phải chếch về phía tây rất xa. Nguy hại hơn hết là nếu địa cầu quay một cách mau chóng, kinh khủng như vậy thì nó sẽ sớm tan thành muôn mảnh và bay vào không gian. Trước khi Galileo tìm ra cơ học và Newton tìm ra luật hấp dẫn thì những lập luận của Ptolemy quả là khó mà phủ định.

Copernicus trả lời bằng cách đưa ra ý kiến rằng không khí quanh mặt đất bị trái đất lôi theo trong khi quay, và quan niệm rằng trái đất quay chứ không phải cả vũ trụ quay nghe vẫn thuận lý, hơn vì nếu trái đất không quay thì bầu trời phải quay để có ngày và đêm. Những lý lẽ bào chữa lại càng thêm mạnh nhờ những suy luận mang tính triết lý: thiên nhiên không tự diệt và Thượng đế không tạo dựng nên vũ trụ để rồi nó lại tự diệt nó.

Với Copernicus, mặt trời đứng yên một chỗ và thụ động giữa các tinh cầu xung quanh, giống như vai trò của trái đất theo quan niệm của Ptolemy. Vai trò của mặt trời chỉ là cung cấp ánh sáng và sức nóng. Vũ trụ có giới hạn nhất định. Bên ngoài vòm hình cầu của các vì sao, theo Ptolemy, không gian không còn nữa. Quan niệm về sự vô tận của không gian có lẽ cũng không được Copernicus biết tới như trường hợp Ptolemy 1400 năm trước. Copernicus cũng không ra ngoài hệ thống “vòng ngoài” của Ptolemy. Có một tâm điểm khác cho mỗi quỹ đạo và mặt trời không được đặt vào trung tâm chính xác của bất cứ quỹ đạo hành tinh nào. Đó là những điểm chưa đúng thuộc hệ thống của Copernicus, mà các nhà thiên văn lớp sau phải sửa chữa lại.

Thuyết của Copernicus được giới khoa học lẫn quảng đại quần

chúng chấp nhận chậm chạp. Trừ vài trường hợp ngoại lệ, dư luận đương thời nói chung tỏ ra chống đối mãnh liệt. Theo một chuyển kể lại thì xưởng in ấn hành quyển De Revolutionibus đã bị đám sinh viên đại học đập phá: họ phá hủy bản in và cả bản viết tay của tác giả. Thợ nhà in phải làm rào cản trước cửa để có thể hoàn tất công việc. Một vở hài kịch chế diễu Copernicus đã được gánh rong ở Elbing đặt ra. Vở kịch mô tả nhà thiên văn đã từng bán linh hồn cho quỷ Satan.

Tuy nhiên nguy hiểm hơn chính là phản ứng đầy uy quyền của các tổ chức thuộc Giáo hội.

Giả thuyết mới mẻ đã lật nhào cả tiêu chuẩn triết học, niềm tin tôn giáo của thời tín ngưỡng. Nếu thuyết của Copernicus mà đúng thì con người sẽ không còn là trung tâm vũ trụ nữa; con người bị xô đổ khỏi đài danh vọng và quả đất của loài người sẽ chỉ còn là một trong số những hành tinh.

Nhưng vì Giáo hội còn bận lo nhiều chuyện khác và có lẽ một phần vì bài tựa nhằm đánh lạc hướng người đọc của Osiander, Giáo hội Công giáo không có thái độ ngay với quyển sách của Copernicus. Nóng nảy hơn cả là các lãnh tụ thuộc phe Tin lành - Martin Luther - trong nhiều trường hợp đã gay gắt công kích Copernicus. Ông nhắc tới Copernicus như một nhà thiên văn mới mẻ, muốn chứng minh rằng quả đất quay tròn chứ không phải bầu trời, mặt trời và mặt trăng; đúng y như một người ngồi trên một toa xe hay một con tàu đang di động lại tưởng rằng y đang ngồi yên và quả đất và cây cỏ đang chuyển động vượt qua mắt y. Mà đó chính là chuyện hôm nay đấy. Kẻ nào muốn tỏ ra ta đây thông minh cần phải sản xuất ra một cái gì đó của chính mình, mà sản phẩm ấy lại bó buộc phải là cái tốt đẹp hơn hết vì y đã tạo ra nó! Thằng khùng ấy sẽ đảo lộn tất cả

khoa thiên văn. Nhưng, như Thánh Kinh đã dạy: chính mặt trời chứ không phải là quả đất mà Joshua đã ra lệch ngừng lại". Melanchthon, môn đệ trung kiên của Luther, chế diễu Copernicus thế này: "Y chặn mặt trời đứng lại rồi cho quả đất quay". John Calvin cũng hùng hồn buộc tội Copernicus, nhắc lại bài thành ca 93: "Quả đất đã được định vị, nó không thể di chuyển đi được" và ông đã giận dữ hỏi: "Ai dám cả gan đặt uy quyền của Copernicus trên Chúa và Thánh Thần?".

Mãi tới năm 1615, Giáo hội Công giáo mới có thái độ nghiêm khắc chống lại quyển De Revolutionibus. Và hành động của Giáo hội lúc đó là để chống lại những người bênh vực thuyết của Copernicus như trong vụ án Galileo và Bruno. Những lý thuyết của Copernicus được loại bỏ như sau:

"Điều thứ nhất cho rằng mặt trời là trung tâm và không quay quanh quả đất là điên rồ, là phi lý, là sai lầm đối với khoa thần học, là phản đạo vì rõ ràng trái với Kinh Thánh. Điều thứ hai cho rằng quả đất quay chung quanh mặt trời và không là trung tâm vũ trụ là phi lý, trái với triết học và theo quan điểm thần học thì trái với Đức Tin chân chính".

Năm sau, năm 1616, tác phẩm của Copernicus bị liệt vào hạng sách cấm "cho đến khi có quyết định khác". Cùng lúc đó, "mọi sách vở quả quyết rằng quả đất quay" đều bị kết án. Cho tới hai thế kỷ sau; tên tuổi Copernicus vẫn còn nằm trong bảng cấm. Và bản án chỉ được hủy bỏ vào năm 1835.

Số phận của Galileo và Bruno đủ làm sợ hãi những ai dám theo thuyết Copernicus. Giordano Bruno, một người nhiệt thành tin theo Copernicus đã đi xa hơn cả ông này bằng cách nêu thuyết không gian vô tận, và mặt trời với các hành tinh của nó chỉ là một "hệ"

trong nhiều tinh hệ tương tự. Bruno còn đi xa hơn nữa với ý kiến là có thể nhiều thế giới khác cũng có người, và họ là những sinh vật văn minh bằng hay cao hơn chúng ta.

Vì những lời lẽ phạm thượng ấy, Bruno đã bị đưa ra Tòa án Tôn giáo, kết án và bị đưa lên giàn hỏa thiêu vào tháng 2 năm 1600. Chỉ có cách xử với Galileo, một nhà đại thiên văn người Italia, là bớt quyết liệt hơn. Năm 1633 vì Tòa án Tôn giáo đe dọa tra tấn và xử tử, ông đã phải quỳ gối tuyên thệ từ bỏ mọi tin tưởng vào các thuyết của Copernicus, và sau đó ông bị tù chung thân.

Các nhà thần học Công giáo và Tin lành cũng như các triết gia và nhà khoa học đều nghi ngại, không chấp nhận thuyết của Copernicus. Như Francis Bacon, một trong những ông tổ của phương pháp khoa học hiện đại đã chống lại quan niệm quả đất quay trên một cái trục và còn chạy xung quanh mặt trời vẽ thành một quỹ đạo.

Một thời gian dài sau khi cuốn De Revolutionibus đời, địa vị của Aristotle và Ptolemy trong các trường đại học châu Âu vẫn không đổ. Hiện nay, như Stebbins nhấn mạnh “Sự chậm chạp trong việc chấp nhận thuyết Copernicus là điều đặc biệt trong mọi quốc gia. Ở Mỹ, thuyết của Ptolemy và của Copernicus được đem ra dạy song song tại Harvard và cả tại Yale”.

Tuy nhiên, dần dần và từng bước một, thuyết của Copernicus đã được chấp nhận.

Sự tiếp tục tìm tòi của các nhà khoa học nổi danh như Giordano Bruno, Tycho Brahe, Johann Kepler, Galileo Galilei và Isaac Newton hàng mấy chục năm sau đã tìm ra những bằng chứng lớn lao và không thể chối cãi. Những lỗi lầm trong thuyết của Copernicus được các vị đó hay các nhà khảo cứu xóa bỏ, nhờ họ có những dụng cụ

quan sát hoàn hảo hơn và cũng vì mỗi người đều có thể dựa vào kinh nghiệm người đi trước.

Nhà thiên văn vĩ đại tiếp liền Copernicus là một người Đan Mạch, ông Tycho Brahe. Tycho không công nhận thuyết quả đất quay chung quanh mặt trời, nhưng với những dụng cụ tuyệt hảo do nhà vua Đan Mạch tặng, ông có thể quan sát và tính toán về thiên văn chính xác hơn Copernicus rất nhiều. Dựa vào các dữ kiện đó, viên phụ tá người Đức của ông là Jahann Kepler sau khi Tycho chết, đã có thể nêu lên ba định luật nổi tiếng.

a. Các hành tinh chạy theo hình bầu dục, chứ không theo hình tròn, với mặt trời làm tiêu điểm.

b. Trái đất và các hành tinh khác quanh xung quanh mặt trời theo quỹ đạo hình bầu dục nhưng tốc độ không quay đều nhau, mà hành tinh nào gần mặt trời hơn thì quay mau hơn.

c. Khoảng cách giữa một hành tinh và mặt trời tỷ lệ với khoảng thời gian chuyển động của nó quanh mặt trời.

Galileo là nhà quan sát đầu tiên đã sử dụng kính viễn vọng trong ngành thiên văn, và những khám phá qua kính viễn vọng của ông đã làm cho thuyết của Copernicus thêm vững chắc. Galileo tạo dựng nền móng cho một khoa học mới khi đưa ra những nguyên tắc cơ bản về động lực, khoa học của chuyển động. Bằng chứng cuối cùng khẳng định giá trị thuyết của Copernicus đã do Isaac Newton đưa ra với sự phát minh của ông về luật hấp dẫn và sự hình thành những luật về sự chuyển động của các hành tinh. Và một vài bí mật còn lại của vũ trụ đã được Einstein khám phá vào thế kỷ 20 thuyết tương đối.

Dựa vào vô số những điều chỉnh do các nhà khoa học thuộc về thế kỷ sau mang lại, một câu hỏi thường được đặt ra một cách hợp lý:

Thuyết của Copernicus có đúng không?

Không thể chối cái là thuyết của Copernicus còn thiếu sót và sai lầm trên nhiều phương diện. Quan niệm của ông cho rằng các thiên thể chuyển động theo hình tròn là sai; ngược lại chúng chuyển động theo hình bầu dục. Quan niệm của Copernicus cho rằng vũ trụ có ranh giới nhất định đã đi ngược lại với thuyết hiện đại về số lượng vô biên của các thái dương hệ.

Trong nhiều chi tiết khác, những nguyên tắc do Copernicus nêu lên bốn thế kỷ trước cũng không hoàn toàn phù hợp với sự hiểu biết hiện nay của con người. Nhưng trong những nét chính như việc coi mặt trời là trung tâm của hệ thống hành tinh, Copernicus đã khám phá ra chân lý cơ bản và đã có công đặt nền móng cho khoa thiên văn hiện đại.

Sau hết, địa vị của Copernicus trong lịch sử khoa học đã được khẳng định. Ảnh hưởng của ông đối với người đương thời và các thế hệ trí thức về sau đã làm cho vai trò của ông nổi bật như Goethe đã viết:

“Trong tất cả các phát kiến cũng như các quan niệm, không cái nào ảnh hưởng lớn lao đến tinh thần nhân loại bằng thuyết của Copernicus. Người ta khó lòng mà cho rằng quả đất tròn và tự nó quay trên mình nó, khi bị đòi hỏi phải từ bỏ đặc quyền vĩ đại coi nó là trung tâm của vũ trụ. Có lẽ không bao giờ nhân loại phải chấp nhận một đòi hỏi lớn lao hơn thế, vì công nhận như thế tức là tiêu hủy biết bao thực tại thành tro bụi! Rồi còn thiên đường của chúng ta, cái thế giới của hồn nhiên, đạo đức và của thi ca, tính cách hiển nhiên của giác quan; lòng tin tưởng ở một tín ngưỡng thơ mộng, tất cả những điều đó sẽ ra sao? Không có gì lạ nếu người đương thời không muốn cho thuyết đó được phổ biến và không lạ gì khi họ đưa ra mọi

lập luận chống lại thuyết đó, một thuyết vì tính cách mạng của nó, đã khẳng định và đòi hỏi một nhất định khoáng đạt, một tư tưởng cao thâm ngoài sức tưởng tượng của chúng ta".

