



AMIR D. ACZEL

PHẠM VIỆT HÙNG - LÊ MINH HIỀN biên dịch

CÂU CHUYỆN VỀ PHƯƠNG TRÌNH THÂU TÓM CẢ VŨ TRỤ



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

Tia Sáng

PHƯƠNG TRÌNH CỦA CHÚA

Einstein, Thuyết tương đối, và vũ trụ giãn nở

Tác giả: **Amir D. Aczel**

Nhà xuất bản **Four Walls Eight Windows**, New York 1999

Bản tiếng Việt: “**Câu chuyện về phương trình thu tóm cả vũ trụ**”^[1]

Người dịch: Phạm Việt Hưng (và Nguyễn Thế Trung)

NXB Trẻ và tạp chí Tia Sáng xuất bản tại Saigon năm 2003.

Mục lục

Lời giới thiệu của dịch giả

Lời nói đầu của tác giả

Chương 01 Những ngôi sao bùng nổ

Chương 02 Einstein thời trẻ

Chương 03 Praha năm 1911

Chương 04 Thách đố của Euclid

Chương 05 Vở ghi chép của Grossmann

Chương 06 Cuộc thám hiểm tại Crimea

Chương 07 Khoảng cách của Riemann

Chương 08 Berlin: Phương trình trường

Chương 09 Đảo Principe

Chương 10 Hội nghị khoa học phối hợp

Chương 11 Suy xét Vũ trụ

Chương 12 Giãn nở không gian

Chương 13 Bản chất vật chất

Chương 14 Hình học vũ trụ

Chương 15 Batavia, Illinois, ngày 4 tháng 5 năm 1998

Chương 16 Phương trình của chủa

Lời giới thiệu của dịch giả

Nếu bạn có một tủ sách trông ra vườn thì bạn còn thiếu gì nữa đâu?
(Blaise Pascal)

“Con người là một cây sậy, một thứ yếu ớt nhất trong tự nhiên, nhưng có tư tưởng”, đó là lời của Blaise Pascal. Nhờ có tư tưởng, loài người trở nên một thực thể đặc biệt trong vũ trụ, ít nhất đến khi chúng ta chưa phát hiện được một thực thể nào khác cũng có tư tưởng như chúng ta.

Cái tư tưởng ấy làm cho con người luôn luôn lục vấn. Một trong những lục vấn sâu xa nhất là câu hỏi “Vũ trụ từ đâu mà ra?”. Câu hỏi này đã có từ hàng ngàn đời nay, nhưng mãi đến thế kỷ 20 mới có câu trả lời: Lý thuyết big bang. Đó là một sự kiện vĩ đại của nhận thức. Lý thuyết này ra đời khi các nhà khoa học truy ngược hiện tượng vũ trụ giãn nở về quá khứ. Nhưng xuôi theo chiều thời gian, vũ trụ học phải đối mặt với một trong những câu hỏi khoa học và triết học lớn nhất thế kỷ 20: *số phận tương lai của vũ trụ sẽ ra sao?*

Nhiều kịch bản đã được thiết kế, đôi khi mâu thuẫn đối lập nhau: vũ trụ tĩnh, vũ trụ co, vũ trụ giãn, vũ trụ đàn hồi, vũ trụ tuần hoàn, v.v. và phải đợi đến thời điểm bản lề chuyển sang thế kỷ mới và thiên niên kỷ mới, khoa học mới tìm thấy một kịch bản sát với hiện thực: vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi! Đây cũng là một sự kiện vĩ đại của nhận thức.

Với những thắng lợi lớn lao của vũ trụ học như hiện nay, nhà vũ trụ học Micheal Turner tại Fermilab phải thốt lên rằng chúng ta đang sống trong “*thế kỷ vàng của vũ trụ học*” (the golden age of cosmology)!

Nhưng cái gì đã giúp cho loài người làm nên “thế kỷ vàng” đó? Câu trả lời: *Phương trình của Chúa!*

Đó là phương trình trường trong Thuyết Tương đối Tổng quát của Albert Einstein. Cuốn sách *God's Equation* (Phương trình của Chúa) của Amir Aczel là câu chuyện về phương trình kỳ lạ đó, về lịch sử và ảnh hưởng sâu xa của nó đối với nhận thức của nhân loại, về ý nghĩa nền tảng của nó đối với khoa học hiện tại và tương lai.

Nếu không dẫn giải quá trình lịch sử và diễn biến logic trong tư duy, cộng với thiên tài bẩm sinh của một con người kỳ lạ như Einstein, sẽ rất khó để hiểu được làm sao mà một phương trình có thể thu tóm được cả vũ trụ như thế.

Thật vậy, cái gọi là hằng số vũ trụ, một sáng tạo vừa quái dị vừa phi thường của Einstein và chỉ của Einstein mà thôi, tưởng là một số hạng dư thừa trong phương trình trường, hoá ra lại chứa đựng toàn bộ bí mật của vũ trụ trong nó. Nó không những giúp giải thích những hiện tượng vũ trụ học đã biết, mà còn cho phép tiên đoán hàng loạt bí mật của vũ trụ. Một trong những bí mật lớn nhất đã trở thành chủ đề trung tâm của vật lý và vũ trụ học thế kỷ 21 là *năng lượng tối* (dark energy), cái được coi là nguyên nhân gây nên lực phản hấp dẫn làm vũ trụ giãn nở gia tốc như hiện nay. Hoàn toàn không ngoa ngoắt để nói rằng nếu nhận thức của loài người có cái gì kỳ lạ nhất, và nếu bản thân vũ trụ có gì kỳ lạ nhất, thì đó là hằng số vũ trụ của Einstein!

Với những giai thoại thú vị, dí dỏm, “ly kỳ”, vừa giàu chất truyện kể, vừa thấm đậm chất nhân văn, vừa mang tính hàn lâm, *Phương trình của Chúa* đã làm sống lại lịch sử, đặc biệt là những sự kiện sôi động đầu thế kỷ 20, và những sự kiện nóng bỏng mới xảy ra cách đây một, hai năm làm thay đổi hẳn cách nhìn về vũ trụ. Qua đó không những độc giả có thể hiểu rõ hơn lai lịch, nguồn gốc của Thuyết Tương đối Tổng quát – một sản phẩm nhận thức đến nay đã được coi là cổ điển nhưng vẫn là trụ cột của toà nhà vật lý – mà còn có một cái nhìn tổng quan về vật lý và vũ trụ học hiện đại.

Vì nó là truyện kể về một phương trình, nên không thể tránh đề cập đến một số chi tiết kỹ thuật, một số ký hiệu và công thức toán lý đôi

khi khó hiểu, bởi lẽ tác giả không thể trình bày kỹ hơn. Nhưng điều đó không hề làm mất đi cái thần hấp dẫn của câu chuyện.

Trong khi dịch, chúng tôi cố gắng theo đuổi cái thần đó, vì thế nhiều khi phải dịch ý, thay vì dò từng câu đếm từng chữ. Tuy nhiên, do lực bất tòng tâm, kiến thức còn hạn hẹp, bản dịch chắc còn nhiều thiếu sót. Mong độc giả lượng thứ và mong nhận được sự góp ý để sửa chữa trong những dịp tái bản sau này. Xin chân thành cảm ơn và kính chúc độc giả có thêm một cuốn sách bổ ích trong tủ sách của mình (*Phạm Việt Hưng và Nguyễn Thế Trung*)

LỜI NÓI ĐẦU

Kính tặng cha tôi, thuyền trưởng E. L. Aczel

Kể từ tháng 1 năm 1998, hiểu biết của chúng ta về vũ trụ sẽ thay đổi mãi mãi. Các nhà thiên văn đã tìm thấy bằng chứng vũ trụ đang giãn nở tăng tốc chưa từng có. Ngay sau khi khám phá này được công bố, các nhà vũ trụ học trên khắp thế giới đã vội vã lao vào giải thích hiện tượng mang tính nền tảng này. Lý thuyết hứa hẹn nhất mà các nhà khoa học có thể tìm thấy chính là lý thuyết mà Albert Einstein đã nêu lên từ tám thập kỷ trước đây rồi lại nhanh chóng vứt bỏ, coi nó là sai lầm lớn nhất trong đời mình. Hàng năm, những phát triển mới đã chứng tỏ các lý thuyết của Einstein là chính xác. Và nếu những đánh giá mới nhất của các nhà vũ trụ học là đúng thì Einstein sẽ đúng ngay cả trong trường hợp ông tin chắc rằng mình đã sai.

Vào khoảng thời gian tin tức gây kinh ngạc này được loan báo, tôi nhận được một mẫu thư đáng tò mò. Đó là thư của L.P.Lebel, một độc giả cuốn Định lý cuối cùng của Fermat của tôi và đã trở thành một người bạn mà bấy lâu nay tôi vẫn trao đổi thư từ. Tuy nhiên lần này trong phong bì không có thư: mà đơn giản chỉ có một bài báo của George Johnson được cắt ra từ tờ New York Times. Tôi đọc bài báo với sự chú ý đặc biệt: đó là một bài báo về toán học, không phải vật lý hoặc vũ trụ học. Trong bài báo, ông Johnson đặt ra một câu hỏi lý thú: liệu có thể tồn tại ở đâu đó trong vũ trụ những dạng toán học khác với dạng mà chúng ta đang có hay không? Để làm thí dụ, Johnson đưa ra bài toán về số pi và đường tròn. Liệu có thể tồn tại một tỷ lệ giữa chu vi và đường kính của một đường tròn khác với số pi hay không, ông hỏi?

Einstein và vũ trụ học dường như bề ngoài chẳng có gì dính dáng đến những thứ toán học quái dị trong đó đường tròn không giống với những đường tròn mà ta đã biết. Nhưng thực ra có một mối liên hệ chặt chẽ, như tôi đã thấy rõ. Việc suy ngẫm về những chủ đề

song song của vật lý và toán học này đã dẫn tôi ngược trở về quá khứ hai thập kỷ. Thời sinh viên tại Đại học California ở Berkeley, tôi theo học chương trình vật lý và toán học. Trong một bài giảng, một giáo sư đã giải thích một khái niệm thách thức sự hiểu biết của tôi về sự vật. “Điện tử”, vị giáo sư nói, “sống trong một không gian khác với không gian chúng ta đang sống”. Câu nói này làm cho tôi thay đổi định hướng học tập nghiên cứu, và từ đó tôi theo đuổi những chương trình liên quan đến các không gian: topo, giải tích, và hình học vi phân. Tôi muốn hiểu những không gian khác nhau này, chúng tồn tại ngay cả khi cảm giác của chúng ta không phát hiện ra chúng. Những không gian kỳ lạ đó áp dụng cho thế giới vi mô (trong Cơ học Lượng tử) hoặc vĩ mô (trong Thuyết Tương đối Tổng quát). Để hiểu vật lý tương đối, người ta phải nghiên cứu một không gian mà hình học của nó hoạt động trái ngược với trực giác của chúng ta.

Toán học quái dị của Johnson và những phương trình Einstein trong vũ trụ học thực ra là hai mặt của một đồng xu. Dần dần, tôi trở nên bị ám ảnh bởi những ý tưởng quyến rũ này. Tôi dành hàng giờ để giải những bài toán trong hình học phi-Euclid, một ngành toán học liên quan đến các không gian trong đó một đường thẳng có thể có vô số đường song song với nó cùng đi qua một điểm cho trước, thay vì một đường duy nhất của Euclid, và ở đó những đường tròn có tỷ lệ giữa chu vi và đường kính khác với số pi (Albert Einstein nghiên cứu hình học phi-Euclid khi ông tìm kiếm một lý thuyết toán học có thể tính toán độ cong của không-thời-gian mà ông đã khám phá). Tôi làm lại những bài toán cũ trong hình học vi phân – một dạng hình học khác mà Einstein đã sử dụng khi ông cần đến một cơ sở toán học cho Thuyết Tương đối Tổng quát mới nảy sinh trong đầu ông. Và tôi dành thời gian để đọc tất cả các công trình về tương đối tổng quát của Einstein.

Mới đây, sau khi đã làm sống lại sự hiểu biết của mình về toán học trong Thuyết Tương đối Tổng quát, tôi gọi điện cho một giáo sư cũ của tôi ở Berkeley để hỏi ông một vài câu hỏi về hình học trong Thuyết Tương đối Tổng quát. Rất có lý để coi S.S. Chern là nhà hình học lớn nhất đang sống hiện nay. Chúng tôi nói chuyện qua

phone khá lâu, và ông đã kiên nhẫn trả lời các câu hỏi của tôi. Khi tôi nói với ông rằng tôi đang có ý định viết một cuốn sách về thuyết tương đối, vũ trụ học, và hình học, và chúng liên kết với nhau để giải thích vũ trụ ra sao, ông nói: “Đó là một ý tưởng tuyệt vời cho một cuốn sách, nhưng việc viết nó chắc chắn sẽ mất nhiều năm trong đời bạn... tôi sẽ không làm điều đó”. Rồi ông treo máy.

Tôi tự xác định cho mình nhiệm vụ phải giải thích được mối quan hệ chính xác giữa một vũ trụ giãn-nở-từ-xưa-tới-nay với phương trình trường tài tình của Einstein, và vũ trụ bị cong một cách khó hiểu, cái vũ trụ mà ta đang sống trong đó. Nếu tôi có thể giải thích những bí mật này cho bản thân tôi và làm thỏa mãn sự tò mò tăng lên của chính tôi, thì tôi cảm thấy tôi sẽ có thể chia sẻ sự hiểu biết này với những người khác. Tôi đọc mọi quyển sách tôi có thể tìm được về vũ trụ học, và về thuyết tương đối, nhưng để thật sự hiểu những tư tưởng quyến rũ này, tôi đã phải tự mình giải các phương trình. Trong khi thực hiện nhiệm vụ này, tôi đã nhận được nhiều sự giúp đỡ của mọi người nhiều hơn mức dự kiến.

Bạn tôi và là hàng xóm của tôi, Alan Guth, giáo sư vật lý được phong danh hiệu weisskopf của Đại học MIT (Massachusetts Institute of Technology – Viện Công nghệ Massachusetts), là người phát minh ra một lý thuyết có nhiều hứa hẹn nhất trong việc giải thích điều gì đã xảy ra ngay sau big bang – Lý thuyết vũ trụ giãn nở lạm phát (Theory of the Inflationary Universe). Lý thuyết của Guth thắng lợi đến nỗi hiện nay nó là xương sống của mọi mô hình vũ trụ học đang tồn tại. Alan rất rộng lòng chia sẻ với tôi những công trình nghiên cứu của ông và dành nhiều giờ với tôi để thảo luận về vũ trụ học và hình học kỳ lạ của không-thời-gian. Peter Dourmashkin, cũng dạy vật lý tại MIT, đã chia sẻ một cách nhiệt thành những bài thuyết trình của ông về vũ trụ học và giúp tôi hiểu một số phương trình rắc rối phức tạp. Jeff Weeks, một nhà toán học kiêm cố vấn, đã giúp tôi nhìn thấy những mối liên hệ toán học chính xác giữa phương trình trường của Einstein với một hằng số vũ trụ và những hình học khả dĩ của vũ trụ. Colin Adams, một nhà toán học tại Học viện Williams, nhiệt tình giúp đỡ tôi trong việc tìm hiểu sâu những mối liên kết ẩn

giấu giữa hình học với các công thức toán học mô tả vũ trụ. Kip Thorne, một giáo sư nổi tiếng trên thế giới về thuyết tương đối tại Caltech (Đại học Công nghệ California) và một chuyên gia về hố đen, rất lịch sự nhã nhặn trả lời các câu hỏi phỏng vấn của tôi qua điện thoại. Paul Steinhardt, một giáo sư vật lý tại Đại học Princeton và một nhà tiên phong trong các lĩnh vực vũ trụ học và vật lý học cũng như toán học thuần túy, đã chia sẻ những hiểu biết thấu đáo và những lý thuyết của ông với tôi. Sir Roger Penrose tại Đại học Oxford, một nhà toán học và vũ trụ học nổi tiếng, đã rộng lượng chia sẻ những tư tưởng ban đầu và lý thuyết của ông về vũ trụ.

Khi tôi đã hiểu toán học và vật lý học đến mức thực sự có thể nhìn thấy các phương trình xác định hình học vũ trụ ra sao, và hằng số vũ trụ của Einstein, một hằng số đã từng bị phỉ báng, ăn khớp một cách đáng kinh ngạc với sự thách đố của một vũ trụ giãn nở gia tốc ra sao, thì đó là lúc tôi được nói chuyện với các nhà thiên văn học: những người tiên trạm thông báo tin tức về trạng thái của vũ trụ. Saul Permuter tại Phòng thí nghiệm Quốc gia Lawrence Berkeley, lãnh đạo nhóm thiên văn quốc tế tuyên bố hiện tượng vũ trụ giãn nở gia tốc, đã rộng lượng dành thì giờ cho tôi. Saul cho tôi một cái nhìn sâu sắc độc đáo vào quá trình vật lý của một không gian giãn nở, cũng như thông tin về những phương pháp tài tình mà ông và các thành viên trong nhóm của ông đã sáng chế ra để phát hiện và đo đạc sự giãn nở vũ trụ, bằng cách sử dụng các bức ảnh điện tử của các ngôi sao đang bùng nổ ở cách xa hàng tỷ năm ánh sáng. Sau này, Saul cũng đọc bản thảo cuốn sách này và cho tôi nhiều gợi ý có giá trị. Esther Hu, người lãnh đạo nhóm thiên văn tại Đại học Hawaii, thông qua các kính viễn vọng Keck đã tóm bắt được hình ảnh thoáng hiện của một vật thể có thể nhìn thấy tại một khoảng cách xa nhất trong vũ trụ – một thiên hà cách chúng ta 13 tỷ năm ánh sáng mà ánh sáng của nó mờ nhạt và dịch chuyển về phía đỏ nhiều đến mức dường như đạt tới giới hạn của cái mà chúng ta có thể hy vọng nhìn thấy – đã mô tả với tôi thí nghiệm phi thường của bà. Bà cũng rộng lượng cung cấp cho tôi nhiều chi tiết kỹ thuật lý thú trong khám phá của bà, bao gồm yếu tố thiên hà mà bà quan sát đang rời xa chúng ta với tốc độ bằng 95,6% tốc độ ánh sáng. Neta A. Bahcall,

một giáo sư thiên văn tại Đại học Princeton, người đã nghiên cứu mật độ khối lượng trong vũ trụ với những công cụ lý thuyết và quan sát tiên tiến nhất, đã chia sẻ với tôi những kết quả nghiên cứu đáng ngạc nhiên của bà. Tất cả những nghiên cứu mà Neta và các cộng sự của bà đã thực hiện trong thập kỷ qua đã chỉ ra rằng vũ trụ của chúng ta có khối lượng thấp – chỉ nhỏ bằng 20% mật độ khối lượng tối thiểu cần thiết để cuối cùng làm ngừng sự giãn nở của vũ trụ. Nghiên cứu này gợi ý mạnh mẽ rằng vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi.

Bạn tôi, Jay Pasachoff, giám đốc Đài Quan sát Hopkins ở Học viện Williams, là chủ nhà tại Williamstown, Massachusetts, đã tiếp tôi vào một ngày mùa hè trong khi tôi đang dần sâu vào dự án viết cuốn sách này. Tôi đã trao đổi với ông vì lúc này tôi đang nghiên cứu công trình của chính Albert Einstein. Tôi biết rằng Thuyết Tương đối Tổng quát của Einstein được xác nhận bởi những quan sát về sự bẻ cong tia sáng của các ngôi sao xung quanh mặt trời trong kỳ nhật thực toàn phần năm 1919. Jay Pasachoff là người dẫn đầu thế giới về nhật thực. Tính đến trước lúc chúng tôi gặp nhau ông đã quan sát 26 lần nhật thực, mà tôi tin là nhiều hơn bất kỳ ai đã từng quan sát nhật thực trong lịch sử của hành tinh này. Từ đó về sau, Jay đã quan sát thêm nhiều lần nhật thực nữa. Jay đưa cho tôi toàn bộ các tập tài liệu và những bài báo đầu tiên. Rồi ông đưa cho tôi một bài báo nói về một tuyển tập thư từ mà Albert Einstein đã viết trong suốt 20 năm cho một nhà thiên văn người Đức không tên tuổi. Đây là những bức thư vừa mới được một nhà sưu tập tư nhân hiến tặng cho Thư viện Piermont Morgan tại Manhattan. Nhiều thư chưa bao giờ được các học giả xem xét, và cũng chưa được dịch. Tôi biết là có thể tìm thấy ở đây nhiều chuyện thú vị.

Sylvie Merian và Inge Dupont ở Thư viện Piermont Morgan đã giúp đỡ tôi rất nhiều trong những giờ tôi ngồi trong phòng tư liệu của thư viện để đọc những bức thư mà Einstein gửi cho nhà thiên văn Erwin Freundlich. Họ vui lòng cung cấp cho tôi những bản sao chính thức của tất cả 25 bức thư của Einstein trong tuyển tập. Tôi xin cảm ơn Charles Hadlock vì đã giúp sắp xếp cuộc viếng thăm đó.

Cha tôi, thuyền trưởng E.L. Aczel, đã dành cả mùa hè với chúng tôi tại Boston. Cha tôi lớn lên và học hành dưới thời đế chế Áo-Hung – trước khi rời bỏ xứ sở này vào những năm 1930 để trở thành một thuyền trưởng của một con thuyền trên Địa Trung Hải – và là chuyên gia về một kiểu tiếng Đức mà Albert Einstein đã nói và viết trong cùng thời gian đó. Khi tôi hỏi ông liệu ông có lấy làm phiền vì phải mất một phần thời gian của ông để dịch những bức thư của Einstein hay không, cha tôi đã vui lòng giúp tôi. Suốt hai tháng tiếp theo, chúng tôi dành nhiều giờ ngồi với nhau cùng nghiên cứu những bức thư. Ông thường quay trở lại một câu hoặc một dòng sau khi chúng tôi đã kết thúc việc dịch bức thư, và cân nhắc cách thể hiện dí dỏm mà Einstein đã sử dụng (chẳng hạn câu “thần kinh của bạn đã bị sờ ra rồi và bạn thậm chí không còn một lớp phủ ngoài của miếng thịt xông khói trong đầu bạn để che chở cho bạn nữa”), hoặc ý nghĩ thật sự của Einstein khi ông gạt bỏ đề nghị của một cộng sự trẻ tuổi nhờ giúp đỡ trong nghề nghiệp (chẳng hạn câu “hôm nay Struve nguyên rửa ông. Ông không làm cái mà ông ta bảo ông làm”). Đôi mắt và đôi tai cẩn thận của cha tôi, sự chăm chú của ông đối với mọi chi tiết nhỏ nhặt và ý nghĩa của nó bên trong một thứ ngôn ngữ địa phương theo thời gian và theo nơi chốn, đã làm sáng tỏ một bức tranh mới mẻ đáng ngạc nhiên về Albert Einstein. Nhà bác học nổi tiếng tử tế với mọi người vẫn cứ tử tế như thế, nhưng rõ ràng trong trường hợp này Einstein không phải chỉ có nhiều hoài bão, ông cũng sẵn sàng sử dụng người khác để đạt tới mục tiêu của ông rồi từ bỏ họ rất nhanh khi họ không còn có ích cho ông nữa. Lúc này, nhà vật lý huyền thoại trở nên con người hơn với tất cả những thiếu sót hiện diện trong tất cả chúng ta.

Vào dịp đến thăm văn khố lưu trữ về Einstein tại Jerusalem tôi đã thấy phía bên kia của mối quan hệ Freundlich-Einstein như được phản ánh trong những bức thư Freundlich gửi cho Einstein. Tôi mang ơn Dina Carter, người của cơ quan lưu trữ về Albert Einstein thuộc Thư viện Quốc gia và Đại học Do Thái tại Jerusalem, vì đã hướng dẫn tôi tìm đến rất nhiều thư từ và tài liệu quan trọng.

Những người đã dành nghề nghiệp của họ cho việc nghiên cứu cuộc đời và sự nghiệp của Albert Einstein đã thành lập một cộng đồng quốc tế liên kết gắn bó, ngay cả khi họ sống rải rác trên khắp địa cầu từ Boston đến Princeton, đến Zurich, Jerusalem, và Berlin. John Stachel ở Đại học Boston, biên tập viên sáng lập của bộ sách nhiều tập “Những công trình tuyển chọn của Albert Einstein” (Collected Papers of Albert Einstein), cung cấp cho tôi những thông tin bổ ích về biên niên sử của một số trong những khám phá của Einstein. Bạn tôi, Hans Kunsch tại ETH ở Zurich – trường Đại học Bách khoa Thụy Sĩ mà tại đó Einstein từng học và dạy, đã sắp xếp chương trình cho tôi đi thăm nhà của Einstein tại Thụy Sĩ.

Tại Viện Max Planck về Lịch sử Khoa học ở Berlin tôi đã gặp hai trong số những chuyên gia lớn nhất về công trình của Albert Einstein. Jurgen Renn, giám đốc Viện, hoãn ngày lên đường đi nghỉ hè của ông trên một hòn đảo ở vùng biển Baltic để có thể gặp tôi trong chuyến viếng thăm Berlin của tôi. Renn và các cộng sự của ông tại Viện đã khám phá ra nhiều sự kiện về khoa học của Einstein, bao gồm một khám phá bất ngờ: dạng chính xác của phương trình trường hấp dẫn đã được Einstein ghi vào sổ ghi chép ngay từ khoảng đầu năm 1912, nhưng rồi ông lại cất nó đi vì một lý do nào đó đến nay vẫn chưa biết, để rồi sau bốn năm làm việc vất vả lại tái khám phá ra chính công thức đó từ một góc độ khác. Jurgen cho phép tôi tìm tòi các nguồn tài liệu của Viện, cho phép tôi lục lọi nhiều khám phá chưa được công bố về Einstein và công trình của ông. Giuseppe Castagnetti, một nhà nghiên cứu tại viện Max Planck, cũng giúp đỡ tôi rất nhiều trong thời gian tôi ở lại Berlin. Tôi xin biết ơn ông vì nhiều hiểu biết thấu đáo của ông về cá nhân và công trình của Einstein. Giuseppe cũng sắp xếp cho tôi đi thăm căn nhà ở thôn quê của Einstein ở Caputh.

Trong khi đó ở Berlin, tôi rất bực mình vì chẳng thấy một nhà riêng nào của Einstein ở thành phố được đánh dấu, cả nhà số 13 Wittelsbacherstrasse lẫn nhà số 5 Haberlandstrasse. Chính quyền Berlin đã làm những biển kỷ niệm để đánh dấu những khu vực có những quan chức cấp nhỏ của chính phủ hoặc một nhà thơ hoặc

nghệ sĩ loại xoàng đã từng sống ở đó thậm chí chỉ vài tháng, nhưng không thềm đánh dấu những căn nhà trong đó một nhà vật lý vĩ đại nhất của mọi thời đại đã từng trú ngụ. Tôi khám phá ra điều lố bịch này và cảm thấy hơi khó chịu. Tôi đã ghi lại trong trí nhớ một sự thật là cả hai căn nhà riêng của Einstein không được đánh dấu đều nằm ở Tây Berlin. Thật vậy, tại trụ sở của Viện Hàn lâm Khoa học Phổ trên đại lộ Unter den Linden ở trung tâm thành phố từng nằm ở Đông Berlin có một tấm biển tưởng niệm nhà khoa học lớn đã từng làm việc tại Viện hàn lâm này từ 1914 đến 1932.

Tại Caputh (một ngôi làng từng nằm trong lãnh thổ Đông Đức), một sự ngạc nhiên đang chờ đợi tôi. Không chỉ ngôi nhà của Einstein được đánh dấu, mà toà nhà còn được duy trì như một tượng đài dành cho nhà khoa học vĩ đại, và từng nhóm từng nhóm khách du lịch kéo nhau vào thăm ngôi nhà này. Tôi xin tỏ lòng biết ơn bà Erika Britzke, người lo duy trì ngôi nhà, đã dành cho tôi một chuyến tham quan đặc biệt những phương tiện trong đó, bao gồm những phần của căn nhà không mở cửa cho công chúng, và đã chia sẻ với tôi thông tin phong phú của bà về gia đình Einstein và thời gian họ sống trong căn nhà này.

Cuối mùa hè năm 1998, sau khi nhiều nghiên cứu của tôi dẫn tới cuốn sách này được hoàn thành và tôi cảm thấy tôi đã có thể nối kết với nhau những lý thuyết về vũ trụ học, những khám phá thiên văn, những lý thuyết vật lý về trường hấp dẫn và không-thời-gian, và cuộc phiêu lưu khám phá của cá nhân Einstein, thì tôi có một người khách đến thăm. Đó là bạn thân của tôi, Carlo F. Barengi, một nhà vật lý và toán học tại Đại học Newcastle ở Anh, đến chơi nghỉ lại với chúng tôi. Carlo đang tham dự một cuộc hội thảo về lý thuyết lượng tử tại Berkshire Mountains ở phía tây Massachusetts, và mọi tối ông và tôi cùng lái xe ngược về Boston với nhau. Trên đường xe chạy, chúng tôi nói chuyện về vũ trụ học và bí ẩn của vũ trụ. Carlo giúp tôi mài nhọn một số lý lẽ về vũ trụ học trong quyển sách này.

Tôi xin cảm ơn nhà xuất bản, ông John Oakes, vì sự giúp đỡ và động viên của ông, và tôi xin cảm ơn đội ngũ chuyên viên tận tụy

của nhà xuất bản Four Walls Eight Windows tại New York : Kathryn Belden, Philip Jauch, và Jillellyn Riley.

Vợ tôi, Debrra Gross Aczel, người dạy văn tại MIT, đã đọc toàn bộ bản thảo và cho tôi nhiều gợi ý để cải thiện cuốn sách này. Anh xin cảm ơn em, Debra, vì mọi thứ em đã làm, và tôi xin cảm ơn tất cả những con người tuyệt vời được đề cập đến trong lời nói đầu này vì niềm cảm hứng, sự giúp đỡ, thông tin, và gợi ý của họ.

Amir Aczel

Chương I – VẬT LÝ

01. “Cái chết của Nguyên Lý Bất Định”

Đó là đầu đề bài báo của Mark Buchanan đăng trên tạp chí New Scientist, tuần san khoa học uy tín nhất của Anh-úc, số mới ra ngày 6 tháng 3 năm 1999, đang gây xôn xao dư luận khoa học trên toàn thế giới. Bài báo công bố thí nghiệm của một nhóm nhà khoa học Đức cho thấy Nguyên Lý Bất Định của Heisenberg, một trong hai nền tảng của vật lý hiện đại có nguy cơ sụp đổ. Sau khi nhắc lại cuộc tranh luận lịch sử giữa Einstein và Bohr về nguyên lý này (Einstein chống đối quyết liệt, Bohr bảo vệ quyết liệt), bài báo cho biết :

Bohr và Einstein đã phải đưa ra những thí nghiệm tưởng tượng để chứng minh lý thuyết của họ, vì công nghệ hồi đó chưa cho phép làm một thí nghiệm thật. Nhưng tình hình ngày nay đã thay đổi. Với kỹ thuật laser, Gerhard Rempe và các cộng sự của ông tại Đại học Konstanz ở Đức đã thực hiện một trong các thí nghiệm nổi tiếng mà những “người khổng lồ” của lý thuyết lượng tử đã tranh cãi. Đó là thí nghiệm quen thuộc, thường được gọi là “thí nghiệm hai khe” (two-slit experiment). Phương pháp thí nghiệm mới được đề xuất vào năm 1991 bởi Marlan Scully, Berthold-Georg Englert và Herbert Walther tại Học viện quang lượng tử Max Planck ở Garching, Đức, với việc chọn hạt lượng tử là nguyên tử, vì nó dễ để lại dấu vết hơn. Nhiều năm trước đây người ta cũng đã từng làm thí nghiệm này, nhưng với những điều kiện thô sơ hơn, và do đó không phát hiện thấy giao thoa, điều này làm cho người ta tin rằng Nguyên Lý Bất Định hoàn toàn đúng. Nhưng khi Rempe và các cộng sự báo cáo kết quả thí nghiệm của họ vào tháng 9 năm ngoái, các nhà vật lý đã thực sự lo lắng. Bài báo viết: “Kết quả của họ chứng tỏ rằng lập luận của Bohr dựa trên một sự nhầm lẫn”. Bài báo cho biết là trong bao nhiêu năm qua các nhà vật lý đã không hề hay biết rằng có một lý thuyết quan trọng nhất, đó là thuyết rối lượng tử (quantum entanglement). Hiện

tượng không thấy dấu vết giao thoa thực ra là quy luật rối lượng tử – một đặc trưng của thế giới lượng tử – chứ không phải là yếu tố bất định.

Về mặt lý thuyết, bài báo nhắc tới quan điểm của nhà vật lý Yu Shi tại Đại học Cambridge phê phán rằng Bohr chỉ dựa trên những quan hệ đơn giản Planck và De Broglie. “Shi đã phân tích lại các thí nghiệm tưởng tượng, sử dụng các phương trình chính xác của lý thuyết lượng tử mô tả đầy đủ nhất khả năng của một hạt lượng tử. Và ông ta nhận thấy rằng bất chấp mọi điều Bohr đã nói, Nguyên Lý Bất Định chẳng liên quan gì tới sự huỷ giao thoa sóng. Shi nói: Mọi người nghĩ rằng Bohr đúng, Einstein sai, nhưng điều này còn xa sự thật lắm... Hãy quên mọi quan niệm mập mờ về bất định đi mà hãy nghĩ tới khái niệm chính xác hơn, đó là quy luật rối lượng tử”. Và Mark Buchanan kêu lên: “Hãy chào good bye Nguyên Lý Bất Định, bạn không còn cần đến nó nữa. Và hãy chào hello Thuyết hỗn độn lượng tử”. Cuối cùng Buchanan dùng đúng ý tưởng của Bohr “trái ngược không phải là mâu thuẫn” để kết, hàm ý rằng đã đến lúc một tư tưởng trái ngược với Bohr mới là chân lý !

Nếu thí nghiệm của Rempe là đúng thì đây là cuộc “cách mạng lại” khoa học vật lý nói riêng và vũ trụ quan nói chung. Rõ ràng đây là điều không thể tưởng tượng được vì hơn 70 năm qua, Nguyên Lý Bất Định của Heisenberg đã đi vào lịch sử như một chân lý tổng quát của tự nhiên, ngang tầm cỡ với Thuyết Tương Đối của Einstein. Nhiều nhà khoa học đang tìm cách khắc phục yếu tố bất định bằng con đường kết hợp nó với Thuyết Tương Đối, mặc dù Stephen Hawking đã cảnh cáo rằng đó là hai cực đối lập không tương thích với nhau. Tất cả những phương hướng nghiên cứu này kể cả những công trình vừa mới công bố vào cuối năm 1998 đầu năm 1999, đều coi Nguyên Lý Bất Định như là một cực của chân lý. Chỉ có trường phái Thuyết rối lượng tử mới phủ định Nguyên Lý Bất Định. Phải chăng trường phái này được thúc đẩy bởi niềm tin mạnh mẽ của chính Einstein, và vô tình họ đã chứng minh rằng Einstein mới thực sự là thiên tài ? Mọi kết luận vội vã lúc này đều thiếu nghiêm túc. Hãy chờ xem, và có lẽ tốt hơn, hãy cùng nghiên cứu

xem. Tuy nhiên dù sự thật có thế nào đi chăng nữa thì dường như những thách thức thú vị đang lấp ló ở cánh cửa của thế kỷ 21.

02. Từ “bản giao hưởng bỏ dở” đến Lý thuyết M

Thuyết tương đối tổng quát của Einstein và Cơ học lượng tử của Heisenberg được coi là hai lý thuyết trụ cột của vật lý. Tuy nhiên hai lý thuyết này lại trái ngược với nhau trên nền tảng: Thuyết tương đối mô tả không-thời gian bằng những quy luật xác định trong khi Cơ học lượng tử lại coi yếu tố bất định là đặc trưng của thế giới vi mô. Liệu có thể thống nhất hai lý thuyết đó với nhau không? Đó là câu hỏi lớn mà Scientific American đã nêu lên trong số đặc biệt ra tháng 12 năm 1999 với chủ đề “Khoa học sẽ biết gì vào năm 2050”.

Tư tưởng phi thường muốn tìm ra bản chất thống nhất trong mọi hiện tượng vật lý đã nằm trong đầu Einstein từ những năm 20 của thế kỷ 20 dưới tên gọi Lý Thuyết Trường Thống Nhất. Ông đã công hiến cho lý thuyết đó đến hơi thở cuối cùng, nhưng không thành công. Trên tờ Times ngày 31/12/1999, Madeleine Nash gọi đó là Bản Giao Hưởng Bỏ Dở. Theo Nash, nhiều công trình đã ra đời mong hoàn tất bản giao hưởng, nhưng hiện nay Lý Thuyết Dây (String Theory) được coi là có triển vọng hơn cả.

Ta đã biết vật chất được cấu tạo bởi nguyên tử, nguyên tử lại bao gồm protons, neutrons và electrons (điện tử). Trong khi proton và neutron có thể chia nhỏ hơn nữa thành các hạt gọi là quarks thì electron lại không thể. Tuy nhiên John Schwarz tại Viện công nghệ California và Joel Scherk tại Ecole Normale Supérieure nhận thấy quarks và electrons không phải là các hạt mà là những thực thể đa chiều (multi-dimensions) gọi là “branes”, có tính chất giống như những cuộn dây mảnh. Cuối thế kỷ 20, Lý thuyết Dây được Edward Witten tại Đại học Princeton nâng lên thành Lý Thuyết M, vì nó có đủ các yếu tố “matrix” (ma trận)+ “mystery” (bí mật)+ “magic” (huyền ảo)+ “murky” (khó hiểu). Quả thật nó khó đến nỗi chính Witten phải thốt lên rằng đó là “một mảnh vật lý của thế kỷ 21 ngẫu nhiên rơi vào thế kỷ 20!”. Lý thuyết M cho rằng không-thời gian không phải chỉ có

4 chiều như ta biết, mà có tới 11 chiều, trong đó 7 chiều mới bổ xung thêm chỉ có thể phát hiện được ở không gian cấp độ dưới nguyên tử. Đó chính là tư tưởng quan trọng nhất cho phép đồng thời giải thích Thuyết tương đối và Cơ học lượng tử và cũng là mục tiêu mà các nhà vật lý thực nghiệm đang tìm mọi cách kiểm chứng. Không nói rõ thời điểm cụ thể nhưng Nash cho biết: “Người ta đang có rất nhiều hy vọng là những thí nghiệm sắp tới tại Mỹ và Châu Âu sẽ cung cấp những bằng chứng đầu tiên về những chiều bổ xung này”. Nếu thí nghiệm thành công thì đó sẽ là một thắng lợi vĩ đại chưa từng có ! Đối với Nash, Lý thuyết M sẽ là chương kết của bản giao hưởng: “Cuối cùng thì lý thuyết ấy sẽ hoàn tất Bản Giao Hưởng Trí Tuệ Bỏ Dỡ của Einstein”. Nhiều nhà khoa học khác cũng chia sẻ niềm tin này. Brian Green tại Đại học Columbia viết trong cuốn “Vũ trụ tao nhã” (The Elegant Universe) : “Một thế giới được tạo nên bởi dây có thể giải thích toàn bộ vật lý. Cơ học lượng tử và Thuyết tương đối không thể làm việc chung, nhưng cuối cùng Lý thuyết M kết hợp với tư tưởng về dây có thể kết hợp cả hai lại với nhau”.

Theo một cách trình bày khác, tư tưởng thống nhất vật lý phát triển theo hướng thống nhất 4 loại lực cơ bản: lực hấp dẫn, lực điện từ, lực hạt nhân yếu, lực hạt nhân mạnh. Khoa học đã thành công trong việc chứng minh rằng lực điện từ và lực hạt nhân yếu có cùng bản chất gọi là lực điện từ yếu. Bài toán còn lại 3 lực. Một lý thuyết mới đang hình thành nhằm thống nhất lực điện từ yếu với lực hạt nhân mạnh, gọi là Mô hình tiêu chuẩn (Standard Model). Để kiểm chứng lý thuyết này, người ta đang ráo riết săn lùng một loại hạt mới gọi là Higgs bosons. Trong bài viết trả lời câu hỏi lớn của Scientific American, Steven Weinberg, người đoạt giải Nobel vật lý năm 1979, cho biết “Với những máy siêu gia tốc Large Hadron tại CERN (Trung tâm nghiên cứu hạt nhân châu Âu) và tại những nơi khác nữa, chúng ta có đủ lý do để tin rằng nhiệm vụ này sẽ hoàn tất trước năm 2020”. Bài toán thống nhất có triển vọng vô cùng sáng lạn !

Tuy nhiên Weinberg tỏ ra thận trọng trong việc tiên đoán chương kết thúc của lý thuyết thống nhất. Theo Weinberg, một lý thuyết thống nhất tất cả các lực đòi hỏi những tư tưởng hoàn toàn mới. Điều này

vấp phải hai chướng ngại lớn : Một, chúng ta không biết nguyên lý vật lý nào chi phối lý thuyết nền tảng. Chúng ta chưa có nguyên lý nền tảng cho Lý thuyết M. Weinberg băn khoăn về khả năng xây dựng nguyên lý này: “Làm thế nào để chúng ta có được những ý tưởng cần thiết để xây dựng một lý thuyết nền tảng đúng đắn trong khi lý thuyết này mô tả một hiện thực mà mọi trực giác rút ra từ cuộc sống trong không-thời gian (4 chiều) lại không thể áp dụng được?”. Hai , Thậm chí sau khi chúng ta xây dựng được lý thuyết nền tảng, chúng ta vẫn không biết sử dụng lý thuyết đó như thế nào để tạo ra những dự đoán có thể xác nhận giá trị của lý thuyết đó. Cuối cùng, khó có thể khẳng định rằng những vấn đề này sẽ được giải quyết vào năm 2050 hay thậm chí 2150, nhưng có một điều không thể nghi ngờ, đó là con đường đi tới một lý thuyết vật lý thống nhất-đề tài vật lý lớn nhất ngày nay- nhằm khám phá ra bản chất chung nhất của toàn bộ thế giới vật chất.

03. Ánh sáng có thể phá vỡ tốc độ giới hạn của chính nó

Đó là tin mới nhất của Reuters, Space.com và AP phát đi ngày 19-7-2000. Trong một thí nghiệm truyền một xung ánh sáng laser qua một buồng khí-một ống nghiệm hình trụ dài 6cm chứa kim loại cesium ở thể khí được xử lý đặc biệt (unnaturally) ở nhiệt độ gần 0 độ tuyệt đối (0 độ K), Lijun Wang, Alexander Kuzmich và Arthur Dogariu tại Viện nghiên cứu NEC tại Princeton, New Jersey, Mỹ, đã nhận thấy điều hết sức kỳ lạ tưởng như một “nghịch lý”: Xung ánh sáng này chuyển động quá nhanh đến nỗi điểm dẫn đầu (leading edge) của xung đã thực sự ra hẳn khỏi buồng khí (tới 18m) trước khi xung đi vào buồng khí xong hoàn toàn. Theo tính toán, xung ánh sáng đã đi được một quãng đường dài gấp 310 lần so với khoảng cách nó phải đi trong trường hợp bên trong ống nghiệm là chân không, nghĩa là tốc độ xung ánh sáng trong thí nghiệm lớn gấp 310 lần so với tốc độ ánh sáng trong chân không.

“Nghịch lý” này lập tức làm bùng nổ một cuộc tranh luận gay gắt trong giới vật lý trong tuần qua. Không thể có cái gì trong vũ trụ chuyển động vượt quá tốc độ ánh sáng trong chân không (299792

km/1giây), đó là một trong các nguyên lý của Thuyết tương đối (hẹp) của Einstein mà gần một thế kỷ nay các nhà vật lý đã công nhận như một tiên đề nền móng của vật lý hiện đại. Nếu Wang đúng thì tòa nhà vật lý sẽ lung lay. Đây là điều không dễ gì chấp nhận. Aephrim Steinberg tại Đại học Toronto, Canada, nghi ngờ: “Hạt ánh sáng đi ra khỏi buồng khí có thể không phải là những hạt ánh sáng đã đi vào buồng khí”. Maia Weinstock viết trên bản tin: “Việc xung ánh sáng rời khỏi buồng khí trước khi nó đi vào buồng khí dường như không thể xảy ra vì trái với luật nhân quả, trong đó nguyên nhân phải có trước, kết quả có sau”. William Harper tại Đại học Princeton cho rằng cần phải xem xét lại các dữ liệu thí nghiệm. Trong khi đó Raymond Chiao tại Đại học California ở Berkeley lại nhiệt liệt ủng hộ nhóm NEC. Chiao nói: “Đây là một bước đột phá trong nhận thức. Điều này có vẻ điên rồ nhưng thực tế có thể xảy ra”. Bản thân Chiao, một cách độc lập, cũng làm những thí nghiệm tương tự sử dụng trường điện từ. Đầu năm nay Chiao đã đưa ra kết luận các xung năng lượng có thể tăng vọt (zooming) với tốc độ nhanh hơn ánh sáng. Với tốc độ như vậy, những hạt dưới nguyên tử có thể tồn tại cùng một lúc ở hai nơi, vượt qua giới hạn không thời gian thông thường có thể nhận thức được. Chiao chứng minh rằng hạt ánh sáng (photons) có thể nhảy qua nhảy lại giữa hai điểm ngăn cách bởi một màng ngăn gần như cùng một lúc. Hiện tượng này được gọi là quang thông (tunnelling), được ứng dụng trong chế tạo kính hiển vi điện tử cực nhạy. Tại Italia, một nhóm thuộc Hội đồng nghiên cứu quốc gia cũng công bố một thí nghiệm truyền một loại sóng cực ngắn (vi-ba) nhanh hơn tốc độ ánh sáng tới 25%. Nhóm này khẳng định vật chất chuyển động nhanh hơn ánh sáng trong chân không là hiện thực. Guenter Nimtz tại Đại học Cologne, Đức, cũng đã thông báo nhận định tương tự tại hội thảo quốc tế tại Edinburg. Công trình của nhóm NEC không phải là duy nhất đưa ra kết luận “ngịch lý” về tốc độ, nhưng là công trình mới nhất và có kết quả rõ ràng nhất. Bản thân nhóm NEC không coi khám phá của mình mâu thuẫn với Thuyết tương đối, mà như một sự phát triển mở rộng lý thuyết đó: Không có một vật có khối lượng nào có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng trong chân không, nhưng vật chất không có khối lượng thì có thể. Xung ánh sáng trong thí nghiệm của Wang, xung năng lượng

trong thí nghiệm của Chiao, sóng vi-ba trong thí nghiệm tại Italia là những dạng vật chất không có khối lượng. Nhóm NEC giải thích “nghịch lý” của thí nghiệm của họ như sau: “Các nguyên tử cesium đã tác động đến xung ánh sáng, biến đổi tính chất của ánh sáng, cho phép chúng đi ra khỏi buồng khí nhanh hơn ánh sáng trong chân không. Điểm dẫn đầu của xung ánh sáng chứa đựng đầy đủ mọi thông tin cần thiết để tạo ra một xung ở đầu ra của buồng khí, do đó không cần phải đợi toàn bộ xung đi vào buồng khí thì mới có xung đi ra. Kết quả này sẽ giúp khoa học hiểu rõ hơn bản chất của ánh sáng”.

Về mặt ứng dụng, công trình của nhóm NEC đã đưa ra một gợi ý về một công nghệ thông tin hoàn toàn mới có tốc độ nhanh gấp bội so với hiện nay. Dogariu nói: “Thông tin về căn bản là những xung. Nếu tạo ra được những môi trường trung gian thích hợp để các xung lan truyền thì chúng có thể đạt tới tốc độ nhanh hơn một chùm sóng ánh sáng”. Theo Guenter Nimtz, việc này về nguyên tắc có thể trở thành hiện thực, vấn đề là phải có những computer có tốc độ xử lý tín hiệu nhanh tương xứng, nếu không thì thông tin sẽ bị tắc nghẽn tại những trung tâm xử lý. Nhóm NEC đề nghị: Để có những computer tương xứng, có thể chế tạo “những mạch thông tin của computer” (computer circuits) mang thông tin không phải trong các hạt điện tử mà trong các hạt photons. “Đó là ý tưởng ứng dụng hết sức quan trọng”, Chiao đã nhận xét như vậy.

Mặc dù “Nghịch lý về tốc độ ánh sáng” còn đang chịu sự phán xét của khoa học, nhưng một điều đã rõ ràng: Công trình của nhóm NEC hứa hẹn nhiều khám phá lớn mang tính cách mạng sẽ ra đời, tạo một bộ mặt mới của vật lý thế kỷ 21. Ngay cả những người nghi ngờ cũng vẫn thừa nhận tầm quan trọng của công trình này. Một trong số đó, Aephraim Steinberg, nói: “Điều hấp dẫn là ở chỗ làm thế nào mà lại tạo ra được cái ánh sáng ra khỏi buồng khí giống hệt như ánh sáng đi vào buồng khí (vì Steinberg không tin rằng hai ánh sáng đó là một)”

04. Phần vật chất biến đi đâu ?

Ngày thứ năm 10-8-2000, Trung Tâm Nghiên Cứu Hạt Nhân Âu Châu (CERN) thông báo có thể trong năm nay họ sẽ trả lời được một câu hỏi thách đố trong vật lý các hạt cơ bản và vũ trụ học: “Toàn bộ phản vật chất đã biến đi đâu ?”.

Phản vật chất là gì ? Đó là vật chất bao gồm các phản hạt. Năm 1930, bằng tính toán lý thuyết, Paul Dirac tiên đoán bất kỳ một hạt cơ bản nào cũng có một phản hạt tương ứng tạo thành một cặp đôi cùng khối lượng, cùng lượng điện tích nhưng trái dấu. Hạt và phản hạt tiếp xúc với nhau sẽ huỷ lẫn nhau và giải phóng năng lượng. Hai năm sau, bằng thực nghiệm, Carl Anderson đã khám phá ra hạt positron-phản hạt của electron, xác nhận tiên đoán của Dirac hoàn toàn đúng đắn. Điều này phù hợp với nguyên lý đối xứng của tự nhiên. Tuy nhiên vũ trụ ngày nay có vẻ như bất đối xứng: Trong khi vật chất tràn ngập khắp nơi thì phản vật chất rất hiếm thấy. Đến nay người ta cũng chỉ mới thấy phản vật chất xuất hiện trong các va chạm của tia vũ trụ và trong các máy gia tốc hạt cơ bản. Các nhà khoa học gặp khó khăn lớn trong việc chứng minh sự tồn tại rõ ràng của thế giới phản vật chất như thế giới vật chất thông thường ta thấy hàng ngày. Có nhiều nhà khoa học nghĩ rằng phản vật chất không có trên trái đất mà chỉ tồn tại ở những nơi xa xôi trong vũ trụ. Để giải thích tính bất đối xứng của vũ trụ hiện tại, các nhà vũ trụ học lý luận rằng vũ trụ nguyên khai là đối xứng, vụ nổ Big Bang cách đây 15 tỷ năm đã tạo ra một số lượng vật chất và phản vật chất bằng nhau. Nhưng ngay sau đó, phản vật chất đã bị biến mất trong cái biển năng lượng khủng khiếp do vụ nổ lớn tạo ra trước khi “thùng cháo” gồm các hạt quark và gluon nguội dần đi và đông cứng lại thành proton và neutron như ta thấy ngày nay. Lý thuyết này đã giải thích được rất nhiều hiện tượng vũ trụ, phù hợp với các lý thuyết cơ bản của vật lý, nên được đa số các nhà khoa học công nhận. Tuy nhiên nó vấp phải một chướng ngại lớn: Phản vật chất ấy biến đi đâu ? Trong nhiều năm qua người ta đã cố gắng tìm câu trả lời, nhưng chưa bao giờ đạt được kết quả, bởi vì các nhà khoa học chưa có cách nào kiểm soát được các phản hạt trong một trạng thái tương đối ổn định để nghiên cứu chúng. Lần này CERN hy vọng sẽ làm được điều đó nhờ sự hỗ trợ của một chiếc máy mệnh danh là

“nhà máy sản xuất phản vật chất” đầu tiên trên thế giới. Đó là một cái hộp khổng lồ bằng bê tông hình tròn, chu vi 188 m, bên trong được đặt một vòng nam châm cực lớn, được chế tạo đặc biệt để bẫy các hạt phản proton bằng cách làm chậm tốc độ của chúng xuống tới mức bằng 1/10 tốc độ ánh sáng, thậm chí đến chừng nào chúng không chuyển động nữa. Một khi đã bẫy được phản proton rồi, người ta sẽ tung positron (phản electron) vào đó, nhằm tạo ra phản hydrogen. Việc tìm kiếm phản hydrogen rất cần thiết đối với việc nghiên cứu sự hình thành của vũ trụ, vì hydrogen và phản hydrogen là những nguyên tố có cấu trúc nguyên tử đơn giản nhất (1 nguyên tử hydrogen=1 proton + 1 electron, 1 nguyên tử phản hydrogen= 1 phản proton + 1 phản electron) do đó chúng phải là những nguyên tố xuất hiện sớm nhất. Năm 1966, lần đầu tiên trên thế giới CERN đã tạo ra được 9 nguyên tử phản hydrogen, nhưng chỉ kịp nhìn thấy chúng biến mất ngay tức khắc khi chúng tiếp xúc với vật chất. Mục tiêu của CERN lần này là giữ được chúng lại để nghiên cứu. Chiếc máy làm chậm phản hạt được thiết kế nhằm mục tiêu ấy. Đó là chiếc máy duy nhất trên thế giới hiện nay, trị giá 11,5 triệu dollars, sẽ được đưa vào sử dụng trong tuần tới. Đây là một bằng chứng tuyệt vời để chứng minh rằng tiến bộ của công nghệ là điều kiện thiết yếu đối với sự phát triển của khoa học cơ bản. Phát ngôn viên của CERN, Neil Calder nói: “Đây là lần đầu tiên chúng tôi có thể nghiên cứu và quan sát hành vi của phản hydrogen với một mức độ chính xác cực kỳ lớn bởi vì chúng tôi đã có công nghệ giữ phản hydrogen lại tại chỗ. Đây là một bước đột phá”.

05. Vật chất không khối lượng có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng

Đó là kết luận của Lijun Wang, Alexander Kuzmich và Arthur Dogariu tại Viện nghiên cứu NEC ở Princeton, New Jersey, Mỹ, trong một công trình vừa được công bố tuần trước trên Nature, tạp chí khoa học nổi tiếng, và được các hãng truyền thông lớn như Reuters, AP, Space.com nhất loạt đưa tin ngày 19-7-2000. Trong một thí nghiệm truyền một xung ánh sáng laser qua một buồng khí-một ống nghiệm hình trụ dài 6 cm chứa kim loại cesium ở thể khí được xử lý một

cách đặc biệt không có trong tự nhiên dưới nhiệt độ gần 0 độ tuyệt đối (0 độ K), nhóm nghiên cứu NEC đã nhận thấy một hiện tượng kỳ lạ, tưởng như một “ngịch lý”: Xung ánh sáng này chuyển động quá nhanh đến nỗi điểm dẫn đầu (leading edge) của nó đã thực sự đi ra hẳn khỏi buồng khí tới 18m trước khi xung đi vào buồng khí xong hoàn toàn. Theo tính toán, xung ánh sáng đã đi được một quãng đường dài gấp 310 lần so với khoảng cách nó sẽ phải đi nếu bên trong ống nghiệm là chân không, nghĩa là tốc độ ánh sáng trong thí nghiệm lớn gấp 310 lần so với tốc độ ánh sáng trong chân không !

Sự kiện này lập tức làm bùng nổ một cuộc tranh luận dữ dội trong giới vật lý trong tuần qua. Theo Thuyết Tương Đối (hẹp) của Einstein, tốc độ của ánh sáng trong chân không (299792km/1giây) được coi là tốc độ giới hạn của vũ trụ. Nói cách khác, trong vũ trụ không có cái gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng trong chân không. Trong suốt gần một thế kỷ qua, nguyên lý này đã được thừa nhận như một tiên đề nền tảng của vật lý hiện đại. Nếu kết luận của nhóm NEC đúng thì tòa nhà vật lý sẽ lung lay ! Đó là điều không dễ dàng chấp nhận tí nào. Không có gì ngạc nhiên khi nhiều nhà khoa học lên tiếng chỉ trích. Aephrain Steinberg tại Đại học Toronto, Canada, tỏ ra nghi ngờ: “Hạt ánh sáng đi ra khỏi buồng khí có thể không phải là những hạt ánh sáng đã đi vào buồng khí”. Maia Weinstock, một ký giả khoa học nổi tiếng, viết: “Hiện tượng xung ánh sáng đi ra khỏi buồng khí trước khi đi vào buồng khí dường như không thể xảy ra vì nó trái với quy luật nhân quả, theo đó nguyên nhân phải có trước, kết quả có sau”. William Harper tại Đại học Princeton cho rằng cần phải xem xét lại các dữ liệu của thí nghiệm, bởi vì những vấn đề trình bày trong thí nghiệm của của nhóm NEC mang tính chất cục bộ nhiều hơn là một bài toán tổng quát. Tuy nhiên những người ủng hộ nhóm NEC cũng không ít. Một trong số đó, có thể là nhiệt thành nhất, là Raymond Chiao tại Đại học California ở Berkeley. Chiao nói: “Đây là bước đột phá đối với việc nhận thức cái mà bấy lâu nay mọi người nghĩ là không thể. Điều này có vẻ điên rồ nhưng thực tế hoàn toàn có thể xảy ra”. Bản thân Chiao, hoàn toàn độc lập với nhóm NEC, cũng tiến hành những thí nghiệm tương tự sử dụng trường điện từ. Đầu năm nay Chiao đã

công bố những thí nghiệm của mình với kết luận các xung năng lượng có thể tăng vọt (zooming) với tốc độ nhanh hơn ánh sáng trong chân không. Với tốc độ vượt ánh sáng, các hạt dưới nguyên tử có thể tồn tại dường như cùng một lúc ở hai nơi, vượt qua giới hạn không-thời gian thông thường có thể nhận thức được. Chiao chứng minh rằng hạt ánh sáng (photons) có thể có mặt gần như đồng thời cùng một lúc giữa hai điểm bị ngăn cách bởi một màng ngăn. Hiện tượng này gọi là quang thông (tunnelling), được ứng dụng trong việc chế tạo kính hiển vi điện tử cực nhạy. Tại châu Âu, việc nghiên cứu tìm tòi khả năng vật chất chuyển động vượt tốc độ ánh sáng cũng diễn ra sôi nổi. Tại Italia, một nhóm nghiên cứu thuộc Hội đồng nghiên cứu quốc gia cũng công bố một thí nghiệm truyền một loại sóng cực ngắn (vi-ba) nhanh hơn ánh sáng tới 25%. Tại Đức, Guenter Nimtz ở Đại học Cologne cũng đã trình bày tại một hội thảo quốc tế tại Edinburg về nhận định vật chất có thể chuyển động vượt tốc độ ánh sáng. Thí nghiệm của nhóm NEC không phải là công trình đầu tiên về đề tài này. Tuy nhiên đó là công trình mới nhất và cho những kết quả rõ ràng nhất. Bản thân nhóm NEC không coi khám phá của mình là điều mâu thuẫn với Thuyết tương đối của Einstein, mà như một sự phát triển mở rộng lý thuyết này. Theo nhóm này, nguyên lý tốc độ ánh sáng từ nay cần được hiểu một cách chính xác hơn như sau: Trong vũ trụ, không có một vật có khối lượng nào có thể chuyển động vượt quá tốc độ ánh sáng trong chân không, nhưng vật chất không có khối lượng thì có thể. Xung ánh sáng trong thí nghiệm của nhóm NEC, xung năng lượng trong thí nghiệm của Chiao, sóng vi-ba trong thí nghiệm của các nhà khoa học Italia là những dạng vật chất không có khối lượng. Nhóm NEC giải thích nguyên nhân gây ra “nghịch lý” trong thí nghiệm của họ như sau: “Các nguyên tử cesium đã tác động đến xung ánh sáng, biến đổi tính chất của ánh sáng, cho phép xung đi ra khỏi buồng khí nhanh hơn ánh sáng trong chân không. Điểm dẫn đầu của xung ánh sáng chứa đựng đầy đủ mọi thông tin cần thiết để tạo ra một xung ở đầu ra của buồng khí, do đó không cần phải đợi toàn bộ xung đi vào buồng khí thì mới có xung đi ra”. Nhóm NEC cho rằng hiểu biết của khoa học hiện nay về bản chất của ánh sáng vẫn chưa đầy đủ và thí nghiệm của họ sẽ giúp hiểu rõ hơn về bản chất đó.

Thực ra “Nghịch lý chuyển động vượt tốc độ ánh sáng” không phải là “chuyện từ trên trời rơi xuống” mà là kết quả của những tư tưởng vật lý đã thai nghén trong đầu óc một số nhà vật lý lý thuyết lâu nay. Sau Einstein, nhiều nhà vật lý đã đi đến phát minh từ chỗ dám “ngghi ngờ Einstein”. Từ chỗ nghi ngờ mô hình vũ trụ tĩnh của Einstein, nhà vật lý Nga Aleksandr Friedmann đã tìm ra mô hình vũ trụ động, một trong những lý thuyết khởi đầu dẫn tới Lý thuyết vũ trụ giãn nở và Lý thuyết Big Bang sau này. Ngày nay, khoa học vật lý gặp phải nhiều bài toán lớn cực kỳ khó khăn, đòi hỏi phải có những lý thuyết hoàn toàn mới để đáp ứng. Một số nhà khoa học đã nghĩ tới cách “sửa chữa mô hình của Einstein” để vượt qua những chướng ngại đó. Một trong những cách “sửa chữa” đó là xét lại nguyên lý giới hạn tốc độ vũ trụ. John Barrow, giáo sư thiên văn Đại học Sussex, London, viết trong cuốn “Bất Khả” (Impossibility) xuất bản năm 1998: “Vấn đề giới hạn tốc độ vũ trụ dẫn tới nhiều hậu quả không bình thường. Nó làm cho chúng ta trở nên cô đơn trong vũ trụ. Bởi vì cần phải có một thời gian khổng lồ để gửi thông tin đi hoặc nhận thông tin từ các hệ thống sao khác trong vũ trụ thông qua ánh sáng, vì ánh sáng có tốc độ giới hạn...Nếu tốc độ ánh sáng không bị giới hạn thì thông tin sẽ nhận được tức khắc ngay sau khi nó khởi hành...”. Rõ ràng vấn đề tốc độ vượt ánh sáng đã là mơ ước của các nhà khoa học bấy lâu nay. Thí nghiệm của nhóm NEC là sự tiếp tục cuộc hành trình của một bộ phận khoa học từ nhiều năm nay với mục tiêu biến giấc mơ thành hiện thực. Nếu nhóm NEC đúng thì ý kiến của Barrow sẽ trở thành tiên tri !

Quả thật nếu kết luận của nhóm NEC được kiểm chứng bởi toàn bộ giới khoa học thì ngoài ý nghĩa rất to lớn về lý thuyết, công trình này còn hứa hẹn cho ra đời một công nghệ thông tin hoàn toàn mới, có tốc độ nhanh gấp bội bội so với hiện nay. Dogariu nói: “Thông tin về căn bản là những xung. Nếu tạo ra được những môi trường trung gian thích hợp để các xung lan truyền thì chúng có thể đạt tới tốc độ nhanh hơn một chùm ánh sáng”. Theo Nimtz, việc này về nguyên tắc hoàn toàn có thể trở thành hiện thực, vấn đề là phải có những computer có tốc độ xử lý tín hiệu nhanh tương xứng, nếu không thông tin sẽ bị tắc nghẽn tại những trung tâm xử lý. Công trình của

nhóm NEC cho một gợi ý để tạo ra những computer siêu tốc như thế bằng cách chế tạo những mạch thông tin của computer mang thông tin không phải bằng các hạt điện tử mà bằng các hạt photons. Chia sẻ lên: “Đó là ý tưởng ứng dụng vô cùng quan trọng”. Tất nhiên chưa thể vội lạc quan. Chính Dogariu cũng cho rằng những ứng dụng nói trên mới chỉ là những ý tưởng, chưa thể xảy ra trong tương lai gần.

Mặc dù “Nghịch lý về tốc độ ánh sáng” còn đang chờ đợi sự phán xét của khoa học, nhưng có một điều đã rõ ràng: Công trình của nhóm NEC hứa hẹn nhiều khám phá lớn mang tính cách mạng sẽ ra đời. Kinh nghiệm cho thấy mỗi cuộc cách mạng khoa học thường bắt đầu từ những nghịch lý. Phát minh “Bản đồ gen con người” là một biến cố vĩ đại mở màn cho thế kỷ 21, kết quả sau hai thế kỷ kể từ lý thuyết di truyền của Gregor Mendel, lý thuyết này là sự chiến thắng các nghịch lý di truyền cổ điển. Vật lý thế kỷ 21 chắc chắn cũng sẽ có những biến cố lớn. Phải chăng sự kiện xung ánh sáng phá vỡ giới hạn tốc độ của chính nó trong thí nghiệm của nhóm NEC là một báo hiệu mở màn? Có thể nghi ngờ, nhưng ngay cả những người nghi ngờ cũng phải thừa nhận rằng đây là một công trình hết sức quan trọng. Steinberg, một trong số đó, nói: “Điều hấp dẫn là ở chỗ làm thế nào mà lại tạo ra được cái ánh sáng ra khỏi buồng khí giống hệt như ánh sáng đi vào buồng khí” (vì Steinberg không tin rằng hai ánh sáng đó là một). Rõ ràng công trình của NEC là một điểm xuất phát.

06. Máy gia tốc LHC và những bài toán lớn nhất của thế kỷ 21

Những cuộc va chạm dữ dội với số lượng lớn của các hạt quarks đã xảy ra lần cuối cùng từ hàng tỷ năm trước đây, kéo dài trong một phần nghìn tỷ giây đầu tiên của Big Bang. Những vụ nổ như thế sẽ lại tái diễn vào năm 2005 trong một đường ống chạy vòng tròn dưới lòng đất vùng biên giới Pháp-Thụy Sĩ, gần Geneve.

Đó là giới thiệu của Scientific American số tháng 7/2000 về chiếc máy gia tốc vĩ đại nhất thế giới hiện nay, mang tên LARGE

HADRON COLLIDER (LHC) thuộc Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân Âu châu (CERN), vừa được khởi công xây dựng và dự định hoàn tất sau 5 năm, nhằm giải những bài toán vật lý lớn nhất của thời đại ngày nay :

1. Những câu hỏi thách đố Mô Hình Tiêu Chuẩn :

Bức tranh vật lý mô tả thế giới vật chất tổng quát nhất hiện nay là Mô Hình Tiêu Chuẩn (Standard Model), trong đó các thành phần cơ bản của vật chất gồm 6 leptons và 6 quarks, với 3 trong 4 lực kiểm soát mối quan hệ tương tác giữa chúng. Một trong các lực đó là lực hạt nhân mạnh tác động lên các quarks, gắn chúng lại với nhau thành hàng trăm hadrons. Protons và neutrons là những hadrons. Phần còn lại của lực mạnh gắn protons và neutrons lại với nhau thành hạt nhân nguyên tử. Hai lực kia là lực hạt nhân yếu và lực điện từ. Mô Hình Tiêu Chuẩn đã chứng minh hai lực này có cùng bản chất gọi là lực điện-từ-yếu. CERN đã xác nhận điều này bằng thực nghiệm năm 1984. Những thành công rực rỡ trong 30 năm qua đã đem lại cho Mô Hình Tiêu Chuẩn 20 giải Nobel vật lý, nhưng một loạt câu hỏi hóc búa vẫn chưa được trả lời :

- Lực hấp dẫn đóng vai trò gì trong quan hệ giữa các thành phần cơ bản ? Sự thiếu vắng vai trò của lực

hấp dẫn làm cho Mô Hình Tiêu Chuẩn chưa ăn khớp với Thuyết tương đối tổng quát của Einstein, trong đó lực hấp dẫn đóng vai trò chủ yếu trong các tương tác vũ trụ.

- Tại sao lại có 6 leptons, 6 quarks, thay vì 2, hoặc 4 ? Tại sao số leptons và số quarks lại bằng nhau ?

Đây chỉ là sự ngẫu nhiên chăng ? Những điều này làm cho Mô Hình Tiêu Chuẩn có tính khiên cưỡng.

- Cơ chế nào tạo ra khối lượng của nhiều loại vật chất ? Đây là đề tài thách đố nhất, nhưng cũng hấp

dẫn nhất, bởi vì vấn đề khối lượng đóng vai trò nền tảng trong khoa học. Chẳng hạn sự biến đổi khối lượng của electron sẽ làm thay đổi mọi chất hoá học, hoặc khối lượng của neutrino mới phát hiện gần đây, mặc dù chỉ bằng một vài phần triệu của electron, lại ảnh hưởng đến sự dẫn nở vũ trụ.

2. *Tồn tại một trường vật chất và một dạng tương tác hoàn toàn mới ?*

Các nhà vật lý hiện nay tin rằng khối lượng các hạt được tạo ra bởi các tương tác với một trường vật chất nào đó tràn ngập toàn bộ vũ trụ, tương tác càng mạnh thì khối lượng càng lớn. Bản chất trường này là gì hiện nay chưa biết. Người ta cho rằng nó bao gồm một loại hạt hoàn toàn mới lạ gọi là Higgs bosons, với một lực tương tác cũng hoàn toàn mới lạ. Higgs bosons, nếu có, đồng thời sẽ làm bằng chứng cho không-thời gian siêu đối xứng cục bộ (local supersymmetry) 11 chiều của lý thuyết dây (string theory), một lý thuyết có nhiều triển vọng hợp nhất Thuyết tương đối tổng quát của Einstein với Cơ học lượng tử.

3. *Chạy đua với Big Bang:*

Lý thuyết Big Bang là lịch sử các tương tác vật chất bùng nổ vào thời điểm khai sinh vũ trụ cách đây 15 tỷ năm. Lịch sử đó có chính xác hay không ? Các nhà vũ trụ học không thoả mãn với các tính toán lý thuyết, mà đòi hỏi phải diễn lại lịch sử y như thật ! “Sàn diễn” chỉ có thể là các máy gia tốc.

Để giải những bài toán thế kỷ nói trên, phải có một máy gia tốc đủ mạnh. Để bẻ cong chùm proton đi vòng quanh đường ống dài 27 km, LHC phải duy trì được một từ trường mạnh 8,3 tesla (bằng 100000 lần từ trường trái đất), tạo ra bởi một dòng điện 12000 amps được làm lạnh bởi chất helium siêu lỏng (superfluid) ở nhiệt độ -271 độ C, tức 2 độ trên 0 độ tuyệt đối. Với một ‘kỳ quan’ công nghệ như thế, các nhà khoa học sẽ khám phá được nơi “tận cùng của thế giới”—nơi kích thước rút lại chỉ còn 1/10 tỷ tỷ của 1m !

07. Giữ ánh sáng đứng nguyên tại chỗ

Các nhà khoa học vừa mới thành công trong nỗ lực làm cho một chùm sáng bị dừng lại hoàn toàn, lưu trữ chúng, rồi cho chúng chuyển động trở lại theo lộ trình ban đầu. Đó là tin của tờ The New York Times ngày 18-1-2001. “Thành tựu này là một bước ngoặt kỳ diệu bởi đây là lần đầu tiên người ta đã chế ngự được một dạng năng lượng nhanh nhất và nhẹ nhất của tự nhiên, cho phép hiểu rõ những khái niệm hiện còn mang tính lý thuyết trong việc làm tăng gấp bội tốc độ của computers và mức độ an toàn của thông tin”. Hai nhóm vật lý làm việc độc lập cùng đạt được kết quả này. Một là nhóm của tiến sĩ Lene Vestergaard Hau thuộc Đại học Harvard. Hai là nhóm của các tiến sĩ Ronald Walsworth và Mikhail Lukin tại Trung tâm vật lý thiên văn Harvard-Smithsonian.

Ánh sáng chuyển động thông thường với tốc độ 299792 km/giây trong không gian. Trong các môi trường trung gian quen thuộc như nước, thủy tinh, tinh thể, ánh sáng bị chậm lại một chút và bị lệch hướng—hội tụ hoặc phân kỳ tùy theo thấu kính lồi hay lõm, tạo thành quang phổ khi đi qua lăng kính. Bằng việc sử dụng một hiệu ứng liên hệ ít nhiều đến những tính chất đó nhưng với một công suất mạnh hơn nhiều, các nhà khoa học lần đầu tiên đã làm cho một chùm sáng yếu đi dần dần trong một môi trường bao gồm những buồng đặc biệt chứa khí gaz. Trong môi trường đó ánh sáng chuyển động chậm dần rồi tiến tới ngừng hẳn. Sau đó người ta lại phóng ra một chùm sáng mới qua buồng gaz, kích thích chùm sáng ban đầu chuyển động trở lại, ra khỏi buồng gaz với hình dạng, cường độ, và các tính chất khác gần giống hệt như trước khi đi vào buồng gaz. Tiến sĩ Seth Lloyd tại Viện công nghệ Massachusetts nhận xét: “Điều chủ yếu là ánh sáng đã bị tắc nghẽn trong môi trường này, chúng không thể nào ra khỏi đó đến chừng nào các nhà khoa học chưa tác động. Chưa ai từng nghĩ là ánh sáng có thể bị kiềm chế như thế”. Điều này vô cùng quan trọng đối với công nghệ computer lượng tử và thông tin lượng tử trong tương lai. Cả hai công nghệ này đều phụ thuộc chủ yếu vào khả năng ánh sáng chuyển tải thông tin lượng tử, liên quan đến những hạt có thể tồn tại ở nhiều nơi hoặc nhiều trạng

thái cùng một lúc. Về mặt lý thuyết, computer lượng tử có thể thực hiện những phép tính nhanh gấp bội so với computer hiện nay, thông tin lượng tử có thể bảo đảm bí mật gần như tuyệt đối. Trong cả hai hệ thống này, thay cho dòng điện như hiện nay, ánh sáng trở thành vật chất thiết yếu để tạo ra những mạng nối kết rộng lớn giữa các computers. Nhưng từ bấy lâu nay các nhà khoa học vấp phải bài toán cực kỳ hóc búa là làm sao lưu trữ được ánh sáng, dù chỉ tạm thời trong một thời gian.

Thành tựu kiểm chế ánh sáng của các nhà khoa học nói trên đã cung cấp lời giải căn bản. Lloyd nhận định đây là bước ngoặt trên con đường biến công nghệ computer lượng tử và thông tin lượng tử thành hiện thực. Một báo cáo đầy đủ về phát minh này sẽ được công bố trên tạp chí Physical Review Letters số ra ngày 29 tháng 1 sắp tới.

08. Sóng hấp dẫn-Hòn đá thử vàng của vũ trụ học

Trải qua một thời gian dài nghiên cứu nguồn gốc vũ trụ nhưng đến nay các nhà vũ trụ học vẫn chưa có cách nào kiểm chứng được vũ trụ lúc mới ra đời để thẩm định giá trị lý thuyết của họ. Tuy nhiên trong những năm gần đây các nhà nghiên cứu đã đưa ra một phương pháp cho phép quan sát vũ trụ đúng vào thời điểm ngay sau Big Bang. Phương pháp này đòi hỏi phải tìm được dấu vết của sóng hấp dẫn trong nền vi sóng vũ trụ–nền bức xạ lạnh đã thấm vào vũ trụ trong suốt gần 15 tỷ năm qua.

Đó là lời mở đầu của Robert Candwell và Marc Kamionkowski trong bài “Echoes from the Big Bang” (Tiếng Vọng từ Big Bang) trên Scientific American số mới ra tháng 1 năm 2001.

Sóng hấp dẫn là gì ? Tính chất của nó ra sao ? Tại sao lại dùng nó để kiểm chứng Big Bang ?

Ngay từ năm 1918, Albert Einstein đã tiên đoán sự tồn tại của sóng hấp dẫn (gravitational waves) như là hệ quả tất yếu của Thuyết

Tương Đối Tổng Quát của ông. “Theo lý thuyết này, bất kỳ một hệ thống vật lý nào chứa đựng những chuyển động nội tại phi đối xứng cầu sẽ tạo ra sóng hấp dẫn”. Mặc dù sóng hấp dẫn chưa bao giờ được phát hiện trực tiếp, nhưng những quan sát thiên văn đã xác nhận rằng hai vật thể có mật độ tập trung vật chất cực lớn trong vũ trụ như một cặp sao neutron hoặc hai hố đen nếu “chuyển động cuốn vào nhau” (spiral toward each other) thì sẽ sản ra sóng hấp dẫn. Nếu sóng điện từ (tia X, sóng radio, ánh sáng) chuyển dời những xáo động (disturbances) trong trường điện từ thì tương tự như vậy sóng hấp dẫn chuyển dời những xáo động trong trường hấp dẫn. Và cũng giống như sóng điện từ, sóng hấp dẫn có thể chuyển tải thông tin và năng lượng từ các nguồn phát ra chúng. Tuy nhiên sóng hấp dẫn có thể đi xuyên qua những loại vật chất có khả năng thấm thấu mọi loại bức xạ điện từ. Nếu tia X cho phép các bác sĩ nhìn được xuyên qua những vật liệu mà ánh sáng không thể đi qua thì sóng hấp dẫn cho phép các nhà nghiên cứu nhìn thấy những hiện tượng vật lý thiên thể mà không thể có cách nào khác nhìn thấy.

Theo lý thuyết Big Bang, ngay sau vụ nổ lớn vũ trụ bị dẫn nổ đột ngột. Thời kỳ dẫn nổ đột ngột diễn ra trong khoảng khắc cực ngắn từ lúc 10⁻³⁸ của 1 giây đến lúc 10⁻³⁶ của 1 giây kể từ lúc bắt đầu của Big Bang. Trong khoảng khắc này, các quá trình lượng tử sẽ sản sinh ra sóng hấp dẫn. Các sóng này sẽ lan truyền xuyên qua một thể vật chất đặc biệt lấp đầy vũ trụ ngay từ buổi ban đầu gọi là plasma—một “thùng cháo” vũ trụ đặc quánh, nóng bỏng tràn ngập các hạt cơ bản. Vũ trụ plasma này tồn tại suốt trong 500000 năm đầu tiên và cản trở không để cho các bức xạ điện từ lọt qua, bởi lẽ bất kỳ hạt photon nào được phát đi đều bị chuyển động tán loạn ngay lập tức trong cái “thùng cháo” đó. Vì thế ngày nay không thể nhận được bất kỳ tín hiệu điện từ nào xảy ra từ Big Bang. Nói cách khác, không thể trông cậy vào bức xạ điện từ để kiểm chứng Big Bang. Trong khi đó, sóng hấp dẫn sinh ra từ quá trình dẫn nổ đột ngột vẫn có thể lan truyền xuyên qua plasma để “vang vọng” mãi đến tận 15 tỷ năm sau, tức là cho đến tận ngày nay để làm chứng nhân cho lịch sử của vũ trụ. Candwell và Kamionkowski viết: “Bởi vì

bức xạ hấp dẫn cung cấp một bức ảnh chớp nhoáng của vũ trụ vào thời điểm ban đầu nên nó đã trở thành hòn đá thử vàng (Rosetta stone) của vũ trụ học”.

Nhằm mục tiêu tìm kiếm “hòn đá thử vàng ấy”, trong năm nay NASA sẽ phóng lên không gian một con tàu mang tên MAP (Microwave Anisotropy Probe) để lập một bản đồ vi sóng vũ trụ cho toàn bộ bầu trời. Đến năm 2007, Cơ quan không gian Âu châu sẽ phóng lên không gian con tàu mang tên nhà bác học lượng tử Max Planck, cũng với mục tiêu tương tự. Các nhà vũ trụ học hy vọng với những cố gắng phi thường này, mỗi bản khoản từ ngàn đời nay “Vũ trụ từ đâu mà ra ?” sẽ được trả lời dứt khoát trong thế kỷ của chúng ta.

09. Thí nghiệm “Muon G – 2” đòi hỏi một lý thuyết vật lý mới

Mô Hình Tiêu Chuẩn (Standard Model) của vật lý các hạt cơ bản, một lý thuyết đã chống cự được thách thức của thực nghiệm trong suốt 30 năm qua, cuối cùng có thể đang lộ ra các vết nứt”. Alex Walker, biên tập viên khoa học của hãng tin CNN bình luận như vậy sau khi tạp chí Physical Review Letters tháng 2-2001 công bố thí nghiệm “Muon G-2” của Viện nghiên cứu quốc gia Brookhaven của Mỹ, trong đó kết quả đo đạc tỏ ra không phù hợp với Mô Hình Tiêu Chuẩn, một lý thuyết vật lý các hạt cơ bản đang thịnh hành hiện nay.

Mặc dù nhóm thí nghiệm cho biết họ cần phải mất thêm ít nhất một năm nữa để hoàn thành việc phân tích hàng núi dữ liệu và để bảo đảm chắc chắn những kết quả tìm thấy không sai lầm, nhưng Gerry Bunce, người quản lý dự án thí nghiệm, khẳng định: “Hiện chúng tôi tin chắc đến 99% rằng những tính toán hiện tại của Mô Hình Tiêu Chuẩn không mô tả được dữ kiện của chúng tôi”.

Mô Hình Tiêu Chuẩn là một lý thuyết vật lý về các trường của các hạt cơ bản, xuất hiện vào những năm 1960 do nhu cầu tìm kiếm một bức tranh thống nhất cho toàn bộ vật lý. Khát vọng khám phá ra bản chất chung của các hiện tượng vật lý vốn là một trong những mục tiêu nguyên thủy của vật lý, nhưng nó đã bùng cháy thành một tư

tường trung tâm của vật lý hiện đại bắt nguồn từ những suy nghĩ thiên tài của Albert Einstein. Ngay sau Thuyết Tương Đối Tổng Quát, với tham vọng thống nhất trường hấp dẫn với trường điện từ, Einstein đã cống hiến toàn bộ phần còn lại của cuộc đời cho Lý Thuyết Trường Thống Nhất (UFT-Unified Field Theory), nhưng không thành công. Hậu thế đã tiếp tục sự nghiệp đó với tham vọng thống nhất tất cả 4 loại tương tác đã biết – lực hấp dẫn, lực điện từ, lực hạt nhân yếu (lực đáp ứng sự biến đổi qua lại giữa neutrons và protons trong các quá trình phóng xạ), và lực hạt nhân mạnh (lực giữ neutrons và protons lại với nhau trong hạt nhân nguyên tử và giữ các hạt quarks lại với nhau trong neutrons và protons). Trong bối cảnh đó, Mô Hình Tiêu Chuẩn ra đời với thành công rực rỡ đầu tiên phải kể đến là công trình của Steven Weinberg, Abdus Salam, Sheldon Glashow, trong đó chỉ ra rằng tương tác điện từ và tương tác yếu chỉ là 2 biểu hiện khác nhau của cùng một tương tác chung gọi là tương tác điện-từ-yếu. Công trình này đoạt được giải Nobel vật lý năm 1979 và được xác nhận bằng thực nghiệm năm 1983-84 bởi CERN (Trung tâm nghiên cứu hạt nhân Âu châu). Ngay lập tức các nhà khoa học tìm cách thống nhất lực điện-từ-yếu với lực hạt nhân mạnh, nhưng chẳng bao lâu đã nhận ra rằng mục tiêu này chỉ có thể thực hiện được nếu bao gồm cả lực hấp dẫn vào trong đó. Đây là bài toán cực kỳ vĩ đại và khó khăn. Trong những năm qua, nhiều mô hình toán học vô cùng phức tạp đã xuất hiện nhằm đáp ứng mục tiêu đó-vừa mô tả được những đặc trưng lượng tử của thế giới dưới nguyên tử, vừa mô tả được các đặc trưng hấp dẫn của không gian vũ trụ-trong đó có 2 mô hình được chú ý nhiều nhất là lý thuyết Siêu Đối Xứng (Supersymmetry) và lý thuyết Siêu Dây (Super Strings). Tuy nhiên mãi cho đến gần đây vẫn chưa có thực nghiệm nào đi chệch khỏi Mô Hình Tiêu Chuẩn để chứng tỏ sự cần thiết của những lý thuyết mới này.

Nhưng mọi nhận định đã thay đổi kể từ lúc “Muon G – 2” được công bố.

David Hertzog, giáo sư Đại học Illinois tham gia chương trình “Muon G – 2” cho biết: “Muon là một hạt tương tự như electron nhưng nhẹ

hơn. Giống như electron, muon cũng có một tính chất gọi là spin. Spin này từ từ thay đổi góc quay trong từ trường giống y như một con quay. Việc đo mức độ bất thường về spin của muon-tức là tốc độ thay đổi hướng của spin so với tốc độ quay của muon-rồi sau đó so sánh với những dự đoán của lý thuyết sẽ cung cấp một phương thức kiểm tra nhạy bén đối với Mô Hình Tiêu Chuẩn. Với độ chính xác cao, kết quả đo lường đã thể hiện một mức độ sai lệch như trên người đối với Mô Hình Tiêu Chuẩn đến nỗi đòi hỏi phải có một lý thuyết mới để giải thích”. Lý thuyết ấy, theo các nhà khoa học, là lý thuyết “Siêu đối xứng”, trong đó tiên đoán với mỗi hạt cơ bản đã biết luôn luôn tồn tại một hạt siêu đối xứng đi kèm theo. Hạt siêu đối xứng này chưa hề được phát hiện trực tiếp, nhưng có thể chính nó đã là nguyên nhân gây ra những sai lệch về spin của muon so với dự đoán của Mô Hình Tiêu Chuẩn. Tờ The Washington Post đưa tin chi tiết: “Những phép đo đạt được độ chính xác chưa từng có đã cho thấy cường độ từ tính của muon cao hơn so với dự đoán của Mô Hình Tiêu Chuẩn. Điều này có thể phản ánh ảnh hưởng của những hạt siêu đối xứng đi kèm. Nếu công nhận sự tồn tại của những hạt này thì có thể giải quyết được những vướng mắc về mặt toán học của Mô Hình Tiêu Chuẩn”.

Lee Roberts, nhà vật lý thuộc Đại học Boston kiêm phát ngôn viên của thí nghiệm, tuyên bố: “Công trình này có thể mở ra một thế giới chinh phục hoàn toàn mới đối với những nhà vật lý quan tâm đến những lý thuyết mới, chẳng hạn như lý thuyết siêu đối xứng, mà trước đây không thể kiểm chứng được. Chúng tôi có thể đã tóm bắt được một cái gì đó thực sự mới mẻ vừa thoáng hiện”.

Kết luận: Có thể còn quá sớm để đưa ra một kết luận khẳng định vào lúc này, bởi vì chúng ta còn phải chờ ít nhất một năm nữa để các nhà khoa học hoàn tất các số liệu của “Muon G – 2”. Nhưng dường như đằng sau 30 năm ngụy trị của Mô Hình Tiêu Chuẩn, một lý thuyết mới đã lấp ló để chuẩn bị cung cấp cho khoa học những hiểu biết về những hạt vật chất mới với những tính chất hoàn toàn mới, có thể là siêu đối xứng, từ đó tiến thêm một bước gần tới cái

đích của mơ ước vĩ đại-mơ ước nhìn thấy bức tranh thống nhất của thế giới tự nhiên mà vật lý hằng theo đuổi.

10. Thực nghiệm xác nhận Lý thuyết dẫn nở lạm phát

Lý thuyết dẫn nở lạm phát trong Lý thuyết BIG BANG, một trong những thành tựu vĩ đại nhất của loài người trong thế kỷ 20, đã được xác nhận bằng thực nghiệm !

Ngày 30-4-2001 và 2-5-2001, tờ The Chicago Tribune loan tải một thông tin khoa học quan trọng vào bậc nhất của vật lý và vũ trụ học: Trong hội nghị của Hội Vật Lý Mỹ vừa được tổ chức tại Washington, các nhà thiên văn thuộc Đại học Chicago đã công bố những bằng chứng thiên văn xác nhận sự tồn tại của những bức xạ phát ra từ sự dẫn nở lạm phát (inflation) của vũ trụ ngay sau vụ nổ lớn, đúng như Lý Thuyết Big Bang dự đoán.

Lý Thuyết Big Bang với biến thể của nó là Lý thuyết dẫn nở lạm phát do Alan Guth thuộc Viện công nghệ Massachusetts MIT sáng tạo năm 1980 cho rằng 15 tỷ năm trước đây vũ trụ của chúng ta là một điểm vật chất vô cùng nhỏ với mật độ tập trung vật chất vô cùng lớn. Ngay sau vụ nổ lớn (big bang), điểm vật chất ấy dẫn nở với tốc độ nhanh khủng khiếp. Sự dẫn nở lạm phát diễn ra trong một khoảnh khắc cực kỳ ngắn ngủi và sản ra một loại sóng đặc biệt. Các sóng này lan truyền thông qua plasma-một thể vật chất đặc biệt lấp đầy vũ trụ ngay từ buổi ban đầu-để “vang vọng” mãi cho đến tận ngày nay. Lý thuyết dẫn nở lạm phát được đánh giá là nội dung quan trọng nhất của Lý thuyết Big Bang vì nhờ nó người ta có thể giải thích được hàng loạt hiện tượng căn bản của vũ trụ, chẳng hạn hiện tượng vật chất co cụm lại thành từng tập hợp sao như các thiên hà, siêu thiên hà, v.v.... Vì thế, việc kiểm chứng sự tồn tại của các sóng phát ra từ sự dẫn nở lạm phát trở thành bài toán thực nghiệm quan trọng nhất của vật lý và vũ trụ học cuối thế kỷ 20 đầu thế kỷ 21 nhằm kiểm chứng Lý thuyết Big Bang.

Năm ngoái, một nhóm nhà thiên văn của Đại học Chicago do John Carlstrom dẫn đầu đi về Châu Nam Cực (Antartica) để thực hiện một chương trình quan sát thiên văn tốn kém tới 3 triệu dollars. Khí hậu khô và loãng tại Nam Cực cho phép các nhà nghiên cứu có thể chụp được những bức ảnh chi tiết của bức xạ nền (background radiation) mờ nhạt đến từ mọi phía trên bầu trời mà các nhà khoa học tin rằng trong đó sẽ chứa đựng những di ảnh yếu ớt của Big Bang. Nhờ kính viễn vọng DASI (Degree Angular Scale Interferometer) cho phép phát hiện những biến thiên nhiệt độ rất nhỏ trên bức xạ nền, nhóm của Carlstrom cuối cùng đã chụp được những bức ảnh chớp nhoáng cho thấy trên bức xạ nền có những dấu vết gợn lăn tăn—những sóng đặc biệt có dạng một chớp nhọn lớn được kèm theo bởi hai chớp nhọn nhỏ, đúng như dạng sóng đặc biệt mà Lý thuyết Big Bang đã dự đoán. Trong cuộc chạy đua với Đại học Chicago, tuy về đích muộn hơn nhưng các nhà thiên văn thuộc Viện công nghệ California và Đại học Caltech cũng đi đến kết quả tương tự một cách hoàn toàn độc lập.