Sau cùng xin nói đến lời phê phán của ba nhà khoa học nổi danh Hoa Kỳ hiện còn sống. Ông Vannevar Bush viết: "Việc ấn hành kiệt tác của Copernicus đánh dấu bước ngoặt vô cùng quan trọng của tư tưởng nhân loại, tạo ra một trường hợp điển hình về chân lý của khoa học trong công cuộc giải phóng sự hiểu biết của nhân loại, và làm sáng tỏ sự nhận định về việc chiến thắng sự ngu dốt và lòng chấp nê trong tương lai".

Ông Harold C. Urey, người từng đoạt giải Nobel, đã quả quyết: "Tất cả những danh từ vĩ đại đều không đủ để mô tả giá trị công trình của Nicolaus Copernicus. Ông dứt khoát từ bỏ một quan niệm về hệ thống mặt trời đã đứng vững cả ngàn năm để đưa ra một quan niệm hoàn toàn mới về tương quan giữa các hành tinh với mặt trời. Làm như thế ông đã mở đầu cho toàn bộ phương pháp hiện đại về khoa học và đã sửa đổi lối suy tư của ta trong mọi giai đoạn của đời sống con người".

Sau cùng, đây là ý kiến của Harlan True Steson, một nhà thiên văn nổi tiếng:

"Thật là lúng túng khi phải kiểm lại bản danh sách dài về các chân lý đã từng góp phần vào sự tiến bộ của khoa học trong lịch sử thế giới, để lựa ra một thiểu số chân lý nổi bật nhất. Tuy nhiên, nếu bắt buộc phải lựa chọn ba tên tuổi thì tôi không ngần ngại nói ngay: Copernicus, Newton và Darwin. Ba tên tuổi đó có những đặc tính chung không thể tách rời khỏi sự chiến thắng của tiến bộ khoa học. Những đặc tính đó là trí tưởng tượng, lòng can đảm của thiên tài và một nét độc đáo biểu lộ khả năng phi thường của trí thông minh.

Trong ba người, sau khi cân nhắc cận thận, tôi tin rằng vinh quang lớn nhất phải thuộc về Copernicus, người vĩ đại nhất, vì chính ông đã đặt nền móng cho khoa thiên văn hiện đại. Không có những nền móng đó, Newton không thể xây dựng định luật về trọng lực. Copernicus đã mở đầu cho một cuộc cách mạng về tư duy, đã thách thức lối tư duy chính thống từng thống trị trước khi thuyết tiến hóa tạo được thế đứng trong ý thức hệ của chúng ta".

Vũ trụ hệ
Isaac Newton và tác phẩm nguyên tắc toán học

Trong số những cuốn sách gây ảnh hưởng sâu rộng đến cuộc sống, có lẽ hiếm có cuốn nào nổi tiếng nhưng lại có ít độc giả bằng tập Nguyên tắc toán học trong vạn vật học (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica) của Isaac Newton. Sách viết bằng cổ ngữ Latinh, kèm thêm những hình kỷ hà chằng chịt, Newton đã cố tình viết nó thật khó hiểu, dùng toàn những lời lẽ chuyên môn trừu tượng. Chỉ những bác học trong các ngành thiên văn, toán và vật lý rất thông thái mới có thể đọc nổi sách của ông.

Một nhà viết sử Newton đã kể lại rằng: Khi cuốn sách Nguyên tắc toán học xuất bản vào cuối thế kỷ 17, chỉ có ba hay bốn người đương thời có thể hiểu nổi. Một nhà viết tiểu sử khác nâng con số đó lên mười hay mười hai người là cùng. Newton cũng nhìn nhận sách của ông rất khó đọc; có điều là ông muốn vậy, để những người có trình độ toán học thật cao mới có thể hiểu được sách của ông.

Tuy nhiên, các nhà khoa học nổi tiếng đều coi Newton là một nhà bác học vĩ đại của mọi thời đại. Laplace nhà thiên văn học trứ danh Pháp gọi Nguyên tắc toán học "vượt lên trên mọi tác phẩm khác của

thiên tài nhân loại". Lagrange, nhà toán học lừng danh nhìn nhận Newton là một thiên tài vĩ đại chưa từng thấy. Boltzann, nhà khai sáng ra khoa học vật lý toán học hiện đại gọi cuốn sách Nguyên tắc toán học là tác phẩm đầu tiên và vĩ đại nhất về môn vật lý lý thuyết. Nhà thiên văn lỗi lạc Mỹ W.W. Campbell nhận xét: "Đối với tôi, không những Isaac Newton là một vĩ nhân của khoa vật lý học mà còn là người độc nhất đã khai phá ra khoa vật lý thiên văn học". Viết về Newton, những nhà khoa học cự phách trong gần ba thế kỷ vừa qua đều đồng ý: Newton là nhà khoa học siêu việt bậc nhất, những người không thuộc giới khoa học chỉ có thể biết được kết quả cụ thể do học thuyết Newton, và tin tưởng ở những lời nhận xét trên.

Newton ra đời gần đúng một thế kỷ sau khi Copernicus tạ thế, và đúng vào những năm Galileo từ trần. Hai bậc vĩ nhân đó trong khoa thiên văn học đã cùng với Johannes Kepler đặt nền móng để sau này Newton tiếp tục xây dựng sự nghiệp.

Newton là nhà toán học thiên tài, sinh trong thời đại có nhiều nhà toán học nổi tiếng. Marvin nhận định rằng: "Thế kỷ 17 là thế kỷ toán học trổ hoa, cũng như thế kỷ 18 là thế kỷ của hoá học, thế kỷ 19, sinh vật học. Khoa học trong nửa sau thế kỷ 17 đã tiến được những bước dài hơn mọi thời kỳ khác". Newton bao quát được các ngành chính của khoa vật lý như: toán học, hóa học, vật lý học và thiên văn học, vì trong thế kỷ 17, nghĩa là trước khi khoa học chia ra nhiều ngành chuyên môn, một nhà khoa học có thể cùng một lúc bao quát nhiều ngành khoa học.

Newton sinh đúng ngày lễ Giáng sinh năm 1642. Thiếu thời ông được chứng kiến sự thăng trầm của Chính phủ liên hiệp Oliver Cromwell, trận hỏa hoạn tàn phá hầu hết thành phố London và nạn dịch hạch sát hại một phần ba dân số thành phố này. Sau 18 năm

sống trong một xóm nhỏ ở Woolsthorpe, Newton được gửi theo học trường đại học Cambridge. Ở đây Newton may mắn được theo học một giáo sư toán học có tài tên là Isaac Barrow, người được gọi là "cha tinh thần" của Newton, Barrow biết là khuyến khích thiên tài Newton. Và ngay khi còn ở trường, Newton đã khám phá ra định lý nhị thức.

Trường đại học Cambridge phải đóng cửa năm 1665 vì nạn dịch hạch, Newton lại trở về quê. Trong hai năm liền sống cách biệt hẳn với thế giới bên ngoài, Newton dành hết thì giờ để suy tư và nghiên cứu khoa học. Kết quả thật là siêu phàm: chưa đầy 25 tuổi, Newton đã thực hiện được ba phát minh khiến ông nghiễm nhiên trở nên ngang hàng với các thiên tài khoa học của mọi thời đại. Trước hết Newton phát minh ra khoa toán học vi phân dùng để tính những số lượng chuyển biến như sự vận động của các vật thể, của làn sóng và để giải những bài toán vật lý có liên quan tới mọi sự chuyển động "Toán học vi phân có thể nói đã mở được cửa kho tàng báu vật toán học, đã đặt thế giới toán học dưới chân Newton và các học trò của ông".

Khám phá quan trọng thứ hai của Newton là định luật về thành phần ánh sáng và từ đó ông phân tích được bản chất của màu sắc và bản chất của ánh sáng trắng. Newton chứng minh rằng: ánh sáng trắng của mặt trời gồm có những tia sáng màu mà ta thường thấy ở cầu vồng. Như vậy màu sắc là bản chất của ánh sáng, và ánh sáng trắng - những thí nghiệm bằng lăng kính của Newton đã chứng minh - là do sự trộn lẫn tất cả các màu sắc của quang phổ. Từ khám phá này, Newton tiến đến việc chế tạo kiểu viễn kính phản chiếu đầu tiên, có thể đem ra sử dụng một cách có hiệu quả.

Khám phá thứ ba có lẽ là khám phá vĩ đại nhất của Newton, là định

luật vạn vật hấp dẫn. Khám phá này đã kích động trí tưởng tượng của các nhà khoa học, mãnh liệt hơn mọi khám phá về lý thuyết khác trong thời kỳ cận đại. Theo một giai thoại ai cũng biết thì Newton giác ngộ rồi tìm ra định luật hấp dẫn khi ông quan sát quả táo rơi. Sự thật thì chuyện trái đất hút những vật ở gần không có gì mới lạ. Nhưng điều mới lạ là Newton đã mở rộng nhận xét đó để áp dụng đối với vạn vật, từ trái đất các hành tinh và chứng minh được thuyết của ông bằng toán học.

Điều đáng ngạc nhiên là Newton không hề công bố gì về ba phát minh cực kỳ quan trọng của ông về toán học vi phân, màu sắc và định luật hấp dẫn. Bản tính rất dè dặt kín đáo, ông không thích tiếng tăm, không thích tranh luận, và có ý muốn xếp xó những phát minh của ông. Những gì ông công bố sau này đều do bạn bè thúc ép, những công bố song ông lại hối hận vì trót mềm yếu nghe lời họ. Ông nghĩ rằng công bố sẽ khiến cho người ta phê bình, rồi từ phê bình đi tới tranh luận, điều mà Newton với bẩm tính nhạy cảm rất lấy làm khổ tâm.

Sau những năm sống ẩn dật và nhàn hạ bất đắc dĩ vì bệnh dịch hạch tàn sát London, Newton lại trở lại Cambridge. Tốt nghiệp đại học xong, ông được cử làm giáo sư trường Trinity. Ít lâu sau, cựu giáo sư của Newton là Barrow từ chức, Newton khi đó mới 27 tuổi được bổ nhiệm làm giáo sư toán học, một chức vụ ông giữ trong hai mươi bảy năm liền. Mười hay mười hai năm tiếp theo, người ta biết rất ít về những hoạt động của Newton. Chỉ biết ông tiếp tục nghiên cứu về ánh sáng và công bố khám phá của ông về thành phần của ánh sáng trắng. Lập tức ông bị lôi cuốn vào một cuộc tranh luận vì lẽ những kết luận của ông về ánh sáng trái ngược hẳn với quan niệm đương thời, và vì trong tập tài liệu công bố, ông đã trình bày quan

niệm triết lý của ông về khoa học. Ông chủ trương rằng: nhiệm vụ chính yếu của khoa học là tiến hành những cuộc thí nghiệm, ghi nhận những kết quả của thì nghiệm, và sau hết là rút ra những định luật toán học căn cứ vào kết quả những thí nghiệm đó. Ông viết: "Phương pháp thích đáng nhất để nghiên cứu đặc tính của sự vật là suy luận xuất phát từ những cuộc thí nghiệm". Những nguyên tắc này hoàn toàn phù hợp với phương pháp nghiên cứu khoa học hiện đại, nhưng trong thời Newton lại không được chấp nhận. Thời đó, chịu ảnh hưởng triết học cổ, các học giả thường hay tin ở trí tưởng tượng, ở lý trí, ở bề ngoài của sự vật nhiều hơn là tin ở sự thí nghiệm.

Các nhà khoa học có tiếng tăm như Huygens và Hooke cũng lên tiếng đả kích Newton khiến ông bực dọc và quyết định từ nay về sau sẽ không công bố gì nữa. Ông viết: "Tôi bị khổ sở vì những cuộc tranh luận về lý thuyết quang học đến nỗi tôi phải hối hận tại sao lại từ bỏ nếp sống yên vui của tôi để chạy theo một cái bóng". Không những vậy, ông còn tỏ ra chán ngấy cả khoa học và nói ông đã mất hết lòng "nhiệt thành" trước kia đối với khoa học. Sau này vì nhiều bạn bè "khuyến khích và quấy rầy" nên ông mới viết tập sách vĩ đại: Nguyên tắc toán học, một tập sách được thành hình chỉ vì một sự ngẫu nhiên.

Và năm 1684, qua những con tính của Picard, lần đầu tiên người ta đo được chính xác chu vi trái đất. Dựa vào những kết quả của nhà thiên văn học Pháp, Newton áp dụng nguyên tắc lực hấp dẫn để chứng minh rằng: Sở dĩ mặt trăng xoay quanh trái đất và các hành tinh xoay quanh mặt trời đều là vì lực hấp dẫn (sức hút). Lực hấp dẫn này thay đổi theo khối lượng vật thể bị hút và thay đổi nghịch với bình phương của khoảng cách. Newton chứng minh rằng chính

định luật đó giải thích hình bầu dục của quỹ đạo các hành tinh, lực hấp dẫn đã giữ vững được mặt trăng và các hành tinh trong quỹ đạo và đã cân bằng được với lực ly tâm của các hành tinh khi quay tạo ra.

Một lần nữa Newton lại không muốn công bố phát minh của ông về sự bí mật lớn nhất của vũ trụ. Tuy nhiên đương thời cũng có nhiều nhà khoa học nỗ lực tìm kiếm giải đáp cho những câu hỏi về sự chuyển động trong thái dương hệ. Nhiều nhà thiên văn học cho rằng: các hành tinh chạy theo mặt trời là vì lực hấp dẫn, trong số đó có Robert Hooke xưa nay chuyên môn đả kích Newton rất dữ dội. Tuy vậy vẫn không có vị nào chứng minh được lý thuyết của mình bằng toán học. Vào giai đoạn này, Newton đã trở nên nhà toán học nổi tiếng, và nhà thiên văn học Edmund Halley trình bày bài toán xong, tới thăm ông ở Cambridge, yêu cầu ông giúp đỡ. Khi ấy Halley mới vỡ lẽ ra rằng từ hai năm về trước Newton đã giải đáp được bài toán này rồi. Hơn nữa Newton còn tìm ra những định luật về sự chuyển động của các vật thể chịu sự chi phối của lực hấp dẫn. Ấy vậy mà Newton không hề có ý định công bố những phát minh của ông.

Halley thấy ngay tầm quan trọng những phát minh của Newton và ông hết lòng thuyết phục Newton phải khai triển trên bình diện lý thuyết. Phần vì nhiệt tình của Halley, phần vì ông lại cảm thấy hứng khởi với khoa học, Newton khởi công viết tập Nguyên tắc toán học mà Langer gọi là: “Một kho báu của khoa học, một tác phẩm mới lạ nhất từ xưa đến nay”.

Điều ly kỳ là Newton chỉ mất có mười tám tháng đã viết xong bộ Nguyên tắc toán học. Trong thời gian đó, quá say sưa vào bộ sách đến nỗi ông quên ăn, quên ngủ. Chỉ có một bộ óc siêu phàm, có sức

làm việc siêu phàm mới có thể hoàn tất một công trình vĩ đại như bộ Nguyên tắc toán học trong một thời gian ngắn ngủi như vậy. Viết xong bộ sách Newton gần như kiệt sức về cả vật chất lẫn tinh thần.

Trong thời gian viết bộ Nguyên tắc toán học, Newton còn bị quấy rầy vì những cuộc tranh luận thường xuyên, nhất là những cuộc tranh luận với Hooke, người đã tự cho chính ông ta mới là người tìm ra thuyết chuyển động của hành tinh, có thể giải thích bằng luật hấp dẫn bình thường đối nghịch. Bực mình vì những lời vu cáo đó, Newton chán nản không viết tiếp bộ sách Nguyên tắc toán học mà ông đã viết xong được hai phần ba. Một lần nữa Halley lại phải van nài Newton viết tiếp phần còn lại, và là phần quan trọng nhất của bộ sách.

Trong lịch sử bộ Nguyên tắc toán học người ta không thể không nhắc đến vai trò của Edmund Halley. Không những ông đã khuyến khích, thúc đẩy Newton làm việc, mà ông còn vận động để Hội khoa học Hoàng gia xuất bản bộ sách, và chính ông đã bỏ rơi mọi việc riêng để trông nom công việc ấn loát. Về sau Hội khoa học Hoàng gia lại từ chối tài trợ và Halley phải bỏ tiền túi ra để chi cho việc xuất bản, dù ông không giàu có gì và có cả một gia đình phải nuôi dưỡng.

Năm 1687, sau không biết bao nhiêu trở ngại, cuốn sách Nguyên tắc toán học in xong, khổ nhỏ, bán 10 hay 12 shillings một cuốn. Trang in nhan đề sách có ghi: giấy phép xuất bản của Samuel Pepys, Chủ tịch Hội khoa học Hoàng gia. Có người nhận xét rằng: rất có thể Pepys không hiểu một câu nào trong sách của Newton.

Tóm lược sách Nguyên tắc toán học bằng những lời lẽ thông thường là việc khó khăn nếu không nói là không thể làm được. Tuy nhiên ở đây chúng ta có thể ghi ra mấy điểm chính yếu của bộ sách.

Trong Nguyên tắc toán học Newton đề cập đến sự chuyển động của các vật thể trên bình diện toán học, nhất là sự áp dụng động lực học và luật vạn vật hấp dẫn vào hệ thống mặt trời. Khởi đầu, Newton trình bày phép toán học vi phân, một phát minh được dùng làm phương tiện tính toán trong toàn thể bộ sách. Kế đó Newton định nghĩa về không gian, thời gian, trình bày những định luật về sự chuyển động và các ứng dụng. Nguyên tắc cơ bản là: mọi vật thể đều hút lẫn nhau với một lực nghịch với bình phương khoảng cách. Ngoài ra Newton còn đưa ra các định luật về sự va chạm các vật thể. Newton dùng những hình kỷ hà cổ điển để trình bày các thuyết vật lý của ông.

Quyển đầu tiên của bộ sách Nguyên tắc toán học, đề cập đến sự chuyển động các vật thể trong không gian. Phần thứ hai của quyển này đề cập đến sự chuyển động trong môi trường trở lực, thí dụ như chuyển động dưới nước. Trong phần cuối Newton đề cập đến sự chuyển động phức tạp của thể lỏng và những bài toán về sự chuyển động này đều được giải đáp. Ngoài ra Newton có tính các tốc độ của âm thanh và diễn tả bằng toán học sự chuyển động của làn sóng. Quyển một này là nền tảng của khoa học vật lý toán học, khoa thủy tĩnh học và thủy động học ngày nay.

Quyển thứ hai Newton đả phá vũ trụ hệ của Descartes đang thịnh hành. Theo thuyết của Descartes những chuyển động của các vật thể trong không trung đều là do cơn lốc mà ra. Tất cả không gian đều tràn ngập một “chất lỏng” và ở nhiều nơi những chất này quay cuồng thành bão lốc. Hệ thống mặt trời gồm 14 trung tâm bão lốc, trong trung tâm lớn có mặt trời. Các hành tinh đều chỉ là những vật thể bị cuốn theo cơn bão lốc như những miếng gỗ nhỏ trong xoáy nước. Descartes đã dùng thuyết “báo lốc” này để giải thích hiện

tượng hấp dẫn trong vũ trụ. Trái với Descartes, Newton chứng minh bằng thực nghiệm và bằng toán học rằng: “Thuyết bão lốc hoàn toàn mâu thuẫn với những sự kiện thiên văn và không giải thích nổi sự chuyển động của các vật thể trong không gian”.

Quyển thứ ba được đề là: “Vũ trụ hệ” đây là phần quan trọng nhất trong công trình của Newton. Trong phần này Newton đề cập đến những hệ quả thiên văn học của định luật hấp dẫn, ông viết:

“Trong những quyển trước tôi đã xác định những nguyên tắc của khoa học, những nguyên tắc không phải là triết lý mà là toán học... Những nguyên tắc đó là những định luật và điều kiện của một số những chuyển động, những năng lực...Tôi đã chứng minh nguyên tắc đó ở nhiều đoạn...với...sự giải thích rằng: đây là những sự kiện thông thường trong tạo vật... như là trọng lượng và sức cản của ánh sáng, của âm thanh. Bây giờ, cũng từ những nguyên tắc đó tôi trình bày vũ trụ hệ”.

Giải thích tại sao ông không phổ thông hóa thuyết của mình, Newton viết:

“Phần thứ ba này, thoạt đầu tôi dùng ngôn ngữ phổ thông để nhiều người có thể hiểu. Nhưng về sau nghĩ lại, tôi viết phần này bằng những công thức toán học và chỉ những người nào nắm vững các nguyên tắc trình bày ở những quyển trước mới hiểu được. Sở dĩ tôi viết khó khăn như vậy, để những ai có nắm vững những nguyên tắc đó thì mới ước lượng được tầm quan trọng của nó, và do đó mới gạt bỏ được những định kiến về vũ trụ mà họ quen thuộc từ trước. Tôi không khuyên mọi người phải nghiên cứu những nguyên tắc tôi đã đề ra, vì ngay những độc giả có trình độ toán học cao cũng phải mất nhiều công phu mới hiểu được”.

Vì những lẽ đó, đã có người gọi cuốn Nguyên tắc toán học có giọng

văn “xa vời, lạnh buốt, giọng văn của một giáo chủ nói để mà nói”.
Ở đoạn mở đầu, Newton trình bày ý kiến mang tính cách mạng rằng: những hiện tượng trên mặt đất cũng không khác gì những hiện tượng trong không gian.
“Những nguyên nhân như nhau cho kết quả như nhau, loài người và loài vật cũng thở như nhau, đá rơi ở châu Âu hay châu Mỹ thì cũng thế, ánh sáng ở bếp lửa không khác gì ánh sáng mặt trời, sự phản chiếu ánh sáng trên mặt đất cũng tương tự như ở các hành tinh”.
Với lời xác định này Newton đã đả phá quan niệm cổ truyền cho rằng chỉ có trái đất là xấu xa còn các thế giới khác đều hoàn mỹ cả. Mac Muray bình luận: Những định luật duy lý “đem lại trật tự và do đó làm sáng sủa những chốn xưa nay vẫn được coi là hỗn mang và bí mật”.
Quyển thứ ba của bộ Nguyên tắc toán học đề cập đến vô số vấn đề. Newton đã khẳng định sự chuyển động của các hành tinh và các vệ tinh, trình bày phương pháp đo khối lượng của mặt trời và các hành tinh, tính tỷ trọng của trái đất, tính sai biệt về năm, trình bày lý thuyết về thuỷ triều, về quỹ đạo của sao chổi, sự chuyển động của mặt trăng và những vấn đề tương tự.
Trong lý thuyết về những sự “xáo trộn” trong không gian, Newton đã chứng minh: mặt trăng chịu sức hút của cả trái đất lẫn mặt trời, do đó quỹ đạo của mặt trăng bị sức hút của mặt trời xáo trộn mặc dù sức hút của trái đất mạnh hơn. Các hành tinh khác cũng bị xáo trộn tương tự. Mặt trời không phải trung tâm đứng yên một chỗ của vũ trụ như mọi người đều tin tưởng từ trước tới nay. Mặt trời cũng chịu sức hút của các hành tinh cũng như hành tinh chịu sức hút của mặt trời, và cũng chuyển động như các hành tinh. Sau này vì áp dụng thuyết “xáo trộn trong không gian” nên người ta đã khám phá ra

được hai hành tinh nữa: Hải vương và Diêm vương.
Newton tính khối lượng của các hành tinh và mặt trời tương đối với khối lượng trái đất. Ông ước lượng tỷ trọng của trái đất gấp năm hay sáu lần tỷ trọng của nước (con số của các nhà khoa học ngày nay là 5,5) và dựa vào ước lượng này Newton tính khối lượng của mặt trời, các hành tinh và vệ tinh, Adam Smith đã gọi những con tính này của Newton là “vượt lên trên tầm lý trí và kinh nghiệm của con người”.
Sau đó Newton giải thích sở dĩ trái đất dẹp hai đầu vì trái đất quay trên mình nó, và ông tính được trái đất dẹp đầu là bao nhiêu. Căn cứ vào trái đất dẹp hai đầu và hơi phình ra ở khoảng xích đạo, Newton suy diễn ra rằng: sức hút ở xích đạo mạnh hơn ở hai đầu - chính hiện tượng này đã giải thích được bí mật sai biệt về niên lịch, giải thích được sự chuyển động hình nón của trục trái đất giống như con quay. Hơn nữa nghiên cứu nghiên cứu hình thù của mặt đất, Newton còn áp dụng định luật vạn vật hấp dẫn để giải thích hiện tượng thuỷ triều lên xuống. Khi trăng tròn, nước trên mặt đất chịu sức hút mạnh nhất, do đó thuỷ triều dâng cao. Đến khi sức hút của cả mặt trời và mặt trăng cùng tác động thì thuỷ triều dâng lên cao nhất.
Một hiện tượng khác rất thường thấy cũng được Newton giải thích, đó là hiện tượng sao chổi, Newton giải thích rằng: chuyển động dưới sức hút của mặt trời, sao chổi bay theo một hình bầu dục vô cùng rộng lớn và phải mất nhiều năm mới bay được một vòng. Giải thích như vậy, sao chổi không còn là điềm gở theo cách mê tín dị đoan, mà là một hiện tượng thiên văn ngoạn mục và vô hại. Căn cứ vào thuyết của Newton về sao chổi, Edmund Halley có thể nhận rõ và tiên đoán đúng sự xuất hiện cứ 75 năm một lần của ngôi sao chổi được gọi là “Sao chổi Halley”. Sao chổi một khi đã quan sát được,

người ta có thể tiên đoán bước đường tương lại của nó.
Một kỳ công nữa của Newton là ông khám phá ra được phương pháp đo khoảng cách một định tinh, căn cứ vào số lượng ánh sáng nhận được từ một hành tinh do sự phản chiếu của ánh sáng mặt trời.
Trong sách Nguyên tắc toán học Newton không hề trả lời câu hỏi: tại sao trong vũ trụ, mà chỉ trả lời câu hỏi: thế nào trong vũ trụ? Sau này có dư luận lên án quan niệm của ông về vũ trụ có tính chất thuần tuý máy móc vì không thừa nhận phần sáng tạo thế gian của Chúa, nên Newton phải viết thêm lời tuyên ngôn về tín ngưỡng. Trong kỳ tái bản lần thứ hai, ông viết:
“Cả một hệ thống hùng vĩ và vô cùng ngoạn mục gồm mặt trời, hành tinh và sao chổi chỉ có thể xuất phát từ một đấng toàn trí, toàn năng... Giống như người mù, không biết gì đến mầu sắc, chúng ta cũng không thể biết được Thượng đế nhận thức các sự vật ra sao”.
Newton tin tưởng rằng: sứ mạng của khoa học là tìm hiểu, và hiểu biết càng sâu rộng chúng ta càng tiến gần được cái lý khởi đầu của sự vật, dù rằng chúng ta không thể khám phá ra những định luật Khởi thuỷ của tạo vật.
Nguyên tắc toán học của Newton là bộ sách vĩ đại, tuy nhiên những nhà khoa học hâm mộ Newton nhất cũng đều nhìn nhận rằng tác phẩm đó không phải là “vô tiền”. Cohen viết:
“Thành công lớn của Newton sở dĩ có được nhờ những công trình của các nhà khoa học tiền bối. Ngày trước Newton, Descartes và Fernat đã phát minh ra khoa hình học giải tích, Oughtred, Harriot và Wallis đã phát triển môn đại số, Kepler tìm ra định luật về chuyển động, Galileo tìm ra định luật về tốc độ và xác định rằng: một sự chuyển động có thể chia ra nhiều thành phần độc lập (thí dụ như trái

đạn bay gồm có một tốc độ tiến đều về phía trước và một tốc độ rơi xuống tăng dần như kiểu một vật nặng rơi xuống vậy). Nhưng công trình vừa kể của các nhà bác học chỉ là những yếu tố chuẩn bị cho khối óc vĩ đại của Newton thực hiện một sự "tổng hợp" để chứng minh mình dứt khoát rằng: vũ trụ chuyển vận theo các định luật toán học".