Thí nghiệm của Đại học Chicago hôm nay đối với Lý thuyết Big Bang có thể so sánh với thí nghiệm nổi tiếng của Arthur Eddington năm 1919 nhằm kiểm chứng Thuyết tương đối tổng quát của Einstein. Thuyết tương đối tổng quát là một sáng tạo vĩ đại đầu thế kỷ 20. Lý thuyết Big Bang là một sáng tạo vĩ đại của nửa sau thế kỷ 20. Nếu không có thí nghiệm của Eddington, có thể còn lâu nữa Thuyết tương đối mới được hoàn toàn thừa nhận. Nếu không có thí nghiệm của Đại học Chicago thì không biết đến bao giờ Lý thuyết Big Bang mới hoàn toàn thuyết phục được toàn thể mọi người. Khi bà Elsa, vợ của Einstein, đưa cho Einstein xem tấm ảnh chụp bản đồ sao do thí nghiệm của Eddington thực hiện cho thấy ánh sáng bị lệch khi đi qua gần mặt trời đúng như Thuyết tương đối dự đoán, Einstein đã kêu lên thán phục: “Kỹ thuật chụp ảnh ngày nay mới tuyệt vời làm sao!”. Và bây giờ, sau lần đầu tiên được kiểm tra dữ kiện của Đại học Chicago, giáo sư thiên văn Martin White tại Trung tâm vật-lý-thiên-văn Harvard-Smithsonian cũng phải thốt lên: “Ồi, thật là tuyệt, thật là kinh ngạc. Suốt 20 năm nay các nhà lý thuyết vẫn nói rằng điều này sẽ xảy ra. Nhưng được chứng kiến nó thực sự

xảy ra thật là điều không thể tưởng tượng được”. Trong khi đó Marc Kamionkowski, giáo sư vật lý lý thuyết tại Đại học Caltech, nhấn mạnh đến ý nghĩa lịch sử của sự kiện: “100 năm nữa mọi người sẽ còn phải nói về thí nghiệm này. Tất cả chúng ta đều nghĩ rằng trước sau thế nào điều này cũng xảy ra, nhưng tôi chưa bao giờ nghĩ rằng chúng ta sẽ có mặt ở đây vào năm 2001 để bàn về nó”. Bản thân các thành viên của nhóm thiên văn Đại học Chicago cũng bị choáng váng. Một thành viên xuất sắc trong nhóm, Micheal Tumer, người đã từng nổi tiếng với lý thuyết hình thành các thiên hà dựa trên lý thuyết dẫn nổ nhanh, kêu lên “Kết quả thật tuyệt vời!”, và nhấn mạnh ý nghĩa của lý thuyết dẫn nổ lạm phát mà thí nghiệm đã xác nhận: “Không có dẫn nổ lạm phát thì không có chúng ta, bởi vì nó giải thích tại sao từ những hạt cơ bản có thể hình thành nên mọi cấu trúc trong vũ trụ. Không có nó (dẫn nổ lạm phát) thì vũ trụ sẽ bị vụn vụn, có lẽ sẽ bị lấp đầy bởi hố đen và dẫn nổ theo mọi hướng”. Hơn thế nữa, thí nghiệm này còn mở ra một “Thế Kỷ Vàng của Vũ Trụ Học” (Golden Age of Cosmology) như Tumer mô tả, bởi lẽ nó đồng thời xác nhận và hỗ trợ một loạt nhận định khoa học quan trọng khác:

1-Vật chất thông thường chiếm tỷ lệ 5% trong vũ trụ. Phần còn lại bao gồm vật chất tối hoặc “năng lượng tối” – những dạng vật chất mà khoa học chưa hề biết.

2-Vũ trụ không những dẫn nổ mà còn dẫn nổ với tốc độ ngày càng nhanh hơn (gia tốc).

3-Có thể tồn tại một loại lực mới mà khoa học chưa biết, ẩn dấu trong khu vực vật chất tối và là nguyên nhân của hiện tượng vũ trụ dẫn nổ với gia tốc.

11. Bí mật 30 năm của loại hạt ma quái đã được làm sáng tỏ

Hạt ma quái đó là neutrinos – một loại hạt cơ bản thoát biến thoát hiện vô cùng khó nắm bắt vì chúng tương tác rất yếu với các dạng hạt vật chất khác. Suốt 30 năm nay, một dấu hỏi lớn về neutrino không ngừng làm đau đầu các nhà vật lý, đó là “bài toán neutrino

của mặt trời” (solar neutrino problem). Những thí nghiệm đầu tiên vào cuối thập niên 1960 đầu 1970 đã phát hiện được neutrinos từ mặt trời đi đến trái đất, những neutrinos này được sản sinh ra trong các phản ứng hạt nhân giữa lòng mặt trời, nhưng số lượng neutrinos thu được trong thí nghiệm chỉ bằng 1/3 số lượng theo tính toán lý thuyết. Vậy neutrinos biến đi đâu ? Điều này trái ngược với nguyên lý bảo toàn vật chất. Sự bế tắc trong việc tìm câu trả lời đã từng bị coi là một thiếu sót nghiêm trọng của khoa học. Nhưng ngày 18-6-2001 vừa qua đã đi vào lịch sử neutrino như một cốt mốc tìm ra lời giải của bài toán hóc búa đó khi công trình nghiên cứu của 100 nhà khoa học quốc tế thuộc SNO-Trung tâm dò tìm neutrino tại Sudbury, Ontario, Canada, được công bố tại hội nghị của Hội vật lý Canada và đồng thời trên tạp chí Physical Review Letters.

Máy dò tìm khổng lồ của SNO được đặt trong một cái hầm dài 2 km đào sâu dưới lòng đất trong núi đá gần một khu mỏ nickel tại Sudbury. Sở dĩ phải đặt sâu như vậy vì nhằm mục đích tránh những trận mưa rào của các tia vũ trụ và các hạt cơ bản năng lượng cao khác sẽ làm tan loãng dòng neutrinos cần tìm kiếm, trong khi neutrino bản thân nó có sức “xuyên thủng” hầu như mọi loại vật chất do bởi kích thước vô cùng bé của nó . Phần cơ bản của máy dò tìm là một chiếc thùng vĩ đại chứa nước nặng. Hầu hết neutrinos đi qua thùng nước nặng một cách dễ dàng. Chỉ thỉnh thoảng, trung bình từ 1 đến 2 tiếng đồng hồ mới có 1 neutrino va đập với phân tử nước nặng. Nhưng khi một neutrino va đập vào một phân tử nước nặng thì sẽ làm phát sinh một tia sáng. Các phép đo tia sáng này sẽ thông báo những bí mật liên quan đến hạt neutrino vừa va đập. Có 3 loại neutrinos: electron-neutrino, muon-neutrino, và tau-neutrino. Mặt trời chỉ sản xuất ra một loại neutrino, đó là electron-neutrinos. Sự thiếu hụt số lượng neutrinos trong các thí nghiệm 30 năm trước dẫn tới hai nghi vấn căn bản: hoặc những lý thuyết về các phản ứng hạt nhân trên mặt trời có thiếu sót, hoặc có điều gì “trục trặc” trong bản thân các neutrinos khi chúng du hành từ mặt trời đến trái đất. Thí nghiệm của SNO đã chứng minh một cách hùng hồn rằng giả thuyết thứ hai là đúng: khoảng 60% electron-neutrino của mặt trời trên đường tới trái đất đã biến đổi thành các dạng neutrinos khác-muon

và tau-neutrinos. Các thí nghiệm không đủ tinh vi của 30 năm trước không làm được điều này. Thậm chí một thí nghiệm của máy dò tìm Super-Kamiokande tại Nhật Bản năm 1999 cũng đã phát hiện được những bằng chứng gián tiếp của việc biến đổi dạng neutrinos của mặt trời, nhưng đã không thành công trong việc phân định các dạng neutrinos đó. Trong thí nghiệm của SNO, việc đo đạc các vết sáng do va đập của neutrinos với nước nặng đã đạt được độ tinh vi đến mức xác định được trực tiếp electron-neutrino đã biến thành neutrino ở dạng nào, do đó cuối cùng đã có được một thống kê chính xác số lượng neutrinos phát ra từ mặt trời khớp với số lượng tính toán lý thuyết, giải quyết trọn vẹn “Bài toán neutrino mặt trời”.

Thắng lợi này có ý nghĩa hết sức trọng đại đối với vật lý lý thuyết và vũ trụ học :

-Một, theo Mô Hình Tiêu Chuẩn (Standard Model) của vật lý các hạt cơ bản, chỉ có các hạt có khối lượng mới có thể biến hoá dạng thức tồn tại của nó. Sự biến hoá neutrinos của mặt trời từ dạng này sang dạng khác chứng tỏ neutrinos có khối lượng. Điều này buộc phải xem xét lại, điều chỉnh và bổ xung Mô Hình Tiêu Chuẩn-cuốn “Kinh Thánh” của vật lý các hạt cơ bản gần 30 năm nay.

-Hai, vì neutrinos là hạt cơ bản tạo ra vũ trụ nên khối lượng của neutrinos có ý nghĩa quan trọng để giải thích nhiều bí mật về sự hình thành vũ trụ và tiên đoán tương lai của vũ trụ. Mặc dù khối lượng của nó vô cùng nhỏ, nhưng tổng khối lượng của chúng trong vũ trụ sẽ đóng góp một lượng đáng kể trong vũ trụ. Các nhà khoa học ước lượng nó có thể chiếm tới 18% tổng khối lượng “vật chất tối”-một loại vật chất đến nay vẫn không thể quan sát được bằng các kính viễn vọng và bằng các phương tiện thông thường khác, nhưng các nhà khoa học tin rằng chúng đang tồn tại và chi phối nhiều quy luật vũ trụ. Chẳng hạn chúng có thể liên quan đến hiện tượng dãn nở ngày càng nhanh của vũ trụ, một hiện tượng mới khám phá ra gần đây, được coi là “kỳ quặc” vì nó trái với các lý thuyết vũ trụ từ trước đến nay. (Tổng hợp từ tin của AP và BBC News ngày 18-6-2001).

12. Tại sao vũ trụ phi đối xứng ?

Trong một công trình vừa được công bố trên tạp chí Physical Review Letters ngày 6-7-2001, các nhà vật lý quốc tế làm việc tại Trung tâm máy gia tốc của Đại học Stanford, California, Mỹ, tuyên bố họ đã phát hiện thấy sự khác biệt về tốc độ phân hủy của loại hạt cơ bản mang tên “B meson” so với tốc độ phân huỷ của phản hạt của nó (phản-B meson). Thắng lợi này có ý nghĩa quyết định trong việc tìm lời giải cho một trong những bài toán lớn nhất của khoa học trong suốt 37 năm qua: “Tại sao vũ trụ phi đối xứng, trong khi vật chất có mặt ở khắp mọi nơi nhưng phản vật chất lại cực kỳ hiếm thấy ?”.

Vật chất trong vũ trụ được cấu tạo bởi hạt cơ bản, phản vật chất cấu tạo bởi phản hạt. Do đó về lý thuyết, vũ trụ phải đối xứng, bởi vì ứng với một hạt cơ bản bất kỳ luôn tồn tại một phản hạt tương ứng có cùng những đặc tính động lực học như khối lượng, spin, tốc độ phân huỷ, và có cùng lượng điện tích nhưng trái dấu (nếu hạt không tích điện thì có moment từ trái dấu). Nhưng vũ trụ lại thách thức khoa học bằng cách để cho vật chất tồn tại gần như đơn độc, trong khi phản vật chất chỉ xuất hiện vô cùng hiếm hoi trong các máy gia tốc, trong các va chạm của tia vũ trụ, hoặc một khối lượng phản vật chất lớn nhất mới được phát hiện gần đây cũng chỉ là một đám mây trong giải ngân hà gần trái đất nhất. Một lý thuyết vũ trụ học đồ sộ như Lý thuyết Big Bang cũng không giải thích được tại sao phản vật chất biến mất và biến đi đâu, mặc dù cho rằng vũ trụ sau vụ nổ lớn chứa cùng một lượng vật chất và phản vật chất như nhau.

Tuy nhiên một sự kiện bất ngờ đã xảy ra vào năm 1964 khi James Cronin và Val Fitch thuộc Viện nghiên cứu quốc gia Brookhaven tại New York khám phá ra sự bất đối xứng của cặp K meson và phản K meson (nhờ đó Cronin và Fitch đã được trao giải Nobel vật lý năm 1980). Năm 1967, nhà khoa học nổi tiếng người Nga Andrey Sakharov lần đầu tiên nêu lên giả thuyết cho rằng chính hiện tượng vi phạm tính đối xứng của cặp hạt–phản hạt, gọi tắt là hiện tượng CPV (charge-parity violation), có thể chính là nguyên nhân dẫn đến

tình trạng bất đối xứng của vũ trụ. Lý thuyết của Sakharov sẽ trở nên hoàn toàn đáng tin cậy nếu hiện tượng CPV là hiện tượng phổ biến đối với các cặp hạt–phản hạt. Nhưng suốt từ đó đến nay người ta không tìm thấy thêm một cặp phi đối xứng nào khác, ngoài trường hợp K meson, đến nỗi một số nhà vật lý lập luận rằng K meson là trường hợp đặc biệt mang tính ngoại lệ. Trong khi đó 600 nhà khoa học bao gồm Mỹ, Nga, Nhật, Canada, Anh, Pháp, Ý, Trung Quốc tại Trung tâm máy gia tốc Stanford trong vài chục năm trời vẫn nỗ lực theo đuổi một mục tiêu: Chứng minh hiện tượng vi phạm tính đối xứng có thể xảy ra với một cặp hạt–phản hạt khác. Đối tượng của họ là hạt B meson, một loại hạt nặng gấp 10 lần K meson và chỉ tồn tại trong 1 phần nghìn tỷ giây. Một chiến lược tinh vi bậc nhất về công nghệ toán lý đã được triển khai và áp dụng: Một máy dò tìm nặng 1200 tấn mang tên BABAR được sử dụng để ghi lại sự khác biệt vô cùng tinh vi giữa tốc độ phân huỷ của B meson so với tốc độ phân huỷ của phản B meson. Từ các kết quả đo lường này, các nhà khoa học đã tính ra một thông số gọi là \sin^2 biểu thị mức độ bất đối xứng. Thông số này biến thiên từ -1 đến +1. Nếu thông số đó bằng 0 thì có nghĩa là không có sự khác biệt. Nếu thông số khác 0 thì đó là bằng chứng rõ ràng của sự khác biệt. Thông số càng lớn (về tuyệt đối) thì có nghĩa là khác biệt càng lớn. Kết quả giá trị thông số do BABAR cung cấp là 0,59 (với sai số là 0.14), phù hợp với tiên đoán của Mô Hình Tiêu Chuẩn của vật lý hạt cơ bản, làm cơ sở cho một kết luận mang tính cách mạng trong lý thuyết các hạt cơ bản: Hạt và phản hạt tương ứng không hoàn toàn đối xứng như từ trước đến nay vẫn tưởng.

Sau B meson, ngay từ bây giờ các nhà vật lý đã nghĩ đến neutrino, một loại hạt cơ bản vô cùng quan trọng trong sự hình thành vũ trụ. Bài toán kiểm chứng tính phi đối xứng của cặp neutrino–phản neutrino sẽ được triển khai trong tương lai sắp tới và sẽ tiếp tục góp phần trả lời bài toán tại sao vũ trụ phi đối xứng. Tuy nhiên không cần phải đợi đến lúc ấy, mà ngay sau thành công của thí nghiệm B meson, các nhà khoa học đã có dữ liệu chủ yếu để tin rằng Sakharov đúng, bởi vì từ dữ liệu này họ bắt đầu có thể tìm hiểu vì sao, cơ chế nào gây ra sự khác biệt giữa hạt và phản hạt, có nghĩa

là có thể tìm thấy một cơ chế chung dẫn đến tính bất đối xứng của vũ trụ. “Sau 37 năm tìm kiếm thêm những mẫu mực của hiện tượng vi phạm tính đối xứng của cặp hạt – phản hạt, nay các nhà vật lý đã biết rõ rằng có ít nhất 2 loại hạt cơ bản biểu lộ hiện tượng kỳ quặc đó, và chúng được coi là chịu trách nhiệm trong sự hiện diện lẫn át của vật chất (so với phản vật chất) trong vũ trụ. Chúng tôi đã sẵn sàng cho những khám phá tiếp theo mở ra những phương hướng mới cho vật lý hạt cơ bản”, Stewart Smith, giáo sư Đại học Princeton kiêm phát ngôn viên của chương trình nghiên cứu B meson, tuyên bố.

13. Sự Hồi Sinh Của Hằng Số Vũ Trụ

Theo tạp chí TIMES số ra ngày 25-6-2001, một nhà khoa học trẻ tên là Adam Riess mới đây đã thành công trong việc “tái phát minh” ra hằng số vũ trụ, và dùng nó để tiên đoán sự tồn tại của một loại lực mới mà khoa học thực nghiệm đang ráo riết săn đuổi—lực phản hấp dẫn—loại lực khoa học chưa hề biết nhưng bị nghi ngờ là nguyên nhân của hiện tượng vũ trụ giãn nở ngày càng nhanh, một hiện tượng mới khám phá được trong ba năm gần đây làm đảo lộn bức tranh vũ trụ tồn tại từ nhiều năm qua. Nhờ công trình này, Adam Riess được liệt vào danh sách một trong 6 nhà vũ trụ học có đóng góp lớn nhất, kể từ Albert Einstein trở đi. Vậy hằng số vũ trụ là gì ? Tại sao lại “tái phát minh” thay vì phát minh ?

Hằng Số Vũ Trụ (HSVT-Cosmological Constant), ký hiệu bởi chữ “ λ ” (lamđã) trong tiếng Hy Lạp, là một đại lượng toán-lý đóng vai trò như một lực phản-hấp-dẫn mà Albert Einstein đã bổ sung vào Phương Trình Trường Hấp Dẫn trong Thuyết Tương Đối Tổng Quát của ông từ hơn 80 năm trước đây, nhằm giữ cho vũ trụ ổn định không bị co giãn. Nhưng sau khi Edwin Hubble phát hiện ra hiện tượng các thiên hà ngày càng rời xa nhau vào năm 1927, làm bằng chứng cho một vũ trụ giãn nở thực sự, thì Einstein tuyên bố HSVT không còn cần thiết nữa, và rằng việc bổ sung HSVT vào Phương Trình Trường là một sai lầm lớn nhất của đời ông.

Nhưng dưới ánh sáng các khám phá thiên văn hiện đại, HSVT lại hồi sinh.

Trong bài viết nhan đề “Vũ trụ sẽ kết thúc ra sao?”, ký giả khoa học Michael Lemonick thông báo vũ trụ của chúng ta bắt đầu đi vào “kỷ thoái hoá” (degenerate era) với tốc độ dẫn nở ngày càng nhanh – dẫn nở với gia tốc – mà nguyên nhân là một lực phản-hấp-dẫn đầy bí ẩn. Adam Riess, một nhà thiên văn xuất sắc thuộc Viện Khoa Học Kính Viễn Vọng Không Gian, Mỹ, đã chứng minh bằng toán học rằng Einstein hoàn toàn đúng khi ông sáng tạo ra HSVT, và HSVT là nhu cầu thiết yếu để giải thích hiện tượng dẫn nở gia tốc. Gần như đồng thời, một cuốn sách mới xuất bản nhan đề “God’s Equation, Einstein, Relativity, and the Expanding Universe” (Phương trình của Chúa, Einstein, Thuyết tương đối, và Vũ trụ dẫn nở) của tiến sĩ Amir Aczel cũng thông báo sự hồi sinh của HSVT như là một khám phá quan trọng nhất của vũ trụ học hiện đại. Aczel viết: “Vũ trụ của chúng ta không chứa đủ khối lượng vật chất hấp dẫn để kìm hãm sự dẫn nở lại. Một lực bí ẩn nào đó đang thực sự đẩy vũ trụ dẫn nở với gia tốc. Tồn tại một áp lực âm (negative pressure) trong chân không – một cái gì đó hoàn toàn mới lạ đối với toàn bộ khoa học”.

Từ lâu các nhà khoa học đã nêu lên 3 kịch bản về số phận của vũ trụ.

Một, nếu vật chất trong vũ trụ đủ lớn, lực hấp dẫn sẽ chiếm ưu thế (thắng lực phản-hấp-dẫn) thì sự dẫn nở sẽ bị chậm lại, rồi ngừng và co dần lại, đến khi kích thước trở nên vô cùng nhỏ thì sẽ xảy ra Vụ Co Lớn (Big Crunch) để biến thành một điểm không có kích thước, và một Big Bang mới có thể lại bắt đầu khai sinh ra một vũ trụ mới. Kịch bản này dẫn tới một vòng vũ trụ tiến hoá tuần hoàn y như một sinh thể: sinh ra, lớn lên, già cỗi, chết, tái sinh, v.v..., và là kịch bản từng được nhiều nhà khoa học ưa chuộng nhất.

Hai: nếu vật chất trong vũ trụ vừa đủ để tạo ra một lực hấp dẫn cân bằng với lực làm nó dẫn nở thì vũ trụ sẽ ổn định, không co, không

dẫn, và đây chính là vũ trụ của Einstein. Trục giác thiên tài của Einstein hướng đến một vũ trụ tĩnh xét trên tổng thể, thay vì động.

Ba: nếu vật chất thông thường trong vũ trụ có khối lượng không đủ lớn để kìm hãm sự giãn nở thì vũ trụ sẽ bị giãn nở mãi mãi. Kịch bản này đã trở thành hiện thực sau những khám phá thiên văn mới nhất trong vài ba năm qua.

Thật vậy, Saul Perlmutter tại Viện nghiên cứu quốc gia Lawrence Berkeley tại San Francisco đã làm rung động thế giới bởi việc công bố kết quả thí nghiệm quan sát các vụ nổ Supernova cho thấy vũ trụ không hề giãn nở chậm lại như người ta tưởng, mà ngày càng nhanh lên. Khám phá đảo ngược này được coi là cột mốc đánh dấu buổi bình minh của một nền vũ trụ học mới với những hiểu biết mang tính cách mạng. Đến hôm nay không còn ai nghi ngờ hiện tượng vũ trụ giãn nở gia tốc, mà tất cả đều tập trung vào việc tìm một lý thuyết mới trọn vẹn để giải thích nó. Adam Riess là một trong những nhà tiên phong đi tìm những lý thuyết đó, và thay vì tìm một lý thuyết hoàn toàn mới, anh đã phục hồi tư tưởng của Einstein và chứng minh một cách toán học rằng Einstein hoàn toàn đúng trong việc bổ xung hằng số vũ trụ vào phương trình trường. Anh nói: “Lực phản-hấp-dẫn tác động như HSVT của Einstein là một hiện thực hiển nhiên”. Nhưng lực ấy từ đâu mà ra ? Một cách logic, các nhà khoa học tin rằng phải tồn tại một loại vật chất không nhìn thấy lấp đầy vũ trụ, gọi là “vật chất tối” (dark matter), tạo ra lực phản-hấp-dẫn bí ẩn đó. Theo TIMES, “vật chất tối” chiếm tỷ lệ 10 trên 1 so với vật chất thông thường. Tạp chí Science Popular số ra gần đây cho biết các thí nghiệm săn lùng “vật chất tối” đang được ráo riết chuẩn bị tại các trung tâm quan sát thiên văn trên thế giới. Một niềm hy vọng đang dâng tràn rằng chẳng bao lâu nữa đại lượng “lamđã” bí ẩn của Einstein sẽ được “nhìn thấy” trong vũ trụ để minh chứng cho điều người ta vẫn nói về những phát minh vượt thời gian của ông: “Các phương trình của Einstein thông minh hơn người phát minh ra nó”.

Mặt khác về mặt lý thuyết, các nhà vật lý phải đối mặt với một bài toán vĩ đại về HSVT: Ngay sau Big Bang, vũ trụ cũng đã từng dẫn nở cực kỳ nhanh (inflationary). Lực gây ra sự dẫn nở nhanh của thời kỳ này ký hiệu là HSVT1. Sự dẫn nở gia tốc hiện nay cũng có một HSVT tương ứng, ký hiệu là HSVT2. Liệu HSVT1 và HSVT2 có bằng nhau không? Tính toán lý thuyết cho câu trả lời: Không! Điều đó có nghĩa là HSVT không phải là một “hằng số”, mà là một “Hàm số của thời gian”. Công thức của hàm số đó như thế nào? Ai sẽ là người viết được hàm số đó? Đó là những câu hỏi vĩ đại đang chờ những lý thuyết tổng quát mới ra đời để trả lời. Có lẽ một nhà khoa học trẻ sẽ tìm ra câu trả lời.

14. Tạo ra vật chất “lạ” với số lượng lớn

Các nhà vật lý quốc tế tại Viện nghiên cứu quốc gia Brookhaven, Mỹ, lần đầu tiên đã tạo ra được một số lượng lớn các hạt quarks “lạ”, đủ để cho phép nghiên cứu vật chất “lạ” – loại vật chất không tồn tại trong đời sống xung quanh ta hàng ngày mà chỉ có ở những nơi rất xa xôi trong vũ trụ, – do đó thành công này hứa hẹn mở ra nhiều bí mật về vật chất trong vũ trụ, đặc biệt là những bí mật về vũ trụ “thời thơ ấu”. Đó là tin của BBC News ngày 22-8-2001.

Theo Mô Hình Tiêu Chuẩn (Standard Model) – Lý thuyết các hạt cơ bản hiện nay – vật chất tồn tại dưới dạng vật thể đã biết trong vũ trụ được cấu tạo bởi 12 dạng hạt nhỏ nhất không thể phân chia được gọi là “những khối kiến trúc cơ bản” (fundamental building blocks), trong đó có những hạt gọi là quarks. Trong các thành phần cấu tạo nên nguyên tử thì electron là hạt không thể phân chia được nên cũng nằm trong số 12 “viên gạch cơ bản” đó, trong khi proton và neutron thì được cấu tạo bởi các hạt nhỏ hơn – các quarks. Có 6 loại quarks: up (lên), down (xuống), strange (lạ), charm (hấp dẫn), bottom (dưới đáy), top (trên nóc). Proton và neutron được cấu tạo bởi hai loại quarks “up” và “down”. Vật chất thông thường xung quanh ta chỉ gồm “up quarks”, “down quarks” và electrons. Vật chất “lạ” là vật chất được cấu tạo bởi “up quarks”, “down quarks” và “quarks lạ” (strange quarks). Hầu như không tồn tại “quarks lạ” tự

nhiên trên trái đất, trong khi các nhà khoa học tin rằng chúng tồn tại với số lượng lớn trên các sao neutrons-những ngôi sao đã tắt đóng vai trò rất quan trọng trong việc tìm hiểu lịch sử hình thành vũ trụ. Một số nhà lý thuyết về Big Bang còn cho rằng vật chất “lạ” có thể đã được hình thành vào thừa vũ trụ mới ra đời, và còn sót lại cho đến tận ngày nay. Với tất cả những lý do đó, muốn hiểu được vũ trụ thì buộc phải hiểu rõ tính chất của các “quarks lạ”. Mặc dù “quarks lạ” được tạo ra từ những năm 1960 nhưng với số lượng quá ít, không đủ để xác định tính chất của chúng, bởi lẽ cũng như mọi hạt cơ bản khác, quarks tuân theo Nguyên lý bất định: Không thể xác định chính xác tính chất của từng hạt mà chỉ có thể đưa ra những tiên đoán mang tính xác suất. Về mặt toán học, mọi kết luận của xác suất thống kê đều đòi hỏi biến cố phải xảy ra với số lượng lớn, càng lớn thì kết quả càng chính xác. Thành công của thí nghiệm tại Viện Brookhaven lần này chính là ở chỗ đã thoả mãn được đòi hỏi này: “quarks lạ” đã được tạo ra với số lượng lớn. Nhà vật lý Adam Rusek tại Viện Brookhaven nói: “Đây là thí nghiệm đầu tiên tạo ra được một số lượng lớn các hạt “lạ” đủ để bắt đầu nghiên cứu chúng bằng việc áp dụng các kỹ thuật thống kê”. Trong thí nghiệm, các nguyên tử bên trong máy gia tốc bị đập tan ra thành các thành phần cấu tạo nên chúng-những khối kiến trúc cơ bản của vật chất. Trung bình cứ 100 triệu va đập thì nhóm nghiên cứu nhận được từ 30 đến 40 hạt “lạ”. Số lượng lớn “quarks lạ” lần này sẽ cho phép nghiên cứu lực tác động giữa các hạt “lạ” bên trong hạt nhân, điều mà các nhà vật lý từ lâu đã theo đuổi nhằm tìm hiểu vật chất lạ. Christine Sutton, nữ tiến sĩ thuộc Đại học Oxford kiêm phát ngôn viên của Hội đồng nghiên cứu vật lý hạt cơ bản và thiên văn Anh, nói với BBC News: “Vật chất trong vũ trụ đa dạng hơn nhiều so với vật chất thông thường trong thế giới xung quanh ta hàng ngày. Thành công của Viện Brookhaven đã mở cánh cửa sổ cho chúng ta nhìn thấy loại vật chất “lạ” hoạt động ra sao tại những khu vực đặc biệt trong vũ trụ như trên các sao neutrons”.

15. Các luật tự nhiên có thể thay đổi khi vũ trụ già đi

Bằng cách đo phổ của ánh sáng phát ra từ các thiên thể cách trái đất 12 tỷ năm ánh sáng, các nhà khoa học tại trung tâm kính viễn vọng Keck lớn nhất thế giới đặt trên ngọn núi Mauna Kea ở Hawaii, Mỹ, đã khám phá thấy sự biến đổi của một hằng số vật lý cơ bản liên hệ trực tiếp đến điện tích điện tử, tốc độ ánh sáng và hằng số Planck, trái với quan điểm truyền thống cho rằng hằng số này bất biến.

Đó là nội dung của một báo cáo vừa được công bố trên tạp chí vật lý uy tín nhất “Physical Review Letters” số ra ngày 27-8-2001, gây chấn động thế giới khoa học. Hãng tin Reuters bình luận: “Khám phá này cho thấy các luật của tự nhiên có thể thay đổi khi vũ trụ già đi. Nếu điều này đúng thì tiên đề của Einstein coi tốc độ ánh sáng là hằng số cùng với những hòn đá nền móng khác của khoa học vật lý trong thế kỷ qua có thể phải xem xét lại”. Tờ The New York Times viết: “Khám phá gây sửng sốt này có thể dẫn tới việc phải viết lại sách giáo khoa vật lý và thách thức những tiên đề nền móng về hoạt động của vũ trụ”. Giáo sư tiến sĩ Sheldon Glashow thuộc Đại học Boston, Mỹ, người rất nổi tiếng với giải Nobel vật lý năm 1979, đánh giá: “Khám phá này có tầm quan trọng ở mức 10 trong thang điểm từ 1 đến 10”. Tờ The Washington Post viết: “Kết quả này chứa đựng tiềm tàng một cuộc cách mạng trong vật lý”.

Công trình nghiên cứu này dựa trên việc quan sát ánh sáng của các quasars cách trái đất 12 tỷ năm ánh sáng (quasars là những thiên thể phát sáng cực mạnh, gấp hàng chục nghìn tỷ lần mặt trời). Trên đường đi tới trái đất, ánh sáng của những quasars này đi qua những đám mây gas (tập hợp các vật thể vật chất trong các giải thiên hà trông như những đám mây). Các nguyên tử kim loại như magnesium, kẽm, nhôm trong đám mây làm cho một phần ánh sáng quasars bị hấp thụ trong các đám mây đó. Sự hấp thụ này tạo ra những hình nhọn tối (dark spikes) trong phổ của quasar tại các bước sóng khác nhau, làm hiện lên những mẫu hình rõ nét đến mức có thể coi là “dấu lặn tay” thông báo mọi tính chất đặc trưng của ánh sáng của quasars được quan sát. Từ những bước sóng trên “dấu lặn tay” đó các nhà nghiên cứu xác định được một đại lượng gọi là

hằng số cấu trúc tinh (fine structure constant) tương ứng, bằng tỷ số giữa bình phương điện tích electron với tích của tốc độ ánh sáng nhận được và hằng số Planck. Theo lý thuyết kinh điển, hằng số cấu trúc tinh là một số cố định $\alpha = 1/137 = 0,007297351$ với sai số không quá 6 phần tỷ. Nhưng quan sát phổ của các quasars nói trên đã cho một kết quả sai khác $1/100000$ (một phần mười vạn) so với giá trị $1/137$, vượt quá xa sai số cho phép. Điều này cho thấy ít nhất có một trong ba yếu tố gồm điện tích điện tử, tốc độ ánh sáng, hằng số Planck đã thay đổi, trái với tiên đề của vật lý coi chúng là những hằng số bất di bất dịch. Tiến sĩ Sheldon Glashow nhận định: “Sự sai khác này tuy nhỏ nhưng đủ để làm rung chuyển toà nhà vật lý và vũ trụ học”.

Tuy nhiên, Hãng tin AP bình luận: “Các nhà vật lý bị sốc bởi khám phá này nhưng lại hài lòng vì nhờ nó mà một số lý thuyết mới mô tả hoạt động của vũ trụ ở tầng cấp dưới nguyên tử có thể sẽ được kiểm chứng”. Lý thuyết mới đó chính là Lý Thuyết Siêu Dây (Super String Theory), một lý thuyết ra đời trong những năm gần đây nhằm kết hợp Thuyết Tương Đối Tổng Quát của Einstein với Cơ Học Lượng Tử-hai lý thuyết trụ cột của vật lý hiện đại nhưng lại không tương thích với nhau. Lý Thuyết Siêu Dây hấp dẫn các nhà vật lý bởi mô hình toán học sắc bén của nó nhưng lại chưa đủ thuyết phục vì chưa từng được thử thách bởi thực nghiệm. Kết quả đo đạc hằng số cấu trúc tinh nói trên lần đầu tiên đã xác nhận tư tưởng của Lý Thuyết Siêu Dây. Theo lý thuyết này, vũ trụ của chúng ta không chỉ có 4 chiều (gồm 3 chiều không gian và 1 chiều thời gian) như đã biết, mà có thể có tới 11 chiều hoặc thậm chí hơn thế nữa, trong đó những chiều bổ xung không thẳng, mà quấn và gấp giống như những sợi chỉ rối, đồng thời chỉ thể hiện ở cấp độ vật chất dưới nguyên tử với kích thước nhỏ đến nỗi ngay cả những thí nghiệm tinh vi cũng khó có thể nhận thấy. Tiến sĩ Paul Steinhardt, giáo sư Đại học Princeton, Mỹ, giải thích: “Các nhà lý thuyết siêu dây cho rằng không gian chứa những chiều vô cùng nhỏ không nhìn thấy. Bất kỳ một biến đổi nào về kích thước của những chiều này, chẳng hạn như sự dãn nở vũ trụ mà chúng ta đã biết, đều có thể gây nên

những thay đổi về lượng của các đại lượng như hằng số cấu trúc tinh”.

Một số nhà khoa học khác đã quyết định sẽ làm lại thí nghiệm tương tự tại một trung tâm kính viễn vọng rất lớn mang tên European Southern Observatory đặt ở Chile, Nam Mỹ, với hy vọng sẽ đưa ra tuyên bố chung cuộc sau khoảng 2 năm nữa. Nếu sự biến đổi của hằng số cấu trúc tinh được tái xác nhận thì nó sẽ là tiếng chuông mở màn của một thế kỷ khoa học mới với những lý thuyết vĩ đại sẽ ra đời, giống như Thuyết Tương Đối của Einstein trong thế kỷ 20.

16. Tương tác lượng tử từ xa

Với hai nhóm nguyên tử biệt lập cách xa nhau, mỗi nhóm gồm một số lượng vô cùng lớn nguyên tử, các nhà vật lý tại Đại học Aarhus ở Đan Mạch dưới sự lãnh đạo của Eugene Polzik đã làm cho chúng tương tác được với nhau, gọi là tương tác lượng tử từ xa. Thí nghiệm xuất sắc này vừa được công bố trên tạp chí Nature số 26-9-2001 đã gióng lên tiếng chuông báo hiệu ý tưởng công nghệ computer lượng tử (quantum computing) và thông tin lượng tử (quantum communication) đang tiến gần đến hiện thực.

Trước hết nhóm thí nghiệm đã đưa một số lượng lớn các nguyên tử cesium vào hai bình chứa bằng thủy tinh ở cách nhau vài milimét. Mỗi bình chứa hàng tỷ nguyên tử. Sau đó chiếu một tia laser vào mỗi bình để khuấy động đám mây nguyên tử trong mỗi bình sao cho mỗi đám mây có một spin riêng, tức là mỗi đám mây sẽ quay quanh trục của nó với góc nghiêng xác định. Quan hệ giữa các góc nghiêng này được xác định theo những tỷ lệ toán học đặc trưng cho quan hệ trạng thái ban đầu của hai đám mây nguyên tử. Tiếp theo các nhà nghiên cứu rọi một tia laser thứ hai vào hai đám mây để làm thay đổi spin của chúng. Sau đó lại bắn một tia laser thứ ba kéo dài chỉ trong một nửa của một phần ngàn giây. Kết quả cho thấy trong khi góc nghiêng của trục quay thay đổi, nhảy từ trị số này sang trị số khác, nhưng quan hệ toán học giữa các góc nghiêng đó không thay đổi-giữ nguyên quan hệ trạng thái ban đầu. Về mặt vật lý, điều này

nói lên rằng tồn tại một tương tác tức thời giữa hai nhóm nguyên tử xuyên qua khoảng không gian ngăn cách. Về mặt thông tin, điều này chứng tỏ trạng thái của nhóm nguyên tử thứ nhất xác định trạng thái của nhóm nguyên tử thứ hai (hoặc ngược lại), tức là nếu biết trạng thái của nhóm này thì suy ra trạng thái của nhóm kia. Nếu coi trạng thái của mỗi nhóm là thông tin về nhóm đó thì có thể nói thông tin tại điểm A (nhóm này) đã được truyền tới điểm B (nhóm kia) một cách tức thời. Quan hệ tương tác từ xa vốn không phải là điều mới lạ trong vật lý, nhưng tương tác lượng tử giữa các đám mây nguyên tử cách biệt trong thí nghiệm này lại là điều bí ẩn hiện nay chưa giải thích thích được. Thật vậy, các thiên thể trong vũ trụ tác động lẫn nhau thông qua môi trường trung gian là trường hấp dẫn. Sóng truyền hình truyền từ đài phát đến máy thu (Tivi) thông qua môi trường trung gian là trường điện từ. Nhưng trường hấp dẫn và trường điện từ không thể dùng để giải thích tương tác lượng tử trong thí nghiệm nói trên. Thực ra nhóm của Polzik không phải là người đầu tiên phát hiện ra hiện tượng kỳ lạ này. Cách đây vài chục năm, nhà vật lý nổi tiếng người Áo Erwin Schrodinger lần đầu tiên đã mô tả hiện tượng này trong “nghịch lý con mèo và hạt nguyên tử” và coi đó là một đặc trưng của thế giới lượng tử với tên gọi là hiện tượng “vướng lượng tử”, hoặc “rối lượng tử” (quantum entanglement), trong khi Albert Einstein thì gọi đó là “tác động ma quỷ từ xa” (spooky action at distance). Trong những năm gần đây, nhiều nhóm khoa học khác cũng đã thực hiện thành công các thí nghiệm tương tác lượng tử từ xa, nhưng chỉ với một vài hạt cơ bản hoặc một vài nguyên tử mà thôi. Thành công của nhóm Polzik là ở chỗ lần đầu tiên thực hiện thành công loại thí nghiệm này với một số lượng vô cùng lớn nguyên tử. Điều này có ý nghĩa cực kỳ to lớn trong công nghệ truyền thông tin, bởi vì thông tin không thể vật lý hoá chỉ bởi một vài nguyên tử, mà phải bằng hàng tỷ. Vì thế Polzik tuyên bố: “Đây là một cột mốc biến ý tưởng computer lượng tử tiến gần đến hiện thực”. Mặc dù bản chất vật lý của hiện tượng tương tác lượng tử từ xa vẫn còn là một ẩn số nhưng nhà vật lý thuộc Đại học công nghệ California từng đoạt giải Nobel là Richard Feynman đã là người đầu tiên đề xướng việc lợi dụng hiện tượng này để chế tạo computer lượng tử. Computer xét cho cùng là một hệ thống xử lý và

chuyển thông tin từ điểm A tới điểm B bên trong một chiếc máy. Computer thông thường hiện nay chuyển thông tin bằng dòng điện. Computer lượng tử chuyển thông tin dựa trên nguyên lý tương tác lượng tử từ xa, hiển nhiên là tốc độ của nó sẽ nhanh ở mức không thể tưởng tượng nổi bởi lẽ thông tin được truyền từ A đến B một cách tức thời. Mở rộng ra bên ngoài computers và giữa các computers, Charles Bennet thuộc đại công ty IBM là người đầu tiên đề xướng công nghệ thông tin lượng tử, trong đó thông tin được truyền giữa hai địa điểm cách xa nhau hàng vạn dặm một cách tức thời. Christopher Monroe thuộc Đại học Michigan còn táo bạo hơn khi cho rằng nguyên lý tương tác lượng tử từ xa không những chỉ chuyển thông tin mà còn có thể di chuyển ngay cả các vật thể, như con người chẳng hạn, từ A đến B một cách tức thời, gọi là công nghệ “vận chuyển tức thời” (dịch ý chữ teleportation) y như “phép lạ” hiện hình biến hình đột ngột trong truyện phong thần cổ tích. Tuy nhiên để biến những “phép lạ” đó thành hiện thực, nhóm Polzik chủ trương tiến hành hàng loạt thí nghiệm tiếp tục với khoảng cách giữa hai nhóm nguyên tử sẽ được nâng lên dần dần. Họ đang vào đầu suy nghĩ liệu khoảng cách này có giới hạn không, và nếu có thì giới hạn là bao nhiêu ?

17. Thí nghiệm dự báo tồn tại một loại lực mới

Một thí nghiệm mới về neutrino vừa được công bố trên tạp chí vật lý uy tín nhất Physical Review Letters ngày 16-11-2001 cho biết tần suất biến đổi hạt neutrino thành hạt muon trong thực tế sai lệch 1% so với dự đoán trên lý thuyết. Kết quả gây sửng sốt này đã làm bộc lộ thiếu sót của các lý thuyết hạt cơ bản hiện hành, đồng thời cho phép tiên đoán tồn tại một loại vật chất mới hoặc một loại lực mới chưa hề biết. Việc tìm kiếm loại lực mới có thể sẽ cung cấp những dữ kiện căn bản cho một lý thuyết vật lý thống nhất giải thích mọi tương tác giữa tất cả các loại hạt và các loại lực.

Neutrino là loại hạt cơ bản có khối lượng xấp xỉ bằng 0, không tích điện, lang thang tự do trong vũ trụ với tốc độ ánh sáng và rất hiếm khi tương tác với các hạt khác. Vì neutrino không tích điện nên nếu

có tương tác xảy ra thì yếu tố ảnh hưởng đến “cách ứng xử” của neutrino chỉ có thể là lực điện-từ-yếu, một loại lực chỉ thể hiện trong phạm vi hạt nhân nguyên tử. Nhằm mục đích tìm hiểu ảnh hưởng đó, các nhà khoa học thuộc 7 trường đại học ở Mỹ đã hợp tác tiến hành một thí nghiệm tại trung tâm máy gia tốc Fermilab: Sử dụng chiếc máy Tevatron có năng lượng cao nhất thế giới để bắn một chùm photon cỡ 100 triệu watts vào một mục tiêu, tạo ra hàng chục tỷ neutrino chuyển động qua một hệ thống thăm dò khổng lồ nặng 700 tấn gồm nhiều lát thép nằm xen kẽ luân phiên nhau. Vì kích thước quá nhỏ bé nên hầu hết neutrino đều đi xuyên qua tất cả các lát thép, chỉ có khoảng 1 trong một tỷ hạt bị va đập vào một hạt nhân nguyên tử của thép và làm vỡ hạt nhân này. Sau khi va đập, neutrino có thể giữ nguyên hoặc biến đổi thành hạt muon-một loại hạt họ hàng của electron nhưng nặng hơn. Khi thấy một hạt nhân nguyên tử bị vỡ, máy thăm dò thông báo một tương tác đã xảy ra. Nếu thấy một hạt đi ra từ tương tác, máy thông báo đó là một muon. Nếu không thấy hạt nào đi ra, máy thông báo một neutrino đã tới và đã ra đi. Tàn suất biến đổi neutrino thành muon, tức tỷ số giữa số lượng muon so với số lượng neutrino, sẽ thể hiện ảnh hưởng của lực điện-từ-yếu đối với hoạt động của neutrino. Đó chính là mục tiêu cần xác định. Nhưng kết quả thí nghiệm đã làm các nhà khoa học hết sức ngạc nhiên: Tàn suất biến đổi trong thực tế sai lệch 1% so với giá trị tiên đoán dựa trên Mô Hình Tiêu Chuẩn (Standard Model) – lý thuyết các hạt cơ bản đã thống trị suốt hơn 30 năm qua và đã được nhiều thí nghiệm trước đây kiểm chứng. Kevin McFarland, người lãnh đạo thí nghiệm, phân tích rằng mức sai lệch đó tuy nhỏ nhưng đã vượt quá xa sai số cho phép, cho thấy Mô Hình Tiêu Chuẩn có điều gì đó thiếu sót, đồng thời cho thấy ắt phải tồn tại một loại vật chất mới hoặc một loại lực mới chưa biết đã ảnh hưởng đến tàn suất biến đổi neutrino thành muon. McFarland nói: “Nếu một loại vật chất hoặc năng lượng còn ẩn náu nào đó thực sự gây ra sự sai lệch này thì nó sẽ giúp các nhà khoa học tìm ra con đường đi tới vấn đề căn bản nhất của vật lý-một lý thuyết thống nhất giải thích tất cả các hạt và các lực trong vũ trụ tương tác với nhau như thế nào. Vấn đề tìm kiếm một loại lực mới sẽ là một đề tài rất lớn và vô cùng hấp dẫn”.

Những khám phá làm bộc lộ thiếu sót của một lý thuyết không làm cho lý thuyết đó phá sản, mà ngược lại thường là tiền đề của một cuộc cách mạng khoa học, đẩy khoa học tiến lên. Vì thế sự sai lệch 1% không làm các nhà khoa học lo lắng, mà chính là điều họ mong đợi. Peter Mayers, giáo sư vật lý của Đại học Princeton danh tiếng, nhận định: “Khám phá này là một vết nứt (của lý thuyết) đã được tìm kiếm từ rất nhiều năm nay”. Sắp tới, Trung tâm nghiên cứu hạt nhân Âu châu CERN và Trung tâm máy gia tốc của Nhật Bản sẽ làm lại thí nghiệm của Fermilab để kiểm chứng kết quả một lần nữa.

18. Tạo ra phản-vật-chất lạnh và chuyển động chậm

Lần đầu tiên trên thế giới, các nhà khoa học tại CERN (Trung tâm nghiên cứu hạt nhân Âu châu) đã tạo ra được các nguyên tử phản-hydrogen lạnh và chuyển động tương đối chậm, báo hiệu trong tương lai sắp tới khoa học có thể sẽ khống chế được phản-vật-chất để khảo sát nghiên cứu. Đó là tin của tờ The Sydney Morning Herald ngày 21-9-02 và tạp chí University Science trên Internet ngày 25-2-2002.

Kể từ khi Paul Dirac tiên đoán sự tồn tại của positron (phản-electron) năm 1928, được thực nghiệm xác nhận năm 1932 giúp Dirac đoạt giải Nobel năm 1933, cho đến nay khoa học luôn luôn khẳng định: ứng với một hạt cơ bản bất kỳ luôn tồn tại một phản-hạt tương ứng có cùng những đặc tính động lực học như khối lượng, spin, tốc độ phân huỷ, cùng lượng điện tích nhưng trái dấu (nếu hạt không tích điện thì có moment từ trái dấu), hơn nữa hạt và phản-hạt tương tác với nhau sẽ huỷ nhau và giải phóng năng lượng. Do đó về lý thuyết, lượng vật chất (cấu tạo bởi hạt cơ bản) và lượng phản-vật-chất (cấu tạo bởi phản-hạt) trong vũ trụ phải bằng nhau, tức là vũ trụ phải đối xứng. Lý thuyết Big Bang cho rằng vũ trụ nguyên thủy là đối xứng. Nhưng thực tế ngày nay vũ trụ phi đối xứng: Phản-vật-chất xuất hiện vô cùng hiếm hoi trong khi vật chất có mặt khắp nơi. Tại sao? Đó là một trong những bài toán lớn nhất của vũ trụ học và vật lý hạt cơ bản. Hiện có một số lý thuyết khác nhau giải thích bí mật này. Một trong số đó là tư tưởng cho rằng có thể có sự khác biệt vô cùng nhỏ

giữa hạt cơ bản và phản-hạt tương ứng trong việc tuân thủ các định luật của vật lý, như luật hấp dẫn, các định luật của cơ học lượng tử, định luật của Thuyết tương đối, v.v... Nói gọn lại, hạt và phản-hạt có thể không đối xứng trong việc tuân thủ các định luật của tự nhiên. Trong nhiều năm qua, các nhà khoa học tại CERN đã xây dựng một dự án nghiên cứu kiểm chứng xem liệu các định luật vật lý áp dụng cho phản-vật-chất, với đối tượng cụ thể là phản-hydrogen, có giống như áp dụng cho vật chất, cụ thể là hydrogen, hay không. Trước hết phải tạo ra phản-hydrogen trong phòng thí nghiệm thay vì tóm bắt nó trong tự nhiên (xác suất xuất hiện trong tự nhiên quá thấp), đồng thời phản-hydrogen tạo ra phải làm sao khống chế được trong những điều kiện nhất định để có thể theo dõi, quan sát. Cách đây vài năm, tại CERN và tại Fermilab, một trung tâm máy gia tốc ở Mỹ, người ta đã tạo ra được khoảng hơn một chục nguyên tử phản-hydrogen nhưng không thể sử dụng để nghiên cứu được, vì các nguyên tử này quá nóng và chuyển động quá nhanh (gần bằng vận tốc ánh sáng). Mục tiêu lần này tại CERN là tạo ra phản-hydrogen lạnh và chậm. Để làm điều đó, nhóm thí nghiệm dưới sự lãnh đạo của Gerald Gabrielse, đã thực hiện những bắn phá để tạo ra tương tác giữa vài chục vạn hạt positron với vài chục vạn hạt phản-proton trong một trường điện từ được làm lạnh xuống tới -269 độ C. Kết quả đã tạo ra một lượng đáng kể nguyên tử phản-hydrogen lạnh và chuyển động tương đối chậm, tồn tại trong một khoảng thời gian có thể theo dõi được trước khi những nguyên tử này va đập vào các thành vách và tự hủy. Mặc dù chưa hoàn toàn khống chế được nguyên tử để nghiên cứu tiếp, Gabrielse kêu lên “đây là một bước tiến tuyệt vời hết sức có ý nghĩa”, và lạc quan tin rằng trong vòng hai năm tới sẽ có thể làm lại thí nghiệm này với một từ trường đủ mạnh để giữ các nguyên tử phản-hydrogen đứng lại, rồi đưa chúng vào một buồng chân không để nghiên cứu.

Nhận định sự kiện trên, giáo sư Victor Flambaum thuộc Đại học NSW, Australia, nói: “Các nhà khoa học đang ra sức nghiên cứu xem liệu phản-vật-chất có khác với vật chất thông thường về kích thước hay khối lượng hay không. Mọi bằng chứng ta có hiện nay đều cho thấy chúng như nhau. Vì thế bất kỳ một sự phát hiện nào về

sự khác biệt sẽ là một khám phá vĩ đại”. Trong khi đó giáo sư Kevin Varvell thuộc Đại học Sydney tin rằng “có thể có những khác biệt rất, rất nhỏ giữa vật chất và phản-vật-chất trong cùng cách tuân thủ các định luật vật lý”.

19. Vật liệu hữu cơ bức xạ laser

Tạp chí Nature ngày 14-2-2002 đã công bố một phát minh kỳ lạ: Các nhà khoa học tại Viện Laser thuộc Đại học Buffalo, Mỹ, lần đầu tiên đã tổng hợp được một loại thuốc nhuộm hữu cơ gọi tắt là APSS có thể hấp thụ 3 photons (hạt ánh sáng) đồng thời cùng một lúc để sau đó bức xạ ra tia laser có năng lượng cao. Tiến sĩ Paras Prasad, viện phó Viện Laser, nói: “Đây là một đột phá chứng minh rằng người ta có thể sản xuất được những loại vật liệu có khả năng hấp thụ 3 photons cùng một lúc với hiệu quả cao để làm những vật trung gian biến ánh sáng thông thường thành laser”. Guang He, người lãnh đạo nghiên cứu, giải thích nội dung cơ bản của phát minh này là kỹ thuật nâng mức năng lượng của photon từ mức năng lượng thông thường lên mức năng lượng laser dựa trên hiện tượng thẩm thấu đồng thời của nhiều photon qua một vật liệu tương ứng.

Ngay lập tức phát minh này đã cuốn hút sự chú ý vì nó hứa hẹn hàng loạt ứng dụng quan trọng trong công nghệ thông tin, điện tử, y học, và quân sự:

1-Bức xạ phát ra từ vật liệu hấp thụ 3 photons sẽ có bước sóng 1,3 micrometres, tương ứng với một trong hai loại tần số duy nhất thích hợp với các ứng dụng hiện nay về thông tin từ xa bằng sợi quang học. Do đó bức xạ này sẽ giúp cải thiện chất lượng truyền thông tin trong điện thoại đường dài thông qua mạng thông tin sợi quang.

2-Vật liệu hấp thụ 3 photons ứng dụng vào việc chế tạo màn hình computer sẽ cho ảnh có độ nét cao hơn, hoặc ứng dụng để chế tạo các bộ nhớ sẽ cho dung tích nhớ cao hơn. Nếu bức xạ của vật liệu này được dùng để truyền thông tin qua mạng internet thì sẽ giúp mọi thông tin qua internet nhanh hơn, điện thoại qua internet rõ hơn.

3-Trong quá trình biến đổi mức năng lượng ánh sáng nói trên, ánh sáng tử ngoại đã dịch chuyển về phổ nhìn thấy được và xuất hiện như ánh sáng xanh-lá-cây-vàng. Loại ánh sáng này rất hữu ích trong công nghệ tạo ảnh bằng phương pháp quang học, tạo ảnh bằng sinh học, trong kỹ thuật chẩn bệnh và liệu pháp điều trị bằng laser đối với các U nằm sâu bên trong cơ thể.

4-Với đà phát triển của kỹ thuật thẩm thấu photon đồng thời, từ 2 photons năm 1996 tới 3 photons trong năm nay, những vật liệu thích hợp trong tương lai với khả năng thẩm thấu “đa photon” (multiphoton absorption) sẽ có thể tạo ra những loại laser sóng cực ngắn (ultrashort wavelength UV lasers) sử dụng đặc biệt ích lợi trong công nghệ chế tạo vật liệu bán dẫn, nhưng cũng đặc biệt nguy hiểm nếu được áp dụng cho các hệ thống vũ khí, chẳng hạn hệ thống SDI của Mỹ trước đây hoặc hệ thống tên lửa chống tên lửa hiện nay.

Vì thế, tiến sĩ Paras Prasad, viện phó Viện Laser, nhận định: “Đây là một đột phá chứng minh rằng người ta có thể sản xuất được những loại vật liệu có khả năng hấp thụ nhiều photons cùng một lúc với hiệu quả cao để làm những vật trung gian biến ánh sáng thông thường thành laser”.

20. “Hạt của Chúa” thách thức Mô Hình Tiêu Chuẩn

Nếu thực nghiệm là “thước đo chân lý” của một lý thuyết vật lý thì những thí nghiệm gần đây nhất tại CERN (Trung tâm nghiên cứu hạt nhân Âu châu) đã thách thức sự sống còn của Mô Hình Tiêu Chuẩn – lý thuyết hiện đại về các hạt cơ bản : Kết quả đo lường hướng phân huỷ của hạt Z, một trong các hạt truyền lực hạt nhân yếu, nhằm tiên đoán khối lượng của Higgs boson – hạt truyền khối lượng cho các hạt cơ bản khác thông qua tương tác – cho thấy Mô Hình Tiêu Chuẩn không còn đúng nữa, và điều này ngụ ý với một xác suất lớn rằng một lý thuyết vật lý mới tiếp sau Mô Hình Tiêu Chuẩn đang chờ đợi được khám phá. Đó là tin của tạp chí University Science News ngày 29-01-2002, dựa trên công trình nghiên cứu của

Micheal Chanowitz, nhà vật lý lý thuyết thuộc Phân Ban Vật Lý Viện Nghiên Cứu Quốc Gia Lawrence Berkley, Mỹ, vừa công bố trên Physical Review Letters, tạp chí vật lý uy tín nhất hiện nay.

Mô Hình Tiêu Chuẩn (MHTC-Standard Model), là một hệ thống lý thuyết bắt đầu được xây dựng từ năm 1978 và kéo dài cho đến tận ngày nay nhằm tổng kết và hệ thống hoá toàn bộ hiểu biết của loài người về các hạt và các lực cơ bản trong tự nhiên, chưa kể lực hấp dẫn. Theo lý thuyết này, các hạt nhỏ nhất trong tự nhiên gồm hai loại chủ yếu: fermions-hạt cấu tạo nên vật chất, và bosons-hạt truyền lực hoặc năng lượng cho các hạt khác thông qua tương tác.

Fermions được chia thành 3 họ tùy theo khối lượng của chúng. Họ I gồm các fermions nhẹ nhất: up-quarks, down-quarks, electrons, electron-neutrinos và các phản hạt tương ứng. Các fermions này tạo nên vật chất thông thường xung quanh ta: up-quarks và down-quarks kết hợp với nhau theo từng bộ ba để tạo thành protons và neutrons, rồi protons và neutrons lại kết hợp với nhau để tạo thành hạt nhân nguyên tử, electrons kết hợp với hạt nhân để tạo thành nguyên tử và phân tử. Họ II gồm charm-quarks, strange-quarks, muons và muon-neutrinos và các phản hạt tương ứng. Họ III gồm top-quarks, bottom-quarks, taus, tau-neutrinos và các phản hạt tương ứng. Các fermions thuộc họ II và họ III không có trong vật chất thông thường mà chỉ xuất hiện cực kỳ hiếm hoi trong vũ trụ hoặc trong các máy gia tốc.

Trong MHTC hiện nay liệt kê 4 loại bosons: photons (hạt ánh sáng) là hạt truyền lực điện từ, W và Z là các hạt truyền lực hạt nhân yếu (lực chịu trách nhiệm khi một hạt nhân nguyên tử phân huỷ và giải phóng một electron và một neutrino), gluons là hạt truyền lực hạt nhân mạnh (lực giữ các quarks lại với nhau trong protons và neutrons, và giữ protons và neutrons lại với nhau trong hạt nhân), và Higgs là hạt truyền khối lượng, do Peter Higgs thuộc đại học Edinburgh, Anh, nêu lên lần đầu tiên trong Lý thuyết về các trường Higgs

Trong suốt một thời gian dài thử thách, MHTC luôn luôn tỏ ra là một lý thuyết đầy sức thuyết phục, vì nó không chỉ mô tả đầy đủ các hiện tượng đã biết trong trường lượng tử mà còn cho phép tiên đoán chính xác hàng loạt hiện tượng chưa biết trong thế giới các hạt cơ bản. Thắng lợi vang dội nhất gần đây là việc tiên đoán khối lượng của top-quarks đã được thực nghiệm xác nhận năm 1994. Từ đó đến nay các công trình nghiên cứu nhằm hoàn thiện MHTC đều tập trung vào Higgs bosons. Tại sao các nhà vật lý lại chạy đua để nghiên cứu hạt Higgs ? Đó là câu hỏi trên trang Web của CERN, phản ánh tình hình thực tế diễn ra trên thế giới hiện nay.

Quả thật, Higgs bosons trở thành quan trọng đến nỗi Leon Lederman, nhà vật lý đoạt giải Nobel năm 1988, đã gọi đó là “Hạt của Chúa”. Trong cuốn “Hạt của Chúa” xuất bản năm 1993, Lederman thuyết phục chính Phủ Mỹ cấp 10 tỷ USD để chế tạo một chiếc máy gia tốc đủ mạnh để tìm kiếm “Hạt của Chúa”: “Hãy giao cho chúng tôi 10 tỷ dollars và các nhà vật lý sẽ giao nộp Chúa cho các ông!”. Điều này nói lên rằng Higgs bosons là nguyên nhân của cái ban đầu: chúng đóng vai trò quyết định làm “tan vỡ siêu lực” vào lúc khởi thủy của vũ trụ^[1]. Thật vậy, nhiều lý thuyết vật lý ngày nay kể cả Lý thuyết Big Bang đều cho rằng lúc ban đầu vũ trụ chỉ có một lực duy nhất là “siêu lực” (superforce), để rồi sau đó “siêu lực” tách ra thành các lực khác như ta thấy ngày nay.

“Siêu lực” là một khái niệm hiện đại nhưng thực chất bắt nguồn từ tư tưởng thống nhất vật lý do Albert Einstein khởi xướng vào những năm 1920 trong một lý thuyết mang tên Lý thuyết trường thống nhất (Theory of Unified Field-TUF), trong đó lực hấp dẫn và lực điện từ được coi thực chất chỉ là “hai mặt của một đồng xu”. Trong suốt 30 năm cuối đời, Einstein đã cống hiến toàn bộ sức lực cho lý thuyết này nhưng không thành công, để lại cho nhân loại “Bản giao hưởng bỏ dở” (Unfinished Symphony), như cách nói của Madeleine Nash trên tờ TIMES ngày 31-12-1999. Nhưng nếu “Bản giao hưởng bỏ dở” của Franz Schubert không thể viết tiếp được thì “Bản giao hưởng bỏ dở” của Einstein đã được hậu thế tiếp tục phát triển với mục tiêu cuối cùng là tìm ra bản chất thống nhất của 4 loại lực tồn tại trong tự nhiên: lực hấp dẫn, lực điện từ, lực hạt nhân mạnh, lực

hạt nhân yếu. Tư tưởng này lần đầu tiên đạt được thắng lợi vang dội vào năm 1967 khi Steven Weinberg, Sheldon Glashow và Abdus Salam[2] đồng thời chứng minh được bằng toán học rằng lực điện từ và lực hạt nhân yếu có cùng bản chất của một lực duy nhất gọi là lực điện-từ-yếu (electroweak force). Năm 1983-84, các nhà vật lý tại CERN đã khám phá ra các hạt W và Z đúng như lý thuyết điện-từ-yếu dự đoán, do đó ba tác giả của lý thuyết này đã đoạt giải Nobel vật lý năm 1979. Đó là những năm tháng rực rỡ và vĩ đại của tư tưởng thống nhất vật lý, trong đó các nhà khoa học cảm thấy được khích lệ mạnh mẽ để đi những bước tiếp theo: tìm cách hợp nhất lực điện-từ-yếu với lực hạt nhân mạnh trong một khuôn khổ được gọi là Lý thuyết thống nhất lớn (Grand Unified Theory-GUT). Tuy nhiên, theo Steven Weinberg, nhiều khó khăn đã nảy sinh cho thấy GUT khó có thể thành công nếu không gộp luôn cả lực hấp dẫn vào trong đó[3]. Vì thế, tham vọng của nhiều nhà khoa học ngày nay đã được đẩy xa tới mức đi tìm một lý thuyết không những hợp nhất tất cả các lực, mà hợp nhất luôn cả tất cả các hạt: “tất cả là một, một là tất cả”[4]!. Một lý thuyết như thế nếu tồn tại sẽ xứng đáng để được gọi là “Lý thuyết về mọi thứ” (Theory Of Everything-TOE), còn Steven Weinberg thì gọi đó là “lý thuyết cuối cùng” (the final theory), vì quả thật với lý thuyết đó những câu hỏi thắc mắc của loài người từ ngàn xưa về nguồn gốc của vũ trụ và của chính loài người sẽ bắt đầu được sáng tỏ.

Liệu có thể có một lý thuyết thống nhất như thế được không? Stephen Hawking trả lời trong cuốn “Lược sử thời gian” rằng “Hiện nay triển vọng tìm ra một lý thuyết như thế rất sáng sủa vì chúng ta đã biết khá nhiều về vũ trụ”, và “hiện nay chúng ta đang ở gần giai đoạn cuối trong quá trình tìm ra những định luật cơ bản của thiên nhiên”[5]. Tuy nhiên, triển vọng đó trước mắt phụ thuộc vào việc hoàn thiện MHTC sao cho lý thuyết này có thể bao gồm cả tương tác hấp dẫn, nghĩa là kết hợp được MHTC với Thuyết tương đối tổng quát của Einstein. Nhưng trước hết, tất cả những bài toán vĩ đại đó phụ thuộc vào việc kiểm chứng Higgs bosons. Steven Weinberg viết: “Để hoàn thiện MHTC, chúng ta cần phải xác nhận sự tồn tại của những trường vô hướng này, và tìm ra có bao nhiêu dạng trường đó. Đây là vấn đề khám phá những hạt cơ bản mới,

thường được gọi là những hạt Higgs, mà có thể được xem như là những lượng tử của những trường này. Chúng ta có mọi lý do để cho rằng nhiệm vụ này sẽ được hoàn tất trước năm 2020, sau khi chiếc máy gia tốc mang tên Large Hadron Collider tại CERN, Viện nghiên cứu vật lý hạt cơ bản Âu châu đặt tại Geneve, đã đi vào hoạt động được hơn một thập kỷ” [6].

Tóm lại, Higgs bosons đã và đang trở thành “nhân vật” chính yếu trong câu chuyện của vật lý hạt cơ bản, tức của MHTC, và của lý thuyết vật lý thống nhất, có nghĩa là của toàn bộ vật lý. Nhưng chính vào lúc mọi nỗ lực tập trung vào việc phát hiện hạt Higgs thì những thí nghiệm tại CERN đã làm bộc lộ điều gì đó bất ổn trong MHTC.

Một trong những phép đo được các nhà khoa học tại CERN sử dụng để tiên đoán khối lượng của hạt Higgs là xác định hướng phân huỷ của các hạt Z thành bottom quarks và phản-bottom-quarks. Mặc dù những phép đo này chưa trực tiếp kiểm chứng sự tồn tại của hạt Higgs, mà chỉ gián tiếp suy đoán khối lượng của hạt Higgs thông qua sự phân huỷ của hạt Z, nhưng “kết quả đo lường này không phù hợp một cách rõ rệt so với giá trị tiên đoán của MHTC”, Chanowitz nhận định trong báo cáo trên Physical Review Letters, “nếu điều này đúng, sự khác biệt này ngụ ý sự thất bại của MHTC”. Chanowitz phân tích tiếp: Vì việc đo lường sự phân huỷ hạt Z thành bottom-quarks và phản-bottom-quarks là cực kỳ khó khăn nên khả năng những “sai sót tinh vi lắt léo trong thí nghiệm” gây ra sự khác biệt trong kết quả là điều không thể tránh khỏi. Tuy nhiên sai số đo đạc không thể cứu vãn được lý thuyết, vì giá trị tiên đoán khối lượng hạt Higgs của MHTC quá thấp so với kết quả tính toán rút ra từ thực nghiệm, bằng 114,1 GeV (hơn 114 tỷ electronvolts), mặc dù kết quả này được chọn lựa từ giá trị nhỏ nhất (minimum) trong số những kết quả thu được qua nhiều lần thí nghiệm khác nhau. Nói cách khác, sự sai biệt giữa thực nghiệm và lý thuyết quá lớn, vượt quá sai số cho phép. Chỉ có thể giải thích sự sai biệt này bằng cách chỉ ra điều gì đó còn thiếu sót trong MHTC, và khắc phục nó bằng cách tìm ra những lý thuyết mới, ý tưởng mới phù hợp hơn.

Một trong các ý tưởng đó, theo Chanowitz, là cần phải tiên đoán những hạt cơ bản mới và thậm chí của những lực mới chưa hề biết tham gia vào trong các tương tác. Liệu có thể tìm thấy những hạt mới và những lực mới hay không ? Cũng như nhiều nhà khoa học khác, Chanowitz hy vọng chiếc máy gia tốc mới mang tên LHC- Large Hadron Collider với công suất bắn phá protons lên tới cỡ nhiều nghìn tỷ electronvolts (multi-TeV) bắt đầu đi vào hoạt động vào năm 2005 tại CERN sẽ cung cấp lời giải cho sự thách thức bởi “Hạt của Chúa”.

21. Dùng “tương tác ma quỷ” để chuyển thông tin tức thời

Nhà vật lý Úc gốc Hoa Ping Koy Lam cùng các cộng sự tại Đại học quốc gia Australia ở Canberra vừa thực hiện thành công một thí nghiệm chuyển thông tin theo một nguyên lý hoàn toàn mới dựa trên “tương tác ma quỷ” của các hạt ánh sáng : Đứng vào lúc một chùm sáng laser chứa đựng những dữ liệu thông tin nhất định bị huỷ tại một vị trí trong phòng thí nghiệm thì nhóm của Lam đã tạo ra được một chùm sáng laser khác giống hệt như thế tại một vị trí khác cách vị trí ban đầu 1 mét. Trong thí nghiệm, mặc dù chùm sáng không hề chuyển động từ điểm này đến điểm kia nhưng vì hai chùm sáng giống hệt nhau nên người quan sát có cảm tưởng rằng chùm sáng đã được di chuyển tức thời từ điểm này đến điểm kia, giống như trong truyện Tây Du Ký Tề Thiên Đại Thánh dùng phép biến hình và hiện hình để ngay lúc biến mất khỏi trần gian đã đồng thời xuất hiện trên thiên đình.

Các nhà khoa học gọi hiện tượng này là sự “chuyên chở tức thời qua không gian xa cách” (teleportation), một khái niệm xưa nay chỉ có trong truyện cổ tích, thần thoại hoặc khoa học viễn tưởng. Nhưng thí nghiệm của ANU lần đầu tiên đã biến chuyện thần thoại “vận chuyển tức thời” thành hiện thực: Vì hai chùm sáng giống hệt nhau, tức là thông tin chứa đựng trong hai chùm sáng đó là như nhau, nên kết quả thí nghiệm có ý nghĩa là thông tin đã được chuyển tức thời qua không gian mà không cần đến một dòng chuyển động nào của các hạt cơ bản. Đây là một nguyên lý truyền thông tin hoàn toàn

mới. Thật vậy, trong công nghệ thông tin dựa trên liên mạng computer điện tử và trong sợi cáp quang hiện nay, thông tin được chuyển qua các mạch điện tử, tức là nhờ dòng chuyển động của electron, hoặc được truyền trong sợi cáp quang, tức là dòng chuyển động của các hạt photon. Cả hai dạng truyền thông tin hiện tại này, mặc dù đã rất nhanh, đều không thể so sánh với nguyên lý truyền thông tin tức thời như trong thí nghiệm của ANU được. Nguyên lý truyền tức thời có hai ưu điểm vượt trội : tốc độ siêu-nhanh (được coi là tức thời) và siêu-an-toàn (rất khó giải mã ngay cả trong trường hợp thông tin bị đánh cắp). Vì thế, thí nghiệm của ANU đang gây nên một chấn động trong giới khoa học như một tiếng chuông báo hiệu một thời đại thông tin mới đang ở phía trước mặt.

Thực ra không phải các nhà khoa học Australia đã khám phá ra một hiện tượng mới. Họ chỉ khai thác một hiện tượng vật lý đã được biết đến từ lâu, đó là hiện tượng “vướng lượng tử”, hoặc “rối lượng tử” (quantum entanglement), trong đó hai hạt ánh sáng (photon) được tạo ra đồng thời cùng một lúc sẽ có những liên hệ rất kỳ lạ với nhau. Thật vậy, nếu hai hạt photon được tạo ra đồng thời và được đặt ở hai vị trí cách xa nhau, chúng sẽ không tồn tại một cách biệt lập riêng rẽ mà ngược lại luôn có một mối ràng buộc chặt chẽ với nhau, trạng thái của photon này sẽ quyết định trạng thái của photon kia. Nếu ta buộc photon này phải tuân theo một trạng thái lượng tử nào đó thì photon kia cũng lập tức có ngay một trạng thái lượng tử tương ứng. Nói cách khác, nếu ta biết trạng thái của photon này thì lập tức ta sẽ biết trạng thái của photon kia. Điều đó có nghĩa là giữa hai photon tồn tại một quan hệ tương tác nào đó. Tương tác này không phải là một trong 4 tương tác đã biết (hấp dẫn, điện từ, hạt nhân yếu, hạt nhân mạnh). Vậy nó là tương tác gì ? Đến nay vẫn chưa ai biết. Albert Einstein từng gọi đó là “tương tác ma quái” (spooky interaction). Tờ Guardian của Anh ngày 18-6-2002 bình luận: “Hiện tượng này còn bí hiểm hơn cả chính sự tồn tại của vũ trụ”. Đa số các nhà vật lý hiện nay “đành” giải thích điều bí hiểm này như một biểu hiện bất định của thế giới lượng tử mà Nguyên Lý Bất Định của Heisenberg đã chỉ rõ. Vì thế muốn hiểu nó buộc phải hiểu Nguyên Lý Bất Định.

Giả sử, nếu biết lực tác dụng vào quả bóng trong cú sút phạt của Ronaldinho trong trận Brazil-Anh trong World Cup 2002 vừa qua thì Cơ học Newton có thể giúp thủ môn Seaman tính toán chính xác quả bóng đó sẽ bay ra sao và sẽ rơi vào đâu. Đó là vì trong thế giới thông thường, quan hệ nhân-quả là chìa khoá giúp giải thích rõ ràng mọi hiện tượng. Nhưng trong thế giới của các “quả bóng vi mô” (các hạt dưới nguyên tử) thì quan hệ nhân-quả hoàn toàn sụp đổ. Các hạt cơ bản tồn tại hoàn toàn bất định. Tính bất định biểu hiện theo nhiều cách khác nhau, một trong những biểu hiện đó chính là hiện tượng “vướng lượng tử” : một hạt cơ bản có thể cùng một lúc tồn tại ở hai vị trí khác nhau mà giác quan thông thường của chúng ta coi là hai hạt khác nhau.

Trong những năm gần đây đã dấy lên một làn sóng vật lý đi tìm những biểu hiện bất định của các hạt cơ bản và người ta đã khám phá ra hàng loạt chuyện kỳ lạ bất thường. Năm 1995, một nhóm vật lý ở Colorado đã làm lạnh vật chất xuống tới -273 độ C (gần 0 độ tuyệt đối), trong điều kiện đó các nguyên tử “ứng xử” giống hệt nhau và tạo thành một “đại nguyên tử”. Năm 2001, một nhà vật lý Đan Mạch đã làm chậm ánh sáng đến mức như đứng lại, giữ được nó trong một khoảnh khắc, rồi lại “thả” nó ra để cho nó trở lại chuyển động với tốc độ ánh sáng. Nhưng kỳ quái nhất vẫn là hiện tượng “bất định vị” (nonlocality) của các hạt dưới nguyên tử, tức hiện tượng một hạt có thể xuất hiện cùng một lúc ở hai vị trí khác nhau nói trên. Một bộ óc kỳ lạ như Einstein cũng đành phải mô tả nó như là “tác động ma quỷ từ xa” (ghostly action at a distance), thay vì đưa ra một giải thích theo một công thức toán học nhân-quả.

Nhưng nhờ thái độ chấp nhận “tương tác ma quỷ” như là một biểu hiện của Nguyên Lý Bất Định nên các nhà vật lý đã hướng mục tiêu nghiên cứu vào ứng dụng tương tác đó. Người đi tiên phong theo hướng này là giáo sư Zeilinger, năm 1997 lần đầu tiên đã nêu lên ý kiến cho rằng do tính chất đồng thời tồn tại tại nhiều vị trí khác nhau nên các hạt ánh sáng có thể được “vận chuyển tức thời” qua những khoảng cách lớn trong không gian. Ngay lập tức 40 phòng thí nghiệm trên thế giới đã bắt tay vào nghiên cứu nhằm biến ý tưởng

của Zeilinger thành hiện thực. Thí nghiệm của ANU là một trong số đó, và đây là lần đầu tiên thực hiện được việc chuyển thông tin tức thời qua khoảng cách không gian 1 m, trong đó hai chùm sáng laser thực chất chỉ là một, nhưng đồng thời tồn tại ở hai vị trí khác nhau !

Tiến sĩ Lam nói: “Về lý thuyết, không có gì ngăn trở con người di chuyển tức thời trong không gian, nhưng vào thời điểm hiện nay, đó vẫn là chuyện viễn tưởng. Tuy nhiên trong tương lai không xa, việc vận chuyển tức thời một vật rắn có thể trở thành hiện thực. Tôi dự đoán trong vòng từ 3 đến 5 năm nữa khoa học sẽ có thể vận chuyển tức thời một nguyên tử”.

22. Một lần nữa Einstein lại đúng! (Lần đầu tiên đo được tốc độ của lực hấp dẫn)

Khoa học lại vừa đạt được một chiến công vang dội khi hai nhà khoa học Mỹ, Ed Fomalont tại Đài quan sát sóng thiên văn radio quốc gia ở Charlottesville, Virginia, và Sergei Kopeikin tại Đại học Missouri ở Columbia, lần đầu tiên đã đo được tốc độ lan truyền của lực hấp dẫn, khớp với dự đoán thiên tài của Albert Einstein trong Thuyết Tương Đối Tổng Quát. Thành tựu này ủng hộ cho “Lý thuyết về mọi thứ” (TOE – Theory Of Everything), một lý thuyết trung tâm của vật lý hiện đại nhằm thống nhất toàn bộ các lực trong tự nhiên, tức là thống nhất toàn bộ thế giới vật chất về cùng một bản chất.

Lực hấp dẫn đã được khám phá từ thế kỷ 17 bởi Isaac Newton, một trong những nhà toán học và vật lý vĩ đại nhất của mọi thời đại. Newton thiên tài không những dự đoán được sự tồn tại của lực hấp dẫn mà còn tính được chính xác lực tác động giữa hai vật thể có khối lượng, phát minh ra Định luật vạn vật hấp dẫn và dùng định luật này để giải thích chuyển động của các thiên thể. Tuy nhiên Newton phạm hai sai lầm:

-Một, ông coi không gian giữa các thiên thể là trống rỗng, lực hấp dẫn có khả năng đi xuyên qua không gian trống rỗng đó để tác động lên nhau.

-Hai, lực hấp dẫn tác dụng tức thời từ vật này lên vật kia, không cần thời gian để đi xuyên qua không gian. Nói cách khác, tốc độ lan truyền của lực hấp dẫn là vô hạn.

Sai lầm thứ nhất đã bị Michael Faraday ở thế kỷ 19 bác bỏ. Theo Faraday không thể có không gian trống rỗng và nhất thiết lực phải truyền qua một môi trường trung gian. Môi trường này không nhất thiết được cấu tạo bởi vật chất nhìn thấy, mà có thể bằng một loại vật chất không nhìn thấy được gọi là trường (field). Lý thuyết về các trường ra đời từ đó.

Nhưng sai lầm thứ hai thì phải đợi mãi đến đầu thế kỷ 20, năm 1916, khi Einstein công bố Thuyết Tương Đối Tổng Quát (TTĐTQ) thì mới bị bác bỏ. Trong TTĐTQ, Einstein nêu lên giả thiết lực hấp dẫn có tốc độ giới hạn, thậm chí ông cho rằng tương đương với tốc độ ánh sáng. Giả thiết này là một trong những cơ sở nền móng của TTĐTQ. Nếu giả thiết này sụp đổ thì lý thuyết của Einstein cũng sụp đổ theo.

Năm 1919, thí nghiệm của Arthur Eddington đo độ lệch của tia sáng một ngôi sao khi nó đi ngang qua gần mặt trời, xác nhận hoàn toàn tiên đoán của Einstein về tính cong của không gian, một trong những hệ quả nổi tiếng của TTĐTQ. Từ đó lý thuyết của Einstein hoàn toàn có sức thuyết phục. Trong gần 100 năm qua, khoa học đã làm lại thí nghiệm của Eddington nhiều lần với những công cụ ngày càng tinh vi hơn, thu được những kết quả ngày càng gần với tính toán lý thuyết của Einstein hơn. Mặt khác, với TTĐTQ các nhà vũ trụ học đã giải thích và tính toán được hàng loạt hiện tượng thiên văn và vũ trụ một cách chính xác. Do đó đến nay TTĐTQ đã trở thành một trong các trụ cột của khoa học, thậm chí của cả triết học và nhận thức của loài người nói chung. Không còn ai nghi ngờ nó nữa, người ta chỉ sử dụng nó như một công cụ sắc bén để khám phá những hiện tượng mới, nguyên lý mới của tự nhiên.

Tuy nhiên, có một dấu hỏi lớn đặt ra: Liệu giả thiết về tính giới hạn của tốc độ của lực hấp dẫn có đúng không? Làm thế nào để kiểm

tra giả thiết đó ?

Câu hỏi này từ lâu đã thách thức các nhà khoa học, và là một trong những thách thức vĩ đại nhất. Và phải đợi gần một thế kỷ sau Einstein, đầu năm 2003 mới có câu trả lời: “Một lần nữa Einstein lại đúng !”, Kathy Sawyer, ký giả khoa học của nhật báo The Washington Post, phải thốt lên như vậy khi đưa tin và bình luận về sự kiện vang dội này: Kết quả đo đạc của Fomalont và Kopeikin cho thấy tốc độ lan truyền của lực hấp dẫn bằng 1,06 lần tốc độ ánh sáng, tức là bằng 299337 km trong 1 giây trong chân không, với sai số 20%.

Nhưng làm thế nào mà hai nhà khoa học đó đã làm được điều kỳ diệu ấy ? Câu trả lời là: Họ đã học kỹ thí nghiệm của Arthur Eddington. Vậy đến đây xin đọc giả quay lại với Eddington.

Năm 1916, Einstein tiên đoán lực hấp dẫn sẽ bẻ cong không gian xung quanh nó, và do đó ánh sáng đi qua một vùng ở gần một thiên thể có khối lượng lớn cũng sẽ bị cong dưới tác dụng của lực hấp dẫn do thiên thể ấy gây ra. Eddington là người vô cùng sắc sảo khi ông đề nghị kiểm tra tiên đoán của Einstein nhân dịp một hiện tượng nhật thực hi hữu xảy ra vào năm 1919, trong đó trái đất, mặt trời và một ngôi sao biết rõ danh tính nằm gần như thẳng hàng. ánh sáng từ ngôi sao đến trái đất sẽ phải đi ngang qua gần mặt trời. Nếu Einstein đúng thì vị trí ngôi sao trên bản đồ sao lúc xảy ra nhật thực sẽ phải lệch đi một chút so với vị trí vốn có, do ánh sáng của nó bị lệch khi đi gần mặt trời. Kết quả như trên đã nói, thí nghiệm đã xác nhận tiên đoán của Einstein.

Đến lượt Fomalont và Kopeikin, với chương trình nghiên cứu đã được chuẩn bị từ nhiều năm trước, hai ông đã “chộp” được một hiện tượng cũng vô cùng hi hữu chỉ xảy ra một lần trong một thập kỷ: Trái đất, Mộc tinh (Jupiter, một hành tinh trong hệ mặt trời) và một Quasar (một thiên hà hoạt động rất mạnh, rực sáng, chứa nhiều hố đen ở lõi, cách xa trái đất vài tỷ năm ánh sáng), sắp xếp gần như thẳng hàng vào ngày 8 tháng 9 năm 2002. Sóng radio thiên văn phát

đi từ Quasar đi tới trái đất sẽ đi ngang qua gần Mộc tinh và chúng sẽ bị lệch dưới tác dụng của lực hấp dẫn của Mộc tinh. Lực hấp dẫn càng lớn thì độ lệch càng lớn. Từ độ lệch thu nhận được từ rất nhiều đài quan sát khác nhau, các nhà khoa học có thể tính được tốc độ của lực hấp dẫn.

Đó là nội dung căn bản của thí nghiệm. Tuy nhiên để thiết lập được một bài toán có nội dung dẫn tới đáp số là tốc độ của lực hấp dẫn cần phải có một trình độ toán học siêu đẳng để thiết kế một hệ thống quan sát sao cho có thể thu nhận được những thông số cần thiết. Hơn nữa cần phải có một hệ thống máy quan sát cực kỳ tinh vi để có thể ghi nhận được những dấu hiệu thay đổi nhỏ nhất của các dữ kiện. Để đáp ứng cả hai khó khăn rất lớn đó, thí nghiệm đã phải phối hợp hoạt động của một hệ thống kính viễn vọng trải rộng trên một phạm vi chưa từng có trên trái đất: từ các kính viễn vọng tìm sóng radio thiên văn trong nội địa nước Mỹ đến các kính viễn vọng radio trên vùng quần đảo Virgin Island và Hawaii, cùng với các kính viễn vọng radio tại Eeffelsberg ở Đức. Độ chính xác của các kính viễn vọng này đạt tới mức nhận diện được một sợi tóc ở cách xa 400 km. Fomalont nói. “Chúng tôi phải thực hiện một phép đo với khoảng 3 lần chính xác hơn bất kỳ ai đã từng làm”. Thực ra Fomalont và Kopeikin vô cùng lo lắng về thời tiết trên trái đất và các cơn bão điện từ có thể xảy ra trên Mộc tinh sẽ làm hỏng kế hoạch của họ. Nhưng họ đã gặp may.

Kết quả, như ở trên đã thông báo, chứa đựng hai nội dung cơ bản:

-Lực hấp dẫn có tốc độ lan truyền giới hạn. Năm 2003 mới thật sự là thời điểm cáo chung của tư tưởng Newton về tính tức thời của lực hấp dẫn, đồng thời xác nhận tiên đoán thiên tài của Einstein.

-Tốc độ của lực hấp dẫn tương đương với tốc độ ánh sáng. Fomalont nói: “Mục tiêu chủ yếu của chúng tôi lúc đầu là chứng minh rằng tốc độ vô hạn của sóng hấp dẫn là sai, nhưng cuối cùng chúng tôi đã đạt được kết quả vượt mức dự kiến. Bây giờ chúng tôi

rất tự tin để nói rằng chúng tôi sẽ loại trừ bất kỳ một tốc độ nào của lực hấp dẫn nhanh tới mức gấp 2 lần tốc độ ánh sáng”.

Kết quả thí nghiệm đã được công bố trong cuộc họp của Hội thiên văn Mỹ đầu năm nay. Đại đa số các nhà khoa học có mặt đều tin vào kết quả của Fomalont và Kopeikin, mặc dù thí nghiệm sẽ còn được lặp lại trong tương lai. Chỉ có một nhà khoa học Nhật bản tỏ ý nghi ngờ khi cho rằng trình độ kỹ thuật ngày nay chỉ mới có thể đo được tốc độ ánh sáng chứ chưa thể đo được tốc độ lực hấp dẫn, nhưng ý kiến này không được hội nghị ủng hộ .

Tại sao Fomalont và Kopeikin lại chọn “phương án Eddington” ?

Hãy nghe Kopeikin giải thích: “Chưa có ai cố gắng đo tốc độ của lực hấp dẫn, vì hầu hết các nhà vật lý nghĩ rằng chỉ có mỗi một cách thực hiện điều này là phải phát hiện ra sóng hấp dẫn trước đã”. Thật vậy, từ nhiều năm nay những trung tâm nghiên cứu khổng lồ đã được xây dựng nhằm thăm dò các sóng hấp dẫn lặn tẩn lan truyền trong không gian, phát đi từ các sự kiện như sự va đập của các sao neutrons hoặc của vụ nổ Big Bang 14 tỷ năm trước đây. Fomalont và Kopeikin đã đi đường tắt và tới đích nhanh hơn.

Kết quả này đặc biệt làm cho các nhà vật lý lý thuyết thích thú, bởi vì họ đang theo đuổi “Lý thuyết về mọi thứ”, hậu thân của Lý thuyết thống nhất do Einstein chủ xướng từ như năm 1920. Lý thuyết này đã tìm ra sự thống nhất của lực điện từ và lực hạt nhân yếu, gọi tắt là lực điện từ yếu. Nhiều cố gắng đang tìm cách hợp nhất lực điện từ yếu với lực hạt nhân mạnh. Nhưng Steven Weinberg, một trong 3 người đoạt giải Nobel vật lý năm 1979, từng cảnh báo rằng nỗ lực này chỉ có thể thành công nếu hợp nhất luôn cả lực hấp dẫn vào trong đó. Vì thế cuộc “săn đuổi tóm bắt” lực hấp dẫn trở thành đề tài chính của câu chuyện “Lý thuyết về mọi thứ”. Trong bối cảnh đó, Fomalont và Kopeikin đã tạo nên một đột phá đầu tiên. Không nghi ngờ gì nữa, đây là một thắng lợi vĩ đại của khoa học !

23. Một kiểu giáo khoa vật lý hoàn toàn mới

Joy Hakim đang phá vỡ tất cả các luật lệ (Valerie Strauss)

Thật là khó hiểu khi một nền kinh tế, khoa học và công nghệ đứng hàng đầu thế giới như của Mỹ lại tiến bước song hành bên cạnh một nền giáo dục phổ thông tụt hậu, chất lượng thua kém nhiều quốc gia khác, kể cả một số quốc gia đang phát triển. Đó là một nghịch lý giáo dục từng làm đau đầu các nhà lãnh đạo Mỹ, tạo nên một sức ép nặng nề đối với các nhà sư phạm, buộc họ phải tìm ra chìa khoá để đảo ngược tình hình.

Trong bối cảnh đó, nữ giáo sư kiêm nhà báo Joy Hakim đã công bố một kiểu sách giáo khoa hoàn toàn mới, không viết theo con đường kinh viện như mọi sách giáo khoa khác, mà theo phong cách lịch sử khoa học. Dưới đầu đề “Một phương pháp cơ bản để giảng dạy khoa học” (A Radical Formula For Teaching Science), nhật báo The Washington Post ngày 18-03-2003 nhận định: Joy Hakim đang phá vỡ tất cả các luật lệ... Sách giáo khoa lâu nay thường chỉ là những bản thống kê kiến thức buồn tẻ và nhàm chán, nhưng sách của Hakim lại như một loại truyện kể. Thông qua những câu chuyện lịch sử khoa học hấp dẫn, Hakim dạy cho học sinh hiểu khoa học, hiểu quá trình hình thành các tư tưởng khoa học và ảnh hưởng của các tư tưởng đó đối với thế giới.