Viết về Newton, Jean cũng nhìn nhận rằng: "Thời đó thế giới đang cần một người có khả năng hệ thống hoá, tổng hợp và triển khai những công trình toán học có tính toàn thể, và người đó là thiên tài Newton".

Chính Newton cũng nhìn nhận rằng: vũ trụ hệ của ông chỉ là tiếp tục công trình khởi đầu từ Corpernicus được Tycho Brahe, Kepler và Galileo phát triển thêm. Ông viết: "nếu tôi nhìn được xa hơn những người khác, ấy là vì tôi đứng trên vai các vĩ nhân".

Tất cả những cuộc tranh luận diễn ra trong thời Newton là vì thời đó sự hoạt động khoa học rất sôi nổi. Các lý thuyết mới đua nhau ra đời, mở đường cho những công cuộc nghiên cứu của các nhà khoa học tài năng. Người ta không lấy làm lạ có hai nhà khoa học mỗi người ở một nơi mà đồng thời có những khám phá như nhau. Đó là trường hợp xảy ra trong cuộc tranh luận giữa Newton với Leibniz và với Hooke, đề ra thuyết vạn vật hấp dẫn. Tuy thành công muộn hơn Newton, nhưng Leibniz và Hooke công bố công trình trước Newton, vì Newton vốn không thích sự phô trương.

Nước Anh và Scotland tiếp nhận sách Nguyên tắc toán học của Newton nồng nhiệt hơn lục địa châu Âu, và khắp mọi nơi sách phổ biến rất chậm chạp. Đúng như Newton đã nói trước, muốn hiểu tư tưởng của ông phải có trình độ toán học rất cao. Tuy nhiên ngay những người chỉ hiểu đại khái cũng phải nhìn nhận giá trị vĩ đại công

trình của Newton. Dần dần, các nhà khoa học ở khắp thế giới đều chấp nhận hệ thống của Newton và đến thế kỷ 18 hệ thống của Newton đã chiếm được chỗ đứng vững chãi trong thế giới khoa học.
Viết và cho xuất bản xong sách Nguyên tắc toán học Newton còn sống hơn bốn chục năm nữa, nhưng hình như ông mất gần hết sự hứng thú đối với công cuộc nghiên cứu khoa học. Trong thời gian này Newton được cử làm Viện trưởng Viện sáng chế, được Nữ hoàng Anne phong tước, được bầu làm Chủ tịch Hội khoa học Hoàng gia Anh từ năm 1703 đến năm 1727 là năm ông tạ thế, được chứng kiến sách Nguyên tắc toán học tái bản lần thứ hai rồi lần thứ ba và được người đời tôn sùng và trọng vọng.
Những khám phá khoa học trong thế kỷ hai mươi đã chứng tỏ công trình của Newton có nhiều thiếu sót và phải sửa đổi lại, nhất là trong lĩnh vực thiên văn học. Thí dụ, Einstein trong thuyết tương đối đã chứng minh rằng: không gian và thời gian không phải là tuyệt đối theo như quan niệm của Newton. Tuy nhiên nhiều nhà khoa học và kỹ thuật đã nhận xét rằng: những hiện tượng thường thấy như cách bố cục của những nhà trọc trời, sự an toàn của vòm cầu xe hoả, sự chuyển động của xe hơi, máy bay, tàu thuỷ vượt đại dương, cách đo thời gian và nhiều thực hiện khác của nền văn minh cơ khí, đều bắt nguồn từ những định luật do Newton khám phá ra.
James Jeans nhận định rằng: "Những nguyên tắc của Newton chỉ lạc hậu đối với một phần hết sức nhỏ của khoa học hiện đại. Khi các nhà thiên văn học muốn viết những bài thông thường về vấn đề hàng không hay muốn thảo luận về sự chuyển động của các hành tinh, họ chỉ cần sử dụng những lý thuyết của Newton. Các kỹ sư xây cầu, đóng tàu thuỷ, đầu máy xe hoả vẫn sử dụng những kiến thức xưa, và như thế lý thuyết của Newton không còn gì thay đổi. Trường

hợp kỹ sư điện sửa chữa máy điện thoại hay vẽ thiết kế nhà máy phát điện cũng tương tự. Khoa học ứng dụng trong cuộc sống hàng ngày vẫn hoàn toàn là khoa học căn cứ vào công trình của Newton. Chính khối óc siêu việt của ông đã đưa khoa học vào đúng đường của nó, và bất kỳ ai am hiểu phương pháp của Newton đều phải tin tưởng những phương pháp đó chắc chắn sẽ dẫn ta tìm ra sự thật về khoa học".

Những lời tán dương Newton của Einstein đã dứt khoát đánh đổ hẳn mọi lý lẽ phê phán Newton. Einstein viết: "Đối với Newton, tạo vật là một quyển sách mở ngỏ mà ông có thể đọc được một cách dễ dàng. Ở Newton người ta thấy sự kết hợp nhà thực nghiệm, nhà lý thuyết, nhà cơ khí học và ông còn là một nghệ sĩ khi ông phô diễn tư tưởng của ông".

Về cuối đời, Newton đã chứng tỏ ông là một người hết sức khiêm tốn khi ông nhận định về cuộc đời của mình như sau:

"Tôi không biết người ta cho tôi là một người như thế nào? Nhưng riêng mình, tôi thấy tôi chỉ là một đứa trẻ con chơi đùa trên bãi biển, thỉnh thoảng phát hiện được một hòn sỏi nhẵn nhụi, một vỏ sò xinh đẹp, trong khi trước mặt tôi còn cả một đại dương bao la đầy những bí mật chưa được khám phá".

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

ĐẤU TRANH SINH TỒN

Charles Darwin
Và tác phẩm nguồn gốc các chủng loại

Một sự trùng phùng kỳ lạ xảy ra trong năm 1809 là năm đã chứng kiến nhiều vĩ nhân chào đời hơn mọi năm khác. Trong mỗi địa hạt riêng, các vĩ nhân đó, vị nào cũng xây dựng được sự nghiệp siêu việt. Trong số có Charles Darwin, một "Newton của khoa sinh vật học" và Abraham Lincoln, vị Tổng thống "giải phóng nô lệ ở Hoa Kỳ". Hai vĩ nhân đó sinh cùng ngày và gần như cùng giờ. Ngoài hai vị đó, người ta còn phải nhắc đến những tên tuổi như: Gladstone. Tennyson, Edgar Allan Poe, Oliver Wendell Holmes, Elizabeth Barret Browning và Felix Mendelsohn, cũng chào đời trong năm 1809.

Có lẽ ngoại trừ Karl Marx, trong số những nhân vật nổi danh đó và nói rộng ra trong số hàng triệu người sinh trong thế kỷ 19, không ai được như Darwin, vì Darwin đã mở ra những trào lưu tư tưởng, những quan niệm mới về sức sống của con người. Ngày nay người ta nói đến học thuyết Darwin như nói đến học thuyết Karl Marx, học thuyết Malthus và học thuyết Machiavelli.

Trong suốt gần một thế kỷ, các nhà bác học đã tranh luận sôi nổi về những nguyên tắc nền tảng của học thuyết Darwin, và ngày nay những nguyên tắc đó đã được giới khoa học thừa nhận. Cuộc tranh chấp giữa hai phái Tân và Cựu khởi đầu năm 1859, kéo dai dẳng sang cả thế kỷ 20, và ác liệt nhất là khi xảy ra "vụ án con khỉ" lịch sử ở bang Tennessee. Chỉ mới đây, cuộc cãi cọ giữa hai phái mới có

dấu hiệu dịu xuống.

Khi Darwin còn ở tuổi thiếu niên, không ai có thể ngờ sau này ông sẽ trở nên nhà khoa học nổi tiếng nhất thế giới. Darwin sinh trưởng trong một gia đình gồm những người làm nghề tự do và những học giả. Thân sinh của Darwin cũng nghĩ rằng Darwin sẽ khó có thể làm nên công chuyện gì đáng kể. Ở trường trung học, cậu học sinh Darwin rất chán môn cổ ngữ Hy Lạp, và chán luôn cả chương trình cổ điển cứng nhắc. Cậu thường bị giáo sư mắng về tội phí phạm thì giờ vào những thí nghiệm hóa học, phí phạm thì giờ sưu tầm sâu bọ cùng các mẫu đá. Năm 16 tuổi, cũng như ông thân khi xưa, Darwin được gia đình cho theo học ngành y khoa tại trường đại học Edinburgh. Hai năm sau, Darwin nói rằng nghề chữa bệnh không phải là nghề của mình, nên liền đó Darwin được gửi tới trường đại học Cambridge, học làm mục sư của giáo hội Anh quốc.

Darwin ở Cambridge 3 năm, và theo ông, đó là ba năm không có ích lợi gì cho sự học hỏi. Tuy nhiên trong thời gian này Darwin có cái may mắn được giao thiệp thân tình với hai giáo sư có hai thế lực, là Henslow, giáo sư môn thực vật học và Sedgwick, giáo sư môn địa chất học. Darwin dành rất nhiều thì giờ theo hai giáo sư đi du ngoạn các miền quê để sưu tầm côn trùng và quan sát vạn vật.

Chính giáo sư Sedgwick đã vận động cho “nhà vạn vật học” Darwin được đáp tàu Beagle đi nghiên cứu rộng rãi ở miền nam bán cầu. Sau này Darwin nói rằng chuyến đi đó là “biến cố quan trọng nhất trong đời”. Chuyến đi này đã quyết định toàn bộ sự nghiệp của đời ông; và cũng ở trên tàu Beagle, ý định trở nên một giáo sư “chết hẳn” trong lòng ông.

Trong 5 năm liền, từ năm 1831 đến năm 1836, tàu Beagle đi vòng quanh thế giới, cập bến khắp năm châu, và hầu khắp những hải đảo

lớn. Tới đâu, nhà địa chất học, nhà thực vật học, nhà động vật học Darwin cũng sưu tầm đủ loại cây cối, đủ loại động vật, còn sống hay đã hóa thạch, trên cạn hay dưới nước, công cuộc sưu tầm đó rất có ích cho sự tìm kiếm và viết lách của ông sau này. Với con mắt của nhà vạn vật học, ông nghiên cứu thôi thì đủ loại thảo mộc hay động vật, cả trên những đồng cỏ hoang ở Apganixtang, trên những sườn núi Andes trơ trụi, trong những hồ nước mặn, và sa mạc ở Chilê và Australia, những rừng rậm ở Brazin, Sierra del Fuego và Tahiti, những quần đảo Cape Verde trụi hết cây. Darwin còn nghiên cứu cả địa chất miền rừng núi và bờ biển Nam Mỹ, những đảo san hô, những di tích động vật ở Patagonia, những giống người đã tuyệt chủng ở Peru, những thổ dân ở Sirra Del Fuego và Patagonia.

Trong tất cả những nơi Darwin đặt chân tới, có quần đảo Galapagos cách bờ biển phía tây Nam Mỹ chừng 500 dặm là khiến ông chú ý hơn cả. Trên những hòn đảo không người và trơ trụi này, Darwin thấy có một giống rùa khổng lồ mà ông đã gặp dưới hình thức hóa thạch ở nơi khác, thấy những con thằn lằn đã tuyệt chủng từ lâu ở những miền khác trên thế giới, những con cua khổng lồ, những con sư tử biển. Điều khiến Darwin ngạc nhiên hơn hết là chim muông ở đây tuy cùng chủng loại nhưng vẫn khác các chim muông ở lục địa châu Mỹ. Hơn nữa, ông còn nhận xét thấy có nhiều giống chim tuy cùng một chủng loại, nhưng ở mỗi đảo thuộc quần đảo Galapagos lại có những điểm dị biệt khác nhau.