Để thấy rõ ý nghĩa cách mạng trong công trình của Hakim, xin đọc giả cùng chúng tôi điểm lại một số nét đặc biệt trong nền giáo dục của Mỹ những năm gần đây.

1-Nghịch lý giáo dục

Ngày 20-11-2002, hãng tin Reuters đưa tin: “Học sinh trung học đạt kết quả kém trong môn khoa học” (High School Students Do Badly in Science). Thật vậy, trong kỳ thi kiểm tra toàn quốc môn khoa học (vật lý, hoá học, sinh học) vừa qua chỉ có khoảng 19% học sinh trung học đạt loại khá, 34% đạt trung bình (nắm được kiến thức tối thiểu), 47% đạt loại kém (kiến thức dưới mức tối thiểu). Theo Reuters, nguyên nhân chủ yếu là do trình độ non yếu của giáo viên:

“Từ lâu dư luận đã phàn nàn rằng nhiều giáo viên không được kiểm tra kiến thức một cách phù hợp để dạy môn khoa học”. Trong khi đó Hội Giáo Viên Khoa Học Quốc Gia lại đổ lỗi cho nhà nước, phê phán nhà nước thiếu chú ý đến việc cải cách chương trình môn học này, không nhận thức đủ tầm quan trọng của môn này. Harold Pratt, chủ tịch Hội, nói: “Bạn không thể mong chờ nhìn thấy những thay đổi lớn trong kết quả học tập của học sinh chừng nào không có những thay đổi lớn trong phương pháp học môn khoa học”.

Tình hình môn toán cũng chẳng có gì khả quan hơn. Sau những cải cách trong hai thập kỷ 1960-1970 dưới danh hiệu “Toán Học Mới” (New Mathematics) với kết cục thất bại thảm hại, thay vì quay trở lại phương pháp truyền thống, ngành giáo dục Mỹ lại tiếp tục cải cách và cải cách. Cuộc cải cách mới nhất từ 1998 đến nay được báo chí gọi là “Toán Học Mới-Mới” (New-New Mathematics) với sự áp đặt cả những môn hiện đại như Lý Thuyết Tập Mờ (Fuzzy Theory), v.v. nhưng rốt cuộc vẫn chỉ làm cho nền giáo dục toán học lâm vào khủng hoảng tệ hại hơn. Giới phụ huynh học sinh, và ngay cả nhiều nhà trường, thầy cô giáo cũng kịch liệt phản đối việc áp dụng chương trình mới vì sự quá tải và vô hiệu quả của nó. Nhiều trường tuyên bố không giảng dạy theo chương trình mới. Tranh luận và cãi vã bùng nổ trên báo chí và trên mạng [7]. Tình trạng lộn xộn đến nỗi báo chí gọi đây là “cuộc chiến tranh toán học” (Maths War). Tình trạng này dẫn tới hậu quả học sinh chán ngấy môn toán, lảng tránh toán, đổ xô vào học những ngành không cần hoặc rất ít cần toán. Trong cuốn “Thực ra toán học là gì ?” (What is Mathematics, Really?), Reuben Hersh, giáo sư Đại học New Mexico, nhận định: “Nước Mỹ đang phải chịu nạn “mù tính toán” (innumeracy) trong quảng đại quần chúng, nạn “trốn tránh môn toán” (math avoidance) trong sinh viên trung học, và 50% học sinh lớp 11, 12 thi trượt môn vi tích phân. Nguyên nhân bao gồm việc thiếu kinh phí, sự mòn mỏi tinh thần vì xem tivi, phụ huynh không yêu thích môn toán. Nhưng còn có một nguyên nhân khác ít người biết đến: sự thiếu hiểu biết đối với bản chất của toán học”. Bách khoa toàn thư Americana 1999 của Mỹ tổng kết hậu quả của trào lưu “Toán Học Mới” như sau: “Tình trạng mù toán học (mathematical illiteracy) là phổ biến, và rõ

ràng là các quốc gia khác, như Nhật Bản hay Liên xô (cũ), có học sinh được đào tạo tốt hơn. Mặc dù lý do thất bại của chương trình này khá phức tạp, nhưng đã có thể nêu lên một số đánh giá khái quát. Việc đào tạo giáo viên cho một chương trình có tầm cỡ như vậy được thực hiện rất hạn chế, rồi bỏ mặc nền giáo dục cho những giáo viên mà chính họ cũng không hiểu thấu những kiến thức này... Việc nhấn mạnh đến các môn học khó hiểu như Lý thuyết tập hợp tỏ ra phản tác dụng khi mà việc ứng dụng các kiến thức đó cũng còn rất hạn chế ngay cả đối với những nhà toán học và khoa học thực hành. Chương trình quá chú trọng tới toán học ở trình độ cao này dẫn tới sự trả giá là mất kiến thức cơ bản”.

Năm ngoái, TIMSS (Third International Maths and Science Study), một viện nghiên cứu giáo dục khá nổi tiếng, đã công bố kết quả xếp hạng chất lượng học sinh trong hai môn toán và khoa học trên toàn thế giới, trong đó Mỹ chỉ đứng thứ 17 về khoa học và 28 về toán học, sau nhiều nước ở châu Á như Nhật Bản, Hàn Quốc, Singapore, ... hoặc nhiều nước xã hội chủ nghĩa cũ như Tiệp, Hung, Bulgarie, ... Từ đó TIMSS đi đến kết luận: Tiền bạc và truyền thống văn hoá tuy rất quan trọng nhưng không phải là yếu tố quyết định chất lượng. Yếu tố quyết định chính là người thầy – sách giáo khoa và giáo viên trực tiếp giảng dạy.

Trước tình hình đó, (cựu) tổng thống Mỹ George W.Bush đã phải lên tiếng kêu gọi cần phải có chính sách đối xử với giáo viên tốt hơn, phải coi giáo viên là những người làm chuyên môn xứng đáng được hưởng đồng lương cao hơn, nhưng ngược lại cũng đòi hỏi giáo viên phải lo trau dồi kiến thức để đảm bảo chất lượng giảng dạy tốt hơn. Và không chỉ kêu gọi suông, ông Bush đã phê chuẩn một đạo luật trong đó yêu cầu mọi giáo viên từ nay đến năm 2005 đều phải được thẩm định lại kiến thức, giáo viên nào không đạt yêu cầu sẽ bị chuyển sang làm việc khác. Trong một cuộc họp tại Nhà Trắng về giáo dục do tổng thống phu nhân Laura Bush chủ trì, chủ tịch Liên Đoàn Giáo Viên Mỹ Sandra Felman tuyên bố: “Chúng ta không thể đạt được những tiêu chuẩn hạng nhất về chất lượng nếu chúng ta không có những giáo viên hạng nhất”.

Và để có những giáo viên hạng nhất, ai cũng hiểu rằng cần phải có những cuốn giáo khoa hạng nhất ! Nhưng thế nào là giáo khoa hạng nhất ?

2-Vấn đề giáo khoa

Theo tờ Washington Post, sách giáo khoa đóng vai trò nòng cốt trong việc giảng dạy khoa học. Những cuộc thăm dò cho thấy hơn 90% thầy cô giáo dạy khoa học đều sử dụng sách giáo khoa, và một bản thống kê nhà nước kết luận 59% thầy cô giáo nói rằng sách giáo khoa có một ảnh hưởng lớn trong việc giảng dạy của họ.

Nhưng chất lượng sách giáo khoa thì sao ?

Hội Vì Tiến Bộ Khoa Học của Mỹ, gọi tắt là AAAS (American Association for the Advancement of Science), đã tiến hành một cuộc thăm định 45 cuốn sách giáo khoa toán và khoa học nổi tiếng của trường phổ thông và đi đến kết luận không có cuốn nào thực sự làm người đọc thoải mái.

Hans Christian von Bayer, giáo sư vật lý tại Trường Cao Đẳng William & Mary, nhận xét cụ thể hơn: “Sách giáo khoa hiện nay được viết bởi các uỷ ban (committees). Họ chẳng có tài văn chương, cũng chẳng có giọng điệu gì hấp dẫn, chẳng có văn phong, chẳng có chút sức mê hoặc (charm) nào cả. Họ chỉ đặc biệt chú trọng đến các chi tiết chuyên môn ... Kết quả là trẻ em cố gắng học thuộc, cố nôn mửa (spew out) thông tin vào bài kiểm tra tuần sau, nhưng để rồi quên đi, quên hẳn, quên một cách tuyệt đối”.

Emily Kurkjan, 17 tuổi, học sinh lớp 12 trường trung học Westfield ở Fairfax County, nói: “Em sẽ học tốt hơn nếu sách giáo khoa có nhiều truyện hơn. Sách giáo khoa khoa học mà em học ở các lớp dưới giống như một mớ sự kiện thẳng băng (a bunch of straight facts) nhạt phèo vì chẳng có lấy một dòng truyện hấp dẫn nào cả”. Một số em khác nói đọc sách giáo khoa các em thấy buồn ngủ vì không có gì kích thích trí tò mò của các em.

Nhưng sách của Hakim không giống như thế. Nó được trình bày theo một phương pháp phi-truyền-thống, một phương pháp mới hoàn toàn, trong đó việc làm thế nào để thoả mãn tâm sinh lý của người học được coi là điều kiện cần và đủ để tiến tới thực sự hiểu biết.

Nguyên là một cựu giáo viên sống tại Denver và vùng bãi biển Virginia, Hakim còn từng là một nhà báo. Có thể nghề nghiệp đa dạng đã giúp bà có cái nhìn sắc xảo và “mềm mại” hơn các nhà sư phạm thuần tuý. Bà có ý định bước chân vào nghề viết sách giáo khoa sau khi được tham dự một khoá nghiên cứu tại Đại học Minnesota vào khoảng giữa những năm 1980. Tại đó các giáo sư thách thức lẫn nhau làm sao có thể viết lại những sách giáo khoa cần thiết, nhất là nếu cần phải thay đổi một cuốn giáo khoa vốn đã nổi tiếng. Thách thức đó đã kích thích bà thử sức lần đầu tiên với bộ môn lịch sử. Đó là nguyên nhân ra đời cuốn giáo khoa “Lịch Sử Nước Mỹ”, gồm 11 tập, lập tức được giới giảng dạy lịch sử và học sinh đặc biệt thích thú, và Hakim được trao tặng giải thưởng James Michener năm 1997. Đối với Hakim, không có sự khác nhau giữa bộ môn lịch sử và bộ môn khoa học. Khoa học cũng là một quá trình sống động như lịch sử, và một nhà sư phạm khoa học tinh tế cần phải truyền hơi thở sống động đó đến học sinh. Hakim nói : “Khoa học là một quá trình chứ không phải một bản thống kê, nhưng rất nhiều sách giáo khoa khoa học không trình bày khoa học theo cách đó”. Và Hakim quyết định sẽ dạy môn khoa học cho học sinh theo cách riêng của bà. “Bằng những câu chuyện phản ánh quá trình thay đổi của tư tưởng và tri thức qua các thế kỷ, tôi sẽ cố gắng giúp học sinh hiểu khoa học. Tôi muốn các em nhỏ sẽ trở thành các thám tử, vì thế tôi sẽ cố gắng viết thế nào để thu hút các em tới mức các em còn muốn học tiếp thêm nữa”.

Thực ra lẽ tẻ cũng có những sách giáo khoa viết xen kẽ những câu chuyện lịch sử khoa học bên cạnh các công thức để làm tăng thêm niềm vui học tập cho các em. Tuy nhiên những câu chuyện đó vẫn chỉ được coi là một phần phụ lục bổ xung, in chữ nhỏ, không quan trọng. Trong khi đó đại đa số sách giáo khoa vẫn được viết theo một

lối mòn kinh viện: khái niệm + định nghĩa + định luật + công thức. Những sách giáo khoa như thế nếu không được một giáo viên giỏi biến chế thì sẽ thành một cuốn sách chết, không có khả năng kích thích trí tò mò và thu hút người đọc như truyện trinh thám hay truyện lịch sử, truyện thần thoại.

Đó là lý do để Hakim không thể dẫm chân theo lối mòn của sách giáo khoa đương thời. Nếu cái khung của sách giáo khoa hiện nay là một bản thống kê các chi tiết kỹ thuật thì cái khung sách của Hakim là lịch sử. Lịch sử như một dòng chảy cuốn theo mọi sự kiện trong đó, khoa học không thể là một ngoại lệ. Hakim muốn đưa các em lên một con thuyền trôi theo dòng chảy để các em được chứng kiến các sự kiện xảy ra hai bên bờ. Khi đó người lái thuyền – thầy cô giáo – có thể giảng giải, mô tả kỹ cho các em nghe bản chất và ý nghĩa của các sự kiện hiện ra trước mắt các em. Với phương pháp này, học sinh không chỉ biết một vài chi tiết khoa học riêng biệt, mà cảm nhận được toàn bộ thế giới, có một cái nhìn khoa học tổng quan, thay vì cục bộ. Chẳng hạn, thay vì bắt học sinh học thuộc công thức tính lực hấp dẫn giữa hai vật thể có khối lượng để áp dụng ngay vào một đồng bài tập, Hakim kể cho các em nghe truyện lịch sử từ Thuyết Địa Tâm của Aristotle và Ptolémé, về cuộc cách mạng của Copernic với Thuyết Nhật Tâm, về việc Tòa án Giáo Hội xử tội Galileo Galilei, về Johan Kepler với quỹ đạo elliptic của các hành tinh trong hệ mặt trời, rồi đến Issac Newton với câu chuyện “quả táo rơi”, từ đó đẻ ra Định Luật Vạn Vật Hấp Dẫn và dùng định luật này giải thích quỹ đạo của các hành tinh... Để dẫn học sinh tới Thuyết Tương Đối của Einstein, Hakim viết:

“Rõ ràng là chàng thanh niên Albert Einstein rất thông minh, nhưng thái độ học tập của anh ta thì có vấn đề bất ổn. Anh thiếu sự kiên trì đối với bài làm ở nhà trường và thường hay vắng mặt trên lớp; có vẻ như anh chỉ chăm chú học những gì mà anh thích. Một thầy giáo gọi anh là “con chó lười biếng” bởi vì anh luôn luôn không làm tròn phần việc được giao. Nhưng ông thầy đã nhầm. Anh chẳng lười tí nào. Bộ óc của anh suy nghĩ không ngừng. Suy nghĩ về một chùm ánh sáng. Suốt hơn mười năm, câu hỏi điều gì sẽ xảy ra với tốc độ ánh sáng

dường như không lúc nào rời khỏi đầu anh ... Và cuối cùng, năm 1905, Einstein đã có thể trả lời được câu hỏi của chính mình về chùm sáng đó. Ông đã phát minh ra một trong những lý thuyết quan trọng nhất trong toàn bộ lịch sử nhân loại – Lý thuyết Tương Đối Đặc Biệt...”

3-Thay lời kết

Vấn đề cải tiến sách giáo khoa đang là một đề tài được toàn thể xã hội Mỹ quan tâm. Hội Vì Tiến Bộ Khoa Học của Mỹ vừa quyết định đầu tư 10 triệu USD để thành lập Trung Tâm Tài Liệu Giáo Dục Khoa Học (Centre for Curriculum Materials in Science), nhằm tìm ra những sách giáo khoa khoa học có hiệu quả nhất, đồng thời giúp nâng cao trình độ của đội ngũ các nhà viết sách giáo khoa.

Đáp ứng với mong mỏi của xã hội, 3 tập đầu tiên trong bộ sách của Hakim mang tên “Câu chuyện khoa học” (Science Story) đã ra mắt độc giả. Đó là một cuốn sách dạy khoa học trên cái nền lịch sử từ thời Cổ Hy Lạp đến thời đại ngày nay, được các thầy cô giáo và học sinh nhiệt liệt đón nhận. Nhiều nhà giáo dục coi đây là niềm hy vọng của một thế hệ sách giáo khoa mới, của phương pháp giáo dục mới chú trọng đến tâm sinh lý tự nhiên của con người, thoả mãn nỗi khao khát hiểu biết của con người, cái mà bà Hakim gọi là tính cách “thám tử”.

24. Chiếm ly của Chúa và tương lai của khoa học

Câu trả lời làm dấy lên những câu hỏi mới (Immanuel Kant)

Ngày xưa, thời Đông Chu bên Trung Hoa, Quỷ Cốc tiên sinh có hai học trò tài ba xuất chúng: Tôn Tẫn, Bàng Quyên. Sau này hai người trở thành tướng cầm quân hai nước chực hầu đối địch. Sau một chiến thắng, Bàng Quyên chặt chân Tôn Tẫn, để thoả nỗi ghen ghét người bạn vốn giỏi hơn mình. Nhưng trong một trận trả thù, Tôn Tẫn giết chết Bàng Quyên.

Ngày nay cũng có hai nhân vật xuất chúng: Steven Weinberg và Sheldon Glashow, cùng chia nhau giải Nobel vật lý năm 1979 (với người thứ ba là Abdus Salam), nhưng lại có hai cách nhìn hoàn toàn trái ngược nhau đối với tương lai của khoa học.

Trong khi Steven Weinberg tin rằng trước sau chắc chắn khoa học sẽ tìm ra một lý thuyết vật lý thống nhất toàn bộ mọi hiện tượng trong Vũ Trụ, gọi là “Lý Thuyết Về mọi Thứ” (TOE – Theory Of Everything), hoặc “Lý Thuyết Cuối Cùng” (The Final Theory), thì Sheldon Glashow lại gọi lý thuyết đó là “Chiếc Ly Của Chúa” (The Holy Grail)[8], ngụ ý rằng đó chỉ là chuyện không tưởng, mặc dù chính ông là người đề xuất Lý Thuyết Thống Nhất Lớn (Grand Unified Theory) vào năm 1974, một lý thuyết tiền thân của Lý Thuyết Cuối Cùng .

Vậy chân lý ở đâu? Liệu có thể có một Lý Thuyết Cuối Cùng không?

Trả lời những câu hỏi này không chỉ là nhu cầu của riêng khoa học, mà của triết học nhận thức nói chung.

1-Lý Thuyết Cuối Cùng

Năm 1905, Albert Einstein công bố cho nhân loại một công thức được đánh giá là bất hủ nhất của nhân loại : $E=mc^2$, trong đó E là năng lượng, m là khối lượng, c là tốc độ ánh sáng. Công thức này cho thấy vật chất (m) có thể biến thành năng lượng và ngược lại năng lượng cũng có thể biến thành vật chất. Nói cách khác, vật chất và năng lượng có cùng một bản chất, chúng chỉ là hai dạng biểu lộ khác nhau của không-thời-gian mà thôi. Điều này lập tức gợi ý: Phải chăng toàn bộ vật chất trong Vũ Trụ có cùng một bản chất ?

Đó là một câu hỏi siêu thông minh chỉ có thể đề ra từ một bộ óc siêu thông minh. Một lần nữa, vào những năm 1920, lại chính Einstein lần đầu tiên nêu lên một lý thuyết mang tên Lý Thuyết Trường Thống Nhất (TUF – Theory of Unified Field), trong đó tiên đoán lực hấp dẫn và lực điện từ thực chất chỉ là “hai mặt của một đồng xu”.

Mặc dù không thành công trong việc chứng minh, nhưng Einstein đã vạch ra con đường thống nhất vật lý cho hậu thế. Giải Nobel vật lý năm 1979 được đánh giá là một trong những giải Nobel vĩ đại nhất vì nó xác nhận thắng lợi đầu tiên của tư tưởng thống nhất: chứng minh thành công lực điện từ và lực hạt nhân yếu có cùng bản chất. Thắng lợi vang dội này cổ vũ mạnh mẽ các nhà khoa học tiếp bước. Đường như thiên đường của vật lý đã hé lộ ra trước mắt. Trong bối cảnh đó, “Lý Thuyết về Mọi Thứ” ra đời, với tham vọng chứng minh “tất cả là một, một là tất cả”. Nếu quả thật có một lý thuyết như thế thì đó phải là Lý Thuyết Cuối Cùng, Weinberg tuyên bố, và khi đó vật lý đã hoàn thành sứ mệnh cao cả của nó. .

Theo Weinberg, bài toán đi tìm bản chất thống nhất của các hiện tượng tự nhiên vốn là khát vọng, mục đích, bản chất của vật lý học từ xưa đến nay. Newton tìm ra bản chất của mọi hiện tượng cơ học dưới dạng hấp dẫn. Maxwell tìm ra bản chất của mọi hiện tượng điện và từ dưới dạng điện từ. Do đó vật lý hiện đại sẽ tất yếu đi đến một lý thuyết tìm ra bản chất của mọi sự vật. Ông nói: “Hiển nhiên là, các lý thuyết từng bước từng bước sẽ hội tụ về những nguyên lý ngày càng đơn giản và đơn giản hơn, cho phép một ngày nào sẽ đạt tới cực điểm trong một lý thuyết cuối cùng”. Ông tiên đoán Lý Thuyết Siêu Dây (Superstring Theory) có nhiều triển vọng để trở thành một lý thuyết như thế.

Lý Thuyết Siêu Dây còn được gọi là Lý Thuyết M, vì nó có đủ các yếu tố “matrix” (ma trận) + “mystery” (bí mật) + “magic” (huyền ảo) + “murky” (khó hiểu), do Edward Witten tại Đại học Princeton phát triển từ Lý thuyết dây trong thập kỷ 1970. Quả thật nó phức tạp đến nỗi cách đây mấy năm chính Witten phải thốt lên rằng đó là “một mảnh vật lý của thế kỷ 21 ngẫu nhiên rơi vào thế kỷ 20!”. Lý thuyết này cho rằng không-thời-gian không phải chỉ có 4 chiều như ta đã biết, mà có rất nhiều chiều, trong đó những chiều bổ xung thêm chỉ có thể phát hiện được trong không gian ở cấp độ hạ nguyên tử (subatomic). ở cấp độ đó, vật chất không tồn tại dưới dạng các hạt, mà giống như những sợi dây xoắn rối vô cùng mỏng manh. Với cấu trúc đặc biệt đa chiều đó, nó cho phép giải thích được những mâu

thuần lớn nhất của vật lý hiện đại: mâu thuẫn giữa tính tất định của thế giới vĩ mô với tính bất định của thế giới vi mô. Nếu lý thuyết này đúng thì quả thật, thiên đường vật lý đã hiện ra trước mắt. Vì thế Witten đang được giới vật lý tôn sùng như người có thể sẽ “kế thừa Einstein” !

Các nhà khoa học đang mong chờ những thí nghiệm tại CERN (Trung Tâm Nghiên Cứu Hạt Nhân Âu Châu) vào năm 2005, với những máy gia tốc siêu công suất, sẽ cung cấp những bằng chứng đầu tiên cho lý thuyết này.

Trên một hướng khác, Lý Thuyết Cuối Cùng tìm cách kiểm chứng bằng Lý Thuyết Big Bang. Nếu Lý Thuyết Big Bang đúng thì đó sẽ là bằng chứng kỳ diệu nhất của cái “Một”, bởi lẽ vào lúc khởi thủy của vũ trụ, tất cả các lực, tất cả các hạt, tức toàn bộ không-thời-gian đều tập trung trong một điểm vật chất có kích thước zero – điểm kỳ dị (singularity point).

Hiện nay các đài thiên văn trên thế giới đang ngày đêm rình bắt những sóng radio thiên văn, sóng hấp dẫn, v.v. phát đi từ Big Bang. Những sóng này vẫn còn đang lan truyền trong vũ trụ, và được coi là bằng chứng của Big Bang. Thậm chí người ta còn tìm cách tái hiện Big Bang trong các máy gia tốc: Cần phải trông thấy Big Bang tận mắt, thay vì suy đoán. Có lẽ không có một chương trình nghiên cứu nào đồ sộ như Lý Thuyết Big Bang, nói lên ý chí quyết tâm vĩ đại của con người trong cuộc đấu tranh với thiên nhiên để tồn tại. Murray Gellmann, nhà vật lý lý thuyết thuộc hàng tầm cỡ nhất hiện nay, bình luận: ” Trong lịch sử nhân loại, đó là một cuộc phiêu lưu vĩ đại nhất và dai dẳng nhất”.

Nhưng cuộc phiêu lưu này vĩ đại bao nhiêu thì nó cũng mạo hiểm bấy nhiêu. Liệu những nghiên cứu này có bao giờ đi đến mục tiêu kết thúc như nó mong muốn hay không ? Vào thời điểm bản lề bước sang thiên niên kỷ mới, một làn sóng nghi ngờ sự tồn tại của một Lý Thuyết Cuối Cùng đã xuất hiện. Nhiều ý kiến cho rằng giấc mơ đó sẽ chẳng bao giờ thành hiện thực.

2-Chiếc Ly của chúa

Nếu Weinberg tin tưởng bao nhiêu đối với Lý Thuyết Cuối Cùng thì người bạn cùng chia sẻ vinh quang khoa học với ông, Glashow, lại cảnh báo: “Hiện nay chúng ta quá tự phụ khi tin rằng chúng ta có tất cả thông tin thực nghiệm cần thiết ngay bây giờ để xây dựng nên Chiếc Ly Của Chúa của vật lý lý thuyết, một lý thuyết thống nhất ? Tôi nghĩ rằng không... Vật lý là một ngôi nhà to lớn chất đầy những câu đố hấp dẫn. Tất nhiên sẽ có nhiều cái được làm. Nhưng vấn đề là liệu chúng ta có thể đi đến bất cứ nơi nào nhờ Chiếc Ly Của Chúa này hay không ?”. ý kiến của Glashow được nhiều nhà khoa học lớn khác chia sẻ.

Roger Penrose, một trong những khuôn mặt sáng giá nhất của vật lý lý thuyết hiện đại, đồng tác giả của Lý Thuyết Hố Đen, nhận định về Lý Thuyết Cuối Cùng một cách khá gay gắt: “Không, tôi nói rằng điều đó là sai. Các định luật chi phối các ứng xử của thế giới tinh tế hơn thế nhiều. Thậm chí nếu bạn có thể tìm ra một cấu trúc toán học cuối cùng để mô tả thế giới vật lý đúng như nó có thì vẫn sẽ không có cái kết thúc cho đề tài này, nếu bạn nhất định muốn kết thúc, bởi vì không có cái kết thúc của toán học”. Cơ sở lý luận của Penrose là Định Lý Bất Toàn (Theorem of Incompleteness) của Kurt Godel. Định lý này khẳng định toán học là một hệ logic bất toàn (không đầy đủ). Vì thế lý thuyết vật lý xây dựng trên toán học cũng sẽ bất toàn, không bao giờ đầy đủ. Khác với Weinberg, Penrose không tin rằng hiện nay đã có một lý thuyết vật lý cụ thể nào xứng đáng để hy vọng rằng nó sẽ mang lại những hiểu biết cuối cùng, kể cả Lý Thuyết Siêu Dây. Ông nói: “Nếu có một lý thuyết nào giống như kiểu một lý thuyết toàn bộ về vật lý, thì chắc chắn nó không thể là bất kỳ một lý thuyết nào mà tôi đã thấy”. Penrose đưa ra một số mô hình lý thuyết như “Tam Giác Penrose”, “Luỹ Thang Penrose”, v.v. (xem minh họa) để nói rằng khoa học nói riêng và nhận thức nói chung không bao giờ biết được cái toàn thể, cái toàn bộ, mà chỉ biết được từng phần của Vũ Trụ, giống như truyện “Thầy Bói Xem Voi” mà ai cũng biết.

Godfrey Hardy, lãnh tụ của trường phái toán học Anh đầu thế kỷ 20, nói: “Chẳng hạn, giả sử chúng ta có thể tìm ra một hệ thống hữu hạn các quy tắc cho phép chúng ta quyết định xem một công thức cho trước có thể chứng minh được hay không. Hệ thống này sẽ đại diện cho một định lý toán học. Tất nhiên không thể có một định lý như thế, và đây là điều rất may mắn, vì nếu có thì chúng ta sẽ có một tập hợp các quy tắc máy móc để giải tất cả các bài toán toán học, và hoạt động toán học của chúng ta sẽ đi đến chỗ kết thúc”. Đó là trường hợp Hardy phê phán chương trình “siêu-toán-học” (metamathematics) của David Hilbert, một chương trình thu hút giới toán học đầu thế kỷ 20 hòng xây dựng một hệ thống toán học đầy đủ, tuyệt đối phi mâu thuẫn, một hệ logic hoàn hảo, một hệ thống chân lý vĩnh cửu. Thực chất, “siêu-toán-học” của Hilbert chính là một kiểu “Lý thuyết cuối cùng” của toán học. Nhưng Định lý Godel năm 1931 đã chứng minh không thể có một lý thuyết như thế.

Immanuel Kant, một trong những gương mặt tiêu biểu nhất của triết học tây phương cận đại, viết trong cuốn “Prolegomena to Any Future Metaphysics” (Lược thảo về bất kỳ một siêu hình học nào trong tương lai) : “Mọi câu trả lời cho các nguyên lý dựa trên kinh nghiệm lại làm nảy sinh ra một câu hỏi mới tươi tắn (fresh question), đến lượt nó câu hỏi này lại đòi hỏi một câu trả lời của nó và do đó nó chứng tỏ sự không đầy đủ một cách rõ ràng của tất cả các cách giải thích bằng vật lý nhằm thoả mãn các lý lẽ”. Ông nhấn mạnh: “Cấu trúc bẩm sinh của tư duy của chúng ta sẽ hạn chế cả các câu hỏi chúng ta đặt ra lẫn các câu trả lời mà chúng ta lượm lặt từ đó”.

3-Einstein, một định mệnh mâu thuẫn

Định mệnh của Einstein đầy ắp mâu thuẫn. Với công thức ông được coi là cha đẻ của khoa học nguyên tử, nhưng lương tâm ông bị ám ảnh suốt đời vì hai trái bom nguyên tử rơi xuống Hiroshima và Nagasaki, bởi chính ông đã khuyên tổng thống Mỹ Roosevelt cho chế tạo những quả bom như thế.

Nhưng mâu thuẫn lớn nhất phải kể đến là những chuyện liên quan đến vấn đề nhận thức: Là tác giả của hai Thuyết Tương Đối, nhưng tâm hồn lãng mạn lại luôn luôn hướng ông tới những lý thuyết mang tính tuyệt đối – những mô hình toán học xác định cho phép tiên đoán chính xác cấu trúc của tự nhiên. Tuyên ngôn bất hủ “Chúa không chơi trò may rủi” (God doesn’t play dice) của ông nhằm chống lại Nguyên Lý Bất Định của Cơ Học Lượng tử cho thấy ông tin chắc vào sự tồn tại của những quy luật xác định, chính xác và chặt chẽ của Tự Nhiên, dù ở bất kỳ cấp độ nào. Trong đời đã có lúc ông phạm sai lầm trong khoa học, và ông đã khẳng khái nhận sai lầm đó. Nhưng chưa bao giờ ông thừa nhận sai lầm trong việc chống lại Nguyên Lý Bất Định, ngay cả trước khi vĩnh biệt ra đi. Vì thế mặc dù ngày nay Cơ Học Lượng tử đã chiếm ngôi vị chắc chắn, nhưng những “đệ tử” của Einstein vẫn ngấm ngấm mai phục chờ cơ hội “lật ngược thế cờ”.

Một số tài liệu nói Einstein rất tin vào tôn giáo, một số tài liệu khác lại nói Einstein là người vô thần. Đó là những nhận xét không đầy đủ.

Einstein là người phi tôn giáo, nếu hiểu tôn giáo là sự thờ phụng, sự tuân thủ những hình thức nghi lễ giáo phái nhất định. Ông là người gốc Do Thái nhưng ông không tin cả Do Thái Giáo lẫn Thiên Chúa Giáo. Tuy nhiên ông không phải là người vô thần. Ông là người có tôn giáo, nếu hiểu tôn giáo là đức tin tiềm ẩn trong con người. Đức tin của ông là “đức tin của các nhà khoa học”, hoặc “tôn giáo của các nhà khoa học”, như cách nói của Blaise Pascal. Đó là niềm tin về sự tồn tại một lực lượng siêu nhiên cai quản vũ trụ. Đối với Einstein, đó không phải là Chúa Giê-xu, cũng không phải Đức Phật (mặc dù ông rất ngưỡng mộ Phật Giáo), mà là “Ông Cụ” (The Old One), theo cách nói trên cửa miệng của ông. Đối với Einstein, Ông Cụ sẽ chẳng giúp ích gì cho chúng ta nếu chúng ta cầu nguyện xin ơn giúp đỡ. Ông Cụ không làm phép lạ, Ông Cụ chỉ quy định sẵn một bộ luật cho Tự Nhiên, như một cỗ máy phải tuân thủ các quy trình. Quy trình của Ông Cụ rất nghiêm khắc, không thể chống lại. Vì thế, Einstein luôn luôn khao khát muốn biết “ý nghĩ của Ông Cụ”.

Tư tưởng thống nhất vật lý chính là một con đường tiệm cận đến “ý nghĩ của Ông Cụ”. Và quả thật Einstein và hậu thế càng ngày càng “hiểu Ông Cụ hơn”. Nhưng vấn đề là liệu chúng ta có thể một ngày đó biết rõ “mọi ý định của Ông Cụ” hay không ?

Về logic, có thể trả lời: Không! Theo Định Lý Bất Toàn của Kurt Godel, muốn chứng minh một hệ logic A phải đi ra ngoài A. Nếu A = Vũ Trụ, muốn hiểu Vũ Trụ ta phải đi ra bên ngoài của Vũ Trụ. Điều đó là bất khả (impossible) !

Và, nếu “Chúa không chơi trò xúc xắc” thì có thể Chúa vẫn chơi trò ú tim. Đúng vào lúc bạn tưởng rằng bạn sẽ biết hết thì Chúa làm xuất hiện một thực thể mới mà lý thuyết của bạn chưa hề biết. Đúng như Kant nói: “Mỗi câu trả lời lại làm xuất hiện một câu hỏi mới”.

Năm 1998, Saul Perlmutter tại Viện nghiên cứu quốc gia Lawrence Berkeley tại San Francisco đã làm rung động thế giới bởi việc công bố kết quả thí nghiệm quan sát các vụ nổ Supernova cho thấy vũ trụ không hề dẫn nổ chậm lại như người ta tưởng, mà ngày càng nhanh lên. Một câu hỏi lớn đặt ra: Cái gì thúc đẩy vũ trụ dẫn nổ gia tốc ? Phải chăng do một loại lực chưa hề biết, do một loại vật chất chưa hề biết gây ra ? Đó chính là câu hỏi mới mà Kant đã gợi ý từ xa xưa. Vì thế sẽ không thể có Lý Thuyết Cuối Cùng. Bạn sẽ không bao giờ có “Chiếc Ly Của Chúa” trong tay !

4-Kết Luận

Tư tưởng tây phương xét cho cùng bắt nguồn từ hai nền văn hoá chủ yếu: Thần học Do Thái và Khoa học Hy Lạp. Thần học Do Thái cung cấp cách nhìn thế giới do Chúa tạo ra, tất cả bắt nguồn từ một khởi đầu, Big Bang là như vậy. Khoa học Hy Lạp cung cấp phương pháp tư duy logic sắc bén, xuất phát từ một hệ tiên đề được thừa nhận, thông qua các quy tắc suy diễn khách quan để đạt tới chân lý. Bản thân Einstein dù không tin vào tôn giáo nhưng ông không thoát nổi ảnh hưởng của nó. Vì thế lý thuyết của ông vẫn hướng tới một ý chí tối cao. Toàn bộ nền văn minh tây phương mang đậm dấu ấn

này. Vì thế, khi gặp khủng hoảng nhận thức, các lý thuyết tây phương thường bị luẩn quẩn giữa vùng ranh giới khoa học và tôn giáo, hoặc khiên cưỡng hoà trộn hai dạng nhận thức đó làm một.

Tư tưởng Lý Thuyết Cuối Cùng thực chất chịu ảnh hưởng của tôn giáo: Lý Thuyết Cuối Cùng, nếu có, chính là ý chí tối cao được thể hiện bằng ngôn ngữ toán học và vật lý. Mặt tích cực của lý thuyết này là ở chỗ kích thích nghiên cứu tìm tòi, dẫn tới phát minh. Nhưng mặt trái của nó là ở chỗ có thể dẫn tới một cuộc phiêu lưu mạo hiểm vô ích, ảnh hưởng tiêu cực đến uy tín của chính khoa học.

Vậy định hướng khoa học như thế nào là đúng ?

Bài viết này xin mượn một trích đoạn trong bài “Tương lai của khoa học, và Vũ Trụ” (The Future of Science, and Universe), trên tờ The New York Times ngày 15-11-2001, của chính Steven Weinberg, 22 năm sau khi đoạt giải Nobel, để thay cho câu trả lời:

“Một trở ngại của các Lý Thuyết Dây hiện nay là chúng chẳng đưa ra được những tiên đoán về năng lượng tối (dark energy / vacuum energy), mà cũng chẳng tiên đoán được một giá trị đủ lớn để phù hợp với quan sát thiên văn. Do đó sẽ không có một Lý Thuyết Cuối Cùng nào cho phép dự đoán cả tương lai lẫn quá khứ của Vũ Trụ... Nếu tách bạch những tiên đoán về tương lai xa xôi của Vũ Trụ ra khỏi đời sống, thì chúng ta có thể sẽ khám phá ra những định luật cơ bản nào đó trong cái tự nhiên xa xôi đó, nhưng sẽ chẳng bao giờ biết chắc những định luật đó đúng đến mức nào. Và chừng nào có thể nói, thì phải nói rằng những định luật này sẽ chẳng liên quan gì đến cá tính của con người, chẳng tỏ dấu hiệu gì quan tâm đến loài người cả. Trong khi cố gắng để hiểu cách ứng xử của con người, chúng ta biết cái gì là quý giá nhất của cuộc đời: tình yêu của cha mẹ dành cho con cái, tình yêu vợ chồng đối với nhau,... Mặc dù biết rằng chúng ta đã làm thế nào để có được những giá trị như chúng ta có hôm nay, và chẳng có gì để ngờ vực rằng kiến thức khoa học sẽ giúp cải thiện khả năng gạt hái những thứ mà chúng ta quý trọng, nhưng chẳng có cái gì trong khoa học có thể nói cho chúng ta biết

cái chúng ta nên quý trọng. Chúng ta có thể tự quyết định cho bản thân chúng ta cái gì cần gìn giữ, như tình thương yêu lẫn nhau chẳng hạn, và cái để từ bỏ, như sự hạ thấp vai trò phụ nữ chẳng hạn. Sẽ còn có những giá trị mới có thể phát hiện. Nhưng cần biết rằng chẳng có cái gì trong Vũ Trụ này sẽ gợi ý cho chúng ta biết mục đích cuộc sống của nhân loại là cái gì”.

[1] Xem “Pythagoras’ Trousers”, Margaret Wertheim, Fourth Estate, 1997, trang 220.

[2] S.Weinberg và S.Glashow là người Mỹ, A.Salam là người Pakistan, hiện là chủ tịch Viện Hàn Lâm Khoa Học của thế giới thứ ba.

[3] Xem “A Unified Physics by 2050 ?” của Steven Weinberg trong Scientific American 12-1999, trang 38

[4] Xem “Pythagoras’ Trousers”, sách đã dẫn, trang 213. Câu này gợi nhớ “Ba chàng ngự lâm pháo thủ” của Alexandre Dumas với lời tuyên thệ nổi tiếng:”Tất cả vì một, một vì tất cả!”

[5] Xem “Lược sử thời gian” của Stephen Hawking, NXB Văn Hoá Thông Tin, 2000, trang 194, 195

[6] Xem “A Unified Physics by 2050 ?”, bài báo đã dẫn, trang 39

[7] <http://ourworld.compuserve.com/homepages/mathman/index.htm>

[8] Chiếc ly Chúa Giê-xu đã dùng trong “bữa tiệc ly” (bữa tiệc cuối cùng với 12 môn đệ trước khi bị hành hình).

Chương II: TOÁN, KHOA HỌC COMPUTER, ROBOTICS

01. Từ Sunya đến bộ quần áo mới của hoàng đế

“Lần đầu tiên khái niệm trừu tượng của Cái Không đã được trình bày bằng một ký hiệu cụ thể sờ thấy”^[1] (Simon Singh)

Sunya là một từ cổ Ấn Độ, có nghĩa là zero, tức số 0. Trong dãy chữ số thập phân, 0 và 1 đứng cạnh nhau, nhưng từ 1 đến 0 lại là cả một hành trình vĩ đại của tư duy.

Thật vậy, sau số 1 phải đợi một thời gian dài đằng đẳng hơn 15 thiên niên kỷ số 0 mới có thể ra đời tại Ấn Độ ! “Cơn đau đẻ vật vã” này là kết quả của sự “hôn phối” giữa bà mẹ toán học với ông bố triết học – những tư tưởng thâm thúy sâu xa, trừu tượng và cao siêu của “Cái Không” (The Nothingness) mà trong quá khứ dường như chỉ xứ Ấn Độ mới có. “Cái Không” ấy đã được Denis Guedj, giáo sư lịch sử khoa học tại Đại học Paris, diễn đạt trong cuốn “Số-Ngôn Ngữ Phổ Quát” bằng ngôn ngữ hiện đại như sau: “Số 0 là cái chẳng có gì mà lại làm nên mọi thứ”^[2].

Nhưng tưởng cần phải hỏi tại sao một sunya vốn cao siêu trừu tượng như thế mà ngày nay lại trở nên đơn giản, thông dụng và quen thuộc với mọi người như thế? Công lao phổ cập hoá cái cao siêu trừu tượng này thuộc về ai, nếu không thuộc về các nhà giáo dục thông thái hàng trăm năm qua đã chú tâm truyền bá ý nghĩa cụ thể và ứng dụng của nó, thay vì cố suy ý nghĩa triết học kinh điển ?

Vì thế, lịch sử của sunya rất đáng được chú ý nghiên cứu học hỏi, để từ đó rút ra những bài học bổ ích nhằm suy tôn tinh thần hiện thực và cụ thể trong giảng dạy toán học ở trường phổ thông.

1-Cuộc hành trình của Sunya:

Ba con số tạo nên nền tảng của hệ thống số là số 0, số 1, và số vô cùng (∞). Tuy nhiên muốn tìm hiểu một hệ thống số, không thể bắt đầu từ 0 mà phải bắt đầu từ 1, vì 1 là khởi thủy của mọi con số.

Dấu hiệu cổ xưa nhất về các con số trong những nền văn minh đầu tiên của loài người mà hiện nay khoa khảo cổ học đã nắm được trong tay là những vạch đếm được khắc trên sừng hươu thuộc kỷ Paleolithic, thuộc niên đại khoảng 15000 năm trước C.N. Di tích này có 2 ý nghĩa: Một, cho biết tuổi của toán học; Hai, khẳng định toán học ra đời từ nhu cầu đếm. Việc đếm hiển nhiên phải bắt đầu từ 1. Vì thế, 1 từng được Pythagoras coi là biểu tượng của Thượng Đế – cái bắt đầu của mọi sự. Về mặt triết học, 1 có nghĩa là tồn tại, hiện hữu. 1 còn có ý nghĩa là đơn vị, nhiều đơn vị gộp lại thành số nhiều. Nếu cái số nhiều này là hữu hạn thì nó được gọi là arithmos. Việc nghiên cứu arithmos được gọi là arithmetics, tức số học. Điều đáng kinh ngạc là trải qua một thời gian dài dằng dặc mười mấy ngàn năm kể từ xã hội nguyên thủy thuộc kỷ Paleolithic đến các thời kỳ văn hoá cổ đại rực rỡ nhất như văn hoá Hy – La, văn hoá Hebrew (Do Thái), văn hoá cổ Trung Hoa, mặc dù số học đã phát triển tới trình độ rất cao, rất phức tạp nhưng vẫn chưa thể nào sản sinh ra số 0 ! Thật vậy, trong các chữ số của người Trung Hoa gồm nhất (1), nhị (2), tam (3), tứ (4), ngũ (5), lục (6), thất (7), bát (8), cửu (9), thập (10), bách (100), thiên (1000), hoặc của người La Mã gồm I (1), V (5), X (10), L (50), C (100), D (500), M (1000 hoặc 1000000), hoặc của người Do Thái gồm aleph (1), beth (2), gimel (3),..., hoặc của người Hy Lạp gồm α (1), β (2), γ (3),....tất cả đều vắng bóng số 0 (!)

Xem thế đủ biết việc sáng tạo ra số 0 khó khăn đến nhường nào, và không có gì để ngạc nhiên khi các nhà nghiên cứu lịch sử khoa học đều nhất trí đánh giá rằng việc phát minh ra số 0 là một trong những cột mốc vĩ đại nhất trong lịch sử nhận thức. Thật vậy, để sáng tạo ra số 0, toán học chưa đủ, mà dường như cần đến một tư tưởng hoàn toàn mới lạ. Tư tưởng ấy đã được nhen nhóm và chín mùi tại Ấn Độ – cái nôi của Phật giáo. Cần biết rằng suốt trong giai đoạn các nền văn hoá lớn quanh Địa Trung Hải như Hy Lạp, La Mã, Do Thái, và

nền văn hoá cổ Trung Hoa thời Tần, Hán, Tấn, lần lượt thay nhau đạt tới độ cực thịnh thì Phật giáo đã trường thành từ vài trăm tới ngót một ngàn tuổi – một thời gian đủ để các tư tưởng tinh vi của nó thấm đượm vào đầu óc các bậc hiền triết, tu sĩ, học giả, nghệ sĩ, những người đã đóng góp lớn lao vào việc tạo dựng nên nền văn hoá trác việt của Ấn Độ cổ đại. Một trong những tư tưởng trác việt đó là Cái Không, một khái niệm kỳ lạ đồng nhất “cái không có gì với toàn thể vũ trụ” mà trên thế giới từ cổ chí kim duy nhất chỉ có Phật giáo mới nói đến.

Ngay từ những năm khoảng 300 đến 200 trước C.N. người Ấn Độ đã có một hệ thống á thập phân (gần thập phân) gồm chín ký hiệu cho các số từ 1 đến 9, và các danh từ dành cho các “bộ của mười”. Cụ thể “mười” được gọi là “dasan”, “một trăm” được gọi là “sata”, v.v... Chẳng hạn để thể hiện số 135 như ngày nay ta viết, người Ấn Độ cổ viết là “1 sata, 3 dasan, 5”, hoặc để thể hiện 105, họ viết “1 sata,5”, v.v... Phải đợi mãi đến khoảng năm 600 sau C.N., người Hindu mới tìm ra cách xoá bỏ các danh từ trong khi viết số nhờ vào việc phát minh ra ký hiệu của số 0. Với ký hiệu này, “1 sata, 5” sẽ được viết là 105 như ngày nay. Vào khoảng những năm 700, người Ả Rập đã học số học của người Hindu. Vào khoảng những năm 800, một nhà toán học Ba Tư đã trình bày số học với hệ thập phân của người Ấn Độ trong một cuốn sách bằng tiếng Ả Rập. Khoảng 300 năm sau cuốn sách này được dịch ra tiếng Latinh. Từ đó hệ thống số Ấn-Ả Rập xâm nhập vào châu Âu, rồi từ châu Âu đã được truyền bá ra khắp thế giới như ngày nay. Thực ra người Babylon cổ đại là người đầu tiên tìm ra số 0. Người Maya ở châu Mỹ cũng đã tìm thấy số 0 vào thế kỷ 1, tức là trước người Ấn Độ khoảng 500 năm. Nhưng số 0 của người Babylon và người Maya không có đầy đủ ý nghĩa và chức năng như số 0 của người Ấn Độ mà ngày nay ta dùng. Phải đợi đến số 0 của người Ấn Độ thì hệ thống số mới thực sự đạt tới một bước ngoặt lịch sử trong khoa học và trong nhận thức nói chung bởi công dụng vô cùng tiện lợi và ý nghĩa triết học sâu xa của nó.

2-Ý nghĩa triết học của sunya:

Theo Guedj, số 0 khác hẳn với các số khác về mặt khái niệm ở chỗ nó không gắn liền với đồ vật hoặc đối tượng cụ thể nào cả. Việc đưa số 0 vào trong hệ thống số là sự trừu xuất các số ra khỏi đối tượng cụ thể. Thực ra số 0 ra đời ở Ấn Độ sớm hơn một chút: nó xuất hiện trên các bản thảo ở thế kỷ 5 sau C.N. Ký hiệu đầu tiên của người Ấn Độ đối với số 0 là một vòng tròn nhỏ gọi là sunya, theo tiếng Sanskrit (Ấn Độ cổ) nghĩa là “cái trống rỗng”, “cái trống không” (emptiness). Dịch ra tiếng Ả-rập là sifr, ra tiếng Latinh là zephirum rồi thành zephiro, và cuối cùng thành zero như ngày nay. Guedj viết tiếp: “Với sự sáng tạo ra số 0, khái niệm không có gì trở thành khái niệm tồn tại. Đây là sự gặp gỡ giữa hai hình thức của cái không, đó là sự trống rỗng về mặt không gian và sự phi tồn tại về mặt triết học, và điều này đã tạo ra một biến đổi căn bản về trạng thái ý nghĩa các con số. Khái niệm chẳng có gì đã biến thành khái niệm có cái không... Sự chuyển tiếp từ trạng thái không có đến trạng thái có zero, từ một số zero như một vị trí bị bỏ trống đến một số zero như một số lượng có thật, điều này đã tạo ra một bước chuyển biến căn bản trong lịch sử nhận thức”.

Trong cuốn “Từ 1 đến 0: Lịch sử phổ quát của số”, Georges Ifrah, một nhà toán học rất nổi tiếng, viết : “Số 0 của người Ấn Độ dùng để diễn tả sự trống không hoặc sự không hiện diện, nhưng đồng thời diễn tả không gian, vòm trời, bầu trời các thiên thể, bầu khí quyển, cũng như để diễn tả cái chẳng có gì, một số lượng không thể đếm được, một phần tử không thể diễn tả cụ thể được”.

Như vậy việc sáng tạo ra số 0 thực chất là lấy hình (vòng tròn sunya) để diễn tả cái siêu hình (cái không có gì, cái trống rỗng). Nói cách khác, cái siêu hình (không có gì) đã được cụ thể hoá bởi hình (có cái không, vòm trời, vũ trụ), ngược lại hình (sunya) chỉ là biểu lộ của cái không có gì mà thôi. Đây chính là tư tưởng “sắc sắc không không” của Phật giáo, trong đó Cái Không vừa là trống rỗng vừa là Toàn Bộ Vũ Trụ. Tư tưởng này rất khó hiểu đối với ngay cả người lớn, nếu không có điều kiện nghiên cứu học hỏi các lý thuyết Phật giáo một cách nghiêm túc, chứ không nói đến trẻ em.

3-Từ sunya đến bộ quần áo mới của hoàng đế:

Số 0 đã ra đời như thế đấy, và nguồn gốc triết học của nó sâu xa như thế đấy. Nếu bây giờ có vị học giả nào say mê ý nghĩa trừu tượng của các con số đến nỗi cứ muốn hỏi các em học sinh “Số 0 là gì ?” , hoặc muốn các thầy giáo phải dạy học sinh “Số 0 là gì ?” với thâm ý phải học và dạy số 0 như Guedj và Ifrah đã trình bày thì thật là nguy cho các em và cho các thầy, và cuối cùng là nguy cho nền giáo dục. Nhưng thật là may, không ai định hỏi như thế cả.

Tuy nhiên cần cảnh giác. Bởi vì cách đây gần 100 năm, Gotlob Frege, một trong các thủ lĩnh của chủ nghĩa toán học hình thức, đã mê tư tưởng hình thức đến nỗi đã tốn công viết một công trình đồ sộ chỉ để trả lời câu hỏi “Số 3 là gì ?”. Tất nhiên cái số 3 của Frege không phải là 3 con gà, 3 con vịt, mà là một cái gì đó thay mặt cho tất cả các tập hợp có 3 phần tử. Tóm lại, đó là một số 3 trừu tượng, không gắn với bất kỳ một đơn vị đo lường cụ thể nào cả. Như ta thấy, nguồn gốc của số là nhu cầu đếm. Nhưng số 3 của Frege không phải là số 3 dùng để đếm, vì thế các nhà toán học ngày nay đã bình luận rất hay rằng số 3 của Frege không phải là “Number three” (Số 3) nữa, mà là “Threeness” (Cái 3). Và xin đọc giả đừng nghĩ rằng chuyện này chỉ xảy ra ở phương tây cách đây 100 năm. Nó đang xảy ra giữa chúng ta ! Một chuyên gia hình học, trên một bài báo mới công bố gần đây, sau khi đề cập đến một phương pháp dạy số 2 bằng cách đếm 2 con gà, 2 con vịt, đã kết luận: “Cách dạy như trên là hoàn toàn đúng, nhưng học xong học sinh vẫn không trả lời được câu hỏi : Số 2 là gì ?” (Rất may không phải câu hỏi số 0 là gì!). Thật là mâu thuẫn: Đã “hoàn toàn đúng” nhưng cuối cùng vẫn không biết số 2 là gì (!) Nếu tôi bị hỏi câu hỏi này, thì tôi sẽ trả lời: “Thưa giáo sư, đáp án của tôi là tác phẩm của Frege. Xin giáo sư vui lòng chữa toàn bộ số 3 trong tác phẩm của Frege thành số 2”.

Chuyện không dừng lại ở chỗ đó. Với chủ nghĩa hình thức, số 2 không còn là “2 cái bánh nữa”, mà là “cái 2”, nên trong các phép toán không được ghi đơn vị đo bên cạnh con số. Vì thế vị giáo sư đó khuyên các thầy giáo không nên dạy trẻ em viết 2 cái bánh + 3 cái

bánh = 5 cái bánh, mà chỉ nên viết $2+3=5$. Thâm ý là ở chỗ cách viết $2+3=5$ mới thể hiện tính chất tổng quát của các con số, và do đó mới thể hiện đúng ý nghĩa của các phép tính. Phép cộng không nên hiểu là sự “thêm vào” như tổ tiên ta hàng ngàn năm nay đã dạy, mà phải hiểu theo tinh thần trừu tượng và hiện đại của chủ nghĩa hình thức mới là đúng ! Viết như tổ tiên ta đã dạy chúng ta, mặc dù thể hiện tư tưởng “có thực mới vực được đạo”, nhưng vẫn bị các vị học giả theo chủ nghĩa hình thức bác bỏ, và coi là tầm thường, không hiểu toán học ! Thay vì thuyết phục đọc giả một cách chân thành bằng chính cái niềm tin vào các tư tưởng hình thức, vị giáo sư đó đã đưa ra một lý lẽ hết sức vô lý như sau: “Không nên minh họa là $\frac{1}{3}$ cái bánh + $\frac{1}{6}$ cái bánh = $\frac{1}{2}$ cái bánh, bởi lẽ $\frac{1}{3} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{18}$ không thể minh họa là $\frac{1}{3}$ cái bánh x $\frac{1}{6}$ cái bánh = $\frac{1}{18}$ cái bánh”. Thực chất đây là một sự nguy tạo thí dụ vì không có một thầy giáo nào dạy học sinh như thế cả. Nhưng tiếc thay, sự nguy tạo này quá thô sơ, để lộ cho thấy tác giả tìm mọi phương tiện để đạt mục đích.

Đến đây, cần nói rằng căn bệnh nặng nề nhất của chủ nghĩa hình thức là cái bệnh tự phụ cho rằng chân lý của mình là chân lý cao siêu nhất, hơn hẳn mọi chân lý khoa học khác. Có lẽ đây là một dạng hoang tưởng. Họ tin đến nỗi nếu chất vấn họ rằng liệu đem áp dụng cái lối trình bày không có đơn vị đo vào môn vật lý thì sao đây, vì vật lý là cái thế giới không cho phép bạn đùa cợt với đơn vị đo của các đại lượng tham gia vào trong các phương trình toán học, thì các nhà toán học hình thức cũng bất chấp. Họ chỉ biết rằng họ đang nghiên cứu toán, dạy toán, và họ chỉ tôn thờ cái chân lý mà họ coi là tối thượng thôi. Các chân lý khác, vật lý, toán học ứng dụng, v.v... là chuyện tầm thường của giới nghiên cứu ứng dụng, xin hãy tự lo liệu lấy. Họ tự phụ đến nỗi chủ nghĩa hình thức trên thế giới của Hilbert, Frege đã sụp đổ tan tành nhưng họ vẫn chẳng học được bài học gì cả. Và họ bào chữa rằng vì toán học có những khái niệm tuyệt đối trừu tượng, không thể tìm được một chỗ dựa cụ thể hoặc trực giác nào cả, cho nên không phải bao giờ chúng ta cũng có thể áp dụng phương pháp đi từ cụ thể đến trừu tượng. Chỉ còn thiếu một nước là họ nói trắng thẳng thừng ra rằng trong nhiều trường hợp ta cần phải dạy theo tinh thần hoàn toàn 100% trừu tượng, và phương pháp tiên

đề hình thức trừu tượng có những ưu thế tuyệt vời của nó, nên theo. Để chứng minh, họ đem thí dụ số vô tỷ ra để dọa những người yếu bóng vía. Vì thế tôi nghĩ rằng cần phải trình bày bài học của số 0, của sunya, bởi vì số 0 còn trừu tượng gấp bội phần so với số vô tỷ. Để hiểu được thực chất số 0 như nó vốn có đòi hỏi phải hiểu sâu Phật giáo. Để hiểu số vô tỷ, chỉ cần toán học là đủ.

Tuy nhiên cũng phải công bằng mà nói, trong giảng dạy toán học, có nhiều trường hợp không thể né tránh tính trừu tượng, vả lại rèn luyện tư duy trừu tượng cho học sinh cũng là một nhiệm vụ sự phạm rất cần thiết và rất quan trọng. Nhưng nếu đề cao tính trừu tượng tới mức tưởng rằng chỉ có trừu tượng mới phản ánh đúng bản chất sự vật thì sẽ là một sai lầm, và áp đặt ý nghĩ đó lên các em nhỏ ngây thơ thì lại càng là một sai lầm tệ hại hơn. Ngược lại, với một tâm hồn yêu hiện thực, yêu sự đơn giản, yêu cái chân thật, yêu cái tự nhiên, thì trừu tượng chỉ là phương tiện chứ không phải mục đích. Với tâm hồn đó, trong hoàn cảnh nào cũng có cách gợi ý cho học sinh liên hệ đến những cái cụ thể. Chẳng hạn số ảo i là một khái niệm xuất phát hoàn toàn trừu tượng. Một thầy giáo ưa hình thức sẽ yêu cầu học sinh chấp nhận không tranh cãi i là căn bậc hai của (-1) , rồi thậm chí có thể lợi dụng trường hợp này để đề cao phương pháp tiên đề hình thức. Nhưng chẳng hạn, một nhà toán học và sự phạm giàu tâm hồn như giáo sư Nguyễn Cảnh Toàn lại có thể tìm ra một ý nghĩa hình học trực quan rất thú vị cho số i như sau: Nhân i với một vector chẳng qua là một lệnh quay vector đó một góc vuông, nhân với vector là lệnh quay vector một góc. GS Nguyễn Cảnh Toàn gọi kiểu tư duy này “tư duy tình cảm”^[3]. Tư duy tình cảm bao giờ cũng làm cho học sinh thấy dễ hiểu hơn, thích thú hơn, nắm được bản chất hơn và do đó nhớ lâu hơn.

Vector zero cũng là một khái niệm hết sức trừu tượng. Có thầy giáo, sau khi trình bày định nghĩa kiểu hình thức như trong sách giáo khoa, đã ví vector zero với điểm kỳ dị trong Lý thuyết Big Bang. Sau vụ nổ lớn, điểm kỳ dị nở tung ra theo mọi hướng thành vũ trụ ngày nay, sự kiện này minh họa cho tính chất vector zero đẳng hướng với một vector bất kỳ !

4-Kết luận:

1-Khả năng lấy hình để diễn tả cái siêu hình chính là thước đo trí tuệ và khả năng sự phạm của người thầy. Vòng tròn sunya là cái hữu hình để diễn tả cái không có gì-cái siêu hình. Xem thế thì biết người Ấn Độ cổ là những nhà sự phạm vĩ đại ! Nên chẳng thống nhất công thức :

Giảng dạy giỏi = Chuyên môn giỏi + Liên hệ thực tiễn giỏi + Tâm sinh lý giỏi.

2-Bản thân các khái niệm hình thức trừu tượng không hề có lỗi, giống như bộ quần áo vô hình của vị hoàng đế trong chuyện cổ tích “Bộ quần áo mới của hoàng đế” của nhà văn Đan Mạch Christian Andersen cũng không có lỗi. Lỗi là ở vị hoàng đế cứ tin chắc rằng bộ quần áo ấy là có thật và đẹp nhất trần gian, rồi cứ thế mặc vào người bất chấp sự chế diễu của thiên hạ.

02. Khoa học mật mã và cuộc độ sức trí tuệ[4]

Lịch sử ghi chép rằng Francois Viète (1540-1503), tác giả phương pháp giải phương trình bậc hai, cận thần của vua Pháp Henri IV, đồng thời là nhà giải mã kỳ tài. Trong cuộc chiến tranh Pháp-Tây Ban Nha, Viète đã giải được các bức mật mã của quân đội Tây Ban Nha nên đã giúp quân đội Pháp chiến thắng. Triều đình Tây Ban Nha đã trả thù Viète bằng án tử hình vắng mặt. Tiếc rằng lịch sử không để lại tài liệu chi tiết về việc Viète đã giải mã như thế nào.

Năm 1940, một nhà toán học hàng đầu của Anh là G.H. Hardy tuyên bố: “Toán học thuần túy không có ứng dụng trong chiến tranh. Chẳng hạn không ai tìm thấy bằng chứng để chứng tỏ một âm mưu chiến tranh nào đã được sử dụng Lý thuyết Số”. Trớ chêu thay, ngay lập tức cuộc đại chiến thế giới lần thứ II đã chứng minh nhận định này hoàn toàn sai. Ngành toán học giải mã (The mathematics of code breaking) dựa trên căn bản là Lý thuyết Số đã trở thành công cụ đắc lực trong tay đồng minh chống phát xít Đức. Alan Turing, giáo sư Đại học Cambridge, được điều động về Trường mật mã

chính phủ để giúp đỡ cơ quan phản gián Anh giải mã các bức điện của quân đội Đức. Ngoại trừ các đơn vị thông tin chiến thuật, quân đội Đức lúc đó sử dụng một hệ thống mật mã thống nhất do loại máy Enigma viết ra. Turing lãnh đạo một nhóm chuyên gia toán học chế tạo một chiếc máy bắt chước Enigma, kết hợp với một số ý tưởng toán học trừu tượng mà ông có từ trước chiến tranh, nhằm nâng cao khả năng tính toán và lưu trữ thông tin. Chiếc máy của Turing có khả năng kiểm tra tất cả các phương án của chiếc Enigma và giúp người Anh đọc được các điện tín của quân đội Đức. Trong cuốn “Định lý cuối cùng của Fermat”, Simon Singh viết rằng nếu người Đức biết được rằng người Anh đã đánh cắp được chiếc Enigma thì có thể tình thế cuộc chiến đã đổi khác, bởi vì chắc chắn quân đội Đức sẽ thay đổi hệ thống mật mã, nâng lên một trình độ cao hơn. Sau chiến tranh Turing đã không ngừng cải tiến chiếc máy này. Năm 1948, chiếc máy Turing có chương trình lưu trữ điện tử đầu tiên đã ra đời và được coi là chiếc computer đầu tiên trong lịch sử. Khoa học mật mã hiện đại đã ra đời trong hoàn cảnh này. Ngày nay mật mã không chỉ áp dụng trong quân sự, mà trong tất cả mọi lĩnh vực hoạt động cần được bảo vệ bí mật. Cuộc chiến tranh mật mã là cuộc chiến tranh âm thầm, diễn ra không ngừng ở mọi nơi vào mọi lúc. Đó là cuộc đọ sức trí tuệ giữa một bên là người cài đặt mã (encipherer) với một bên là người giải mã (decipherer).

Một trong các kiểu viết mật mã được coi là an toàn nhất hiện nay là sử dụng tích của hai số nguyên tố cực lớn mà computer có thể cung cấp. Việc tạo mã kiểu này dễ bao nhiêu thì việc giải mã lại khó bấy nhiêu. Chẳng hạn ai cũng có thể làm phép tính $17 \times 43 = 731$ một cách dễ dàng, nhưng bài toán ngược phân tích 731 thành tích của 2 số nguyên tố lại khá mất thời gian. Với một tích có hàng triệu hoặc hàng tỷ chữ số thì bài toán ngược sẽ trở thành “bất khả” ngay cả với những computer mạnh nhất hiện nay, đặc biệt trong hoàn cảnh thô thúc cần phải giải thật nhanh trong phạm vi thời gian cho phép. Trong khi bài toán thuận chỉ phụ thuộc vào “kho lưu trữ” các số nguyên tố đã có. Chính vì thế mà việc nghiên cứu số nguyên tố gần đây lại được đặc biệt chú ý. Tạp chí Scientific American số 11/98 cho biết hiện nay có 4200 nhà toán học nghiệp dư và hàng tá nhà

toán học chuyên nghiệp đang cùng sử dụng một chương trình đặc biệt trên một siêu-computer và hàng ngàn chiếc Pentium để tìm kiếm những số nguyên tố mới theo dạng Mersenne. Dự đoán số nguyên tố khổng lồ tìm thấy sẽ có khoảng 10^{37} chữ số (!). Tuy nhiên theo Simon Sing, tác giả bài “Chìa khoá lượng tử” trên New Scientist ngày 2/10/1999, chẳng chóng thì chày các nhà toán học cũng sẽ tìm ra cách giải các mật mã kiểu nói trên, vì chúng dựa trên các quy tắc toán học hoàn toàn xác định.

Vấn đề là liệu có tồn tại một loại mật mã tuyệt đối an toàn hay không, tức là loại mật mã không bao giờ và không ai có thể giải được hay không, cho dù người đó thông minh đến mức độ nào.

Từ vài thập kỷ nay, các chuyên gia mật mã đã theo đuổi một tham vọng tìm ra một loại mật mã như thế. Thoạt nghe tưởng chừng đó là chuyện không tưởng và vô lý. Nhưng kỳ diệu thay, mơ ước đó đã và đang trở thành hiện thực, nhờ phương pháp áp dụng vật lý lượng tử để tạo chìa khoá mật mã.

Chìa khoá mật mã là gì?

Hãy xem kịch bản của cuộc chiến tranh thông tin gồm 3 nhân vật: A-người gửi thông tin, B-người nhận thông tin, C-người đánh cắp thông tin. Để bảo mật, A phải mã hoá thông tin. Quy trình mã hoá hiện đại dĩ nhiên sử dụng computer và gồm 3 công đoạn. 1/ A phải chuyển thông tin chính về dạng dãy chữ số 1 và 0. 2/ A phải tạo ra một chìa khoá – một dãy ngẫu nhiên các số 1 và 0 dài đúng bằng dãy số thông tin chính. 3/ A cộng tương ứng các phần tử của chìa khoá với các phần tử của thông tin chính. Trong hệ nhị phân $1+1=10$, nhưng ở đây có thể chấp nhận quy tắc không bình thường là $1+1=0$. Thí dụ:

Dãy thông tin chính :
1100010100010011011100001010111

Chìa khoá :
0001111111011000010101010100011

Dãy tổng : 1101101011001011001001011110100

A sẽ gửi cho B dãy tổng và chìa khoá. B chỉ việc làm phép tính trừ sẽ lập tức có thông tin chính. Để bảo đảm an toàn tuyệt đối, A có thể áp dụng nguyên tắc “chìa khoá một lần” theo cách như sau: Chia thông tin thành nhiều đoạn bằng nhau, mỗi đoạn có một chìa khoá khác nhau. Giả sử thông tin chính được viết trên một tập giấy. Nếu vậy có thể tạo cho mỗi tờ giấy một chìa khoá. Nghĩa là mỗi chìa khoá chỉ dùng một lần cho một tờ giấy, hết tờ giấy đó chìa khoá bị huỷ và được thay bằng một chìa khoá khác cho tờ tiếp theo. Nói cách khác, với một thông tin gửi đi, A phải tạo ra cả một chùm chìa khoá. Nguyên tắc “chìa khoá một lần” được coi là hoàn hảo về phương diện logic vì xác suất để C có thể dò ra cả một chùm chìa khoá là cực kỳ thấp, coi như bằng 0. Tuy nhiên đó mới chỉ là lý thuyết. Thực tế áp dụng gặp phải những khó khăn rất lớn tưởng chừng không thể nào vượt qua: Việc tạo chìa khoá, tức dãy ngẫu nhiên các số 1 và 0, thực ra không đơn giản. Công việc này đòi hỏi công phu, tốn rất nhiều thời gian. Tuy nhiên khó khăn thách đố các chuyên gia mật mã bấy lâu nay là ở chỗ làm thế nào để gửi chìa khoá từ A đến B. ở đây vấp phải một mâu thuẫn nan giải gọi là “bài toán chìa khoá vô tận”: A không thể gửi cho B một chìa khoá chưa mã hoá, vì sẽ bị C đánh cắp; nhưng A cũng không thể gửi cho B một chìa khoá đã mã hoá, vì khi đó B lại cần một chìa khoá khác để hiểu chìa khoá này, cứ như thế yêu cầu chìa khoá sẽ kéo dài vô tận. Trong thực tế người ta phải khắc phục mâu thuẫn này bằng giải pháp trao chìa khoá tận tay cho B, dĩ nhiên không cần mã hoá. Nhưng giải pháp này không thể nào chấp nhận trong thời đại liên lạc bằng vệ tinh và email như hiện nay, và đặc biệt trong thế kỷ 21 sắp tới. Nhu cầu thông tin tức thời toàn cầu buộc các nhà khoa học phải tìm ra giải pháp mới. Như một điều kỳ diệu, ngành vật lý lượng tử lại đến đúng lúc để cứu trợ.

Năm 1984, Charles Bennett, chuyên viên nghiên cứu thuộc IBM và Gilles Brassard, nhà khoa học computer thuộc Đại học Montreal, Canada, đề nghị sử dụng các hạt photon để tạo chìa khoá. A phát photon, B nhận photon. Bằng một thiết bị gọi là bộ lọc, A có thể điều

khiến các photon sao cho mặt phẳng dao động sóng của chúng thay đổi theo hai hướng (góc) xác định, tương ứng với hai giá trị 1 và 0. Cụ thể Bennett và Brassard thiết kế bộ lọc của A có thể phát photon theo hai hướng và , tương ứng lần lượt với các tín hiệu 1 và 0. Thay đổi ngẫu nhiên việc phát photon theo hai hướng này, A sẽ phát đi một dãy ngẫu nhiên các số 1 và 0, tức là đã tạo ra chìa khoá và gửi chìa khoá đó cho B. Để hiểu được chìa khoá, B cũng được trang bị một bộ lọc, tương ứng với hai góc xác định trước, cụ thể là và . Việc đọc tín hiệu dựa trên nguyên tắc sau đây: Nếu bộ lọc của B cùng hướng với A thì xác suất photon lọt qua B là 100%; nếu lệch nhau thì xác suất là 50%; nếu vuông góc với nhau thì xác suất là 0%. Các tình huống liệt kê như sau:

A gửi photon theo góc Tín hiệu 1	B dùng bộ lọc	Không photon nào lọt qua
	B dùng bộ lọc	Một số photon lọt qua
A gửi photon theo góc Tín hiệu 0	B dùng bộ lọc	Một số photon lọt qua
	B dùng bộ lọc	Không photon nào lọt qua

Giả sử A muốn gửi cho B tín hiệu 1. Nếu vậy A phải phát đi một số photon theo hướng . Để nhận tín hiệu, B cần phải xoay đi xoay lại bộ lọc của mình theo hai hướng đã xác định. Nếu ứng với hướng không nhận được photon nào trong khi hướng nhận được một số photon thì sẽ biết được tín hiệu A gửi đi là 1. Thí nghiệm thực tế cho thấy chỉ cần B nhận được 1/4 số photon do A phát đi là đủ để biết tín hiệu của A. Hai bên có thể gọi điện thoại công khai với nhau để báo cho nhau biết số photon đã phát đi và số photon nhận được mà không hề sợ tiết lộ một thông tin nào cả, dù C nghe trộm.

Cơ cấu này ưu việt ở chỗ vô hiệu hoá hoàn toàn việc đánh cắp của C. Thật vậy, giả sử C chặn bắt được một số photon. Có hai khả năng xảy ra: 1/ C chặn được một số photon nhưng không thể xác định được đó là tín hiệu gì, vì C không biết trước bộ lọc do A sử dụng có hướng như thế nào và quy ước tương ứng với tín hiệu nào; 2/ Giả sử C đọc được tín hiệu A gửi đi, nếu vậy C phải chuyển tín hiệu đó cho B để giữ bí mật việc đánh cắp. Nhưng do tính bất định kỳ lạ của các hạt lượng tử, chùm photon do C gửi lại cho B không bao giờ lặp lại giống hệt chùm photon do A phát. Sự sai lệch sẽ bị A và B phát hiện, lập tức chìa khoá sẽ bị huỷ và thay thế bằng chìa khoá khác.

Năm 1989, lần đầu tiên trong lịch sử mật mã, Bennett và Brassard đã thí nghiệm thành công việc gửi một chìa khoá lượng tử từ một computer A đến một computer B thông qua 32 cm không khí. Đó là chiếc chìa khoá an toàn nhất chưa từng có. Từ đó đến nay, phương hướng nghiên cứu chìa khoá lượng tử trở thành đề tài chính trong việc truyền thông tin mật mã. Năm 1995, các nhà khoa học tại Đại học Genève, Thụy Sĩ, đã gửi được một bức điện mật mã qua 20 km sợi cáp quang tới thành phố Nyon ở phía bắc. Năm nay, 1999, Viện nghiên cứu Los Alamos ở New Mexico, Mỹ, đã tạo được kỷ lục mới gửi một chìa khoá lượng tử qua 48 km sợi cáp quang, đủ dài để thiết lập một mạng thông tin nối liền các chi nhánh ngân hàng hoặc các cơ quan đầu não của chính phủ Mỹ. Tuy nhiên việc mở rộng phạm vi của mạng là một vấn đề rất khó khăn, bởi vì photon bị hấp thụ trong các cuộc hành trình đường dài. Với khoảng cách hàng trăm hoặc hàng nghìn km thì tín hiệu bị yếu đi đến nỗi không còn gì. Phương án lý tưởng hiện nay là gửi chìa khoá lượng tử qua không gian tới các vệ tinh. Nhóm thông tin lượng tử do Richard Hughes thuộc Viện Los Alamos lãnh đạo đang dẫn đầu thế giới về lĩnh vực này. Họ đã hạ giảm được bước sóng của chùm photon xuống tới 770 nanometres để chúng không bị các phân tử không khí cản trở. Đầu năm nay họ đã gửi được một chìa khoá lượng tử qua 500 m không khí và dự kiến cuối năm sẽ đạt được khoảng cách 2km. Mặc dù còn khá xa mới đạt được khoảng cách 300 km để với tới các vệ tinh viễn thông, nhưng kết quả trên đã mở ra một triển vọng mới đầy

lạc quan cho một công nghệ hoàn toàn mới-công nghệ mật mã lượng tử. (Sydney, ngày 23 tháng 10 năm 1999)

03. Tháp Hà Nội trên thế giới

Một số người Việt Nam và người Hà Nội có thể chưa biết Tháp Hà Nội là tháp nào, nhưng rất nhiều thanh niên sinh viên trên thế giới lại biết rõ. Ấy là vì “Tháp Hà Nội” là một bài toán rất nổi tiếng trong chương trình Khoa Học Tính Toán (Computing Science) dành cho sinh viên những năm đầu tại các trường đại học ở nhiều nơi trên thế giới.

Tương truyền rằng ngày xưa ngày xưa, lâu lắm rồi, ở một vùng xa xôi tận viễn đông, tại thành phố Hà Nội của Việt Nam, vị quân sư của hoàng đế vừa qua đời, hoàng đế cần một vị quân sư thay thế. Bản thân hoàng đế cũng là một nhà thông thái nên ngài đặt ra một bài toán đố, tuyên bố ai giải được sẽ được phong làm quân sư. Bài toán của hoàng đế gồm n cái đĩa (ngài không nói rõ chính xác là bao nhiêu) và 3 cái trục: A là trục nguồn, B là trục đích, và C là trục trung chuyển. Các đĩa có kích thước khác nhau và có lỗ ở giữa để có thể lồng vào các trục theo quy định nhỏ trên lớn dưới. Đầu tiên các đĩa được xếp tại trục A. Vậy làm thế nào để chuyển toàn bộ các đĩa sang trục B, với điều kiện chuyển từng cái một và luôn luôn phải đảm bảo quy định nhỏ trên lớn dưới, biết rằng trục C được phép sử dụng làm trung chuyển ?

Vì địa vị quân sư được coi là vinh hiển nên có rất nhiều người dự thi. Từ vị học giả đến bác nông phu, họ đưa nhau trình lên hoàng đế lời giải của mình. Nhiều lời giải dài tới hàng nghìn bước, và nhiều lời giải có chữ “chuyển sang bước tiếp theo” (go to). Nhưng hoàng đế thấy mệt mỏi vì những lời giải đó nên cuối cùng hạ chiếu: “Ta không hiểu những lời giải này. Phải có một cách giải nào khác dễ hiểu và nhanh chóng hơn”. May mắn thay, cuối cùng đã có một cách giải như thế.

Thật vậy, ngay sau khi chiếu vua ban ra, một vị cao tăng trông bề ngoài giống như một kỳ nhân hạ sơn tới xin yết kiến hoàng đế. Vị

cao tăng nói: “Thưa bệ hạ, bài toán đó đó dễ quá, hầu như nó tự giải cho nó”. Quan trùm cấm vệ đứng hầu ngay bên cạnh vua quắc mắt nhìn gã kỳ nhân, muốn quăng gã ra ngoài, nhưng hoàng đế vẫn kiên nhẫn tiếp tục lắng nghe. “Nếu chỉ có 1 đĩa thì ..., nếu có nhiều hơn 1 đĩa ($n > 1$) thì ...,...”, cứ thế vị cao tăng bình tĩnh giảng giải. Im lặng được một lát, cuối cùng hoàng đế sốt ruột gắt: “Được, thế cao tăng có nói rõ cho ta lời giải hay không cơ chứ?”. Thay vì giải thích tiếp, gã kỳ nhân mỉm cười thâm thúy rồi biến mất, bởi vì hoàng đế tuy giỏi giang nhưng rõ ràng là chưa hiểu ý nghĩa của phép truy hồi (recursion). Nhưng các bạn sinh viên ngày nay thì có thể thấy lời giải của vị cao tăng là hoàn toàn đúng.

Toàn bộ đoạn chữ nghiêng ở trên được trích nguyên văn từ cuốn “Giải toán nâng cao và cấu trúc dữ liệu” (Intermediate problem solving and data structures) do Paul Henman và Robert Veroff, hai giáo sư Đại học New Mexico, cùng biên soạn với Frank Carrano, giáo sư Đại học Rhode Island. Đây là sách giao khoa dành cho sinh viên năm thứ hai ngành thuật toán và lập trình tại Mỹ, úc, ...

Bạn trẻ nào chưa từng biết Tháp Hà Nội tưởng cũng nên “thử sức” một chút xem sao, vì đây là một trò chơi rất thú vị. Bạn có thể bắt đầu bằng bài toán 3 đĩa, rồi nâng lên 4 đĩa. Với 4 đĩa chắc bạn bắt đầu thấy rắc rối. Nâng tiếp lên 5 và cao hơn nữa, chẳng hạn $n = 1$ triệu, bài toán rắc rối đến mức không ai đủ kiên trì và đủ thì giờ để thử từng đĩa một. Vậy mà vị cao tăng giám nói là dễ quá ! Xin tiết lộ, ấy là vì vị đó đã sử dụng phép truy hồi – một quy tắc toán học cho phép xác định số hạng thứ n từ số hạng đứng trước nó, tức số hạng thứ $n-1$. Cái giỏi của vị cao tăng là ở chỗ tìm ra một quy tắc chung, tức một thuật toán chung cho tất cả các bước chuyển đĩa. Vậy thay vì mô tả toàn bộ quá trình chuyển đĩa từng cái một như mọi thí sinh trước đó đã làm, đến nỗi làm hoàng đế mỗi mệ vì phải nghe quá nhiều bước chuyển, vị cao tăng chỉ mô tả một quy tắc chung đó mà thôi. Cứ làm theo quy tắc đó lặp đi lặp lại chẳng cần suy nghĩ gì rồi cuối cùng tự nhiên sẽ đạt tới đích. Vì thế vị cao tăng nói rằng bài toán này “tự nó giải nó”.

Trong khoa học tính toán ngày nay, phép truy hồi là thuật toán cơ bản để lập trình. Ưu điểm của phương pháp truy hồi là ở chỗ nó dùng một công thức nhất định để diễn tả những phép tính lặp đi lặp lại bất chấp số lần lặp lại là bao nhiêu. Nếu số lần lặp lại lên đến con số hàng triệu hàng tỷ thì con người không đủ sức và thời gian để làm, nhưng máy tính thì có thể giải quyết trong chớp mắt. Sự thần thánh của computer chính là ở chỗ nó không hề biết e ngại và mệt mỏi trước những công việc lặp đi lặp lại nhằm chần lên đến hàng triệu hàng tỷ lần như thế. Và vì thế, sự cộng tác giữa computer với con người là mô hình lý tưởng của lao động trí óc trong cuộc sống hiện tại và tương lai.

Đây cũng là một kinh nghiệm giúp định hướng cách học và cách dạy môn toán ở nhà trường. Thông thường chúng ta thường hay coi một đáp án ngắn gọn hơn là đáp án tốt hơn. Điều này không hoàn toàn đúng. Thật vậy, giả sử để giải một bài toán A chúng ta có hai đáp án, trong đó đáp án 1 ngắn gọn hơn nhờ áp dụng một vài nhận xét tinh tế đặc biệt nào đó, đáp án 2 dài hơn nhưng dễ hiểu hơn vì thực hiện những thao tác theo chương trình lặp đi lặp lại mà ai cũng làm được. Trong trường hợp này cả hai đáp án đều tốt, mỗi đáp án đều đáng được biểu dương ưu điểm của nó. Tư duy theo kiểu đáp án hai chính là tư duy lập trình, rất cần thiết trong cuộc sống khoa học của học sinh trong tương lai. Nghề lập trình chính là một nghề diễn đạt cách giải các bài toán bằng phương pháp lặp đi lặp lại dễ hiểu. Chẳng hạn, nếu so sánh đáp án một bài toán giải phương trình bậc hai mà học sinh thường làm trên giấy với một chương trình giải phương trình bậc hai để chạy trên computer thì sẽ thấy chương trình này dài lê thê hơn rất nhiều. Nhưng computer không sợ sự dài dòng đó (tất nhiên các nhà lập trình cũng phải học để viết chương trình sao cho càng ngắn gọn và rõ ràng càng tốt).

Về mặt lịch sử, Tháp Hà Nội được E. Lucas phát hiện từ năm 1883, nhưng mãi đến gần đây người ta mới nhận ra ý nghĩa hiện đại của nó. Hiện vẫn chưa rõ vì sao Lucas gọi chông đĩa trong bài toán là Tháp Hà Nội, mà không gọi là Tháp Bắc Kinh, hay Tháp Tokyo,....

Dường như Tháp Hà Nội vẫn còn khép hờ cánh cửa lịch sử để cho những người tò mò thích tìm hiểu lịch sử có dịp bước vào.

Trong khi đó, Tháp Hà Nội đã mở tung cánh cửa cho tương lai. Nhiều nghiên cứu lấy Tháp Hà Nội làm điểm xuất phát đã đạt được thành tựu mới : 1/ Nâng câu hỏi của Tháp Hà Nội lên một mức cao hơn sao cho số lần chuyển đĩa là nhỏ nhất, các nhà toán học đã phát hiện ra rằng Tháp Hà Nội có cùng bản chất với bài toán tìm Đường Hamilton (Hamilton Path) trên một hình giả phương cấp n (n -Hypercube), một bài toán cũng rất nổi tiếng; 2/ Nhà toán học D.G. Poole đã sáng tạo ra **Lược Đồ Hà Nội** – một tam giác có các đỉnh tương ứng với các cách sắp xếp đĩa trong Tháp Hà Nội, từ đó tìm ra những liên hệ lý thú giữa Tam Giác Pascal với Lược Đồ Hà Nội. Liên hệ này đã được công bố trong một công trình mang một cái tên rất dễ thương: “Pascal biết Hà Nội” (Pascal knows Hanoi).

Có một sự trùng hợp tình cờ nhưng lý thú: Người Việt Nam nói chung và người Hà Nội nói riêng tỏ ra rất nhạy bén sắc sảo trong khoa học lập trình, và đã tạo nên một uy tín đáng tự hào của người Việt nam và người Hà Nội trong lĩnh vực này. Tại một số đại học ở Australia, uy tín của sinh viên Việt Nam làm cho Tháp Hà Nội vốn đã nổi tiếng lại càng nổi tiếng thêm. Một tờ báo tại Sydney cho biết uy tín của người Việt Nam trong lĩnh vực lập trình tại Australia được đánh giá ngang với Ấn Độ, một cường quốc lập trình có mặt khắp thế giới (Dẫn chứng cụ thể xin để dành cho một bài báo khác). (Sydney ngày 09 tháng 07 năm 2002)

04. Computer và những bài toán không giải được

Theo Bách khoa toàn thư Americana 1999, công nghệ computer hiện nay đang ở trong giai đoạn thế hệ VI. Mục tiêu cơ bản của thế hệ này do Nhật Bản xác định trong chương trình 10 năm kể từ 1993 là: chế tạo ra những máy có bộ xử lý song song sử dụng ngôn ngữ tự nhiên và diễn dịch bằng hình ảnh. Đến nay ta thấy mục tiêu này đã rất gần. Tạp chí Scientific American 12/99 cho biết robot thông minh như con người có thể sẽ ra đời vào quãng giữa thế kỷ 21 !

Khoa học computer đã, đang và sẽ tiến bộ với tốc độ khủng khiếp. Đó là điều chẳng còn ai nghi ngờ. Tuy nhiên, computer phải “đầu hàng” một số bài toán rất “bình thường”:

- Liệu có thể giải quyết được “sự cố treo máy” hay không ?
- Liệu có thể có chương trình loại trừ virus tuyệt đối không ?
- Liệu có thể viết một chương trình tối ưu cho một mục tiêu định sẵn hay không ?

Ba bài toán tưởng là “bình thường” nói trên thực ra lại có chung một nguồn gốc. Đó là tính bất toàn của mọi hệ thống logic hình thức, được khẳng định bởi **Định lý bất toàn** (Theorem of Incompleteness) nổi tiếng của Kurt Godel, nhà logic toán học trứ danh người Mỹ gốc Tiệp. Theo định lý này, mọi hệ tiên đề hình thức không thể tự chứng minh tính phi mâu thuẫn của nó. Muốn chứng minh thì phải đi ra ngoài hệ thống đó. Nhưng hệ thống bên ngoài này lại cần một hệ thống bên ngoài tiếp theo. Đòi hỏi này kéo dài vô tận không kết thúc, nghĩa là không có chứng minh trọn vẹn cuối cùng. Chẳng hạn Hệ tiên đề Hilbert chứng minh tính phi mâu thuẫn của Hình học Euclid dựa trên số học. Vậy số học có phi mâu thuẫn không? Câu hỏi này Bài toán số 2 của Hilbert trong số 23 bài toán nổi tiếng thách thức thế kỷ 20. Godel trả lời: Số học không thể tự chứng minh cho số học được. Mọi người hiểu rằng số học không thể tìm được một chỗ dựa nào bên ngoài nó, vì số học là “tự nhiên” nhất trong nhận thức khoa học của loài người rồi. Những chuyện tưởng như chỉ dành cho toán học thuần túy như thế hoá ra lại có ứng dụng bùng nổ trong khoa học lập trình hiện đại.

Scientific American số 4/1999 cho biết: Khái niệm và phương pháp của Godel trình bày trong Định lý bất toàn là phần cốt lõi trong nguyên tắc truy hồi (recursion) sử dụng trong khoa học computer hiện đại. Từ định lý đó có thể rút ra hệ quả về những hạn chế của quy trình tính toán bằng computer.

Một là *Sự cố treo máy* (the halting problem) là một bài toán không giải được: Có thể tiên đoán một chương trình cho trước sẽ ngừng hoặc chạy mãi mãi không? Câu trả lời là Không! Không có ngôn ngữ chương trình nào (Pascal, BASIC, Prolog, C,...) có thể cung cấp một công cụ cho phép khám phá ra mọi sai hỏng (bugs) dẫn tới ngưng hoạt động, bao gồm cả những sai lầm gây ra những vòng xử lý (processing loops) kéo dài vô tận. Gặp sự cố này chúng ta chỉ có cách kiên trì chờ đợi hoặc bấm nút “restart” (khởi động lại).

Hai là *Bài toán virus*: Không có chương trình nào không làm biến đổi hệ điều hành mà lại có thể phát hiện được mọi chương trình làm biến đổi hệ điều hành. Virus tấn công hệ điều hành. Muốn phát hiện nó, bạn phải vào hệ điều hành. Điều này có nguy cơ chính chương trình của bạn làm thay đổi hệ điều hành, trái với nguyên tắc của mọi chương trình ứng dụng. Bạn có thể chống một loại virus cụ thể, nhưng không thể có một chương trình đảm bảo chống được mọi virus. Phương pháp chống virus tốt nhất vẫn là phòng bệnh. Điều này rất giống cơ chế chống virus đối với con người.

Bài toán thứ ba do Gregory Chaitin tìm ra và chứng minh: bạn có thể viết chương trình cho một bài toán cụ thể sao cho ngày càng tốt hơn, nhưng không bao giờ có thể khẳng định được chương trình đó là tối ưu. Vì thế bạn luôn gặp một version mới của một chương trình đã có, được cải tiến, nhưng không bao giờ tác giả của nó dám tuyên bố đó là chương trình tối ưu (optimal). Chaitin cũng chỉ rõ nguyên nhân nằm ở bản chất bất toàn của hệ logic, nhưng ông còn đi xa hơn khi cho rằng nguồn gốc của tính bất toàn lại là tính ngẫu nhiên (randomness). Tính ngẫu nhiên không chỉ “can thiệp” trong thế giới vật lý, mà cả trong toán học (chẳng hạn sự phân bố các số nguyên tố). Giới vật lý nhiệt liệt hưởng ứng tư tưởng này trong bài “Hiện thực ngẫu nhiên” (Random Reality) trên New Scientist số mới nhất 26/2/2000.

Tóm lại nếu bạn, người sử dụng computer, gặp ba *Ô sự cố* trên thì đừng hoảng hốt. Logic đã có lý của nó. Tuy nhiên bạn nên tìm hiểu Lý thuyết Godel, nếu không bạn có nguy cơ không hiểu hết ý nghĩa

lập trình. Bạn có thể tìm lời sau đây trên trang web: “*Định lý này (Godel) là một trong các định lý quan trọng nhất được chứng minh trong thế kỷ này (20), xếp ngang với Thuyết tương đối của Einstein và Nguyên lý bất định của Heisenberg*”. Hãy tìm, rồi sẽ thấy.
)Sydney ngày 10 tháng 3 năm 2000)

05. Trí thông minh nhân tạo – mục tiêu của khoa học thế kỷ 21

Đài truyền hình Australia ngày 8 tháng 4 năm 2000 đưa tin Hãng Sony Nhật Bản vừa tung ra thị trường một loạt đồ chơi robot, khách mua xếp hàng nườm nượp. Chẳng bao lâu nữa những mặt hàng này sẽ có mặt ở khắp nơi trên thế giới. Sự hấp dẫn sẽ chiếm lĩnh không chỉ trẻ em mà cả người lớn: Những con chó có thể đi lại nhún nhảy, ve vẩy đuôi, gập một quả bóng trước mặt nó biết lấy chân hất quả bóng đi ; những con cá vàng biết bơi, màng vây mềm mại óng ả quẫy nhẹ để chuyển mình khi bơi y như cá thật, trong khi những con tôm bơi theo kiểu cựa mình rồi vút lao đi, v.v... thật là kỳ diệu. Đây là bằng chứng cho thấy sản phẩm robot không chỉ là những vật đắt tiền phục vụ trong khoa học và công nghệ nữa, mà đã bắt đầu xâm nhập vào thị trường thông dụng trong đời sống hàng ngày đúng như nhận định của Hans Moravec, chuyên gia robot thuộc Viện Robot của Đại học Carnegie Mellon, Mỹ, trong bài *Sự trỗi dậy của Robot* trên Scientific American 12/1999. Moravec tiên đoán chỉ mười, mười lăm năm nữa, các robot giúp việc trong nhà-quét dọn nhà cửa, lau chùi sàn nhà, cắt cỏ ngoài vườn, v.v... sẽ bày bán ở các cửa hàng với giá phải chăng. Tuy nhiên mục tiêu của khoa học robot thế kỷ 21 không dừng lại ở những sản phẩm có trí tuệ ngang tầm động vật, mà là những robot thông minh như con người.

Điều này trước hết phụ thuộc vào công suất của computer sử dụng làm bộ não của robot-số phép tính computer có thể giải được trong một đơn vị thời gian. Theo Moravec, trong thập kỷ 70 và 80, computer giải được 1 triệu phép tính trong một giây (1 MIPS). Trong thập kỷ 90 là 10 MIPS, rồi 100 MIPS, gần đây nhất là 1000 MIPS. Nếu tốc độ này được duy trì thì “Vào năm 2050, những bộ não robot dựa trên những computer có khả năng giải được 100 ngàn tỷ phép

tính trong một giây sẽ bắt đầu cạnh tranh với trí thông minh của con người". Quá trình "tiến hoá" của robot trong thế kỷ 21 phỏng theo lịch sử tiến hoá của loài người với thời gian 10 triệu lần ngắn hơn sẽ trải qua những bước như sau :

– Robot “bậc thấp” có chỉ số MIPS ngang với loài sâu bọ. Đó là các robot chuyên dụng, được thiết kế nhằm phục vụ một nhiệm vụ cụ thể định sẵn và chỉ nhiệm vụ ấy mà thôi.

– Robot đa chức năng thế hệ I có chỉ số MIPS ngang với loài bò sát chuyên hoạt động theo bản năng. Có khả năng làm một số nhiệm vụ vạch sẵn, không thích ứng với hoàn cảnh thay đổi.

– Robot đa chức năng thế hệ II có công suất 100000 MIPS, có khả năng thích ứng với hoàn cảnh thay đổi, trình độ sánh ngang với loài chuột. Ngoài chương trình ứng dụng (để thực hiện một số nhiệm vụ cụ thể), chúng còn được trang bị phần mềm điều khiển việc tiếp nhận dữ liệu của môi trường xung quanh (conditioning modules), nhờ đó chúng biết phân biệt tình huống có lợi hoặc bất lợi để ứng phó.

– Robot đa chức năng thế hệ III có công suất 5 triệu MIPS, sánh ngang với loài khỉ. Chúng có khả năng học rất nhanh theo kiểu bắt chước để nhận biết các yếu tố vật lý, tâm lý, văn hoá. Yếu tố vật lý bao gồm hình dạng, trọng lượng, kích thước, tính chất bề mặt, vẻ bề ngoài của đồ vật và làm thế nào để nắm bắt đồ vật. Yếu tố văn hoá bao gồm tên, giá trị, vị trí và mục đích sử dụng của đồ vật. Yếu tố tâm lý áp dụng trong trường hợp robot ứng xử với người hoặc robot khác, bao gồm yêu cầu xác định mong muốn, niềm tin, cảm xúc và sự ưa thích. Muốn có được những khả năng đó, robot phải được trang bị phần mềm mô phỏng (simulators). Việc này đòi hỏi một khối lượng công việc khổng lồ với một đội ngũ hàng ngàn lập trình viên và chuyên gia robot tài giỏi.

– Robot đa chức năng thế hệ IV có công suất 100 triệu MIPS, đạt tới trình độ thông minh như con người, có khả năng trừu tượng hoá và

khái quát hoá-khả năng đặc trưng phân biệt loài người với mọi loài sinh vật bậc thấp hơn. Moravec nói: “Tôi tin rằng cuối cùng vào khoảng những năm 2040 chúng ta sẽ đạt được mục tiêu nguyên thủy của robot và của chủ đề trung tâm của chuyện khoa học viễn tưởng: những chiếc máy di chuyển tự do với trình độ thông minh như con người”.

Tuy nhiên, trở ngại lớn nhất trên con đường “tiến hoá” của robot là vấn đề làm sao nắm được mô hình cấu trúc và bản chất hoạt động tư duy của con người. Nói đơn giản là nếu không hiểu hết con người thì không thể chế tạo ra robot như con người. Đây chính là chỗ chia rẽ quan điểm của các nhà khoa học. Ngay từ khi computer mới ra đời đã có sự chia rẽ này. Alan Turing, cha đẻ computer, tin tưởng sẽ chế tạo ra được những chiếc máy biết suy nghĩ như con người. Niềm tin tưởng dâng cao khi Robert Hyatt tại Đại học Nam Mississippi, Mỹ, viết ra chương trình đánh cờ mang tên Blitz đánh thắng nhiều kiện tướng cờ vua thế giới. Chương trình đánh cờ hiện đại nhất gần đây đã một lần đánh thắng vua cờ Kasparov. Tuy nhiên trường phái chống khẳng định rằng những hiểu biết về hệ thần kinh con quá ít. Chính Moravec cũng nêu lên nghi vấn: “Liệu cấu trúc hoạt động của bộ não có hoàn toàn tuân theo các quy luật vật chất hay không?” và “Liệu các quy luật vật chất ấy có thể chương trình hoá hoàn toàn được không?”. Thậm chí John và Wilson trong cuốn “Một nền giáo dục không đầy đủ” (An Incomplete Education) còn nêu lên ý kiến cho rằng không bao giờ con người có thể hiểu hết chính mình. Luận điểm này căn cứ vào *Định lý bất toàn* (Theorem of Incompleteness) của Kurt Godel, chứng minh rằng bất kỳ hệ logic hình thức nào cũng không thể tự chứng minh tính phi mâu thuẫn của nó. Mở rộng định lý này, nếu coi hoạt động của bộ não là một hệ logic khép kín thì nó không thể tự nhận thức chính nó.

Mặc dầu có sự tranh cãi nói trên, khoa học robot vẫn hướng tới đích mong muốn của nó, và chắc chắn nó sẽ cho ra những sản phẩm có trình độ thông minh ngày càng gần với con người và sẽ hỗ trợ đắc lực cho con người. Đây không còn là chuyện khoa học viễn tưởng

nữa, mà là hiện thực của thời đại ngày nay. (Sydney ngày 9 tháng 4 năm 2000)

06. Chống Lỗi Chương Trình

“Phần mềm càng ngày càng phổ biến và càng ngày càng quan trọng, nhưng dường như không phải là càng ngày càng đáng tin cậy hơn”, đó là nghịch lý mà Charles Fishman đã nêu lên trong bài *Họ viết ra cái đáng viết* (They write the right stuff) trên tạp chí Fast Company, đang được phổ biến trên internet. Theo điều tra của SEI-Viện công nghệ phần mềm (Software Engineering Institute) thuộc chính phủ Mỹ, 70% cơ sở phần mềm tại Mỹ nằm trong hai thang bậc đầu tiên trong bảng phân bậc của SEI. Đó là hai thang bậc làm ăn “hỗn loạn (chaos), hoặc chỉ hơn hỗn loạn một chút”, như Fishman mô tả. Chỉ có 4 cơ sở được xếp vào bậc 5, được coi là đẳng cấp thế giới (world class), trong đó có Nhóm Phần Mềm Tàu Con Thoi (NPMTCT) thuộc Tổ hợp Lockheed Martin, chuyên viết phần mềm cho các chuyến bay tàu con thoi của NASA. Trong 11 versions gần đây nhất họ chỉ mắc 17 lỗi. Riêng 3 versions cuối cùng, mỗi version chỉ mắc 1 lỗi mặc dù mỗi version dài tới 420000 dòng. Đó là thành tích đáng kinh ngạc, bởi vì một chương trình có mức độ phức tạp tương tự tại các cơ sở thương mại thường mắc tới 5000 lỗi (!).

NPMTCT trở nên khác biệt và hơn hẳn nhờ các yếu tố:

- Tư tưởng định hướng. Phần mềm là yếu tố quyết định sinh tử, do đó phần mềm phải hoàn hảo. Về lý thuyết không thể có một chương trình tuyệt đối hoàn hảo theo nghĩa tuyệt đối không có lỗi (xem bài *Computer và những bài toán không giải được*). Nhưng NPMTCT và NASA hiểu rõ phần mềm của họ kiểm soát một khối linh kiện khổng lồ trị giá 4 tỷ \$US, nắm trong tay vận mệnh của hơn nửa tá phi hành đoàn, là niềm hy vọng và uy tín của quốc gia, do đó vấn đề chống lỗi chương trình được đặt lên hàng đầu, thay vì mục tiêu lợi nhuận.

- Vai trò tập thể. Mỗi chương trình đều được coi là sáng tạo của 260 nhân viên của NPMTCT chứ không của một “nhà lập trình siêu

sao” (star programmer) nào cả. Theo Ted Keller, người chịu trách nhiệm ký duyệt chương trình trước khi phóng tàu con thoi, việc chọn lựa mã của mỗi cá nhân không thể tùy hứng như sáng tạo nghệ thuật, ngược lại “phải thực hiện chính xác tất cả những điều cầm nang quy trình quy định, phải hướng sự sáng tạo vào việc thay đổi quy trình (process) thay vì thay đổi chương trình”. Việc làm của mỗi cá nhân được xét duyệt lại cẩn thận trong các cuộc họp chuyên môn định kỳ, tại đó người ta duyệt lại hàng đống dữ liệu, xem xét các biểu đồ phản ánh sự tiến bộ và tình trạng hiện tại của chương trình, từng dòng một.

- Dự án phần mềm. Tại NPMTCT, 1/3 công việc viết phần mềm xảy ra trước khi bất kỳ chuyên viên nào đặt bút viết dòng mã đầu tiên. Đó là giai đoạn bàn thảo dự án công việc phần mềm giữa NASA (bên A) với tổ hợp Lockheed Martin (bên B). Dự án này phải được hai bên thống nhất trên văn bản giấy trắng mực đen mang tính pháp lý, bao gồm mọi chi tiết công việc mà phần mềm phải thực hiện, với các đặc trưng kỹ thuật trình bày ở mức chính xác tối đa. William Pruett, người lãnh đạo dự án phần mềm cho NASA, nói dự án được viết kỹ tới mức gần như một chương trình. Đây là giai đoạn quan trọng nhất của quá trình sản xuất phần mềm, chiếm tới 80% giá thành phần mềm.

- Cơ chế phân đôi. NPMTCT được chia làm 2 nhóm. Nhóm I viết chương trình, Nhóm II kiểm tra chương trình. Trong khi Nhóm I cố gắng viết ra một chương trình không có lỗi thì Nhóm II lại cố gắng phát hiện mọi lỗi của chương trình. Cơ chế này tạo ra không khí thi đua giữa hai nhóm. Kết quả 85% lỗi thường được tìm ra trước khi cuộc kiểm tra chính thức bắt đầu, 99% lỗi được phát hiện trước khi giao cho bên A.

- Cơ sở dữ liệu. Chất lượng chương trình phụ thuộc rất lớn vào hệ thống dữ liệu cơ sở, bao gồm hai loại. Loại I-Cơ sở dữ liệu lịch sử (history database), ghi chép lịch sử của bản thân chương trình, phản ánh tất cả những lần chương trình được thay đổi, tại sao thay đổi, mục đích thay đổi, chi tiết nội dung thay đổi. Loại II-Cơ sở dữ liệu lỗi (defect database), ghi chép toàn bộ các lỗi chương trình, lỗi được phát hiện khi nào, tập hợp lệnh cho phép tìm thấy lỗi, ai tìm ra lỗi, hoạt động nào vẫn được duy trì tiếp tục khi tìm thấy lỗi, tại sao mắc

lỗi, tại sao lỗi lọt qua những chương trình lọc đã cài đặt sẵn ở mọi tầng của chương trình để tìm bắt lỗi, tại sao lỗi không bị phát hiện trong giai đoạn thiết kế, lỗi Nhóm I (viết chương trình), lỗi Nhóm II (kiểm tra chương trình). Cơ sở dữ liệu lỗi còn ghi chép cách sửa chữa lỗi, ghi chú những lỗi tương tự có thể lọt qua những kẻ hở tương tự trong chương trình. Từ hệ thống cơ sở dữ liệu của mình, NPMTCT mô hình hoá công nghệ lập trình, từ đó có thể dự đoán số lỗi, loại lỗi có thể xuất hiện trong một chương trình mới, giống như các nhà khí tượng dự đoán thời tiết trên cơ sở xây dựng mô hình thời tiết.

- Chữa nguyên nhân lỗi. Không chỉ chữa lỗi mà chữa tất cả những gì cho phép lỗi tồn tại. Bản thân việc tìm lỗi cũng là một quy trình hoặc một chương trình cụ thể, do đó về lý thuyết, việc tìm lỗi cũng không thể đảm bảo 100%. Người ta phải khắc phục nghịch lý này bằng cách tăng cường tất cả mọi khả năng và biện pháp cụ thể để giảm thiểu lỗi. Chữa nguyên nhân lỗi là một biện pháp tăng tốc độ giảm lỗi rất nhanh, vì thường một nguyên nhân lỗi gây ra rất nhiều lỗi giống nhau trong một chương trình.

- Kết. Việc phóng tàu con thoi không cần đến bất kỳ một nút bấm nào do con người thực hiện. Mọi thao tác đều do chương trình điều khiển. Chẳng bao lâu nữa toàn bộ hoạt động của con người cũng sẽ tự động hoá hoàn toàn như thế. Liệu lúc đó có thể chấp nhận một chương trình mắc tới 5000 lỗi hay không? (Sydney ngày 6 tháng 6 năm 2000)

07. IBM đột phá trong việc tăng tốc độ chip điện tử

Theo tin của Reuters ngày 8-6-2001, Công ty chế tạo máy tính lớn nhất thế giới IBM vừa tuyên bố họ đã tạo được một bước đột phá trong công nghệ bán dẫn bởi đã tìm ra cách làm tăng tốc độ của chip điện tử (con bọ điện tử) thêm 35% so với hiện nay, trong khi làm giảm công suất tiêu hao năng lượng trên các chip đó.

Đề tài nghiên cứu này do công ty Armonk, một chi nhánh của IBM ở New York, thực hiện. Armonk cho biết họ đã hoàn thiện được phương pháp cải tiến silicon, vật liệu chủ yếu để chế tạo ra các chip vi điện tử, sao cho nó bị kéo căng ra và do đó làm tăng tốc độ dòng

electron đi qua các phần tử bán dẫn trên các chip. Kỹ thuật mới này lợi dụng xu thế tự nhiên của nguyên tử bên trong vật liệu để làm sao dàn trải chúng cái nọ sau cái kia. Khi silicon được đắp lên mặt vật liệu nền sao cho các nguyên tử của chúng dẫn cách nhau nhiều hơn và ngay hàng với các nguyên tử của lớp nền bên dưới, thì lớp nền có tác dụng làm căng lớp silicon ở trên. Trong silicon đã bị căng ra như thế, các hạt điện tử của dòng điện sẽ gặp cản trở ít hơn (điện trở của dòng điện giảm), do đó sẽ chuyển động nhanh hơn tới 70%, làm cho các chip điện tử hoạt động ở mức 35% nhanh hơn mà không cần phải co ngắn kích thước của phần tử bán dẫn.

IBM sẽ công bố chi tiết của đột phá silicon kéo căng này trong hai công trình kỹ thuật trình bày trong Hội thảo công nghệ VLSI vào ngày 13-6-2001 sắp tới tại Kyoto, Nhật Bản. Bijan Davari, phó chủ tịch cơ quan nghiên cứu vật liệu bán dẫn vi điện tử của IBM, nói : “Thời gian biểu để hoàn tất công nghệ này hiện nay rất căng thẳng vì IBM quyết định sẽ xuất xưởng sản phẩm cuối cùng vào năm 2003. Trong vòng 2 năm nữa những loại chip mới dựa trên công nghệ silicon bị kéo căng sẽ được đưa vào thị trường toàn cầu dưới hai dạng: bên trong các computer đời mới cực nhậy của IBM, đồng thời dưới dạng bán bản quyền sản xuất cho các đối thủ cạnh tranh”. Nhà phân tích Laura Conogliaro cho rằng những phát minh mới và cung cách làm ăn nhậy bén này sẽ đảm bảo cho IBM giữ vững uy tín là một trong những nhà tiên phong trong công nghiệp computer và vi điện tử. Hiện nay bộ phận sản xuất vi điện tử của IBM chỉ mới chiếm từ 6% đến 7% tổng sản phẩm bán ra, nhưng trong vòng 3 năm tới, theo Conigliaro, tỷ lệ này sẽ chiếm 10% tổng sản phẩm bán ra và 15% lợi nhuận hàng năm của IBM.

Ngay khi tin về loại chip mới này được loan truyền, giá mỗi cổ phiếu của IBM tăng 0,25 USD.

08. Từ transistor siêu nhỏ và siêu tốc của Intel đến computer sử dụng ngôn ngữ tự nhiên

Tôi không tìm thấy giới hạn nào cả (Gerald Marcyk)

Thế kỷ 21 sẽ là thế kỷ phi thường của khoa học kỹ thuật. Ngay trong năm đầu tiên của thế kỷ này loài người đã chứng kiến sự bùng nổ đến chóng mặt cả về số lượng lẫn chất lượng của các phát minh trên mọi lĩnh vực. Sự kiện hoàn thành bản đồ gene người là thành tựu vĩ đại nhất. Trong vũ trụ học, người ta đã tìm được bằng chứng tuyệt vời của lý thuyết dẫn nở nhanh (theory of inflation)-phần cốt lõi của Lý thuyết Big Bang. Khoa điện tử tin học cũng đạt được những thành tựu không thua kém. Gần như đồng thời, trong khi “ông vua” sản xuất computer IBM công bố phát minh cải tiến chip silicon nâng hiệu suất mạch điện tử thêm 35% mà không cần co ngắn kích thước của chip, thì Intel, hãng sản xuất vật liệu bán dẫn lớn nhất thế giới, cũng công bố một phát minh làm chấn động giới khoa học và công nghệ điện tử.

Theo Reuters ngày 10-6-2001, các kỹ sư thuộc Viện nghiên cứu của Intel ở Hillsboro, Oregon, Mỹ, đã thiết kế và sản xuất được một loại transistor (đèn bán dẫn) mới siêu nhỏ và làm việc nhanh chưa từng có, hứa hẹn những thế hệ computer mới cực nhạy và nhỏ gọn sẽ ra đời trong vài năm tới, bao gồm cả computer sử dụng ngôn ngữ tự nhiên. Phát minh này đã được báo cáo tại Hội nghị thế giới về công nghệ điện tử vừa diễn ra ngày 10-6-2001 tại Kyoto, Nhật Bản. Thật vậy, kích thước transistor mới của Intel làm mọi người kinh ngạc bởi nó chỉ có từ 70 đến 80 nguyên tử xếp theo bề rộng và 3 nguyên tử xếp theo bề dày bao gồm 2 nguyên tử ôxy và 1 nguyên tử silicon, khoảng cách từ cực này đến cực kia chỉ có 20 nanometres (1nanometre = 1 phần tỷ của metre), nhỏ hơn 9 lần so với transistor nhỏ nhất của Intel hiện nay. Trong khi đó tốc độ của transistor mới của Intel lại nhanh chưa từng có: có thể bật tắt 1,5 tỷ lần trong 1 giây, một tốc độ vượt rất xa mọi kỷ lục tốc độ của transistor hiện nay. Nhờ kích thước siêu nhỏ và tốc độ cực nhanh của transistor mới, Intel dự đoán chip vi xử lý (microprocessor) của computer mới trong vài năm tới có thể chứa tới 1 tỷ transistors và chạy với tốc độ 20 gigahertz, lớn gấp 24 lần về sức chứa và 12 lần về tốc độ so với một computer hiện đại nhất hiện nay như chiếc Pentium 4 (với chip vi xử lý chứa 42 triệu transistors và chạy với tốc độ 1,7 gigahertz). Kích thước siêu nhỏ này cũng sẽ cho phép chế tạo ra những bộ nhớ thế

hệ mới chỉ lớn bằng cái móng tay nhưng có thể chứa tới 4 tỷ đơn vị thông tin dữ liệu (bits of data).

Theo quy luật tự nhiên, sự biến đổi về lượng sẽ dẫn đến những biến đổi về chất: chip vi xử lý mới sẽ mở ngỏ cánh cửa cho phần mềm tung hoành dễ dãi hơn, thoải mái hơn, tháo bỏ được một cách đáng kể sự phụ thuộc của phần mềm vào phần cứng, tóm lại là sẽ làm cho computer thông minh hơn rất nhiều. Về nguyên tắc, một bộ vi xử lý chỉ trở nên thực sự hiệu quả và hữu dụng khi nó có những chương trình phần mềm chạy một cách thích hợp trên nó. “Nhưng những bộ vi xử lý chứa tới 1 tỷ transistors sẽ để rộng đường cho phần mềm hoạt động. Chẳng hạn, computers và các máy cầm tay sẽ hiểu được các lệnh bằng ngôn ngữ tự nhiên cũng như các lệnh viết bằng tay”, đó là tuyên bố của Gerald Marcyk, giám đốc nghiên cứu công nghệ của Intel. Một computer như thế có thể sẽ ra đời vào năm 2007.

Trong một hiệu quả đáng kể khác, kích thước siêu nhỏ của transistors mới sẽ làm cho các chip vi xử lý tiêu thụ điện năng ít hơn. Mỗi chip sẽ sử dụng một điện áp dưới 1 volt, thấp hơn một nửa mức tiêu thụ của các bộ vi xử lý hiện nay của Intel. Điều này cho phép trong khoảng một nửa thập kỷ tới sẽ ra đời những computers với bộ vi xử lý cực nhậy xách tay hoặc thậm chí giống như các dụng cụ cầm tay hiện nay. Sự tiêu thụ điện năng thấp còn có một ý nghĩa rất lớn trong công nghệ internet và công nghệ nối mạng hiện nay. Trong một thế giới với số lượng người nối mạng ngày càng nhiều, các trung tâm dịch vụ nối mạng ngày càng đông, các hoạt động xã hội và kinh tế ngày càng phụ thuộc mạnh mẽ vào các trung tâm liên mạng như hiện nay, việc khủng hoảng thiếu công suất tại các trung tâm cung cấp và điều khiển mạng là điều đã xảy ra và sẽ ngày càng nghiêm trọng hơn. Sự quá tải ở nhiều nơi đã dẫn đến tình trạng ùn tắc mạch, thông tin bị chậm trễ gián đoạn. Đối với những doanh nghiệp mà lợi nhuận tính theo đơn vị giây thì sự ùn tắc này đã gây nên những tổn thất kinh tế vô cùng lớn. Trong bối cảnh đó, transistor mới của Intel ra đời như một vị cứu tinh đối với công nghệ World Wide Web.

Cuối cùng, transistor mới của Intel có một ý nghĩa đặc biệt về mặt lý thuyết công nghệ điện tử: Nó đã góp phần quyết định giải phóng nỗi ám ảnh trong những năm gần đây về sự bế tắc của công nghệ silicon. Sự bế tắc này liên quan đến một nguyên lý gọi là “định luật Moore” (Moore Laws) do tiến sĩ Gordon Moore, một trong các sáng lập viên của Intel, nêu lên năm 1965. Theo định luật này, số lượng transistors có thể “nén” lên một chip silicon sẽ tăng gấp đôi sau mỗi chu kỳ thời gian khoảng 18 tháng. Quy luật này đã đúng trong nhiều năm từ thập niên 1960 đến cuối thập niên 1980. Nhưng từ thập niên 1990, nhiều nhà khoa học tỏ ra nghi ngờ nguyên lý này và cho rằng không có một cơ sở vật lý nào để chứng tỏ có thể tiếp tục co nén kích thước của transistor nữa. Thậm chí người ta đã nói đến “cái chết của công nghệ silicon” trong những năm đầu tiên của thế kỷ 21. Những nghiên cứu tìm kiếm công nghệ mới thay thế công nghệ silicon đã được tiến hành ráo riết như công nghệ computer phân tử, công nghệ computer sinh học, v.v... Chính Moore, cha đẻ của định luật Moore, cũng tỏ ra nghi ngờ định luật của mình khi ông tuyên bố vào năm 1993 rằng khó mà vượt qua giới hạn 250 nanometres để tạo ra transistor nhỏ hơn nữa. Mặc dù 4 năm sau công nghệ silicon đã vượt qua giới hạn đó và gần đây nhất đã đạt được kích thước từ 130 nanometres đến 180 nanometres nhưng giới khoa học vẫn tiếp tục nghi ngờ khả năng co ngắn kích thước xuống dưới mức 130 nanometres và nghĩ rằng đó là giới hạn cuối cùng. Một chuyên gia của Intel là Paul Packan năm 1999 đã thể hiện mối bi quan này trong một bài viết trên tạp chí Science nổi tiếng. Nhưng chỉ 2 năm sau, Intel đã công bố phát minh transistor mới như một đột phá cả về kỹ thuật lẫn tâm lý. “Tất cả những ai tiên đoán sự cáo chung của định luật Moore đều đã sai lầm”, Marcyk của Intel tuyên bố, và ca ngợi thành tựu của Intel như những “nỗ lực anh hùng” (heroic efforts). Quả thật là anh hùng khi các chuyên gia của Intel phải đối mặt với những thách thức tưởng chừng không thể vượt qua. Một trong các thách thức lớn nhất là ở chỗ kích thước của những transistors này nhỏ hơn rất nhiều so với bước sóng của ánh sáng tạo ra bởi các máy móc dùng để nén các transistors đó lên silicon. Trong kỹ thuật kinh điển vẫn được áp dụng, ánh sáng này được chiếu qua một sơ đồ mạch trên một màng mỏng giống như phim âm

bản để tạo ra mạch thực sự trên silicon. Nhưng khi các mạch điện được thu gọn lại nhỏ hơn kích thước của sóng ánh sáng thì phương pháp kinh điển thất bại bởi không đạt được yêu cầu chính xác cần thiết. Mặc dù chi tiết công nghệ mới được coi là bí mật của Intel để độc quyền sản xuất trong tương lai nhưng báo cáo của Intel tại hội nghị Kyoto cho biết các kỹ sư của họ đã tìm ra một phương pháp giải quyết gọi là “làm nhẩy pha” (phase shifting), trong đó sử dụng các giao thoa ánh sáng để tạo ra vi mạch điện tử siêu nhỏ. Intel dự đoán rằng theo tính toán, phương pháp mới của họ có thể sẽ được áp dụng cho đến năm 2014, nghĩa là công nghệ silicon sẽ tiếp tục tồn tại vài ba thế hệ nữa ít nhất đến nửa đầu thập niên 2010.

Những người lo xa đã đặt câu hỏi sau giới hạn siêu nhỏ mà Intel vừa đạt được liệu có thể còn tiếp tục giảm kích thước nữa hay không. Các chuyên gia cho rằng khi đó người ta sẽ phải tìm kiếm một loại vật liệu mới, bởi lẽ một chiều dày 3 nguyên tử với 2 nguyên tử ôxy và 1 nguyên tử silicon đã nói ở trên là tối thiểu rồi, không thể “ép” mỏng hơn được nữa. Tờ The New York Times ngày 10-6-2001 cho biết một trong những người lo xa đó chính là Andrew Grove, một đồng sáng lập viên và là chủ tịch đương nhiệm của Intel. Grove hỏi Marcyk: “Tôi muốn biết đâu là giới hạn”. Marcyk trả lời: “Tôi chưa tìm thấy giới hạn đó”.

09. Áp dụng Cơ học lượng tử để tăng công suất computer

Công nghệ sản xuất vi chip điện tử silicon cho computers hiện nay chủ yếu dựa trên phương pháp in quang học (optical lithography)- một quá trình sử dụng ánh sáng để khắc mạch điện trên chip. Bước sóng của ánh sáng này càng nhỏ bao nhiêu thì bề rộng của dòng điện trong mạch và kích thước toàn bộ mạch điện càng nhỏ bấy nhiêu, thời gian để electrons đi qua mạch điện sẽ ngắn bấy nhiêu và công suất computers sẽ tăng bấy nhiêu. Nhưng vì bước sóng của ánh sáng có giới hạn, do đó bề rộng của dòng điện trong mạch cũng bị giới hạn- bằng khoảng 1/2 bước sóng của ánh sáng đang sử dụng, tức là công suất của computers cũng bị giới hạn. Công nghệ hiện nay đã gần đạt tới giới hạn đó và về nguyên tắc không thể nào

vượt qua nếu không có công nghệ mới. Tuy nhiên, một công nghệ mới dựa trên các nguyên lý của Cơ học lượng tử đã ra đời khi các nhà vật lý tại Đại học Maryland ở Baltimore, Mỹ, dưới sự lãnh đạo của tiến sĩ Yanhua Shih, lần đầu tiên đã vượt qua giới hạn này trong một thí nghiệm tạo ra ánh sáng bao gồm những cặp photons, thay vì những photons riêng rẽ. Đó là công trình vừa được công bố trên tạp chí Physical Review Letters số ra tháng 9-2001.

Trong điều kiện bình thường, ánh sáng bao gồm những hạt photons riêng rẽ không tương tác với nhau. Nhưng các nhà khoa học đã biết cách làm cho các hạt photons nhóm lại thành từng đôi với nhau. Trong trạng thái lượng tử đặc biệt này chúng “ứng xử” rất khác lạ so với trạng thái riêng rẽ thông thường đến nỗi các nhà vật lý gọi chúng là những “cặp rối” (entangled pairs). Nhóm của Shih trước hết đã tạo ra những “cặp rối” bằng cách chiếu một luồng ánh sáng laser argon đi qua một loại thủy tinh đặc biệt, sau đó cho ánh sáng này đi qua những lỗ rất nhỏ, tạo ra một phổ bao gồm những vệt sáng và tối xen kẽ. Bằng một chiếc máy gọi là photodetector (máy thăm dò thông qua ảnh chụp) cực nhạy, nhóm của Shih đã xác định được bước sóng của ánh sáng gồm các “cặp rối” này chỉ bằng 1/2 so với ánh sáng thông thường bao gồm các photons riêng rẽ. Do đó nếu dùng ánh sáng gồm những “cặp rối” để khắc mạch điện trên chip thì có thể tạo ra dòng điện có bề rộng chỉ bằng 1/2 so với dùng ánh sáng thông thường. Khi đó mỗi đơn vị diện tích của chip sẽ tăng gấp đôi khả năng vẽ mạch điện, có nghĩa là công suất của chip sẽ tăng gấp $2 \times 2 = 4$ lần. Hiện tượng kỳ lạ của “cặp rối” có thể giải thích dựa trên một trong các nguyên lý cơ bản của Cơ học lượng tử, đó là nguyên lý lưỡng tính “sóng-hạt” do Louis De Broglie nêu lên từ những năm 1920 (do đó đã đoạt giải Nobel năm 1929), trong đó bất kỳ hạt cơ bản nào cũng đều có tính chất sóng và bước sóng của chúng tỷ lệ nghịch với moment của chúng. Mỗi “cặp rối” sẽ có moment lớn gấp 2 lần so với một photon riêng rẽ do đó sẽ có bước sóng chỉ bằng 1/2 so với bước sóng của một photon riêng rẽ. Tiến sĩ Daniel Gauthier tại Đại học Duke xác nhận: “Đây là một trong nhiều phương pháp phi tuyến (nonlinear) đã biết để tạo ra các trạng thái lượng tử của ánh sáng. Bạn có thể lấy một hạt photon xanh, huỷ diệt nó trong

thuỷ tinh, và nó sẽ tạo ra hai photons cận-hồng-ngoại”. Trong khi đó, tiến sĩ Carlos Stroud, giáo sư Đại học Rochester kiêm giám đốc Trung tâm thông tin lượng tử, nhận định rằng phát minh này không những có ý nghĩa ứng dụng rất quan trọng đối với việc phát triển công nghệ computers trong thời gian sắp tới, mà còn chứng minh hùng hồn sự đúng đắn của các lý thuyết cơ bản của Cơ học lượng tử.

Để đưa phát minh này vào sản xuất, các nhà vật lý còn phải giải quyết một bài toán kỹ thuật học búa: Công suất của nguồn ánh sáng bao gồm những “cặp rối” trong thí nghiệm hiện nay còn quá yếu, không đủ để tạo ra mạch điện trên chip silicon. Làm thế nào để nâng công suất đó lên đủ mức cần thiết? Các nhà vật lý tin chắc sẽ giải quyết được. Gauthier nói: “Nhưng đó chỉ là những khó khăn kỹ thuật”.

10. Công nghệ mới chế tạo transistor và mạch điện phân tử

N hóm khoa học gồm các tiến sĩ Hendrik Schon, Hong Meng và Zhenan Bao tại Viện nghiên cứu Bell Labs thuộc Công ty Lucent Technologies Inc. ở Mỹ đã áp dụng một công nghệ mới để chế tạo thành công những transistors kích cỡ chỉ bằng một phân tử hữu cơ và nối kết chúng lại với nhau thành một mạch điện phân tử đơn giản, báo hiệu sự ra đời của computer phân tử trong nay mai. Công trình được công bố trên tạp chí Nature ngày 18-10-2001.

Transistors là đơn vị cơ bản trong mạch điện computer. Thực chất chúng là những chiếc công tắc bật-tắt thể hiện ngôn ngữ cơ sở của computer-ngôn ngữ tính toán theo hệ nhị phân-dưới dạng vật lý. Trạng thái bật công tắc tương ứng với 1, tắt tương ứng với 0. Kích thước transistor và mạch điện computer nhỏ bao nhiêu thì năng lượng tiêu thụ cũng nhỏ bấy nhiêu và công suất computer lớn bấy nhiêu, do đó việc thu gọn kích thước transistor và mạch điện đã trở thành mục tiêu hàng đầu trong công nghệ phần cứng của computer ngày nay. Trong thí nghiệm của Viện Bell, trước hết nhóm nghiên cứu đã trích một ô vuông trên một miếng nền silicon rồi tráng lên đấy

ô vuông đó một lớp vàng để tạo ra điện cực thứ nhất. Sau đó nhúng toàn bộ miếng nền silicon vào một chất hoà tan chứa các phân tử hình que cấu tạo từ carbon. Các phân tử này hoạt động như những chất bán dẫn. Đầu của các que gắn vào lớp vàng điện cực. Khi chất hoà tan bay hơi hết, các phân tử hình que tạo thành một khối thống nhất dựng đứng trên lớp vàng. Phủ tiếp một lớp vàng ở đầu bên kia của khối phân tử hình que đó để tạo ra điện cực thứ hai. Đến đây ta đã có một transistor. Nối các transistors này với nhau, nhóm nghiên cứu đã chế tạo ra bộ đổi dòng (voltage inverter)-một bộ phận phổ biến trong computer và các máy móc điện tử dùng để đổi dòng một chiều thành hai chiều. Bộ đổi dòng phân tử của nhóm Bell Labs đã hoạt động chính xác như các bộ đổi dòng thông thường. Đây không phải là lần đầu tiên một transistor và một mạch điện phân tử ra đời, nhưng nó được đánh giá là thành tựu “chìa khoá” để đạt tới computer phân tử nhờ việc áp dụng một công nghệ mới, hơn hẳn các thành tựu trước nó do các yếu tố vượt trội về kinh tế và kỹ thuật. Thật vậy, trong tháng 8-2001, đại công ty IBM và Đại học công nghệ Delf ở Hà Lan lần đầu tiên đã công bố transistors và mạch điện phân tử của họ gồm các ống carbon vô cùng mảnh mai cỡ nanometre (1 phần tỷ của metre), gọi là các “ống nano” (nanotubes). Tuy nhiên việc lắp ghép các ống nano rất khó đạt được độ chính xác mong muốn. Trong khi đó ưu điểm nổi bật trong công nghệ của Viện Bell là ở chỗ các transistors có thể tự lắp ghép phần cơ bản nhờ tương tác hoá học nội tại, đó là việc các phân tử hình que tự xếp thẳng đứng thành một khối trên lớp vàng điện cực. Công nghệ tự động này làm cho việc chế tạo transistor phân tử trở nên đơn giản đến nỗi các chuyên gia dự đoán rằng nó có thể sẽ được áp dụng cho sản xuất và thị trường trong vài ba năm tới. Giáo sư hoá học James Tour thuộc Đại học Rice phải thốt lên: “Thật là hết sức kỳ diệu ! Đó là một bước tiến vượt bậc so với các ống nano. Các phân tử đã tự lắp ghép ở đúng chỗ cần phải được lắp ghép. Phát minh này sẽ có ảnh hưởng rất lớn đến công nghệ tương lai”.

Trong khi tiến sĩ Federico Capasso, phó chủ tịch nghiên cứu vật lý của Bell Labs, khiêm tốn nhận định “Đây mới chỉ là bước khởi đầu

của một cuộc cách mạng”, các nhà khoa học đã nghĩ ngay đến hai bài toán lớn:

Một, nghiên cứu nhanh chóng đưa công nghệ mới vào sản xuất;

Hai, nghiên cứu mở rộng mạch điện phân tử với số lượng vô cùng nhiều transistors, bởi vì computer cần không phải chỉ hàng trăm, hàng triệu, mà đến hàng tỷ transistors. Đó sẽ là một bài toán khó gấp bội, nhưng chính các bài toán khó mới là liều thuốc làm hưng phấn các sáng tạo khoa học.

11. Điện tử phân tử – một công nghệ mới ra đời

“Tốc độ và công suất của computer có thể tăng đến mức nào ? Liệu một ngày nào đó nó có thể tạo ra những “bộ não” nhân tạo với khả năng trí tuệ sánh ngang hoặc thậm chí còn hơn trí tuệ con người được không ? Câu trả lời phụ thuộc chủ yếu vào một nhân tố duy nhất: Chúng ta có thể chế tạo mạch điện của computer nhỏ và dày đặc đến mức nào”. Đó là nhận định của Mark Reed ở Đại học Yale và James Tour ở Đại học Rice, Mỹ, trong bài “Sự ra đời của công nghệ điện tử phân tử” (The Birth of Molecular Electronics) trên Scientific American số mới nhất tháng 6-2000.

Theo Reed và Tour, hiện nay một số nhà khoa học vẫn tin rằng nền công nghệ hiện tại dựa trên các mạch vi điện tử ở trạng thái cứng cuối cùng sẽ cho phép tạo ra những mạch điện đủ dày đặc và đủ phức tạp để đạt tới một computer có trình độ nhận thức thật sự. Nhưng thực tế cho thấy vẫn chưa có một kết quả nào tỏ ra hứa hẹn sẽ đạt được mục tiêu đó. Muốn có những mạch điện như thế thì phải có một công nghệ hoàn toàn mới cho phép tạo ra các phân tử của mạch điện có kích thước cực kỳ nhỏ-cấp độ phân tử. Sau khoảng một thập kỷ nghiên cứu, lần đầu tiên năm 1999, bằng các phương pháp hoá lý, các nhà khoa học đã chế tạo được những phân tử hoạt động tương tự như những transistors (phần tử bán dẫn), diodes (phần tử hai cực), conductors (phần tử dẫn điện), và các phân tử quan trọng khác trong vi mạch. Đây là thời điểm khai

sinh một ngành công nghệ mới-công nghệ điện tử phân tử. Thành tựu này được đánh giá là một bước tiến cách mạng có khả năng làm thay đổi một cách căn bản tương lai của công nghệ computer.

Tháng 7-1999, các nhà nghiên cứu thuộc công ty Hewlett-Packard và Đại học California đã công bố việc chế tạo thành công một cái công-tắc (switch) điện tử cấu tạo bởi một lớp gồm vài triệu phân tử của một chất hữu cơ gọi là rotaxane. Đây là một cơ cấu phân tử đầu tiên hoạt động với chức năng logic cơ bản (đóng-mở, bật-tắt, 1-0). Cùng thời gian đó, nhóm nghiên cứu tại Đại học Yale và Rice chế tạo thành công một cơ cấu phân tử có chức năng nhớ (memory). Đó là một lớp gồm khoảng 1000 phân tử nitroamine benzenethiol được nối liền giữa hai tiếp điểm kim loại, thường là bằng vàng. So sánh với các cơ cấu trong vi mạch ở trạng thái cứng dựa trên công nghệ silicon hiện nay, các cơ cấu điện tử phân tử nói trên đã giảm được kích thước xuống 60000 lần nhỏ hơn. Việc áp dụng công nghệ phân tử để sản xuất vi mạch điện tử không đơn giản chỉ là vấn đề kỹ thuật, mà còn đem lại một kết quả hết sức lớn lao về mặt kinh tế. Các chuyên gia ước lượng rằng nếu tiếp tục công nghệ điện tử theo hướng như hiện nay thì giá thành để sản xuất vi mạch trong một số dự án sẽ tăng lên mức vài trăm tỷ dollard vào thời điểm năm 2015, và đó là một “ngõ cụt”, một bài toán kinh tế nan giải trước khi các chips silicon điện tử có thể đạt tới trình độ làm ra “bộ não” của robot sánh với con người.

Sau những thành công nói trên, mục tiêu tiếp theo của các nhà khoa học là nối kết các phân tử điện tử thành một mạch điện hoàn chỉnh. Đây là một bài toán cực kỳ khó khăn và được dự đoán là sẽ dẫn tới những thay đổi lớn không chỉ trong lĩnh vực điện tử nói chung mà cả trong lĩnh vực computer. Reed và Tour nói: “Các nhà nghiên cứu đã tạo ra những phân tử hoạt động như những công-tắc điện, dây dẫn và thậm chí các phần tử của bộ nhớ, nhưng việc kết nối nhiều cơ cấu như thế lại với nhau đặt ra một thách thức vô cùng lớn...Nền công nghệ mới này hiện còn quá non trẻ để có thể nói một cách chắc chắn rằng liệu đến bao giờ thì thách thức khổng lồ này sẽ được vượt qua...Khả năng xây dựng những cơ cấu phân tử phức

hợp với những hình thức và quy luật nối kết mới của các cơ cấu đa dạng sẽ mở ra một phương pháp hoàn toàn mới để suy nghĩ về thiết kế computer”. Tuy nhiên Reed và Tour kết luận: “Mặc dầu điểm xuất phát hiện nay có những bài toán học búa nhưng chúng tôi không có sự lựa chọn nào khác là phải giải chúng tới cùng...và tuy vượt qua thách thức thật là khó khăn nhưng phần thưởng cho ai giải được những bài toán đó cũng sẽ lớn đến mức phải ngạc nhiên”.

12. Bao giờ robot sẽ thông minh như con người ?

20 năm nữa robot sẽ có cảm xúc và ý thức. Đó là tuyên bố của Rodney Brooks, giám đốc Viện nghiên cứu trí thông minh nhân tạo thuộc Đại học MIT nổi tiếng, trong cuốn sách mới xuất bản của ông mang tên “Thể xác và máy móc: Robots sẽ biến đổi chúng ta ra sao” (Flesh and Machines: How robots will change us) – một cuốn sách được tờ The New York Times ngày 14-4-2002 mô tả là hết sức hấp dẫn bởi những khái niệm mới lạ về ý thức và vô thức, và bởi sự liên hệ các khái niệm ấy với sự phát triển của robot trong tương lai.

Sự kiện này một lần nữa làm sống dậy câu hỏi lớn gây tranh cãi suốt mấy thập kỷ qua: **“Trí thông minh nhân tạo, gọi tắt là AI (Artificial Intelligence), có thể trở thành hiện thực hay không?”**. Nhiều nhà khoa học giỏi nhất trả lời “có”, nhưng cũng không thiếu những nhà khoa học tài ba nhất trả lời “không”. Bài viết này mong góp nhặt thêm một vài thông tin mới nhất ở cả hai phía ngõ hầu bổ xung thêm tư liệu cho việc tìm câu trả lời.

A – Sự trỗi dậy của robot:

1-Robot thông minh như con người sẽ xuất hiện vào khoảng 2040-2050:

Ngay từ những năm 1950, Alan Turing, người được coi là một trong các cha đẻ của computer, đã khẳng định: “Computer có thể hoặc sẽ có thể suy nghĩ. Một hệ thống tính toán có thể bao gồm mọi thành phần quan trọng giống như hệ thống tư duy hoặc hiểu biết của con

người. Tôi tin rằng đến cuối thế kỷ này nếu có ai đó bàn đến những chiếc máy biết suy nghĩ thì cũng chẳng có gì mâu thuẫn”[5].

Khi chiếc computer Deep Blue đánh cờ thắng vua cờ Garry Kasparov thì niềm tin của Turing dường như đã biến thành sự thật.

Cách đây 2 năm, vào thời điểm bản lề bước sang thế kỷ 21, trong số đặc biệt với chủ đề “Khoa học sẽ biết gì vào năm 2050?”, tạp chí Scientific American lại nêu lên câu hỏi: “Liệu robot có thể thông minh (như con người) được không?”. Trong bài trả lời nhan đề “Sự trỗi dậy của robot”, Hans Moravec, chuyên gia hàng đầu của Viện robot thuộc Đại học Carnegie Mellon ở Mỹ, tiên đoán: “Vào năm 2050, những “bộ óc” robot dựa trên những computer có khả năng thực hiện 100 ngàn tỷ phép tính trong một giây sẽ bắt đầu cạnh tranh với trí thông minh của con người”.

Nhận định của Moravec trước hết dựa trên cơ sở công suất – khả năng tính toán của computer – đã tăng lên không ngừng trong những thập kỷ qua. Trong những năm 1970 và 1980, computer dùng cho robot có khả năng thực hiện 1 triệu phép tính trong 1 giây (1 MIPS). Trong những năm 1990 là 10 MIPS, rồi 100 MIPS, và gần đây là 1000 MIPS. Cứ sau mỗi năm trong thập kỷ 90, cùng bỏ ra một số tiền như nhau bạn sẽ mua được một computer có công suất gấp đôi, trong thập kỷ 80 bạn phải đợi 18 tháng, và trước đó là 2 năm. Nếu tốc độ tăng trưởng này được duy trì thì đến năm 2050 công suất sẽ đạt được cỡ 100 ngàn tỷ phép tính trong 1 giây, và tiên đoán của Moravec sẽ trở thành hiện thực. Mặt khác, tiên đoán của Moravec cũng dựa trên cơ sở tiến bộ vượt bậc của công nghệ điện tử, tin học và điều khiển học, bởi vì những khoa học này cho phép chế tạo ra những “cơ cấu cảm giác” giúp cho robot giao tiếp được với môi trường xung quanh và với con người.

Xuất phát từ sự tiến bộ của công nghệ kết hợp với việc mô phỏng lịch sử tiến hoá của sinh vật, các nhà robot học đã vạch ra một lịch trình “tiến hoá” của robot như sau:

– Robot thế hệ 0 bao gồm những robot chuyên dụng, có chỉ số MIPS ngang với loài sâu bọ.

– Robot thế hệ 1 gồm các robot đa chức năng, có khả năng thực hiện một số nhiệm vụ cụ thể theo chương trình ứng dụng đã vạch sẵn, nhưng không có khả năng thích ứng với hoàn cảnh thay đổi, trình độ sánh ngang với loài bò sát.

– Robot đa chức năng thế hệ 2 có công suất 100000 MIPS, có thể được đào tạo để thích ứng với hoàn cảnh thay đổi. Ngoài chương trình ứng dụng chúng còn được trang bị phần mềm điều khiển việc tiếp nhận các môđun điều kiện (conditioning modules), nhờ đó chúng có thể phân biệt tình huống bất lợi với tình huống thuận lợi. Trình độ sánh ngang với loài chuột.

– Robot đa chức năng thế hệ 3 có trình độ sánh ngang với loài khỉ, có công suất 5 triệu MIPS. Chúng có khả năng học rất nhanh theo kiểu bắt chước để nhận biết các yếu tố vật lý, tâm lý, văn hoá. Yếu tố vật lý bao gồm hình dạng, kích thước, trọng lượng, tích chất bề mặt, vẻ bề ngoài của đồ vật và làm thế nào để nắm bắt đồ vật. Yếu tố văn hoá bao gồm tên gọi, giá trị, vị trí và mục đích sử dụng của đồ vật. Yếu tố tâm lý diễn ra trong quan hệ giữa robot với người và với robot khác, bao gồm mong muốn, niềm tin, cảm xúc và sự ưa thích. Muốn vậy robot sẽ được trang bị các phần mềm mô phỏng (simulators). Điều này đòi hỏi một khối lượng công việc khổng lồ với một đội ngũ hàng ngàn lập trình viên và chuyên gia robot tài giỏi.

– Robot đa chức năng thế hệ 4 có trình độ như con người, công suất 100 triệu MIPS, đạt tới giới hạn đặc trưng phân biệt loài người với các động vật cấp thấp hơn, đó là khả năng trừu tượng hoá và khái quát hoá. Moravec nói: “Tôi tin rằng vào khoảng năm 2040 chúng ta sẽ đạt được mục tiêu nguyên thủy của robot và của chủ đề trung tâm của các chuyện khoa học viễn tưởng: những chiếc máy di chuyển tự do với trình độ thông minh như con người”.

2-Bộ phận cảm ứng là cơ sở của ý thức:

Nếu Moravec chú trọng nhiều đến bộ não thì Rodney Brooks lại đặc biệt nhấn mạnh đến vai trò của cơ cấu “cảm giác” – khả năng phản ứng nhanh của robot đối với bên ngoài nhờ các máy cảm ứng (sensors). Theo Brooks, thiết kế của Deep Blue về cơ bản không khác những computer chơi cờ từ thập kỷ 1960, nhưng chất lượng hơn hẳn của nó được quyết định bởi khả năng phản xạ nhanh gấp bội. Trên quan điểm robotics (robot học), Brooks coi khả năng nhìn là quan trọng nhất: viết chương trình để robot chơi cờ và giải những bài toán đại số dễ hơn việc làm thế nào để cho robot biết phân biệt “bằng mắt” một tách cà phê với một cái bàn, hoặc biết đi lại xung quanh các chướng ngại, cái mà một em bé 4 tuổi có thể làm một cách dễ dàng. Tờ New York Times nhận xét rất thú vị rằng Brooks còn đòi hỏi robot trong tương lai phải có phản xạ tìm được lối đi tốt nhất ngay cả trong một không gian trống rỗng, cái mà một nhà tu thiền Phật giáo phải bỏ cả cuộc đời tu luyện cũng chưa chắc hoàn thành. Đối với Brooks không có lần ranh rứt khoát giữa ý thức và vô thức, và ý thức có thể chỉ là sự tổng hợp của các phản ứng vô thức kết hợp lại với nhau mà thôi. Điều đó có nghĩa là không có sự đột biến sản sinh ra ý thức để tạo nên loài người : sự tiến hoá diễn ra một cách liên tục từ vi khuẩn đến tinh tinh rồi đến người. ý thức của loài người là kết quả tích tụ qua hàng tỷ năm của phản xạ vô thức từ những động vật sơ đẳng nhất đến loài người thời tiền sử mà thành. Khoa học robot có thể bắt chước sự tiến hoá này để một ngày nào đó sẽ tạo ra ý thức của robot giống như con người. Đến lúc ấy, Brooks nói, robot cũng có “quyền con người” (!), và trong tương lai không xa chúng ta sẽ sớm được chứng kiến sự xuất hiện ở mức bùng nổ các “robot giống con người” (humanoid robots).

Quả thật không phải đợi lâu để chứng kiến “humanoid robots”. Chúng đã bắt đầu xuất hiện. Từ ngày 26-3-2002 đến 10-4-2002 vừa qua tại Nhật bản, nước được coi là cường quốc số 1 thế giới hiện nay về chế tạo robot, đã liên tiếp diễn ra các cuộc triển lãm “robot giống người”, trong đó lớn nhất là triển lãm Robodex 2002 tại Yokohama ở phía nam Tokyo. “Robodex” có nghĩa là robot cùng tồn tại với con người. Ngay ngày đầu tiên đã có 100.000 người vào xem, một lý lục hiếm có. Tại đây robot SDR-4X biểu diễn múa, hát,

nói với giọng đáng yêu như giọng trẻ em. Robot ASIMO có thể đi lại không vấp vấp trên mặt bằng, lội nước bì bõm, lên xuống cầu thang trong nhà. Robot SAYA có thể thể hiện cảm xúc trên khuôn mặt nhờ phối hợp cử động của các điểm trên mặt. Robot HRP-2P có thể nâng và di chuyển đồ vật. Robot của hãng Murata MFG có thể đi xe đạp. Robot PARO, một robot hộ lý được ghi vào kỷ lục Guinness vì công lao giúp việc đắc lực các bác sĩ trong bệnh viện, chăm sóc bệnh nhân không hề biết e sợ chuyện dơ bẩn lây nhiễm. Robot công nghiệp điều khiển máy móc công nghiệp. Robot “trí thức” kiểm tra máy liên lạc viễn thông (intercom). Đó là chưa kể những loại robot khác như robot khủng long, robot chó giữ nhà, v.v...

Nếu các chuyện khoa học viễn tưởng đã từng tưởng tượng đến chuyện robot chiến đấu trong tương lai thì nay điều đó đã trở thành ý đồ hiện thực của giới quân sự Mỹ. Cũng từ New York Times, ngày 16-4-2002, đưa tin: “Lầu năm góc, có thêm nghị lực bởi thắng lợi ở Afghanistan, hơn bao giờ hết đang tiến gần đến ý tưởng giảm thiểu vở bi kịch của con người trên chiến trường bằng cách thay thế nó bằng vở ballet của người máy. Sự tiến bộ nhanh chóng của công nghệ đã cung cấp hàng loạt máy cảm ứng, phương tiện vận chuyển và vũ khí có thể hoạt động nhờ điều khiển từ xa hoặc hoàn toàn tự động. Trong một thập kỷ nữa, những máy móc này sẽ có thể đảm nhiệm những nhiệm vụ nguy hiểm nhất, căng thẳng nhất, buồn chán nhất mà hiện nay con người phải làm, tạo ra một sự thay đổi căn bản trong kỹ thuật chiến tranh”.

Ngày 28-3-2002, BBC News loan tin một robot phóng viên chiến tranh mang tên Afghan Explorer đang được nghiên cứu chế tạo để thực hiện những nhiệm vụ của nhà báo tại những nơi mà ngay cả một phóng viên nổi tiếng như John Simpson cũng không thể nào đến được. ý tưởng robot phóng viên đã có từ thời Chiến tranh Vùng Vịnh, khi các nhà báo bị hạn chế việc thâm nhập chiến trường, nay đã trở thành một dự án hiện thực kể từ sau cuộc khủng bố 11-9-01 ở New York và Mỹ nhảy vào cuộc chiến Afghanistan. Tác giả dự án là Chris Csikszentmihalyi, giám đốc Nhóm khoa học tính toán thuộc đại học MIT. Afghan Explorer được thiết kế phỏng theo robot Mars

Explorer chạy trên Sao Hỏa, di chuyển bằng năng lượng mặt trời và tự tìm đường đi nhờ hệ thống GPS. “Não” của nó là một computer nối với internet bằng một điện thoại di động. Tai và mắt của nó gồm một máy quay video đeo ở mũi và 2 camera đeo hai bên tai. Một cuộc phỏng vấn tại chỗ có thể thực hiện thông qua điện thoại vệ tinh.

Với sự trỗi dậy của robot như chúng ta đang và sắp chứng kiến, sự xuất hiện những robot thông minh như con người vào giữa thế kỷ này có thể không còn là chuyện viễn tưởng nữa, mà là một sự thật nghiêm túc. Tuy nhiên vẫn rất khó để tưởng tượng rằng chẳng bao lâu nữa chúng ta sẽ có những “đồng loại” với thể xác không phải bằng xương thịt hữu cơ, mà bằng kim loại và những vật chất vô cơ.

B – Hạn chế của các hệ logic:

3-Bản chất của tư duy là gì ?

“Con người là một cây sậy yếu ớt nhưng có tư duy”, câu nói nổi tiếng đó của Blaise Pascal (1623-1662) đến nay vẫn mang ý nghĩa thời đại: con người khác biệt hẳn với phần còn lại của vũ trụ ở chỗ biết tư duy. Nhưng bản chất của tư duy là gì? Bản chất của nhận thức là gì? Nếu tư duy nhận thức là một trạng thái hoạt động gồm nhiều thang bậc của bộ não thì có lẽ công suất tính toán và phản xạ điều khiển của bộ não cũng chỉ giúp con người đạt tới một số thang bậc nhất định nào đó mà thôi-những thang bậc thiên về tư duy logic máy móc (hoặc tư duy cơ giới). Những thang bậc bên trên-thang bậc tư duy theo cảm xúc lãng mạn và tưởng tượng-thì có thể không có một cơ chế máy móc logic nào đạt tới.

Về nguyên tắc, muốn chế tạo ra những robot biết suy nghĩ như con người thì trước hết phải nắm được mô hình cấu trúc và bản chất hoạt động tư duy của con người. Điều này nằm ngoài tầm tay của khoa học robot, mà thuộc lĩnh vực thần kinh học. Nhưng đến nay loài người vẫn biết quá ít về hệ thần kinh và hoạt động tư duy của chính mình. Trong bài “Những khoa học bất ngờ sẽ xuất hiện” cũng trên số đặc biệt “Khoa học sẽ biết gì vào năm 2050 ?” của Scientific

American, John Maddox, giáo sư vật lý lý thuyết tại Đại học Manchester, nói: “Hiểu biết của chúng ta về bộ não của con người không đầy đủ. Có một điều rất rõ ràng là đến nay không ai hiểu các quyết định được hình thành như thế nào và trí tưởng tượng xuất hiện một cách phóng khoáng trong bộ não ra sao”. Chính Hans Moravec cũng băn khoăn về điều này : “Vấn đề nan giải là liệu cấu trúc và hoạt động sinh học (của bộ não) có hoàn toàn tuân theo các quy luật vật chất hay không, và hơn nữa, liệu các quy luật ấy có thể chương trình hoá hoàn toàn được không, tức là có thể mô phỏng trên computer được không?”. Sau đó Moravec nhận định : ” Khoa sinh học phân tử và thần kinh học đang từng bước vững chắc khám phá ra cơ cấu vật chất của cuộc sống và của ý nghĩ, nhưng những điều đạt được mới chỉ là những cơ cấu đơn giản”. Cuối cùng Moravec tự trả lời nghi vấn của mình bằng niềm tin: “Cấu trúc và hoạt động thần kinh hoàn toàn tuân theo các quy luật vật chất (lý, hoá, sinh) và các quy luật ấy đều có thể chương trình hoá”. Niềm tin này có thể coi như một tiên đề của khoa học thần kinh, nhưng không phải do các nhà thần kinh học nêu ra, mà do các nhà robot học. Đến nay chúng ta không có cơ sở thực nghiệm nào để kiểm chứng niềm tin này.

Khi Brooks khẳng định rằng ý thức là sự tổng hợp của các vô thức thì đó cũng là một tiên đề. Bản thân khoa sinh học tiến hoá cũng chưa trả lời được cái gì làm cho loài người khác hẳn các giống loài khác. Cho dù hắc tinh tinh (chimpanzee) có đến 99% gene giống con người, và được coi là thủy tổ của loài người, nhưng đến nay người ta vẫn chưa rõ vì sao 1% gene khác nhau lại làm nên sự khác biệt vô cùng lớn giữa hai loài, để một bên được xếp vào loài vật, một bên là loài người. Những nghiên cứu mới nhất về đề tài này cho thấy tuy có 99% gene giống nhau nhưng thời khoá biểu hoạt động và sự tương tác kết hợp gene khác nhau [6].

Tuy nhiên trong các ý kiến nghi ngờ tính hiện thực của AI-Trí thông minh nhân tạo- thì ý kiến của một số nhà toán học logic lại chứa đựng một sự sâu sắc mang tính triết học hơn cả. Những ý kiến này dựa trên một cơ sở toán học thuần túy, đó là Định lý bất toàn. Dựa trên định lý này, các nhà toán học đó khẳng định rằng bất kỳ một hệ

logic nào cũng bất toàn, và do đó bộ não của con người, với tư cách là một hệ logic, không bao giờ hiểu được đầy đủ chính nó. Và do đó, nếu không hiểu hết bộ não của con người thì sẽ không bao giờ chế tạo được một sản phẩm tương đương với nó. Đây là một đề tài thú vị mà sách vở ở phương tây gần đây đề cập tới rất nhiều.

4-Dao sắc không gọt được chuôi (Định lý bất toàn và sự hạn chế của các hệ logic):

Tranh luận về AI tức là tranh luận về khả năng của các hệ logic (não người, “não” robot, các sensors), do đó không thể không biết đến hạn chế của các hệ logic này. Hạn chế của mọi hệ logic là hệ quả trực tiếp của **Định lý bất toàn** (Theorem of Incompleteness)[7] nổi tiếng do Kurt Godel (1906-1978), nhà toán học logic người áo-Tiệp lỗi lạc nhất thế kỷ 20, công bố năm 1931. Định lý Godel ra đời trong bối cảnh toán học đang bị khủng hoảng bởi những nghịch lý, điển hình là các nghịch lý của Bertrand Russell. Thay vì đi theo con đường tiên đề hoá của chủ nghĩa toán học hình thức do David Hilbert khởi xướng nhằm xây dựng lại toàn bộ toán học thành một hệ thống tuyệt đối chặt chẽ phi mâu thuẫn, Godel lại chứng minh một cách thành công rằng bất kỳ một hệ logic hình thức nào cũng không đủ mạnh để tự chứng minh nó đúng. Muốn chứng minh A đúng thì phải đi ra ngoài A. Nói cách khác, bất kỳ một hệ logic nào cũng bất toàn. Cho dù toán học xưa nay có uy tín là một hệ logic tuyệt vời nhất, nó phải chấp nhận những mâu thuẫn nội tại. Tư tưởng của Godel đã được chính lịch sử toán học chứng minh. Thật vậy, Hilbert đã xây dựng thành công hệ tiên đề cho hình học Euclid, gồm 20 tiên đề[8]. Để chứng minh hệ tiên đề của mình là đầy đủ, độc lập, phi mâu thuẫn (3 tiêu chuẩn của một hệ tiên đề do chính ông nêu ra), ngoài các chứng minh thuần túy hình học, Hilbert đã sử dụng cả những chứng minh số học, tức là đã đi ra ngoài hình học, tìm được chỗ dựa là số học. Sau đó Hilbert dự định xây dựng tiếp hệ tiên đề số học (bài toán số 2 trong 23 bài toán nổi tiếng thách thức thế kỷ 20), nhưng đã thất bại. Định lý Godel đã cho câu trả lời: Số học là không gian rộng nhất của toán học, không còn không gian nào bên ngoài nó nữa.

Ban đầu, vào thời những năm 1930, người ta tưởng Định lý Godel chỉ có ý nghĩa lý thuyết thuần túy toán học. Nhưng vài chục năm sau các nhà khoa học mới bừng tỉnh để phát hiện hết ý nghĩa cực kỳ to lớn của nó trong công nghệ tính toán bằng computer và cho phương pháp nhận thức nói chung, tức là cho triết học khoa học. Vai trò của nó trong công nghệ tính toán không phải chỉ thể hiện ở chỗ phương pháp truy lặp (recursion) mà Godel đã sử dụng để chứng minh định lý của ông sau này đã trở thành cơ sở của phương pháp lập trình hiện đại, mà còn ở chỗ định lý đó đã chỉ ra những hạn chế của chính computer[9]. “Sự cố treo máy” (The Halting Problem) – một bài toán nổi tiếng do Alan Turing tiên đoán từ những năm 1950 và sau này đã xảy ra với hầu như bất cứ ai sử dụng computer – là hạn chế điển hình nhất. “Sự cố virus” cũng là một hạn chế không thể khắc phục tuyệt đối: không thể viết một chương trình cho phép loại bỏ bất kỳ một loại virus nào. Gần đây nhất, Gregory Chaitin, nhà toán học thuộc IBM, đã chứng minh được một hạn chế thứ ba: Không thể viết một chương trình tối ưu cho một mục tiêu định trước, chỉ có thể viết một chương trình tốt hơn một chương trình đã cho. Tất cả những hạn chế này đều có cơ sở logic là Định lý bất toàn của Godel.

Vì thế Định lý Godel hiện nay được chú ý và được đánh giá cao hơn chính lúc Godel còn sống. William Denton, một nhà toán học Mỹ, đánh giá định lý này như sau : “Định lý này là một trong những định lý quan trọng nhất đã được chứng minh trong thế kỷ 20, ngang hàng với Thuyết tương đối của Einstein và Nguyên lý bất định của Heisenberg. Tuy nhiên, (đáng tiếc là) rất ít người biết đến nó”[10].

John Barrow, giáo sư đại học Sussex ở London đã lấy tư tưởng của Định lý bất toàn làm cốt lõi để viết cuốn Impossibility (Bất Khả), nhằm nêu lên những giới hạn của khoa học và khoa học về các giới hạn. Trong đó, Barrow cung cấp một nghịch lý $1-1+1-1+1-.....= ?$. Bằng những biến đổi sơ cấp có thể chứng minh kết quả bằng 1, hoặc bằng 0, hoặc bằng $1/2$. Và để phê phán tinh thần hình thức chủ nghĩa, Barrow đã dẫn lời của Albert Einstein: “Tôi không tin vào toán học”[11]. Tất nhiên chúng ta chỉ có thể hiểu cái toán học mà Einstein ám chỉ ở đây là toán học hình thức, tách rời vật chất cụ thể.

Theo bài “Godel và giới hạn của logic” trên Scientific American tháng 6-1999, bản thân Godel nêu lên một ý nghĩa hết sức quan trọng của

Định lý bất toàn là “*việc chứng minh các định lý không thể nào cơ giới hoá hoàn toàn được, và điều đó xác nhận vai trò của trực giác trong nghiên cứu toán học*”. Thật vậy, muốn cơ giới hoá hoàn toàn các chứng minh thì logic chứng minh phải được hình thức hoá hoàn toàn, nhưng theo Định lý bất toàn, không có một hệ logic hình thức nào là đầy đủ, mà vẫn phải có chỗ để trực giác xen vào.

Trực giác (intuition) là cái gì? Đó là “khả năng hiểu được các điều ngay tức khắc, không cần có ý thức suy lý hoặc nghiên cứu” (định nghĩa theo Từ điển Anh-Việt của Viện ngôn ngữ học năm 1993). Với Godel, và có lẽ cả chúng ta nữa, trực giác không phải chỉ đặc biệt cần thiết trong những lĩnh vực “tự do phóng khoáng” như âm nhạc, thơ, văn, hội hoạ, mà còn là yếu tố không thể thiếu được trong sáng tạo khoa học, nơi mà nhiều người thường nghĩ là các quy tắc logic thống trị. Vì thế khó hình dung được computer, với tư cách là một hệ logic, một ngày nào đó lại có thể thông minh như con người, bởi vì computer không thể có cái “vật báu trực giác” đó. Computer biết vẽ tranh, chơi nhạc, sáng tác nhạc, nhưng đó là những “cảm xúc theo chương trình”. Có lẽ các họa sĩ, nhạc sĩ, nhà văn sẽ là những người phân biệt rõ hơn ai hết “cảm xúc theo chương trình” với cảm xúc chân thật của người nghệ sĩ “bất chợt tuôn trào” ra, như cách nói của văn hào Gôgôn. Nếu quả thật có thể thuật toán hoá cảm xúc trực giác thì có lẽ một ngày nào đó “Bản giao hưởng bỏ dở”^[12] của Franz Schubert sẽ được computer hoàn thành (!). Jones và William trong cuốn “Một nền giáo dục không đầy đủ” (An Incomplete Education) đã diễn tả rất hay khái niệm trực giác như là những “sự thật bất chợt” (unexpected truths), và nhấn mạnh ý nghĩa của Định lý bất toàn như sau: “Định lý Godel đã được sử dụng để lý luận rằng một computer không bao giờ thông minh được như con người, bởi vì phạm vi hiểu biết của nó bị giới hạn bởi một tập hợp cố định các tiên đề, trong khi con người có thể khám phá ra những sự thật bất chợt”.

Cuối cùng Jones và William còn đi xa hơn: “Và định lý đó (Godel) còn được áp dụng để ngụ ý rằng bạn sẽ chẳng bao giờ hiểu được chính bạn, kể từ lúc ý nghĩ của bạn, giống như bất kỳ một hệ thống

logic khép kín nào, không thể nhận thức được đầy đủ chính bản thân mình”[13] (cũng xem chú thích 6)

C – Thay lời kết :

*5-Cuộc tranh cãi về “Trí thông minh nhân tạo” có thể sẽ chẳng bao giờ kết thúc, chừng nào chúng ta chưa thống nhất được với nhau một định nghĩa chính xác của khái niệm “thông minh”, “cảm xúc”, “ý thức”,... Vì thế tôi băn khoăn suy nghĩ mãi. Cuối cùng, tôi đưa bản thảo cho một nữ chuyên viên lập trình của hãng ResMed, nhờ tìm giúp lời kết. Cô nói: “*Dao sắc không gọt được chuôi*. Đó chính là ý nghĩa của Định lý Godel”.(Sydney ngày 20 tháng 04 năm 2002)*

13. Tiết lộ của IBM về chiếc computer nhanh nhất

Theo tin của Reuters ngày thứ năm 29-6-2000, IBM vừa tiết lộ việc họ đang bán một chiếc siêu-computer nhanh nhất thế giới cho ASCI (cơ quan sáng kiến tính toán chiến lược gia tốc) thuộc Bộ năng lượng Mỹ, dùng vào mục đích tái tạo các cuộc thử nghiệm vũ khí hạt nhân trong phòng thí nghiệm.

Được biết trong những năm qua, hai siêu cường Mỹ và Nga đã thương lượng nhằm ký kết một hiệp ước ngăn cấm thử vũ khí hạt nhân toàn diện, kể cả dưới lòng đất. Tuy nhiên năm ngoái thương viện Mỹ đã không thông qua việc phê chuẩn hiệp ước này, lý do là các quốc gia vẫn phải có quyền thử nghiệm kho vũ khí hạt nhân của mình dưới lòng đất nhằm mục đích quốc phòng. Để làm giảm sự chống đối trong quốc hội, Nhà Trắng đã chỉ thị cho Bộ năng lượng Mỹ triển khai dự án thử các vụ nổ hạt nhân bằng phương pháp mô phỏng trên máy tính, không cần cho nổ thật. Muốn vậy phải có một máy tính cực mạnh, một siêu-computer. Tổ hợp đứng đầu thế giới trong thị trường siêu-computer là IBM được chọn làm người thực hiện thiết kế và sản xuất. Chiếc máy sắp được trao cho chính phủ Mỹ có tên là OASCI trắngO có thể thực hiện được 12,3 teraflops, tức 12,3 ngàn tỷ (trillion) phép tính trong một giây, nhiều hơn khối lượng tính toán của một chuyên gia tính toán trong 10 triệu năm, có công suất 1000 lần mạnh hơn chiếc siêu-computer ODeep BlueO đã đánh cờ thắng vua cờ Kasparov năm 1997. OASCI trắngO chiếm

một không gian bằng khoảng hai lần sân bóng rổ, khối lượng tổng cộng bằng khoảng 17 con voi lớn, bao gồm 8192 bộ vi xử lý với các chi tiết kim loại được chế tạo từ đồng đỏ, tổng giá thành lên tới 110 triệu US\$. OASCI trắng Ồ không phải là một chiếc computer, mà là một hệ thống liên kết 512 chiếc computer với nhau, trong đó các công-tắc nổi được chế tạo đặc biệt với chất lượng và tính năng cao cấp và có một chương trình phần mềm riêng chuyên trách mỗi liên hệ giữa các computer thành phần. Tuy vậy, theo đánh giá của David Cooper, thành viên Ủy ban tính toán của tổng thống kiêm phụ trách thông tin của Phòng thí nghiệm Lawrence Livermore ở California, nơi tiến hành chạy chương trình thử vũ khí nói trên, thì OASCI trắng Ồ chưa có khả năng đáp ứng hoàn toàn các tiêu chuẩn thử nghiệm kho vũ khí hạt nhân do các chuyên gia về vũ khí đặt ra, do đó đây chỉ mới là một bước tiến đầu tiên tiến tới thử nghiệm vũ khí hạt nhân hoàn toàn trong phòng thí nghiệm. Cooper nói: O Ồ Một hệ thống thay thế hoàn toàn (các vụ nổ thật) phải có khả năng xử lý 100 teraflops trong một giây,...chúng ta sẽ đạt được điều đó vào năm 2004 Ồ.

14. Công nghệ computer phân tử

Theo tin của Reuters ngày 17-8-2000, một nhóm nghiên cứu tại Đại học California ở Los Angeles vừa chế tạo thành công những chiếc công-tắc nhỏ tí xíu bằng hoá học, tạo cơ sở cho công nghệ computer phân tử trong tương lai, thay thế cho computer dựa trên silicon hiện nay.

Thành phần cơ bản của chiếc công tắc này là một phân tử gọi là catenane, giống như một cái xích chỉ có 2 mắt xích, mỗi mắt xích bao gồm nhiều nguyên tử nối với nhau. Khi một xung điện tác động làm một electron bị chuyển dời đi, một mắt xích sẽ bị nhảy hoặc quay xung quanh mắt xích kia. Trạng thái này tương ứng với bật công tắc. Ngược lại, trạng thái một electron trở lại mắt xích sẽ tương ứng với tắt công-tắc. Đặc điểm thành công lần này là công-tắc có thể bật tắt lặp đi lặp lại nhiều lần, hoàn toàn thích hợp để sử dụng

cho bộ nhớ RAM—bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên, thành phần chủ yếu của computer để lưu trữ và điều khiển (manipulate) thông tin. Năm ngoái, nhóm nghiên cứu này đã chế tạo được một công-tắc kém hiệu quả hơn, tạo bởi một phân tử gọi là rotaxane chỉ sử dụng được một lần, giống như một cầu chì dùng một lần đến khi nào bị cháy thì vứt đi. Sự khác nhau giữa thành tựu mới đây so với năm ngoái giống như một đĩa mềm có thể ghi rồi xóa thông tin nhiều lần so với một CD-ROM chỉ ghi được một lần. Công-tắc mới này rất bền và có thể hoạt động trong điều kiện nhiệt độ bình thường trong phòng. Bằng mắt thường có thể nhìn thấy nó hoạt động ra sao: sẽ có màu xanh lúc khởi động, nâu sẫm (maroon) lúc bật tắt.

Thành tựu mới này được đánh giá là một bước tiến lớn hướng tới công nghệ computer phân tử. James Heath, lãnh đạo nhóm nghiên cứu, cho rằng computer phân tử không chỉ tiện lợi, gọn nhẹ, rẻ tiền hơn computer dựa trên công nghệ silicon hiện nay, mà còn hiệu quả gấp một triệu lần. Chúng sẽ cho phép chứa một khối lượng dữ liệu rất lớn một cách an toàn, đỡ lo chuyện hỏng hóc và bị nhiễu. Đề tài nghiên cứu tiếp theo hiện nay là làm sao tạo ra được Ổ dây dẫn Ổ nối các công-tắc với nhau để hình thành mạch của computer. Đây là một bài toán rất khó, bởi vì Ổ dây dẫn Ổ mới này chỉ được phép nhỏ bằng một phần triệu dây dẫn hiện nay. Nhóm nghiên cứu nói trên đã có ý tưởng tạo ra Ổ dây dẫn Ổ mới bằng những cái ống vô cùng bé làm bằng carbon tinh khiết.

15. Robot đẻ ra robots

Theo Reuters và AP ngày 31-8-2000, Jordan Pollack, giáo sư khoa học computer, cùng các cộng sự tại Đại học Brandeis ở Massachusetts, Mỹ, đã chế tạo thành công một robot có khả năng thiết kế và chế tạo ra những robots khác. Kết quả công bố trên tạp chí Nature đã lập tức thu hút mạnh mẽ sự chú ý vì đây là *lần đầu tiên một robot “đẻ” ra robots*.

Cơ thể của “robot mẹ” bao gồm những thanh (bộ xương) và những actuators – những động cơ giống như những pistons (cơ bắp). Bộ

não là một computer được cài đặt một chương trình phỏng theo định luật tiến hóa của Darwin để điều khiển việc thiết kế và chế tạo ra những “robots con”. “Robots con” là những khối plastic kích thước 20 x 20 x 30 cm trông như đồ chơi có thể chuyển động đi lại vòng quanh. Quá trình thiết kế và sản xuất ra robots con được robot mẹ thực hiện hoàn toàn tự động không hề có sự can thiệp của con người, trừ một việc duy nhất là lắp các động cơ vào cho robot mẹ. Hoạt động này diễn ra kỳ diệu đến nỗi người ta có cảm tưởng như đó là một quá trình sinh sản của sinh vật. Hod Lipson, một kỹ sư của nhóm nghiên cứu, mô tả nó giống như một hệ thống sống nhân tạo có khả năng tự tái tạo (self-replicating). Công trình nghiên cứu này là sự nối tiếp một dự án trước đây của Đại học Brandeis trong đó một computer được chương trình hóa theo luật tiến hóa để thiết kế một cái cầu lắp ráp bởi những khối đồ chơi LEGO của trẻ em. Nhưng những viên gạch LEGO chỉ là những khối bất động và người ta phải lắp ráp chúng bằng tay. Lần này robots con là những robots thực sự có thể hoạt động và được lắp ráp hoàn toàn tự động. Tuy nhiên Pollack nói rằng những robots được sản xuất tự động vẫn chỉ được thiết kế nhằm phục vụ những nhiệm vụ đặc biệt cụ thể chứ chưa thể làm được mọi việc như các truyện khoa học viễn tưởng mô tả. Công trình của Pollack được đánh giá là một bước ngoặt của công nghệ robot:

1. Nó báo hiệu sự ra đời của một ngành công nghiệp sản xuất robots hàng loạt, rẻ tiền, thiết thực đối với nhu cầu của cuộc sống thường ngày. Trước phát minh này, việc sản xuất robot thực hiện theo đơn chiếc hoặc số lượng ít, đòi hỏi sự tham gia của các kỹ sư thiết kế và máy móc tối tân nên rất đắt tiền, người bình thường không thể mua được. Từ lâu các chuyên gia robot đã mơ ước có thể có những sản phẩm robot bán trên thị trường thông dụng như mọi sản phẩm bình thường khác. Phát minh của Pollack đã đẩy mơ ước đó tiến gần đến hiện thực.

2. Với một số lượng robot được sản xuất hàng loạt, khái niệm “cộng đồng robot” lần đầu tiên trở nên có ý nghĩa thực tế. Người ta nghĩ đến việc các robots cùng hợp tác với nhau để thực hiện một nhiệm

vụ gì đó trong tương lai. Từ đó nảy sinh nhu cầu quản lý, phối hợp chúng với nhau. Song song với công trình của Pollack, Tạp chí Nature còn công bố công trình của tiến sĩ Laurent Keller thuộc Đại học Lausanne, Thụy Sĩ, trong đó Keller đã mô tả phương pháp dạy cho robots “tinh thần cộng đồng” bằng cách lập trình cho chúng ứng xử như những con kiến cùng nhau tìm kiếm thức ăn. Keller đã phát hiện ra rằng động cơ tập hợp thành bầy đàn của robots có thể tuân theo những quy luật tương tự như quy luật chi phối trong xã hội của loài côn trùng.

16. Mật mã tối mật về không gian của Mỹ bị đánh cắp

Theo tin của Reuters phát đi từ Stockholm lúc 9 giờ 32' sáng ngày 2-3-2001, một đạo tặc dữ kiện máy tính (hacker) không rõ tung tích đã đột nhập và lấy cắp được hệ thống mật mã tối mật của hệ thống computer hướng dẫn chuyển động của các con tàu không gian, tên lửa và vệ tinh của Mỹ.

Tháng trước, trong khi thiết lập hàng rào bảo vệ cho các hoạt động của Công ty công nghệ tin học Carbonide của Thụy Điển, các chuyên gia computer đã phát hiện thấy một bản sao của bộ mật mã nguồn (source codes) của một chương trình phần mềm có tên là OS/COMET do công ty Exigent Software Technology của Mỹ soạn thảo. Mật mã nguồn cực kỳ quan trọng bởi vì nó là mật mã chìa khóa chứa đựng mọi chi tiết để đảm bảo toàn bộ chương trình phần mềm được vận hành. Chẳng hạn OS/COMET đã được Lực lượng không quân Mỹ (US Air Force) triển khai trên Trạm Điều Hành Mùa Xuân tại Colorado thuộc Hệ Thống Định Vị Toàn Cầu NAVSTAR của Mỹ (NAVSTAR Global Positioning System Colorado Springs Monitor Station). Thực ra việc ăn trộm mã nguồn tại Viện Nghiên Cứu NAVAL của Mỹ ở Washington D.C. đã được phát hiện ngay từ ngày 27 tháng 12 năm ngoái. Các chuyên gia nghi ngờ rằng kẻ trộm đã chuyển được thông tin ra khỏi nước Mỹ thông qua con đường internet đúng vào đêm vọng giáng sinh. Nhưng cách đây một tháng lại bất ngờ phát hiện được một bản sao tại một công ty tin học Thụy Điển như đã nói trên. Cơ quan điều tra liên bang (FBI) của Mỹ đã

mở cuộc điều tra. Dấu vết của đạo tặc có thể tìm thấy trên địa chỉ Freebox.com, một trang web do công ty Carbonide thực hiện dành cho mọi người sử dụng có thể truy cập. Mỗi người sử dụng khi vào trang web đều phải có địa chỉ riêng-account. Tuy nhiên danh tính duy nhất mà kẻ cắp để lại trên trang web là mấy chữ “LEEIF” lại không phải là tên của người sử dụng thật sự của account đó. Kẻ cắp đã đột nhập vào account này và hoạt động đội lốt người sử dụng thật. Hơn nữa, kẻ cắp đã không hề để lại dấu vết gì cho thấy mục đích của việc đánh cắp. “Chúng tôi không thể tìm kiếm thêm được bất kỳ một thông tin nào để xác định xem bản sao này xuất xứ từ đâu và liệu nó có được sao lại và gửi đi đâu nữa không. Thụy Điển dường như là chương kết thúc của câu chuyện điều tra này. Chẳng thể tìm thêm được điều gì nữa”, Johan Starell, cố vấn của chi nhánh công ty Exigent tại Thụy Điển, tiết lộ với vẻ thất vọng.

Trong khi tờ tin nhanh Swedish Expressen của Thụy Điển nêu giả thuyết: “Bộ mã nguồn OS/COMET có thể được bọn khủng bố sử dụng để làm rối loạn hệ thống computer hướng dẫn các chương trình không gian hoặc cũng có thể nó bị gián điệp công nghiệp ăn cắp vì các lợi ích thương mại”, thì bất cứ một người bình thường nào cũng có thể đặt một nghi vấn còn quan trọng hơn: tại sao với một hệ thống an ninh tin học cao cấp như của người Mỹ mà những thông tin tối mật vẫn có thể bị ăn cắp và chuyển đi bằng chính công nghệ tin học ?

17. Từ Internet đến Interplanetnet

Cách đây vài năm, khi Vinton Cerf, một trong các cha đẻ của Internet, đưa ra ý tưởng xây dựng một mạng Web Liên-hành-tinh (Interplanetary Web) để điều khiển các chuyến bay đến Sao Hỏa, ông đã bị nhiều đồng nghiệp chế diễu. Nhưng hiện nay, khi NASA cho chạy thử một chương trình điều khiển một con tàu vũ trụ mô phỏng trên computer thông qua Internet thì chẳng ai dám cười.

Mạng Internet hiện nay hoạt động được là nhờ một quy ước liên lạc thống nhất toàn cầu để bảo đảm một máy tính cá nhân ở bất kỳ đâu

đều có thể hoà vào mạng và 2 máy tính bất kỳ có thể trao đổi thông tin được với nhau. Quy ước đó gọi là TCP (Transmission Control Protocol) hoặc IP (Internet Protocol). Khi chúng ta gửi hoặc nhận e-mail, hoặc lang thang trên các trang World Wild Web thì có nghĩa là ta đang sử dụng quy ước đó. Tuy nhiên, sự tiện lợi cho tất cả mọi người cũng đồng thời là sự tiện lợi cho những tên hackers-kẻ đánh cắp dữ liệu trên computers. Đó là lý do vì sao trước đây NASA từ chối gợi ý sử dụng Internet làm chiếc cầu thông tin cho các chuyến bay không gian. Nhưng tình hình đã thay đổi.

Hiện nay, với sự hỗ trợ của các phần mềm mã hoá mới và các chương trình liên lạc thông qua Internet với độ an toàn rất cao, NASA đã phối hợp với Trung Tâm Không Gian Johnson tại Houston để thử nghiệm điều khiển một chuyến bay không gian mô phỏng trên computer thông qua Internet. Kết quả chuyến bay mô phỏng đã hoàn thành nhiệm vụ xuất sắc bất chấp một hacker bấy kỳ xâm nhập vào hệ thống. NASA dự định sẽ ứng dụng chương trình này vào các chuyến bay thực tế trong tương lai.

Việc sử dụng Internet để điều khiển các chuyến bay có nhiều ích lợi. Một: Các nhà khoa học điều khiển chuyến bay không nhất thiết phải trình diện tại trung tâm điều khiển. Một chương trình đặc biệt sẽ cho phép họ điều khiển các máy chụp hình, các computers, các máy cảm ứng (sensors) trên một cỗ máy di động nào đó trên một hành tinh xa xôi, chẳng hạn trên chiếc xe tự hành Mars Rover trên Sao Hỏa, hoạt động thông qua bất kỳ một chương trình khai thác (browser) trang Web nào trên thế giới. Hai: Các số liệu và dữ kiện thí nghiệm sẽ thu thập được ngay tức khắc không phải chờ đợi lâu. Theo kỹ thuật hiện nay, các nhà khoa học của NASA vẫn phải chờ đợi vài ngày để dữ liệu được thanh lọc (stripped) và sắp xếp xử lý (formatted) trước khi họ có thể phân tích chúng.

NASA dự kiến trong tương lai mọi hệ thống không gian sẽ được nối với Mạng Liên-hành-tinh viết tắt là IPN (**Interplanetnet**). Với những quy ước bổ xung cho phép lọc các nhiễu thường có trong không gian, mạng liên hành tinh IPN có thể bắt lẩn vào mạng Internet hiện

nay, tạo nên một mạng thông tin vũ trụ mà bất kỳ ai cũng có thể hoà nhập như một thành viên. Với IPN, bạn có thể biết mọi thông tin vũ trụ, chẳng hạn hôm nay thời tiết trên Sao Hoả hoặc Sao Kim ra sao. Tất nhiên phải có được các địa chỉ trong IPN. Thí dụ: www.todayonmars.com. (Theo Popular Science của Australia số mới nhất)

18. Truyền thông tin trong computer bằng ánh sáng

Lần đầu tiên các nhà khoa học tại Đại học New South Wales ở Sydney đã tìm ra một phương pháp để các microchips (con bọ điện tử) có thể thông tin liên lạc với nhau bằng ánh sáng, dọn đường cho những computers nhanh và mạnh hơn rất nhiều sẽ ra đời nay mai.

Đó là tin của Đài Truyền Hình ABC của Australia ngày 27-8-2001. Bản tin cho biết: Đột phá này có nghĩa là các máy móc dựa trên silicon sẽ có thể phát ra ánh sáng nhanh hơn hàng trăm lần so với dòng điện, xoá bỏ sự cần thiết của mạch điện và dây điện mà các chip điện tử vẫn dùng để trao đổi thông tin. Khám phá của các nhà nghiên cứu của đại học NSW có thể tạo ra một cuộc cách mạng đối với computers bằng việc kết hợp hai loại công nghệ: vi-công-nghệ (microtechnology) và quang-điện-tử (optoelectronics). Nhóm nghiên cứu đã áp dụng một cơ chế đảo ngược so với pin mặt trời: thay vì sử dụng ánh sáng để tạo ra dòng điện, họ đã sử dụng điện để tạo ra ánh sáng. Điều này có nghĩa là các microchips có thể gửi tín hiệu cho nhau một cách trực tiếp, do đó sẽ làm tăng tốc độ xử lý. Mặt khác, vì năng lượng tiêu thụ để tạo ra ánh sáng khá nhỏ nên năng lượng của nguồn sẽ được sử dụng cho nhiều hoạt động khác một cách hữu hiệu hơn. Martin Green, giáo sư Đại học NSW và là người lãnh đạo nhóm nghiên cứu, nói: “Công trình nghiên cứu này lần đầu tiên đã chứng tỏ rằng mơ ước bấy lâu nay về việc “nén” các diodes (đèn 2 cực) phát ánh sáng (light-emitting diodes) trực tiếp vào microchips là có thể thực hiện được”. Giáo sư nói tiếp: “Chúng tôi vô cùng phấn chấn với phát minh này. Nền công nghiệp computer toàn cầu và nền công nghiệp viễn thông sẽ có thể kiếm được hàng tỷ, thậm chí hàng nghìn tỷ dollards hàng năm nhờ phát minh này. Mặc

dù còn rất nhiều việc phải làm nhưng chúng tôi tin rằng phát minh này mở ra một cơ hội mới cho Australia”.