Hiện tượng kỳ lạ ở quần đảo Galapagos, cộng thêm những sự kiện Darwin nhận xét thấy trước đây ở Nam Mỹ, tăng thêm quan niệm bắt đầu thành hình về quy luật tiến hóa của vạn vật trong trí ông. Chính Darwin kể lại rằng:

“Tôi ngạc nhiên vô cùng khi tìm thấy di cốt giống súc vật to lớn có vỏ

cứng ở những cánh đồng hoang vu bên Nam Mỹ, giống như giống cừu trư (armadillos) hiện nay. Thứ đến là hình thể những động vật thuộc cùng chủng loại thay thế nhau qua sự quan sát sâu về phía nam trên đại lục châu Mỹ. Sau hết, là vì đặc tính Nam Mỹ của hầu hết những động vật trong quần đảo Galapagos và đặc biệt là hình thức những chủng vật này hơi khác nhau trên mỗi đảo thuộc quần đảo Galapagos, không phải vì những đảo này có vẻ rất già cỗi theo quan niệm địa chất học".

Từ đây về sau Darwin không còn tin vào những lời giảng dạy trong kinh thánh nói rằng: thượng đế tạo ra các chủng loại động vật nguyên vẹn và đời đời không hề thay đổi.

Ngay sau khi về Anh, Darwin phát triển lý thuyết của ông về luật tiến hóa của vạn vật, thu thập các biến thái của các chủng loại để viết tập Nguồn gốc các chủng loại. Bản thảo đầu tiên của tập sách này, được viết vào năm 1842 và chỉ gồm ba mươi lăm trang, nhưng đến năm 1844, tập sách đã lên tới 230 trang. Khởi đầu Darwin đặt vấn đề tại sao các chủng loại đã phát sinh rồi với thời gian lại biến thái và phân chia ra làm nhiều giống khác nhau, và cuối cùng một số lại có thể bị tuyệt chủng?

Darwin đã tìm được giải đáp cho những câu hỏi đó, sau khi bất ngờ ông đọc tập Luận về dân số của Malthus. Chính Malthus đã nêu ra ý kiến này: mức độ gia tăng dân số trên thế giới bị trì hoãn bởi những "sức cản rõ ràng" như bệnh tật, tai nạn, chiến tranh và đói kém, Darwin liền nghĩ rằng: có thể những trở ngại đó cũng làm chậm lại quá trình sinh sôi nảy nở các chủng loại động vật thực vật. Ông viết:

"Sau nhiều năm quan sát kỹ lưỡng sự sống các động vật, thực vật tôi đã thấu hiểu thế nào là quy luật đấu tranh sinh tồn ngự trị ở khắp mọi nơi. Do đó tôi nhận định rằng, các chủng loại sẽ tồn tại nếu gặp

điều kiện thuận lợi, và nếu gặp nghịch cảnh sẽ có thể bị tuyệt chủng, và chính yếu tố hoàn cảnh đã khiến phát sinh ra những chủng loại mới. Đó là khởi điểm lý thuyết của tôi, và cứ theo chiều hướng đó tôi tiếp tục việc nghiên cứu".

Chính nhận định đó đã đưa Darwin khám phá ra quy luật "đào thải tự nhiên", quy luật "đấu tranh sinh tồn", "khôn sống mống chết", nền tảng lý thuyết của cuốn Nguồn gốc các chủng loại.

Trong hai mươi năm liền, Darwin sưu tầm gom góp các sự kiện, viết thành sách để chứng minh lý thuyết của ông. Ông đọc rất rộng, đủ loại sách báo, các sách du ký, sách về thể thao, sách dạy làm vườn, chăn nuôi, các sách vạn vật học. Darwin kể lại rằng: "Khi tôi nhớ lại các sách báo tôi đã đọc và trích yếu, chính tôi cũng phải ngạc nhiên tại sao tôi lại đọc nhiều như thế". Không những đọc mà thôi, Darwin còn tiếp xúc với những chủ trại chuyên về chăn nuôi, trồng trọt, và giải đáp những bảng câu hỏi cho tất cả những ai có thể cung cấp những điều xét ra có thể có ích cho công cuộc sưu tầm nghiên cứu của ông. Darwin nghiên cứu những bộ xương chim nuôi ở nhà rồi đem tuổi và trọng lượng của xương ấy so sánh với chim rừng thuộc cùng chủng loại. Ông nuôi rất nhiều chim bồ câu để nghiên cứu kết quả sự ghép giống. Ông thí nghiệm những loại hoa quả và giống thảo mộc trên mặt nước và dưới biển sâu, tìm tòi các vấn đề truyền giống. Tất cả kho tàng hiểu biết của ông về thực vật học, địa chất học, động vật học và cổ sinh vật học thu thập được bốn năm đi theo tàu Beagle được đem ra sàng lọc và sử dụng để chứng minh cho lý thuyết tiến hoá của sinh vật.

Darwin đã ủng hộ mạnh mẽ nguyên lý đào thải tự nhiên qua những cuộc nghiên cứu về sự đào thải nhân tạo. Trong trường hợp nuôi trồng gia súc và cây cỏ: ngựa, chó, mèo hay lúa mì, lúa mạch, hoa

cỏ v.v... người ta lựa chọn và nuôi những giống nào có ích nhất cho nhu cầu của mình. Kết quả là gia súc, ngũ cốc và hoa cỏ đã biến dạng đến nỗi rất khó phân biệt được tính chất tương tự của chúng với những sinh vật thuộc cùng chủng loại hiện đang sinh sôi nảy nở trong thiên nhiên. Chính sự đào thải nhân tạo này đã tạo ra những nhánh chủng loại mới. Người chăn nuôi lựa chọn những con vật và giống cây có những đặc tính họ cần. Họ chỉ nuôi, chỉ trồng những giống ấy đời này qua đời khác và cuối cùng đã tạo ra những chủng loại mới như là con cháu của chủng loại đã có trước đây. Thí dụ như nhiều giống chó ngày nay tuy rất khác nhau nhưng đều có chung một gốc tổ, đó là giống chó sói.

Darwin lý luận: nếu sự tiến hoá của các chủng loại do sự đào thải nhân tạo, vậy sự đào thải tự nhiên có thể là yếu tố quyết định sự tiến hoá các chủng loại được không? Trong thiên nhiên, vai trò của người trồng trọt, chăn nuôi được thay thế bởi quy luật đấu tranh sinh tồn (strugle for existence). Darwin nhận thấy rằng: trong các sinh vật, một số "cá thể sinh vật" rất lớn phải bị tiêu diệt, chỉ một số nào sống sót. Nhiều loại sinh vật phải chết để nuôi sống loại sinh vật khác. Cuộc chiến đấu tiếp diễn không bao giờ ngừng, và loại ra khỏi cuộc đấu tranh để tồn tại tất cả những con vật, cây cối nào không đủ điều kiện tồn tại. Vì lẽ đó mới có sự thay đổi hình dạng của các sinh vật để thích nghi với những điều kiện mới, để tồn tại.

Chủ tâm của Darwin là xây dựng lý thuyết về sự tiến hoá của sinh vật thật vững chãi với đầy đủ bằng chứng, vì vậy mãi đến năm 1850 ông vẫn chưa nghĩ đến việc công bố kết quả công trình của ông. Nhưng sau đó, vì sự thúc giục của bạn bè ông mới bắt tay vào viết một bộ sách vĩ đại để cho xuất bản thành nhiều tập. Sách viết được một nửa thì một tiếng sét nổ: Darwin nhận được một bức thư của

nhà vạn vật học Alferd Russel Wallace hiện đang nghiên cứu về vạn vật học ở quần đảo Mã Lai. Trong thư, Wallace tiết lộ rằng ông cũng đang nghiên cứu về nguồn gốc các chủng loại, và cũng như Darwin, chính tập Luận về dân số của Malthus đã gợi cảm hứng cho ông. Cùng với bức thư, Darwin còn nhận được một tập Luận về sự biến dạng của các chủng loại lời lẽ đúng như lời của Darwin khi ông trình bày lý thuyết của ông. Darwin kể lại rằng: “Dù Wallace có đọc bản thảo tôi viết vào năm 1842, ông cũng không thể tóm lược lý thuyết của tôi một cách thông minh hơn thế này được. Có rất nhiều câu ông viết hiện tôi dùng để đề tên những chương trong sách của tôi”.

Darwin lâm vào cái thế khó xử vì rõ ràng ông và Wallace, cả hai đều cùng đi tới một kết luận như nhau, tuy cả hai không có liên hệ gì với nhau. Có điều khác là Darwin đã dày công suy tư nghiên cứu, còn Wallace đã phát minh ra lý thuyết tiến hoá của sinh vật, trong một phút xuất thần. Về sau Darwin và Wallace đều đồng ý đệ trình những tài liệu về lý thuyết của mình trước phiên họp tới của hội Linnaean. Thế là lý thuyết “Tiến hoá của vạn vật do sự đào thải tự nhiên” được công bố vào buổi họp chiều ngày 1 tháng 7 năm 1858, và ngay sau đó tài liệu này được cho đăng trong tập san của hội.

Bị kích thích vì vụ Wallace và để tranh thủ thời gian, Darwin bỏ công trình vĩ đại đang viết dở, quyết định viết một tập gọn hơn mà ông gọi là “Tóm lược”. Đến cuối năm 1859, tập sách trụ cột của khoa vạn vật học ngày nay được nhà John Murray ở Luân Đôn xuất bản. Lần xuất bản đầu tiên, sách in có 1.200 bản, và bán hết ngay trong ngày phát hành. Nhiều lần xuất bản khác kế tiếp, và đến năm 1882 là năm Darwin tạ thế, riêng ở nước Anh sách bán được 24.000 cuốn. Ngoài ra sách còn được dịch ra hầu khắp các tiếng của các nước phát triển về khoa học. Khởi đầu sách nhan đề là: Luận về nguồn gốc các

chủng loại qua con đường đào thải trong cuộc đấu tranh sinh tồn. Về sau, tên sách được rút ngắn, và ngày nay được đề lại: Nguồn gốc các chủng loại.

Trong bốn chương đầu, Darwin trình bày cơ sở lý thuyết của ông về sinh vật học, bốn chương sau ông đề cập đến những lập luận người ta có thể viện ra để đánh đổ lý thuyết của ông. Sau đó ông dành nhiều chương để nói về môn địa chất học, về địa lý học các loài động vật và thực vật, và về những sự kiện thích đáng liên quan đến việc phân loại trong vạn vật học cũng như khoa sinh vật hình thái học và phôi sinh học. Chương cuối cùng tóm lược toàn bộ nội dung bộ sách.

Bắt đầu Darwin trình bày những biến đổi tính chất của các giống vật nuôi, giống cây trồng, nghĩa là những biến đổi do con người tạo ra. Những biến đổi do tác động của sự "đào thải nhân tạo" được đem ra so sánh với những biến đổi trong thiên nhiên, nói cách khác, do tác động của sự "đào thải tự nhiên". Rồi Darwin kết luận: sức sống là luôn biến đổi và không thể có hai vật hoàn toàn giống nhau.

Theo Darwin, ngoài những biến đổi nhân tạo và biến đổi tự nhiên, còn phải kể đến tác động của cuộc đấu tranh sinh tồn. Ở đây Darwin nêu ra rất nhiều sự kiện để chứng minh rằng: không phải một con vật hay một cái cây nào ra chào đời cũng có đủ khả năng bảo tồn cuộc sống trên thế gian. Thí dụ loài chậm lớn hơn cả là loài voi, nếu con voi nào có sinh cũng có sống và sinh sản được bình thường thì "sau một thời gian từ 740 đến 750 năm một cặp voi có thể sinh ra bao gồm cả cháu chắt chút chít" chừng mười chín triệu con. Và thế giới sẽ tràn ngập toàn là voi. Dựa vào những thí dụ tương tự, Darwin suy diễn ra rằng: nhiều sinh vật có sinh nhưng không có sống, đó là kết quả sự đấu tranh sinh tồn diễn ra giữa sinh vật khác

chủng loại, hoặc do kết quả sự đấu tranh với điều kiện sinh hoạt vật lý. Nói chung, tất cả mọi sinh vật từ cây cối, loài cá loài chim đến các loài có vú, kể cả người, đều có thể sản xuất ra rất nhiều "mầm giống" nhưng chỉ có một thiểu số được ra chào đời, hoặc có thể sống tiếp được trong thế giới.

Ngoài ra, Darwin còn chứng minh một cách rõ ràng mối liên hệ giữa các chủng loại. Ông thấy loài ong đất có công dụng truyền giống cho một vài thứ cây, như cây hoa Păng-xê hoặc vài loại cỏ. Ông viết:

"Số ong đã nhiều hay ít ở một miền nào đó, phần lớn tuỳ thuộc ở số chuột đồng thường hay phá phách bánh mật và tổ ong... Số chuột, ai cũng biết, tuỳ thuộc phần lớn ở số mèo... Do đó người ta có thể tin được rằng, ở một miền nào đó, số mèo quyết định sự hiện diện của một số chủng loại hoa, qua sự trung gian của loài chuột và loài ong".