19. Mười cách tăng cường an toàn cho máy tính cá nhân

“Ngày nay, bất kỳ một kẻ khù khờ nào miễn là biết cách bấm bàn phím cũng có thể kiểm soát được thông tin trên computer của bạn nếu bạn không cẩn thận”. Đó là lời cảnh báo của tạp chí TIMES số ra ngày 2-7-2001 vừa qua. Sau đây là 10 lời khuyên của TIMES:

1-Cài đặt một chương trình rào cản, chẳng hạn chương trình BlackICE hoặc Zone Alarm có tác dụng như những hàng rào ngăn cản kẻ gian đột nhập. Cũng nên cài đặt một chương trình chống virus nếu chương trình cơ bản của computer của bạn chưa có.

2-Thận trọng với những gì bạn gửi đi. Đừng gửi những thông tin nhạy cảm như địa chỉ, số điện thoại, tên tuổi của những người trong gia đình của bạn cho người lạ trên internet. Thận trọng với những gì bạn bỏ vào trang nhà cá nhân (personal home pages). Nếu bạn cần gửi hình của bạn và gia đình lên mạng, nên gửi lên một trang nào cho phép có thể thiết lập một lối ra vào được bảo vệ bằng mật khẩu.

3-Đừng tải (download) bất kỳ cái gì từ mạng xuống máy của bạn trừ phi bạn tin tưởng chắc chắn vào tệp tin (file) đó hoặc người gửi. Đừng mở những email lạ vì trong đó có thể có chương trình lấy cắp căn cước cá nhân của bạn, kể cả mật khẩu hoặc chứa virus.

4-Nên sử dụng một địa chỉ email “hình nộm” (dummy), tức địa chỉ thứ hai không liên quan đến các dữ liệu và thông tin quan trọng của cá nhân, để sử dụng trong trường hợp có những trao đổi đồng người trên mạng mà có nhiều người lạ tham gia. Địa chỉ này có thể thiết lập từ các hãng dịch vụ miễn phí như Hotmail hay Yahoo. Nếu địa chỉ này bị “đột nhập” thì có thể từ bỏ nó ngay và thiết lập địa chỉ mới.

5-Đừng để cho browser (công cụ tìm kiếm các tệp tin) của bạn trở thành một “cái mồm ba hoa ngốc nghếch” (blabbermouth). Khi bạn thăm viếng một trang web nào đó thì trang này lập tức có thể lấy các thông tin cá nhân như tên tuổi địa chỉ của bạn từ browser và sẽ lưu trữ thường xuyên những cuộc viếng thăm của bạn. Để ngăn trở điều đó bạn có thể đi vào thực đơn ưa chuộng (preferences menu) của browser để xoá các thông tin ấy đi và thay thế bằng một cái tên và địa chỉ “hình nộm”.

6-Khi vào một website, nên kiểm tra kỹ các chính sách bảo mật của website đó bằng cách đọc kỹ tài liệu “Privacy Statement”-nơi chứa những thông tin nói về việc website này sẽ sử dụng các dữ liệu cá nhân của bạn như thế nào. Website có thể chia sẻ các dữ liệu đó với những người thứ ba, trừ phi bạn thông báo cho nó biết là đừng làm điều đó, tức là bạn phải lựa chọn có tham gia vào sự chia sẻ đó hay không (opt out).

7-Đừng chấp nhận các “cookies” không cần thiết (Cookie là một phương tiện để các Website lưu giữ thông tin của người sử dụng trong một máy chủ). Có thể từ chối những “cookies” bạn không muốn bằng cách chọn lựa mục ưa thích (preferences) trong browser hoặc sử dụng một phần mềm gọi là Cookie Crusher.

8-Sử dụng mật mã cho các dữ liệu nhạy cảm. Trước khi gửi các thông tin quan trọng đi nên mã hoá các thông tin ấy. Những trang web được bảo vệ sẽ nói với bạn rằng nội dung bạn gửi tới đã được mã hoá và browser của bạn sẽ trình bày một ký hiệu xác nhận rằng nội dung đó là an toàn.

9-Nếu bạn có một trang web, bạn có thể sử dụng một địa chỉ trang web không nói lên căn cước của bạn (nặc danh).

10-Xoá sạch chỗ cất giấu những ghi nhớ sau khi đã truy cập internet. Bất kỳ một tin tặc nào muốn tìm lối vào computer của bạn cũng cần lần theo các dấu vết. Có thể xoá các dấu vết này bằng chức năng xoá chỗ cất giấu (cache-deleting functions) trong thực

đơn công cụ (tools menu) hoặc thực đơn ưa thích (preferences) trong browser của bạn.

Nhưng dù trang bị tất cả mọi biện pháp trên, bạn đừng bao giờ nghĩ rằng computer của bạn được tuyệt đối an toàn. Bởi vì định lý Godel trong toán học đã chứng minh rằng không có hệ logic nào tuyệt đối hoàn thiện. (Sydney ngày 14-07-2001)

20. Hệ Tiên Đề Hilbert có hoàn hảo?

Năm 1899, David Hilbert công bố tác phẩm “Cơ Sở Hình học” (CSHH), trong đó đã nêu lên một hệ tiên đề cho hình học Euclid, sau này được gọi là Hệ Tiên Đề Hilbert (HTĐH).

HTĐH từng được coi là một hệ tiên đề hoàn hảo của Hình học Euclid, vì nó thoả mãn 3 điều kiện khát khe của một hệ tiên đề do chính Hilbert nêu lên: độc lập, đầy đủ, phi mâu thuẫn. Đến nay công trình này đã được coi là một vấn đề cổ điển thuộc cơ sở của hình học, chẳng có gì đáng bàn thêm. Tuy nhiên, sau khi xem xét kỹ cuốn CSHH và một số tài liệu liên quan, tôi xin mạnh dạn nêu lên một số nghi vấn về tính hoàn hảo của HTĐH.

Để tránh hiểu lầm, xin nhấn mạnh rằng mọi chi tiết trong bài này chỉ đề cập đến HTĐH mà thôi, không liên quan đến bất cứ hệ tiên đề hình học nào của ai khác, nếu có.

1-Hệ tiên đề Hilbert có bao nhiêu tiên đề?

Tài liệu đầu tiên tôi được đọc về HTĐH là cuốn “Bách khoa toán học trẻ” của Liên xô (cũ), trong đó nói “hình học có khoảng 19 tiên đề”^[14]. Chữ “khoảng” (nguyên văn tiếng Nga là okolo) làm tôi nghi ngờ tính chính xác của thông tin, thậm chí nghĩ rằng tác giả cuốn bách khoa này không nắm vững HTĐH.

Năm 1996, GS Văn Như Cương tuyên bố rằng “Phải chờ đến cuối thế kỷ XIX nhà toán học Hilbert mới đề nghị một hệ tiên đề đầy đủ cho Hình học Euclide bao gồm 19 tiên đề...”, nhưng không cho biết thông tin đó dựa vào tài liệu nào. Phải chăng cũng dựa theo Bách

khoa toán học trẻ của Liên Xô cũ ? Nếu đúng như thế thì số liệu này không đáng tin cậy.

Vài năm sau, sau khi tham khảo thêm nhiều tài liệu mới, tôi hết sức ngạc nhiên thấy số tiên đề của HTĐ Hilbert trong các tài liệu đó mâu thuẫn với nhau :

Thứ tự	Tên tài liệu	Số tiên đề
1	Bách khoa toàn thư Americana 1999 của Mỹ	21
2	Từ điển toán học 1989 của NXB Penguin của Anh	28
3	Đại từ điển Larousse 1990 của Pháp	27
4	Bách khoa toàn thư Britannica 1998 của Anh	21
5	Bách khoa toán học xô viết 1989 của Liên xô (cũ)	20
6	Bách khoa toàn thư The World Book 1999 của Mỹ	21
7	Bách khoa toán học giản yếu CRC của Eric Weisstein	21
8	CD Bách khoa toàn thư Encarta 1998 của Microsoft	21
9	Bách khoa toàn thư Universalis 1994 của Pháp	khoảng 30

Xin chú ý tài liệu 9- “Bách khoa toàn thư Universalis”-cũng chỉ cung cấp một con số gần đúng “khoảng 30 tiên đề” (une trentaine d’axiomes), thay vì một số tiên đề xác định.

Sự mâu thuẫn giữa các tài liệu đã thúc đẩy tôi viết thư phỏng vấn một số nhà toán học, và họ đã trả lời.

Giáo sư toán học Edmund Robertson tại Đại học Saint Andrews ở Anh tỏ ra ngạc nhiên và nói: “Tôi luôn luôn nghĩ rằng Hilbert nêu lên 21 tiên đề. Tôi hoàn toàn không biết tại sao những nguồn tài liệu khác mà ông trích dẫn lại đưa ra những số liệu khác”.

Giáo sư toán học John O'Connor cũng tại Đại học St Andrews đã trả lời bằng cách cung cấp một địa chỉ internet về đề tài này: <http://mathworld.wolfram.com/HilbertsAxioms.html>. Tôi vào địa chỉ đó và thấy ngay rằng không có gì mới. Đó là trang web của tài liệu 7 đã thống kê ở trên. Tuy nhiên, tài liệu này nói rõ nguồn tư liệu tham khảo, đó là *cuốn CSHH của Hilbert bằng tiếng Anh, do Open Court tái bản lần thứ hai tại Chicago năm 1980*, xin viết tắt là CSHH 1980. Như vậy theo CSHH 1980, HTĐH có 21 tiên đề.

Sau khi đọc bài “Một thế kỷ tranh cãi về nền tảng của toán học” trên internet, một bài giảng hấp dẫn của Gregory Chaitin, giáo sư toán học thuộc Viện Thomas Watson của IBM, trong đó đề cập khá sâu sắc đến chương trình tiên đề hoá của Hilbert, tôi nghĩ chắc chắn tác giả phải nắm vững HTĐH. Tôi liên lạc và nhận được trả lời: “Tôi e rằng tôi không trả lời được các câu hỏi lý thú của ông về các tiên đề của Hilbert, vì hình học không thuộc lĩnh vực của tôi”. Bù lại, giáo sư cung cấp một thông tin liên quan đến tính đầy đủ của hình học sơ cấp, sẽ trình bày ở phần II. Tóm lại đến lúc đó, số tiên đề của HTĐH vẫn là một ẩn số.

Nhưng rồi “cái gì sẽ xảy ra, phải xảy ra”, “Que sera, sera”. Đầu năm 2000 tôi đã tìm mua được một cuốn CSHH mới tinh, nhan đề “*Foundations of Geometry*”, tác giả *David Hilbert*, tái bản bằng tiếng Anh lần thứ hai, do *Open Court, La Salle* xuất bản năm 1971 tại Illinois, Mỹ, in lại năm 1999, xin viết tắt là CSHH 1971.

Ngay tại chương I, mục 1, sau phần định nghĩa các khái niệm, Hilbert viết:

Các tiên đề của hình học có thể được chia thành 5 nhóm. Mỗi nhóm thể hiện những yếu tố xác định dựa trên trực giác của chúng ta. Các nhóm tiên đề này sẽ được đặt tên như sau:

Nhóm I-Các tiên đề về sự khu trú (Axioms of Incidence), gồm 8 tiên đề.

Nhóm II-Các tiên đề về thứ tự (Axioms of Order), gồm 4 tiên đề.

Nhóm III-Các tiên đề về sự bằng nhau (Axioms of Congruence), gồm 5 tiên đề.

Nhóm IV-Tiên đề đường song song (Axiom of Parallels), gồm 1 tiên đề.

Nhóm V-Các tiên đề về tính liên tục (Axioms of Continuity), gồm 2 tiên đề.

Như vậy, theo CSHH 1971, HTĐH có **20 tiên đề!** Đến đây, xin đọc giả thử cùng với tôi làm một phân tích so sánh số liệu.

2-Phân tích so sánh:

Trước hết xin đọc giả đọc kỹ một đoạn trích trong Lời tựa của CSHH 1971: *“Kể từ lần xuất bản đầu tiên trở đi, cuốn Cơ Sở Hình Học của Hilbert bản thân nó đã trải qua những thay đổi lớn (major changes) đến nỗi cuốn xuất bản lần cuối cùng khó mà nhận ra cuốn xuất bản lần đầu tiên. Vì lý do đó, điều rất quan trọng đối với một học sinh nghiêm túc và giáo viên trung học là nên sử dụng cuốn xuất bản lần cuối cùng này”*. Đó là ý kiến của Harry Goheen, giáo sư toán học tại Đại học Oregon ở Mỹ. Goheen viết tiếp: *“Nhiều nhà toán học đã phát biểu ý kiến rằng công trình của Hilbert là một công trình sơ cấp (elementary) hoặc ít quan trọng (of small importance), **đầy rẫy sai sót** (full of error), và không có ý nghĩa hiện đại (devoid of modern significance). Với sự kính trọng đối với tất cả những ai đã có những chỉ trích đó, tôi xin đặc biệt nhấn mạnh tầm quan trọng to lớn của ý*

định xây dựng một hệ tiên đề đầy đủ phi mâu thuẫn của hình học và một sự tổng hợp của các tiên đề này bên trong giải tích các số thực”.

Từ ý kiến trên, kết hợp với những bằng chứng rõ ràng khác, có thể tin rằng Hilbert đã nhiều lần thay đổi hệ tiên đề của ông, và đó là những thay đổi chủ yếu.

Thật vậy, có thể thấy rõ sự thay đổi này ngay trong CSHH 1971: Ghi chú ở trang 6 nói rằng Định lý 5 trong lần xuất bản đầu tiên vốn được coi là một tiên đề, nhưng năm 1902, E.H.Moore đã chứng minh đó là hệ quả của các tiên đề nhóm I và II. Ghi chú ở trang 27 cho biết Định lý 32 trong những lần xuất bản trước đây vốn được coi là một tiên đề về tính đầy đủ. Vậy có thể biết chắc chắn rằng số tiên đề trong lần xuất bản đầu tiên (1899) ít nhất phải là : $20 + 2 = 22$. Năm 1902, một tiên đề thành Định lý 5, vậy số tiên đề là: $22 - 1 = 21$. Đến khi Tiên đề về sự đầy đủ biến thành Định lý 32 thì số tiên đề còn lại là $21 - 1 = 20$. Nhưng nếu chú ý đến ý kiến của Goheen thì sự thay đổi chắc chắn đã xảy ra nhiều hơn như thế. Nghĩa là không phải chỉ có 2 lần thay đổi, và số tiên đề ban đầu không phải là 22, mà lớn hơn nhiều.

Đến đây, tôi mạnh dạn phỏng đoán rằng số tiên đề ban đầu là “khoảng 30”, đúng như “Bách khoa Universalis” của Pháp (tài liệu 9) đã nói. Sau đó số tiên đề được giảm dần, xuống 28 (tài liệu 2), rồi 27 (tài liệu 3), rồi 21 (tài liệu 1, 4, 6,7,8 và CSHH1980) và 20 (tài liệu 5 và CSHH1971) như những con số trong bảng thống kê ở trên. Sự phỏng đoán này có thể kiểm tra đúng hay sai nếu có điều kiện tiếp xúc với tất cả các nhà xuất bản của các tài liệu nói trên. Nhưng điều đó đòi hỏi thì giờ và công sức, tôi chưa thể làm được.

Chú ý rằng chính Hilbert đã thể hiện rõ mong muốn tìm một hệ tiên đề với số tiên đề càng ít càng tốt. Ông viết trong phần dẫn nhập: “Công trình nghiên cứu hiện tại này là một cố gắng mới để thiết lập cho hình học một tập hợp các tiên đề đầy đủ, và càng đơn giản càng tốt và để từ đó rút ra những định lý hình học quan trọng nhất...”. Mặt khác, có thể tin rằng không có một thiên tài nào ngay lúc đầu có thể định ra một số tiên đề chính xác được, vì quá trình xây dựng hệ tiên

đề, như chính Hilbert nói, phải bắt đầu từ trực giác. Tất nhiên sau đó phải chứng minh. Nhưng dù là thiên tài, không có gì để bảo đảm rằng chứng minh hôm nay tưởng là đúng sẽ vĩnh viễn đúng.

3-Nghi vấn tính hoàn hảo của HTĐH:

i)Về tính độc lập: Hai tiên đề được coi là độc lập với nhau nếu tiên đề này không phải là hệ quả của tiên đề kia và ngược lại. Vậy mỗi lần 1 tiên đề bị phát hiện không phải là tiên đề mà là 1 định lý thì có nghĩa là chứng minh trước đó về tính độc lập của hệ tiên đề là sai. Nếu sự phỏng đoán số tiên đề ban đầu là “khoảng 30” và cuối cùng là 20 là đúng, thì suy ra Hilbert đã sai lầm “khoảng 10 lần” trong việc chứng minh tính độc lập của hệ tiên đề (!). Nhận xét này có thể không làm đẹp lòng những người vốn quen thần thánh hoá Hilbert, nhưng lại phù hợp với ý kiến của những người chỉ trích Hilbert mà Goheen đã nói trong Lời tựa của CSHH 1971 như ở trên đã dẫn, rằng công trình của Hilbert “đầy rẫy sai sót”. Vì thế tôi ngờ vực độ tin cậy của kết quả hiện tại, và xin mạnh dạn nêu lên một nghi vấn: Có gì để bảo đảm rằng số tiên đề cuối cùng là 20 ?

ii)Về tình phi mâu thuẫn: Bách Khoa Toán Học Xô Viết 1989 viết: “Hệ tiên đề Hilbert là phi mâu thuẫn *nếu* số học phi mâu thuẫn”. Số học có phi mâu thuẫn hay không ? Định lý bất toàn của Kurt Godel đã chứng minh rằng không thể chứng minh được tình phi mâu thuẫn của số học. Vậy suy ra tình phi mâu thuẫn của Hệ tiên đề Hilbert cũng chỉ có giá trị tương đối mà thôi.

ii)Về tính đầy đủ: Tính đầy đủ là điểm hơn hẳn của HTĐH so với Euclid. Nhưng làm thế nào để chứng minh tính đầy đủ của HTĐH ? Trong cuốn CSHH 1971 không có phần nào trình bày tính đầy đủ (điều này làm tôi ngạc nhiên). Gregory Chaitin trả lời phỏng vấn của tôi, nói : “Khoảng 1940, Alfred Tarski, một nhà toán học Balan, khám phá ra một quy trình có thể chứng minh tính đầy đủ của Hình học Euclid. Thông qua đại số Descartes và sử dụng Lý thuyết các trường số thực đóng, quy trình Tarski cho phép chứng minh hoặc phủ định bất kỳ một định lý nào của Hình học Euclid trình bày dưới dạng hình thức. Công trình của Tarski có tên là “Tính đầy đủ của đại số và hình học sơ cấp” hiện chỉ có bằng tiếng Pháp do Armand Colline xuất bản tại Paris năm 1974. Về sau người ta cho chạy thử

quy trình Tarski trên computer nhưng cực kỳ chậm. Tôi nhớ không rõ lắm rằng quy trình này hình như dựa trên thủ tục Sturm để tìm nghiệm của các phương trình đại số. Nhưng đáng tiếc là công trình này không nhận được sự chú ý cần thiết”. Tuy nhiên Chaitin không nói gì về mối liên hệ giữa công trình của Tarski với HTĐH. Giuseppe Longo, giáo sư toán học tại école Normale Supérieure, nói: “Có một truyền thống mạnh mẽ của những người đi theo chủ nghĩa toán học hình thức (chủ nghĩa Hilbert) trong thế kỷ này (20) đi theo hướng viết lại lịch sử và trình bày nó như một cuộc hành quân dài (a long march) tiến tới việc thiết lập hệ tiên đề như ngày nay. Trong công trình của Hilbert không có một cấu trúc nào định trước làm chỗ dựa để người ta kiểm chứng tính đầy đủ (giống như số học của Peano và cấu trúc số), do đó tính đầy đủ có thể chỉ là một đặc thù mang tính lý thuyết”.

4-Kết :

Qua những phân tích trên, tôi thấy cần phải nghi vấn mức độ hoàn hảo của HTĐH mà nhiều tài liệu, sách báo và một số nhà toán học vẫn thường quảng cáo rùm beng. Cần có những nghiên cứu toán học sâu sắc hơn để trả lại cho Hệ Tiên Đề Hilbert giá trị đúng với thực chất của nó, tránh bệnh sùng bái thiếu căn cứ. (Sydney ngày 22 tháng 07 năm 2002)

Tài liệu tham khảo:

01-Foundations of Geometry, David Hilbert , 1899, Second English Edition, Open Court Publishing, La Salle, Illinois 1971.

02-The Encyclopedia Americana 1999, Grolier, NSW Library

03-Encyclopedia Encarta 1998, Microsoft (CD)

04-CRC Concise Encyclopedia of Mathematics, Eric Weisstein, CRC Press, 1999

05-Grand Larousse en 5 volumes, Larousse 1999, NSW Library

06-Encyclopedia Universalis, Paris 1994, NSW Library.

07-Soviet Mathematical Encyclopedia, I.M.Vinogradov chủ biên, Kluwer Academic Publishers, Netherland, 1989, NSW Library.

08-The New Encyclopedia Britannica, Macropaedia, Geometry, Encyclopedia Britannica Incorporation, 1998, NSW Library.

09-The World Book Encyclopedia, World Book Inc., 1999, NSW Library.

10-The Penguin Dictionary of Mathematics, John Daintith & R.D. Nelson, Penguin Books, 1989.

[1] Fermat's Last Theorem, Simon Singh, Fourth Estate, London 1998, trang 59

[2] Numbers – The Universal Language, Denis Guedj, Thames and Hudson Ltd, London 1998.

[3] “Toán Học và Văn Nghệ”, Nguyễn Cảnh Toàn, Văn Nghệ số 7 ngày 15-2-1997

[4] Hiện tác giả không có bản gốc bài này nên có một số lỗi biên tập chưa khắc phục được. Mong độc giả thông cảm. Những lỗi đó sẽ sớm được khắc phục khi tìm lại được bản gốc (PVHg)

[5] Xem “Alan Turing's Forgotten Ideas in Computer Science”, Scientific American tháng 4-1999.

[6] Xem bài “Từ tinh tinh đến người: 99% gene giống nhau nhưng...” của Phạm Việt Hưng trên Lao Động ngày 12 tháng 07 năm 1999, và “Vì sao con người thông minh hơn tinh tinh” trên VnExpress của K.H. ngày 13-4-2002

[7] Còn gọi là Định lý về tính không đầy đủ.

[8] Xem Foundation of Geometry của David Hilbert, Open Court , La Salle, Illinois 1971, tái bản 1999 và bài “Hệ tiên đề Hilbert có hoàn hảo?” của Phạm Việt Hưng trên Tia Sáng tháng 08-2002

[9] Xem “Computer và những bài toán không giải được” của Phạm Việt Hưng trên Lao Động 28-3-2000.

[10] Xem Godel's Incompleteness Theorem trên Internet, địa chỉ <http://www.miskatonic.org/godel/html>

[11] Xem Impossibility của John Barrow, Oxford University Press, Oxford, 1998, trang 207.

[12] Unfinished Symphony (Symphonie Inachevée) của Franz Schubert . Nhiều người định viết tiếp phần bỏ dở nhưng đều không phù hợp với phong cách của Schubert. Một số chuyên gia tin học-âm nhạc cũng định giải mã phong cách (style) âm nhạc của Schubert để nhờ computer viết tiếp dựa trên phong cách đó nhưng cũng thất bại

[13] xem chú thích 6

[14] Rất tiếc hiện nay tôi không có tài liệu này trong tay để ghi rõ tên sách, tên nhà xuất bản, năm xuất bản theo nguyên văn tiếng Nga. Tuy nhiên tôi nhớ đã mua nó tại hiệu sách ngoại văn Tràng Tiền Hà Nội khoảng cuối những năm 1980. Sách dày khoảng 1 cm, khổ A4, bìa cứng bọc vải, bên ngoài lại bọc thêm một bìa mỏng, màu trắng in tên sách, tên nhà xuất bản

Chương III. PRAHA, 1911

Khái niệm đầu tiên Einstein nêu lên tại Praha là nguyên lý tương đương. Ông tưởng tượng ra hai hệ quy chiếu: một hệ tĩnh gắn với trường hấp dẫn, hệ kia không gắn với trường nào cả nhưng chuyển động với gia tốc không đổi. Trong cả hai hệ quy chiếu đó các định luật của Newton phải như nhau, và tính tương đương cần phải được suy ra từ một lý thuyết hấp dẫn mới. Do đó, mục tiêu của ông là tìm kiếm một lý thuyết mới – một lý thuyết sẽ bao gồm cả hai khái niệm về hấp dẫn và tương đối.

Nếu lý thuyết của Einstein là đúng, và tôi nghĩ rằng nó sẽ đúng, thì ông sẽ được xem là Copernicus của thế kỷ 20 (Max Planck)

[1] Einstein nhận thấy rằng thuyết tương đối – thuyết tương đối “đặc biệt” mà ông đã xây dựng – đúng trong một thế giới không có các vật thể có khối lượng. Khối lượng và lực hấp dẫn đòi hỏi một lý thuyết khác. Lý thuyết hấp dẫn hiện có là lý thuyết do Isaac Newton sáng tạo ra từ ba thế kỷ trước, nhưng với sự xuất hiện của thuyết tương đối đặc biệt thì điều rõ ràng là lý thuyết của Newton chỉ là một trường hợp giới hạn, đúng với một thế giới trong đó tốc độ nhỏ hơn nhiều so với tốc độ ánh sáng. Do đó, Einstein kết luận, có hai lý thuyết: thuyết tương đối đặc biệt và lý thuyết hấp dẫn của Newton. Cả hai đều đúng trong những trường hợp giới hạn đặc biệt: Lý thuyết của Newton chỉ đúng trong thế giới vận tốc nhỏ và cần phải được điều chỉnh lại cho phù hợp với một vũ trụ trong đó ánh sáng và tốc độ ánh sáng (giới hạn phổ quát) đóng vai trò quan trọng. Tương tự, thuyết tương đối đặc biệt chỉ đúng khi lực hấp dẫn không có ý nghĩa, và do đó lý thuyết này cũng cần phải được thay đổi để nó đúng cả trong một vũ trụ bị thống trị bởi các vật thể có khối lượng. Nếu tốc độ ánh sáng là tuyệt đối, và *thời gian* là tương đối, thì các định luật của Newton không thể giữ nguyên trong những điều kiện thích hợp với thuyết tương đối đặc biệt, tức là khi tốc độ tiệm cận đến tốc độ ánh sáng. Trong những trường hợp như thế, khi thời gian trở thành tương đối, các quy luật đối với vật thể chuyển động không

thể là những định luật Newton trước đây nữa, Einstein lập luận. Bằng cách này hay cách khác, hai lý thuyết, lý thuyết hấp dẫn của Newton và thuyết tương đối đặc biệt của Einstein – cần phải hợp nhất lại thành một thuyết tương đối *tổng quát*. Đây sẽ là một lý thuyết về tính tương đối và lực hấp dẫn. Nhưng làm thế nào để đạt được điều đó ?

Năm 1907, sau khi phát minh ra nguyên lý tương đối đặc biệt hai năm trước, Albert Einstein, lúc này đã 28 tuổi và đang làm việc tại Sở cấp bằng sáng chế Thụy Sĩ ở Bern với tư cách một chuyên viên kỹ thuật hạng hai (được thăng chức từ hạng ba lên đúng một năm trước), hiện đang hướng sự chú ý vào vấn đề hấp dẫn. Vào một ngày trong tháng 11 năm 1907, Albert Einstein đang ngồi trên chiếc ghế tại Sở cấp bằng sáng chế tại Bern, trầm tư suy nghĩ về ý nghĩa của thuyết tương đối đặc biệt mà tư tưởng của nó đã được ông hoàn chỉnh từ hai năm trước đây. Và một khoảnh khắc kỳ diệu đã đến trong ngày hôm đó mà sau này ông đã mô tả lại trong một bài giảng tại Kyoto năm 1922 bằng những lời sau đây: “Bất thành linh, một ý nghĩ xuất hiện trong đầu tôi: nếu một người rơi tự do, anh ta sẽ không cảm thấy trọng lượng của mình. Tôi giật mình. Ý nghĩ đơn giản này tạo ra một ấn tượng rất sâu trong tôi. Nó thúc đẩy tôi đi đến một lý thuyết mới về hấp dẫn”. Einstein tâm sự với người bạn thân cùng làm việc tại Sở cấp bằng sáng chế Thụy Sĩ, Michel Angelo Besso, về giây phút bừng tỉnh đốn ngộ đó như một “ý nghĩ hạnh phúc nhất trong đời tôi”. Einstein tìm cách giải thích lực hấp dẫn bên trong thuyết tương đối. Cuối cùng điều này dẫn ông đến việc sáng tạo ra thuyết tương đối tổng quát – một lý thuyết tương đối kết hợp với lý thuyết hấp dẫn.

Trong bốn năm từ 1907 đến tháng 6 năm 1911, Einstein giữ một sự im lặng bí mật về lý thuyết hấp dẫn. Năm 1911, ông chuyển từ Thụy Sĩ đến Praha. Không biết Einstein có tiếp tục nghiên cứu về vấn đề hấp dẫn trong bốn năm xen kẽ đó hay không. Trong những năm này, ông đã công bố những công trình về bức xạ của vật thể đen, về sự biến đổi màu sắc tới hạn (critical opalescence), nhưng phải chăng vấn đề quan trọng về hấp dẫn và quan hệ của nó đối với thuyết tương đối vẫn nằm trong óc ông ? Nhưng trở chêu thay, tác giả của

một lý thuyết đem lại một cuộc cách mạng trong vũ trụ quan như thuyết tương đối, và một người có đóng góp quan trọng trong tất cả các lĩnh vực của vật lý, đến lúc ấy vẫn đang phải làm việc trong một lĩnh vực nghề nghiệp bấp bênh không chắc chắn. Đồng lương của Einstein luôn luôn ở mức khiêm tốn, và thậm chí ông đã phải tìm cách bổ sung thu nhập bằng việc dạy thêm tại trường đại học ở Bern, một công việc mà ông xem như một gánh nặng. Sau này có lần ông chua chát tâm sự rằng bản thân ông, một kẻ trong ý nghĩ đã đặt nhiều chiếc đồng hồ tại những vị trí khác nhau trong không gian và tưởng tượng chúng chạy với những tốc độ khác nhau, để từ đó suy ra không gian và thời gian là tương đối, kẻ đó lại không có đủ tiền để mua một chiếc đồng hồ duy nhất cho chính căn nhà của mình.

Ngày 4 tháng 4 năm 1910, từ Zurich, nơi ông làm một giáo sư không chính thức (associate professor), Einstein viết một lá thư úp mở cho mẹ : “Con hầu như chắc chắn sẽ được mời làm giáo sư cho một trường đại học lớn với một đồng lương đáng kể hơn nhiều so với lương con hiện nay. Con chưa được phép nói đó là trường nào” [2]. Einstein cũng tâm sự như thế với một vài đồng nghiệp, và cuối năm đó bí mật đã được sáng tỏ: đó là trường Đại học Đức ở Praha (German University of Prague). Như vậy Einstein, người lúc tuổi niên thiếu đã từ chối tư cách công dân Đức của mình để trở thành một người Thụy Sĩ, và người đã sáng tạo ra thuyết tương đối đặc biệt hoàn toàn trên đất Thụy Sĩ, bây giờ lại chuẩn bị để gia nhập một đại học Đức, và để bắt đầu một con đường cuối cùng sẽ dẫn ông trở lại nước Đức, đến thủ đô Berlin của nhà nước Đức mà ông đã từng lên án.

Đại học Đức ở Praha có một lịch sử không bình thường, và một lịch sử phản ánh tình trạng đáng buồn của những quan hệ giữa các sắc tộc trong cái thủ đô Bôhêmiêng (Praha) vào thời đó. Trường đại học này là trường cổ nhất ở đông Âu, và trong thế kỷ 19 nó sử dụng cả giáo sư người Tiệp lẫn giáo sư người Đức. Tuy nhiên hai nhóm không bao giờ thân thiện với nhau, đến nỗi nhóm giáo sư Đức không bao giờ trao đổi thông tin nghề nghiệp với nhóm giáo sư Tiệp. Năm 1888, hoàng đế Áo-Hung ra sắc lệnh trường đại học phải chia

làm hai: một bên Đức và một bên Tiệp. Sự phân chia gây ra một sự nứt rạn lớn hơn giữa hai nhóm giáo sư và góp phần làm tăng thêm sự hằn thù giữa hai nhóm. Và Einstein được bổ nhiệm bởi Đại học Đức.

Praha, một thành phố quan trọng trong đế chế Hapsburg, một góc của tam giác Vienna-Budapest-Praha mà từ các góc của nó vị hoàng đế cai quản toàn bộ vương quốc Áo-Hung. Thành phố đó có một sức hấp dẫn đối với Einstein. Thật vậy, sức hấp dẫn lớn đến nỗi mặc dù biết rằng có thể bị cách ly khỏi những trung tâm nghiên cứu khoa học, ông vẫn quyết định chuyển đến đó để làm việc, bất chấp đề nghị của Zurich sẽ tăng lương cho ông nhằm cạnh tranh với đồng lương mà Đại học Karl-Ferdinand ở Praha đã hứa trả. Einstein không ngã lòng vì những xu thế chống Do Thái biểu lộ qua những cuộc thảo luận của hội đồng giáo sư về nguồn gốc sắc tộc của ông, nguồn gốc mà ông phải chú ý trong quá trình nộp đơn đề nghị được bổ nhiệm chức giáo sư. Trong đơn này ông được yêu cầu phải khai rõ tôn giáo của mình, và trường đại học sẽ không chấp nhận lời khai “không có gì” như ông đã điền vào phần trả lời lúc đầu. Đích thân hoàng đế Franz Joseph ký các sắc lệnh bổ nhiệm giáo sư, và được biết là vị hoàng đế sẽ không phê chuẩn bất kỳ chức giáo sư nào cho ai mà tôn giáo của người đó không khai rõ trong đơn. Cuối cùng Einstein chịu nhượng bộ và hoàng đế đã phê chuẩn. Việc bổ nhiệm có hiệu lực từ ngày 1 tháng 4. Có lẽ vì bị thúc đẩy bởi vấn đề tôn giáo nên Einstein, người trước đây chưa bao giờ thể hiện những tình cảm tôn giáo, đã gia nhập cộng đồng Do Thái ở Praha. Được biết ông đã đi thăm nghĩa trang cổ nổi tiếng của người Do Thái tại Praha, một nghĩa trang ra đời từ thế kỷ thứ 5, và ông đã xem xét hòn đá bị vỡ ở trên ngôi mộ của Rabbi Lowe, bạn của nhà thiên văn Tycho Brahe ở thế kỷ 16.

Nhưng qua thư từ gửi bạn bè, Einstein có vẻ không thoải mái khi làm việc ở Praha. Ông thường ca thán về tác phong quan liêu và sự cứng nhắc kiểu Phổ của các quan chức Đức điều hành nhà trường. Ông cũng cảm thấy sinh viên không được thông minh và siêng năng như sinh viên ông đã dạy ở Thụy Sĩ. Nhưng dù ông yêu thích Praha

hay không, Einstein dường như vẫn để lại dấu ấn đối với cuộc sống xã hội của Praha. Trong cuốn *Praha trong Đen và Vàng*, Peter Demetz đã viết về quán café tại Praha mà Einstein thích đến đó ngồi những lúc rảnh rỗi [3]. Demetz viết rằng thậm chí đời sống café ở Praha cũng bị chia thành hai khu vực, một khu người Tiệp làm chủ và một khu người Đức làm chủ. Quán Café Slavia là một quán nổi tiếng ở Praha, nơi tụ tập ưa thích của những nhà ngôn ngữ học nổi tiếng người Tiệp, cũng như các nhà văn, trong đó có Thomas Mann. Các nhà báo tự do thường tụ tập ở góc phía sau, và những người Công giáo cấp tiến ngồi ở phía mặt tiền bên cạnh đường đi bộ. Einstein thường hay ngồi tại cái quán hợp thời thượng này vào những buổi chiều nắng, nói chuyện bằng tiếng Đức với các đồng nghiệp tại trường đại học hoặc ghi chép đầy ắp các phương trình vào các mẫu giấy. Chính tại nơi đây ở Praha, quận Kafka, nơi có một sinh hoạt café và một sự pha trộn lâu đời giữa sự quản trị của đế chế Áo-Hung và dòng Jesuits, Einstein đã tạo ra những bước đi đầu tiên quan trọng hướng tới thuyết tương đối tổng quát của ông. Khái niệm đầu tiên Einstein nêu lên tại Praha là nguyên lý tương đương mà ông đã phát biểu lần đầu tiên tại Bern bốn năm trước. Einstein tưởng tượng ra hai hệ quy chiếu: một hệ tĩnh gắn với trường hấp dẫn, hệ kia không gắn với trường nào cả nhưng chuyển động với gia tốc không đổi. Trong một bài báo công bố trong năm đó, Einstein nhận định rằng trong cả hai hệ quy chiếu đó các định luật của Newton phải như nhau, và tính tương đương cần phải được suy ra từ một lý thuyết hấp dẫn mới. Do đó, mục tiêu của ông là tìm kiếm một lý thuyết mới – một lý thuyết sẽ bao gồm cả hai khái niệm về hấp dẫn và tương đối.

Nguyên lý thứ hai Einstein tìm thấy tại Praha là sự dịch chuyển về phía đỏ xảy ra do lực hấp dẫn. Xuất phát từ nguyên lý tương đương, ông suy ra rằng một tia sáng phát ra từ một vật thể có khối lượng sẽ giảm tần số của nó và dịch chuyển về phía đỏ của quang phổ. Năm 1911, Einstein biết rằng thuyết tương đối đặc biệt, trong đó giải thích một dịch chuyển về phía đỏ của ánh sáng xảy ra do tốc độ của nguồn sáng lùi xa khỏi điểm quan sát, cần phải được kết hợp vào trong lý thuyết hấp dẫn. Nhưng ông không biết phải kết hợp như thế

nào. Ở chỗ này, ông thiếu những công cụ để tìm hiểu tại sao lực hấp dẫn cũng có thể gây ra sự dịch chuyển về phía đỏ của bức xạ. Tuy nhiên, ông có thể chứng minh được rằng một dịch chuyển về phía đỏ do lực hấp dẫn gây ra ắt phải tồn tại.

Khi Einstein nghiên cứu nguyên lý tương đối đặc biệt, toán học đã hiện diện sẵn sàng ở đó để giúp đỡ ông: Phép biến đổi Lorentz, và toán học về không-thời-gian của Minkowski. Toán học của Minkowski kết hợp ba hướng không gian với mũi tên thời gian. Phương pháp này cho phép xử lý đồng nhất bốn thành phần trong không-thời-gian Einstein, trong đó các sự kiện và mối liên hệ giữa quá khứ, hiện tại và tương lai được thực hiện thông qua các hình nón trong không gian 4 chiều. Hình ảnh tương tự 2 chiều được thể hiện như dưới đây:

Nón ánh sáng phản ánh sự bất biến của tốc độ ánh sáng kể từ gốc. Trên nón ánh sáng, khoảng cách không gian tính từ gốc trở đi bằng thời gian đã trôi qua. Khối tròn xoay hyperboloid trong hình vẽ trên là tập hợp tất cả những điểm có bình phương khoảng cách không-thời-gian kể từ gốc là bằng nhau. Khoảng cách (metric) Minkowski cho phép đo được những khoảng cách trong không-thời-gian.

Việc áp dụng lý thuyết toán học này tuy mới mẻ, nhưng bản thân nội dung của nó không phức tạp lắm, vì các thành phần căn bản ở đây – được gọi là các vectors – đã được hiểu rõ từ lâu. Nhưng lúc này tại Praha, trong khi trở lại với ý tưởng kết hợp khái niệm hấp dẫn vào bên trong thuyết tương đối đặc biệt, Einstein nhận thấy rằng ông cần phải có những công cụ toán học mạnh, mạnh hơn nhiều so với những công cụ toán học đã được sử dụng trong thuyết tương đối đặc biệt, song ông biết rất ít về những lĩnh vực toán học cần thiết đó.

Trường hấp dẫn làm cho không gian có tính chất phi-Euclid, và do đó Einstein cần những công cụ hình học mới nào đó để thể hiện tính cong của không gian. Lúc này Einstein cần phải làm chủ được những lý thuyết toán học rất phức tạp. Ông bắt đầu tiến vào phần khó nhất trong cuộc hành trình khám phá của mình, một nỗ lực đòi

hỏi ông phải tập hợp mọi trực giác vật lý và xử lý nó trong một cỗ máy toán học mạnh mẽ.

Công cụ cần thiết đối với bước đi tiếp theo của Einstein trong cuộc hành trình dài này lại đang ẩn náu ngay tại Praha, trong tay một nhà toán học bao lâu nay không được đánh giá cao. Đó là Georg Pick, một người hơn Einstein 20 tuổi, và hai người đã gặp nhau ngay sau khi Einstein gia nhập đội ngũ giáo sư tại Praha. Theo tục lệ tại Praha, mọi giáo sư mới gia nhập trường đại học đều mời tất cả các thành viên khác của hội đồng giáo sư đến nhà mình. Vì Einstein đã nổi tiếng trong giới học thuật, nên hơn bốn chục thành viên của hội đồng đều chờ đợi Einstein có lời mời mình [4]. Vì mới đến một thành phố có kiến trúc và lịch sử quyến rũ, Einstein thích thú thực hiện một số chuyến viếng thăm đầu tiên đến các đồng nghiệp của ông. Tuy nhiên sau một thời gian ông cảm thấy mệt mỏi vì những chuyện tầm phào làm ông xa lánh tư tưởng về thuyết tương đối tổng quát, và ông chấm dứt những chuyến viếng thăm như thế. Liếc mắt xuống phía dưới bản danh sách họ tên các giáo sư, Einstein dừng lại ở vần chữ cái “P”, vì Georg Pick không phải là một trong những giáo sư bị Einstein coi thường. Pick và Einstein trở thành đôi bạn thân thường đi dạo và thảo luận toán học với nhau. Pick là một nguồn những câu chuyện về Ernst Mach, người đã ở trường đại học này trước khi Einstein đến, và tư tưởng của ông ta đã có từ trước khi thuyết tương đối đặc biệt của Einstein ra đời. Giống như Einstein, Pick là một người chơi violon khá, và đã lôi kéo Einstein gia nhập nhóm tứ tấu địa phương. Nhưng Pick cũng là một chuyên gia về một phương pháp toán học mà Einstein cần thiết để phát triển thuyết tương đối tổng quát của mình. Pick rất quen thuộc với công trình của hai nhà toán học Ý, Gregorio Ricci (1853 – 1925) và Tullio Levi-Civita (1873 – 1941). Có thể ngay từ đầu năm 1911 Pick đã cố gắng hướng dẫn Einstein nghiên cứu toán học của Ricci và Levi-Civita, nhưng Einstein không chú ý đến lời khuyên bổ ích này và vẫn giữ thái độ như thế mãi đến khi rời khỏi Praha. Nếu xem xét kỹ công trình toán học của hai người Ý đó, Einstein có thể đã không lãng phí mất mấy năm làm việc vất vả.

Nội dung thứ ba trong những nghiên cứu về lý thuyết hấp dẫn tổng quát mà Einstein đã thực hiện ở Praha là nguyên lý nói rằng những vật thể có khối lượng không những ảnh hưởng đến các vật rắn, mà cả ánh sáng nữa. Thực ra ở đây Einstein đã phát triển những tư tưởng đầu tiên của một nguyên lý tương đương với nguyên lý mà Newton đã sử dụng nhiều thế kỷ trước đây. Suy luận của ông rằng ánh sáng sẽ bị cong xung quanh một vật thể có khối lượng tương đương với nguyên lý Newton nói rằng một vật thể chuyển động trong không gian sẽ thay đổi đường đi của nó khi đi gần một vật thể có khối lượng. Đây cũng là nguyên lý cho phép NASA thay đổi hướng bay của một con tàu không gian bằng cách làm cho nó bay quanh một hành tinh. Lý thuyết sẽ cho phép tính được độ lệch của một tia sáng khi nó đi ngang qua một vật thể có khối lượng, khi giả định rằng ánh sáng không phải là một tia mà là một hạt. Einstein đã tính độ lệch của tia sáng khi nó đi lướt qua bờ mép một vật thể có khối lượng như Mặt Trời và thu được kết quả bằng 0,83 giây (số đo góc xác định sự thay đổi hướng của tia sáng). Hình như Einstein đã có một lỗi tính toán số học nào đó, vì giá trị tính toán lẽ ra phải bằng 0,875 giây. Nhưng giá trị này cũng chỉ bằng một nửa giá trị chính xác của góc lệch mà bốn năm sau ông sẽ nhận được khi thuyết tương đối tổng quát đã hoàn tất.

Sau khi đạt được một số tiến bộ và tìm ra một số nguyên lý, và thậm chí ngay cả trong trường hợp nếu ông không đạt được thành công nào cả, Einstein cảm thấy nhất thiết cần phải có những chứng minh vật lý đối với các khám phá lý thuyết. Độ lệch của ánh sáng là một cái gì đó mà ông đã nhận thức được khi còn ở Thụy Sĩ, nhưng sau đó ông cho rằng hiệu ứng này quá nhỏ để không bao giờ có thể phát hiện được. Ông nói với các nhà khoa học khác về niềm tin của ông rằng ánh sáng sẽ bị ảnh hưởng bởi trường hấp dẫn nhưng có lẽ không có cách nào để xác định hiệu ứng này bằng thí nghiệm. Tại Praha, Einstein có những ý nghĩ mới về vấn đề này. Khi ông đã có một con số tính toán thực sự trong tay (than ôi, một con số sai, nhưng vẫn nói lên rằng ánh sáng bị lệch), ông băn khoăn không biết làm sao mà các nhà thiên văn có thể đo được hiệu ứng này. Ông để tâm đến việc chứng minh những dự đoán của lý thuyết hấp dẫn mới

của ông. Nếu sự cong của ánh sáng được phát hiện, thì nó sẽ cung cấp một chứng minh tuyệt vời cho lý thuyết mới của ông.

Ngay từ năm 1801 nhà thiên văn người Đức Johann Gerg von Soldner cũng đã có những tư tưởng giống như của Einstein, nhưng Einstein không hề biết đến nhà thiên văn này. Soldner có ý định áp dụng lý thuyết hấp dẫn của Newton đối với các tia sáng nếu ánh sáng là những vật thể có khối lượng. Soldner sử dụng lý thuyết về chuyển động chệch hướng của Newton trong đó giả định rằng ánh sáng bao gồm những hạt nhỏ xíu. Soldner đi đến cùng một bài toán mà một thế kỷ sau Einstein cũng nêu lên, rằng ánh sáng đi qua gần bề mặt của Mặt Trời sẽ bị chệch một góc 0,84 giây. Kết quả này gần với kết quả của Einstein một cách đáng ngạc nhiên, mặc dù kết quả của Einstein bị sai do một tính toán nhầm lẫn. So với giá trị đúng theo lý thuyết của Newton là 0, 875 giây, kết quả sai lệch của Soldner có lẽ là do ước tính khối lượng Mặt Trời chưa chính xác. Mãi đến tận năm 1921 công trình của Soldner vẫn không được cộng đồng vật lý chú ý.

Trong công trình về sự lệch của ánh sáng, Einstein gợi ý rằng bằng chứng của hiện tượng này có thể sẽ được các nhà thiên văn tìm ra. Mùa hè năm 1911, một sinh viên Đại học Karl Ferdinand tại Praha là Leo W. Pollak đến Berlin và thăm Đài quan sát thiên văn Berlin. Tại đó anh gặp Erwin Finlay Freundlich (1885–1964), trợ lý trẻ nhất của Đài quan sát. Freundlich sinh năm 1885 tại Biebrich, Đức, trong một gia đình bố Đức mẹ Scotland. Sau khi đỗ bằng tiến sĩ tại Đại học Göttingen, Freundlich giành được một vị trí tại Đài quan sát thiên văn Berlin. Khi gặp Freundlich, Pollak đề cập đến chuyện Einstein lấy làm thất vọng vì các nhà thiên văn không để tâm đến gợi ý của ông rằng độ lệch của ánh sáng có thể được phát hiện bằng thực nghiệm. Freundlich tỏ ra chú ý đến trình bày của Pollak về ý tưởng trong công trình của Einstein và ngờ ý sẽ giúp đỡ.

Chẳng bao lâu sau chuyến viếng thăm của Pollak, Freundlich viết cho Einstein tại Praha rằng ông sẽ chỉ đạo một thí nghiệm đo đạc tia sáng của một ngôi sao khi tia sáng này đi ngang qua Mặt tinh

(Jupiter), để xác định xem liệu nó có bị lệch bởi lực hấp dẫn của hành tinh này hay không. Nhưng thí nghiệm đã thất bại, và ngày 1 tháng 9, Einstein viết một bức thư cảm ơn Freundlich vì những nỗ lực liên tục của ông này và lấy làm tiếc rằng không có một hành tinh nào lớn hơn Jupiter để thí nghiệm có nhiều cơ may thành công hơn. Bất chấp việc thí nghiệm thất bại, sự hợp tác giữa hai người vẫn tiếp tục trong nhiều năm về sau.

Từ 15 đến 22 tháng 4 năm 1912 Einstein đã đến thăm Freundlich tại Đài quan sát hoàng gia ở Berlin. Năm 1997, Jürgen Renn tại Viện Max Planck về lịch sử khoa học ở Berlin đã báo cáo trong tạp chí *Science* những kết quả nghiên cứu của ông và các đồng nghiệp về một cuốn sổ ghi chép của Einstein trong cuộc viếng thăm đó mà trước đây chưa hề được biết [5]. Trong những ghi chép gập gờ hàng ngày, Einstein viết về nội dung chủ yếu của một khám phá gây sửng sốt mà ông vừa mới thực hiện: hiện tượng thấu kính hấp dẫn (gravitational lensing). Hiệu ứng này xảy ra khi ánh sáng từ một ngôi sao hoặc thiên hà xa xôi đi tới người quan sát ngang qua một ngôi sao hoặc một thiên hà xen giữa. Sự cong của ánh sáng mà Einstein biết rằng sẽ xảy ra có thể sẽ xảy ra một cách đối xứng, trong đó các tia sáng đều cong xung quanh vật thể xen giữa trên bầu trời. Hiệu ứng này sẽ hội tụ ánh sáng, giống như ánh sáng hội tụ khi đi qua một thấu kính. Do đó, ánh sáng từ một ngôi sao xa xôi có thể sẽ được phóng to lên bởi “thấu kính hấp dẫn” – hiện tượng được tạo ra bởi vật thể nằm xen giữa người quan sát và ngôi sao xa xôi – làm cho người quan sát nhìn thấy ngôi sao xa xôi rõ hơn. Ngày nay, các nhà thiên văn sử dụng thấu kính hấp dẫn để quan sát những thiên hà rất mờ ở rất xa mà ánh sáng của nó đi tới chúng ta ngang qua những thiên hà gần hơn và hội tụ nhờ những thiên hà này. Sau đó computer sẽ được sử dụng để gỡ rối ánh sáng bị lệch từ thấu kính hấp dẫn, cho hình ảnh thật của thiên hà đang quan sát. Được biết, Einstein đã không dốc hết tâm trí vào khám phá của ông năm 1912, vì nghĩ rằng hiệu ứng mà ông khám phá ra sẽ không bao giờ được quan sát thấy.

Năm 1936, bị một nhà khoa học nghiệp dư người Tiệp là Rudi W. Mandl liên tục chọc tức, Einstein gửi một công trình mô tả sự phát

triển lý thuyết của ông về hiệu ứng này cho tạp chí *Science*, sau khi Mandl hỏi vặn ông liệu một hiệu ứng như thế có thể xảy ra hay không. Không rõ lúc này Einstein có nhớ đến lý thuyết mà ông đã ghi chép trong cuốn sổ tay để lại ở Berlin từ 24 năm trước đó hay không. Nhưng theo những ghi chép của Einstein trong năm 1936, hình như ông đã tái khám phá ra lý thuyết của chính ông một lần nữa. Trong một thư gửi cho biên tập viên của *Science* năm 1936, Einstein viết: “Trước đây có lần R.W.Mandl đến thăm tôi và đề nghị tôi công bố kết quả tính toán sơ bộ, cái mà tôi đã làm theo yêu cầu của ông ta. Bài báo này đáp ứng mong muốn của ông ta”. Sau đó trong một bức thư thân mật hơn gửi đến biên tập viên James Cattell, Einstein viết: “Xin cho phép tôi cũng cảm ơn ông vì sự hợp tác trong việc công bố bài báo nhỏ này về một vấn đề mà ông Mandl thách thức tôi. Bài báo chẳng có gì to tát nhưng nó làm cho ông bạn đáng thương của tôi thích thú”. Năm 1979, hiệu ứng thấu kính hấp dẫn đã được các nhà thiên văn quan sát lần đầu tiên, gây ra một sự phấn khích lớn. Ngày nay hiệu ứng này vừa là đề tài nghiên cứu trong phạm vi hẹp của nó vừa được sử dụng như một công cụ quan trọng để tiến hành những quan sát thiên văn trong không gian xa thẳm.

Ngay sau khi Einstein đến Praha, ông nhận được đề nghị bổ nhiệm chức giáo sư chính thức tại Đại học bách khoa Zurich (ETH), nơi ông đã theo học. Einstein yêu Thụy Sĩ, đất nước đã từng bao dung ông, và do đó không lâu sau khi ổn định tại Praha, việc quyết định ra đi sau một năm là điều không thể tránh khỏi. Có lẽ thời gian ngắn ngủi trú ngụ ở Praha đã cho phép Einstein tự tin hơn trong nghiên cứu khoa học và có thêm kinh nghiệm. Đề tài mà ông quyết định tập trung nghiên cứu đòi hỏi nhiều năm lao động để hoàn thiện. Philipp Frank, người đến Đại học Praha ngay trước khi Einstein rời khỏi đây, đã kể ra hầu hết những giai thoại buồn cười kỳ quặc của Einstein tại Praha. Văn phòng làm việc của Einstein tại trường đại học nhìn xuống một công viên bên dưới với một bãi cỏ xanh được cắt tỉa gọn gàng đẹp đẽ tuyệt vời. Trong khi đưa mắt qua cửa sổ và trầm tư với những vấn đề về trường hấp dẫn, Einstein không thể không nhận thấy rằng vào buổi sáng chỉ thấy phụ nữ đi bộ trong công viên, còn buổi chiều thì chỉ thấy toàn đàn ông. Thắc mắc vì

quan sát này, Einstein hỏi mọi người xem điều gì đang xảy ra dưới cái công viên đó. Ông được trả lời rằng đó không phải là một công viên – đó là đất của một bệnh viện tâm thần. Sau này ông nói đùa với các đồng nghiệp về những người trong công viên đó, rằng họ là những người điên không bận tâm đến Cơ học lượng tử (Einstein có một cuộc đấu khẩu kéo dài với Cơ học lượng tử. Sau này, khi xem xét lý thuyết lượng tử với bản chất xác suất của nó, Einstein đã đưa ra một tuyên ngôn nổi tiếng: “Tôi không bao giờ tin rằng Chúa chơi trò súc sắc với thế gian”).

Thuyết tương đối tổng quát – lý thuyết mới về hấp dẫn – không phải là một vấn đề Einstein có thể giải quyết trong một năm ở Praha. Để hoàn tất lý thuyết này, ông cần thêm 5 năm nữa – và thêm nhiều công cụ toán học hơn nữa so với hiểu biết của ông vào lúc đó. Einstein đã khám phá ra hai sự thật quan trọng, kết quả của những ý tưởng ban đầu trong lý thuyết đang nghiên cứu. Khám phá thứ nhất là dịch chuyển về phía đỏ xảy ra khi một tia sáng đi qua một trường hấp dẫn. Năng lượng của tia sáng giảm xuống, chẳng hạn, khi trường hấp dẫn của một ngôi sao tác động lên tia sáng đó. Vì tốc độ ánh sáng là hằng số – tư tưởng căn bản của thuyết tương đối đặc biệt – do đó cái bị ảnh hưởng bởi tác động hấp dẫn của ngôi sao là tần số của ánh sáng và bước sóng tương ứng của nó. Tần số giảm xuống (giảm bớt số đỉnh nhọn của sóng ánh sáng trong một đơn vị thời gian giảm bớt) và bước sóng tương ứng tăng lên. Vì bước sóng dài hơn nằm ở phía ánh sáng đỏ, thay vì xanh, nên sự kéo dài bước sóng được gọi là một dịch chuyển về phía đỏ. Tại Praha, về mặt lý thuyết Einstein đã khám phá ra hiện tượng dịch chuyển về phía đỏ do hấp dẫn. Khám phá thứ hai trong lý thuyết ông đang nghiên cứu là ánh sáng sẽ bị bẻ cong xung quanh những vật thể có khối lượng. Vì một vật thể có khối lượng như một ngôi sao làm cho không gian xung quanh nó bị cong, tức là phi-Euclid, nên một tia sáng đi qua gần một vật thể có khối lượng như thế sẽ bị cong và tuân theo độ cong của không gian (mặc dù kết quả tính toán của ông về độ lệch của tia sáng bị sai một nửa vì dựa trên lý thuyết của Newton). Với hai khám phá này trong tay, và những công trình nghiên cứu trong

những lĩnh vực khác của vật lý, Einstein đã sẵn sàng để trở về Thụy Sĩ.

Các giáo sư tại Đại học ở Praha được cung cấp một bộ đồng phục. Họ không nhất thiết phải mặc đồng phục hàng ngày, nhưng phải mặc vào dịp tuyên thệ trung thành trước khi gánh vác mọi nhiệm vụ và mặc vào bất kỳ lúc nào hoàng đế Áo-Hung hiện diện trước cử tọa. Trong suốt cuộc đời mình, Einstein đều không ưa giới chức chính quyền và tránh xa các nghi thức lễ lạt. Bộ đồng phục làm cho ông không thoải mái, nhưng ông thường làm cho tình thế bớt cứng nhắc bằng cách điều cốt rằng nếu ông mặc như thế ra phố, người ta sẽ ví ông như một viên chỉ huy hạm đội người Brazil. Einstein rất thoải mái khi thoát được bộ đồng phục. Cuối cùng ông đã đem tặng nó cho người đến trường đại học sau ông là Philipp Frank, vào lúc Frank mới tới. Đến lượt mình, Frank mặc bộ đồng phục đó chỉ một lần – khi ông tuyên thệ trung thành với hoàng đế Áo-Hung. Năm 1917, vợ của Frank khuyên ông đem tặng bộ đồng phục của Einstein cho một cựu sĩ quan quân đội, một người tị nạn từ cách mạng Nga đến Praha đang bị rét run ngoài phố vì không có tiền để mua một bộ quần áo.

Khi Einstein tiếp tục nghiên cứu vấn đề hấp dẫn và cố gắng đưa nó vào trong cái khung của thuyết tương đối đặc biệt, ông đi đến một kết luận gây choáng váng: không gian không mang tính chất Euclid. Trong một công trình viết vào lúc cuối ở Praha – ngay trước khi quyết định tiếp nhận đề nghị của Đại học ETH bổ nhiệm chức giáo sư chính thức và trở lại Thụy Sĩ, Einstein đã viết một công trình công bố vào năm sau trên tạp chí vật lý *Annalen der Physik*. Công trình này phát biểu một kết luận mang tính cách mạng trong những nghiên cứu của ông về không gian và hấp dẫn: các định lý của hình học Euclid không còn đúng trong một hệ quay đồng nhất (uniformly rotating system) nữa. Theo thuyết tương đối đặc biệt, sự co của đường tròn sẽ xảy ra và không gian sẽ bị cong. Đường thẳng sẽ không tồn tại, và tỷ lệ chu vi của đường tròn với đường kính của nó sẽ không bằng Pi nữa. Vì thế, theo nguyên lý tương đương mà ông đã tìm ra ở Bern, rằng một hệ quay đồng nhất sẽ gây ra một trường

tương đương với trường hấp dẫn, Einstein đi đến một kết luận bất ngờ: gần một vật thể có khối lượng, không gian không mang tính chất Euclid. Nhưng “Euclid” hoặc “phi-Euclid” có nghĩa là gì ?

[1] Trích thư gửi hội đồng giáo sư đại học ở Praha, 1910

[2] Thư in lại trong A. Pais, *Subtle is the Lord (Chúa rất khôn ngoan)*, do Oxford University Press xuất bản tại New York , 1982

[3] Peter Demetz, *Prague in Black and Gold* , do Hill and Wang xuất bản tại New York, 1997, trang 354.

[4] Trong cuốn *Einstein: His Life and Times (Einstein: Cuộc sống và thời đại của ông)*, do Knopf xuất bản tại New York, 1957, nhà viết tiểu sử cùng thời hay nhất về Einstein là Philip Frank đã viết khá dài về câu chuyện này và về những chuyện tò mò khác trong đời Einstein.

[5] Renn, J., và Albert., *Science*, tháng 10, 1997.

Chương IV. THÁCH ĐỐ CỦA EUCLID

Không có con đường vương giả dẫn đến hình học (Euclid ở thành Alexandria, nói với Ptolemy I, vua Ai Cập năm 306 trước C.N.)

Einstein đã tiến hành một thí nghiệm tưởng tượng nổi tiếng: một vòng tròn quay trong không gian sao cho tâm cố định, nhưng chu vi của nó quay tròn rất nhanh. Theo Thuyết Tương đối hẹp, đường biên của vòng tròn sẽ bị co lại. Lực ly tâm tác động lên đường biên của vòng tròn tương tự như tác động của lực hấp dẫn. Nhưng chính sự co tác động đến đường biên làm cho đường kính không thay đổi. Do đó, Einstein đi tới một kết luận làm chính ông phải ngạc nhiên, rằng tỷ lệ giữa chu vi và đường kính của nó không bằng Pi nữa: trong trường hấp dẫn, hình học của không gian là phi-Euclid.

Mũi Perpetua nhô lên cao hơn mặt biển một nghìn thước Anh trên bờ biển Oregon ghồ ghề, những đợt sóng lớn của Thái Bình Dương vỗ mạnh vào những vịnh đá lởm chởm bên dưới theo những nhịp điệu hoà như một chiếc đồng hồ đang hoạt động. Vươn mình lên không trung bên trên đại dương xanh thẳm, mũi Perpetua thật là độc nhất vô nhị. Một người đứng trên đỉnh mũi đất đó sẽ thấy rõ Trái Đất hình tròn. Đại dương mênh mông phía trước người quan sát hiện lên một đường cong mềm mại uốn khum xuống phía dưới theo mọi hướng mà con mắt có thể nhìn thấy. Khi một con thuyền giăng buồm ra khơi, người quan sát dường như sẽ thấy nó chìm dần, chìm dần xuống dưới mặt cong của Trái Đất để rồi đến lúc nào đó sẽ biến hẳn sau quả cầu xanh khổng lồ.

Nếu những người Babylon, Ai Cập, hoặc Hylạp cổ đại sống trên bờ biển Oregon, có lẽ lịch sử toán học và khoa học chính xác đã khác hẳn. Nhưng những người cổ đại này không sống bên bờ Thái Bình Dương và không bao giờ nhìn thấy hình cong của không gian họ đang sống. Người Babylon, và những người Assyria họ hàng của họ, sống trên những miền đất bằng phẳng giữa các con sông Tigris

và Euphrates của xứ Babylon, và thế giới của họ bằng phẳng. Từ hàng nghìn tấm bảng đất sét họ để lại, mô tả chi tiết mọi về sinh hoạt trong xã hội của họ vào khoảng 4000 năm trước C.N., chúng ta biết rằng người Babylon rất giỏi tính toán diện tích chính xác của những thửa ruộng của họ. Họ biết cách làm thế nào để chia một thửa ruộng trồng trọt mà họ có thành những hình chữ nhật, sao cho có thể tính diện tích của những hình chữ nhật đó bằng cách nhân hai cạnh với nhau. Họ cũng biết cách làm thế nào để tìm ra diện tích của những thửa ruộng tam giác vuông bằng cách chia diện tích của hình chữ nhật ngoại tiếp^[1] làm hai. Người Babylon và người Assyria là những chuyên gia trong lĩnh vực hình học phẳng này. Người Aicập cũng rất phát triển trong môn hình học dùng để đánh dấu, chia bãi và tính toán diện tích đất đai. Nhưng họ cũng sống trong một miền đất bằng phẳng và không bao giờ thấy sự cần thiết phải tìm hiểu một bề mặt không bằng phẳng. Ngay cả kim tự tháp của họ cũng là một tác phẩm bậc thầy của hình học bao gồm những đường thẳng trong không gian ba chiều.

Trong thế kỷ thứ 6 trước C.N., Pythagoras và những người thuộc trường phái của ông trong lãnh địa họ thiết lập nên tại Crotona ở miền nam nước Ý đã tìm ra những định lý trừu tượng dựa trên những công trình ứng dụng của người Aicập và Babylon cổ đại. Vì thế Định lý Pythagoras là một sự mở rộng những mô tả toán học của người Babylon về thế giới hiện thực. Định lý này nói rằng diện tích của một thửa ruộng hình vuông mà cạnh của nó là cạnh huyền của một tam giác vuông sẽ bằng tổng diện tích của hai thửa ruộng hình vuông khác mà cạnh của chúng lần lượt là các cạnh góc vuông của tam giác vuông đó. Định lý Pythagoras có những ý nghĩa quan trọng trong hình học, vì nó có thể được sử dụng để xác định khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trong không gian Euclid. Trong không gian này, khoảng cách giữa hai điểm là độ dài của đoạn thẳng nối hai điểm ấy (ngày nay nếu ta biết hiệu số hoành độ của hai điểm và hiệu số tung độ của chúng thì khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm đó sẽ bằng căn bậc hai của tổng các bình phương của các hiệu số đó). Những người theo trường phái Pythagoras còn đi xa hơn và đã khám phá ra số vô tỷ. Họ nhận thấy rằng khi hai cạnh của tam giác vuông bằng nhau, thì cạnh huyền sẽ là một con số kỳ lạ: căn bậc hai

của 2. Đó là một số vô tỷ: không thể viết nó dưới dạng một tỷ số giữa các số nguyên. Việc khám phá ra những số mới không thể hiểu nổi và không có một ý nghĩa nào tương ứng với thế giới hiện thực đã dẫn trường phái Pythagoras tới những lĩnh vực toán học được phát triển mạnh mẽ trong thời đại của chúng ta ngày nay.

Toán học tiếp tục sự phát triển của nó, và hai thế kỷ sau Pythagoras, Euclid thành Alexandria đã viết cuốn *Cơ Sở (Elements)* – một bộ sách gồm 13 tập được coi là cuốn giáo khoa vĩ đại nhất từ trước tới nay. Các tập của cuốn *Cơ Sở* trình bày toàn bộ một lý thuyết hình học – một lý thuyết dẫn dắt sự nghiên cứu toán học trong suốt 23 thế kỷ cho đến thời đại của chúng ta. Hình học Euclid là một ý đồ trừu tượng hoá các khái niệm về không gian vật lý với mục tiêu sử dụng các tiên đề, định đề, định lý để khảo sát các tính chất chủ yếu của không gian mà những người trong thời cổ đại nghĩ rằng đó là không gian duy nhất.

Trước hết Euclid định nghĩa những yếu tố cơ bản của hình học như điểm, đường thẳng, mặt phẳng – những khái niệm quen thuộc với bất kỳ ai đã theo học chương trình hình học sơ cấp ngày nay. Sau đó Euclid nêu lên 5 tiên đề chủ yếu: 1-Qua hai điểm chỉ vẽ được một đường thẳng; 2-Một đường thẳng có thể kéo dài mãi mãi; 3-Có thể vẽ được một đường tròn nếu biết tâm và bán kính của nó; 4-Mọi góc vuông đều bằng nhau; 5-Nếu một đường thẳng cắt hai đường thẳng khác tạo nên những góc trong cùng phía có tổng nhỏ hơn hai vuông, thì hai đường thẳng này kéo dài sẽ cắt nhau ở phía có hai góc trong có tổng nhỏ hơn hai vuông đó (180 độ).

Các mệnh đề, hoặc định lý, trong quyển thứ nhất của Euclid bàn về những tính chất của đường thẳng và diện tích của hình bình hành, tam giác, và hình vuông. Trong khi Euclid chủ yếu chỉ sử dụng bốn tiên đề đầu tiên trong các chứng minh, tiên đề 5 không hề được sử dụng trong bất kỳ chứng minh nào. Điều đó cho thấy ngay rằng các định lý của ông vẫn có giá trị nếu tiên đề 5 bị loại bỏ hoặc thay thế bằng một tiên đề khác phù hợp với bốn tiên đề kia. Mặc dù cuốn *Cơ Sở* đã trở thành một cuốn sách phổ biến rộng rãi, một cuốn sách đã

ảnh hưởng đến tư tưởng tây phương trong suốt hai thiên niên kỷ, tính chất tinh tế và bí mật của tiên đề 5 vẫn làm dấy lên những câu hỏi dai dẳng trong ý nghĩ của các nhà toán học. Ngay cả cách phát biểu của tiên đề 5 cũng thật là lủng củng: trong khi bốn tiên đề kia đều ngắn gọn súc tích và rõ ràng, tiên đề 5 quá dài dòng. Đối với nhiều người, tiên đề 5 có vẻ như là một định lý phải được chứng minh thay vì một sự thật hiển nhiên.

Tiên đề 5 có một số cách phát biểu khác tương đương. Một là tiên đề Playfair^[2], nói rằng qua một điểm cho trước không nằm trên một đường thẳng cho trước chỉ có duy nhất một đường thẳng song song với đường thẳng đã cho. Một cách phát biểu khác tương đương với tiên đề 5 là tổng ba góc của một tam giác luôn luôn bằng 2 vuông (180 độ). Cách phát biểu này là một hệ quả của tiên đề 5 và là cách phát biểu dễ nhớ nhất.

Ngay từ khi cuốn *Cơ Sở* mới ra đời, các nhà hình học đã ngờ vực sự cần thiết của tiên đề 5 hoặc thậm chí ngờ vực tính hiển nhiên đúng của nó trong toàn bộ lý thuyết này. Người đầu tiên có những nhận định quan trọng về Euclid là một nhà hình học, mà nhờ ông chúng ta mới được biết khá nhiều về lịch sử của cuốn sách này. Người đó là Proclus (410 – 485), một triết gia, nhà toán học và sử học Hylạp thế kỷ thứ 5. Theo Proclus, Euclid sống dưới triều đại của vương quốc Lamã thứ nhất tại Aicập, tức triều vua Ptolemy I, và chính nhà vua này đã viết một cuốn sách bàn về tiên đề 5 rắc rối của Euclid, trong đó tìm cách chứng minh tiên đề 5 dựa trên bốn tiên đề kia. Đây là một cố gắng đầu tiên, thông qua các nguồn lịch sử, mà chúng ta được biết về ý đồ chứng minh tiên đề 5 như một hệ quả của bốn tiên đề đầu tiên của Euclid.

Khi trình bày lịch sử công trình của Euclid, Proclus đã nhận định rất chính xác rằng chứng minh của Ptolemy thực ra đã sử dụng một giả định khác tương đương với tiên đề 5: qua một điểm không nằm trên một đường thẳng chỉ có thể kẻ được một đường thẳng song song với đường thẳng đã cho. Do đó Ptolemy cho rằng chứng minh của mình đã chứng tỏ tiên đề 5 là thừa. Nhưng thực ra chứng minh của ông sai.

Khoa học Ảrập nở rộ vào thời Trung Cổ, sau khi nền văn minh vĩ đại của Hylạp cổ đại không còn nữa, và trước khi Âu châu tỉnh dậy từ bóng tối trong nhiều thế kỷ. Omar Khayyam (1050 – 1122), người được phương tây biết đến vì thơ ca, cũng đồng thời là một trong các nhà toán học nổi bật vào thời của ông, đã viết một cuốn sách nhan đề *Algebra* (Đại số). Trong các thế kỷ trước đó, còn có hai học giả khác người Ảrập và Batur cũng theo đuổi nghiên cứu toán học: Al-Khowarizmi (thế kỷ 9) và Al-Biruni (973 – 1048) cũng có nhiều nghiên cứu về lý thuyết đại số. Khi Omar Khayyam chết năm 1123, khoa học Ảrập đang trong trạng thái xuống dốc. Tuy nhiên tại Maragha (Iran ngày nay) trong thế kỷ tiếp theo có một nhà toán học tài năng phi thường: Nasir Eddin Al-Tusi (1201 – 1274), hoặc còn gọi là Nasiraddin. Nasiraddin là một nhà thiên văn của Hulagu Khan, cháu của nhà chinh phục huyền thoại Genghis Khan (Thành Cát Tư Hãn) và là anh em của Kublai Khan. Nasiraddin biên soạn một dị bản các công trình của Euclid bằng tiếng Ảrập và một luận đề về các tiên đề của Euclid. Giống như các nhà toán học cổ điển tiền bối cũng như hai nhà toán học Ảrập trước ông, ông cũng nghi ngờ tiên đề 5 của Euclid.

Nasiraddin là học giả đầu tiên nhận thấy tầm quan trọng của một tiên đề khác tương đương với tiên đề 5 của Euclid: tổng các góc trong một tam giác bằng 180 độ (hai vuông). Như những người đi trước, Nasiraddin cố gắng chứng minh rằng tiên đề 5 rắc rối của Euclid chỉ là hệ quả của bốn tiên đề trước nó. Và cũng như những người đi trước, Nasiraddin thất bại.

Cuốn sách kinh điển của Euclid được nghiên cứu rộng rãi trong thế giới Ảrập, dẫn tới những cuộc thảo luận rất trí tuệ về cuốn sách, bao gồm việc thảo luận về tiên đề đường song song (tức tiên đề 5, N.D.), nhưng châu Âu không biết điều đó. Trong những năm 1100 đầu tiên, một nhà du lịch người Anh tên là Adelhard of Bath (1075 – 1160) đã thực hiện một cuộc hành trình từ Tiểu Á đến Aicập và Bắc Phi. Ông học tiếng Ảrập trên đường đi, sau đó cải trang như một người theo học Hồi giáo rồi vượt qua eo biển Gibraltar để đến Tây Ban Nha thuộc Maroc[3]. Adelhard đi tới Cordova khoảng năm 1120 và nhận

được một bản sao cuốn *Cơ Sở* bằng tiếng Ả-rập. Ông bí mật dịch cuốn sách của Euclid sang tiếng Latin, và mang lên nó qua dãy Pyrenees để vào châu Âu Thiên Chúa giáo. Bằng con đường đó cuối cùng cuốn sách của Euclid đã đến với phương tây. Nó được sao chép và đến tay các học giả, trí thức, và chỉ đến lúc này người phương tây mới được biết những nguyên lý nền tảng của hình học mà người Hy Lạp đã biết từ một thiên niên kỷ rưỡi trước đó. Khi kỹ thuật ấn loát ra đời, một trong những cuốn sách đầu tiên được in dưới dạng chữ rập khuôn là cuốn *Cơ Sở*. Khi cuốn sách của Euclid được công bố ở Venice năm 1482, đó là một bản dịch ra tiếng Latin từ văn bản Ả-rập do Adelhard mang lên. Mãi đến năm 1505, cũng tại Venice, Zamberti mới công bố một dị bản của cuốn *Cơ Sở* được dịch từ văn bản Hy Lạp, do Theon thành Alexandria ghi chép từ thế kỷ thứ 4.

Năm trăm năm đã trôi qua kể từ công trình của Nasiraddin về tiên đề 5, nhưng trong suốt những thế kỷ này toán học phương tây đạt được rất ít tiến bộ. Thời Trung Cổ không phải là một thời kỳ tốt đẹp đối với toán học hoặc khoa học và văn hoá nói chung. Một thế giới rối ren trong những cuộc xung đột triền miên và bị bệnh dịch hoành hành không phải là chỗ để theo đuổi tri thức và nghệ thuật. Nhưng năm 1733 một quyển sách nhỏ được viết bằng tiếng Latin được xuất bản ở Milan. Đầu đề của nó là *Euclides ab omni naevo vindicatus* (Loại bỏ mọi thiếu sót trong hình học Euclid). Tác giả cuốn sách là một thầy tu dòng Jesuit tên là Girolamo Saccheri (1667 – 1733). Cuốn sách được công bố đúng vào năm tác giả chết, nhưng đó không phải là một mất mát duy nhất đối với xã hội: cuốn sách mang tính đột phá này lẽ ra đã sớm làm thay đổi nhận thức hình học của nhân loại, nhưng tiếc thay nó vẫn bị chìm khuất trong sự lãng quên của người đời đến hơn một trăm năm sau. Mãi đến năm 1889 nó mới ngẫu nhiên được phát hiện, sau khi có ba nhà toán học đã công bố những khám phá độc lập của họ – những khám phá làm thay đổi hình học và cách giải thích hình học. Ba người đó là Gauss, Bolyai, và Lobachevsky.

Trong khi giảng dạy ngữ pháp và nghiên cứu triết học tại các học viện Jesuit tại Ý, Girolamo Saccheri đọc cuốn *Cơ Sở*. Saccheri bị

chinh phục mạnh mẽ bởi phương pháp chứng minh logic được gọi là *reductio ad absurdum* (phương pháp phản chứng) mà Euclid đã sử dụng. Phương pháp này được áp dụng rộng rãi trong toán học ngày nay, bắt đầu bằng việc giả định điều ngược lại với cái cần phải chứng minh, sau đó qua một số bước suy luận logic liên tiếp, người ta hy vọng thu được kết quả mâu thuẫn. Tính mâu thuẫn sẽ chứng tỏ rằng giả định ban đầu là sai, và do đó chứng tỏ điều ngược lại là đúng, và đó là điều phải chứng minh [4]. Saccheri đã biết rõ công trình của Nasiraddin nửa thiên niên kỷ trước đây và những cố gắng của ông ta trong việc chứng minh tiên đề 5 của Euclid từ bốn tiên đề kia. Lúc này Saccheri nảy ra một ý tưởng xuất sắc, đó là dùng phương pháp *reductio ad absurdum* để tấn công vào mục tiêu chứng minh tiên đề 5, một mục tiêu đã có từ xa xưa. Ông quyết định sử dụng phương pháp ông ưa thích để chứng minh. Để làm điều đó, ông phải giả sử tiên đề 5 của Euclid không phải là kết quả của bốn tiên đề kia, mà là một tiên đề *sai*. Đến lúc đó, Saccheri đã thuộc lòng tiên đề 5 của Euclid và biết rõ những nỗ lực chứng minh tiên đề đó trong lịch sử, bằng chứng là bản thân ông đã chỉ rõ sai lầm trong chứng minh của Nasaraddin, cũng như sai lầm trong chứng minh năm 1663 của John Wallis (1616 – 1703) tại Đại học Oxford.

Thật vậy, Saccheri đã giả sử tiên đề 5 sai, và hy vọng tìm thấy mâu thuẫn. Nhưng rồi ông chẳng tìm thấy mâu thuẫn nào cả, mà ngược lại chỉ thu được một kết quả khác thường: có thể có hơn một đường thẳng đi qua một điểm cho trước song song với một đường thẳng cho trước. Từ đó Saccheri đi đến ba kết luận khả dĩ, được phát biểu dưới dạng tương đương với tiên đề 5, về tổng các góc trong một tam giác. Cả ba cách phát biểu đó đều phù hợp với bốn tiên đề đầu tiên của Euclid, cách phát biểu thứ nhất dẫn đến một hệ thống trong đó tổng ba góc trong một tam giác bằng 2 vuông (đặc điểm Euclid, theo cách nói ngày nay), cách thứ hai tương ứng với tổng ba góc trong tam giác nhỏ hơn 2 vuông (nhỏ hơn 180 độ), cách thứ ba tương ứng với tổng ba góc trong tam giác lớn hơn 2 vuông (lớn hơn 180 độ). Ngày nay chúng ta đã biết rằng hai trường hợp sau là hai hệ thống khác nhau của *hình học phi-Euclid*, mỗi hệ thống đều hợp lý về mặt logic nội bộ và có giá trị về mặt toán học. Chúng thể hiện quan điểm về những thế giới khác. Saccheri thu được một số kết

quả quan trọng bên trong những hệ thống này. Nhưng ông không hề biết rằng đó chính là những khám phá mới, và việc chứng minh tiên đề 5 bằng phản chứng của ông thất bại đơn giản chỉ vì những hệ thống giả định của ông thực ra không hề sai – thực ra chúng hoàn toàn chính xác về mặt toán học ! Trớ chêu thay, đến lúc những sự thật này được các nhà toán học công nhận thì Sacchery đã vĩnh biệt thế giới từ lâu rồi.

Tiên đề 5 của Euclid, một tiên đề thách đố và làm thất vọng nhiều thế hệ các nhà toán học kể từ ngày Euclid đưa nó vào trong sách của ông, thực ra đã gói ghém bên trong nó một quan điểm cho rằng thế giới là một hình phẳng hoàn hảo. Trong một thế giới như thế, những đường thẳng tồn tại và chúng có thể kéo dài vô hạn, và dù cho kéo dài đến đâu chẳng nữa chúng vẫn luôn luôn thẳng, chẳng hề cong tí nào [5]. Hãy tưởng tượng một mặt rất phẳng. Trên mặt phẳng này, qua một điểm cho trước không nằm trên một đường thẳng cho trước có thể vẽ được một đường thẳng song song với đường thẳng đã cho. Những đường song song có thể kéo dài mãi mãi đến vô tận nhưng không bao giờ chúng gặp nhau. Trên mặt phẳng này, tổng các góc trong một tam giác bằng 180 độ. Bây giờ tưởng tượng mặt phẳng của bạn như một miếng cao su phẳng, và dưới nó có một quả cầu lớn đội lên, đẩy mặt cao su từ dưới lên trên. Mặt cao su sẽ bị cong theo bề mặt của quả cầu và dần dần biến thành mặt cầu. Điều gì sẽ xảy ra đối với các đường thẳng song song kéo dài ? Chúng cũng sẽ bị cong trên mặt cầu và có xu hướng sẽ gặp nhau ở phía kéo dài. Trên mặt cầu, không có những đường tròn lớn không cắt nhau [6]. Và ở đây, tổng ba góc trong một tam giác sẽ *lớn hơn* 180 độ. Hãy tưởng tượng một tam giác trên một mặt địa cầu với một đỉnh nằm tại bắc cực và hai đỉnh kia nằm trên đường xích đạo. Hai cạnh bên là hai kinh tuyến lần lượt đi qua hai đỉnh nằm trên xích đạo. Góc giữa mỗi kinh tuyến với đường xích đạo bằng 1 vuông, tức 90 độ. Do đó trong tam giác đang xét, hai góc kề cạnh đáy (xích đạo) có tổng bằng 180 độ. Vì thế nếu cộng thêm góc giữa hai cạnh bên (kinh tuyến) thì tổng ba góc sẽ lớn hơn 180 độ. Con đường phát triển của hình học phi-Euclid sau này thực ra đã lặp lại những việc Saccheri đã làm. Nếu như Euclid có dịp đứng trên

mũi Perpetua và nhìn thấy Trái Đất hình cầu thì sự phát triển của hình học có thể đã hoàn toàn khác (cũng có thể ông đã biết rằng Trái Đất hình cầu nhưng không nhận thức được tầm quan trọng của sự thật này).

Trong khảo sát ở trên, mặt phẳng nguyên thủy của chúng ta bị biến dạng thành hình cầu bởi một quả cầu đẩy nó từ dưới lên. Nhưng cũng có thể làm cho mặt phẳng biến dạng theo kiểu *hyperbolic*, bằng cách ấn nó ở giữa trũng xuống và căng các phía xung quanh sao cho áp sát vào một *mặt yên ngựa*. Trên mặt yên ngựa này, có một số vô hạn các đường “thẳng” song song với một đường thẳng cho trước đi qua một điểm cho trước không nằm trên đường thẳng đã cho. Ở đây, tam giác sẽ có dạng gầy: tổng ba góc của nó *nhỏ hơn* 180 độ.

Saccheri đã đi vào cái thế giới kỳ lạ này một cách vô thức ngay trước khi ông chết. Nhưng yếu tố quan trọng trong cả hai trường hợp trên, mặt cầu và mặt hyperbolic, là ở chỗ mặt phẳng đã bị biến dạng. Hãy tưởng tượng trên một mặt bàn đá rộng rãi có ba chiếc cần câu bằng thép gắn chùm đầu từng đôi một để tạo thành một tam giác. Một người nào đó đốt lửa dưới mặt bàn. Sức nóng của lửa sẽ làm biến dạng các cần câu trên mặt bàn, và tam giác sẽ biến đổi: các cần câu sẽ cong vì nóng – và các góc cộng lại sẽ không bằng 180 độ nữa. Chính Albert Einstein hai thế kỷ sau đã sử dụng thí dụ này để mô tả bản chất phi-Euclid của không gian vật chất.

Đầu thế kỷ 19, Karl Friedrich Gauss (1777 – 1855), một thiên tài người Đức đã có những đóng góp phi thường cho khoa học, là gương mặt tiêu biểu của thế giới toán học. Gauss đã dành hàng chục năm để ngẫm nghĩ suy tưởng vấn đề tiên đề 5 của Euclid. Gauss viết rất nhiều công trình toán học quan trọng, nhưng lại công bố rất ít về bài toán thách đố của Euclid, mặc dù ông đã tiêu tốn rất nhiều thì giờ và sức lực cho nó – chúng ta chỉ biết tư tưởng của ông về hình học thông qua các thư từ trao đổi mà thôi. Qua những thư từ này ta biết rằng Gauss hiểu rõ việc đảo ngược tiên đề 5 sẽ dẫn đến những hình học phi-Euclid.

Trong thời gian học tại Đại học Göttingen danh tiếng, Gauss đã kết bạn với một sinh viên ban toán người Hungary là Farkas Bolyai (1775 – 1856). Gauss và Bolyai cả hai đều dành nhiều thì giờ để thử chứng minh tiên đề 5 của Euclid. Năm 1804, Bolyai nghĩ rằng ông đã tìm ra một chứng minh và viết nó thành một bản thảo ngắn rồi ông gửi bản thảo này cho người bạn học cũ của mình. Tuy nhiên Gauss nhanh chóng tìm thấy một sai lầm trong chứng minh này. Không chịu khuất phục, Bolyai tiếp tục những nỗ lực của mình và vài năm sau lại gửi cho Gauss một chứng minh khác. Chứng minh này cũng sai nốt. Trong khi làm một giáo sư, một nhà viết kịch, một nhà thơ, một nhạc sĩ, và một nhà phát minh, Farkas Bolyai vẫn tiếp tục nghiên cứu toán học trong suốt cuộc đời của ông bất chấp những cố gắng thất bại trong việc chứng minh tiên đề không thể chứng minh được này. Ngày 15 tháng 12 năm 1802, con trai của Farkas ra đời, đó là Janos Bolyai (1802 – 1860). Farkas viết một bức thư rất phấn khởi cho Gauss để khoe việc sinh con trai: “một thằng bé khoẻ mạnh và rất xinh xắn với những ưu điểm trời cho, tóc và mày đen, và đôi mắt xanh thắm rực sáng, lấp lánh như hai viên châu báu”.

Johann lớn lên và được bố dạy toán. Anh đã nắm bắt được mỗi bận tâm của ông bố về tiên đề 5 của Euclid và cũng khát khao chứng minh tiên đề đó từ những tiên đề và định đề khác của Euclid. Năm 1817, chàng Bolyai trẻ đổ vào Học viện kỹ sư hoàng gia tại Vienna, nơi anh đã cống hiến rất nhiều thời gian để theo đuổi mục tiêu say đắm của ông bố là chứng minh tiên đề 5. Đến lúc đó, mặc dù cố gắng một cách thất vọng, bố anh vẫn phải viết thư khuyên can anh đừng nên lãng phí thời gian vào một bài toán bất khả đã từng làm tiêu hao quá nhiều công sức của ông.

Nhưng cậu con trai không dao động trước lời khuyên đó. Anh tiếp tục theo đuổi mục tiêu của mình một cách nồng nhiệt, hy vọng chuộc lại những cố gắng thất bại của ông bố trong nhiều thập kỷ. Năm 1820, Janos Bolyai đi đến một kết luận đáng kinh ngạc. Thay vì có thể được chứng minh như một hệ quả của phần còn lại của hình học Euclid, tiên đề 5 là cánh cổng dẫn tới một khu vườn kỳ diệu:

một *Khoa Học Tuyệt Đối về Không Gian*, như Bolyai gọi nó, trong đó hình học Euclid chỉ là một trường hợp đặc biệt.

Bolyai xuất phát từ cách phát biểu Playfair của tiên đề 5, rằng qua một điểm cho trước ở ngoài một đường thẳng cho trước chỉ có thể kẻ được một đường thẳng song song với đường thẳng đã cho. Sau đó Bolyai giả sử tiên đề này không đúng. Giả định này có nghĩa là, anh kết luận, hoặc không có đường thẳng nào song song với đường thẳng đã cho, hoặc có nhiều hơn một đường thẳng song song với đường thẳng đã cho. Nhưng theo những tiên đề khác của Euclid, đường thẳng là vô hạn. Ngụ ý này mâu thuẫn với giả định thứ nhất, tức giả định không có đường thẳng nào song song với đường thẳng đã cho [7], và chỉ có giả định thứ hai có thể coi là một biến đổi khả dĩ đối với tiên đề 5 của Euclid. Và nếu qua một điểm cho trước không nằm trên một đường thẳng cho trước có hai đường thẳng song song với đường thẳng đã cho thì sẽ có vô số đường thẳng như thế. Điều này được thể hiện trong hình dưới đây:

Những kết quả rút ra từ giả sử này đã làm cho chàng Bolyai trẻ tuổi ngỡ ngác. Hình học mới của anh cứ thế mà phát triển không hề có mâu thuẫn, không gặp phải trở ngại nào, cứ như thể chính bản thân Chúa đã có ý định để cho hình học không gian phải tuân theo con đường phi-Euclid mới lạ đáng kinh ngạc này. Với một cảm hứng đặc biệt, anh nhận thấy rằng có nhiều mệnh đề xuất hiện mà chẳng liên quan đến bất kỳ một giả định nào về đường song song, và do đó chúng trở thành phổ biến đối với tất cả mọi thứ hình học có thể có: Euclid và phi-Euclid. Những mệnh đề này chứa đựng nội dung chủ yếu về bản chất của không gian. Năm 1823, Bolyai, lúc đó mới 21 tuổi, viết cho bố rằng “Con đã sáng tạo ra một vũ trụ mới kỳ lạ từ con số 0”.

Cuối cùng ông bố thể hiện sự ủng hộ bằng cách cho đăng công trình khai phá của con trai mình dưới dạng một phụ lục trong cuốn sách của ông nhan đề ngắn gọn là *Tentamen*, xuất bản năm 1832.