Kế tiếp, sách Nguồn sống các chủng loại đề cập đến nguyên lý "đào thải tự nhiên" cản trở sự sinh sôi nảy nở các chủng loại như thế nào? Trong bất kỳ chủng loại nào cũng có những con mạnh hơn, chạy nhanh hơn, thông minh hơn, ít nhiễm bệnh hơn, và chịu được những thay đổi gắt gao của thời tiết tốt hơn các con khác cùng chủng loại. Những con "khoẻ" đó sẽ được sống và sinh sản, còn những con khác yếu hơn sẽ phải chết. Giống thỏ trắng sống được ở miền Bắc cực nhờ có bộ lông lẫn vào màu tuyết, còn loài thỏ lông màu dễ nhận hơn, dễ bị cáo và chó sói phát hiện, bắt ăn thịt cho nên đã tuyệt chủng. Loài hươu cao cổ sở dĩ còn tồn tại đến ngày nay vì trong những năm hạn hán, nhờ cái cổ dài ngoằng ngoẵng hươu có thể ăn hoa lá ở trên ngọn cây, trong khi hươu ngắn cổ phải chịu chết đói. Chính những đặc điểm về sinh lý và hình thể thuận lợi đó đã bảo đảm cho loài nào có cơ năng thích hợp hơn hết với cuộc sống,

và rồi sau quãng thời gian dài hàng ngàn năm đã tạo ra những chủng loại mới.

Darwin đã viết một cách bi thảm về định luật "nanh và vuốt" ngự trị ở khắp mọi nơi.

"Chúng ta chiêm ngưỡng bề ngoài của tạo vật chan hoà ánh sáng vui tươi. Chúng ta thấy có thừa thãi thức ăn cho muôn loài. Nhưng chúng ta không biết hay quên rằng, chim chóc sở dĩ sống được và ríu rít ca quanh ta, phần lớn vì chúng ăn các loài sâu bọ hay các hạt giống, và như vậy có nghĩa chúng thường xuyên tiêu diệt sự sống. Và chúng ta quên rằng chính những chim chóc đó, trứng và tổ của chúng cũng thường bị các loài chim và loài thú khác ăn thịt, phá huỷ. Chúng ta quên rằng thức ăn tuy thừa thãi cho muôn loài, nhưng không phải mùa nào cũng thừa thãi".

Darwin còn nhận xét rằng chính hoạt động sinh sản đóng vai trò quan trọng trong sự đào thải tự nhiên "những con đực cường tráng, những con vật sống thích hợp hơn hết với ngoại cảnh, thường hay có sừng. Những con gà không có cựa sẽ ít có hy vọng nhiều con". Về loài chim "cuộc tranh đấu thường mang tính ôn hoà hơn", và chim đực chinh phục chim mái không phải bằng sừng, bằng cựa mà bằng tiếng hót hay, bộ lông rực rỡ, bằng những vũ điệu tân kỳ.

Trong sự đào thải tự nhiên, khí hậu cũng là một yếu tố quan trọng vì "những mùa quá lạnh hay là quá hạn hán thường cản trở rất nhiều sức sinh sản của sinh vật... nhìn qua ai cũng tưởng rằng khí hậu không có ảnh hưởng gì đến cuộc đấu tranh để sinh tồn. Nhưng xét kỹ, người ta thấy rằng khí hậu trước nhất làm suy giảm sự sản xuất thực phẩm, do đó khí hậu có thể khiến cho cuộc đấu tranh để sinh tồn trở nên muôn phần ác liệt giữa các vật cùng chủng loại hay khác chủng loại nhưng cùng ăn một thứ thực phẩm. Trong tình trạng đó,

chỉ những con nào đủ sức chịu đựng nóng, lạnh, đủ sức đoạt thức ăn mới có thể bảo tồn sự sống. Darwin viết rằng:

“Hàng ngày hàng giờ, định luật đào thải tự nhiên chế ngự muôn loài trên mặt đất. Những con yếu hèn bị tiêu diệt để nhường sự sống cho những con cường tráng. Định luật đào thải tự nhiên diễn biến một cách âm thầm và khốc liệt. Định luật đó đã biến đổi những sinh vật còn bảo tồn được sự sống, để những sinh vật này có thể thích nghi hơn nữa với các điều kiện sinh hoạt. Những biến đổi đó diễn tiến rất chậm chạp nên chúng ta khó nhận thấy. Phải nghiên cứu những thời kỳ địa chất học dài đằng đẵng, chúng ta mới thấy rằng sinh vật sống chung quanh ta ngày nay đã khác xưa nhiều lắm”.

Trong chương kết luận sách Nguồn gốc các chủng loại, Darwin cho rằng: quy luật đào thải tự nhiên có sức mạnh vô biên, khiến người ta có thể suy diễn ra rằng: “có thể tất cả các sinh vật hiện sống trên mặt đất này đều gốc ở một vật thể nào đó đã tiếp nhận được sự sống đầu tiên”. Darwin tin rằng: chính thiên nhiên với những định luật khắt khe đã sáng tạo ra những sinh vật có cơ cấu rất phức tạp, và ông thấy kết quả của định luật đào thải tự nhiên đã gợi hứng cho công việc của ông rất nhiều. Darwin viết:

“Như vậy, chính vì phải chiến đấu để tồn tại, chính vì kẻ yếu hèn phải đói, phải chết, nên các sinh vật còn lại mỗi thế hệ một thêm tốt đẹp; đó là điều phấn khởi hơn hết mà chúng ta có thể quan niệm được. Quan niệm như vậy, chúng ta thấy cuộc sống quả là hùng vĩ, cuộc sống khởi thuỷ được Thượng đế ban phát cho một hay nhiều vật, nhưng chứa đựng không biết bao nhiêu là khả năng phát triển. Trong khi quả đất vẫn quay bất di bất dịch theo định luật về trọng lực thì một sinh vật khởi thuỷ hết sức đơn giản lại có thể đã và đang phát sinh ra vô vàn chủng loại sinh vật tuyệt vời.”

Đó là lý thuyết “tiến hoá không ngừng” được trình bày trong sách Nguồn gốc các chủng loại. Tuy nhiên, trái với sự tin tưởng của nhiều người, Darwin không phải là người sáng lập ra thuyết tiến hoá, vì thuyết đó đã có từ trước Aristotle và Lucretius. Sau này, các nhà khoa học nổi tiếng như Buffon, Goethe, Erasmus Darwin (ông nội Charles Darwin), Lamarck và Herbert Spencer cũng đề cao thuyết tiến hoá. Tuy nhiên, sự đóng góp của Darwin vô cùng quan trọng. Trước hết, ông đã sưu tầm được rất nhiều bằng chứng hiển nhiên để chứng minh rằng có sự kiện tiến hoá thật trong các sinh vật. Sau nữa, Darwin đã nêu ra quy luật đào thải tự nhiên rất nổi tiếng và lấy quy luật này để giải thích hợp lý cách thức tiến hoá của các sinh vật.
Sách Nguồn gốc các chủng loại của Darwin ra đời, dư luận đương thời gọi đây là một đại họa, như tiếng “sét nổ ngang tai”, vì nếu thuyết của Darwin đúng thì chuyện Sáng thế kỷ trong Kinh thánh của Cơ đốc giáo là không thể chấp nhận được nữa. Giáo hội liền phát động phong trào chống đối mạnh mẽ và lên án thuyết của Darwin là nguy hiểm cho tôn giáo. Tuy Darwin đã hết sức dè dặt, tránh không đả động đến trường hợp tiến hoá của loài người, ấy vậy mà ông vẫn bị gán cho tiếng xấu là chủ trương gốc tổ của loài người là giống khỉ. Để làm giảm giá trị của Darwin người ta tìm cách chế giễu ông. Một bài báo đăng trong tạp chí Quarterly Review gọi ông là “con người dại dột” đã cả gan viết sách “để bênh vực những lời phỏng đoán và những suy luận hoàn toàn thối nát”, con người dại dột đã “nghiên cứu tạo vật” theo một cách hoàn toàn “nhục nhã cho khoa học”. Tạp chí Spectator đả kích thuyết của Darwin “vì thuyết đó phủ nhận đạo đức và chứng tỏ tác giả có một cách hiểu làm bại hoại luân lý”. Darwin còn bị kết tội là đã thu thập những sự kiện để biện giải cho một nguyên tắc sai lầm. Báo Spectator viết : “Người ta không thể lấy

bọt không khí mà kết thành sợi dây thừng vững chắc được". Một nhà báo mỉa mai: "Liệu người ta có thể tin được rằng tất cả mọi giống củ cải tốt có triển vọng tiến hoá thành người không?". Bằng giọng văn gay gắt, báo Athenaeum viết: Vì ở nước Anh không có toà án tôn giáo, cho nên ta đành trao Darwin cho "các thần linh, cho các trường học và viện bảo tàng trừng phạt".

Trước những lời đả kích đó, Darwin nói: "Họ sẽ không thiêu tôi đâu, nhưng họ đã chuẩn bị củi gỗ và bày cách cho những thú dữ bắt tôi".

Ở ngay tổ quốc của Darwin và tại trường đại học Cambridge, Whewell cấm tàng trữ sách Nguồn gốc các chủng loại ở tủ sách của bộ môn.

Trong giới khoa học, Darwin được sự ủng hộ nồng nhiệt, nhưng sự chống đối không phải ít. Đại diện cho phái bảo thủ cực đoan nào đó có Owen ở Anh và Agassiz ở Hoa Kỳ. Cả hai ông này lớn tiếng cho rằng thuyết của Darwin là ngụy khoa học và một ngày kia sẽ bị chìm trong quên lãng. Nhà thiên văn học John Herschel gọi thuyết Darwin là "định luật loạn xạ" (higgledy - piggdedy). Giáo sự cũ của Darwin về địa chất học ở Cambridge, Sedgwick coi thuyết của Darwin "hoàn toàn sai lầm và rất có hại" và viết trong thư gửi cho Darwin rằng sách của Darwin làm cho ông "cười đến vỡ bụng".

Sedgwick cho "thuyết của Darwin cũng có tính điên khùng như cái đầu xe lửa của Giám mục Wilkin sẽ đưa chúng ta lên cung trăng".

Tuy nhiên Darwin không thiếu người ủng hộ nồng nhiệt. Đứng đầu phải kể đến những người như nhà địa chất học Charles Lyell, nhà sinh vật học Thomas Huxley, nhà thảo mộc học Joseph Hooker, và Asa Gray, nhà thảo mộc học nổi tiếng của Hoa Kỳ. Trong số các nhà khoa học này, Darwin trông đợi nhiều hơn cả ở Huxley mà ông gọi là "cộng tác viên" của ông và Huxley cũng tự nhận là "vệ sĩ của

Darwin". Vốn không phải là người quen tranh luận, bút chiến, Darwin không hề công khai bênh vực lý thuyết của ông, việc này hoàn toàn do Huxley, một người có tài lại vừa hăng hái đảm nhiệm.

Trong cuộc xung đột nảy lửa diễn ra vào năm 1860 xung quanh học thuyết Darwin, chính Huxley đã đóng một vai trò quan trọng. Sân khấu là phiên họp của học viện Anh quốc ở Oxford để thảo luận về học thuyết Darwin. Cỗ trọng pháo của đối phương là Giám mục Wiberforce ở Oxford. Trong đoạn kết bản tham luận mà ông tin rằng đã đập tan được lý thuyết Darwin, Giám mục Wiberforce quay về phía Huxley đang ngồi trên diễn đàn, nói giọng cách châm biếm: "Tôi muốn hỏi giáo sư Huxley, giòng tổ nội hay tổ ngoại của giáo sư thuộc loại khỉ?". Nghe vậy Huxley nói riêng với bạn: "Thượng đế đã trao số mệnh ông ta vào tay tôi rồi". Nói rồi, theo lời người kể lại, Huxley đứng dậy trả lời giám mục như sau:

"Chúng ta không có lý do gì để xấu hổ vì nguồn gốc loài người là loài khỉ. Nếu tôi có vị tổ tiên nào mà mỗi khi nhớ lại tôi phải lấy làm xấu hổ, thì vị tổ tiên ấy phải là hạng trí thức làm việc không nghỉ ngơi và có quá nhiều tài năng khác nhau cho nên ông tham vọng quá cao. Hạng người này thấy rằng thành công trong địa hạt hoạt động của mình chưa đủ lại còn muốn bén mảng đến địa hạt khoa học mà họ không hiểu gì cả, và họ chỉ làm cho vấn đề khoa học trở thành tối tăm thêm với những lời văn vẻ vô nghĩa. Họ còn khéo léo cầu viện tới những tín điều tôn giáo và những lời xách mé đao to búa lớn để đánh lạc hướng thính giả".

Đây là trận xung đột đầu tiên, và còn nhiều trận nảy lửa sau này nữa, giữa giáo hội và giới khoa học xung quanh học thuyết tiến hóa của Darwin.

Đối với vấn đề tôn giáo, quan điểm của Darwin có chiều thay đổi khi

về già. Hồi thiếu thời, ông nhìn nhận là tạo vật được sinh ra một cách hoàn toàn theo quy luật. Trong cuốn Cuộc đời và thư từ, Darwin tỏ ý tin tưởng rằng "trong một tương lai xa xôi con người sẽ hoàn hảo hơn bây giờ rất nhiều". Về già Darwin lại viết:

"Có một lý lẽ rất mạnh nữa khiến tôi tin ở Thượng đế, đó là lý lẽ lý trí chứ không phải lý lẽ cảm tính. Người ta rất khó, thậm chí hầu như không thể, quan niệm được rằng: cả cái vũ trụ mênh mông và kỳ diệu này, trong đó con người với khả năng nhìn lùi lại quá khứ và hướng về tương lai, lại có thể là kết quả của một sự ngẫu nhiên mù quáng hay một tất yếu. Sau khi suy nghĩ miên man như vậy, tôi tự cảm thấy phải tin rằng có một cội nguồn khởi thủy có trí thông minh tương tự như người, nghĩa là tôi tin có thượng đế. Trong thời gian viết bộ Nguồn gốc các chủng loại, tôi nhớ là tâm trạng của tôi là như vậy. Tuy nhiên qua nhiều diễn biến thăng trầm về sau, niềm tin của tôi không còn được như trước. Đến đây lại nảy sinh một mối hoài nghi: Tôi tự hỏi làm sao có thể tin được rằng linh hồn con người, thoạt đầu không khác gì linh hồn các loài vật hạ đẳng nhất, lại có thể suy luận tới những kết luận bao la như vậy?"

Darwin không trả lời câu hỏi và kết luận như sau:

"Tôi không có tham vọng rọi sáng những vấn đề trừu tượng đó. Chúng ta không thể biết nổi nguồn gốc của vạn vật và tôi đành cam nhân mình là người theo chủ trương lý trí hữu hạn".

Sau khi sách Nguồn gốc các chủng loại xuất bản, Darwin viết tiếp rất nhiều sách khác đề cập đến từng vấn đề riêng biệt, nhưng tựu trung ông vẫn triển khai lý tuyết tiến hóa của sinh vật bằng quy luật đào thải tự nhiên đã được trình bày minh bạch trong Nguồn gốc các chủng loại. Trước hết ông viết hai tập đề là: Côn trùng biến thành chất bón cho giống lan, và Nghiên cứu về sự sống của các giống

cây leo. Sau đó Darwin viết hai tác phẩm quan trọng hơn nhan đề: Những biến thể động vật và thực vật nuôi trong nhà, và Sự sinh sản của loài người và vấn đề tình dục đào thải. Darwin còn viết rất nhiều sách đề cập đến các vấn đề như so sánh sự thể hiện cảm xúc giữa loài người và loài vật, những sách nói về giống cây ăn sâu bọ, về tác dụng của việc lai giống, khả năng di động của thực vật, hiện tượng cây biến thành đất.

Trong sách Nguồn gốc các chủng loại, Darwin cố tránh bàn luận về nguồn gốc loài người, vì ông sợ dư luận có thể bác bỏ toàn bộ lý thuyết của ông. Đến cuốn Dòng dõi loài người, Darwin đưa ra nhiều sự kiện để chứng tỏ rằng loài người cũng tiến hóa từ những sinh vật thô sơ mà ra.

Nhìn bao quát lại, chúng ta thấy rằng, trên mọi địa hạt học thuật, ảnh hưởng của Darwin rất sâu đậm. Và ngày nay các nhà sinh vật học, địa chất học, hóa học, vật lý học, các nhà nhân chủng học, tâm lý học, các nhà giáo dục học, triết học, xã hội học và ngay cả các nhà sử học, chính trị học và ngôn ngữ học đều chấp nhận lý thuyết tiến hóa của ông. Charles Ellwood đánh giá như sau:

“Khi nghĩ đến ảnh hưởng lớn lao của Darwin trong mọi lĩnh vực tư tưởng, nhất là các khoa sinh vật học, tâm lý học và xã hội học, người ta bắt buộc phải kết luận rằng: Darwin là nhà tư tưởng phong phú nhất thế kỷ 18, không những của nước Anh mà của cả thế giới. Do đó, ông xứng đáng có vị trí vinh quang cao nhất trong giới khoa học. Và ngày nay người ta mới bắt đầu nhận ra được ý nghĩa xã hội của học thuyết Darwin”.

Bình luận về sách Nguồn gốc các chủng loại West cũng đồng ý rằng: “ảnh hưởng của Darwin thật bao la. Nêu lên một nguyên tắc mới mẻ đồng thời vẫn tiếp tục nghiên cứu học hỏi, Darwin đã đảo

lộn tất cả các ngành khoa học, từ thiên văn học đến sử học, từ cổ sinh vật đến tâm lý học, từ phôi học đến giáo dục học".

Mặt khác người ta còn đem áp dụng học thuyết của Darwin trong những lĩnh vực mà nếu còn sống chắc chắn ông sẽ phản đối kịch liệt. Thí dụ như chủ nghĩa phát xít đã viện ra quy luật đào thải tự nhiên, hay là luật "khôn sống mống chết" để biện giải những hành động sát nhân nhằm tiêu diệt một số chủng tộc của họ. Hoặc như bọn hiếu chiến đã biện giải chiến tranh là một phương tiện để đào thải kẻ yếu và bảo tồn kẻ khỏe. Thí dụ như những cơ sở làm ăn, cũng dựa vào những định luật đào thải tự nhiên, "khôn sống mống chết", để tìm cách tiêu diệt những công ty nhỏ bé hơn.

Ngày nay kiến thức khoa học được phổ biến rộng rãi, công trình của Darwin càng thêm có giá trị vì bao gồm những quan sát vô cùng tinh tế. Cho dù những khám phá mới lạ của khoa học hiện đại có biến đổi phần nào lý thuyết của Darwin, nhưng tựu trung lý thuyết tiến hóa vẫn đứng vững trong di truyền học, cổ sinh vật học và trong rất nhiều bộ môn khoa học khác.

Về địa vị của Darwin trong lịch sử khoa học, không ai có thể viết đúng hơn Julian Huxley, nhà sinh vật học nổi tiếng, cháu nội của Thomas Huxley, người cộng tác, người biện hộ và là bạn của Darwin. Julian Huxley viết:

"Sự nghiệp của Darwin... đã đưa thế giới sinh vật vào trong phạm vi chi phối của định luật thiên nhiên. Sau Darwin, người ta không còn nghĩ rằng mọi sinh vật và động vật được sáng tạo nguyên vẹn từ lúc khởi thủy, không còn nghĩ rằng có một trí thông minh huyền bí đã trang bị cho các sinh vật những khí giới kỳ diệu để kiếm ăn hay đương đầu với kẻ thù, không còn nghĩ rằng loài có một sức mạnh huyền bí dẫn dắt sự tiến hóa của muôn loài. Nếu thuyết đào thải tự

nhiên là đúng thì chúng ta có thể tin rằng tất cả các động vật, thực vật, kể cả người, sở dĩ như chúng ta thấy ngày nay, cũng vì đã trải qua quá trình tiến hóa theo những định luật tự nhiên mù quáng, không khác gì những định luật khiến có núi mọc, khiến quả đất và các hành tinh khác chạy thành đường bầu dục chung quanh mặt trời. Định luật mù quáng phải chiến đấu để sinh tồn, định luật di truyền mù quáng tất nhiên đưa tới kết quả là đào thải kẻ yếu và bảo tồn sự sống của kẻ mạnh, và do đó thúc đẩy đà tiến hóa của các sinh vật...”

Julian Huxley viết tiếp:

“Sự nghiệp của Darwin đã khiến chúng ta có thể xác định được vị trí của con người và nền văn minh hiện đại một cách chính xác hơn. Con người không phải một sinh vật đã hoàn tất, không có thể tiến hóa thêm được nữa. Nhìn lại lịch sử dài dằng dặc, con người thấy rằng đó là một lịch sử không phải đi xuống mà là đi lên, và con người còn có khả năng biến hóa nữa trong tương lai. Hơn nữa, với sự hiểu biết về sự tiến hóa của các sinh vật, chúng ta biết kiên nhẫn hơn. Mấy ngàn năm lịch sử thật không có nghĩa lý gì so sánh với gần triệu năm con người đã có mặt trên trái đất, và con số này không có nghĩa lý gì khi so sánh với hàng ngàn triệu năm tiến hóa của sinh vật trên mặt đất. Hiểu như vậy, chúng ta có quyền kiên nhẫn sau khi các nhà thiên văn học cho biết rằng ít ra chúng ta cũng còn có một ngàn triệu năm nữa để vượt lên tới những đỉnh cao mới của sự sống”.

Stephen Hawking

Lược sử thời gian

CHA ĐỠ ĐẦU CỦA KỶ NGUYÊN NGUYÊN TỬ

Albert Einstein và thuyết tương đối

Trong số những quan niệm của Einstein về vũ trụ, quan niệm về sự tương đối của thời gian đi ngược với quan niệm xưa nay, và khó hiểu hơn cả. Einstein chủ trương rằng: những biến cố xảy ra ở nhiều nơi khác nhau có thể xảy ra cùng một lúc đối với kẻ này, nhưng xảy ra khác lúc đối với kẻ khác ở một vị trí chuyển động tương đối với người trước. Thí dụ hai biến cố xảy ra cùng một lúc đối với người quan sát đứng trên mặt đất, có thể xảy ra khác lúc đối với người ngồi trên xe hỏa hay máy bay. Thời gian không tuyệt đối, mà là tương đối với vị trí và tốc độ của người quan sát. Áp dụng thuyết này để nhận định vũ trụ, người ta thấy rằng một biến cố, thí dụ một vụ nổ xảy ra không một lúc đối với người quan sát ở ngay trên tinh cầu đó và người quan sát ở trên trái đất. Một biến cố diễn ra trên một tinh cầu xa lắc có thể hàng năm mới chuyển hình ảnh tới mặt đất, mặc dầu ánh sáng chạy với tốc độ 186.000 dặm/giây đồng hồ. Vì tinh tú ta quan sát thấy hôm nay chỉ là vì tinh tú của bao nhiêu năm về trước, và có thể lúc này vì tinh tú ấy đã không còn.

Theo thuyết tương đối của Einstein thì người ta có thể đuổi kịp quá khứ và sinh ra ở tương lai nếu người ta có tốc độ vượt tốc độ ánh sáng. Mỗi tinh cầu chuyển động có một hệ thống thời gian riêng, khác hẳn hệ thống thời gian ở mọi tinh cầu khác. Một ngày trên trái đất chỉ là thời gian đủ để trái đất quay một vòng trên trục của nó. Sao Mộc mất nhiều thời giờ hơn trái đất để quay chung quanh mặt

trời, vì vậy một năm trên sao Mộc dài hơn một năm trên trái đất. Tốc độ càng nhanh, thời gian càng chậm. Chúng ta đều quen chỉ nghĩ rằng mọi vật thể đều có ba chiều, nhưng Einstein chủ trương thời gian cũng là một chiều của không gian. Thời gian và không gian không thể tách rời nhau. Mọi vật luôn luôn chuyển động, cho nên theo quan niệm của Einstein, chúng ta sống trong một vũ trụ bốn chiều mà thời gian là chiều thứ tư.

Nói tóm lại, tiền đề cơ bản của thuyết Einstein trình bày lần đầu tiên nửa thế kỷ trước đây là tính tương đối của mọi chuyển động, và tính tuyệt đối độc nhất của ánh sáng.

Triển khai nguyên lý tương đối của mọi sự chuyển động, Einstein còn làm sụp đổ một quan niệm khác vốn vững chắc từ xa xưa. Từ trước người ta vẫn tin rằng chiều dài và khối lượng trong mọi trường hợp có thể quan niệm được vẫn là tuyệt đối và không thể thay đổi. Bây giờ Einstein khẳng định khối lượng hay trọng lượng cùng chiều dài của một vật thể thay đổi tùy theo tốc độ của vật thể đó. Einstein đưa ra thí dụ: một đoàn xe lửa dài một ngàn bộ (Bộ: 0,304 mét) chạy với tốc độ bốn phần năm tốc độ của ánh sáng. Đối với người đứng yên một chỗ thì đoàn tàu chạy chỉ còn dài 600 bộ, những đối với người ngồi trên thì đoàn tàu vẫn dài đủ 1000 bộ.

Tương tự như đoàn tàu, mọi vật thể chuyển động trong không gian cũng đều co ngắn lại tùy theo tốc độ. Một chiếc gậy dài 100 mã (mã (inch) = 0,025 mét), nếu phóng lên không gian với tốc độ 161.000 dặm/giây đồng hồ, sẽ co ngắn lại chỉ còn dài nửa mã. Trái đất thì quay trục nên chu vi cũng co rút lại chừng sáu phân mét.

Khối lượng cũng có thể thay đổi. Tốc độ càng nhanh thì khối lượng của vật thể càng tăng. Nhiều cuộc thí nghiệm đã chứng tỏ rằng vật thể bắn lên không gian với tốc độ lên tới 86% tốc độ ánh sáng, sẽ

cân nặng gấp đôi so với khi còn nằm yên dưới đất. Sự kiện này có hậu quả quan trọng trong công cuộc phát triển nguyên tử sau này.