Gauss, sau khi đọc cuốn sách của hai cha con Bolyai, đã bình luận rằng bản thân ông đã đi đến những kết luận tương tự trong suốt ba

thập kỷ rưỡi suy nghĩ về vấn đề tiên đề 5. Nhưng còn có một nhà toán học khác cũng đi đến những kết luận tương tự. Đó là Nicolai Ivanovich Lobachevsky (1793 – 1856), tốt nghiệp Đại học Kazan năm 1813, một đại học nằm cách Moskva 400 dặm về phía dãy núi Ural. Sau này ông trở thành giáo sư, rồi năm 1827, hiệu trưởng của trường này. Nhờ những nghiên cứu của mình, Lobachevsky trở nên nổi tiếng như một “Copernicus của hình học”. Hoàn toàn độc lập với Bolyai, hình học Lobachevsky cũng xuất phát từ việc loại bỏ tiên đề đường song song, tạo nên một cuộc cách mạng đối với hình học. Đầu những năm 1800, khi các công trình của Bolyai, Lobachevsky và Gauss đã được mọi người biết đến, một số nhà toán học đã gọi hình học mới phi-Euclid này là *astral geometry* – hình học của những ngôi sao, mặc dù không rõ tại sao lại có cái tên như thế [8]. Trong hình học Bolyai-Lobachevsky-Gauss, tổng ba góc trong tam giác không bằng 180 độ. Và một vòng tròn trong hình học này không phải là một vòng tròn thông thường (mang tính Euclid) trong cuộc sống hàng ngày: Ở đây, tỷ lệ giữa chu vi của vòng tròn với đường kính của nó không bằng số Pi nữa.

Dòng tư duy của Einstein đi theo một con đường khởi đầu từ “ý nghĩ hạnh phúc nhất” trong đời ông. Ngay từ khi còn ở Sở cấp bằng sáng chế Thụy Sĩ, ông đã tiến hành một trong những thí nghiệm tưởng tượng nổi tiếng của mình. Đó là một vòng tròn quay trong không gian. Tâm của vòng tròn cố định, nhưng đường biên chu vi của nó quay tròn rất nhanh. Einstein so sánh xem điều gì xảy ra trong một số *hệ quy chiếu*, một công cụ tiêu chuẩn ông đã sử dụng trong quá trình phát triển thuyết tương đối đặc biệt. Sử dụng thuyết tương đối đặc biệt của mình, Einstein kết luận rằng đường biên của vòng tròn sẽ bị co lại khi quay. Có một lực tác động lên đường biên của vòng tròn – lực ly tâm – và tác động này tương tự như tác động của lực hấp dẫn. Nhưng chính sự co ảnh hưởng đến đường biên của vòng tròn làm cho đường kính không thay đổi. Do đó, Einstein kết luận, một kết luận làm chính ông phải ngạc nhiên, rằng tỷ lệ giữa chu vi và đường kính của nó không bằng Pi nữa. Ông suy luận rằng trong sự hiện diện của lực (hoặc trường) hấp dẫn, hình học của không gian là phi-Euclid.

[1] Chú thích của N.D.: Trong nguyên bản là “hình chữ nhật nội tiếp” (inscribing rectangle). Có lẽ đây là một nhầm lẫn của tác giả.

[2] Chú thích của N.D.: John Playfair (1748-1819), nhà toán học người Scotland. Cách phát biểu tiên đề của ông trở thành phổ biến và hiện nay được hầu hết sách giáo khoa hình học trên thế giới sử dụng, kể cả Việt Nam. Từ đó tiên đề 5 của Euclid thường được đồng nhất với tên gọi Tiên đề đường song song.

[3] Chú thích của N.D.: Tây Ban Nha bị người Maroc xâm chiếm từ những năm 700 và thống trị vài trăm năm tiếp theo. Bắt đầu từ những năm 1000, nhân dân Tây Ban Nha mới nổi lên đánh đuổi người Maroc ra khỏi bờ cõi, và mãi đến năm 1492 cuộc đấu tranh giành độc lập của người Tây Ban Nha mới hoàn toàn thắng lợi.

[4] Một thí dụ đại số đơn giản của chứng minh bằng phản chứng là bài toán chứng minh căn bậc hai của 2 là một số vô tỷ, nghĩa là căn bậc hai của 2 không thể viết dưới dạng phân số của hai số nguyên. Để bắt đầu, giả sử ngược lại, nghĩa là có những số nguyên, a và b , tỷ số của chúng bằng căn bậc hai của 2. Do đó $a^2 = 2b^2$. Không làm mất tính tổng quát, có thể giả định rằng hai số nguyên đó là những số nguyên tố cùng nhau (không có thừa số chung để có thể đơn giản). Nếu a là lẻ thì lập tức mâu thuẫn, vì là một số chẵn (chú ý: bình phương của một số lẻ là lẻ, bình phương của một số chẵn là chẵn, N.D.). Nếu a chẵn, thì $a=2c$, với c là một số nguyên nào đó. Khi đó ta có $4c^2 = 2b^2$. Theo giả sử ta có a và b nguyên tố cùng nhau, tức là a và b không chia hết cho 2, suy ra b chẵn (xem chú ý, N.D.), và do đó a và b có thừa số chung là 2, mâu thuẫn với giả định a và b nguyên tố cùng nhau.

[5] Tính vô hạn của đường thẳng nằm trong tiên đề 2 của Euclid. Cuối thế kỷ 19, nhà toán học lớn người Đức G.F.B.Riemann (1826 – 1866) lý luận rằng những đường của Euclid có thể coi là không có biên nhưng không phải là vô hạn. Chẳng hạn một đường tròn lớn trên mặt cầu có thể được xem như một đường không có biên nhưng hữu hạn.

[6] Chú thích của N.D.: Nguyên văn tác giả viết: “Trên một mặt cầu không có những đường (lines) không cắt nhau”. Viết như thế thiếu chính xác. Thực ra chữ “lines” ở đây phải hiểu là đường tròn lớn

(great circles). Đó là đường trắc địa – đường ngắn nhất nối 2 điểm trên mặt cầu.

[7] Chú thích của N.D.: Lập luận này không rõ ràng. Có thể lập luận rõ ràng hơn như sau: Giả định thứ nhất không xảy ra vì có thể chứng minh qua một điểm cho trước ở ngoài một đường thẳng cho trước bao giờ cũng có thể kẻ được ít nhất một đường thẳng song song với đường thẳng đã cho (bài toán dựng hình mà mọi học sinh phổ thông đều biết). Điều đó có nghĩa là không thể không có đường nào song song.

[8] Năm 1813, Karl Schweikart sử dụng thuật ngữ này để mô tả hình học phi-Euclid cho người bạn của mình là Gerling, giáo sư thiên văn tại Đại học Marburg, và là một học trò của Gauss.

Chương V: VỞ GHI CHÉP CỦA GROSSMANN

Trở lại ETH (Đại học Bách khoa Thụy sĩ), Einstein nhận thấy ông cần sự giúp đỡ khẩn cấp. Nếu không gian là phi-Euclid, thì ông cần hiểu rõ hình học của nó. Nhưng bản thân Hình học phi-Euclid không cho câu trả lời đối với các câu hỏi của Einstein. Ông cần một cái gì đó thể hiện tính chất bất biến. Các định luật đúng đắn của vật lý là bất biến: chúng không thay đổi khi hệ quy chiếu hoặc các đơn vị đo lường thay đổi... Ông đã nhận được sự giúp đỡ từ Marcel Grossmann, một bạn học cũ tại ETH. Nhưng sau này ông khám phá ra rằng những cố gắng của ông và Grossmann trong nhiều tháng trời đã được một nhà toán học Đức là Bernhard Riemann giải quyết từ ngót một thế kỷ trước đó.

Ông ấy có quan hệ tốt với các thầy giáo và hiểu biết mọi thứ; còn tôi, một kẻ thấp hèn bị xem thường và chẳng mấy ai ưa (trích thư của Einstein viết cho người vợ góa của Marcel Grossmann)[1]

Einstein, một sinh viên đầy ắp ý tưởng nhưng lại thiếu kiên trì đối với những môn học mà anh không thích, tuy nhiên anh lại rất cần một nền tảng kiến thức toán học vững chắc cho những lý thuyết cách mạng. Nhiều kiến thức cơ bản Einstein sao chép từ những cuốn vở của một sinh viên ngay ngắn hơn anh, Marcel Grossmann (1878 – 1936). Grossmann sinh tại Budapest trong một gia đình dòng dõi Thụy Sĩ lâu đời. Lúc 15 tuổi, Grossmann trở về Thụy Sĩ học hết trung học, và từ 1896 đến 1900 theo học Đại học bách khoa ETH tại Zurich. Tại đây, Grossmann theo học ngành toán, chuyên về hình học, và đỗ tiến sĩ về chuyên ngành này. Sau này ông viết nhiều công trình và sách giáo khoa về hình học phi-Euclid.

Trái ngược hẳn với người bạn học Einstein tại ETH vào giai đoạn bản lề chuyển sang thế kỷ mới, Grossmann là người rất chu đáo cẩn thận, luôn luôn có mặt trên lớp và ghi chép bài kỹ lưỡng – một sinh viên lý tưởng đối với các thầy giáo. Grossmann dự những bài giảng của Minkowski và của những nhà toán học, vật lý khác tại ETH. Vở ghi chép của anh – hiện được bảo quản và trưng bày tại văn khố

của Đại học ETH – sau này đóng vai trò hết sức quan trọng đối với Einstein trong việc trau dồi những kiến thức toán học cực kỳ cần thiết để tạo ra thuyết tương đối tổng quát. Phương trình căn bản của Einstein dựa trên những kiến thức này và những kiến thức khác còn cao cấp hơn nữa. Ông bố của Grossmann đã giúp Einstein kiếm được một việc làm tại Sở cấp bằng sáng chế Thụy Sĩ tại Bern khi chàng sinh viên mới tốt nghiệp này không thể tìm được việc làm. Năm 1905, năm Einstein công bố công trình đầu tiên của ông về tính tương đối đặc biệt và phương trình, Einstein cũng gửi luận án tiến sĩ đến Đại học Zurich. Luận án với tiêu đề “Về một phương pháp mới xác định các chiều của phân tử” đã được Einstein ghi tặng người bạn Marcel Grossmann.

Chính Grossmann, cuối năm 1911, đã tiếp xúc với Einstein tại Praha để tìm hiểu xem liệu Einstein có thích trở về Thụy Sĩ để nhận chức giáo sư tại Đại học ETH ở Zurich, nơi ông đã từng là sinh viên, hay không. Lúc đó Einstein đã được một số đại học khác ở Âu châu đề nghị dành cho một ghế giáo sư, nhưng ông đã vui mừng tiếp nhận đề nghị của ETH và trở về Thụy Sĩ. Trong khi ông đã chấp nhận tư cách công dân Áo-Hung để có thể thực hiện giao ước tại Praha đầu năm đó, ông vẫn giữ quyền công dân Thụy Sĩ. Đầu năm 1912, Einstein trở về Thụy Sĩ thân yêu của ông.

Sau khi kết luận rằng không gian là phi-Euclid, Einstein cần sự giúp đỡ. Ông tìm sự giúp đỡ này ở người bạn cũ, hiện là một chuyên gia được tin nhiệm trong chính lĩnh vực Einstein cần biết. Một số nhà viết tiểu sử và sách về Einstein nói rằng Einstein không giỏi toán. Không có gì để làm bằng chứng cho nhận xét đó. Một nhà khoa học đã cống hiến cho thế giới những lý thuyết về tương đối chắc chắn phải là một nhà toán học phi thường. Vấn đề là ở chỗ trong những ngày đầu tiên còn là sinh viên ở ETH, Einstein không chú ý nhiều đến việc ngồi trong giảng đường để nghe các bài giảng toán học. Ông hiểu biết toán học đủ để xây dựng nên thuyết tương đối, và ông có thể nhạt nhòa thêm bất kể cái gì cần thiết cho chính ông. Quan hệ của Einstein với nhà toán học Hermann Minkowski chứng minh điều này. Einstein không nghiêm túc nghe những bài giảng của

Minkowski tại ETH. Những năm về sau, khi thuyết tương đối được cộng đồng khoa học công nhận, không gian 4 chiều của nó thường xuyên được nhắc đến như là không gian Minkowski.

Không giống Einstein, Grossmann là một sinh viên toán học nghiêm chỉnh. Những cuốn vở ghi chép của Grossmann chiếm một vị trí đặc biệt trong việc phát triển thuyết tương đối tổng quát của Einstein. Nay trở lại ETH, Einstein nhận thấy ông cần sự giúp đỡ – sự giúp đỡ rất khẩn cấp. Nếu không gian là phi-Euclid, thì ông cần hiểu rõ hình học của nó trước khi ông có thể làm bất cứ điều gì thêm nữa với những tư tưởng của ông về hấp dẫn và tương đối. Đối với bước tiếp theo này, Einstein ông không biết gì về các dạng hình học thực sự của không gian.

Grossmann lấy ra những cuốn vở đã úa vàng ghi chép những bài giảng từ những năm 1900, và suy nghĩ xem Einstein nên bắt đầu từ chỗ nào để có thể giúp ích cho việc xây dựng mô hình vũ trụ của ông và trường hấp dẫn của vũ trụ đó. Những cuốn vở ghi này, và những công trình tiếp theo của Grossmann về hình học, gợi ý cho ông thấy rằng những phương pháp mà người bạn thân của mình cần đến là những phương pháp được nghiên cứu từ cuối thế kỷ 19 bởi hai nhà toán học Ý: Gregorio Ricci, và học trò xuất sắc của ông, Tullio Levi-Civita. Mĩa mai thay, trước đây ở Praha, nhà toán học Georg Pick cũng đã nói với Einstein rằng công trình của hai học giả này có thể giúp ông phát triển những công cụ toán học mà ông cần để theo đuổi lý thuyết của mình. Nhưng có vẻ như lúc đó Einstein không chú ý đến lời khuyên này. Bây giờ với một người hướng dẫn mình đi vào thế giới hình học như Grossmann, ông háo hức lắng nghe.

Hình học phi-Euclid bản thân nó không cho câu trả lời đối với các câu hỏi của Einstein. Những hình học như thế mô tả không gian bằng những thuật ngữ của đường thẳng, góc, đường song song, đường tròn, v.v. nhưng Einstein cần nhiều hơn thế nhiều. Trước hết, ông cần một cái gì đó thể hiện tính chất bất biến. Các định luật đúng đắn của vật lý là bất biến: chúng không thay đổi khi hệ quy

chiều hoặc các đơn vị đo lường thay đổi. Phải mất 2 giờ đồng hồ để vượt qua một khoảng cách 120 dặm nếu mỗi giờ đi được 60 dặm, và câu trả lời sẽ không thay đổi nếu chúng ta đo khoảng cách bằng kilometres và tốc độ bằng km/giờ. Einstein tìm một công cụ toán học cho phép ông mô tả độ cong của không gian – bản chất phi-Euclid của nó – sao cho các biến số của lý thuyết sẽ có giá trị đối với bất kỳ kiểu cong nào của không gian. Grossmann rất rộng lượng với việc để cho Einstein sử dụng những cuốn vở và tài liệu tham khảo của ông, nhưng chừng ấy không đủ để giải bài toán thách đố của Einstein về hấp dẫn.

Sau khi làm việc vất vả với vấn đề này trong vài tháng trong năm 1912, Einstein đưa ra một yêu cầu với người bạn cũ của mình: “Grossmann, anh phải giúp tôi nếu không tôi phát điên lên mất!”. Grossmann chú ý đến lời yêu cầu đó và bắt đầu hợp tác một cách nghiêm chỉnh với Einstein. Kết quả là một số công trình mà cả hai cùng viết về vấn đề hấp dẫn. Những công trình này là một bước tiến tới một thuyết tương đối tổng quát, nhưng họ cảm thấy còn quá ít đối với cái cần thiết để hoàn thiện hiểu biết về những hiện tượng phức tạp mà họ muốn mô tả.

Sau đó Einstein chuyển sự chú ý vào khái niệm về tensor^[2]. Khái niệm này cho thấy cần phải có những công cụ toán học phức tạp hơn để giải quyết vấn đề tương đối: một là thuyết tương đối đặc biệt, và sau đó là thuyết tương đối tổng quát phức tạp hơn nhiều. Những hệ thống đơn giản cần phải được mô tả bởi những phương trình mà thành phần của chúng là các biến số đơn. Chẳng hạn một đường thẳng được cho bởi phương trình $y = ax + b$. Ở đây x và y là các biến đơn và a và b là các hệ số, chúng cũng là những số đơn. Trên một đường thẳng với độ dốc $a=2$ và điểm cắt trục tung có tung độ $b=3$, ta có thể xác định được giá trị của y khi $x=5$ như sau: $y = 2 \cdot (5) + 3 = 13$. Khi bài toán trở nên phức tạp hơn, chúng ta có thể sẽ cần đến nhiều phương trình, hoặc một phương trình mà các biến của nó là một tập hợp các số. Ở đây, x là một *vector*, một tập hợp số có thứ tự, và tương tự đối với y và bất kỳ biến số nào khác. Trong vật lý, tốc độ, gia tốc, và lực đều là các vector, vì tất cả vừa có độ

lớn vừa có hướng, và do đó mỗi cái trong chúng đều được mô tả như một tập hợp các số.

Nhưng cái Einstein cần bây giờ là một sự tổng quát hoá vector tới một mức độ phức tạp. Ông cần một tensor – một biến số mở rộng của khái niệm vector. Một vector trong không gian 3 chiều có ba thành phần. Một tensor (hạng hai) trong không gian ba chiều có thành phần. Một tensor sẽ duy trì nguyên lý bất biến mà Einstein đòi hỏi, và nó sẽ đóng vai trò biến số trong một tình huống phức tạp. Quả thật thuyết tương đối tổng quát đặt ra những bài toán rất phức tạp – Einstein phải cân nhắc 10 đại lượng, ký hiệu bởi γ_{ik} , thể hiện một cách thoả đáng độ cong của không gian 4 chiều (3 chiều không gian và 1 chiều thời gian). Đại lượng xác định độ cong là một tensor được gọi là *tensor khoảng cách* (metric tensor), vì nó cho phép đo khoảng cách trong không gian cong. Nhưng đến đây, công cụ toán học mang lại kết quả có lợi vẫn chưa có trong tay. Cần có một cái gì đó nữa – một cái gì đó tổng quát hơn những kết quả của Ricci và Levi-Civita. Einstein phải có một cách điều khiển tensor khoảng cách sao cho nguyên lý bất biến vẫn đúng trong bất kỳ biến đổi nào của các phương trình của ông – ông cần một phương pháp xác định độ cong bất kể dạng cong có thể có như thế nào. Công trình của ông và Grossmann cho phép tính bất biến chỉ đúng trong những biến đổi tuyến tính, một tình huống quá hạn chế so với cái mà ông phải đạt tới. Nhưng Einstein chỉ ý thức được đầy đủ thiếu sót trong công trình của ông và Grossmann vào mùa hè năm 1913.

Einstein thích thú thưởng ngoạn cuộc sống mới của ông tại Zurich. Ông đang ở một nơi ông quen biết và yêu mến, và ông ở bên cạnh gia đình. Vợ ông, Mileva, và hai con trai rất gắn bó tại Thụy Sĩ và điều này làm cho ông cảm thấy thật thoải mái. Chính tại đây ông đã bắt đầu thảo luận những vấn đề về vũ trụ với sinh viên và đồng nghiệp của ông. Những phương trình về hấp dẫn Einstein nghiên cứu đã có những ý nghĩa về vũ trụ như một toàn thể, và ông say sưa nghiên cứu khảo sát những ý nghĩa đó, ý nghĩa về một vũ trụ mà chúng ta đang sống trong đó.

Bạn bè và đồng nghiệp thường mô tả một Einstein vô tư lự rời khỏi những giảng đường của trường đại học, vây quanh bởi một đám sinh viên, và đi đến quán café mà ông ưa thích, quán Terrasse ở phía cuối Zurichberg. Họ ngồi ở đó hàng giờ thảo luận những ý nghĩa triết học của những lý thuyết về sự mở rộng, hình dạng, quá khứ và tương lai của không gian bao la mà chúng ta đang sống trong đó.

Nhưng đến mùa xuân năm 1913, Einstein có một cuộc viếng thăm sẽ làm thay đổi cuộc sống của ông và làm cho ông và gia đình một lần nữa lại nhỏ rể để di chuyển đến một đất nước khác. Đó là cuộc viếng thăm Zurich của Max Planck (1858 – 1947) và Hermann Nernst (1864 – 1941). Max Planck là nhà vật lý lớn nhất đương thời – ông là gương mặt chủ yếu trong sự phát triển của lý thuyết lượng tử. Và theo sự thừa nhận của Einstein, Planck là nhà khoa học duy nhất mà ông thực sự ngưỡng mộ. Nhưng chúng ta cũng biết rằng có sự ngưỡng mộ và kính trọng lẫn nhau giữa hai người. Planck và nhà vật lý Hermann Nernst đã vận động tích cực tại Berlin về việc mời Einstein gia nhập đội ngũ giáo sư của Đại học Berlin.

Planck và Nernst tới Zurich gặp Einstein tại căn hộ của ông. Tới lúc đó, Einstein còn nhận được những đề nghị khác, trong đó có một ghế giáo sư dành cho ông tại Leiden, Hà Lan. Cả hai vị khách đã cố công thuyết phục Einstein nhận một vị trí tại Berlin, nhưng Einstein không muốn có một quyết định vội vàng. Trong khi ông suy nghĩ, Planck và Nernst thực hiện một chuyến dã ngoại leo núi trên dãy Alpes ở Thụy Sĩ. Einstein hứa với họ rằng đến khi họ quay trở lại ông sẽ có câu trả lời. “Sẽ có một chỉ dấu, và các ông sẽ biết câu trả lời của tôi ngay khi các ông gặp lại tôi”, ông nói. Khi chuyến tàu hoả của họ lăn vào ga xe lửa Zurich, họ thấy Einstein đứng trên sân ga. Ông cầm một bông hồng trên bàn tay.

Cuộc di chuyển của Einstein từ Zurich mà ông yêu mến đến Berlin, nơi mà chủ nghĩa chống Do Thái đang trở dậy đã là một đề tài bàn bạc om sòm. Dường như Einstein có một số lý do để đi đến một quyết định bất ngờ như thế. Một, Berlin là một trung tâm khoa học

quan trọng hơn Thụy Sĩ rất nhiều. Những người khổng lồ như Planck sống ở đó. Hai, vị trí của Einstein không yêu cầu phải giảng dạy. Đó là một xem xét quan trọng, vì Einstein thường phàn nàn rằng trách nhiệm giảng dạy lấy đi quá nhiều thời gian và công sức từ hoạt động nghiên cứu của ông. Và lý do thứ ba là Einstein muốn được ở gần một đài quan sát thiên văn quan trọng, để ông có thể trao đổi với các nhà thiên văn. Hơn bao giờ hết, ông khao khát cháy bỏng có một chứng minh thiên văn đối với nguyên lý làm cong ánh sáng trong lý thuyết của ông liên quan đến thuyết tương đối tổng quát. Tại Berlin, có ít nhất một nhà thiên văn ông đã thường xuyên trao đổi – Erwin Finlay Freundlich.

Einstein không nhận thức được ngay tức khắc một vấn đề về các phương trình mà ông đã nghiên cứu cùng với Grossmann. Đầu năm 1913, ông viết một lá thư cho bạn ông là Paul Ehrenfest (1880 – 1933), trong đó ông tổng kết các thành tựu của mình: “Vấn đề hấp dẫn đã được làm rõ với sự thoả mãn hoàn toàn của tôi. Có thể chứng minh một cách rõ ràng rằng không thể tồn tại những phương trình hiệp biến tổng quát xác định trường một cách đầy đủ từ tensor vật chất”. Nhưng sau hai năm, Einstein nhận ra sai lầm của mình, và ông đã thực sự nghiên cứu những phương trình hiệp biến tổng quát – phương trình trường hấp dẫn của ông. Điều này xảy ra tại Berlin vào thời điểm cao trào của Thế Chiến I. Nhưng Einstein để lại phía sau mình ở Zurich một cuốn sổ ghi chép kỳ lạ chứa đựng những biến đổi phương trình và những nỗ lực đạt tới một phương trình trường hấp dẫn mong muốn. Mãi 80 năm sau cuốn sổ này mới được các nhà nghiên cứu phát hiện và dẫn tới những khám phá bất ngờ về công trình của Einstein.

Einstein và Grossmann chia tay khi Einstein rời Zurich. Những năm tiếp theo Grossmann lao vào hoạt động xã hội và chính trị. Ông đi sâu vào những hoạt động giúp đỡ từ thiện đối với những sinh viên tất cả các nước bị cầm tù trong chiến tranh. Năm 1920, ông bắt đầu có những dấu hiệu của bệnh sơ hoá thần kinh kinh niên và năm 1936 ông mất vì bệnh này. Năm 1931, khá lâu sau khi thuyết tương đối tổng quát của Einstein đã được toàn thế giới công nhận,

Grossmann đã viết một tiểu luận cay đắng chống lại lý thuyết này, với vẻ tức giận sau khi nghe nói Einstein đã trình bày một bài giảng về những chủ đề này. Einstein dường như đã bỏ qua sự bội bạc đối với tình bạn và đối với sự hợp tác nghiên cứu giữa họ. Năm 1955 ông đã viết về Grossmann và về sự cộng tác giữa hai người với một giọng điệu cảm động và trù mến. Ông viết rằng sau này ông đã khám phá ra rằng những khó khăn về toán học mà ông và Grossmann cố gắng khắc phục trong nhiều tháng trời đã được một nhà toán học Đức là Bernhard Riemann giải quyết từ một thế kỷ trước đó rồi.

[1] R.W.Clark, *Einstein: The Life and Times* (Einstein: cuộc đời và thời đại), Avon xuất bản tại New York 1972.

[2] Chú thích của người dịch: Tensor là một tập hợp các thành phần trong đó mỗi thành phần là một hàm số của một điểm trong một hệ tọa độ đang được xem xét. Tensor có thể được biến đổi một cách tuyến tính và đồng nhất từ một hệ tọa độ này sang một hệ tọa độ khác. Nói một cách dễ hiểu hơn, tensor là sự tổng quát hoá của vector. Tập hợp các phần tử của vector hoặc tensor lập thành một ma trận.

Chương VI: CUỘC THĂM HIỂM Ở CRIMEA

Tôi rất vui mừng khi thấy các đồng nghiệp của chúng ta bận bịu với lý thuyết của tôi, thậm chí nếu bận bịu vì hy vọng giết chết nó (Trích thư của Albert Einstein gửi Erwin Finlay Freundlich ngày 7 tháng 8 năm 1914)

Crimea[1], tháng 8 năm 1914

Khi Đức tuyên bố chiến tranh với Nga, có một nhà khoa học Đức bị người Nga bắt tại Hắc Hải rồi bị đưa đến Odessa. Đó là Erwin Finlay Freundlich, bị nghi ngờ làm gián điệp cho Đức. Ông ta làm cuộc hành trình với một cỗ máy trông rất lạ – một kính viễn vọng. Cỗ máy của ông bị tịch thu và ông bị giữ đến cuối tháng 8, khi ông và nhóm của ông được trao đổi với các sĩ quan Nga cao cấp bị Đức bắt giữ. Trong suốt thời gian bị giam giữ, Freundlich khẳng định mình là một nhà khoa học và ông đến đó chỉ để quan sát nhật thực. Trở về Berlin, Freundlich gọi điện cho Albert Einstein. Tại sao Freundlich lại mạo hiểm du hành đến một đất nước đang có chiến tranh với đất nước ông? Ông định làm gì ở đó? Và quan hệ của ông với Einstein như thế nào – quan hệ với một người đã từ bỏ quyền công dân Đức để rồi sau này lại lấy lại quyền công dân đó khi di chuyển đến Berlin?

Chẳng bao lâu sau cuộc gặp Pollak ở Berlin, Erwin Freundlich đã bắt đầu hợp tác với Einstein, lúc ấy vẫn đang ở Praha. Hai người gặp nhau tại Berlin tháng 4 năm 1912 khi Einstein khám phá ra vấn đề thấu kính hấp dẫn[2]. Một năm sau, trong tuần trăng mật của mình, Freundlich và phu nhân đã gặp Einstein trong cuộc viếng thăm Zurich của họ. Khi tàu hỏa chờ đợi tân hôn tới nhà ga Zurich đầu tháng 9 năm 1913, họ trông thấy Fritz Haber trên sân ga đang chờ gặp họ. Haber sau đó làm giám đốc Viện Kaiser Wilhelm, và đi cùng với ông là một người vận quần áo thể thao đội một chiếc mũ rơm, đó là Albert Einstein.

Einstein mời vợ chồng Freundlich cùng đi với ông đến Frauenfeld, nơi ông có một cuộc thuyết trình về các vấn đề tương đối. Sau đó họ cùng đi đến bên bờ hồ Constance, rồi quay trở lại Zurich. Einstein đã thảo luận một cách nghiêm chỉnh các vấn đề về lý thuyết và phương pháp kiểm tra các kết quả với Freundlich trong suốt toàn bộ thời gian. Ngày 8 tháng 11, Einstein nhận được một bức thư của một giáo sư tên là Campbell tại Đài quan sát thiên văn Lick ở California, để phúc đáp việc Einstein đề nghị đài quan sát này chụp ảnh các ngôi sao xuất hiện gần Mặt Trời trong thời gian nhật thực rồi gửi những tấm ảnh đó đến Freundlich để phân tích. Nhưng phân tích không đem lại kết quả gì. Quan hệ của Einstein với Freundlich hầu hết được biết thông qua một tuyển tập 25 lá thư Einstein viết cho nhà thiên văn trẻ trong suốt 20 năm, từ 1911 đến 1931 mà hiện vẫn còn giữ được [3]. Những lá thư này kể lại một câu chuyện thú vị mà chi tiết đầy đủ của nó đến nay vẫn chưa được biết. Đó là câu chuyện về tính thất thường của định mệnh, về nỗi khao khát khổ sở của nhà vật lý lý thuyết vĩ đại nhất thế giới muốn nhìn thấy bằng chứng thực nghiệm xác nhận giả thuyết của mình và hy vọng nhận được bằng chứng đó thông qua công trình của một nhà thiên văn trẻ nồng nhiệt. Đó là câu chuyện về mặt trái của chiến tranh và chính trị, về việc cả hai thứ đó cản trở con đường tìm kiếm tri thức của nhân loại ra sao. Và thêm nữa đó là câu chuyện về vận may rủi, sự tin tưởng, niềm tự tin, và bản chất hay thay đổi trong quan hệ giữa con người.

Ngay sau khi nhận được ý kiến của Pollak về ích lợi của nhà thiên văn trẻ đối với công trình của mình, Einstein đã viết thư ngay cho Freundlich. Trong lời văn và đặc biệt là địa chỉ trên thư, ông viết rất lễ phép, hầu như muốn lấy lòng. Trong thư thứ nhất và nhiều thư tiếp theo, Einstein – lúc đó đã là một nhà vật lý nổi tiếng nếu chưa phải là gương mặt của toàn thế giới như gần một thập kỷ sau đó – đã thưa gửi với nhà thiên văn mới vào nghề rằng “Ngài Đồng Nghiệp Vô Cùng Kính Mến”. Sau đó ông tiếp tục cảm ơn Freundlich một cách dồi dào vì mối quan tâm lớn lao của ông ta đối với một vấn đề quan trọng như thế (thuyết tương đối tổng quát). Ông cổ vũ ông ta cố gắng hết cách để tìm ra bằng chứng quan sát đối với những dự đoán của lý thuyết, trong khi nói rằng các nhà thiên văn có thể có cống hiến vĩ đại đối với khoa học bằng cách tìm ra những bằng chứng như thế. Nỗi khát vọng đến mức khổ sở cùng cực biểu lộ bóng gió trong giọng điệu của Einstein, và khi đọc thư của ông, ta cảm thấy rất rõ rằng ông sẽ làm bất kỳ việc gì bằng các phương tiện vật lý để chứng minh rằng lý thuyết của ông thực sự đúng.

Không gian bị cong xung quanh các vật thể có khối lượng lớn, và một tia sáng đi ngang qua một vật thể như thế sẽ bị cong. Hơn nữa, một tia sáng đi vào một trường hấp dẫn sẽ mất năng lượng, thể hiện bởi một bước nhảy tần số về phía đỏ của quang phổ (một dịch chuyển đỏ do hấp dẫn) – giống y như một người cảm thấy mệt đứt hơi khi phải leo cầu thang xoắn ốc. Einstein tập trung sự chú ý của mình vào hiện tượng ánh sáng bị bẻ cong mà ông tin chắc tồn tại trong tự nhiên. Ông hỏi nhà thiên văn trẻ xem liệu có cách nào để phát hiện một sự kiện như thế hay không.

Tháng 9, trong nỗi thất vọng dường như đầu tiên trước những cố gắng không thành công của Freundlich nhằm chứng minh lý thuyết của ông, Einstein đã thể hiện một phản ứng khác kỳ than trách phận. Ông viết: “Giá như tự nhiên chỉ cần cho chúng ta một hành tinh lớn hơn Mộc tinh (Jupiter) thì hay biết mấy! – nhưng tự nhiên đã không cho chúng ta cái khả năng hỗ trợ những khám phá lý thuyết này”. Trong khi tìm cách xác nhận hiện tượng bẻ cong tia sáng được mô tả trên lý thuyết, Freundlich đã lựa chọn Mộc tinh để quan sát ánh sáng đi ngang qua nó rồi đến Trái Đất. Nhưng ông không tìm thấy một hiệu ứng cong như thế. Sau một sự việc đã xảy ra gần một thế kỷ, nay có thể dễ dàng thấy vì sao Freundlich thất bại. Hiệu ứng cong tương đối nhỏ, và Mộc tinh – trong khi lớn hơn Trái Đất rất nhiều – nhưng chỉ bằng một phần nghìn khối lượng Mặt Trời. Khối lượng của hành tinh đó không đủ để cho phép đo được độ cong của tia sáng xung quanh nó.

Ngày 21 tháng 9, Einstein có một ý tưởng mới. Ông nhận thấy rằng muốn đo được độ cong của ánh sáng xung quanh một vật thể thì ít nhất khối lượng của vật thể đó cũng phải bằng khối lượng Mặt Trời. Ông đặt vấn đề với Ngài Đồng Nghiệp Vô Cùng Kính Mến của ông về khả năng liệu ban ngày có thể tìm kiếm được ánh sáng của các ngôi sao hay không. Việc thảo luận này rõ ràng là cần thiết, vì ánh sáng của ngôi sao phát đi từ một điểm rất xa xôi trong không gian, nếu ánh sáng này có thể quan sát được khi nó đi ngang qua gần Mặt Trời, thì sự cong của tia sáng có thể sẽ được phát hiện nếu người ta đã biết vị trí thông thường của ngôi sao đó. Sau đó người ta có thể so sánh vị trí thông thường của ngôi sao với vị trí quan sát được – bị ảnh hưởng bởi sự cong của tia sáng khi nó đi ngang qua gần Mặt Trời – và từ đó xác định được sự tồn tại của hiện tượng này. Einstein muốn biết liệu các nhà thiên văn có cách nào để nhìn các ngôi sao giữa ban ngày và tìm ra một ngôi sao có vị trí trên bầu trời gần Mặt Trời hay không.

Đầu năm 1913 Einstein viết cho Freundlich, một lần nữa cảm ơn Freundlich vì lá thư rất hay của ông ta và vì sự công hiến to lớn của ông ta đối với việc tìm kiếm chứng minh cho lý thuyết hấp dẫn. Ông cũng nêu lên trong thư những chi tiết thú vị về việc tiếp tục nghiên cứu của ông nhằm mở rộng khái niệm tương đối và đặt những dấu hỏi với dụng ý rõ ràng là để kích thích người đồng nghiệp trẻ tuổi tiếp tục làm việc cho dự án. Lá thư của Einstein thể hiện rõ khát vọng điên cuồng đi tới một lý thuyết kết thúc. Ông đã sử dụng những từ ngữ mạnh mẽ để thể hiện cảm xúc của mình đối với những lý thuyết cạnh tranh với lý thuyết của ông – lý thuyết của Abraham, của Mie và của Nordstrom. Gunnar Nordstrom (1881 – 1923), một nhà vật lý Phần-lan, đã có một số công trình nghiên cứu rất tài tình về phương trình trường của Einstein. Việc nghiên cứu của Einstein và Grossmann về những phương trình này lâm vào rắc rối vì tính chất phụ thuộc của các tham số. Ý tưởng của Nordstrom là cố gắng nghiên cứu một biến thể của lý thuyết tương đối tổng quát trong đó tốc độ ánh sáng c không phụ thuộc vào một trường có mặt trong phương trình của Einstein. Trong bức thư gửi Freundlich nói trên, và những thư tiếp theo, Einstein bộc lộ rõ khát vọng tìm kiếm điên cuồng của ông. Einstein nhận định về công trình của Nordstrom rằng đây là một lý thuyết dị thường, nhưng ít có khả năng đúng. Nếu lý thuyết của Nordstrom chính xác, Einstein viết, thì sẽ có một dịch chuyển về phía đỏ gây ra do hấp dẫn nhưng không làm cong ánh sáng. Do đó Einstein khốn khổ hy vọng rằng sẽ tìm ra một phương pháp thăm dò xem tia sáng có bị cong trong trường hấp dẫn của những vật thể có khối lượng hay không: một sự kiểm chứng như thế sẽ cho thấy hoặc Einstein hoặc Nordstrom đúng. Lời lẽ của ông để lộ không úp mở tinh thần ganh đua của ông. Ông tin rằng chỉ một mình lý thuyết (mặc dù chưa hoàn chỉnh) của ông là đúng mà thôi.

Chính trong lá thư này, không rõ viết ngày nào quãng đầu năm 1913, lần đầu tiên Einstein đề cập đến việc lợi dụng hiện tượng nhật thực. Trước đây, năm 1912, dường như Einstein nghĩ rằng ánh sáng của các ngôi sao có thể quan sát được vào ban ngày khi nó đi ngang qua gần Mặt Trời. Vào khoảng giữa

cuối năm 1912 đầu năm 1913, hình như Einstein và Freundlich đã đi đến kết luận rằng không có khả năng đó. Đến một lúc nào đó chắc chắn một trong hai người đã nảy ra ý nghĩ rằng hiện tượng nhật thực toàn phần sẽ cung cấp một điểm gặp gỡ mỹ mãn cho thí nghiệm. Trong quá trình nhật thực toàn phần, dù đang ở giữa ban ngày và Mặt Trời đang ở trên cao, nhưng ánh sáng của các ngôi sao vẫn có thể quan sát được rõ ràng nhờ bóng tối bao phủ do mặt trăng che lấp Mặt Trời. Vì thế trong khi tự nhiên không cho chúng ta một Mộc tinh đủ lớn, nó lại cho chúng ta một hiện tượng kỳ diệu, xảy ra khoảng hai năm một lần ở *đầu đó* trên Trái Đất và cho phép chúng ta nhìn thấy các ngôi sao cũng như vị trí chính xác của Mặt Trời giữa ban ngày.

Ngay sau khi nhận ra điểm này, Einstein cảm thấy bị kích thích mạnh. Trong một lá thư ông thông báo với Freundlich rằng ông đã đọc được trong một tạp chí của Mỹ rằng một số hệ thống quang học sẽ được sử dụng cùng với nhau để quan sát các ngôi sao quanh Mặt Trời khi có nhật thực. Ở đây ông nói rằng điều này xem ra rất hợp lý đối với một “bộ não của một kẻ không chuyên” như ông. Trong thư tiếp theo Einstein nói rõ ông chẳng là gì khác một kẻ ngoại đạo trong lĩnh vực thiên văn học. Hiển nhiên là nhà lý thuyết vĩ đại đã đi đến kết luận rằng lý thuyết của ông tự nó sẽ chẳng có giá trị gì nhiều nếu không có những kiểm chứng vật lý. Dường như ông đã tự dạy mình khá nhiều về thiên văn học trong một thời gian tương đối ngắn. Trong nhiều lá thư ông đã nêu lên những câu hỏi rất kỹ thuật về quá trình thực tế của việc thiết kế một hệ thống quan sát nhật thực và về việc chuẩn bị những tấm kính chụp hình cần thiết để chụp những tấm ảnh các ngôi sao trong vùng lân cận của Mặt Trời.

Ngày 2 tháng 8 năm 1913, Einstein nhắc lại niềm tin của ông: “Về mặt lý thuyết chúng ta đã đi tới một kết quả – tôi hết sức tin tưởng rằng tia sáng sẽ bị cong. Tôi đặc biệt quan tâm đến kế hoạch của ngài về việc quan sát các ngôi sao vào ban ngày”. Sau đó ông tiếp tục bình luận dài dòng về những hạt nhỏ bé lơ lửng trong khí quyển có thể gây ra những ảnh hưởng đến khả năng nhìn rõ, về chất lượng của những tấm ảnh có thể chụp được, và về các vấn đề kỹ thuật thiên văn khác. Rồi ông giải thích cho Freundlich “Khi điều khiển hệ thống quang học hoạt động, ngài phải lấy được bức ảnh bao gồm toàn bộ Mặt Trời, với phần bầu trời mà chúng ta quan tâm – tất cả trên một tấm phẳng. Nhưng có ý kiến gợi ý rằng nên sử dụng hai hệ thống quang học cùng với nhau. Nhưng không rõ là hai bức hình sẽ được sử dụng cùng với nhau ra sao. Tôi tha thiết mong được biết ý kiến của ngài để biết ngài nghĩ gì về phương pháp này và bất kỳ phương pháp nào khác”. Có vẻ như Einstein vô cùng quyết tâm làm cho mọi việc chuẩn bị phải đâu ra đấy đến nỗi ông không để cho các nhà thiên văn tự lo liệu công việc chi tiết hàng ngày.

Và nhà lý thuyết cũng không phải làm việc đơn độc về vấn đề bề cong ánh sáng. Cũng trong thư nói trên ông tiếp tục nói rằng ông rất tò mò đối với nghiên cứu của Freundlich về các sao đôi. Ý tưởng của Freundlich là quan sát các hệ sao đôi quay quanh nhau. Sau đó nếu làm thế nào có thể ước tính được khối lượng của cả hai ngôi sao trong cặp đôi đó cũng như tốc độ góc của chúng trong chuyển động quay quanh nhau, thì có thể phát hiện được dịch chuyển về phía đỏ do hấp dẫn mà thuyết tương đối tổng quát của Einstein đã dự đoán khi ánh sáng của sao này đi ngang qua gần sao kia. Nhưng không may, thí nghiệm này lâm vào bế tắc. Cả công trình của Freundlich lẫn của những người khác đều không dẫn tới kết quả nào. Hiện tượng này mãi đến những năm 1960 mới được phát hiện bởi một thực nghiệm tại Đại học Harvard. Trong khi theo đuổi mục tiêu đặc biệt này, Freundlich có thể đã có một số sai lầm tính toán dẫn tới kết quả làm cho Einstein cảm thấy khó chịu. Thư của Einstein kết luận rằng nếu một thí nghiệm như thế bằng cách nào đó dẫn tới một phát hiện về sự khác biệt của *tốc độ* ánh sáng (thay vì tần số, được biểu hiện bởi một dịch chuyển về phía đỏ), thì “toàn bộ thuyết tương đối bao gồm lý thuyết hấp dẫn sẽ sụp đổ”. Kết thúc, ông nói rằng ông sẽ rất vui nếu cuối cùng ông được gặp Freundlich khi ông này đến Zurich cùng với vợ mới cưới trong tuần trăng mật.

Theo thư tiếp theo do Einstein gửi đi từ Zurich ngày 22 tháng 10 năm 1913, họ đã gặp nhau tại Thụy Sĩ và trao đổi rộng rãi về vấn đề phát hiện sự cong giả định của ánh sáng từ những ngôi sao xa xôi khi chúng đi ngang qua gần Mặt Trời. Sau lời thưa gửi chiếu lệ “Thưa Ngài Cộng Sự”, Einstein viết: Từ đây lòng tôi cảm ơn ngài rất nhiều vì những thông tin mở rộng và vì mối quan tâm sâu sắc mà ngài đã thể hiện trong công việc của chúng ta”. Có vẻ như Freundlich đã cố gắng để thu được những bức hình do các nhà thiên văn chụp nhật thực đã diễn ra và cố gắng phân biệt hình ảnh các ngôi sao ở gần bóng tối

của Mặt Trời. Trong tất cả những cố gắng này ông ta đều thất bại. Không khó để hiểu tại sao lại như vậy. Trong khi Mặt Trời bản thân nó hoàn toàn bị che lấp trong quá trình nhật thực toàn phần, thì vành đai vòng quanh Mặt Trời không như vậy. Những lưỡi lửa sáng vẫn mở rộng ra từ Mặt Trời bị che khuất đến một khoảng cách rộng xung quanh bóng tối hình tròn của mặt trăng đang che lấp Mặt Trời. Các ngôi sao trong khu vực vành đai vòng quanh rất khó phân biệt, và việc phát hiện những xê dịch vị trí của chúng đòi hỏi một thí nghiệm được thiết kế một cách đặc biệt cho mục đích này. Nhưng không may là chưa ai tiến hành thí nghiệm này trước đó, bởi vì không ai nhận thức được sự cần thiết phải phát hiện những xê dịch vị trí của các ngôi sao gần Mặt Trời.

Phần cuối của bức thư cho thấy rõ là ý tưởng về nhật thực là của Einstein chứ không phải của Freundlich. Thực ra, tính bất cần của Freundlich – như sau này chúng ta sẽ thấy – đã được nói ở trên. Einstein dành một phần đáng kể trong thư để bàn về ý kiến tranh luận rõ ràng của Freundlich rằng việc phát hiện sự xê dịch của các ngôi sao gần Mặt Trời có thể tiến hành ngay giữa ban ngày mà không cần một nhật thực toàn phần. Einstein đã kiên trì giải thích rằng ông đã hỏi ý kiến các nhà thiên văn ở khu vực của ông rằng liệu một ý đồ như thế có thể thực hiện được không, và được nghe trả lời với một tiếng “không” [4] rứt khoát.

Ngày 7 tháng 12 năm 1913, Einstein và Freundlich đồng ý với nhau về địa điểm thí nghiệm kiểm tra sự cong của ánh sáng xung quanh Mặt Trời: một cuộc thám hiểm *cần* phải được tiến hành tại Crimea để quan sát nhật thực toàn phần, được dự đoán diễn ra vào tháng 8 năm 1914. Lúc này họ bận lo mọi chi tiết cho cuộc thám hiểm và chỉ còn vấn đề là làm thế nào có một nguồn tài chính. Sau khi được Freundlich thông báo mọi việc đã được thu xếp, một kế hoạch đầy đủ về việc làm thế nào để du hành tới Nga và từ đó tới Crimea, làm thế nào sử dụng các trang thiết bị kính viễn vọng mà ông ta đã nghĩ ra, làm thế nào để chụp những bức ảnh Mặt Trời và bầu trời xung quanh nó bao gồm những ngôi sao ở gần Mặt Trời trong quá trình nhật thực, và làm thế nào để so sánh các bức ảnh đó với những bức ảnh chụp cùng khu vực đó trên bầu trời với cùng những ngôi sao đó tại những vị trí thông thường của chúng vào ban đêm, Einstein lập tức tiếp xúc với Planck. Ông đề nghị Planck giúp làm sao có được một khoản tài chính ủng hộ để chứng minh phần lý thuyết tương đối tổng quát mà ông cảm thấy đã nghiên cứu xong.

Tuy nhiên hình như Viện hàn lâm Phổ không thấy thích thú đủ mức về dự án này để tài trợ cho nó. Trong thư gửi Freundlich ngày 7 tháng 12, Einstein nói rằng Planck quan tâm đến dự án này, nhưng nếu Viện hàn lâm không cấp tài trợ thì chính ông, Einstein, sẽ chi số tiền tiết kiệm nghèo nàn của riêng ông cho chuyến phiêu lưu. Einstein có vẻ thất vọng và tức giận vì việc không được tài trợ, đã nhấn mạnh trong thư: “*Tôi sẽ không viết cho Struve*”. Hermann Struve là giám đốc Đài quan sát Hoàng gia tại Potsdam. Einstein hy vọng sẽ được bảo đảm tài trợ từ Đài quan sát, nhưng hình như ông đã bị cự tuyệt. Sau đó ông viết thêm: “Nếu không xuôn xê thì trước hết tôi sẽ chi 2000 marks từ khoản tiết kiệm nhỏ bé của riêng tôi. Vậy xin đặt mua những tấm phăng chụp hình cần thiết và xin đừng để mất thì giờ vì vấn đề tiền nong”.

Và sau đó bất ngờ các sự việc bắt đầu xảy ra, và chẳng có gì có thể ngăn cản diễn biến của các sự kiện – cả sự kiện khoa học lẫn lịch sử. Ngày 6 tháng 4 năm 1914, Einstein và gia đình chuyển từ Thụy Sĩ đến Berlin. Với sự giúp đỡ của Haber ông đã tìm được một căn chung cư, nhưng sau một thời gian ngắn Mileva và Einstein chia tay và Mileva mang con cái trở về Thụy Sĩ. Einstein liền chuyển đến một căn hộ của người độc thân và hình như đã cố gắng hoà giải để thay đổi, nhưng mặc dù vậy thật là đau khổ cho ông vì ông rất gắn bó với hai đứa con trai của mình. Ông tự làm quen với họ hàng ở Berlin và tìm thấy một người trong số họ, Elsa Einstein, một cô em họ, đặc biệt dễ thương và bắt đầu phát triển tình bạn thân thiết với cô ta. Sau 5 năm, sau khi ly dị với Mileva, hai người lấy nhau.

Ngày 2 tháng 7 năm 1914, Einstein được bầu làm viện sĩ Viện hàn lâm Phổ. Ở tuổi 34, ông là người trẻ nhất. Tất cả những người còn lại đều là những nhà khoa học nhiều tuổi nghề và tuổi đời. Theo những tài liệu về những cuộc nói chuyện của ông với đồng nghiệp khi còn ở Thụy Sĩ trước khi được thông báo về niềm vinh dự sớm được gia nhập Viện, chúng ta biết rằng Einstein không chú ý nhiều đến sự khác biệt tuổi tác và kinh nghiệm. Tuy nhiên, ông đã có một bài diễn thuyết rất hay trước các thành viên của

Viện, cảm ơn họ vì niềm vinh dự và sự tự do nghiên cứu mà các thành viên của Viện hàn lâm đã dành cho ông để theo đuổi việc nghiên cứu toàn thời của ông. Với tư cách viện sĩ, ông sẽ không phải lo lắng về nhiệm vụ giảng dạy hoặc những nhiệm vụ bắt buộc khác và sẽ có thể cống hiến toàn bộ thời gian của ông vào việc nghiên cứu. Qua thư từ với các đồng nghiệp chúng ta biết rằng Einstein thích sống ở Berlin và thích tư thế mới mà vị trí nghề nghiệp đã ban cho ông. Bây giờ ông cũng có một vị trí để theo đuổi việc tài trợ cho dự án thí nghiệm với một khả năng mới dồi dào hơn.

Trong thời gian chờ đợi, tại đúng chỗ mà Einstein đã thất bại khi còn ở Thụy Sĩ, thì Freundlich lại đạt được thắng lợi phần nào: Giám đốc Struve đã (miễn cưỡng) đồng ý cho phép Freundlich thực hiện dự án nhật thực, nhưng không cấp bất kỳ một khoản tài trợ nào. Bây giờ tại Berlin với tư cách viện sĩ, Einstein nỗ lực giải quyết vấn đề tiền nong. Cuối cùng, Viện hàn lâm cấp cho dự án 2000 marks – số tiền Einstein sẵn sàng lo liệu từ tiền tiết kiệm riêng – và dành khoản tài trợ này để thay đổi dụng cụ khoa học cho mục đích quan sát nhật thực, và cũng để mua các tấm phẳng chụp ảnh cần thiết. Nhưng vẫn cần phải có thêm 3000 marks cho việc đi lại và vận chuyển đến Crimea. Và một trong những bước xoay chuyển định mệnh đã xảy ra trong câu chuyện về nhật thực, số tiền cần thiết này đã đến từ một nguồn tài trợ không thể ngờ được mà chỉ sau khi xảy ra mới biết.

Nguồn tài trợ ấy đến từ Gustav Krupp (1870 – 1950), một trùm tư bản mà hãng sản xuất vũ khí của ông ta đến lúc đó đã phải chịu trách nhiệm với nhiều cuộc tàn sát, bao gồm cuộc tàn sát người Mỹ do người Thổ sử dụng vũ khí của Krupp tiến hành. Năm 1918, Krupp thiết kế những khẩu súng nòng dài đặc biệt với mục đích bắn vào cư dân ở Paris từ một khoảng cách 74 dặm, và sẽ giết chết 256 người Paris [5]. Chính tiền của Krupp đã cho phép Hitler mở chiến dịch chống lại Hoà ước Versailles, và năm 1933 cho Hitler những lá phiếu cần thiết để giành được đa số tại quốc hội và chiếm được quyền kiểm soát tuyệt đối nước Đức. Hãng của Krupp đã cung ứng cho bọn quốc xã Nazis trong Thế chiến II, và là công cụ rất cần thiết để bọn quốc xã làm những việc khủng khiếp. Năm 1914, Gustav Krupp đóng góp 3000 marks để giúp đỡ cuộc thám hiểm tìm kiếm chứng minh cho thuyết tương đối tổng quát của Einstein.

Gần đến lúc khởi sự cuộc thám hiểm, Einstein càng lúc càng trở nên bị kích thích, phần khởi nhưng lãnh đạm. Nhà viết tiểu sử Einstein là Ronald Clark kể lại rằng Einstein thường xuyên đến thăm gia đình Freundlich trong giai đoạn căng thẳng trước khi cuộc thám hiểm nhật thực lên kế hoạch. Có vẻ như Einstein không chịu để bất cứ việc gì bị rủi ro nên thường xuyên để mắt đến Freundlich, người lãnh đạo đoàn thám hiểm. Ông thường mang theo công việc của mình khi đến nhà Freundlich, tại đó, trước khi bữa ăn chiều trôi qua, ông đẩy đĩa ăn của mình ra một bên rồi bắt đầu viết những phương trình của mình lên mặt tấm khăn trải bàn đất tiền của chủ nhà. Nhiều năm về sau, bà vợ goá của Freundlich nói lại với Clark rằng bà rất ân hận vì không giữ lại tấm khăn trải bàn đó, như chồng bà đã gợi ý, vì có thể nó có nhiều giá trị [6].

Dường như với thời gian Einstein nảy sinh trong mình hai cảm nghĩ. Một, ông vô cùng lo lắng về kết quả của cuộc thám hiểm nhật thực sắp tới. Lúc này ông đã là một nhà khoa học nổi tiếng: thuyết tương đối đặc biệt của ông đã được cộng đồng khoa học công nhận là hoàn toàn đúng đắn – mặc dù vẫn có người chống đối. Thuyết tương đối tổng quát, vẫn chỉ mới bắt đầu, đang thu hút sự chú ý của các nhà khoa học khác và đang nhận được cả sự cạnh tranh dữ dội lẫn thái độ nghi ngờ hoà nhã. Các đồng nghiệp của ông ở Viện hàn lâm thì đều già hơn ông và đều chú tâm vào chuyên môn thuộc đề tài riêng của họ, và giữa họ Einstein đang và vẫn sẽ chỉ như một người ngoại cuộc mà thôi. Trong giai đoạn này ông buộc phải từ bỏ thói quen ăn mặc xuề xòa của mình để từ nay ăn mặc ngay ngắn hơn, phù hợp với tư thế mới của ông. Einstein sốt ruột mong mỗi có một chứng minh khẳng định rằng lý thuyết dị thường của ông về không gian, thời gian và hấp dẫn là chính xác. Vào lúc đó, Einstein càng lúc càng trở nên tự tin hơn về giá trị của lý thuyết của mình. Trong một thư gửi cho bạn thân là Michele Besso, Einstein viết: “Không còn gì để nghi ngờ tính chính xác của lý thuyết nữa, dù cho quan sát nhật thực có thành công hay không. Mọi việc cảm thấy đã quá rõ ràng”. Nhưng thật là trớ chêu, ông đã nhầm. Như định mệnh đã an bài, Freundlich đi tới Crimea để tìm kiếm một độ lệch ánh sáng mà theo tính toán nhầm lẫn của Einstein chỉ bằng một nửa độ lệch thật sự tồn tại trong tự nhiên. Nhưng khi Freundlich chuẩn bị khởi hành, Einstein bỏ khuyết với ông ta rằng nếu kết quả của cuộc thử nghiệm quan trọng này không tốt đẹp, thì thí nghiệm phạm sai lầm chứ không phải lý thuyết của ông. Đây có thể là một thí dụ điển hình cho thấy trong những trường hợp nhất định đối với một nhà lý thuyết, phương trình được

viết ra nhằm mô tả tự nhiên có một cuộc sống riêng của nó như thế nào, và có thể được tin là đúng đắn và thần thánh đến nỗi hiện thực lúc đó rơi xuống vị trí hạng hai mà thôi.

Ngày 19 tháng 7 năm 1914, Erwin Freundlich rời Berlin cùng với hai cộng sự, trong đó một người là kỹ thuật viên của nhà sản xuất thấu kính Đức nổi tiếng Carl Zeiss. Sau một tuần, họ đến thị trấn Feodosiya tại Crimea và chuẩn bị dụng cụ thiết bị cho cuộc quan sát nhật thực. Freundlich mang 4 máy chụp hình cũng như các thiết bị kính viễn vọng để có những cơ hội lớn nhất chụp được ít nhất một bức ảnh thật tốt thể hiện rõ các ngôi sao trong vùng lân cận của Mặt Trời trong quá trình nhật thực. Nhóm người Đức gặp một nhóm khác đến từ Argentina, cũng ở đó để chụp ảnh nhật thực vì những mục tiêu khác. Thú vị thay, nhóm Argentina đến đây để cố gắng tóm bắt được hình ảnh của Vulcan – một hành tinh giả thuyết nhỏ bé mà người ta tin là tồn tại gần Mặt Trời, vì trong nhiều thập kỷ qua đã phát hiện được những sai lệch nhỏ có tính hệ thống trong quỹ đạo của Sao Thủy (Mercury). Vulcan và quỹ đạo giả định của nó gần Mặt Trời được coi là nguyên nhân gây ra sự cố cận nhật (perihelion) của Sao Thủy. Định mệnh thật kỳ quặc, thuyết tương đối tổng quát của Einstein, mà nhóm người Đức đến đây để kiểm chứng, cuối cùng lại chính là cái có thể giải quyết sự cố cận nhật. Sự dịch chuyển của quỹ đạo của Sao Thủy không phải do một hành tinh khác gây ra. Chẳng có cái gì tồn tại ở đây cả. Nguyên nhân của hiện tượng đó là ảnh hưởng của trường hấp dẫn của Mặt Trời lên hành tinh ở gần Mặt Trời mà thôi. Và chỉ vài năm sau đó, chính Freundlich đã liệt kê một loạt các quan sát thiên văn lịch sử về quỹ đạo của Sao Thủy mà, cùng với thuyết tương đối tổng quát, sẽ giải quyết được bài toán. Lúc này hai nhóm, một từ Argentina và một từ Đức, chia sẻ thông tin và kỹ thuật, cũng như trang thiết bị trong những giây phút chuẩn bị căng thẳng trước khi Mặt Trời biến mất trong một khoảng thời gian quý báu kéo dài chỉ 2 phút trong ngày 21 tháng 8.

Nhưng vào thời gian đó, lịch sử đã diễn biến theo một chiều hướng khác chẳng ăn nhập gì với khoa học và nhận thức. Ba tuần trước khi Freundlich lên đường từ Berlin đi Crimea, hoàng tử Franz Ferdinand, người kế vị ngai vàng của đế quốc Áo-Hung, đi thăm thành phố Sarajevo, thủ phủ của tỉnh Bosnia đã bị đế quốc này thôn tính. Vị bộ trưởng ngoại giao Serbia đã có một hành động bất thường khi ông cảnh báo vị hoàng tử về cuộc viếng thăm, nói trước rằng sẽ có những náo động của người Serbia tại thủ phủ và rằng có lẽ lúc này không thuận lợi cho một cuộc viếng thăm như thế. Franz Ferdinand không nản lòng. Ngày 28 tháng 6, khi đoàn xe hộ tống hoàng tử chờ ông tới dự một nghi lễ ở toà thị chính, một quả bom đã được ném vào chiếc xe của vị hoàng tử. Bom nổ, nhưng vị hoàng tử và vợ ông, công chúa Hohenberg, không bị thương. Nhưng âm mưu chống hoàng tử Áo-Hung được tổ chức đầy đặc hơn – những kẻ âm mưu khác đang đợi ông ở một chỗ xa hơn, phía cuối con đường của ông. Tiếp tục cuộc hành trình, đoàn xe hộ tống đi tới một điểm mà tại đó chiếc xe của vị hoàng tử phải đi ngược lại và đổi hướng. Đúng lúc đó, một kẻ âm mưu thứ ba, một sinh viên 19 tuổi tên là Gavrilo Princip, rút ra một khẩu súng và bắn vào Franz Ferdinand và vợ ông, giết chết cả hai. Những kẻ âm mưu thuộc một nhóm khủng bố gọi là Black Hand (Bàn tay đen) hiện tại đang chống lại chính phủ Serbia. Mục tiêu của nhóm này là giành độc lập cho người Slav ở phía nam khỏi sự phụ thuộc vào đế quốc Hapsburg. Vụ giết người đã gây ra một cú sốc trên toàn thế giới. Đám mây giông mang đến Thế Chiến I bắt đầu đầy đặc trên toàn cõi châu Âu. Tuy nhiên dường như bất chấp sự phẫn nộ dấy lên cả từ triều đình Hapsburg lẫn đồng minh của họ là nhà vua Đức về cuộc tấn công, những người tổ chức chuyến thám hiểm của Freundlich tới Crimea hoàn toàn không để ý đến những lời kéo của tình hình chính trị, và không bao giờ coi chiến tranh với nước Nga có thể là một khả năng sắp xảy ra. Trong khi những lực lượng hùng hậu này đang sắp sửa được tung vào chiến tranh, Freundlich và nhóm của ông nhẹ nhàng chuẩn bị quan sát nhật thực, dự tính sẽ xảy ra vào ngày 21 tháng 8, trên vùng đất do Nga kiểm soát.

Trong lúc nhà vua Đức đang tham gia một cuộc đua thuyền ở cảng Kiel thì một bức thư ngắn gấp trong một hộp thuốc lá bằng vàng được ném vào thuyền của ông, báo tin vụ ám sát hoàng tử Franz Ferdinand. Nhà vua hết sức tức giận và nhanh chóng trở về Berlin. Đại sứ của ông ở Vienna gợi ý rằng chỉ nên trừng phạt người Serbia một cách nhẹ nhàng, nhưng Wilhelm II không thể xiêu lòng.

Trong lúc nhà vua Đức đang tham gia một cuộc đua thuyền tại cảng Kiel thì có một bức thư ngắn gấp trong một hộp thuốc lá bằng vàng được ném vào thuyền của ông, báo tin vụ ám sát hoàng tử Franz Ferdinand. Nhà vua rất tức giận và nhanh chóng trở về Berlin. Đại sứ của ông ở Vienna gợi ý rằng nên

trừng phạt người Serbia một cách nhẹ nhàng, nhưng Wilhelm II không thể xiêu lòng. Ông quyết định người Serbia nhất định phải bị “thanh toán nhanh chóng”. Dư luận công chúng ở Đức ủng hộ nhà vua, và ngày 4 tháng 7, vị đại sứ Đức ở Anh khuyên dụ với ngài Haldane rằng ông rất lo lắng về tình hình phát triển và khả năng rõ rệt của chiến tranh. Nước Anh khuyên nên kiềm chế và hy vọng một nền hoà bình. Chẳng có gì gặt hái được từ chiến tranh, và sẽ mất mọi thứ. Nhưng Đức và Áo-Hung không muốn thế. Nhà vua Đức đặc biệt muốn chiến tranh vì những cảm giác của ông ta về Nga. Ông ta tin rằng Nga cần phải bị chặn lại nếu không nó sẽ khống chế châu Âu và đe dọa quyền lãnh đạo của Đức trên lục địa. Nhà vua đề nghị ủng hộ mạnh mẽ đối với hoàng đế Franz Josef trong cố gắng trả thù người Serbia vì cái chết của con trai của ông ta, bất chấp một báo cáo về kết quả điều tra việc ám sát vị hoàng tử, trong đó không tìm thấy một dính líu nào của chính phủ Serbia.

Ngày 23 tháng 6 năm 1914, đế quốc Áo-Hung ra một tối hậu thư với Serbia. Văn kiện này quả là độc nhất vô nhị trong lịch sử giữa các nhà nước, trong đó Áo-Hung cố thực hiện một nỗ lực ra mệnh lệnh buộc Serbia phải làm gì trong đối nội cũng như đối ngoại. Có 15 yêu cầu trong tối hậu thư lần lượt từ việc yêu cầu chính phủ Serbia cấm tất cả các tuyên truyền chống nước Áo bên trong lãnh thổ của họ đến việc đòi bao gồm cả những sĩ quan Áo vào trong uỷ ban điều tra vụ giết người. Nếu Serbia không chấp nhận toàn bộ các yêu cầu đó thì sẽ có chiến tranh. Chính phủ Serbia đồng ý tất cả, trừ một điều kiện. Thay vì đồng ý thương lượng, Franz Josef đã huy động lực lượng và chuẩn bị tấn công. Trong khi người Serbia dựa vào sự ủng hộ mạnh mẽ của Nga thì nước Đức sẵn sàng ủng hộ những người Áo-Hung. Ngày 27 tháng 7, hy vọng ngăn ngừa được chiến tranh, Nga hoàng đề nghị Áo-Hung và Serbia thương lượng với nhau để đi đến một thoả thuận, nhưng chính phủ Áo từ chối đề nghị đó. Với các nước Âu châu đứng về phe Nga và Serbia hoặc về phe Áo-Hung và Đức, nếu một cuộc xung đột quân sự nổ ra, thì rõ ràng là nó sẽ không thể kiềm chế được và sẽ trở thành một cuộc chiến tranh thế giới.

Đầu ngày 1 tháng 8, Sa hoàng Nicholas lần thứ hai kêu gọi nhà vua Đức rằng hãy để cho tình hữu nghị lâu dài giữa họ thắng thế và ngăn cản cuộc đổ máu giữa hai dân tộc của họ, nhưng Wilhelm không hề bị lay chuyển. Tuy nhiên, ông ta hy vọng hạn chế cuộc chiến chỉ diễn ra ở phía đông mà thôi, chứ không tấn công vào nước Pháp và Hà Lan. Nhưng các tướng lĩnh của ông đã có những kế hoạch tại chỗ cho cả mặt trận phía tây. Chiều hôm đó, binh lính Đức đã băng qua biên giới để vào Luxembourg và chiếm ngôi làng Trois Vierges (Ba Trinh Nữ). Cố gắng giới hạn cuộc chiến, nhà vua Đức ra lệnh cho binh sĩ của mình rút trở về Đức, nhưng vài giờ sau ông lại thay đổi ý nghĩ và cho quân quay trở lại Luxembourg và tiến luôn đến Bỉ. Buổi tối cùng ngày, mùng 1 tháng 8, vua Anh George V gửi những bức điện khẩn cấp từ London đến Berlin và St.Petersburg trong một nỗ lực tìm lối thoát cuối cùng để ngăn chặn xảy ra Thế Chiến I. Nhưng những nỗ lực này đều vô hiệu. Cuối buổi tối hôm đó, đại sứ Đức ở Nga tới gặp bộ trưởng ngoại giao Nga tại cung điện của ông này tại St. Petersburg để trình bày tuyên bố của Đức về chiến tranh với Nga.

Khi chiến tranh nổ ra, nhóm người Đức do Freundlich dẫn đầu đã có mặt sâu bên trong lãnh thổ của kẻ thù. Vì những người Đức này mang theo trang bị quang học nhạy cảm, người Nga nghi họ làm gián điệp. Trong những ngày đầu tiên của tháng 8 năm 1914, nhóm của Freundlich bị bắt giữ. Các thành viên của nhóm bị bắt giữ như những tù nhân chiến tranh. Ngày 4 tháng 8, Einstein, phát ốm lên vì lo lắng, viết một bức thư cho bạn ông là Paul Ehrenfest: “Nhà thiên văn thân thiết của tôi là Freundlich sẽ trở thành một tù nhân chiến tranh tại Nga thay vì có thể quan sát nhật thực. Tôi lo lắng cho ông ấy”. Những tù nhân chiến tranh được chuyển từ Crimea đi thành phố Odessa, ở đó họ bị giữ gần một tháng. Nhưng ngẫu nhiên phía Đức cũng vừa bắt một nhóm sĩ quan cao cấp của Nga. Người Nga đề nghị trao đổi tù nhân chiến tranh và Viện hàn lâm Phổ đã can thiệp với chính phủ Đức để dàn xếp thả Freundlich và các cộng sự của ông đổi lấy các sĩ quan Nga. Ngày 2 tháng 9, Freundlich trở về Berlin. Nhưng hy vọng của Einstein về việc kiểm tra lý thuyết của ông thông qua quan sát nhật thực đã tan vỡ.

Trong khi Freundlich sống tại Berlin trong những năm còn lại của chiến tranh, mặc dù vẫn dành một phần thời gian làm việc cho Einstein, quan hệ giữa hai người không mặn mà như trước nữa. Quan điểm của Einstein về vấn đề này biểu hiện trong một lá thư ông viết cho Freundlich ngày 10 tháng 9 năm 1921, nói rằng: “Tôi nghĩ bây giờ chúng ta gặp gỡ nhau cũng chẳng có ích gì. Tôi mừng vì chúng ta đã hiểu nhau hơn (so với năm 1914). Đối với toàn bộ sự thay đổi trong quan hệ giữa chúng ta, chúng

ta có thể cảm ơn ông bạn người Anh”. Có vẻ như Einstein đã trách móc Freundlich, người đã vì lý thuyết của Einstein mà đặt cuộc sống và tự do của mình trước sự rủi ro của chiến tranh, và dường như sự bất mãn của Einstein kéo dài tới 5 năm trời, đến khi một người Anh đạt được thắng lợi trong thí nghiệm mà Freundlich đã không gặp may để hoàn thành [7].

Nhưng như định mệnh đã an bài, vào năm 1919, thuyết tương đối tổng quát của Einstein đã trở nên hoàn thiện và ông đã sửa chữa được sai lầm tính toán của ông trước đây về độ lệch của tia sáng khi nó đi ngang qua gần Mặt Trời. Việc sửa chữa này xảy ra ngày 18 tháng 11 năm 1915, khi Einstein thông báo độ cong dự kiến của tia sáng đúng lúc nó lướt qua rìa mép của Mặt Trời bằng 1,75 giây, gấp 2 lần số liệu mà ông đã dự đoán năm 1914. Một câu hỏi triết lý nảy sinh: Điều gì sẽ xảy ra nếu lịch sử cho phép Freundlich thực hiện được thí nghiệm, để rồi sẽ phát hiện ra một sự xê dịch 1,75 giây (cộng hoặc trừ sai số thí nghiệm) thay vì 0,87 giây như Einstein đã dự đoán (thực ra Einstein chỉ phạm một sai lầm trong phép cộng số học nên thu được kết quả là 0,83 giây). Khi đó liệu thuyết tương đối tổng quát sẽ được phán xét là đúng hay sai ?

Cần phải nhấn mạnh rằng nếu coi tia sáng là một hạt, thì dựa trên lý thuyết Newton cổ điển sẽ thu được kết quả độ lệch của tia sáng là 0,87 giây (nếu tính toán không nhầm lẫn). Nhưng kết hợp với *tính tương đối* sẽ dẫn tới kết quả gấp đôi. Vậy rất có khả năng, nếu thí nghiệm của Freundlich được tiến hành, thì thuyết tương đối tổng quát có thể sẽ không được cộng đồng khoa học công nhận. Có lẽ khi đó Einstein sẽ phải kiên trì chờ đợi để hoàn thiện lý thuyết của mình trước khi tìm kiếm sự xác nhận và ông sẽ chẳng có gì để trách cứ nhà thiên văn trung thành của mình nữa.

Thái độ không biết ơn của Einstein đối với Freundlich thể hiện theo nhiều cách trong những năm tiếp theo, và người ta chỉ cảm thấy thương nhà thiên văn đã dám mạo hiểm quá nhiều vì Einstein và tin tưởng vào một lý thuyết đang khuấy động quá nhiều sự nghi ngờ trong cộng đồng khoa học vào thời gian đó.

Với thời gian, thái độ khinh thị và lãnh đạm của Einstein đối với nhà thiên văn trở nên rõ ràng trong các bức thư. Địa chỉ người nhận thư trên những thư Einstein viết cho Freundlich tính đến trước cố gắng thất bại năm 1914 kiểu như “Ngài Đồng Nghiệp Vô Cùng Kính Mến” nay không còn nữa. Chúng được thay thế một cách đơn giản là “Freundlich thân mến”. Và trong một thư không ghi rõ ngày năm 1917, Einstein viết: “Hôm qua Planck nói với Struve về ông. Struve nguyên rủa ông. Rằng ông không làm cái mà ông ấy muốn ông làm. Planck nghĩ rằng giải pháp tốt nhất đối với ông là kiếm một công việc dạy thiên văn lý thuyết, và ông ấy nghĩ rằng ông rất có cơ may kiếm được một việc như thế. Tôi nghĩ ông ấy nói đúng vì người ta không nên đặt tất cả hy vọng vào việc kiếm một công việc ở đài quan sát. Thân ái, A. Einstein”.

Einstein tiếp tục quan hệ thư từ của mình với Freundlich trong nhiều năm. Hình như ông thường bị Freundlich nhờ giúp đỡ để kiếm được một công việc hoặc công bố một công trình. Qua giọng điệu trên thư từ thường hay nhắc đến tên tuổi người bạn nổi tiếng của mình như Planck, rõ ràng là Einstein bây giờ đã cảm nhận được tư thế quan trọng của một viện sĩ của một viện xuất sắc như Viện hàn lâm Đức. Freundlich dường như đã không thể kiếm được một vị trí xứng đáng, và trong một lá thư năm 1919 Einstein viết: “Tôi nghĩ vị trí giáo sư đại học rất tốt, nhưng không dễ để có được. Đừng để điều đó làm cho bạc đầu, hãy hưởng thụ thời gian nghỉ ngơi của bạn lúc này. Tất cả rồi cũng đi đến hồi kết thúc thôi mà. Thần kinh của bạn đã bị sờ ra rồi và không có một lát thịt xông khói nào để che chở cho cái đầu của bạn nữa rồi. Từ tình bạn giữa chúng ta xin gửi tới bạn và phu nhân của bạn lời chào thân ái, A.Einstein”. Trong một thư khác Einstein nói rằng ông sẽ đề nghị Viện hàn lâm chấp nhận công trình của Freundlich *nếu* Freundlich có thể trả lời được 6 câu hỏi kỹ thuật do Einstein đặt ra. Ngày 1 tháng 3 năm 1919, Einstein viết cho Freundlich nói rằng ông vừa đọc được một bài báo trong sáng và thú vị trình bày công trình của một nhà thiên văn Anh tên là Arthur Eddington, trong đó thể hiện những ý tưởng trùng hợp với ông đến mức đáng ngạc nhiên. Hoàn toàn không quen biết Einstein, Eddington lúc đó đang chuẩn bị lên tàu thủy để đi đến một hòn đảo ở bờ biển thuộc một vùng xích đạo của châu Phi để quan sát nhật thực và sẽ cố gắng phát hiện hiện tượng cong của ánh sáng của các ngôi sao để chứng minh thuyết tương đối tổng quát của Einstein.

[1] Crimea là bán đảo hình thoi trên Biển Đen (Hắc Hải), hiện nay thuộc Ukraina (chú thích của ND)

[2] Thực ra, địa điểm và thời gian chính xác của cuộc gặp đầu tiên với Freundlich vẫn chưa rõ ràng. Ronald Clark, khi viết tiểu sử Einstein đã nêu lên vài thắc mắc về mối quan hệ Freundlich-Einstein dựa trên một cuộc nói chuyện với bà Kathe Freundlich, nói rằng hai người gặp nhau lần đầu tiên tại Zurich năm 1913 (theo sách *Einstein: The Life and Times*, do Avon xuất bản tại New York 1984, trang 207). Tuy nhiên, trong một bức thư gửi cho Michele Besso, ghi ngày 26 tháng 3 năm 1912 tại Praha, (Văn kiện 377 nhan đề *The Collected Papers of Albert Einstein*, của M.J.Klein, và các biên tập viên, NXB Đại học Princeton 1933, tập V), Einstein nói với bạn ông rằng ông sẽ sớm đến Berlin để gặp Planck, Nernst, Haber và “một nhà thiên văn”. Nhà thiên văn rất có thể là Freundlich, vì ông này là nhà thiên văn duy nhất mà Einstein có những trao đổi trong thời gian đó. Sổ ghi chép của Einstein với những cuộc hẹn trong thời gian ông ở Berlin năm đó đã được Jurgen Renn và các cộng sự tại Viện Max Planck về Lịch sử Khoa học ở Berlin tìm thấy và nghiên cứu. Trong khi cuốn sổ ghi chép này ghi lại những tư tưởng thiên văn quan trọng cũng như tên tuổi và thời gian của những cuộc gặp gỡ với nhiều người khác nhau, không thấy đề cập gì đến Freundlich ở đó. Tuy nhiên, một mẫu bằng chứng thuyết phục nhất là lá thư năm 1935 của Leo W.Pollak viết cho Einstein (Văn kiện 11-180 của Văn khố về Einstein tại Jerusalem) trong đó ông nói rằng ông đã giới thiệu hai người gặp nhau vào năm 1911.

[3] Tuyển tập được giữ tại Thư viện Pierpont Morgan ở New York.

[4] Kỳ công này đến hôm nay vẫn chưa thể thực hiện được. Ngay cả trong lúc nhật thực, việc phát hiện sự cong của ánh sáng cũng đòi hỏi một quá trình phức tạp.

[5] Martin Gilbert, *A History of the Twentieth Century* (Lịch sử thế kỷ 20), tập I, do Morrow xuất bản tại New York 1997, trang 490.

[6] Ronald W.Clark, *Einstein: The Life and Times* (Einstein: Cuộc đời và Thời đại), do Avon xuất bản tại New York 1984, trang 222.

[7] Lá thư này chứng minh một cách rõ ràng rằng quan hệ của Einstein với Freundlich bắt đầu hỏng hoàn toàn khi cuộc thám hiểm nhật thực của Freundlich thất bại. Các nhà nghiên cứu khác về quan hệ Einstein-Freundlich có vẻ như đã bỏ lỡ điểm này. Chẳng hạn trong một cuốn sách mới đây, *The Einstein Tower* (Ngọn tháp Einstein), do Đại học Stanford xuất bản năm 1997, trang 137-8, Klaus Hentschel nói rằng quan hệ này bắt đầu xấu đi năm 1921 khi Freundlich cố gắng kiếm tiền từ một bản thảo của Einstein, làm Einstein nổi giận.

Chương VII: KHOẢNG CÁCH CỦA RIEMANN

Một nhà hình học như Riemann có thể hầu như đã thấy trước những đặc trưng quan trọng hơn của thế giới hiện thực (Arthur S. Eddington)

Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826 – 1866) là con thứ hai trong sáu người con của một vị mục sư tin lành tại một ngôi làng nhỏ ở Breselenz trong vùng lân cận của thành phố Hanover thuộc Đức. Riemann lớn lên trong những điều kiện sinh hoạt khiêm tốn và chịu đựng ốm yếu suốt cả cuộc đời ngắn ngủi của mình. Nghe nói rằng nếu Riemann có sức khỏe tốt hơn và sống lâu thêm chút nữa, thì sự phát triển của một số ngành toán học có thể đã tăng tốc hơn nhiều.

Lúc 6 tuổi cậu bé Riemann đã bắt đầu thể hiện dấu hiệu thiên tài toán học khi cậu không những giải được bất kỳ một bài toán số học nào các thầy giáo giao cho, mà còn nêu lên những bài toán thách thức các thầy giáo đó. Lên 10, Riemann theo học toán của một thầy giáo có nhiều kinh nghiệm, ông này phát hiện thấy lời giải của Riemann còn tốt hơn của chính ông. Năm 14 tuổi, Riemann đã phát minh ra một kiểu lịch vĩnh cửu làm quà tặng bố mẹ.

Bernhard Riemann là một cậu bé rất nhút nhát, và cậu cố gắng vượt qua tính cả thẹn này bằng cách chuẩn bị thật kỹ lưỡng cho mọi dịp phải nói năng trước mặt mọi người. Từ một cậu bé ngây thơ, cậu đã trở thành một kẻ kỹ tính không để bất kỳ một mẫu công việc nào cho người khác biết, chừng nào công việc đó đạt tới độ hoàn mỹ mới thôi. Cái tính cẩn thận tránh làm cho người khác phải ngỡ ngàng này sẽ đóng một vai trò quan trọng trong cuộc đời nghiên cứu của Riemann sau này.

Năm 1846, chàng thanh niên 19 tuổi Riemann đỗ vào Đại học Göttingen nổi tiếng để học thần học. Quyết định của anh xuất phát từ động cơ làm vừa lòng ông bố, người muốn anh noi theo ông để

trở thành tăng lữ. Nhưng chàng thanh niên Riemann nhanh chóng bị thu hút bởi những bài giảng toán học của những nhà toán học lỗi lạc giảng dạy tại trường đại học này, trong đó có Gauss vĩ đại. Với sự cho phép miễn cưỡng của cha, Riemann chuyển sang ngành toán. Sau một năm ở Göttingen, Riemann chuyển về Đại học Berlin, ở đó anh nhận được một nền giáo dục toán học xuất sắc, tư tưởng của anh tiến xa hơn thông qua bài giảng của các nhà toán học nổi tiếng như Jacobi, Steiner, Dirichlet, Eisenstein, và những người khác. Anh học 2 năm ở đại học Berlin. Sau đó có những thay đổi chính trị đột ngột trong năm 1848 và Riemann bị tuyển mộ vào quân đoàn sinh viên, có lần đã phải canh giữ trong cung điện nhà vua 16 giờ liền để đề phòng những người biểu tình giận dữ.

Năm 1849, Riemann trở lại Đại học Göttingen để làm luận án tiến sĩ. Người hướng dẫn luận án tiến sĩ của ông là Karl Friedrich Gauss. Riemann đã có một đóng góp quan trọng cho hình học, và tiếp tục làm công trình về lý thuyết số. Riemann nổi tiếng với *hàm zeta* mà ông phát minh, một lý thuyết giúp nghiên cứu số nguyên tố thông qua giải tích hàm phức. Bài toán tìm những giá trị của một biến phức sao cho hàm zeta triệt tiêu đã trở thành một trong những bài toán nổi tiếng nhất trong toán học. Năm 1850, sau khi xem xét những bài toán trong nhiều lĩnh vực của toán học cũng như vật lý, Riemann đi đến một niềm tin triết học sâu sắc rằng cần phải thiết lập một lý thuyết toán học đầy đủ, một lý thuyết chứa đựng những định luật cơ bản chi phối các điểm và biến đổi những định luật đó về dạng tổng quát gọi là *plenum* – ngụ ý một không gian được lấp kín liên tục. Cuối cùng tư tưởng này đã cho phép ông tạo ra một đột phá quan trọng trong toán học – một đột phá tạo nên một cuộc cách mạng đối với tương lai của toàn bộ vật lý học một thế kỷ sau đó.

Đầu tháng 11 năm 1851, Riemann trình bày luận án tiến sĩ trước mặt Gauss, người hướng dẫn luận án, với tiêu đề *Cơ sở của lý thuyết tổng quát của hàm biến phức*. Công trình có một trình độ cao và thể hiện một đóng góp lớn đối với tri thức đến nỗi Gauss phải ca ngợi hết lời, một sự ca ngợi dành cho công trình của một người không phải là chính ông – một cử chỉ chưa từng có và cũng sẽ

không bao giờ lặp lại. Và đây là dấu hiệu của những sự kiện trọng đại sẽ xảy ra, mặc dù chỉ không lâu sau đó cả Gauss lẫn Riemann đều sẽ từ giã cõi đời.

Năm 1854, Riemann lần đầu tiên được bổ nhiệm giảng dạy tại Đại học Göttingen với tư cách một giảng viên được trả lương bằng tiền của chính sinh viên đóng góp (đây là vị trí thông thường đầu tiên của các giảng viên tại các đại học ở Đức). Đó là một thủ tục truyền thống tại các đại học ở Đức thời gian đó nhằm mục đích yêu cầu mọi giảng viên phải trình bày một công trình chưa được công bố với hội đồng khoa học của nhà trường như một nghi thức bắt đầu (một công trình như thế được gọi là một *Habilitationschrift*). Và Riemann, người đã có những đóng góp quan trọng trong giải tích hàm biến phức và các lĩnh vực khác, đã chuẩn bị trình bày bài giảng thử rất kỹ càng với một sự hoàn mỹ theo thói quen vốn có của ông. Con sư tử già Gauss và mọi nhà toán học xuất sắc tại trường đại học đều có mặt ở đó để nghe thuyết trình.

Riemann làm việc không ngừng nghỉ với một sự khó tính cố hữu của ông. Theo truyền thống, ông phải đưa cho hội đồng khoa học ba chủ đề nghiên cứu khác nhau, xếp hạng theo thứ tự ưa thích của ông, để xem xét và ấn định một công trình ông phải trình bày. Hai lựa chọn đầu tiên của ông thuộc những lĩnh vực nghiên cứu sở trường của ông, và Riemann hy vọng rằng một trong hai chủ đề đó sẽ được chọn. Chủ đề thứ ba thuộc về hình học, nhưng ông chuẩn bị không được kỹ lắm. Thông thường, hội đồng khoa học ấn định chủ đề thứ nhất cho người dự thi, hoặc ít ra cũng là chủ đề thứ hai, chứ không mấy khi chọn chủ đề thứ ba. Vì thế Riemann dồn hết công sức để chuẩn bị hai chủ đề đầu tiên đến mức hoàn mỹ.

Nhưng Gauss suy nghĩ khác. Hãy nhớ lại rằng Gauss đã từng áp ủ vấn đề tiên đề 5 của Euclid và hình học phi-Euclid trong nhiều năm trời, trong khi Bolyai và Lobachevsky đã phát triển lý thuyết trong lĩnh vực này. Gauss, trong những suy nghĩ về hình học, đã phát triển một tư tưởng về độ cong. Ông đã xác định *độ cong* của không gian

Euclid (phẳng) là zero, độ cong của mặt cầu là dương, và độ cong của mặt hyperbolic (“trái ngược” với mặt cầu) là âm.

Gauss biết rõ tài năng của Riemann, và nghĩ rằng *người bạn trẻ này* có thể sẽ tạo ra một đột phá. Và thế là Gauss ấn định Riemann trình bày chủ đề thứ ba.

Để trình bày, Riemann đã phát triển một lý thuyết hoàn toàn mới. Ông đã vun trồng những hạt giống của nó từ lâu. Trong khi nghiên cứu các lĩnh vực số phức và lý thuyết số, Riemann đã dành một phần thời gian dư thừa để theo đuổi những tư tưởng của ông về không gian, và do đó đã nghiên cứu một cách hoàn toàn độc lập khái niệm của Gauss về độ cong cùng với những khái niệm của Bolyai và Lobachevski. Ông cảm nhận lờ mờ rằng một lý thuyết rộng lớn, có khả năng thu tóm vẫn nằm đằng sau tất cả những khái niệm về không gian và hình học khác biệt này. Phải chăng có thể thống nhất các lý thuyết đó vào trong một nguyên lý mới mang tính tổng quát? Ý nghĩ này từ trước đến nay vẫn chỉ nằm trong óc ông mà thôi, vì ông còn mãi theo đuổi các bài toán trong những lĩnh vực khác. Ông không biết liệu có thể tổng quát hoá được hay không, trong khi buổi thuyết trình đã tới gần rồi. Cuối cùng thì ngày đó đã tới, bài giảng thử của một giảng viên đại học đã được nộp lên các giáo sư kỳ cựu. Bài thuyết trình của Riemann đã trở thành một lý thuyết làm thay đổi bộ mặt của cả hình học lẫn vật lý học mãi mãi. Tư tưởng đột phá của Riemann là gì vậy?

Riemann là một trong những nhà toán học thuần túy xuất sắc nhất trong thế kỷ của ông. Nhưng tư duy của ông còn vượt xa tư duy toán học thuần túy. Trong đáy sâu ý nghĩ của ông luôn luôn bùng cháy khát vọng hiểu được bản chất của thế giới vật lý xung quanh mình. Đi trước thuyết tương đối và vũ trụ học hiện đại, Riemann biết rằng muốn hiểu rõ bản chất của thế giới vật lý thì phải hiểu rõ bản chất của không gian. Và không gian theo ông là *hình học*. Do đó, Riemann quan tâm đến việc mô tả các định luật vật lý vì chúng gắn liền với hình học của không gian mà chúng ta đang sống trong đó. Ông luôn luôn là một người làm công việc tổng quát hoá, không

thích những chi tiết vụn vặt và những việc lao dịch buồn tẻ mà chỉ ưa thích lý thuyết trừu tượng và tổng quát. Riemann biết rằng có ba loại hình học: Euclid, hyperbolic, và elliptic hoặc cầu. Nhưng ông cũng biết rằng hình học của một mặt có thể thay đổi: chẳng hạn một mặt nào đó không phải chỉ có tính chất cầu hoặc chỉ mang tính Euclid. Một mặt có thể có hình học biến đổi từ điểm này sang điểm khác. Riemann muốn có một công cụ nào đó mạnh hơn nhiều để xác định sự thay đổi đó. Ông muốn có một phương pháp xác định khoảng cách giữa hai điểm trên một mặt bất kể hình học của nó thay đổi ra sao. Và đây chính là chỗ mà Riemann đã khám phá để cuối cùng đã cho phép Albert Einstein hoàn thiện thuyết tương đối tổng quát của mình.

Riemann quyết định rằng tính chất của một mặt mà ông cần hiểu rõ và tóm bắt được là khái niệm *khoảng cách*, hoặc còn gọi là *metric*. Trong không gian Euclid phẳng, khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm A và C là độ dài cạnh huyền AC của tam giác vuông ABC trong đó khoảng cách dọc theo trục hoành là BC và dọc theo trục tung là AB như hình vẽ dưới đây:

Thiên tài của Riemann là tổng quát hoá khoảng cách này đối với các trường hợp trong đó không gian không còn phẳng nữa. Chẳng hạn, nếu không gian bị cong sao cho góc vuông không còn vuông nữa mà biến đổi thành góc ϕ , thì định lý Pythagoras $c^2 = a^2 + b^2$ có thể tổng quát hoá thành công thức: $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\phi$. Tương tự như thế, Riemann đã xác định được một hàm số tổng quát cho phép đo khoảng cách *ngay tức khắc* (instantaneous) giữa hai điểm của một mặt, bất kể độ cong của không gian như thế nào, và thậm chí độ cong biến đổi từ điểm này tới điểm khác trên mặt đó. Bình phương hàm khoảng cách của Riemann được xác định như sau: $ds^2 = g_{\mu\nu}dx_{\mu}dx_{\nu}$, trong đó μ và ν lấy các giá trị nguyên 1, 2.