Thuyết tương đối của Einstein trình bày năm 1905 được coi là “Lý thuyết hạn chế về tính tương đối” vì chỉ áp dụng riêng đối với sự chuyển động. Tuy nhiên, trong vũ trụ chúng ta, hành tinh và các thiên thể rất ít khi chuyển động đều theo đường thẳng. Một lý thuyết phải bao gồm được mọi thứ chuyển động, mới đủ để mô tả vũ trụ. Vì lẽ đó, Einstein đã phải dành mười năm để xây dựng “Lý thuyết Tổng quát về tính tương đối”, trong đó ông nghiên cứu sức mạnh huyền bí đã hướng dẫn sự chuyển động của các hành tinh, định tinh, sao chổi, thiên thạch, thiên hà và những vật thể khác quay cuồng trong khoảng không của vũ trụ bao la.

Trong “lý thuyết tổng quát về tính tương đối” công bố năm 1915, Einstein đề ra một quan niệm mới về sức hút, đảo lộn hẳn những quan điểm về trọng lực và ánh sáng đã được người ta chấp nhận từ thời Isaac Newton. Newton cho trọng lực là một lực, nhưng khác với Newton, Einstein chứng minh rằng khoảng không gian chung quanh một hành tinh hay một thiên thể, là một trường hấp dẫn tương tự như từ trường chung quanh đá nam châm. Những vật thể lớn như mặt trời, các vì tinh tú đều tỏa ra chung quanh một trường hấp dẫn rất rộng. Trái đất và mặt trăng hút nhau là vì vậy.

Thuyết trường hấp dẫn còn giải thích những chuyển động không bình thường của sao Kim, một hành tinh gần mặt trời nhất, những chuyển động là nát óc những nhà thiên văn học tờ bao thế kỷ nay và là một trường hợp ngoại lệ, không tuân theo định luật về sức hút của Newton. Trường hấp dẫn các tinh tú có sức cực mạnh có thể bẻ cong tia sáng. Vào năm 1919, tức là mấy năm sau khi thuyết tổng quát về tính tương đối được tung ra, những bức ảnh chụp được

trong một vụ nhật thực đã xác nhận thuyết của Einstein là đúng: các tia sáng đi theo đường cong chứ không phải đường thẳng, do bị tác động trường hấp dẫn của mặt trời.

Từ tiền đề đó, Einstein suy ra rằng: không gian hình cong. Chịu ảnh hưởng của mặt trời, các hành tinh quay theo những đường nào ngắn nhất, tương tự như con sông khi chảy ra biển, tùy theo địa hình mà chảy theo những đường tự nhiên nhất, dễ chảy nhất. Trong phạm vi trái đất, một con tàu hay một chuyến phi cơ vượt biển, đi theo không phải đường thẳng mà là đường cong nghĩa là cung của một vòng tròn. Hiển nhiên là đường gần nhất giữa hai điểm không phải đường thẳng mà là đường cong. Định luật này còn đúng cả với sự chuyển động của hành tinh hay tia sáng.

Nếu chấp nhận thuyết không gian có hình cong, phải đương nhiên chấp nhận thuyết không gian hữu hạn. Ví dụ, một tia sáng xuất phát ở một vì sao, sau hàng triệu năm ra đi, vẫn sẽ trở về nguồn sáng cũ, chẳng khác gì nhà du lịch đi một chuyến vòng quanh thế giới. Vũ trụ không phải là diễn ra bất tận trong không gian, mà có những giới hạn tuy không thể xác định được những giới hạn này.

Trong số những khám phá vĩ đại của Einstein về khoa học, đóng góp của ông cho công cuộc nghiên cứu về nguyên tử là có tác dụng trực tiếp và sâu rộng nhất đối với thế giới ngày nay. Ít lâu sau khi tờ chuyên san vật lý học tung ra thuyết tương đối vào năm 1905, Einstein còn cho đăng ở báo này một bài báo ngắn có tầm vang dội rất lớn, nhan đề là “Quán tính của một vật thể có tùy thuộc vào năng lượng của vật thể đó không?”. Einstein xác định rằng: ít ra là trên lý thuyết năng lượng nguyên tử có thể sử dụng được. Sức mạnh khủng khiếp của nguyên tử có thể được giải tỏa theo một phương trình do Einstein đề ra: E = mc2, nghĩa là: năng lượng bằng khối

lượng nhân với tốc độ của ánh sáng, rồi lại nhân với tốc độ của ánh sáng lần nữa. Nói một cách cụ thể, Einstein cho rằng: trong nửa cân Anh (cân Anh = 453,592 gam) của bất kỳ chất gì đều chứa một năng lượng tương đương với sức mạnh của bảy triệu tấn thuốc nổ TNT. Một nhà bình luận đã nhận xét: nếu không có phương trình của Einstein "các nhà khoa học vẫn có thể mò mẫm tách được nguyên tử uranium, nhưng không chắc các nhà khoa học đó đã hiểu đây là một nguồn năng lượng khủng khiếp, vật liệu của những trái bom khủng khiếp".

Trong phương trình nổi tiếng E = mc2, Einstein đã chứng minh năng lượng và khối lượng chỉ là một, ở hai trạng thái khác nhau và khối lượng chính là năng lượng đặc lại. Barnett đã nhận định rất đúng là phương trình E = mc2 "đã giải thích được rất nhiều điểm về vật lý học, từ bao lâu nay vẫn còn là những điểm bí mật. Phương trình đã giải thích tại sao chất quang tuyến phản xạ như radium và uranium lại có thể liên tiếp trong hàng triệu năm bắn ra những tia li ti chạy với tốc độ khủng khiếp. Phương trình còn giải thích tại sao mặt trời và các vì tinh tú lại có thể tuôn ánh sáng và sức nóng trong hàng tỷ tỷ năm, vì nếu mặt trời chỉ có lửa theo lối thông thường thì trái đất của chúng ta đã phải chết trong tối tăm u lạnh từ hàng triệu năm rồi. Phương trình còn cho chúng ta thấy năng lượng ghê gớm chứa chất trong nhân nguyên tử và tiên đoán chỉ cần một lượng rất nhỏ chất uranium cũng đủ tạo ra một trái bom có sức công phá cả một thành phố".

Cho mãi đến năm 1939 phương trình của Einstein vẫn còn là lý thuyết. Vào năm đó, sau khi bị Đức quốc xã trục xuất khỏi châu Âu, Einstein sang Mỹ rồi ít lâu sau ông nhập quốc tịch Mỹ. Einstein được tin Đức quốc xã đang lùng để nhập cảng uranium và đang nghiên

cứu về bom nguyên tử, ông liền viết cho Tổng thống Roosevelt một bức thư tối mật:

“Những công cuộc nghiên cứu mới đây của E. Fermi và Lzilard mà bản thảo đã được gửi tới tôi, khiến tôi nghĩ rằng trong tương lai rất gần, chất uranium có thể biến thành một nguồn năng lượng mới mẻ và quan trọng... Hiện tượng mới này có thể dẫn tới việc chế tạo bom, và có thể tin rằng... chỉ một trái bom loại đó, mang dưới tàu và cho nổ ở hải cảng có thể tàn phá toàn thể hải cảng và các vùng phụ cận”.

Kết quả tức khắc của bức thư Einstein gửi cho Roosevelt là việc khởi công xây dựng đề án bom nguyên tử Manhattan. Năm năm sau, trai bom nguyên tử đầu tiên được đưa ra thử ở Almagordo Reservation thuộc bang New Mexico, và ít lâu sau Mỹ thả bom nguyên tử tàn phá Hiroshima, để sớm kết liễu chiến tranh với Nhật Bản.

Bom nguyên tử là một trong những kết quả thực tế vang dội nhất của lý thuyết Einstein. Tuy nhiên người ta vẫn còn phải kể đến thực tế khác nữa. Năm 1905, năm thuyết tương đối ra đời, các nhà khoa học triển khai định luật về điện ảnh học (Photoelectric Law) của Einstein, để giải thích những tác động điện ảnh huyền bí và do đó mở đường cho vô tuyến truyền hình, phim có tiếng nói, “con mắt thần” cùng những áp dụng khác. Chính vì phát minh này mà Einstein được tặng giải Nobel về vật lý năm 1922.

Trong những năm cuối đời, Einstein vẫn không ngừng nỗ lực xây dựng lý thuyết về Trường thống nhất (Unfided Field Theory) nhằm chứng minh tính chất hòa hợp và đồng nhất của tạo vật. Theo Einstein, các định luật vật lý học chi phối nguyên tử nhỏ bé cũng có thể áp dụng đối với những vật thể lớn lao trong không gian. Do đó lý

thuyết về Trường thống nhất của Einstein giải thích được mọi hiện tượng vật lý theo một khuôn mẫu cố định. Lực hút, điện lực, từ lực và nguyên tử lực tất cả đều là những lực có thể giải thích được bằng một lý thuyết duy nhất. Năm 1950, sau gần nửa đời nghiên cứu, Einstein lần đầu tiên trình bày lý thuyết Trường thống nhất của ông trước thế giới. Ông ngỏ ý tin rằng thuyết này nắm giữ được chìa khóa của vũ trụ, thống nhất trong một quan niệm, từ thế giới cực nhỏ và quay cuồng của nguyên tử đến không gian mênh mông của các thiên thể. Vì những khó khăn về toán học nên thuyết của Einstein vẫn chưa được những sự kiện vật lý học kiểm chứng toàn bộ. Tuy vậy Einstein vẫn vững tin rằng lý thuyết về Trường thống nhất của ông giải thích được "tính chất nguyên tử của năng lượng" và chứng minh được sự hiện hữu của một vũ trụ có sắp đặt rất trật tự.

Tư tưởng triết lý đã gây cảm hứng và hướng dẫn Einstein qua bao nhiêu năm nỗ lực, và những phần thưởng cho những nỗ lực đó, đã được Einstein trình bày trong bài giảng về nguồn gốc Lý thuyết tổng quát về tương đối tại trường đại học Glasgow năm 1933.

"Kết quả cuối cùng rất giản dị, bất kỳ một sinh viên thông minh nào cũng có thể hiểu được một cách dễ dàng. Nhưng chỉ có thể hiểu được sau khi trải qua những năm âm thầm tìm kiếm một sự thật mà người ta chỉ cảm thấy chứ không thể nói lên được. Người ta chỉ có thể hiểu được điều đó khi lòng ham muốn lên đến mức cuồng nhiệt, và khi đã trải qua những giai đoạn tin tưởng rồi nghi ngờ, nghi ngờ rồi tin tưởng cho tới một lúc nào đó, bừng hiểu rõ được sự thật sáng sủa".

Trong một dịp khác, Einstein đã bộc lộ cá tính tinh thần của ông:

"Cảm xúc đẹp nhất và sâu xa của con người là cảm xúc trước sự

huyền bí. Chính cảm xúc này đã khiến cho khoa học chân chính nảy nở. Những ai không còn có những cảm xúc đó, không còn biết ngạc nhiên và chỉ biết đứng ngẩn người ra vì sợ hãi thì sống cũng như chết. Cảm thấy điều huyền bí mà con người không sao giải thích nổi, là vì nó chỉ biểu lộ ra khi mà khả năng ít ỏi đáng buồn của chúng ta chỉ hiểu được những hình thức thấp kém của cái quy luật cao siêu dưới vẻ đẹp rạng rỡ hơn hết. Chính sự biết đó và cảm xúc đó đã là nền tảng đích thực của tôn giáo".

Con số nhà khoa học tán dương Einstein không kể xiết. Chúng ta hãy đọc hai tác phẩm đã viết về Einstein, để hiểu địa vị độc nhất của ông trong giới khoa học. Paul Oehser viết:

"Đối với Albert Einstein, người ta không thể không nói đến ảnh hưởng. Phải gọi những lý thuyết của ông là cách mạng vì đã mở ra kỷ nguyên nguyên tử. Kỷ nguyên này đưa nhân loại đi đến đâu chúng ta chưa thể biết. Hiện nay chúng ta chỉ biết rằng Einstein là nhà khoa học, nhà triết học vĩ đại nhất của thế kỷ. Trước mắt chúng ta, Einstein có dáng dấp một vị thánh và những công trình của ông đã khiến chúng ta thêm tin tưởng vào khả năng trí tuệ của con người. Ông còn là hình ảnh bất diệt của con người luôn luôn tìm hiểu".

Nhà khoa học Banesh Hoffman đã kết luận như sau:

"Einstein vĩ đại không hẳn chỉ vì những tư tưởng khoa học mà còn vì tác dụng tâm lý. Trong một giai đoạn nghiêm trọng của lịch sử khoa học, Einstein đã chứng minh rằng, những tư tưởng xưa không hẳn đã là thiêng liêng bất di bất dịch. Chính sự chứng minh đó đã mở đường cho trí tưởng tưởng của những người như Bohr và Broglie khiến họ có thể thành công trong địa hạt lượng tử. Toàn thể khoa vật lý học của thế kỷ 20 đều mang dấu ấn không thể xóa nhoà của thiên

tài Einstein”.

(Hết)

Thư Viện Sách
www.thuviensach.net