Sáu mươi năm sau, Albert Einstein sẽ dùng công thức này, với các chỉ số μ và ν lấy các giá trị nguyên 1, 2, 3, 4 và tính toán đối với không-thời-gian 4 chiều (3 chiều không gian và 1 chiều thời gian), để cuối cùng rút ra các phương trình của thuyết tương đối tổng quát. Số

hạng sẽ là thành phần cốt yếu trong phương trình tensor của Einstein, mang ý nghĩa như một *metric tensor* (tensor khoảng cách), cho phép Einstein xác định được độ cong mà trường hấp dẫn áp đặt lên không gian của vũ trụ. Khi các chỉ số và lấy các giá trị nguyên 1, 2, 3, 4, không tính các số hạng đối xứng (dx_1dx_2 và dx_2dx_1 là như nhau) thì sẽ có tất cả 10 thành phần có mặt trong bình phương khoảng cách trong không gian 4 chiều (gồm 4 thành phần dạng $g_{\mu\nu}$ và 6 thành phần dạng $dx_\mu dx_\nu$).

Tư tưởng của Riemann, trình bày trong bài giảng thử nổi tiếng nhất trong lịch sử toán học, mở ra một lĩnh vực mới. Bây giờ có thể không cần bận tâm đến bất kể điều gì xảy ra cục bộ trên một mặt và cần tập trung vào một bức tranh lớn – vì hàm khoảng cách sẽ giải quyết được tất cả. Nhưng khái niệm metric cũng có ích lợi trong việc nghiên cứu từng khu vực cục bộ của bất kỳ bề mặt nào. Điều này dẫn tới một lý thuyết hoàn toàn mới: hình học vi phân, một lĩnh vực được phát triển mạnh mẽ trong thế kỷ 19. Những nghiên cứu tổng quát của nó liên quan đến lĩnh vực topo. Lý thuyết topo là khoa học nghiên cứu những không gian và hàm liên tục. Nó xem xét các vấn đề kiểu như liệu một mặt này có liên hệ hoặc được tạo ra từ một số thành phần khác không liên hệ gì với nó hay không; và liệu có thể bao phủ một không gian vô hạn bằng một số hữu hạn các tập hợp con hay không. Đây là những câu hỏi tổng quát hơn những câu hỏi nêu lên bởi hình học, nhưng có một mối liên hệ chặt chẽ giữa hai lĩnh vực này. Lý thuyết topo cũng được coi là một lĩnh vực nghiên cứu mà trong đó tính tương đương được rút ra thông qua việc sử dụng các hàm liên tục (hoặc biến dạng) –theo nghĩa này mặt chiếc bánh doughnut tương đương với mặt một cái chén có một quai, một mặt cầu tương đương với bất kỳ một mặt ba chiều khép kín nào, và mặt doughnut hai lỗ tương đương với một cái chén hai quai. Những tương đương này được giới thiệu dưới đây.

Về cơ bản, topo nói về những tính chất hình học bao phủ một bề mặt (cũng gọi là các đa tạp – manyfolds). Và trong lĩnh vực này, có thể tìm được một sự tổng quát hoá. Bằng cách nghiên cứu topo, các nhà toán học có thể đi đến những sự thật trừu tượng và tổng quát

hơn những sự thật của hình học. Hai thí dụ nổi tiếng là mặt Mobius – một mặt hai chiều xoắn theo chiều thứ ba – và chai Klein – một mặt ba chiều xoắn theo chiều thứ tư. Mặt Mobius, được đặt tên theo tên của A.F.Mobius (1790 – 1868), chỉ có một phía. Mặt này được sử dụng trong các băng chuyền chuyển động để làm giảm độ mòn (vì cả “hai phía”, như thường quen gọi, đều được sử dụng liên tục). Chai Klein là một cái chai không có bên trong. Nó được đặt tên theo tên của Felix Klein (1849 – 1925). Klein là một sinh viên của Plucker, người có cảm hứng đặc biệt với tư tưởng của Riemann trình bày trong *Bài giảng thử* năm 1854. Klein có một niềm cảm hứng to lớn đối với hình học và đã làm việc để mở rộng những tư tưởng hình học trong topo. Trong nhiệm vụ này, ông đã sử dụng công cụ rất mạnh của đại số là các nhóm. Sử dụng lý thuyết nhóm, Klein đã làm đối với topo cái mà Riemann đã làm đối với hình học: đạt được sự tổng quát hoá và trừu tượng hoá.

Công trình của Riemann đã đóng góp vừa trực tiếp vừa gián tiếp các thành phần chủ yếu cần thiết đối với việc hiểu thế giới vật lý. Bài giảng thử của ông, được Gauss và các đồng nghiệp của ông ở Göttingen ca ngợi như một công trình bậc thầy, đã cung cấp một công cụ trực tiếp và đặc trưng cho phép Einstein viết phương trình trường của thuyết tương đối tổng quát. Công trình của Riemann về topo, và sự gợi hứng trong công trình của ông đã cung cấp cho Klein và những người nối gót một thế kỷ sau, tạo cảm hứng cho nhà toán học Anh Roger Penrose nêu lên một định lý gây kinh ngạc. Định lý của ông, dựa trên thuyết tương đối tổng quát của Einstein, nhưng sử dụng các phương pháp tổng quát của topo, có thể giải thích được vũ trụ của chúng ta phải bắt đầu như thế nào.

Công trình hình học của Riemann, dẫn tới lý thuyết phương trình vi phân hiện đại, có thể đã đạt tới cực điểm trong những kết quả được trình bày trong một bài thuyết trình tại Đại học Princeton năm 1979 nhân dịp kỷ niệm 100 năm sinh nhật Einstein (công bố năm 1980) bởi nhà hình học cỡ hàng đầu thế giới, S.S Chern. Dưới tiêu đề “Tương đối và Hình Học Vi Phân Hậu-Riemann”, bài thuyết trình nêu lên luận điểm rằng tương lai của thuyết tương đối tổng quát

nằm trong hướng tổng quát hoá toán học cao hơn nữa. Chern chỉ ra rằng khái niệm khoảng cách của Riemann có thể tổng quát hoá thành những khái niệm phức tạp và cao cấp hơn nữa, những khái niệm này chỉ được phát triển vào giai đoạn cuối của thế kỷ 20. Có thể những công cụ toán học mạnh hơn này – một số chưa được nghiên cứu đầy đủ – một ngày nào đó sẽ cho chúng ta thấy cách hiểu bản chất thật sự của vũ trụ. Có thể thậm chí chúng sẽ cho phép chúng ta đạt tới mục tiêu mà Einstein chưa đạt được trong phần cuối của cuộc đời của ông, bất chấp những nỗ lực bền bỉ : một lý thuyết thống nhất tất cả các lực của vật lý – “Lý thuyết về mọi thứ”.

Việc thảo luận hình học, cả trong phạm vi hẹp lẫn rộng, cũng như lý thuyết topo với những sự tổng quát hoá đẹp đẽ về hình và không gian, dẫn chúng ta tới một câu hỏi quan trọng: hình học của toàn vũ trụ mà chúng ta đang sống trong đó là cái gì ? Phải chăng chúng ta đang sống trong một quả cầu 4 chiều, hay một mặt torus, hay một chai Klein khổng lồ ? Đây là một trong những câu hỏi triết học quan trọng do thuyết tương đối tổng quát của Einstein và công trình của các nhà vũ trụ học trong thế kỷ 20 nêu lên.

Theo một nghĩa hẹp hình học Riemann cung cấp một mô hình đối với hình học phi-Euclid suy ra từ một giả định bởi Sacchery về các góc tù. Một mô hình cho dạng hình học phi-Euclid này là mặt cầu ba chiều. Ở đây, tổng các góc trong tam giác lớn hơn 180 độ. Các “đường” trong hình học này – những đường cong có khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên mặt cầu đó – là những đường tròn lớn. Một tam giác có một đỉnh ở bắc cực và hai đỉnh trên đường xích đạo, các cạnh bao gồm hai kinh tuyến và đường xích đạo, rõ ràng là có tổng ba góc lớn hơn 180 độ. Một đường tròn trong hình học này sẽ có chu vi nhỏ hơn tích của Pi và đường kính. Do đó một mặt cầu khi được nhìn như một vật thể bốn chiều sẽ cung cấp một mô hình cho vũ trụ phi-Euclid dạng đặc biệt này. Không gian Euclid bốn chiều mở là một mô hình khác có thể có đối với vũ trụ trong phạm vi rộng. Nhưng làm thế nào để biết một không gian bốn chiều là phi-Euclid theo ý nghĩa của hình học Bolyai và Lobachevsky ? Ở đây, như trước đây đã nhận xét, tổng các góc trong tam giác nhỏ hơn 180 độ,

và chu vi của một đường tròn lớn hơn tích của Pi và đường kính. Trong không gian Euclid phẳng có độ cong bằng zero, và mặt cầu hoặc mặt elliptic có độ cong dương, thì độ cong của hình học Bolyai-Lobachevski là âm. Làm thế nào để chúng ta nhìn thấy một không gian như thế ?

Năm 1868, nhà toán học Ý Eugenio Beltrami (1853 – 1900) cung cấp một mô hình cho hình học *hyperbolic* này. Beltrami cũng có rất nhiều cảm hứng với công trình vĩ đại của Riemann, và ông tìm mọi cách để trông thấy một không gian thực tế biểu lộ các tính chất Bolyai-Lobachevssky. Cuối cùng Beltrami cũng tìm ra một không gian như thế, được ông đặt tên là *mặt giả cầu* (pseudosphere), vì nó có một ý nghĩa trái ngược với mặt cầu: độ cong của nó tại mọi điểm đều âm. Mặt giả cầu thu được trong không gian 3 chiều bằng cách quay tròn một đường tractrix như được mô tả trong hình vẽ dưới đây

Hình học của vũ trụ của chúng ta, trong không gian 4 chiều, có thể là một sự tổng quát hoá của một trong ba hình đã nêu ở trên. Nhưng đó là hình nào?

Tài năng xuất chúng và thói kỹ tính của Riemann không thể không trả giá. Vì ông quá giỏi nên Gauss hối thúc ông, và đối với những gì ông đã tạo ra dưới áp lực đó, thế giới toán học và toàn bộ khoa học vật lý phải biết ơn ông. Nhưng cái áp lực đó, áp dụng với một người có khuynh hướng tự thúc ép mình đi tới tận cùng, đè nặng lên sức khoẻ vốn ốm yếu của Riemann, dẫn đến sự ngã quỵ về thể xác. Thậm chí sự hoan nghênh nồng nhiệt vượt mức thông thường dành cho *Bài giảng thử* của ông, với tiêu đề *Về những giả thuyết đối với nền tảng của hình học*, cũng không thể cải thiện được sức khoẻ của ông. Riemann viết cho bố rằng những nghiên cứu cực kỳ khó khăn chuẩn bị cho Bài giảng thử và những nghiên cứu khác của ông trong vật lý toán và lý thuyết hàm đã làm ông đổ bệnh. Ông không thể làm bất kỳ việc gì thêm nữa trong vài tuần nếu thời tiết không khá hơn. Để hồi phục, Riemann thuê một ngôi nhà có một khoảnh vườn, và cố gắng dành nhiều thời gian ra ngoài vườn, xa cách những căn phòng ngột hơi mà ở đó ông làm việc hàng giờ cho tới cùng.

Bài giảng thử có một thắng lợi học thuật lớn lao vì những tư tưởng mới mẻ của nó. Trước hết Riemann có thể nhận được 8 sinh viên theo học, thay vì chỉ 2 hoặc 3 như thường lệ. Vì ông được sinh viên trả tiền nên thu nhập của ông có khá hơn. Năm 1857, Riemann trở thành phó giáo sư tại trường đại học, lúc tuổi 31. Chỉ 2 năm sau, Riemann trở thành người nối tiếp chiếc ghế uy tín của Gauss tại trường đại học (Gauss đã mất vài năm trước đó, và Dirichlet là người giữ chiếc ghế đó). Được lựa chọn vào vị trí của Gauss tại Göttingen là một sự phản ánh một sự kính trọng lớn mà Riemann nhận được từ các đồng nghiệp, và thực tế là từ toàn thể thế giới toán học.

Nhưng sức khỏe của ông không được cải thiện, và năm 1862 Riemann lại bị ốm lại. Ông có những vấn đề nghiêm trọng trong phổi và chính phủ Đức trợ cấp cho ông đi du lịch đến vùng khí hậu êm dịu của Ý để bình phục. Vài năm sau, Riemann đi đi về về giữa các thành phố của Ý và Göttingen. Trở về Göttingen, ông lại đổ ốm lần nữa, trong khi ở Ý sức khỏe đã được cải thiện. Hiểu rõ tình trạng của ông, trường Đại học Pisa đề nghị dành cho ông một chức giáo sư, nhưng Riemann suy yếu thêm và lại cố gắng quay trở về cuộc sống hàn lâm quen thuộc ở Göttingen. Sức khỏe của ông trở nên tồi tệ nghiêm trọng. Riemann mất vì bệnh lao phổi tại một biệt thự ở Lago Maggiore tại miền bắc Ý vào tháng 7 năm 1866, thọ 39 tuổi.

Chương VIII: BERLIN: PHƯƠNG TRÌNH TRƯỜNG

Có hai loại nhà vật lý ở Berlin: một bên là Einstein, một bên là tất cả những người còn lại (Rudolf Ladenburg, một trong “phần còn lại”)^[1]

Ngày 3 tháng 7 năm 1913, Viện hàn lâm Phổ tại Berlin bỏ phiếu bầu Einstein làm một thành viên trong một cuộc bầu cử gồm 23 phiếu thuận 1 phiếu chống. Ngày 6 tháng 4, Einstein và gia đình chuyển đến Berlin.

Sau khi chia tay với Mileva, Einstein sống trong một căn hộ dành cho người độc thân tại số 13 Wittlesbacherstrasse trong khu vực của tầng lớp trung lưu lớp dưới của Wilmersdorf thuộc khu tây nam Berlin. Căn hộ nằm trên một phố yên tĩnh, ba đường xe chạy, trong một toà nhà nhiều tầng kiến trúc không có gì khác biệt. Ngày nay, đây là một khu vực chung sống lẫn lộn giữa người gốc Berlin và người sinh đẻ ở nước ngoài. Có những chậu hoa với những cây phong lữ hoa đỏ thắm trang trí trên hầu hết các ban-công, xe ô tô đậu hai bên hè phố thường là các loại xe Nhật bản loại nhỏ, đời cũ, rẻ tiền khác với những xe Mercedes, BMW trong nhiều khu vực khác của Berlin. Nhưng không có dấu hiệu nào để chỉ ra rằng nhà vật lý vĩ đại nhất của thế kỷ 20 đã có một giai đoạn sống ở đó và rằng trong một căn hộ ở tầng trên nhà vật lý đó đã sáng tạo nên thuyết tương đối tổng quát làm cả thế giới phải kinh ngạc.

Cách căn hộ này về phía bắc khoảng hai mươi phút đi bộ là khu vực thời thượng Kurfurstendamm, mà người Berlin gọi tắt là Ku'damm. Tại đây, trên một phố rộng và tấp nập đã có và vẫn có những cửa hàng đủ loại và những hiệu café theo một lối mới. Xa hơn về phía đông, đằng sau Ku'damm, là khu vườn thú Tiergarten, một trong các công viên ở giữa thành phố lớn nhất châu Âu. Những lúc ông tìm kiếm sự bình an và riêng tư, Einstein có thể đến đây và đi bộ dọc theo những hành cây sồi lớn, hoặc ngồi dưới gốc liễu trầm tư bên một dòng nước phẳng lặng nhìn đàn vịt bơi tung tăng và nghe tiếng chim đủ loại hót lanh lảnh. Ông có thể lang thang hàng giờ dọc theo những lối đi rộng của Tiergarten khó gặp được một bóng người nào. Trước đây nơi đây là vườn sản hoàng gia nơi người ta thả súc vật sống tự do để thoả mãn thú chơi săn của nhà vua.

Nếu đi bộ thông qua phía đông công viên, sau khoảng một giờ, sẽ đến trung tâm Berlin, Mitte, nơi Einstein làm việc trong một toà nhà nhà nước bằng đá màu xám – Viện hàn lâm Phổ (Preussische Akademie der Wissenschaften) tại số 8 phố Unter den Linden, một toà nhà lịch sự sang trọng nhất Berlin. Đây là một toà nhà rất ấn tượng với một cái sân bên trong và vòi phun nước ở giữa, bao quanh bởi những chiếc ghế dài. Bên phải là một tấm biển kỷ niệm viết ngắn gọn về 17 năm Einstein làm việc tại đây. Bên trong cái sân hình vuông, những cây thường xuân lớn lên trên những bức tường. Ngày nay toà nhà này dành cho Thư viện nhà nước Berlin và Thư viện Phổ.

Quán café gần nhất là hai khối nhà ở phía tây Viện hàn lâm, trên phố Unter den Linden, gần Cổng Brandenburg. Quán đó được đặt tên là Café Einstein. Nhưng nếu hỏi người hầu bàn về nguồn gốc của cái tên đó, anh ta sẽ trả lời: “Chẳng có gì liên quan đến nhà vật lý nào ở đây cả”. Trong một giọng Đức nặng anh ta nói rằng Einstein đơn giản chỉ có nghĩa là ein stein – tức là “one stone” (một hòn đá). “Ông thấy đấy”, anh ta nói, “ông chủ nói trước đây ở đây chỉ có một hòn đá, và do đó ông ta xây dựng nó thành một quán café”. Phía bên kia Viện hàn lâm là toà nhà của Đại học Humbolt. Ở đó, một tấm biển kỷ niệm lớn ghi rõ rằng tại đây Max Planck đã khám phá ra một khái niệm của lý thuyết lượng tử được đặt tên theo tên của ông ta, ký hiệu là h và được trình bày trên tấm biển đó.

Khi danh tiếng mang lại cho ông thêm của cải, và sau khi cưới Elsa, gia đình Einstein dọn đến một căn hộ khác. Ở phía đông Wilmersdorf trong một khu gần trung tâm hơn thuộc một vùng trung lưu chắc chắn, địa chỉ số 5 đường Haberlandstrasse. Ngày nay, một toà nhà mới hơn đã thay thế ngôi nhà cao lớn có căn hộ của Einstein ở đó, và không có một dấu hiệu nào cho thấy Einstein đã sống ở đó. Bên kia đường có một tấm biển kỷ niệm Rudolf Breitscheid, một bộ trưởng Phổ sống ở đó những năm 1932 – 1933. Căn nhà số 5 đường Haberlandstrasse có một dấu hiệu kỷ niệm trên đường phố cho biết người Do Thái đã bị cắt điện và nước ở đây như thế nào và tài sản của họ bị tịch thu năm 1942 ra sao.

Einstein hồi phục một cách chậm chạp sau thất bại của cuộc thám hiểm ở Crimea của Freundlich nhằm kiểm chứng lý thuyết của ông. Sau khi không còn bản khoản về những tấm phẳng chụp hình và những chi tiết thiên văn nữa, ông đã có thể trở lại với cái mà ông có khả năng làm tốt nhất – vật lý lý thuyết. Như lịch sử đã phán xét, đây là một quyết định hết sức hợp lý. Vào năm 1914 thuyết tương đối tổng quát còn xa mới trở thành một lý thuyết hoàn thiện. Vì thế trong khi cuộc chiến tranh thế giới đang diễn ra ác liệt tại Âu châu, Einstein theo đuổi nghiên cứu một cách êm ả. Về mặt chính trị, không có nơi nào tệ hơn đối với Einstein như ở Berlin. Vào thời gian đó không khí Berlin tràn ngập thái độ căm thù, tinh thần hăng máu chiến tranh, và bắt đầu nảy sinh chủ nghĩa không khoan dung và chống Do Thái. Như sau này ông nhớ lại, lần đầu tiên Einstein phải đương đầu với bóng ma của chủ nghĩa chống Do Thái không phải tại trường công giáo, nơi ông là học sinh Do Thái duy nhất, cũng không phải tại trường trung học, và không phải tại Praha, mà chính là tại Berlin. Đây chỉ là sự khởi đầu của một quá trình lịch sử sẽ làm cho thủ đô của nước Đức chìm dần vào trong bóng tối. Nhưng Einstein vẫn sống trong sự bình yên đáng ngạc nhiên và có một cuộc sống cực kỳ hiệu quả tại một thành phố đang có chiến tranh, để có thể hoàn thiện lý thuyết phi thường của mình.

Về mặt trí tuệ, Einstein không thể tìm đâu ra một nơi chốn tốt hơn thế nữa, bất chấp chính trị và chiến tranh. Trong những năm ông ở Berlin, những bộ não vĩ đại nhất của vật lý trên thế giới tập trung ở đó. Những người này bao gồm Planck và Nernst, hai nhân vật khổng lồ của nền khoa học Đức; Max von Laue, người khám phá ra sự nhiễu xạ tia X; James Frank và Gustav Herz, những người khám phá ra sự va chạm của electron tốc độ cao sẽ sản ra ánh sáng với những màu xác định; và Lise Meitner, một nhà vật lý ở Vienne đã có những đóng góp về phóng xạ và là người mà Einstein phải nhận xét rằng công trình của bà đã vượt qua bà Curie. Trong những năm sau này, nhóm các nhà khoa học phi thường này được bổ sung thêm một nhà khoa học người Áo khác, người phát triển lý thuyết lượng tử Erwin Schrodinger.

Do đó, bất chấp việc Einstein rất không ưa thích mọi thứ mang tính cách Phổ, bất chấp nhận thức của Einstein về tính không khoan dung và chống Do Thái, và những sự kiện chẳng hài lòng gì về chiến tranh, cuộc sống chuyên môn của Einstein vẫn trở nên thịnh vượng. Các thành viên của hội đồng khoa học của Viện hàn lâm theo thông lệ vẫn gặp gỡ hàng tuần để thảo luận các chủ đề nghiên cứu mới, và Einstein có mặt trong hầu hết các cuộc họp mặt đó. Ông thường nêu lên những câu hỏi thách thức tư duy và tham gia tích cực vào các cuộc thảo luận đó, hoàn toàn không nhằm gây ra sự chú ý đối với cá nhân ông. Tác phong này giữ mãi trong giai đoạn ông ở Berlin và cả sau khi ông đã trở thành một nhân vật quốc tế. Bất chấp tính dễ chan hoà của ông, một bản chất dễ dãi hay cười và tốt bụng, và sự tham gia của ông vào những sự kiện và các cuộc tụ họp xã hội, một số người mô tả ông như một kẻ lãnh đạm. “Những người tóc vàng lạnh lùng này làm tôi cảm thấy không thoải mái; họ không hiểu biết tâm lý của những người khác”, một lần ông giải bày với một người bạn [2]. Nhưng những ứng xử đó là điều dễ hiểu. Lúc này Einstein đang ở trong giai đoạn cuối trong một cuộc chạy đua dài nhằm phát triển thuyết tương đối tổng quát. Ông phải cống hiến sức lực cho nhiệm vụ này, và giữ những quan hệ xã hội bắt buộc ở mức tối thiểu.

Cuộc chạy đua để hoàn thành thuyết tương đối tổng quát là một câu chuyện về sự thử thách và những sai lầm toán học trong quá trình giải quyết những thách thức vĩ đại của vật chất và trường hấp dẫn, mà Einstein đã biểu diễn với một tốc độ phi thường không thể hiểu nổi trong vòng một tháng: tháng 11 năm 1915. Trong công trình này, Einstein đã sửa chữa được sai lầm trong công trình làm chung với Grossmann năm 1913 và tổng quát hoá hơn nữa công trình làm chung với A.Fokker, một nghiên cứu sinh làm luận án tiến sĩ tại ETH. Từ tháng 7 đến tháng 10 năm 1915, Einstein ngập sâu vào việc tháo gỡ những hạn chế nghiêm trọng mà ông đã nhận thức được trong những công trình kết hợp này.

Những phương trình ông đã nghiên cứu trong nỗ lực đạt tới một lý thuyết tương đối tổng quát về hấp dẫn không bao gồm khả năng của những chuyển động quay đồng nhất mà nghiên cứu khảo sát vật lý đòi hỏi. Các định luật vật lý cần phải được duy trì ngay cả khi hệ tọa độ thay đổi, do đó một hệ thống chuyển động quay tròn cần tuân theo cũng những định luật mà một hệ tĩnh tuân thủ. Vấn đề thứ hai là các phương trình không giải thích được độ tuế sai tổng cộng đã quan sát được (một độ lệch của trục quay) tại điểm cận nhất (điểm gần Mặt Trời nhất) của Sao Thủy. Vấn đề thứ ba là chứng minh của Einstein về một chi tiết kỹ thuật trong lý thuyết – tính duy nhất của Hàm Lagrange về hấp dẫn (động

năng) – là không chính xác. Vấn đề thứ tư, mà Einstein không biết, là dự đoán của ông về độ lệch của tia sáng do trường hấp dẫn của Mặt Trời gây ra bị sai một nửa. Trong một cơn lốc nghiên cứu ứng dụng hình học Riemann, toàn bộ những vấn đề này được Einstein sửa chữa chỉ trong vòng tháng 11.

Ngày 4 tháng 11, Einstein gửi tới Viện hàn lâm Phổ một công trình về thuyết tương đối tổng quát. Đây là một văn bản hoàn toàn mới trong đó các phương trình hiệp biến tương ứng với các biến đổi có định thức bằng 1. Đây là một chi tiết kỹ thuật tổng quát hơn những gì đã sử dụng trong các công trình Einstein-Grossmann và Einstein-Fokker những năm trước đây. Ông thú nhận với Viện hàn lâm rằng ông đã mất niềm tin đối với các phương trình ông đã nghiên cứu trước đây và rằng chứng minh của ông trước đây dựa trên một quan niệm nhầm lẫn. Nhưng Einstein nhận ra rằng nếu ông muốn các phương trình mô tả trường hấp dẫn một cách đúng đắn thì ông cần một sự tổng quát hoá cao hơn rất nhiều. Tại điểm này, tiến bộ mà ông đạt được trong công trình với Grossmann hai năm trước đây là không đáng kể. Cái bây giờ cần phải có là một bước nhảy khổng lồ trong hiểu biết lý thuyết đối với các định luật của tự nhiên, và một bước nhảy tương ứng trong mức độ phức tạp của toán học. Tại đây, Einstein có thể sử dụng sức mạnh đầy đủ của hình học Riemann cũng như những công trình của các nhà toán học Ý Ricci, Levi-Chivita, và Luigi Bianchi (1856 – 1928). Einstein không hề biết đến các đẳng thức tensor mà Bianchi đã nghiên cứu – do đó ông đã tự khám phá ra chúng theo cách riêng trong quá trình một tháng làm việc hết sức căng thẳng.

Einstein đã bị bối rối bởi những khó khăn kỹ thuật tưởng chừng không thể vượt qua. Ngày 11 tháng 11, làm việc ráo riết với bài toán này, ông đã vô ý đi một bước ngược. Trong khi đặt ra một sự hạn chế không cần thiết đối với các phương trình của mình, Einstein đi đến một kết thúc với những phương trình không thích đáng giống hệt như ông đã tìm thấy một tuần trước đó. Thế là ông quay trở về bước xuất phát.

Ngày 18 tháng 11, Einstein đặt một điều kiện được gọi là bất biến mô-đun-tổng-hợp (unimodular invariance) và thực hiện một số biến đổi toán học dường như dẫn tới một kết quả hoàn toàn mới. Trong phút sững sờ bồng tỉnh, ông khám phá ra rằng phương trình mới đã giải thích một cách chính xác độ dịch chuyển của điểm cận nhật của Sao Thủy. Tính toán của ông dựa trên lý thuyết phù hợp với cái mà các nhà thiên văn đã quan sát được về quỹ đạo của hành tinh này. Lúc này Einstein đã có ít nhất một sự xác nhận đối với một phần trong lý thuyết của ông. “Trong vài ngày, tôi sống trong một tâm trạng bị kích thích sung sướng cao độ”, ông viết trong một thư cho Ehrenfest. Sau này ông sử dụng một tài liệu kết quả thiên văn để cùng với Freundlich công bố một bài báo giải thích góc tuế sai của điểm cận nhật của Sao Thủy dựa trên lý thuyết của ông.

Nhưng trong khi thuyết tương đối tổng quát – trong dạng áp chót vừa mới tìm thấy – đã giải thích được một thách đố thiên văn tồn tại từ lâu, thì bản thân nó vẫn chưa đủ trở thành một khám phá đưa vấn đề tương đối đến toàn thế giới. Sự khác biệt này phụ thuộc vào hiện tượng mà Einstein bận tâm nhiều nhất: tính cong của không gian, làm cho tia sáng bị bẻ cong xung quanh những đường viền không nhìn thấy. Nhưng ở đây, một đột phá lý thuyết lớn đã xảy ra đúng vào lúc Einstein giải thích bài toán điểm cận nhật. Ngày 18 tháng 11, Einstein dành một nửa trang trong công trình của ông để thông báo một khám phá thứ hai rút ra từ những phương trình đã cải tiến của ông nhằm mô tả trường hấp dẫn: sự cong của ánh sáng được giả thiết từ bấy năm trước phải có một độ lớn là 1,75 giây đối với một tia sáng đi sát mép Mặt Trời, thay vì chỉ bằng một nửa độ lớn đó như trước đây ông đã tính. Ở đây Einstein đã hoàn toàn áp dụng tư tưởng cho rằng không gian bản thân nó cong do trường hấp dẫn, thay vì chỉ sử dụng các khái niệm hấp dẫn của Newton với đặc trưng bẻ cong của khảo sát lượng tử ánh sáng – một photon – như một hạt có khối lượng.

Einstein tiếp tục làm việc say sưa – lúc này ông đã đến rất-rất gần phương trình cuối cùng – phương trình mô tả không-thời-gian sẽ bị cong ra sao dưới tác dụng của trường hấp dẫn. Ông biết rằng ở đây ông đã có một cuộc cạnh tranh dữ dội cũng như một sự chống đối độc địa từ một số nhà khoa học. Trong số này có Max Abraham (1875 – 1922), người chống đối thuyết tương đối về mặt triết học, Gustav Mie (1868 – 1957), người đã phát triển một lý thuyết khác cố gắng giải thích khối lượng và hấp dẫn tương tác với các hiện tượng điện từ ra sao, và người cạnh tranh kiên quyết của ông là Nordstrom,

với lý thuyết có những điểm tương tự với Einstein nhưng thiếu sức mạnh đầy đủ của tính tương đối, như lịch sử sau này đã phán xét. Ngày 7 tháng 8 năm 1914, Einstein viết cho Freundlich, than phiền một cách cay đắng về một số đối thủ của ông và lý thuyết của họ: “Xem xét lý thuyết hấp dẫn của Nordstrom, trong đó độ lớn góc lệch của tia sáng không phải là vấn đề quan trọng, chúng ta có thể thấy được xây dựng trên không gian Euclid bốn chiều cố hữu, mà theo ý nghĩ của tôi đó là một dạng mê tín. Mới đây Mie bắt đầu một cuộc luận chiến ác ý chống lại lý thuyết của tôi trong đó cho rõ ràng là những quan điểm đã nói ở trên là có thể thấy rõ. Tôi rất vui mừng khi thấy các đồng nghiệp của chúng ta bận bịu với lý thuyết của tôi – thậm chí nếu bận bịu vì hy vọng giết chết nó”.

Một năm sau, Einstein không hề hay biết rằng bây giờ mình lại có thêm một đối thủ mới – một nhà toán học sáng chói mà Einstein vẫn coi là một tên tuổi xuất sắc. Đó chính là David Hilbert (1862 – 1943) nổi tiếng. Ngày 7 tháng 11, Einstein gửi cho Hilbert những chứng minh trong công trình của ông trong đó đã rút ra những phương trình trường hấp dẫn sau khi nhận ra rằng phương pháp của ông trước đây là sai [3]. Sau đó ông tiếp tục gửi tới Hilbert những cách giải những phương trình này khi chúng tiến triển, và chúng ta được biết Hilbert đã có mặt trong một buổi nói chuyện của Einstein về những nghiên cứu tiếp tục của ông đối với thuyết tương đối tổng quát tại Đại học Göttingen, nơi Hilbert là một giáo sư toán học. Sau này, Hilbert đã chúc mừng Einstein vì khám phá đột phá của ông về nguyên nhân của dịch chuyển điểm cận nhật. Sau khi đã nhìn và nghe Einstein giải thích công trình của chính Einstein, Hilbert bèn đi đến kết luận rằng công trình nghiên cứu riêng của ông tại Göttingen cũng đi đến những phương trình tương tự như sản phẩm cuối cùng của Einstein. Tám năm sau, một uỷ ban khoa học đã làm rõ mọi việc đối với cả hai người để loại trừ bất kỳ một sự nghi ngờ nào trong việc người này có thể lấy công trình của người kia để biến thành công trình của mình. Uỷ ban này nhận định rằng những phương trình của Hilbert có thể xem như một ghi chú thú vị cho các phương trình trường của Einstein, vì cách giải của Einstein là hợp lý, đầy đủ và hoàn toàn chính xác. Công trình của Hilbert chỉ là một sự chi tiết hoá toán học cục bộ trong lược đồ tổng quát của Einstein.

Năm 1917 Hilbert viết rằng công trình của ông đã nhận được sự giúp đỡ đặc lực của Emmy Nother (1882 – 1935), người đã tiếp tục làm việc với ông sau khi đã tìm ra những kết quả tương đối tổng quát. Nhưng Einstein cũng được giúp đỡ bởi công trình của Nother, người mà ông đã ca ngợi sau cái chết năm 1935 của bà như sau: “Theo nhận định của phần lớn các nhà toán học xuất sắc đang còn sống, Fraulein Nother là một thiên tài toán học có những sáng tạo xuất sắc, kể từ khi nền giáo dục cao cấp dành cho phụ nữ bắt đầu có hiệu lực” [4].

Einstein có lý do đúng đắn để mô tả Emmy Nother trong những từ ngữ sáng chói như thế, vì nhờ định lý của bà mà Einstein đã rút ra hai hệ quả quan trọng cho phương trình trường hấp dẫn của ông. Hệ quả thứ nhất là quan hệ bảo toàn đối với tensor momen năng lượng T . Đây là một tính chất vật lý cần thiết đối với phương trình trường, nhưng Einstein lúc đầu không chấp nhận nó vì đã sử dụng một điều kiện tọa độ toán học sai lầm. Hệ quả thứ hai được gọi là những đẳng thức Bianchi thu gọn. Những đẳng thức này chứa đựng những điều kiện kỹ thuật quan trọng mà sự hiệp biến tổng quát được duy trì: tính cong cho phép các định luật vật lý không thay đổi ngay cả khi hệ tọa độ chuyển động. Trong khi Einstein rút ra mối quan hệ liên quan đến tensor Ricci và tensor khoảng cách g theo cách riêng của mình, mối quan hệ đã thực sự được rút ra từ năm 1880 bởi nhà toán học Đức Aurel Voss (1845 – 1931), nhưng chứng minh của ông không gây nên sự chú ý vào thời đó và do đó định lý của ông đã được tái khám phá bởi nhà toán học người Ý Luigi Bianchi (1856 – 1928). Cả hai kết quả này đều là hệ quả tất yếu của các định lý tổng quát hơn của Nother. Thật thú vị để thấy rằng Emmy Nother – trực tiếp trong trường hợp thứ nhất và gián tiếp trong trường hợp thứ hai – cuối cùng đã giúp cả hai đối thủ cạnh tranh trong cuộc chạy đua tìm ra những phương trình của thuyết tương đối tổng quát: Hilbert và Einstein.

Năm 1997, cuộc tranh luận về quyền tác giả của phương trình trường đi đến một kết luận xác định thông qua nghiên cứu của L.Corry, J.Renn, và J.Stachel, “Kết luận tối hậu về cuộc tranh luận quyền tác giả Hilbert-Einstein” trên tạp chí Science, tập 278 ngày 14 tháng 11 năm 1997, trang 1270-3. Các tác giả đã tiến hành một cuộc nghiên cứu các văn khố, phát hiện thấy một loạt các chứng minh nguyên thủy từ trước đến nay không ai để ý đến trong bản thảo của Hilbert gửi tới tạp chí của Hội khoa học Göttingen ngày 16 tháng 12 năm 1915. Bản thảo này phủ nhận bất kỳ khả năng nào Einstein có thể lấy cắp công trình của Hilbert, và hơn nữa khẳng định rằng Einstein đã rút ra phương trình một cách chính

xác, trong khi cách giải của Hilbert không dẫn đến một kết quả nào dưới dạng một phương trình chính xác, mãi cho đến sau khi công trình của Einstein đã được công bố. Trong các chứng minh, Hilbert lý luận rằng phương trình của ông không hiệp biến một cách tổng quát, như nội dung tương đối tính của một lý thuyết đúng đắn về trường hấp dẫn đòi hỏi.

Phương trình trường của Einstein có 10 thành phần, những thành phần này có thể nhìn thấy bằng việc cân nhắc xem xét ảnh hưởng lẫn nhau giữa 4 biến số không-thời-gian, trừ bớt những phần thừa dư ($4 \times 4 - 6 = 10$). Trong khi đó Hilbert rút ra 14 thành phần cho phương trình trường hấp dẫn của ông, và bốn thành phần bổ xung không hiệp biến, như chính ông đã lưu ý. Hilbert cần bốn thành phần bổ xung để bảo đảm tính chất của nguyên nhân bên trong phương trình của mình. Làm điều đó, ông để mất tính hiệp biến quan trọng – điều đó có nghĩa là phương trình của ông có một sự phụ thuộc không mong muốn vào hệ tọa độ – một điều không thể có đối với các định luật vật lý đúng đắn. Trong khi đó Einstein lại có ngay điều đó, đơn giản chỉ với 10 thành phần. Khi công trình của Einstein được công bố, Hilbert tuyên bố rằng không cần thiết phải tính toán để thu được một phương trình hiệp biến đầy đủ với 10 thành phần. Sau này, ông rút lại nhận định đó, thừa nhận công trình của Einstein là cần thiết.

Có một thủ thuật toán học mà nhà vật lý Einstein biết rõ, trong khi Hilbert, một trong những nhà toán học lớn nhất của mọi thời đại, lại không biết. Đó là sự rút gọn của một tensor chủ yếu, tensor Ricci, và đưa “trace-yếu tố đặc trưng” (δ^{8-1}) của tensor rút gọn vào trong phương trình. Einstein đã làm điều này điều này trước khi công bố công trình, trong khi Hilbert chỉ biết được điều đó *sau khi* ông đã nhìn thấy công trình của Einstein. Thật vậy, trong khi xem xét công trình của Hilbert được công bố trước công trình của Einstein, các nhà nghiên cứu thấy bản thảo gốc của Hilbert chứa đựng sai lầm. Bản thảo sau này được sửa chữa chỉ sau khi Hilbert đã nhìn thấy công trình hoàn toàn chính xác của Einstein. Có thể hiểu được vì sao Einstein rất giận dữ về cái mà ông biết chắc là một sự đạo văn của một đồng nghiệp mà ông tin tưởng. Tuy nhiên, sự nổi giận của ông cũng thuyên giảm đủ mức và ngày 20 tháng 12 năm 1915, Einstein viết cho Hilbert:

“Đã có điều không vui nhất định giữa chúng ta, tôi không muốn phân tích thêm nguyên nhân của nó nữa. Tôi đã đấu tranh chống lại cảm giác cay đắng dính dáng tới chuyện đó, và tôi đã đạt được thắng lợi hoàn toàn. Tôi nghĩ lại về ngài với một tinh thần thân ái không suy giảm và mong ngài cũng đối với như thế”. Với bài báo của Corry, Renn, Stachel, vấn đề đã được cho qua. Thuyết tương đối tổng quát là của Einstein và chỉ Einstein mà thôi.

Các nhà lịch sử khoa học phải đối mặt với một nhiệm vụ rất khó khăn là cố gắng tái hiện từng bước khám phá phi thường của Einstein về các định luật của thuyết tương đối tổng quát. Trong khi xuất bản cuốn *Những công trình tuyển chọn của Albert Einstein* (The Collected Papers of Albert Einstein), dự án bao gồm nhiều tập do John Stachel và các cộng sự của ông trong nhiều năm qua, các nhà nghiên cứu đã tình cờ tìm thấy một cuốn sổ chứa đựng những ghi chép bằng tay của Einstein trong mùa hè 1912 và mùa xuân 1913 khi ông ở Zurich. Năm 1984, một cộng sự của Stachel là John Norton đã công bố một công trình – dựa trên việc phân tích cuốn Sổ Ghi Chép Zurich – điều chỉnh lại những cách hiểu chưa đúng về quá trình gian khổ của Einstein trên con đường đi tới thuyết tương đối tổng quát. Tuy nhiên trong một vài phần của cuốn sổ ghi chép đó vẫn có những phần chưa rõ đối với các nhà nghiên cứu hiện đại. Năm 1997, Jurgen Renn và Tilman Sauer đã thực hiện một phân tích hệ thống đối với cuốn sổ ghi chép Zurich trong một cố gắng hiểu nó hoàn toàn. Sổ ghi chép đó, với tiêu đề “Relativitat” (Tương đối) gồm 84 trang ghi chép ngắn, các phương trình, và các tính toán với một ít giải thích hoặc không có. Do đó việc phân tích cần phải dựa trên những kiến thức cơ bản của vật lý và toán học hiện nay, những kiến thức làm nền tảng cho các phương trình. Các nhà nghiên cứu đi qua từng chi tiết nhỏ nhất của Einstein, cố gắng xây dựng lại quá trình tư duy của ông. Và cuối cùng sự phân tích đã hé lộ một điều hết sức bất ngờ: ngay từ năm 1912, Albert Einstein đã viết ra một phương trình gần đúng với phương trình trường hấp dẫn cuối cùng mà ba năm sau ông đã chính thức tìm ra. Điều này đã xảy ra như thế nào ?

Những bước đi đầu tiên của Einstein chưa có gì chắc chắn. Ông bắt đầu bằng cách viết thành phần khoảng cách Riemann nhưng ông chưa nhất quán với cách đặt ký hiệu, ban đầu ông dùng chữ “G” to để ký hiệu tensor khoảng cách, sau này trong sổ ghi chép lại đổi thành chữ “g” nhỏ. Sau đó Einstein

khảo sát các phương trình và thử nghiệm những thủ thuật toán học khác nhau nhằm làm cho tensor khoảng cách và các thành tố hấp dẫn ăn khớp với cái nền của thuyết tương đối đặc biệt trong không-thời-gian 4 chiều. Và bất thành linh ông tìm thấy kết quả: một dạng tuyến tính của phương trình trường hấp dẫn như hiện nay. Nhưng hình như Einstein nghĩ rằng phương trình này chưa chính xác – có những số hạng ông thấy phiền toái vì chúng không thoả mãn tất cả mọi đòi hỏi. Thế là ông từ bỏ phương trình đó và tốn rất nhiều thời gian trong những năm tiếp theo để theo đuổi một chương trình nghiên cứu dẫn tới hết ngõ cụt này đến ngõ cụt khác. Năm 1915, có thể không biết rằng ba năm trước ông đã có một phương trình trong tay, ông lại tái khám phá ra nó một lần nữa – lần này là một phương trình trong dạng đầy đủ và thoả mãn tất cả mọi điều kiện của ông.

Trong khi giải phương trình, Einstein sử dụng tensor khoảng cách của Riemann – cách đo khoảng cách trong một không gian cong: . Phương trình của ông cũng bao gồm một tensor momen năng lượng T , tensor Ricci R xác định độ cong của không thời gian, đồng thời hằng số hấp dẫn Newton G , và các số 8 và p . Trong khi những đại lượng này tạo nên một tập hợp các phương trình khác nhau, nhưng việc cô đọng ký hiệu vào trong các tensor sẽ cho phép viết ra một phương trình duy nhất, ngắn gọn và tao nhã về mặt toán học, vì mỗi tensor chứa đựng một vài thành tố. Einstein tính toán cân nhắc các tensor và những con số (những con số không phải tensor như số 8 và số p đã nói ở trên) trong đầu và trên giấy trong khi vẫn đắm đuối với khám phá giải thích vấn đề cận nhật của Sao Thủy. Giai đoạn làm việc căng thẳng cuối cùng đã diễn ra trọn một tuần. Ngày 25 tháng 11 năm 1915, trước mặt Einstein là phương trình cuối cùng mô tả không gian và thời gian, dẫn đến độ cong gây ra bởi trường hấp dẫn với tất cả các ý nghĩa của nó. Ông viết ra phương trình :

$$R_{\mu\nu} - 1/2g_{\mu\nu}R = -8\pi GT_{\mu\nu}$$

Ngày 20 tháng 3 năm 1916, Einstein gửi tới tạp chí *Annale der Physik* công trình của ông trình bày lời giải và sự trình bày hệ thống của thuyết tương đối tổng quát đầy đủ. Cuối năm 1916 công trình này được phổ biến và trở thành cuốn sách đầu tiên của Einstein.

Một phương trình là một tập hợp các ký hiệu và con số được sắp đặt ở hai vế của dấu bằng (=). Phương trình mô tả một quan hệ giữa các đại lượng có mặt trong phương trình. Nhưng một phương trình tự nó không cung cấp các nghiệm. Phương trình cần phải được *giải*. Khi Einstein đã sáng tạo ra phương trình (tensor) của ông nối liền các đại lượng khác nhau xác định các tính chất của tự nhiên, nhiệm vụ còn lại là giải phương trình đó. Theo một nghĩa nào đó, điều này là một thách thức đối với thế giới khoa học – hãy giải phương trình của tôi và sẽ biết được một cái gì đó về các luật của tự nhiên. Giải phương trình trường của Einstein có nghĩa là tìm ra cái *khoảng cách* (metric) thoả mãn phương trình. Có nghĩa là xác định đại lượng của khoảng cách Riemann áp dụng đối với bất kỳ tình huống nào mà phương trình đã ràng buộc.

Nếu biết “thành phần xác định đường ngắn nhất”, chúng ta sẽ biết *hình dạng*, độ cong của không-thời-gian trong tình huống cụ thể mà phương trình của Einstein được áp dụng. Chúng ta sẽ biết cái gọi là “đường ngắn nhất” trong không gian cong đó có hình dạng như thế nào và đường nào là đường xác định khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm. Chẳng hạn, nếu áp dụng phương trình Einstein cho mặt cầu, người ta sẽ tìm thấy “đường ngắn nhất” xác định khoảng cách ngắn nhất trong không gian này là đường tròn lớn, như mọi phi công và thuyền trưởng đều biết. Tất nhiên, phương trình được áp dụng cho những không gian phức tạp hơn, trong đó lực hấp dẫn đóng một vai trò nhất định. Nó giải thích lực hấp dẫn đã áp đặt tính cong lên không gian như thế nào.

Quá trình khám phá tự nhiên do Einstein phát động bằng phương trình trường của ông đã được hậu thế tiếp nối đến thời đại của chúng ta và sẽ còn được tiếp tục đẩy mạnh mãi mãi trong tương lai. Việc giải phương trình Einstein dẫn tới sự khám phá ra những hiện tượng mà phương trình đã tiên đoán. Những hiện tượng này bao gồm sóng hấp dẫn, sự làm cong không gian, hiện tượng “kéo khung” (frame dragging) – hiện tượng không-thời-gian bị xoáy xung quanh một vật thể có khối lượng đang chuyển động quay, đó là chưa kể đến bài toán điểm cận nhật, dịch chuyển về phía đỏ do trường hấp dẫn, và sự cong của ánh sáng. Người đầu tiên giải phương trình Einstein là một người lính trong Thế Chiến I, thậm chí trước khi lý thuyết của Einstein được công bố đầy đủ (ngoại trừ những lời giải của chính Einstein

dẫn tới dịch chuyển về phía đỏ, sự cong của ánh sáng, và một số hiệu ứng khác mà Einstein tự xác định được ý nghĩa).

Ngày 16 tháng 1 năm 1916, và một lần nữa ngày 24 tháng 2 năm 1916, Einstein đọc trước Viện hàn lâm Phổ hai công trình nghiên cứu của Karl Schwarzschild (1873 – 1916), một nhà thiên văn Đức xuất sắc, giám đốc Đài quan sát thiên văn Postdam, và chính là người đầu tiên giải phương trình trường hấp dẫn của Einstein. Lời giải của Schwarzschild sau này dẫn tới những hiểu biết về hố đen, và chủ yếu nêu lên những ngụ ý mạnh mẽ của phương trình trường của Einstein đối với vũ trụ học. Schwarzschild không thể đọc công trình của ông trước Viện hàn lâm vì vào lúc đó ông đang mòn mỏi chờ đợi trong các chiến hào của mặt trận phía đông của Thế Chiến I. Tại đó trên các mặt trận, đối mặt với quân Nga, Schwarzschild đã đọc công trình của Einstein và giải các phương trình trong đó. Ông gửi lời giải của mình về Berlin cho Einstein. Schwarzschild chết ngày 11 tháng 5 năm 1916, do một căn bệnh ông bị lây ngoài mặt trận. Ngày 29 tháng 6, Einstein đọc lời cáo phó Schwarzschild trước Viện hàn lâm Phổ.

Ngày 5 tháng 5 năm 1916, Einstein được bầu làm người thay thế Planck và trở thành chủ tịch Hội vật lý Đức. Từ đó, các đồng nghiệp của ông ở Berlin và những nơi khác trên thế giới bắt đầu nhìn ông với một sự kính trọng lớn. Kết luận của ông về các định luật của thuyết tương đối tổng quát là hoàn mỹ về lý thuyết và chất lượng của công trình không thể thoát khỏi sự chú ý của các nhà khoa học. Nhưng Einstein vẫn chưa có cái mà ông muốn có nhất: Một chứng minh bằng thực tế quan sát rằng ánh sáng bị cong xung quanh Mặt Trời. Bước cuối cùng là cần phải biến công trình của ông từ một lý thuyết đẹp để thành một sự mô tả thực tế các định luật của vũ trụ. Để có điều này ông sẽ phải chờ ba năm nữa. Trong thời gian chờ đợi đó, Einstein tiếp tục công việc của mình với những thành tựu đáng kinh ngạc. Ông viết một công trình mô tả hiện tượng sóng hấp dẫn. Einstein giải phương trình trường của ông và tìm ra rằng hấp dẫn bản thân nó có thể tạo ra sóng không thể nhìn thấy hoặc cảm thấy, nhưng có thể phát hiện được bằng những dụng cụ cực kỳ nhạy. Nhiều nhà khoa học đã tốn nhiều thời gian, công sức, và tài nguyên để cố gắng phát hiện sóng hấp dẫn. Chúng ta đã đi gần tới một khám phá như thế khi các phương tiện nghiên cứu tốt hơn và chúng ta đã bắt đầu sử dụng không gian như một phòng thí nghiệm.

Tháng 7 năm 1916, Einstein quay lại làm việc với các vấn đề cơ học lượng tử. Sau vài tháng, ông viết ba công trình về đề tài này, một trong chúng trình bày một phương pháp khác để tìm ra định luật Planck. Chính trong thời gian này, công trình của ông về cơ học lượng tử lần đầu tiên dẫn ông tới những nỗi băn khoăn đặc biệt kéo dài suốt đời ông về đặc trưng xác suất trong lý thuyết lượng tử. Sự không thỏa mãn dẫn ông tới câu nói nổi tiếng thường xuyên được trích dẫn: “Tôi sẽ không bao giờ tin rằng Chúa chơi trò súc sắc với thế gian”. Tháng 12, Einstein được bổ nhiệm làm ủy viên Ban lãnh đạo Viện vật lý kỹ thuật Hoàng gia theo sắc lệnh của nhà vua Đức. Ông giữ chức vụ này mãi đến khi ông buộc phải rời khỏi nước Đức do việc Hitler đã nổi lên cầm quyền.

[1] Philipp Frank, *Einstein: His Life and Times*, do Knopf xuất bản tại New York 1953, trang 110.

[2] Philip Frank, *Einstein: His Life and Times*, Knopf, New York 1957, trang 113.

[3] Abraham Pais, “*Subtle is the Lord . . .*”, Oxford University Press xuất bản tại New York, 1982, trang 259.

[4] Sách đã dẫn, trang 276.

(8-1) Chú thích của N.D.: “Trace” hoặc “Spur” của một Tensor là tổng các phần tử nằm trên đường chéo ma trận của Tensor đó.

Chương IX: ĐẢO PRINCIPE NĂM 1919

Cách mô tả tôi và hoàn cảnh của tôi trên tờ Times thể hiện một ánh chớp tưởng tượng thật là lý thú của tác giả bài báo. Bằng cách áp dụng thuyết tương đối theo sở thích của đọc giả, hiện nay ở Đức người ta gọi tôi là một nhà khoa học Đức và tại Anh người ta coi tôi là một gã Do Thái ở Thụy Sĩ. Nhưng nếu tôi có cái “đầu bả đậu” thì cách mô tả sẽ ngược lại, rằng đối với người Đức tôi sẽ trở thành một tên Do Thái ở Thụy Sĩ và đối với người Anh tôi sẽ là một người Đức. (Thư của Albert gửi tạp chí Times ở London, ngày 28 tháng 11 năm 1919)

Chiến tranh làm cho việc trao đổi thông tin giữa các nhà khoa học rất khó khăn. Rất nhanh sau khi Einstein công bố đầy đủ thuyết tương đối tổng quát, nhà thiên văn Hàlan Willem de Sitter (1827 – 1934) đã nhận được một bản sao của công trình. Ông biết rằng bên kia eo biển Manche, một nhà thiên văn vật lý xuất sắc sẽ rất thích thú để đọc lý thuyết phi thường của Einstein – và, hơn những người khác, sẽ hiểu thực sự những chi tiết phức tạp trong công trình bậc thầy của Einstein. Nhưng phải làm gì ? Chiến tranh ngày càng ác liệt và việc vận chuyển một văn kiện đến Anh sẽ không dễ dàng tí nào. De Sitter thiết kế một kế hoạch bí mật mang lên công trình của Einstein đến Anh và thẳng đường đến London, nơi cuối cùng nó sẽ đến được địa chỉ của người nhận: Arthur Eddington (1882 – 1944).

Arthur Stanley Eddington sinh ngày 20 tháng 12 năm 1882 tại Kendall, Westmoreland, Anh, tại đó bố của ông là hiệu trưởng một trường trung học địa phương. Khi cậu bé mới 2 tuổi, ông bố mất và bà mẹ cùng hai đứa con của mình di chuyển đến thị trấn Weston. Khi Eddington lớn lên cậu đã bị các con số lớn quyến rũ mạnh mẽ [1]. Khi còn rất ít tuổi cậu đã học thuộc lòng bảng nhân 24×24. Sự say mê các con số lớn một phần đã là nguyên nhân đưa cậu đến với khoa thiên văn. Khi giảng bài, ông thường viết những con số lớn lên bảng với tất cả các chữ số của nó (thay vì sử dụng phép lũy thừa như người ta quen dùng trong khoa học). Nhà viết tiểu sử của ông là Chandrasekhar nhớ lại rằng trong một bài giảng ở Oxford năm 1926, Eddington viết lên bảng khối lượng dự kiến của Mặt Trời, đo bằng tấn, là: 2.000.000.000.000.000.000.000.000.

Eddington theo học tại Học viện Owen ở Manchester, nơi ông tốt nghiệp năm 1903, và tiếp tục đến Cambridge để làm luận án tiến sĩ. Năm 1907, ông nhận được giải thưởng Smith và được bầu làm ủy viên Ban lãnh đạo Học viện Trinity. Cùng năm đó, theo lời mời của vị Quan chức đại diện thiên văn hoàng gia, ngài William Christie, Eddington gia nhập đội ngũ khoa học của Đài quan sát thiên văn Greenwich. Năm 1912 ông được bầu làm hiệu trưởng Đại học Cambridge. Năm 1914 ông lại được bầu làm giám đốc Đài quan sát thiên văn Cambridge. Ông giữ cả hai chức vụ đáng kính trọng này suốt trong 30 năm tiếp theo. Ngay sau khi Eddington nhận được công trình của Einstein, ông bị công trình đó chiếm lĩnh hoàn toàn. Công trình đó được viết bằng một thứ ngôn ngữ mà ông nắm rất vững.

Từ nước Thụy Sĩ trung lập, Einstein gửi các bản sao công trình của ông bằng đường sông đến Anh, nhưng hình như chỉ có bản sao do De Sitter gửi đến Eddington mới đến được Anh sau khi chiến tranh đã chấm dứt. Một cách ngẫu nhiên, De Sitter gửi tới Eddington và Hội thiên văn hoàng gia ba công trình riêng của ông về thuyết tương đối tổng quát. Một trong các công trình này, về vũ trụ học, sẽ có một ảnh hưởng quyết định đối với công trình của Einstein về vũ trụ, và đối với quá trình phát triển của vũ trụ học trong những thập kỷ tiếp theo. Eddington đã làm tất cả những gì tốt nhất để phổ biến lý thuyết tuyệt vời của Einstein tại Anh và Mỹ.

Eddington đã viết một công trình nhan đề *Báo cáo về Thuyết tương đối của trường hấp dẫn*, được công bố tại London năm 1918 và lưu hành rộng rãi trong giới khoa học ở phương tây. Eddington là một người có cảm hứng đặc biệt với thuyết tương đối. Với tư cách một nhà lý thuyết có tài năng xuất sắc, ông lập tức nhận thấy trong lý thuyết này một nền tảng logic đẹp đẽ. Eddington, mặc dù là một nhà thiên văn học, nhưng không thấy cần thiết phải tìm kiếm những bào chữa vật lý đối với phương trình đẹp đẽ của các định luật tự nhiên. Đối với ông, phương trình tự nó đã tạo nên một cảm giác hoàn mỹ. Nhưng trở chêu thay, chính Arthur Eddington, một người có niềm tin mạnh mẽ vào sự đúng đắn của

thuyết tương đối tổng quát, lại sử dụng các phép đo vật lý để chứng minh nó với thế giới. Nhưng ý tưởng chứng minh còn có một lý do khác – một chuỗi các sự kiện may rủi trong thời chiến tại Anh.

Eddington là người theo giáo phái Quaker, và do đó, giống như Einstein, là một người ưa hoà bình. Năm 1917, nước Anh nâng tuổi tối đa gọi quân dịch lên đến 35, vì nó cần thêm người đi chiến đấu. Eddington lúc đó 34 tuổi nên phải gia nhập quân ngũ, nhưng ông đã từ chối, viện cớ chiến tranh chống lại lương tri. Việc này gây nên một vấn đề rắc rối cho các giáo sư ở Học viện Trinity. Nếu Eddington từ chối quân dịch, ông có thể sẽ bị bắt và gửi tới một trại giam giữ ở miền bắc nước Anh, nơi nhiều tín hữu Quaker của ông đang sống qua những năm chiến tranh ở đó để gọt khoai tây. Điều này có thể làm cho Học viện, Đài quan sát và toàn bộ nền khoa học Anh rơi vào tình thế lúng túng. Vì thế người ta đã làm một cái gì đó nhanh chóng, trước khi Eddington bị gọi nhập ngũ.

Các nhà thiên văn và vật lý Anh, những người biết công trình của Einstein thông qua Eddington, cũng nhận thức được khả năng kiểm chứng dự đoán lý thuyết bằng việc quan sát sự cong của ánh sáng trong một kỳ nhật thực, như Freundlich đã cố gắng làm đúng vào lúc bắt đầu chiến tranh. Tháng 3 năm 1917, Quan chức đại diện thiên văn hoàng gia lúc đó là ngài Frank Dyson thông báo với các nhà khoa học rằng vào ngày 29 tháng 5 năm 1919 sẽ có một cuộc nhật thực toàn phần. Đợt nhật thực này không thể quan sát được tại châu Âu, nhưng có thể quan sát trong một khu vực trên Đại tây dương bao gồm một vùng ở Brazil đồng thời trên một hòn đảo nhỏ của Principe thuộc vùng nhiệt đới gần bờ biển Tây Phi. Dyson nhận xét rằng kỳ nhật thực lần này có thể đặc biệt thuận lợi để kiểm tra hiện tượng cong khả dĩ của ánh sáng của các ngôi sao bên rìa mép của Mặt Trời lúc bị che khuất, bởi vì sẽ có những chòm sao xuất hiện như thí nghiệm mong muốn. Thật vậy, trong thời gian nhật thực, vị trí của Mặt Trời và Mặt Trăng sẽ nằm ở giữa chòm sao Kim ngưu (Taurus) bao gồm nhóm Thất tinh (Hyades) ở ngay chính giữa. Một cơ hội như thế không thể bị bỏ lỡ, Dyson nói.

Nhưng thế giới đang có chiến tranh, và việc gửi một đoàn thám hiểm Anh đi thẳng tới bờ biển châu Phi xích đạo hoặc tới Brazil sẽ rất khó khăn. Ngay cả khi chiến tranh chấm dứt, một cuộc thám hiểm như thế vẫn rất khó thực hiện, những nguy cơ và khó khăn vận chuyển đường thủy vẫn là một thực tế tiềm tàng. Nhưng đã xuất hiện một ham muốn phiêu lưu để thực hiện một ý tưởng như thế – tiến hành một cuộc thám hiểm ở một nơi xa xôi đầy nguy hiểm vào một lúc nào đó vì mục đích hiểu biết. Dyson bị kích thích mạnh. Nhưng ông vẫn bận tâm với một vấn đề dai dẳng khác: Eddington và vấn đề lương tâm. Dyson nghĩ ra một kế hoạch thật sự quanh co – một kế hoạch sẽ giải quyết cả hai bài toán cùng một lúc.

Với tư cách Quan chức đại diện thiên văn hoàng gia, Dyson có mối quan hệ tốt với Bộ hải quân Anh. Ông gửi một đề nghị không bình thường tới Bộ hải quân. Đầu tiên, ông giải thích với họ tầm quan trọng lớn lao của thuyết tương đối tổng quát đối với khoa học (một lý thuyết do “một nhà khoa học kẻ thù” sáng tạo ra – Einstein đã phải lấy lại tư cách công dân Đức khi ông di chuyển đến Berlin để làm việc) và đây là một cơ hội có một không hai để kiểm tra lý thuyết nhân dịp xảy ra nhật thực mà khoa học đang cần có. Sau đó ông lý sự rằng Arthur Eddington là nhà khoa học duy nhất ở phương tây có khả năng hoàn thành một cuộc kiểm tra như thế. Hình như Dyson đã sử dụng cả một số lý lẽ có ý kích thích tinh thần yêu nước như sau: Trong cuốn Quang học (Opticks), ngài Isaac Newton đã nêu lên một câu hỏi bí hiểm: “Liệu các vật thể có tác động lên ánh sáng thông qua một khoảng cách và bằng tác động của chúng sẽ làm cong ánh sáng hay không?”. Hình như, bài toán liệu ánh sáng có bị cong bởi những vật thể hay không là cái gì đó mà nhà khoa học Anh vĩ đại của những thế kỷ trước đây muốn biết. Trong bất kỳ trường hợp nào, Dyson đều đạt được mong muốn trong sự chia sẻ với Bộ hải quân và lục quân Anh: Eddington sẽ không bị gọi nhập ngũ, nhưng ông ta sẽ phải chuẩn bị cho một cuộc thám hiểm ở một miền nhiệt đới để kiểm tra thuyết tương đối tổng quát trong quá trình nhật thực. Hơn nữa, nếu chiến tranh kết thúc kịp trước ngày nhật thực xảy ra, ngày 29 tháng 5 năm 1919, thì – như một sự phục vụ nhà nước đối với quốc gia Đại Anh trong quân ngũ – Eddington sẽ phải lãnh đạo cuộc thám hiểm. Sự thỏa thuận đã đạt được, và Eddington không bị gọi nhập ngũ nữa.

Ngày 11 tháng 11 năm 1918, hiệp ước đình chiến đã làm ngừng cuộc đổ máu trong Thế Chiến I. Sau đó ngày 18 tháng 1 năm 1919, Hội nghị hoà bình ở Paris đã khai mạc tại Cung điện Orsay và các đại diện

các nước tham gia chiến tranh bắt đầu thảo ra những hiệp ước của họ. Chiến tranh đã qua đi, và cuộc thám hiểm đo độ cong của ánh sáng trong nhật thực tháng 5 có thể tiến về phía trước. Trong khi chuẩn bị cho cuộc thí nghiệm khoa học, Đại diện thiên văn hoàng gia đã nhận được tài trợ từ chính phủ Anh để hỗ trợ cho cuộc thám hiểm. Ông cùng với Eddington đã dành nhiều ngày để xem xét lại mọi chi tiết cho cuộc thám hiểm đã trù tính. Arthur Eddington sau này tả lại thời kỳ chuẩn bị cho chuyến du hành như một giai đoạn thích thú nhất trong đời ông. Thật vậy, liệu có nhà thiên văn và khoa học nào khác có thể sẵn sàng chuẩn bị để đi đến một hòn đảo bí mật và cách biệt vào một thời điểm khắc khổ trên toàn thế giới thời hậu chiến như Eddington ?

Mãi mê nghiên cứu bản đồ con đường dự kiến diễn ra nhật thực, Dyson và Eddington quyết định tổ chức hai nhóm đi tới hai địa điểm khác nhau để có nhiều cơ hội thành công nhất, sao cho ít nhất một nhóm sẽ gặp thời tiết thuận lợi (nhật thực có thể bị mây che lấp, đặc biệt tại các khu vực nhiệt đới) và ít nhất chụp được một tấm ảnh rõ ràng cho thấy một số ngôi sao có vị trí gần Mặt Trời. Nhật thực ngày 29 tháng 5 năm 1919 sẽ diễn ra theo một tuyến đường chéo chạy từ tây nam lên đông bắc của Đại tây dương. Do đó một trong hai khu vực này sẽ là Brazil và khu vực bên kia Đại tây dương sẽ là bờ biển phía tây Phi châu. Hai địa điểm được các nhà thiên văn thấy có nhiều hứa hẹn nhất là Sobral, trong một phần hoang vắng của tiểu bang Ceara trong vùng Amazon ở bắc Brazil, và bên kia đại dương là hòn đảo Principe. Mỗi địa điểm sẽ có một nhóm các nhà thiên văn của một đài quan sát. Brazil là nơi đến của nhóm thuộc Đài quan sát Greenwich, do A.C.D. Crommelin dẫn đầu, và Principe thuộc trách nhiệm của nhóm thuộc Đài quan sát Cambridge. Nhóm này do Arthur Eddington lãnh đạo.

Hai đoàn thám hiểm cùng rời cảng Liverpool trên con tàu H.M.S. Anselm ngày 8 tháng 3 năm 1919, và hướng tới hòn đảo Madeira ở bắc Đại tây dương. Tại đó, hai nhóm chia tay mỗi bên một ngả. Nhóm đến Brazil tiếp tục đi trên con tàu Anselm, tới Para ngày 23 tháng 3. Tại đó họ có hai lựa chọn: hoặc ở lại trên tàu để tiếp tục cùng con tàu đi vòng vèo rồi sẽ đến Sobral, hoặc xuống tàu chờ đợi, vài tuần sau tàu Anselm sẽ quay trở lại đưa họ đến Sobral, trên đường con tàu trở về Anh. Vì họ thấy mình đã đến khu rừng nhiệt đới Amazon hoang sơ nên họ chọn phương án chờ con tàu quay trở lại. Nhưng lúc con tàu quay trở lại Para thì họ nhận được một bức điện của tiến sĩ Morize, một người có một số quan hệ và ảnh hưởng đối với chính phủ Brazil, đã đưa ra những lời khuyên về việc nên tiếp tục cuộc hành trình như thế nào. Bức điện và các hướng dẫn của Morize cũng như sự giới thiệu để tiếp xúc với một quan chức chính phủ đã cho phép Crommelin và nhóm của ông nhận được những sự giúp đỡ rất hiệu quả từ phía các quan chức luật pháp địa phương – đặc biệt là việc giải quyết đồng hành lý chữa những trang thiết bị rất cồng kềnh.

Tại Camocim, trong khi các nhà thiên văn và kỹ thuật rất mệt mỏi, họ đã được một quan chức địa phương giúp thu xếp đưa trang thiết bị lên một tàu hoả rồi chở họ đi xuyên qua một khu rừng nhiệt đới để đến Sobral. Người địa phương vây quanh con tàu khi nó đi vào nhà ga. Với vẻ tò mò, họ chăm chú nhìn các nhà khoa học Anh trong những bộ quần áo đi rừng kiểu thực dân đang dỡ những dụng cụ phức tạp kỳ lạ từ trên tàu xuống. Những nhà lãnh đạo dân sự và tôn giáo trong vùng xuất hiện để chúc mừng những người nước ngoài. Một lúc sau họ được gặp đại tá Vicente Saboya, phó thị trưởng Sobral. Ông hoan nghênh những người khách, ra lệnh cho phu khuân vác địa phương khuân vác trang thiết bị, và dẫn toàn bộ nhóm đi vào nhà ông.

Một lúc sau, những thợ mộc địa phương phải vát và chặt cây, xẻ gỗ, để làm những chiếc giá đỡ hình chữ V, dựa trên những cái kệ bằng gỗ vững chắc. Những thứ này dùng để giữ chiếc ống ngắm của kính viễn vọng theo một góc chính xác so với phương nằm ngang sao cho vào thời điểm định trước, bầu ngôi sao có thể nhìn thấy được dọc theo hướng Mặt Trời bị che khuất. Kính viễn vọng được đặt ngay trước mặt ngôi nhà mà đại tá Saboya dành cho nhóm. Người ta dựng cho các nhà thiên văn mấy căn nhà tạm và cả một chiếc cầu để sử dụng. Sau đó các nhà khoa học dành phần lớn thời gian và công sức cho việc hiệu chỉnh các dụng cụ và kiểm tra sự hoạt động của chúng. Để thích ứng với sự thay đổi trong mức độ bị che khuất của Mặt Trời trong quá trình nhật thực, họ chế tạo ra những đường rãnh đặc biệt để các giá đỡ bằng gỗ hình chữ V của ống ngắm có thể trượt trong đó, nhằm thay đổi góc phương vị. Nhóm thiên văn sử dụng một ống ngắm dài 19 thước Anh (feet) và một thấu kính đường kính 16

phân Anh (inches). Những tấm phẳng chụp hình được sử dụng để ghi hình ảnh nhật thực có kích thước 8×10 phân Anh.

Để định hướng kính viễn vọng, các nhà thiên văn sử dụng ngôi sao Arcturus (Đại-giác-tinh) sáng đỏ. Một loạt tấm hình sẽ được chụp, với tiêu điểm của thị kính bằng thủy tinh cobalt thay đổi một chút từ tấm hình này đến tấm hình khác trong toàn bộ tầm ngắm. Sau đó những tấm hình sẽ được kiểm tra cẩn thận nhằm tìm ra vị trí tập trung quan sát tốt nhất để áp dụng trong những khoảnh khắc quý giá nhất của kỳ nhật thực sắp xảy ra. Khi hướng ngắm đã được xác định, đầu ống ngắm sẽ được siết chặt an toàn để tránh bất kỳ một khả năng xô dịch nào có thể xảy ra.

Sau đó nhóm người Anh tại Sobral bắt buộc phải xem xét và phân tích vấn đề thời tiết. Điều này sẽ đặc biệt quan trọng vì thời tiết có thể quyết định sự thành công hoặc phá huỷ hoàn toàn cuộc thám hiểm. Dường như nhóm thiên văn đã chọn một vị trí đặt kính viễn vọng rất thông minh, mặc dù lúc đầu việc này tưởng là dại dột. Thật vậy, việc đặt một ống kính viễn vọng to lớn trước cửa một ngôi nhà trong khu vực rừng nhiệt đới có thể là thất sách vì cách đó chỉ sáu dặm về phía đông bắc – vẫn nằm trong dải băng có nhật thực – có một ngọn núi Meruoca cao 2700 thước Anh mà nếu đặt ống kính viễn vọng trên đỉnh núi đó thì sẽ hợp lý hơn. Nhưng các nhà khoa học sớm khám phá ra rằng hoá ra ngọn núi là một địa điểm lớn thu hút các đám mây trong vùng, và đỉnh chóp của nó thường xuyên bị che phủ bởi sương mù. Trong khi ở phía dưới thị trấn Sobral thời tiết đã giữ cho kính viễn vọng của họ hầu như khô ráo trong suốt thời gian đó.

Nhiệt độ tương đối điều hoà, thay đổi sáng chiều không nhiều[2]. Họ cũng nhận thấy một điều lạ là áp lực khí quyển không thay đổi từ ngày này sang ngày khác. Tuy nhiên ngày 25 tháng 5 – chỉ bốn ngày trước khi xảy ra nhật thực – có mưa to. Các nhà khoa học lo lắng bản khoản phải chăng đây là một sự thay đổi thời tiết hoặc một trận bão đi qua. Trong khoảng thời gian đó, họ mong có mưa, vì mưa làm mặt đất ẩm ướt và lọc sạch bụi trong không khí. Khi họ chờ đợi, một đám đông người địa phương hàng ngày vây quanh lẫn lộn với họ. Những người lạ đến đó để xem Mặt Trời biến thành màu đen và ngày biến thành đêm. Liệu có điều gì thật sự tệ hại sẽ xảy ra hay không đây? Những người bản xứ này nhìn ngó với vẻ sợ hãi khi thấy các nhà khoa học loay hoay xung quanh một chiếc ống kỳ quái “bao diêm xấu” hướng lên bầu trời.

Sau khi chia tay với các đồng nghiệp cùng đi trên con tàu H.M.S. Anselm khi con tàu này đến Madeira, Arthur Eddington và nhóm của ông rời khỏi con tàu để đi đến hòn đảo Principe. Họ dừng lại trên hòn đảo thuộc Bồ Đào Nha trong vài tuần, chờ đợi một con tàu khác đưa họ đến địa chỉ cần đến. Trong thời gian chờ đợi các nhà khoa học sống tại khách sạn của thành phố Funchal, thăm thú các đồn điền trồng dứa xum xuê và các làng cá trên hòn đảo xanh tươi toàn đồi núi. Nếu đây là phương cách để Eddington phục vụ đất nước của mình thay vì phải chịu húng bom đạn trên các chiến hào của Thế Chiến I thì quả là ông phục vụ cũng không đến nỗi tồi. Ngày 9 tháng 4, tàu chở hàng khổng lồ *Portugal* của công ty Companhia Nacional de Navegacao cập bến, nhóm người Anh lên con tàu giông buồm đi về phía nam đến đảo Principe, nằm ở vĩ độ 1 phía bắc đường xích đạo cạnh bờ biển Guinea Xích Đạo ở Tây Phi. Vào lúc đó, Principe và hòn đảo Sao Tomé ở lân cận đều là thuộc địa của Bồ Đào Nha[3].

Sáng sớm ngày 23 tháng 4 năm 1919, tàu Portugal đi vào một cảng nhỏ tên là St. Antonio trên đảo Principe. Khi con tàu đến gần đảo, hành khách nhìn thấy một quang cảnh lộng lẫy như một thiên đường nhiệt đới. Dọc bờ biển là những hàng cọ xoè lá như những đê quạt, những bãi cát trắng, màu nước thay đổi lúc thì xanh ngọc lam lúc thì xanh ngọc bích (nhiều thập kỷ sau này nơi đây thường được chọn làm cảnh quay phim của hãng thương mại Barcadi nổi tiếng). Phía sau bãi biển, du khách có thể thấy đất nhô lên, bao phủ bởi những vòm cây nhiệt đới xanh tươi khoẻ khoắn, xa hơn là hai ngọn núi lửa, đỉnh của chúng có những đám mây bao phủ, ánh lên màu tím như khi Mặt Trời mọc. Khi con tàu tiến gần đến bến đậu, du khách có thể nghe thấy tiếng hót của rất nhiều chim chóc trên cây cối trong một khu rừng rậm bên cạnh – trên đảo có 26 loài chim bản địa và 126 loài chim di cư. Xung quanh có thể trông thấy những chiếc dongos – những chiếc cano bằng gỗ oca – đang trở về nhà sau những chuyến đi đánh cá đêm, chắt đầy cá marlin, cá cờ và cá barracudas. Nguồn cá ở đây nhiều đến nỗi dân trên đảo chỉ cần dùng những dây thòng lọng không có lưỡi câu làm xoắn ở một đầu để làm rối con cá rồi cứ thế kéo cá lên. Mảnh đất này là một thiên đường.

Nhưng đảo Principe có một bí mật. Nó cũng chỉ vừa mới chấm dứt chế độ nô lệ thuộc địa kéo dài hàng thế kỷ. Trước đây những người nô lệ bị giữ trong một điều kiện hết sức vô nhân đạo, và bị bắt phải làm việc trong những đồn điền trồng cacao và chuối, tại đó hàng nghìn người đã chết vì làm việc khổ sai, đói rét và bệnh dịch. Đây là một trong những mảnh đất cuối cùng trên thế giới trong thế kỷ 19 đã ban bố lệnh cấm buôn bán nô lệ. Một bãi biển khác, mà các du khách được thấy sau đó, là bãi có tên Stupid Beach (Bãi Ngu Xuẩn) – vì người Bồ Đào Nha nghĩ rằng những nô lệ chạy trốn tụ tập trên bãi này sẽ không bao giờ sống sót. Hòn đảo vẫn còn giữ được những dấu vết của tội ác trong quá khứ. Ngoài ra còn có rắn độc và bệnh sốt rét.

Trong khi xuống tàu và quan sát trang thiết bị được dân bốc vác địa phương bốc dỡ, Eddington và nhóm của ông được một đoàn đại biểu các quan chức Bồ Đào Nha tiếp đón. Tất cả trong bọn họ đều hứa sẽ ủng hộ và giúp đỡ các nhà khoa học. Nhờ phó đô đốc Campos Rodrigues thuộc Đài quan sát thiên văn quốc gia Bồ Đào Nha đã kết nối liên lạc giữa nhóm người Anh với các quan chức địa phương, vì thế các vị này cũng muốn gây thiện cảm với các vị khách người Anh. Trong một cử chỉ hết sức thiện chí, nhà nước Bồ Đào Nha đã miễn thuế kiểm tra hải quan đối với khối hành lý đồ sộ của các vị khách.

Nhóm khoa học đã sử dụng một vài chiếc xe bốn bánh đầu tiên để đi khảo sát hòn đảo kích thước 10×6 dặm nhằm tìm kiếm một vị trí thuận lợi cho cuộc quan sát nhật thực. Họ nhắm vào một số đồn điền cacao ở sâu bên trong hòn đảo, do người Bồ thực dân làm chủ và người bản địa da đen cây xói, một số trong họ là những nô lệ đã được tự do hoặc con cháu của những người nô lệ. Sau một vài ngày khảo sát điều tra và đi qua những khu rừng nhiệt đới rậm rạp, Eddington quyết định chốt lại ở Roca Sundy, nằm ở tây bắc hòn đảo, nhìn ra biển từ độ cao 500 thước Anh.

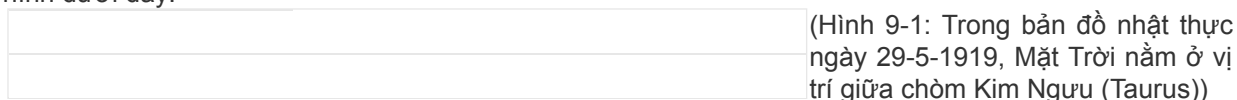
Sau đó ngày 28 tháng 4, đồng hành lý nặng nề được chuyển từ Santo Antonio đến Sundy. Việc vận chuyển trên đường đi được thực hiện phần lớn bằng phương tiện xe cộ, nhưng tới cây số cuối cùng thì những chiếc xe chở hành lý nặng nề không thể đi qua được. Trong một khu vực cây cối dày đặc, trên sinh lầy, và muối hoành hành, các trang thiết bị được dỡ xuống và được mang vác trên những tấm lưng trần của nhiều dân bản địa. Ngay trước mặt ngôi nhà họ trú ngụ, nhóm khoa học đã dựng lên một hàng rào dựng đứng ở đó họ đặt kính viễn vọng theo hướng Mặt Trời sẽ xuất hiện trong quá trình nhật thực, trên một mặt đất dốc nghiêng về phía biển. Điều này cho phép có một tầm nhìn quang đấng trên bầu trời. Sau một tuần chuẩn bị sôi nổi – những thợ mộc địa phương chuẩn bị những giá đỡ tương tự hình chữ V cho kính viễn vọng, buộc thêm vật nặng để giữ cho hệ thống ổn định, hiệu chỉnh mọi thứ cho chính xác giống đồng nghiệp của họ đang làm ở bên kia đại dương tại Sobral – cả nhóm trở về Santo Antonio. Họ chờ đợi ở đó, sống qua tuần lễ từ ngày 6 đến 13 tháng 5, vì Eddington đã quyết định rằng sẽ không thông minh nếu tháo gỡ gương của kính viễn vọng quá sớm trong thời tiết ẩm thấp. Khi nhóm quay trở lại Sundy ngày 16 tháng 5, những tấm phẳng chụp hình được kiểm tra đầu tiên để thử chất lượng hoạt động của kính viễn vọng và thiết bị chụp ảnh. Eddington muốn có càng ít may rủi càng tốt. Ngày 29 tháng 5, ngày diễn ra nhật thực, sẽ là một ngày hết sức đặc biệt trong đời ông.

Eddington tính đi tính lại đến hàng trăm lần kết quả khả dĩ của thí nghiệm, không biết tự nhiên có cho phép thí nghiệm tiến triển tốt đẹp hay không, liệu thí nghiệm có bị cản trở bởi các đám mây hoặc bị giảm khả năng nhìn rõ hay không. Có ba kết cục có thể xảy ra: 1-Không tìm thấy gì cả – không có thay đổi nào về vị trí thấy rõ của các ngôi sao trong quá trình nhật thực. Điều này có nghĩa là ánh sáng không bị bẻ cong. 2-Có một dịch chuyển vị trí của các ngôi sao – một sự cong của ánh sáng – nhưng kết quả chỉ phù hợp với độ lệch dự đoán theo lý thuyết của Newton khi coi ánh sáng là một hạt có khối lượng. 3-Ánh sáng của các ngôi sao bị cong nhiều hơn, phù hợp với độ lệch do Einstein dự đoán. Khả năng thứ nhất có nghĩa là không có hiệu ứng ánh sáng cong. Khả năng thứ hai có nghĩa là, nếu bổ xung giả thiết ánh sáng là một hạt, thì Newton sẽ là người thắng cuộc, và cũng có nghĩa là nước Anh thắng cuộc. Khả năng thứ ba thì không phải Newton, mà là Einstein và tư tưởng mới mẻ mang tính cách mạng của ông đối với vật lý và tự nhiên sẽ thắng. Eddington biết rằng những đồng bào yêu nước của ông tại Anh hy vọng rằng khả năng thứ hai sẽ là sự thật. Nhưng ông ủng hộ Einstein. Ông say mê thuyết tương đối – ông hiểu nó, và đối với ông, cũng như đối với Einstein ở cách xa hàng ngàn dặm không hề hay biết gì về những sự chuẩn bị kỳ diệu đang xúc tiến ở Principe và Sobral, Chúa nhất

định *phải* vận hành vũ trụ tuân theo thuyết tương đối tổng quát. Eddington chờ đợi cái ngày định mệnh. Ông hy vọng và cầu nguyện có một thời tiết tốt.

Những ngày trước khi xảy ra nhật thực trời rất nhiều mây. Sáng ngày 29 tháng 5, một cơn giông ập tới và kéo dài từ 10 giờ sáng đến 11 giờ 30 sáng – một chuyện không bình thường vào mùa này trong năm. Sau đó một điềm lành xuất hiện – Mặt Trời lộ rạng một lát. Nhưng rồi mây lại ùn ùn kéo đến. Theo tính toán, nhật thực sẽ diễn ra từ 2 giờ 13 phút 5 giây chiều đến 2 giờ 18 phút 7 giây chiều, theo giờ G.M.T. (muộn 1 giờ so với giờ địa phương). Lúc 1 giờ 55 chiều (giờ G.M.T.), Mặt Trời hình lưới liềm xuất hiện nhưng rồi lại biến mất khi các đám mây bay qua. Khi đó, tính chất đặc thù của ánh sáng có thể nhận thức được đầy đủ, chính đặc thù đó gây nên cảm giác sợ hãi mà những người từng chứng kiến nhật thực kinh nghiệm được. Khi Mặt Trời bị che lấp hầu hết thì ánh sáng trở nên trong mờ. Cảnh vật trông giống như nhìn qua một tấm bình phong. Tấm bình phong dần dần trở nên mờ đục hơn. Nhưng các đám mây vẫn trôi dạt trên cao. Rồi, đúng trước lúc xảy ra nhật thực toàn phần, các đám mây giãn ra đủ để Mặt Trời lộ ra. Bỗng nhiên, một bóng tối khổng lồ lan toả từ hướng biển tới và bao trùm lên người quan sát. Nhật thực toàn phần bắt đầu. Ngược nhìn lên bầu trời, các nhà quan sát kinh ngạc trước sức mạnh của tự nhiên. Ngay cả những người quan sát nhật thực kỳ cựu cũng vẫn cảm thấy xúc động trong mọi lần chứng kiến một kỳ nhật thực mới. Khi các đám mây đã tản ra đủ xa để có thể chụp ảnh, các nhà thiên văn và những người giúp việc hướng lên bầu trời và họ có thể thấy rõ cái vòng tròn đen tối trên Mặt Trời. Xung quanh cái vòng tròn tối đó là quang sáng của tán Mặt Trời đang cháy như một ngọn lửa, và đằng sau lưng nó là màn trời tấm tối chẳng khác gì bóng đêm đang trùm xuống tận những đường chân trời đỏ lờ mờ như lúc hoàng hôn.

Khu vực sao quanh Mặt Trời rất rõ ràng, và các tấm ảnh chụp tại đảo Principe và Sobral cho thấy tổng cộng 13 ngôi sao. Những ngôi sao này – đám Thất tinh thuộc chòm Kim Ngưu – bao gồm những ngôi sao tương đối sáng(cấp 4) là Kappa Tauri và Upsilon Tauri, cùng với 11 ngôi sao khác tối hơn [4]. Xem hình dưới đây:



Cuộc thí nghiệm diễn ra chính xác như kế hoạch đã diễn tập, trong đó sử dụng 16 tấm phẳng chụp hình. Cottingham đưa cho Eddington từng tấm phẳng đó và khởi động cơ cấu điều khiển. Eddington thay đổi các rãnh trượt trong bóng tối để điều chỉnh ống ngắm.

Trong khi đó, bầu trời ở Sobral bên kia Đại tây dương chẳng hề có mây nên khả năng quan sát đạt mức tuyệt vời, nhóm thiên văn ở đó không phải lo lắng phiền não gì về thời tiết. Các nhà thiên văn và khán giả địa phương hết sức chăm chú theo dõi màn trình diễn kỳ diệu của tự nhiên, nhiều người địa phương thấy kinh hoàng trước một sự kiện mà trước đó họ chưa từng thấy. Tại đây, các nhà khoa học cũng chụp được những tấm ảnh của cùng những ngôi sao mà nhóm Eddington đã chụp nhưng không xử lý ảnh tại chỗ. Những tấm ảnh này được gửi về Anh và đến nơi khá muộn sau khi nhóm ở Principe đã hoàn thiện những tấm ảnh của họ. Do đó công trình của nhóm Sobral chỉ có giá trị như một sự xác nhận kết quả mà Arthur Eddington và nhóm của ông đã đạt được.

Khi Eddington và nhóm của ông ở Principe rửa những tấm ảnh, họ hoảng hốt vì 10 tấm hình đầu tiên không cho thấy một ngôi sao nào cả. Trong lúc quá lo lắng sốt ruột, và ý thức được ý nghĩa lịch sử trọng đại của cuộc quan sát nhật thực lần này nếu nó dẫn đến kết quả thuận lợi, các nhà khoa học quên khuấy lý do không đạt kết quả của những tấm ảnh đó là vì có nhiều lúc Mặt Trời và Mặt Trăng đã bị che khuất bởi các đám mây mỏng bay qua trong phần lớn thời gian. Nhưng trong 6 tấm hình còn lại, có hai tấm cùng thể hiện rõ 5 ngôi sao, vừa đủ để có một kết quả. Những ngôi sao này cũng có mặt trong những tấm hình đã chụp tại Oxford vài tháng trước cuộc thám hiểm, với mục đích dùng để so sánh vị trí của các ngôi sao đó trước và trong lúc nhật thực, bao gồm đám Thất tinh (Hyades) và các sao khác trong chòm Kim Ngưu (Taurus). Nhóm khoa học cũng lấy những tấm hình đã chụp một khu vực khác trên bầu trời trước đây, bao gồm ngôi sao sáng dẫn đường mang tên Đại giác tinh (Arcturus),

cũng như những tấm hình chụp được tại Sobral, để so sánh với hình mới chụp tại Principe, từ đó cho phép kiểm tra xem có bất kỳ một sai lệch nào của hệ thống quang học hay không.

Trong phòng thí nghiệm tạm thời bên cạnh kính viễn vọng, Eddington háo hức tráng phim và so sánh những tấm hình khu vực các sao của chòm Thất tinh đã chụp tại Oxford trước đây với hình chụp tại Principe. Kết quả thật kinh ngạc: một sự xe dịch vị trí trung bình là 1,6 giây cộng hoặc trừ sai số 0,3 giây. Với kiểm tra thống kê, những kết quả này cực kỳ phù hợp với dự đoán của thuyết tương đối tổng quát của Einstein (với độ xê dịch 1, 75 giây). Ông gửi ngay một bức điện sốt rỏ về Anh: “Xuyên qua các đám mây, nhiều hy vọng. Eddington”.

(Hình 9-2: Dịch chuyển vị trí của các ngôi sao do ánh sáng bị cong)

Chúng ta có thể nhận thấy tâm trạng xúc động thật sự của Eddington trong ngôn từ ông sử dụng để diễn tả sự kiện này bằng văn xuôi và thơ trên chuyến trở về Anh của ông 6 tuần lễ sau đó (và sau này được viết lại trong cuốn sách của ông):^[5]

“Cái buổi tối vừa ánh thu hút hết hồn vía chúng tôi. Có một cảnh tượng kỳ diệu nằm trong đó, và, như những tấm ảnh rất cuộc đã để lộ ra, một đốm sáng rõ rệt treo lơ lửng ở phía trên Mặt Trời một trăm ngàn dặm. Chúng tôi không có thì giờ để tranh thủ liếc mắt vào đó. Chúng tôi chỉ ý thức được cái ánh sáng mờ mờ lạ lùng của quang cảnh và sự im lặng của tự nhiên bị phá vỡ bởi tiếng gọi của các nhà quan sát, và tiếng gõ của chiếc đồng hồ đếm nhịp đang kêu tích tắc đếm 302 giây của kỳ nhật thực toàn phần”.

Eddington và nhóm của ông dọn dẹp hiện trường và đóng gói hành lý để chuẩn bị trở về Anh. Họ đã định ở lại đó lâu hơn để phân tích các tấm ảnh đầy đủ hơn, nhưng các vị chủ nhà của họ đã gửi đến những tin tức không mấy tốt đẹp: cuộc đình công tại công ty tàu thủy sắp xảy ra. Nếu họ không muốn bị bỏ lại trên đảo vài tháng trời thì tốt hơn hết là họ nên lên đường ngay. Vị lãnh đạo chính quyền trên đảo đã nhân danh ông để can thiệp, và theo chỉ thị của ông, chính quyền Bồ đào Nha đã trưng dụng một số vé để Eddington và nhóm của ông lên một chiếc tàu thủy đã đồng nghệt người trực chỉ về Lisbon. Ngày 12 tháng 6, con tàu đã rời Principe một cách vội vàng ngay trước khi cuộc đình công bắt đầu. Ngày 14 tháng 7, nhóm về tới cảng Liverpool.

Tại Sobral, nhóm thiên văn ở lại thêm 7 tuần lễ để chụp thêm một số tấm ảnh dùng để tham khảo. Ngày 18 tháng 7, nhóm này bắt đầu tháo dỡ dụng cụ của họ và đóng gói một cách chậm chạp nhân hạ hơn nhiều so với nhóm ở Principe. Họ rời Sobral ngay 22 tháng 7, để lại hành lý đã đóng gói để nhờ các vị chủ nhà địa phương của họ gửi về Anh. Họ về đến Anh vài tuần sau đó. Kết quả tính toán của nhóm Sobral cho thấy một độ xe dịch trung bình là 1,98 giây và sai số tiêu chuẩn là 0,12 giây. Theo đánh giá thống kê, những kết quả này cũng xác nhận dự đoán của Einstein. ^[6]

Trước khi lên đường đi Principe, ngài Quan chức thiên văn hoàng gia đã nói với Cottingham, một cố vấn của Eddington nhưng không phải là một chuyên gia về thuyết tương đối như Eddington, về ý tưởng chủ yếu của thí nghiệm và ý nghĩa vĩ đại của nó. Cottingham có ấn tượng rằng kết quả càng lớn bao nhiêu thì sự kích động gây ra càng lớn bấy nhiêu, và hình như ông đã đẩy câu chuyện tới mức quá xá – vượt quá cả độ lệch mà lý thuyết của Einstein đã dự đoán. Ông hỏi: “Điều gì sẽ xảy ra nếu độ lệch thậm chí sẽ gấp đôi *con số đó* ?”. Dyson, vị Quan chức thiên văn hoàng gia, trả lời: “Trong trường hợp đó thì Eddington sẽ điên, và ông sẽ phải trở về nhà một mình”.

Nhưng tất cả đã kết thúc tốt hơn dự kiến của ngay cả một người lạc quan như Eddington. Dự đoán của Einstein đã được kiểm chứng trong phạm vi sai số của thí nghiệm, và mọi người đã trở về nhà. Nhưng còn bản thân Einstein thì sao ? Dù sao thì đó cũng vẫn là lý thuyết của ông . Vậy bao giờ ông mới nhận được tin tức tuyệt vời đó ?

[1] S.Chandrasekhar, *Eddington: The most distinguished astrophysicist of his times* (Eddington : Nhà vật lý thiên văn xuất sắc nhất trong thời đại của ông), Cambridge University xuất bản tại London 1975.

[2] Tác giả viết cụ thể rằng nhiệt độ “thường biến đổi hàng ngày từ khoảng 75 độ vào lúc 5 giờ sáng đến 97 độ vào lúc 3 giờ chiều”. Do đó chúng tôi chỉ dịch ý, không đưa các số liệu vào bản dịch (chú thích của ND).

[3] Những đảo này cuối cùng đã giành được độc lập từ Bồ đào Nha năm 1975, trở thành những quốc gia độc lập nhỏ nhất thế giới.

[4] Vì một sự dị thường trong quá trình phát triển lịch sử của nó, độ sáng của một ngôi sao sẽ tăng lên khi số đo giảm đi, giảm tới số âm. Ngôi sao sáng nhất, sao Thiên Lang (Sirius), có độ sáng bằng khoảng -1. Sao Vega, (sao sáng nhất trong chòm sao Lyra, N.D.), một ngôi sao có độ sáng thấp hơn, cấp độ sáng bằng 0. Những sao mờ hơn có cấp độ sáng bằng 1, 2, v.v. Một ngôi sao có độ sáng cấp 4 sẽ vừa đủ sáng để có thể nhìn thấy bằng mắt thường, và có thể nhìn thấy rõ ngay cả với một kính viễn vọng loại yếu.

[5] Sir Arthur Eddington , *Space, Time and Gravitation: An Outline of General Relativity Theory (Không gian, Thời gian và Hấp dẫn: Một phác thảo thuyết tương đối tổng quát)*, do Harper & Row xuất bản tại New York , 1920, tái bản năm 1959, trang 115.

[6] Đánh giá theo luật thống kê hai-sai-lệch-tiêu-chuẩn để rút ra độ tin cậy của kết quả là 95%.

Chương X: HỘI NGHỊ KHOA HỌC PHỐI HỢP

Bài báo xuất sắc của ông trên tờ Frankfurter Zeitung làm tôi rất thích thú. Nhưng bây giờ cả ông lẫn tôi sẽ bị giới báo chí và đám người lộn xộn khác quấy rầy, mặc dù ông ít bị quấy rầy hơn tôi. Thật là quá tệ đối với tôi vì tôi không còn chỗ mà thờ nữa, huống hồ là làm việc. (Trích thư Albert Einstein viết cho nhà vật lý Max Born, ngày 9 tháng 12 năm 1919)^[1]

Tháng 6 năm 1919, Einstein trở về Berlin sau khi đảo qua Zurich một thời gian ngắn. Einstein được biết lời mờ rằng trong tháng 5 người Anh đã cố gắng kiểm tra các dự đoán của thuyết tương đối tổng quát trong quá trình nhật thực. Nhưng Einstein không hề được thông báo rằng cuộc thám hiểm đã diễn ra đúng như đã trù tính, rằng kết quả đã nhận được, và rằng kết quả đó đã xác nhận lý thuyết của ông. Một người đã tốn rất nhiều thời gian và công sức để tìm hiểu những lĩnh vực nằm ngoài sở thích chủ yếu của mình – thiên văn thực hành, khí tượng học, và những lĩnh vực khác liên quan đến quan sát các sao trong quá trình nhật thực, và một người đã phải cầu cạnh Freundlich và những nhà thiên văn khác chỉ vì khẩn khổ mong chờ một chứng minh đối với lý thuyết của mình, một người như thế vẫn chẳng hề được thông báo gì về kết quả của cuộc thí nghiệm. Trong khi Einstein được biết chắc chắn rằng lý thuyết của ông đã được các nhà khoa học của một quốc gia thù địch như nước Anh công nhận, thì chính những nhà khoa học ấy lại chẳng hề cho ông hay biết, mặc dù hoà bình đã trở lại và thông tin có thể tự do chuyển qua biên giới, rằng lý thuyết của ông đã được xác nhận. Thật vậy, người Anh không bao giờ gửi những tin tức có giá trị đến người cha đẻ của thuyết tương đối. Chỉ đến lúc muộn màng mãi đến tháng 9 năm 1919, sau khi Einstein nài nỉ bạn ông là Lorentz ở Hà Lan, thì ông mới nhận được thông tin đã cũ rằng Eddington và các cộng sự của ông ta đã chứng minh rằng ông đúng.

Einstein có ba người bạn tốt ở Hà Lan: Lorentz, De Sitter, và Ehrenfest, hai người đầu tiên cùng trạc tuổi Einstein (10-1), người thứ ba trẻ hơn. Trở lại năm 1911, tại hội nghị Solvay ở Bỉ, nơi nhiều nhà khoa học xuất sắc đến đó để thảo luận về thuyết tương đối của Einstein, Lorentz ngấm ngấm bày đặt một kế hoạch thuyết phục Einstein nhận một chức giáo sư tại Đại học Leiden ở Hà Lan. Việc này đã làm cho Einstein có những cuộc tiếp xúc thân mật hàng ngày với ba người bạn này và những môn đồ của lý thuyết của ông. Einstein từ chối đề nghị của Lorentz và lựa chọn con đường đi tới Berlin, nơi có những nhà vật lý được ông coi là có tầm vóc lớn hơn, chẳng hạn như Planck.

Không có gì để nghi ngờ rằng sau này Einstein thấy ân hận về việc đã gạt bỏ những người bạn của mình, những người trong những năm tiếp theo đã tiếp tục nghiên cứu các thuyết tương đối của Einstein, như De Sitter và Ehrenfest đã làm. Trong suốt một thập kỷ, Lorentz, De Sitter và Ehrenfest tiếp tục những nghiên cứu của họ – cố gắng bám sát những bước tiến mới của Einstein mỗi khi ông thay đổi và sửa chữa các phương trình của mình. Bản thân Einstein mô tả cuộc vật lộn của mình như sau: “. . . những sai lầm trong tư duy của tôi đã làm tôi tốn công làm việc vất vả suốt hai năm để rồi mãi đến năm 1915 tôi mới nhận ra những sai lầm đó, để rồi ăn năn sám hối quay trở lại độ cong Riemann, cái đã cho phép tôi tìm ra mối quan hệ với những sự thật phù hợp với kinh nghiệm của thiên văn học”.^[2] Ehrenfest, Lorentz và De Sitter đã thư từ trao đổi với nhau mọi khía cạnh trong những lý thuyết đang được Einstein phát triển. Người ta băn khoăn không biết liệu Einstein có thể sẽ thành công hơn và sớm hơn hay không, nếu như ông quyết định đi đến Leiden thay vì Berlin. Chẳng hạn, ít nhất trong lĩnh vực vũ trụ học, Einstein đã có thể làm tốt hơn nếu như ông giữ quan hệ tốt hơn với De Sitter hơn là với Planck ở cái thành phố Berlin kiêu kỳ đó. Nhưng dù sao chẳng nữa thì bây giờ, trong năm 1919, chính người bạn Lorentz 66 tuổi đã là người đầu tiên báo cho Einstein biết tin tức về thành công của Eddington. Einstein rơi vào tâm trạng cực kỳ hoan lạc. Ngày 27 tháng 9, sau khi đã nhận được tin vui, Einstein viết thư cho mẹ: “Mẹ thân yêu! Hôm nay con có tin vui. H.A. Lorentz đánh điện cho con báo tin những cuộc thám hiểm của người Anh đã thực sự xác nhận ánh sáng bị lệch bởi Mặt Trời”.

Trở về Anh, nhóm thiên văn Anh lao vào công việc về thuyết tương đối tổng quát mà không bận tâm một chút nào đến Einstein. Điều quan trọng đối với họ bây giờ là: các nhà khoa học của họ, những cuộc thám hiểm của họ, những cuộc thám hiểm đã biến thuyết tương đối tổng quát thành hiện thực. Bây giờ là lúc cần thông báo khám phá cho thế giới, và thảo luận các kết quả, tranh cãi về chúng nếu như chúng trở thành một đề tài chính trị được thảo luận trong hệ thống quốc hội. Tháng 11 năm 1919, một

hội nghị lịch sử kết hợp giữa Hội thiên văn hoàng gia (Viện hàn lâm thiên văn Anh, N.D.) và Hội hoàng gia (Viện hàn lâm Anh, N.D.) đã diễn ra tại London. Tại đây, những ý kiến ủng hộ và chống đối thuyết tương đối tổng quát, đồng thời những giải thích kết quả hai cuộc thám hiểm trong tháng 5 được đem ra thảo luận, phân tích, tô điểm. Nhưng bản thân Einstein không có mặt ở đó, và thậm chí như chúng ta biết, ông không hề được mời tham dự. Song thật là trớ chêu, chính cuộc họp này tại London đã đưa tên tuổi Einstein lên tầm vóc quốc tế với tư cách nhà khoa học vĩ đại nhất của thế kỷ. Chính những sự kiện này đã biến Einstein từ một nhà vật lý thành một nhân vật năng động của thế giới và được tôn kính không chỉ trong khoa học mà cả trong các sự kiện mang tính toàn cầu.

Ngày 6 tháng 11 năm 1919, ngài Joseph Thomson, chủ tọa, yêu cầu hội nghị trật tự để tiếp tục làm việc, sau đó ông yêu cầu vị Quan chức thiên văn hoàng gia đệ trình lên quốc hội một “báo cáo về mục đích và kết quả của cuộc thám hiểm nhật thực trong tháng 5 vừa qua”. Ngài Frank Dyson đứng trên diễn đàn, và trong một tuyên bố dài dòng đã giải thích ý tưởng nghiên cứu đã bắt đầu như thế nào và cuộc thám hiểm đã được tổ chức ra sao, và sau đó nêu lên một bản tóm tắt các kết quả. Ông tiếp tục: “Sự cong của một tia sáng được dự đoán do lực hấp dẫn gây ra dẫn đến hậu quả là vị trí ngôi sao trên bầu trời bị đẩy xa ra khỏi Mặt Trời. Trong khi đo đạc vị trí các ngôi sao trên một tấm ảnh để kiểm tra sự dịch chuyển này, lập tức nảy sinh các khó khăn về hệ thống thang bậc chia độ của tấm ảnh. Việc xác định hệ thống chia độ này phụ thuộc rất nhiều vào những ngôi sao nằm bên ngoài tấm ảnh, trong khi hiệu ứng Einstein gây ra sự khác biệt rõ nhất trên những sao có vị trí ở gần Mặt Trời, do đó hoàn toàn có khả năng phân biệt giữa hai nguyên nhân ảnh hưởng đến vị trí của các ngôi sao” [3].

Sau sự trình bày dài dòng của vị Quan chức thiên văn hoàng gia, bao gồm toàn bộ kết quả chi tiết của những xê dịch đã quan sát được về vị trí của các ngôi sao phát hiện được cả tại Sobral lẫn Principe, bây giờ đến lượt Crommelin, lãnh đạo nhóm Sobral, trình bày báo cáo. Ông bắt đầu bằng ý kiến rằng ông không có gì nhiều để bổ xung những điều vị Quan chức thiên văn hoàng gia đã nói, trừ việc bày tỏ sự cảm ơn đến các nhà chức trách Brazil vì sự giúp đỡ rộng rãi của họ đối với nhóm nghiên cứu, trong đó ông đã nhắc đến tên tuổi cụ thể của mọi quan chức Brazil đã giúp đỡ bằng cách này hay cách khác. Ông đã cảm ơn các cá nhân trên chiếc tàu thủy, những người phiên dịch, các nhà khí tượng, những người lao động, những phụ tá. Và sau đó đến lượt Eddington. Đến đây, những chi tiết buồn tẻ và những sự phô trương vô nghĩa bỗng nhiên biến mất. Eddington, có khả năng là người duy nhất ở đây hiểu biết rõ ràng và thấu triệt thuyết tương đối tổng quát, đã làm nức lòng các thành viên dự hội nghị bằng câu chuyện về một thành tựu xuất sắc.

Sau khi mô tả ngắn gọn và đại khái cuộc thám hiểm đã diễn ra như thế nào và khi nào, Eddington chuyển sang thảo luận về độ cong của không gian vừa mới được kiểm chứng bởi các cuộc thám hiểm. Ông nhấn mạnh rằng số liệu thực nghiệm đã cho một kết quả phù hợp với độ lệch do Einstein dự đoán, tức là độ lệch lớn nhất trong số các độ lệch khả dĩ của ánh sáng, thay vì độ lệch tính toán theo các định luật của Newton. Ông tiếp tục: “Giải thích thô sơ nhất đối với sự cong của tia sáng là coi nó như một hệ quả của trọng lượng ánh sáng. Chúng ta biết rằng động lượng sẽ được mang theo trên con đường chuyển động của một chùm sáng. Tác động của lực hấp dẫn sẽ gây ra một động lượng theo một hướng khác với hướng chuyển động của tia sáng và làm cho nó bị cong”. Để giải thích thêm về sự khác nhau giữa sự cong của ánh sáng gây ra bởi định luật Newton với sự cong đã được quan sát đầy đủ với độ lớn gấp 2 lần mà lý thuyết của Einstein đã dự đoán, cuối cùng Eddington đã nêu lên hai dạng *metric* khác nhau – hai kiểu đo khoảng cách hình học trong các không gian khác nhau. Bỏ qua khoảng cách thời gian và chỉ tập trung vào khoảng cách không gian, các yếu tố khoảng cách trong mỗi lý thuyết được cho dưới dạng metric như sau:

Theo định luật Newton: $ds^2 = dr^2 - r^2d\theta^2$

Theo định luật Einstein: $ds^2 = - (1 - 2m/r)dr^2 - r^2d\theta^2$

Số hạng bổ xung, $(1 - 2m/r)$ là cái phân biệt hai cách đo khoảng cách, trong đó m là khối lượng của một hạt, r và θ là các tọa độ cực của không gian. Khoảng cách Einstein là khoảng cách xác định tính chất cong của không gian – bản chất phi-Euclid của nó – xung quanh một vật thể có khối lượng, như Mặt Trời. Trong cuộc họp tiếp theo của Hội thiên văn hoàng gia trong tháng 12, Eddington diễn tả thực tế này của không gian và độ cong của nó bằng những lời sau đây: “Những kết quả thí nghiệm khó có thể

thoả hiệp với những định luật của hình học Euclid, và điều đó có nghĩa là chúng ta phải lựa chọn một dạng hình học nào thích hợp” [4].

Cuộc họp bỗng trở thành một cuộc tranh cãi gay gắt giữa hai quan điểm: quan điểm Eddington-Dyson cho rằng thuyết tương đối tổng quát đã được chứng minh, ít nhất trong khía cạnh dự đoán độ cong của ánh sáng đối với toàn bộ phạm vi lý thuyết mà Einstein đã giải thích, và quan điểm chống đối chủ yếu bởi ngài Oliver Lodge. Quan điểm chống đối này xuất phát từ chỗ chống lại kết quả thí nghiệm mà hai nhóm đã trình bày.

(Hình 10-1: Biểu đồ so sánh độ lệch của ánh sáng trong thực tế quan sát nhật thực với độ lệch theo tính toán lý thuyết của Einstein)

Ngài Lodge là một người tin tưởng ngoan cố vào một lý thuyết cũ, một lý thuyết kiên trì bám lấy khái niệm huyền bí về ether và những lý thuyết vật lý khác đã bị thuyết tương đối tổng quát phế truất. Một người nghi ngờ khác là Ludwig Silberstein, ông này tranh luận rằng lý thuyết của Einstein chưa được chứng minh vì hiệu ứng dịch chuyển về phía đỏ do hấp dẫn chưa được khám phá. Tuy nhiên Eddington kiên trì giải thích rằng tính thuyết phục của kết quả hiện tại quá mạnh và vấn đề dịch chuyển đỏ là một vấn đề khác, dành cho một thí nghiệm khác.

Cuối cùng quan điểm Eddington-Dyson đã thắng thế rõ ràng. Không gian là cong và thuyết tương đối tổng quát đã được ủng hộ. Ngài J.J. Thomson, chủ tịch Hội hoàng gia, tổng kết ý kiến đa số khi ông tuyên bố kết thúc cuộc họp lịch sử: “Đây là kết quả quan trọng nhất đã thu được trong mối liên quan với lý thuyết hấp dẫn kể từ thời Newton, và nó hoàn toàn xứng đáng để được công bố tại một cuộc họp của Hội hoàng gia vốn liên hệ mật thiết với ông. Nếu lập luận của Einstein được xác nhận là đúng – và nếu lý thuyết của ông chịu đựng được hai cuộc kiểm tra ngặt nghèo liên quan đến bài toán điểm cận nhật của Sao Thủy và kỳ nhật thực vừa qua – thì đó là kết quả của một trong những thành tựu lớn nhất của tư tưởng nhân loại. Điểm yếu của lý thuyết này là ở chỗ việc trình bày nó quá khó khăn”. Nhà vật lý thiên văn nổi tiếng về sau là S. Chandrasekhar vẫn nhớ cái mà ngài Thomson coi như một “khó khăn”. Có vẻ như, trong cuộc họp, một ý nghĩ bắt đầu hình thành là thuyết tương đối tổng quát khó giải thích đến nỗi chỉ có một số rất ít người trên thế giới mới có khả năng hiểu. Chandrasekhar kể lại câu chuyện sau đây.

(Hình 10-2: Isaac Newton (1642-1727), một trong những nhà bác học vĩ đại nhất của mọi thời đại, người phát minh ra lý thuyết hấp dẫn, chủ tịch Hội hoàng gia Anh trong thời của ông).

Trong bữa tiệc buổi chiều sau cuộc họp, Ludwig Silberstein tiến về phía Eddington và nói: “Thưa giáo sư Eddington, chắc chắn ngài phải là một trong ba người trên thế giới hiểu được thuyết tương đối tổng quát”. Trong lúc Eddington lưỡng lự, Silberstein hỏi thúc: “Chẳng nên khiêm tốn làm gì, thưa ngài Eddington”, và Eddington trả lời: “Ngược lại, tôi đang cố gắng nghĩ xem ai là người thứ ba”. [5]

Tại bữa ăn chiều sau cuộc họp do Hội thiên văn hoàng gia chủ trì, Eddington đọc một bài thơ từ tuyệt (10-1) mà ông vừa viết để ghi nhớ thắng lợi vĩ đại của cuộc khảo sát nhật thực:

Hãy nhường Trí Khôn so sánh số đo

Để chứng minh trọng lượng ánh sáng

Gần Mặt Trời, đường đi của ánh sáng

Không thẳng nữa, mà ắt phải cong vo.

Cuộc họp được giới truyền thông ở Anh đặc biệt chú ý, và ngay hôm sau, ngày 7 tháng 11, tin tức bùng nổ. Một đầu đề lớn trên tờ London Times loan báo: “Cuộc cách mạng trong khoa học – Lý thuyết mới về vũ trụ – Tư tưởng Newton bị hạ bệ – Không gian bị cong”. Tờ New York Times đưa tin chậm hơn một chút, rồi tiếp đến là báo chí và tạp chí trên khắp thế giới. Trong những ngày này, Einstein trở thành một trong những nhân vật vĩ đại nhất – có thể là vĩ đại nhất – mà thế giới chưa từng biết.

Những năm về sau người ta đã thực hiện nhiều cuộc khảo sát nhật thực khác, tất cả đều xác nhận kết quả nghiên cứu của Eddington-Dyson năm 1919. Cuộc khảo sát nhật thực tiếp theo diễn ra năm 1922 cho rất nhiều kết quả tốt phù hợp với lý thuyết của Einstein, và tất cả các cuộc khảo sát nhật thực được báo cáo cũng đều như vậy, trừ một trường hợp. Tại một cuộc họp của Hội thiên văn hoàng gia tháng 1 năm 1932, Erwin Freundlich, lúc đó là một nhà thiên văn Scotland, đã cho những kết quả quan sát nhật thực của ông. Ông tuyên bố độ lệch của ánh sáng ông phát hiện được thực sự vượt quá dự đoán của Einstein [6]. Việc trao đổi thư từ rộng rãi giữa Einstein và Freundlich mặc dù đã kéo dài hai chục năm nay, bỗng nhiên chấm dứt vào năm 1932. Bản thân Einstein phải đối mặt với một nhiệm vụ rắc rối nhằm bảo vệ lý thuyết của ông chống lại kết luận không chính xác của người bạn ngày xưa. Trong một thư Einstein viết từ ngôi nhà của ông ở miền quê Caputh ngày 23 tháng 4 năm 1932 để gửi cho L. Mayr ở Gmunden (có lẽ là một người không chuyên đã nghe được kết quả của Freundlich qua báo chí), ông viết: “Kết quả của ông Freundlich dựa trên một tính toán sai lầm đối với các số liệu của thí nghiệm (như ông Truempler thuộc Đài quan sát Lick đã chứng minh rõ ràng trong một công trình chưa công bố). Với sự tính toán chính xác, sẽ cho những kết quả phù hợp với lý thuyết” [7].

Có vẻ như những kết quả báo cáo của Freundlich không có sức thuyết phục. Cần nhắc lại rằng vào tháng 4 năm 1923, tại cuộc họp của Hội thiên văn hoàng gia, sau khi các kết quả của kỳ nhật thực năm 1922 phù hợp với lý thuyết của Einstein được thông báo, Eddington tuyên bố với vẻ thoải mái về thuyết tương đối tổng quát và sự cong của ánh sáng các ngôi sao xung quanh Mặt Trời: “Tôi nghĩ rằng chính nhân vật Bellman trong tác phẩm *Cuộc săn lùng của con cá mập* (The Hunting of the Shark) đã đặt ra quy luật “Nếu tôi nói ba lần, thì điều đó sẽ đúng”. Bây giờ các ngôi sao đã nói điều đó ba lần trong ba cuộc khảo sát, và do đó tôi tin rằng câu trả lời của chúng là đúng”.

Bây giờ đã rõ ràng là, ở gần một vật thể có khối lượng, không gian là phi-Euclid – nó bị cong. Vấn đề nảy sinh bây giờ là: Hình dạng của *toàn bộ vũ trụ* sẽ thế nào, thay vì chỉ xét một không gian lân cận một vật thể có khối lượng như một ngôi sao chẳng hạn? Nhưng một lần nữa ở đây, Einstein vẫn đứng ở vị trí tiên phong. Tự tin rằng lý thuyết của mình đúng trong không gian phi-Euclid, Einstein đã bắt đầu khảo sát hình dạng và sự tiến hoá của toàn bộ vũ trụ từ hai năm trước khi xảy ra sự kiện lớn về nhật thực năm 1919. Công trình của ông sẽ dẫn ông tới một giả thuyết gây nên tranh cãi lớn nhất trong đời ông. Năm 1917, trong khi tính toán khảo sát phương trình trường của mình, Einstein đã bắt ngờ mở ra chiếc hộp Pandora của mình.

[1] Max Born, *The Born-Einstein letters* (Thư trao đổi giữa Born và Einstein), Walker xuất bản tại New York, 1971, trang 18.

(10-1) Chú thích của N.D.: Nhận xét này không đúng, vì Lorentz sinh năm 1853, hơn Einstein 26 tuổi, không thể coi là cùng trạc tuổi với Einstein.

[2] Einstein, Albert, *The Origins of the General Theory of Relativity* (Nguồn gốc thuyết tương đối tổng quát), do Jackson, Wylie xuất bản tại Glasgow, Anh, 1933.

[3] “Joint Eclipse Meeting of the Royal Society and the Royal Astronomical Society” (Hội nghị về nhật thực kết hợp giữa Hội hoàng gia và Hội thiên văn hoàng gia), tạp chí *The Observatory: A Monthly Review of Astronomy*, tập XLII, Số 545, tháng 11 năm 1919, trang 389.

[4] “Meeting of Royal Astronomical Society” (Cuộc họp của Hội thiên văn hoàng gia), thứ sáu, ngày 12 tháng 12 năm 1919, trên tạp chí *The Observatory: A Monthly Review of Astronomy*, tập XLIII, Số 548, tháng 1 năm 1920, trang 35.

[5] S.Chandrasekhar, *Eddington: The Most Distinguished Astrophysicist of His Time*, (Eddington: nhà vật lý thiên văn xuất sắc nhất trong thời đại của ông), do Cambridge University Press xuất bản tại New York, 1957, trang 30.

(10-1) Chú thích của N.D.: Bài thơ gồm 4 khổ, mỗi khổ 4 câu. Ở đây xin bỏ qua 3 khổ đầu tiên và chỉ tạm dịch ý khổ thơ cuối cùng.

[6] Sách đã dẫn, trang 30.

[7] *A House for Albert Einstein* (Một ngôi nhà cho Albert Einstein) của Michael Gruning, sách tái bản tại Đức, do Verlag der Nation tái bản tại Berlin, 1990, trang 388-9.

Chương XI: SUY XÉT VŨ TRỤ

Tôi thường tự hỏi làm thế nào mà Einstein có thể tạo ra được một tiên đề đơn giản đến như thế . . . vũ trụ đơn giản đến nỗi chúng ta có thể phân tích nó trong một phương trình vi phân một chiều – mọi thứ chỉ nằm trong một phương trình của thời gian mà thôi. Tất nhiên, Einstein có trực giác sắc sảo, và chắc chắn là ông đã tiến quá gần đến sự thật – cách thức tồn tại của vũ trụ như ta thấy (James Peebles, nhà vũ trụ học thuộc Đại học Princeton, 1990)[1]

Tháng 02 năm 1917, Albert Einstein đệ trình lên Viện Hàn Lâm Khoa Học Phổ một công trình đánh dấu ngày ra đời của vũ trụ học hiện đại. Tại đây, Einstein áp dụng toàn bộ sức mạnh của thuyết tương đối tổng quát mà ông vừa mới hoàn tất để nêu lên những câu hỏi về vũ trụ như một tổng thể. Công trình này mang tên “*Suy xét vũ trụ dựa trên thuyết tương đối tổng quát*” (*Cosmological Considerations on the General Theory of Relativity*). Các nhà nghiên cứu đã đặt giả thuyết rằng Einstein đã mở rộng nghiên cứu của ông ra toàn vũ trụ xuất phát từ một tư tưởng của Ernst Mach [2].

Mach lý luận rằng lực quán tính tồn tại xung quanh ta thực chất là do toàn bộ hệ thống các ngôi sao cố định trong vũ trụ tác động như một cái khung quy chiếu gây ra. Hiện tượng này được gọi là luật quán tính của Mach. Luật này nói rằng quán tính tổng cộng của một điểm có khối lượng là một hệ quả gây ra bởi sự hiện diện của tất cả các khối lượng khác trong vũ trụ. Để hiểu luật quán tính của Mach, hãy xét con lắc Foucault. Con lắc này được treo trên trần cao và dao động đều đặn về hai phía của một cung tròn lớn bên trên mặt đất, được trưng bày tại nhiều viện bảo tàng khoa học và những khu vực công cộng khác. Nguyên lý của nó được khám phá bởi Jean Foucault (1819 – 1868).

Khi con lắc dao động qua lại nhiều giờ trong ngày, người ta có thể nhận thấy rõ sự thay đổi góc của mặt phẳng dao động theo thời gian. Vấn đề là ở chỗ không phải con lắc *giữ nguyên tư thế* so với Trái Đất, mà đúng ra là mặt phẳng dao động của nó giữ nguyên, và do đó khi Trái Đất quay, góc tạo bởi mặt phẳng dao động của con lắc so với Trái Đất sẽ thay đổi. Mach suy luận rằng con lắc Foucault giữ nguyên quán tính của nó một cách độc lập với Trái Đất và tuân theo các ngôi sao cố định trong vũ trụ.

Einstein khởi đầu công trình của mình bằng cách đưa ra một sự phân tích mới đối với một phương trình cũ đã được Newton và nhà toán học Pháp Simeon-Denis Poisson (1781–1840) nghiên cứu. Newton đi đến kết luận rằng vũ trụ hữu hạn không thể tồn tại. Ngay từ thời kỳ đầu của những năm 1690, Newton đã biết rằng do lực hấp dẫn kéo tất cả các vật thể có khối lượng gần lại với nhau nên một vũ trụ tĩnh và hữu hạn không thể có. Tại sao vậy? Có thể lý giải vấn đề này bằng cách sử dụng một tính chất vật lý cho rằng khối lượng của một vật thể có thể xem như một tác động xuất phát từ tâm của vật thể đó – tâm khối lượng. Nếu bạn tưởng tượng một quả cầu không gian hữu hạn vô cùng lớn, chất đầy vật chất của các ngôi sao, thiên hà, và siêu thiên hà, thì khi đó bạn có thể xét lực tập trung tại tâm của tất cả các khối lượng trong quả cầu. Kết quả là toàn bộ vật chất trong một vũ trụ tĩnh và hữu hạn như thế sẽ bị hút về tâm khối lượng trong quả cầu, gây ra một chuyển động hướng tâm của tất cả các vật thể trong vũ trụ, và hiển nhiên là mọi thứ bị dồn tụ về điểm duy nhất đó.

Newton lý luận rằng nếu vũ trụ có một số lượng sao vô hạn, phân bố khắp vũ trụ, thì sự sụp đổ sẽ không xảy ra vì không có tâm khối lượng để mọi thứ có thể đổ về đó. Tuy nhiên, lập luận này không đúng bởi vì mọi điểm trong một vũ trụ vô hạn đều có thể coi như tâm của vũ trụ, giống như theo mọi hướng người ta thấy có vô số các ngôi sao. Sau này người ta đã khám phá ra rằng lý thuyết về giới hạn toán học rất thích hợp để nghiên cứu vấn đề này: giả định vũ trụ là hữu hạn, rồi bỏ xung các sao phân bố theo mọi hướng cho tới vô hạn. Theo đuổi lý luận đó, người ta thấy rõ rằng ngay cả với một vũ trụ vô hạn – nếu nó tĩnh và lực hấp dẫn là lực duy nhất tương tác qua khoảng cách xa – chắc chắn vũ trụ vẫn bị co rúm về chính nó.

Tuy nhiên, Einstein khởi đầu công trình của mình bằng việc thảo luận quan niệm của Newton về hấp dẫn, và đã nhắc đến phương trình Poisson, một phương trình vi phân liên hệ sự phân bố vật chất với những biến đổi trong trường hấp dẫn, f . Einstein nhận xét rằng tại không gian ở xa vô cùng, trường hấp dẫn f tiến tới một giá trị hữu hạn cố định nào đó. Ông nhấn mạnh nếu chúng ta muốn nhìn vũ trụ như sự mở rộng không gian của nó đến vô hạn, thì một số điều kiện giới hạn phải được đặt ra đối với các phương trình trong thuyết tương đối tổng quát của ông. Sau đó Einstein lý luận rằng điều kiện chính xác đặt ra cho các phương trình để tìm giá trị giới hạn của trường hấp dẫn ở xa vô cùng là ở chỗ mật độ trung bình của vật chất trong vũ trụ, ký hiệu bởi r , phải giảm dần tới 0 nhanh hơn tỷ số $1/r$, trong đó r là khoảng cách từ tâm của vũ trụ hướng tới vô cùng. Einstein nói, điều kiện này đặt ra một hình thể hữu hạn đối với vũ trụ, mặc dù tổng khối lượng có thể vô hạn [3].

Einstein tiếp tục suy nghĩ về mô hình mà ông đang xây dựng cho vũ trụ, trong đó trường hấp dẫn của Newton và Poisson được thay thế bởi trường hấp dẫn của Einstein, đặc trưng bởi tensor khoảng cách Riemann, R , và mật độ vật chất Newton-Poisson, r , được thay thế bằng tensor momen- năng lượng [4]. Số lượng tensor này là những phần tử của phương trình trường hấp dẫn của Einstein rút ra từ hai năm trước như là kết quả cuối cùng của thuyết tương đối tổng quát của ông:

$$R_{\mu\nu} - 1/2g_{\mu\nu}R = -kT_{\mu\nu}$$

(trong đó $k = 8\pi G$, phương trình được viết một cách cô đọng hơn như trên). Câu hỏi trong đầu ông là làm thế nào tổng quát hoá quan hệ Newton-Poisson một cách phù hợp trong phương trình trường hấp dẫn sử dụng giá trị tensor của ông, để sao cho tính tương đối tổng quát có thể áp dụng có ý nghĩa đối với toàn bộ vũ trụ bao la như một tổng thể, chứ không phải chỉ áp dụng cho một khu vực cục bộ của các ngôi sao và thiên hà.

Trong khi theo đuổi các giả thiết mà ông đã phác hoạ những nét chính về mật độ vật chất trung bình giảm xuống 0 nhanh hơn tỷ số $1/r^2$ (một chia cho bình phương bán kính vũ trụ), Einstein nhận thấy rằng phương trình của ông phải thoả mãn một tính chất thú vị: một phần bức xạ phát ra từ các vật thể trong vũ trụ sẽ rời bỏ hệ thống vũ trụ Newton, thoát ra khỏi vũ trụ để biến mất trong cái bao la của vô cùng. Ý nghĩ cho rằng trường hấp dẫn trở nên không đổi tại không gian ở xa vô cùng mách bảo với Einstein rằng tương tự như thế một tia sáng cũng sẽ rời bỏ vũ trụ và tiếp tục đi tới vô cùng, và một vật thể có khối lượng như một ngôi sao cũng có thể như vậy. Do đó một ngôi sao có thể thắng lực hút Newton để “đi tới không gian ở xa vô cùng”. Ông viết: “Bằng cơ học thống kê, trường hợp này có thể xảy ra dần dần, kéo dài đến chừng nào mà năng lượng tổng cộng của hệ thống các ngôi sao – truyền cho từng ngôi sao riêng lẻ – đủ lớn để thúc đẩy ngôi sao đó làm một cuộc hành trình cho tới vô cùng, từ đó nó chẳng bao giờ có thể quay trở lại nữa” [5].

Tại điểm này Einstein đã tạo ra một nhận thức gây choáng váng: vũ trụ bản thân nó phải *giãn nở* – các sao, vật chất, và bức xạ, tất cả phải bay về hướng “vô cùng”, hoặc nếu không thì toàn thể vũ trụ sẽ co về chính nó, dù nó có một lượng hữu hạn các sao và một lượng hữu hạn vật chất hay không [6]. Vì thế, từ phương trình trường của riêng mình, Einstein đã khám phá ra sự giãn nở của vũ trụ. Nhưng ông đã không tin vào kết luận của chính mình. Trong công trình của mình, ông nhắc lại rằng các ngôi sao đã quan sát có một tốc độ khá nhỏ (nghĩa là chẳng có ngôi sao nào bay tới vô cùng cả, nếu không thì tốc độ của chúng phải lớn hơn). Ông viết: “Chúng ta có thể cố gắng né tránh khó khăn khác thường này bằng cách giả định một giá trị rất cao đối với khả năng giới hạn ở vô cùng. Điều đó có thể là một phương án khả dĩ, nếu giá trị của năng lượng hấp dẫn bản thân nó không nhất thiết bị ràng buộc bởi các vật thể trong vũ trụ. Sự thật là ở chỗ chúng ta buộc phải nhìn nhận rằng sự xuất hiện của bất kỳ một khác biệt lớn nào về năng lượng của trường hấp dẫn đều mâu thuẫn với thực tế. Những khác biệt này phải thật sự khá nhỏ để độ lớn của tốc độ các ngôi sao do chúng gây ra không vượt quá tốc độ đã quan sát trong thực tế” [7]. Giá mà Einstein biết được điều mà chúng ta biết hôm nay thì có lẽ mọi chuyện đã khác. Các thiên hà chuyển động nhanh nhất mà chúng ta đã quan sát được đang bay ra xa tới vô cùng với tốc độ vượt quá 95% tốc độ ánh sáng.

Nhưng Einstein đã không được biết những sự thật đó. Trong vũ trụ của ông chỉ có một thiên hà – dải Ngân Hà (the Milky Way). Ngay cả Andromeda, một thiên hà hàng xóm chỉ cách chúng ta 2,2 triệu năm ánh sáng, cũng vẫn chưa được phát hiện vào năm 1917. Người ta tưởng nó là một tinh vân – một đám vật chất giống như một dải khí gas và bụi rác – cư trú bên trong thiên hà –vũ trụ – của riêng chúng ta. Và ở đây, trong dải Ngân Hà, các sao chuyển động không nhanh lắm. Do đó Einstein đã làm cái mà

dường như hợp lý đối với ông – ông không biết cái mà lý thuyết đã nói với ông, và tìm cách biến đổi lý thuyết cho phù hợp với hiện thực mà ông thấy: một vũ trụ tĩnh nhưng không biết tại sao nó lại không co rút về tâm của nó.

Einstein đã lưu ý rằng còn có một người nữa cũng đã nghĩ đến vấn đề áp dụng tính tương đối tổng quát vào các bài toán vũ trụ, nhưng đã chọn một phương pháp nghiên cứu tương đương với việc từ bỏ nó – đó là De Sitter, người đã nêu những vấn đề này trong một công trình do Viện hàn lâm khoa học Amsterdam công bố vào tháng 11 năm 1916. Tuy nhiên, Einstein tiếp tục: “Tôi phải thú nhận rằng một sự cam chịu như thế trong vấn đề căn bản này là một chuyện hết sức khó khăn đối với tôi. Tôi không nên bỏ khuyết thêm ý nghĩ của mình cho vấn đề đó chừng nào mà mọi cố gắng vươn tới một cái nhìn thoả mãn vẫn đều vô hiệu”.

Về mặt toán học, phương trình trường hấp dẫn của Einstein chuẩn mực đến nỗi ông tin chắc rằng phương trình của ông hoàn toàn đúng ngay cả trước khi Thuyết tương đối tổng quát nhận được bằng chứng thực nghiệm, và đây là lý do tại sao sau này ông nói rằng ông sẽ cảm thấy phải “xin lỗi Chúa” nếu thực nghiệm thất bại, vì “lý thuyết là chính xác”. Do đó thật là khổ sở khi phải đối mặt với một bài toán cho thấy rõ ràng là cần có một sự hoà giải giữa một vũ trụ đường như tĩnh với một phương trình đẹp đẽ ngụ ý một vũ trụ đang giãn nở. Nhưng, như ông nói, ông đã phải cố gắng thực hiện một điều chỉnh giữa hiện thực và phương trình của ông trước khi mọi cố gắng đều trở nên vô hiệu. Và ông đã làm như vậy. Einstein đã biến đổi phương trình hoàn mỹ của ông, một phương trình đã giúp ông và vật lý học mô tả tự nhiên một cách tuyệt vời. Thật vậy, phương trình: $R_{\mu\nu} - 1/2g_{\mu\nu}R = -kT_{\mu\nu}$

được biến đổi thành: $R_{\mu\nu} - 1/2g_{\mu\nu}R - \lambda g_{\mu\nu} = -kT_{\mu\nu}$

Tại đây, ông đã bổ xung một hằng số đơn giản, biểu thị bởi tích của chữ Lambda, λ , trong tiếng Hy Lạp, với tensor metric $g_{\mu\nu}$ của nó. Sự biến đổi đã được thực hiện một cách cẩn trọng nhằm duy trì những đặc trưng vật lý quan trọng, mà những đặc trưng này phải được thể hiện bởi một phương trình có ý nghĩa. Sự biến đổi mà Einstein đã thực hiện trong phương trình được trừ tính sao cho nó ít ảnh hưởng đến những hiện tượng cục bộ địa phương như sự chuyển động của các hành tinh, nhưng lại có hiệu ứng lớn đối với những khoảng cách khổng lồ. Đó là một kế hoạch tài tình – một cái gì đó mà chỉ có bản thân Einstein mới có thể làm.

Einstein đã vận dụng quan điểm cho rằng không gian của ông là không gian phi-Euclid. Độ cong của không gian mà Einstein xem xét được thể hiện bởi 10 đặc trưng, tương ứng với 10 hệ số tensor khoảng cách g bên trong không-thời-gian bốn chiều. Einstein làm thay đổi [8] mỗi phần tử của tensor khoảng cách của ông bởi một giá trị nhỏ, λ . Điều ông đã làm là vận dụng hình học vào vũ trụ một cách thông minh để làm cho vũ trụ khớp với phương trình. Đại lượng λ cho phép ông làm điều đó sau này được gọi là *hằng số vũ trụ (cosmological constant)*. Và Einstein sẽ không bao giờ có thể theo kịp với sự sáng tạo của chính hằng số đó. Hằng số vũ trụ sẽ săn đuổi ông trong suốt phần đời còn lại.

Phương trình chứa hằng số vũ trụ của Einstein có rất nhiều tính chất mong muốn. Phương trình của ông thật sự là một mô hình toán học đầu tiên của vũ trụ như một tổng thể. Trong mô hình này, vũ trụ là tĩnh – chẳng co chẳng giãn. Nó có hình dạng cầu và hữu hạn. Nó có độ cong không đổi. Tính vô hạn của vũ trụ Newton được giải quyết kể từ khi vũ trụ được xem là hữu hạn nhưng không có biên. Để thấy làm thế nào mà một vũ trụ có thể hữu hạn nhưng không có biên, hãy xét thí dụ hai chiều của bề mặt của một hình cầu. Tại đây, cung của đường tròn lớn là khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm. Nếu đi theo một đường tròn như thế trên bề mặt Trái Đất, hiển nhiên là một người có thể quay về điểm xuất phát sau khi đi được một vòng quanh địa cầu. Nhưng không có biên trên một đường tròn như thế (gọi là đường trắc địa) trên bề mặt Trái Đất, và hơn nữa bề mặt đó là hữu hạn. Vũ trụ của Einstein là một sự tương tự ba chiều của bề mặt Trái Đất. Ở đây, một tia sáng hoặc một hạt cơ bản di chuyển dọc theo một đường trắc địa (đường cong ngắn nhất đi qua hai điểm) hiển nhiên sẽ trở lại điểm xuất phát của nó – tuy nhiên, điều này sẽ đòi hỏi một thời gian dài vô cùng. Một vũ trụ như thế là hữu hạn và không có biên. Vũ trụ của Einstein có độ cong độc lập với thời gian. Vũ trụ này là đồng nhất, nghĩa là nó trông như nhau ở mọi nơi. Nó cũng là *đẳng hướng*, nghĩa là nó trông như nhau về mọi hướng mà người quan sát có thể thấy – không có một hướng ưu tiên nào trong không gian.

Bán kính cong của vũ trụ cầu ba chiều của Einstein liên hệ chặt chẽ với hằng số vũ trụ Λ và cả bán kính lần Λ đều phụ thuộc vào số lượng tổng cộng vật chất trong toàn bộ vũ trụ. Nếu vũ trụ có khối lượng càng lớn thì bán kính cong càng nhỏ – vũ trụ càng chứa nhiều khối lượng thì khối cầu vũ trụ càng cong nhiều. Nhưng khi vật chất càng giãn ra thì độ cong của không gian càng giảm. Einstein xem những tính chất này là hiện thực. Ông cũng quan tâm đến *mật độ* khối lượng trong vũ trụ, nghĩa là tỷ lệ của khối lượng đối với không gian: tổng khối lượng của vũ trụ phân bố ra sao bên trong toàn bộ khối cầu khổng lồ của không gian ?

Mật độ trung bình của khối lượng trong vũ trụ Einstein được giả định là không đổi tại khắp nơi trong không gian. Einstein sử dụng những kết quả cục bộ của thuyết tương đối tổng quát để lý luận về điểm này. “Theo thuyết tương đối tổng quát”, ông viết trong bài báo của ông về vũ trụ, “đặc trưng khoảng cách (độ cong) của continuum không-thời-gian bốn chiều được xác định tại mọi điểm bởi vật chất tại điểm đó và trạng thái vật chất tại điểm đó”. Vì vật chất biến đổi khắp nơi trong không gian, ông lập luận, nên các tính chất khoảng cách của không gian nhất thiết phải cực kỳ phức tạp.

Nhưng Einstein đưa ra một đề nghị. Ông nói rằng nếu chúng ta quan tâm đến cấu trúc trong phạm vi lớn của vũ trụ, thay vì những tính chất cục bộ như độ cong đáng kể của không gian xung quanh các vật thể có khối lượng, thì mật độ *trung bình* của không gian sẽ là một thông số thích hợp. Do đó, “chúng ta có thể coi như vật chất phân bố thuần nhất khắp không gian, sao cho mật độ phân bố của nó là một hàm số biến đổi cực kỳ chậm”.

Einstein đã nêu lên khái niệm mật độ trung bình của vật chất trong vũ trụ, thể hiện bởi một thông số ký hiệu là r . Khái niệm này sẽ giữ một vai trò chủ yếu trong tất cả các lý thuyết vũ trụ học trong suốt thế kỷ 20. Và ông đã tìm thấy một tính chất khác của vũ trụ mà ông mong muốn: một nghiệm của phương trình nói lên rằng khi hằng số vũ trụ khác 0, phương trình sẽ không thoả mãn nếu mật độ khối lượng $r = 0$. Do đó ông nghĩ rằng phương trình sẽ không thể áp dụng trong một vũ trụ không có vật chất. Tính chất này làm ông thấy yên lòng.

Lúc đầu, việc đưa hằng số vũ trụ vào phương trình của Einstein dường như vô hại. Đó là phương trình vĩ đại của riêng Einstein – dường như ông có mọi quyền để thay đổi nó nếu ông muốn. Nhưng thách thức đầu tiên đã đến rất sớm. Ngược trở về Hà Lan, ông già Williem De Sitter với bờm tóc bạc và chòm râu dê vẫn làm việc cần mẫn về vũ trụ học và thuyết tương đối tổng quát. Ông là một tín đồ ngoan đạo, cùng với những người bạn là Ehrenfest và Lorentz, tiếp tục thêm thắt vào công trình sáng tạo của Einstein. Cũng vào khoảng đầu năm 1917, ngay sau khi công trình của Einstein về vũ trụ học xuất hiện, De Sitter đã công bố một công trình riêng của ông, làm cho Einstein hết sức lúng túng. Thật vậy, giải phương trình trường chứa hằng số vũ trụ của Einstein, De Sitter tìm thấy *một nghiệm khác* cho phép tồn tại một vũ trụ không có vật chất gì cả – một vũ trụ với không gian trống rỗng.

Kết quả này làm Einstein thực sự bối rối, bởi mục tiêu theo đuổi của ông là giải thích vũ trụ theo tư tưởng của Mach, trong đó sự phân bố khối lượng của vũ trụ sẽ tạo nên những cái khung quán tính (con lắc Foucault dao động đều đặn là do hợp lực của toàn bộ vật chất có khối lượng trong vũ trụ tác động lên nó). Einstein dường như đã tin vào nguyên lý Mach, và trong suốt thời gian ở Praha ông đã viết về sự đáng tin cậy của giả thuyết nói rằng tổng quán tính của một điểm khối lượng là do sự hiện diện của tất cả các khối lượng khác gây ra – một kiểu tương tác của một điểm vật chất với tất cả các khối lượng khác trong vũ trụ. Sau này tại Zurich ông bị thuyết phục hơn bao giờ hết rằng nguyên lý đó có giá trị, và thậm chí ông đã viết cho Mach rằng nếu sự bẻ cong tia sáng được khám phá thì nó cũng sẽ xác nhận giả thuyết của Mach.

Nhưng khi ông viết công trình năm 1917 của ông về vũ trụ, chia sẻ một phần với giả thuyết Mach, ông đã có một vài xáo động – ông đã viết cho bạn của ông là Paul Ehrenfest rằng ông đã lại phạm phải một điều gì đó không ổn liên quan đến hấp dẫn, điều đó đặt ông vào “một tình thế nguy hiểm như bị giam vào nhà thương điên”. Trong một cuộc trò chuyện với De Sitter trước khi công trình được công bố, Einstein đã đề cập đến khả năng lực quán tính phát sinh đúng là do sự tồn tại của tất cả các vật chất trong vũ trụ. Nhưng sau khi công trình về vũ trụ của Einstein đã được công bố, nghiệm của De Sitter lại

ngụ ý rằng không nhất thiết phải tồn tại khối lượng trong vũ trụ để tạo nên những khung quán tính đó. Và nghiệm của De Sitter đối với phương trình của Einstein còn có một đặc trưng rất quan trọng khác – một đặc trưng đã bị bỏ qua trong thời gian công trình của De Sitter được công bố. Theo nghiệm của De Sitter, vũ trụ có thể tồn tại mà chẳng cần đến vật chất gì cả. Ngược lại, nếu vật chất tồn tại trong vũ trụ thì suy ra vũ trụ *không thể tĩnh*.

Có một vài kiểu lực đẩy trong vũ trụ tác động lên tất cả các khối lượng, làm cho chúng dần cách xa nhau ra. Hiện tượng này tự nó biểu hiện, theo nghiệm của phương trình, chỉ trong những khoảng cách lớn. Do đó, De Sitter, một người rất sắc sảo, đã bắt đầu tìm các báo cáo thiên văn về sự giãn nở của vũ trụ, nhưng ông chẳng tìm thấy gì cả. Sự giãn nở trong vũ trụ của De Sitter, cần phải được nhấn mạnh, rằng không phải là sự giãn nở đơn giản. Nó có thể thích hợp với lý thuyết vũ trụ giãn nở lạm phát được phát triển trong những năm 1980 bởi nhà vũ trụ học Alan Guth của Đại học MIT. Nhưng những cú đòn lớn hơn giáng vào lý thuyết chứa đựng hằng số vũ trụ tai quái của Einstein vẫn chưa xuất hiện mà vẫn còn quanh quẩn ở đâu đó.

Trong khi bản thân Einstein không bao giờ tự nói ra, nhưng chẳng còn gì để nghi ngờ rằng ông đã tin chắc rằng phương trình trường chính xác của vũ trụ không thể có một nghiệm không chứa vật chất. Vì mọi lý do một vũ trụ trống rỗng sẽ không thể chống đỡ được với sự vi phạm nguyên lý Mach về những cái khung quán tính. Sau khi công trình của De Sitter xuất hiện, Einstein đã dốc mọi cố gắng trong suốt hai năm trời để tìm ra một lỗi trong lời giải của De Sitter đối với phương trình vũ trụ của Einstein. Nhưng Einstein đã thất bại. Năm 1919, ông cố làm thêm một cái gì nữa: bổ xung vào phương trình có hằng số vũ trụ của ông một giả thiết cho rằng tensor động lượng T là do điện từ trường gây ra. Giả thiết này xuất phát từ giả thuyết cho rằng các hạt tích điện giữ lại được với nhau nhờ trường hấp dẫn.

Đây là nỗ lực đầu tiên của Einstein nhằm *thống nhất* các lý thuyết vật lý: tại đây, theo một cách nào đó, ông đã cố gắng thống nhất trường điện từ với trường hấp dẫn. Cuộc tìm kiếm một lý thuyết trường thống nhất đã chiếm hầu hết thời gian còn lại trong đời ông, nhưng ông đã không thành công trong việc tìm một phương trình mô tả tất cả các định luật vật lý. Dù sao chẳng nữa, trong những năm tiếp theo, Einstein đã thôi không đã động đến nguyên lý Mach về quán tính và khối lượng của vũ trụ nữa. Và ông bắt đầu mất niềm tin vào hằng số vũ trụ. Rồi chẳng bao lâu sau đó đã xảy ra cái được gọi là một “coup de grace” (phát súng ân huệ) – ít nhất theo quan điểm của Einstein.

Đòn giáng vào hằng số vũ trụ được góp sức bởi các công trình của hai nhà thiên văn Mỹ. Cùng năm 1917, năm chứng kiến các công trình của Einstein và De Sitter, người ta cũng chứng kiến việc công bố công trình của Vesto M. Slipher, một nhà thiên văn tại Đài quan sát Lowell ở Flagstaff, Arizona. Qua kính viễn vọng của mình Slipher quan sát tinh vân xoắn. Vào thời đó, những tinh vân này được coi như một bộ phận của giải Ngân Hà. Nhưng Slipher nhận thấy rằng ngoài chuyển động quay tròn của các ngôi sao bên trong những tinh vân này còn có một dịch chuyển khá rộng và hợp lý của vạch quang phổ về phía đỏ của quang phổ. Sử dụng hiệu ứng Doppler để tính toán tốc độ của chuyển động tương ứng với dịch chuyển đỏ, kết quả cho thấy các tinh vân này ngày càng chạy xa khỏi chúng ta với tốc độ rất cao – một số trong chúng vượt quá 100 triệu dặm một giờ. Cái mà Slipher có trước mặt, nhưng vào thời đó không thể biết đó là cái gì, là bằng chứng của một vũ trụ giãn nở. Mặc dù ông có thể nói rằng hầu hết các tinh vân ông quan sát đều chuyển động rất nhanh ra xa khỏi chúng ta (ngoại trừ một vài tinh vân là các thiên hà ở gần, như hiện nay ta biết), nhưng ông không biết những tinh vân này là những thiên hà khác nhau, và cũng chẳng biết các thiên hà này cách chúng ta bao xa. Nhưng chẳng bao lâu sau bức tranh đã trở nên rõ ràng nhờ công trình của Edwin Hubble.

Để Hubble có thể tạo nên một khám phá vũ trụ gây choáng váng, một nhà thiên văn tại Đài quan sát của Học viện Harvard (Harvard College Observatory) đã phát minh ra một kỹ thuật thiên văn đột phá. Henrietta Leavitt (1868 – 1921) thuộc Đài quan sát Học viện Harvard đã xây dựng được một danh mục các sao biến đổi độ sáng do Đài quan sát phía nam của Harvard ở Peru quan sát. Leavitt nghiên cứu độ cong của ánh sáng các sao biến đổi trong các Đám Mây Magellan Lớn và Nhỏ. Đó là hai thiên hà vệ tinh của giải Ngân Hà, mặc dù chúng chưa được biết là hai thiên hà cách biệt. Hai Đám Mây Magellan được khám phá bởi đội hàng hải của Magellan trong chuyến du hành của ông vòng quanh thế giới năm

1686. Chúng xuất hiện như hai dải sương mù sáng trên bầu trời ban đêm gần cực nam của bầu trời. Vì mỗi Đám Mây Magellan trông giống như một đám sao tụ tập lại, nên hoàn toàn có lý khi cho rằng khoảng cách từ chúng ta tới các ngôi sao trong tập hợp đó xấp xỉ như nhau (theo kích thước thiên văn).

Điều này trở thành một phỏng đoán có lợi giúp cho Leavitt tạo được một khám phá đáng kinh ngạc. Bà đã tìm thấy một quan hệ trực tiếp giữa độ sáng rõ của một sao biến đổi và chu kỳ sao, hoặc chu kỳ biến đổi độ sáng của sao. Vì các sao trong một Đám Mây Magellan có khoảng cách đến Trái Đất xấp xỉ như nhau, nên có thể giả định rằng tồn tại một quan hệ giữa độ sáng rõ với chu kỳ biến đổi, cũng như quan hệ giữa độ sáng tuyệt đối (độ sáng tương ứng với một khoảng cách tiêu chuẩn định trước) với chu kỳ biến đổi. Các sao mà Henrietta Leavitt đang nghiên cứu là một loại đặc biệt: những sao biến đổi Cepheid. Chúng được đặt theo tên của một ngôi sao được khám phá đầu tiên có một chu kỳ sáng tối rất đều đặn: Sao Delta trong chòm sao Cepheus.

Đến năm 1912, Leavitt đã xác định được quan hệ giữa độ sáng và chu kỳ biến đổi của 25 sao. Bà đã tiếp tục công trình cần mẫn này bằng cách so sánh sự biến đổi độ sáng của từng sao với chu kỳ của sao, và tìm ra quan hệ toán học tồn tại giữa hai sự biến đổi đó. Sao biến đổi Cepheid càng sáng thì chu kỳ của nó càng dài hơn. Từ mỗi quan hệ giữa hai đại lượng thiên văn biến đổi này có thể xác định được khoảng cách đến các sao đó – ở bất cứ nơi nào mà các sao đặc biệt này có mặt. Đến năm 1917, kỹ thuật của Leavitt được sử dụng để xác định khoảng cách tới bất kỳ một sao biến đổi Cepheid nào – thậm chí những sao nằm trong các thiên hà xa xôi. Đứng là Leavitt đã trao cho thiên văn học những “cây nến tiêu chuẩn”, như ngày nay ta biết, để xác định khoảng cách vũ trụ. Năm 1998, Saul Perlmutter và nhóm của ông đã báo cáo về việc sử dụng một kiểu nến tiêu chuẩn khác – siêu tân tinh Loại Ia – để hoàn tất một nhiệm vụ tương tự: xác định khoảng cách tới các thiên hà xa hơn rất-rất nhiều. Đối với những thiên hà xa như thế kỹ thuật sao biến đổi Cepheid không còn tác dụng nữa, vì những sao này ở quá xa, trong khi các vụ nổ siêu tân tinh rất mạnh, có thể phân biệt rõ bằng kỹ thuật chụp ảnh tinh vi và các kính viễn vọng rất mạnh. Dấu sao chổi nữa, đã đến lúc để Hubble khám phá ra bằng chứng đầu tiên chứng tỏ sự giãn nở của vũ trụ.

Edwin Hubble (1889 – 1953), được coi là nhà thiên văn học lớn nhất của thế kỷ 20. Kính viễn vọng không gian Hubble được đặt tên theo ông. Ông sinh tại Marshfield, Missouri, ngày 20 tháng 11 năm 1889. Hubble học luật tại Đại học Oxford, nhưng sớm quay sang thiên văn, vào làm việc tại Đài quan sát Yerkes của Đại học Chicago với tư cách sinh viên tốt nghiệp ngành thiên văn. Sau đó ông được gọi vào quân ngũ để đi chiến dịch. Hubble tròn 30 tuổi vào ngày giải ngũ trong lực lượng viễn chinh Mỹ tại Âu châu năm 1919, vào lúc kết thúc Thế chiến I, và gia nhập đội ngũ các nhà thiên văn học tại Đài quan sát trên đỉnh núi Wilson ở California. Vào thời gian đó, đài quan sát có một kính viễn vọng lớn nhất thế giới: gương phản chiếu Hooker đường kính 100 inch. Năm 1923, Hubble bắt đầu một chương trình quan sát để tìm các sao mới trong tinh vân Andromeda – tinh vân xoáy lớn nhất trên bầu trời (ngày nay ta biết đó là một thiên hà gần nhất, khác với hai Đám Mây Magellan). Khi Hubble xem xét kỹ một tấm ảnh chụp của tân tinh (nova – sao mới hiện) đầu tiên mà ông nghĩ rằng ông đã khám phá ra trong tinh vân Andromeda, ông nhận thấy cái ông đang có trong tay chính là một sao biến đổi Cepheid.

Đến lúc đó, nhà thiên văn Harlow Shapley (1885 – 1972) tại Đài quan sát Mount Wilson đã ước lượng được khoảng cách tới các Đám Mây Magellan bằng cách sử dụng phương pháp của Henrietta Leavitt. Do đó, khi Hubble nhận thấy ngôi sao mà ông đã chụp được ảnh trong Andromeda là một Cepheid, ông cảm thấy xúc động mạnh. Sau khi nghiên cứu đường cong ánh sáng của ngôi sao này, Hubble ước tính khoảng cách đến Andromeda bằng khoảng 900.000 năm ánh sáng (mặc dù ngày nay chúng ta biết khoảng cách đó lớn hơn nhiều: 2,2 triệu năm ánh sáng). Khám phá này đủ để kết luận Andromeda là một thiên hà cách biệt, không phải là một bộ phận của giải Ngân Hà. Khám phá này gây ra một Cuộc Tranh Luận Lớn Nhất trong thiên văn học: Phải chăng vũ trụ tồn tại với nhiều “hòn đảo”, hoặc phải chăng vũ trụ chỉ có giải Ngân Hà, với tất cả những thứ nhìn thấy trên bầu trời đều nằm trong đó ?

Sau khi khẳng định sự tồn tại của một thiên hà hoàn toàn cách biệt với giải Ngân Hà, Hubble hướng kính viễn vọng khổng lồ 100 inch tới những vùng tinh vân khác trên bầu trời để cố gắng xác định xem liệu chúng cũng có phải là những thiên hà cách biệt hay không. Những năm tiếp theo, lúc thì một mình

lúc thì cùng với một cộng sự là Milton Humason (1891 – 1957), sử dụng các kính viễn vọng cỡ 100 inch, rồi sau này 200 inch, Hubble đã cống hiến toàn bộ sức lực cho việc quan sát các thiên hà. Tính đến năm 1929, Hubble đã phân tích cả khoảng cách lẫn hiệu ứng dịch chuyển đỏ Doppler đối với 12 thiên hà [9]. Tại đây, Hubble đã đi đến khám phá lớn của ông: Nói chung, các thiên hà đang chạy xa ra khỏi chúng ta với tốc độ tỷ lệ với khoảng cách từ chúng đến chúng ta. (Dịch chuyển đỏ cho phép ông tính toán tốc độ lùi xa, trong khi khoảng cách được tính theo luật Leavitt đối với các sao Cepheid). Có một mối quan hệ rõ ràng theo quy luật tuyến tính giữa tốc độ lùi xa và khoảng cách. Độ dốc của đường thẳng tuyến tính này hiện nay được gọi là Hằng Số Hubble, và định luật nói rằng tốc độ lùi xa tỷ lệ tuyến tính với khoảng cách được gọi là Định Luật Hubble. Giải thích logic duy nhất đối với Định Luật Hubble là vũ trụ tổng thể đang giãn nở: giống như một miếng bánh gatô nho đang nở phồng. (Hình 11-1: Vũ trụ giãn nở theo định luật Hubble – tốc độ của một thiên hà chạy xa khỏi chúng ta tỷ lệ với khoảng cách từ chúng đến chúng ta)

Định Luật Hubble làm thay đổi sự hiểu biết của chúng ta về vũ trụ. Mô hình tĩnh không còn thích hợp nữa. Và, đối với một vũ trụ đang giãn nở với tốc độ không đổi – như trường hợp đã được rút ra từ dữ kiện của Hubble về những thiên hà tương đối gần – hằng số vũ trụ trong phương trình của Einstein không còn cần thiết nữa. Năm 1931, sau khi đến thăm California và xem các tính toán của các nhà thiên văn, Einstein thừa nhận rằng hằng số vũ trụ trong phương trình của ông là không phù hợp và ông chính thức từ bỏ nó. Nhưng thậm chí trước khi khám phá của Hubble về vũ trụ giãn nở được loan báo, Einstein cũng đã nản lòng với hằng số vũ trụ của ông về phương diện thuần túy lý thuyết. Sự chán ghét của ông đối với hằng số này là do bởi hai mô hình vũ trụ khác dựa trên chính phương trình chứa hằng số vũ trụ của ông.

Alexander Friedmann (1888 – 1925) sinh tại St.Petesburg và theo học môn khí tượng và toán học. Ông trở nên quan tâm đến thuyết tương đối tổng quát trong khi làm việc tại Viện hàn lâm khoa học Nga. Trong khi nghiên cứu các phương trình của Einstein, Friedmann quyết định từ bỏ giả thiết vũ trụ tĩnh, trong khi giữ nguyên giả thiết vũ trụ đồng nhất và đẳng hướng. Trong khi giải các phương trình, Friedmann nhận thấy hằng số vũ trụ không cần thiết đối với vũ trụ này. Einstein nghĩ rằng mô hình của Friedmann sai – rằng Friedmann đã phạm một sai lầm trong lời giải của ông ta – và ông đã nói rõ nhận xét của mình. Nhưng về sau Einstein nhận thấy chính ông đã phạm sai lầm trong khi phản đối lời giải của Friedmann – và ông đã rút lại sự phê phán của ông đồng thời tuyên bố công trình của Friedmann là “sáng sủa dễ hiểu”. Đó là cú sốc lý thuyết thứ hai của Einstein về hằng số vũ trụ. Sau đó còn có công trình của một thầy tu kiêm nhà toán học người Bỉ tên là Georges Lemaitre. Năm 1927, Lemaitre nghiên cứu những quan sát đầu tiên của Slipher về những dịch chuyển đỏ và đưa ra một mô hình toán học đối với vũ trụ đang giãn nở.

Năm 1923, Hermann Weyl (1885-1955) và Eddington nghiên cứu điều gì xảy ra đối với các thành tố phụ thuộc vào mô hình vũ trụ của De Sitter, và thấy rằng những thành tố đó chạy xa ra khỏi nhau. Trong một bức thư viết cho Weyl tiếp theo sau kết quả này, Einstein viết: “Nếu không có một vũ trụ hầu-như-tĩnh, thì hãy bỏ hằng số vũ trụ đi!” [10].

[1] Trong cuốn *Origines: The Lives and Worlds of MoDern Cosmologiats* (Những nguồn gốc: Cuộc sống và thế giới của các nhà vũ trụ học hiện đại), của A. Lightman và R. Brawer, do Đại học Harvard xuất bản, tại Cambridge, MA, năm 1990.

[2] Thí dụ, xem *Einstein's Theory of relativity* (Thuyết tương đối của Einstein) của Max Born, do Dover xuất bản tại New York năm 1965, trang 362.

[3] Albert Einstein, “Cosmological Considerations on the General Theory of Relativity” (Suy xét vũ trụ dựa trên thuyết tương đối tổng quát), được in lại trong cuốn *The Principle of Relativity* (Nguyên lý tương đối) của Einstein, do Dover xuất bản tại New York năm 1923, trang 178.

[4] Hãy nhớ lại rằng theo công thức nổi tiếng của Einstein , năng lượng và khối lượng là tương đương.

[5] Sách đã dẫn, trang 178.

[6] Quan niệm về vô cùng khi áp dụng vào không gian thích hợp với vũ trụ của chúng ta có thể được xem xét theo cách sau đây. Hãy tưởng tượng một mặt phẳng bị kéo căng ra đến chừng nào mà mắt có

thể nhìn thấy theo mọi hướng. Bây giờ tại chân trời, theo mọi hướng nhìn, mặt phẳng bị cong lên phía trên và tiếp tục tăng lên với một độ dốc càng ngày càng lớn. Cứ thế đi lên mãi, đến một giới hạn, mọi thứ cong lại xung quanh bạn sẽ hội tụ lại tại một điểm rất xa phía trên đầu bạn – điểm ở xa vô cùng (Mô hình toán học này được gọi là “một điểm cô đọng của mặt phẳng”). Nếu bạn nghĩ đến không gian bạn đang ở trong đó là một không gian 3 chiều thay vì 2, hoặc 4 chiều kể cả không gian lẫn thời gian, thì mô hình trên vẫn có thể áp dụng cho một vũ trụ có không gian vô hạn.

[7] Sách đã dẫn.

[8] Nguyên văn là “teaked”, nghĩa là “cấu”, “véo” (ND)

[9] Phần lớn các thiên hà đều thể hiện dịch chuyển đỏ – chỉ ra rằng chúng *đang lùi xa* khỏi chúng ta. Một số thiên hà tương đối gần thể hiện một dịch chuyển xanh, nghĩa là chúng đang tiến gần đến chúng ta. Tuy nhiên hiện tượng này là một ngoại lệ hiếm hoi đối với quy luật chung, và xảy ra vì một thiên hà ở gần chúng ta bị lực hấp dẫn của giải Ngân Hà kéo về phía chúng ta, hoặc nếu không thì đó chỉ là một chuyển động ngẫu nhiên hướng về phía chúng ta.

[10] Trích trong “*Subtle is the Lord . . .*” (Chúa rất tinh tế . . .), của Abraham Pais, do Đại học Oxford xuất bản, năm 1982, trang 288.

Chương XII: KHÔNG GIAN GIÃN NỠ

Vũ trụ là một bữa tiệc cực kỳ thoải mái (Alan Guth)

Trong một bài chuyên khảo có nhiều ảnh hưởng nhan đề “*Vấn đề hằng số vũ trụ*” (*The Cosmological Constant Problem*), nhà vật lý từng đoạt giải Nobel là Steven Weinberg, một trong số vài người được coi là hiểu rõ những chi tiết tinh tế nhất trong các phương trình của Einstein trong thuyết tương đối tổng quát, đã viết: “Không may, chẳng dễ gì vứt bỏ hằng số vũ trụ, bởi vì bất kỳ cái gì đóng góp vào mật độ năng lượng của chân không đều tác động đúng như một hằng số vũ trụ” [1]. Trong khi đưa hằng số vũ trụ vào phương trình, Einstein đã sáng tạo ra một công cụ toán học mới đối với khoa học – và thậm chí ông không thể lấy nó ra khỏi vũ trụ. Liệu công cụ này có ích đối với các nhà vật lý và vũ trụ học trong việc giải thích các lý thuyết về vũ trụ hay không, hiện nay đó là một câu hỏi quan trọng. Một hằng số vũ trụ dương có thể tác động như một lực đẩy để chống lại lực hút do hấp dẫn. Đầu tiên khi Einstein đưa hằng số vũ trụ vào phương trình, ông muốn có một cái gì đó đẩy vũ trụ ra ngoài, để chống lại xu thế co rút về tâm của nó, theo phương trình trường mà ông đã thiết lập. Đây là một kiểu lực nhân tạo mà Einstein đặt ra để ngăn chặn vũ trụ khỏi bị co vào bên trong do lực hấp dẫn. Do đó khi khám phá ra rằng vũ trụ đang giãn nở, Einstein đã loại bỏ hằng số vũ trụ.

Khi Alexander Friedmann vứt bỏ giả thiết vũ trụ tĩnh và giải phương trình trường ban đầu của Einstein, ông nhận được kết quả tương ứng với một vũ trụ giãn nở, mở ra một chương mới đối với vũ trụ học hiện đại. Điều này dẫn tới việc Lemaitre và những người khác đặt ra một câu hỏi rõ ràng: “Nếu vũ trụ giãn nở, thì sự giãn nở đó bắt đầu từ lúc nào?”. Câu trả lời trực giác là vào một lúc nào đó trong quá khứ, mọi thứ trong vũ trụ rất-rất gần nhau – và do đó cực kỳ nóng và đậm đặc. Từ một điểm vật chất và năng lượng vô cùng đậm đặc, vũ trụ khổng lồ không biết làm sao đã tiến hoá bằng sự giãn nở

một cách nhanh chóng. Trong một cuộc nói chuyện trên radio của đài BBC vào cuối những năm 1940, nhà vũ trụ học thuộc Đại học Cambridge Fred Hoyle đã gieo thuật ngữ “big bang” để mô tả vụ nổ khủng khiếp khai sinh ra vũ trụ và sự giãn nở của nó.

Độ cong của không-thời-gian tăng lên với khối lượng của vật thể, do đó khi toàn bộ vũ trụ đông đặc lại trong một phạm vi vô cùng nhỏ bé, độ cong của không gian cực kỳ lớn. Khi toàn bộ vũ trụ tụ về một điểm, thời gian đứng yên, bởi vì tại điểm này – *điểm kỳ dị* của không-thời-gian – mật độ vật chất là vô cùng lớn, và các phương trình của thời gian và không gian không còn áp dụng được nữa. Thời gian không xác định tại điểm kỳ dị. Tư tưởng này thúc đẩy Lemaitre mô tả sự khởi đầu của vũ trụ như là “một ngày không có ngày hôm qua”.

Năm 1965, Roger Penrose tại Đại học Oxford đã viết một công trình trong đó ông sử dụng khái niệm topo để mô tả một vật có khối lượng lớn có thể co rút lại thành một điểm như thế nào – nó thực sự bị nghiền ép dưới sức nặng của nó. Khi điều này xảy ra, kết quả sẽ là một hố đen. Công trình tiên phong đưa ra một quan điểm mang tính tương đối mô tả quá trình co rút này thuộc về Karl Schwarzschild, người đầu tiên giải phương trình trường của Einstein. Ông tìm thấy cái mà ngày nay chúng ta gọi là bán kính Schwarzschild của một ngôi sao. Đây là bán kính cỡ sao cho nếu bán kính thật sự của ngôi sao thu nhỏ xuống dưới cỡ đó thì ngôi sao sẽ co lại thành một điểm (cỡ này được xác định bởi khối lượng của ngôi sao đó). Bán kính Schwarzschild là “điểm không trở về” – bất kỳ vật thể hoặc tia sáng nào rơi vào bên trong bán kính Schwarzschild không nhìn thấy của một hố đen thì nó sẽ vĩnh viễn biến mất. Penrose chứng minh rằng có một điểm tương tự với tâm của hố đen. Điểm này là kỳ dị của không-thời-gian. Tại đây, độ cong là vô cùng, và thời gian không tồn tại.

Theo lý luận tài tình của Penrose, sự tan vỡ vật chất có khối lượng của một ngôi sao dẫn tới một mức độ đông đặc vật chất mà kể từ đó không có gì có thể thoát ra khỏi. Mô tả một cách toán học, *một mặt*

bẫy (a trapped surface) hình thành bên trong ngôi sao, và khi quá trình tan vỡ tiếp tục tăng tốc, sẽ không có gì có thể ngăn chặn quá trình đó và kết quả là một điểm kỳ dị: một điểm mà tại đó toán học và vật lý như chúng ta biết không còn áp dụng được nữa. Thậm chí nếu ngôi sao không giữ được hình dạng đối xứng cầu hoàn mỹ thì quá trình co rút về điểm kỳ dị vẫn cứ xảy ra [2]. Thật bất ngờ là khá lâu trước khi biến thành điểm kỳ dị, tại bán kính Schwarzschild, thời gian ngừng lại – khi được quan sát bởi một người đứng bên ngoài. Do đó đối với một người quan sát bên ngoài, một người rơi vào hố đen sẽ bị đóng băng trên bề mặt của bán kính Schwarzschild. Người bị rơi sẽ không bao giờ ý thức được trạng thái này của mình [3].

Nan đề đối với một điểm kỳ dị là ở chỗ chúng ta không thể hiểu nó thực sự thông qua những lý thuyết toán học hoặc vật lý đã biết. Trong toán học, điểm kỳ dị là một điểm tại đó xảy ra một điều vô lý. Hãy xét một thí dụ minh họa. Khi xét hàm số một biến, $y=f(x)$, hàm số có thể có những tính chất dễ khảo sát như tính trơn, liên tục, và có đạo hàm (tốc độ tức thời) tại mọi điểm. Bây giờ xét một hàm số cụ thể: $y=1/x$. Khi $x = 1$, $y = 1$; khi $x = 2$, $y = 1/2$; khi $x = 1/2$, $y=2$; khi $x = -2$, $y = -1/2$. Nhưng điều gì xảy ra khi $x=0$? Tại đây hàm số không xác định. Nếu xét x trong vùng xác định dương rồi tiến tới 0, khi đó giá trị của hàm số sẽ là dương vô cùng. Nếu x lấy giá trị âm rồi tiến tới 0, hàm số sẽ tiến tới âm vô cùng. Nhưng khi hàm số lấy giá trị vô cùng thì đạo hàm của nó sẽ bằng bao nhiêu ? Câu trả lời là: Đạo hàm tại đó không xác định – mặc dù nó tồn tại tại bất kỳ lân cận nào đủ nhỏ của điểm $x=0$.

(Hình 12-1: Điểm kỳ dị là điểm tại đó các định luật toán học và vật lý trở nên vô nghĩa)

Tại tâm của hố đen, và tại điểm khởi đầu của vũ trụ, tất cả các định luật đều đổ vỡ tương tự như hàm số $y=1/x$ đổ vỡ tại $x = 0$. Tại đó lực hấp dẫn sẽ bằng vô cùng, độ cong của không-thời gian cũng bằng vô cùng, nhưng thời gian thì ngừng lại.

Lý luận của Penrose đi ngược từ điểm đổ vỡ của vật lý đến sự giãn nở, như những nguyên lý của thuyết tương đối tổng quát cho phép.

Do đó nếu chúng ta quay ngược cuốn phim bắt đầu từ chỗ các quy luật vật lý đổ vỡ, chúng ta sẽ thấy vũ trụ xuất phát từ một điểm được gọi là một *hốc trắng*. Đó là một kỳ dị của không-thời-gian. Vì toán học và vật lý không còn có ý nghĩa gì tại điểm kỳ dị, và chúng ta không thể trả lời câu hỏi cái gì xảy ra *trước* vụ nổ, nếu đó là lúc không gian và *thời gian* bắt đầu, do đó các lý thuyết về sự ra đời của vũ trụ chỉ có thể khởi động một cách đúng đắn từ câu hỏi cái gì đã xảy ra sau một khoảnh khắc vô cùng bé kể từ big bang. Tại đây có hai tiếp cận chủ yếu:

Lý thuyết big bang tiêu chuẩn lý luận rằng sau vụ nổ khổng lồ, không gian bắt đầu giãn nở. Sau đó vào lúc nào đó vật chất có khối lượng được tạo ra: vật chất như chúng ta biết, protons, electrons, và neutrons, tất cả nằm trong trạng thái của một thùng cháo cực kỳ nóng nhưng bắt đầu nguội dần khi nó giãn nở. Vũ trụ lúc đầu là một khối mờ đục bởi vì nó quá đậm đặc: bức xạ dưới dạng photons thường xuyên bị hấp thụ và tái phát. Chỉ khi vũ trụ đã đạt được 300000 tuổi thì nó mới trở nên đủ trong sáng để photons có thể du hành theo đường thẳng. Sự mờ tối của vũ trụ lúc ban đầu đóng vai trò như một đường biên.

Khi chúng ta nhìn ngày càng xa hơn vào không gian với những kính viễn vọng mạnh hơn, thì có nghĩa là chúng ta cũng nhìn ngược thời gian ngày càng xa hơn trở về quá khứ. Hiển nhiên là chúng ta sẽ đạt tới một giới hạn. Nếu các kính viễn vọng của chúng ta có thể thực sự nhìn xa tới 14 tỷ năm ánh sáng thì chúng ta sẽ không còn nhìn thấy gì ở khoảng cách đó nữa. Theo phần lớn các tính toán đã biết, vũ trụ có khoảng từ 12 đến 14 tỷ năm tuổi, do đó 14 tỷ năm rất gần tới big bang – gần big bang hơn so với lúc vũ trụ mới được 300000 tuổi. Nhưng trước lúc 300000 tuổi, vũ trụ là một khối mờ đục-do đó chúng ta không thể nhìn thấy bất kỳ cái gì tại khoảng cách đó hoặc lùi xa hơn nữa.

Khoảng một tỷ năm sau big bang, những ngôi sao đầu tiên và thiên hà bắt đầu hình thành. Các cụm và siêu cụm thiên hà xuất hiện theo

thời gian. Vũ trụ tiếp tục giãn nở, cuối cùng sẽ đạt đến kích thước như ngày nay.

Lý thuyết vũ trụ giãn nở lạm phát (The inflationary universe theory) là một biến thể của lý thuyết big bang tiêu chuẩn về sự phát triển của vũ trụ. Alan Guth, giáo sư vật lý tại Đại học công nghệ Massachusetts (MIT), năm 1979 đã phát minh ra mô hình vũ trụ lạm phát mạnh. Alan Guth sinh tại New Brunswick, New Jersey, năm 1947. Ông đỗ bằng cử nhân khoa học, rồi thạc sĩ khoa học tại MIT năm 1969, và tiếp tục nghiên cứu ở đó để làm luận án tiến sĩ vật lý. Ông đậu bằng tiến sĩ tại MIT năm 1972. Ông tiếp tục làm giảng viên vật lý tại Đại học Princeton, và kết hợp nghiên cứu tại Đại học Columbia. Sau đó Guth nghiên cứu vật lý hạt cơ bản để làm luận án hậu tiến sĩ tại Đại học Cornell. Mùa thu năm 1979, ông xin nghỉ một năm tại Đại học Cornell để làm việc tại Trung Tâm Máy Gia Tốc Tuyến Tính Stanford. Tại đây, vào tháng 12, ông nảy ra một tư tưởng chói lọi. Trả lời hai thách đố lớn của vũ trụ học: vấn đề vũ trụ phẳng và vấn đề đường chân trời, lý thuyết của Alan Guth cố gắng giải thích cái gì đã xảy ra vào khoảnh khắc đầu tiên ngay sau big bang.

(Hình 12-2: Alan Guth, tác giả của lý thuyết vũ trụ lạm phát, một lý thuyết nòng cốt của vũ trụ học hiện đại)

Vấn đề vũ trụ phẳng nổi bật lên khi người ta có một niềm tin đặc biệt về vũ trụ. Đó là niềm tin cho rằng dạng hình học tổng thể của vũ trụ là “phẳng”, hoặc mang tính Euclid. Guth và những bậc tiền bối về vũ trụ học của ông đã đi tới kết luận này dựa trên việc đánh giá mật độ vật chất trong vũ trụ. Họ tính toán một mật độ *tới hạn* đối với vũ trụ: một mật độ mà, nếu đạt tới, sẽ làm cho vũ trụ không co lại và cũng không tiếp tục giãn nở với cùng tốc độ hoặc nhanh hơn, mà thay vào đó là sự giãn nở chậm dần, và cuối cùng là giảm tới 0. Những nhà khoa học này đánh giá mật độ hiện nay gần tới mật độ tới hạn (chữ “gần” ở đây có nghĩa là mật độ ở mọi nơi biến thiên trong khoảng từ một phần nhỏ hơn đến hai lần mật độ tới hạn). Các nhà khoa học đi đến kết luận này bằng cách đánh giá ngoại suy ngược

về một thời điểm khi vũ trụ còn rất trẻ. Họ thấy rằng vào lúc vũ trụ mới được 1 giây tuổi sau big bang, trị số mật độ của nó xấp xỉ bằng trị số mật độ tới hạn tới 15 chữ số thập phân. Điều này dẫn họ tới chỗ tin rằng vũ trụ phẳng một cách thật bất ngờ. Nhưng tại sao ? Lý thuyết big bang tiêu chuẩn không thể giải thích được kết luận này.

Phiên toái thứ hai đối với lý thuyết big bang tiêu chuẩn là vấn đề chân trời. Chân trời, như trên Trái Đất chẳng hạn, là điểm mà sau đó chúng ta không nhìn thấy gì nữa. Trong bối cảnh của thuyết tương đối, nếu một tín hiệu ánh sáng được gửi tới chúng ta từ một vị trí cách xa chúng ta đến nỗi ánh sáng chưa đủ thời gian để đến với chúng ta, thì vị trí đó nằm ở phía bên kia đường chân trời của vũ trụ.

Tháng 4 năm 1998, Esther Hu tại Đại học Hawaii và các cộng sự của bà đã báo cáo rằng họ đã nhìn thấy thiên hà xa nhất bằng cách sử dụng kính viễn vọng lớn nhất thế giới, một trong hai kính viễn vọng đường kính 10m mang tên Keck. Thiên hà mờ cách ta khoảng 13 tỷ năm ánh sáng. Vũ trụ khoảng 14 tỷ năm tuổi. Bây giờ giả định rằng Hu, hoặc một nhà thiên văn nào khác, nhìn theo hướng ngược lại trên bầu trời và thấy một thiên hà khác cách chúng ta cũng khoảng 13 tỷ năm ánh sáng. Vậy rõ ràng là hai thiên hà này nằm *ngoài đường chân trời* của nhau. Tại sao ? Bởi vì vũ trụ chỉ có 14 tỷ năm tuổi, và đối với ánh sáng để có một cơ hội đi từ thiên hà này đến thiên hà kia sẽ phải mất $13+13=26$ tỷ năm, gần bằng 2 lần tuổi vũ trụ [4]. Không có cách nào để ánh sáng đi tới đó. Hơn nữa, vì vũ trụ giãn nở, hai thiên hà này chạy xa nhau ra với tốc độ gần bằng ánh sáng, do đó ánh sáng từ thiên hà này sẽ mãi mãi không bao giờ tới được thiên hà kia. (Hình 12-3: Esther Hu tại Đại học Hawaii, người nhìn thấy thiên hà xa nhất cách chúng ta 13 tỷ năm ánh sáng).

Vấn đề chân trời nổi lên từ những nghiên cứu bức xạ hoá thạch trong vũ trụ. Làm thế nào mà bức xạ này có thể đồng nhất đến như thế (đồng nhất đến tỷ lệ 1/100000) khi xuất phát từ mọi hướng khả dĩ trong không gian ? Vì những điểm dọc theo những hướng khác nhau trong không gian không thể “nhìn” thấy nhau khi chúng nằm về

phía bên kia đường chân trời của nhau, không có khả năng trao đổi thông tin giữa chúng để ảnh hưởng đến tính đồng nhất.

Để giải thích những bài toán này, Guth đề xuất lý thuyết vũ trụ lạm phát, cho rằng trong khoảng thời gian vô cùng nhỏ sau big bang, vũ trụ giãn nở với tốc độ lạm phát hàm mũ. Tư tưởng vũ trụ học của Guth dựa vào một cơ chế quen thuộc với các nhà vật lý hạt cơ bản, mà nhờ đó một dạng vật chất không bình thường vào buổi đầu của vũ trụ có thể đã tạo ra một lực hấp dẫn âm (lực đẩy, thay vì hút) làm giãn nở vũ trụ. Sự giãn nở do lực đẩy đã duy trì tính đồng nhất của không gian và cung cấp lời giải thoả đáng cho bài toán đường chân trời. Cũng vào lúc đó, lực đẩy gây ra sự giãn nở được xem như nguyên nhân dẫn vũ trụ tới mật độ tới hạn.

Lý thuyết vũ trụ lạm phát có nhiều phân nhánh khác. Một hằng số vũ trụ trong phương trình Einstein làm cho lý thuyết lạm phát đáng tin cậy hơn. Có thể khi các nhà vũ trụ học gặp nhau để thảo luận về hiện tượng vũ trụ giãn nở gia tốc mới được khám phá, họ sẽ quan tâm đến hằng số vũ trụ, bởi lẽ họ muốn duy trì giả thuyết vũ trụ phẳng và do đó cả lý thuyết vũ trụ lạm phát.

Đầu tiên, Alan Guth đi tới khái niệm vũ trụ lạm phát từ chỗ nghiên cứu các đơn cực từ – các hạt cơ bản chỉ có một cực từ duy nhất thay vì hai cực từ thông thường – theo một số lý thuyết điều này phải tồn tại trong vũ trụ, nhưng dường như không thấy trên thực tế. Công trình của ông được dẫn dắt bởi lý thuyết về trường Higgs, một công cụ lý thuyết được sử dụng trong vật lý hạt cơ bản. Những trường Higgs chưa bao giờ được khám phá trong thực hành, nhưng một số nhà khoa học nghĩ rằng chúng tuân thủ tính phi đối xứng của tự nhiên. Lý thuyết vũ trụ lạm phát của Guth giả định rằng vũ trụ của chúng ta là một phần của một siêu-vũ-trụ lớn hơn, và rằng nó tiến hoá như kết quả của một dao động của chân không trong siêu vũ trụ đó. Guth cũng nêu ý kiến cho rằng những “vũ trụ con” (baby universes) khác có thể cũng tồn tại, ra đời tại những vùng khác nhau bên trong vũ trụ mẹ. Thậm chí ông gợi ý rằng một nền văn minh siêu

tiên tiến có thể sáng tạo ra một vũ trụ con như thế trong phòng thí nghiệm.

Làm sao chúng ta có thể biết big bang đã thực sự xảy ra như thế nào ? Nếu các thiên hà đang rời xa nhau, thì trong quá khứ chúng gần nhau hơn. Mở rộng nguyên lý này theo mọi con đường ngược thời gian, chúng ta sẽ đến một điểm mà tại đó mọi thứ gắn lại với nhau. Nhưng làm thế nào để chúng ta biết được điều này có thực sự xảy ra hay không ? Nếu vũ trụ bắt đầu từ big bang và giãn nở ngay sau đó, tiếp tục như thế cho đến thời đại của chúng ta ngày nay, thì nó đã phải khởi đầu rất nóng bỏng, và nó sẽ tiếp tục nguội dần đi khi nó giãn nở. Trong những năm 1950, các nhà lý thuyết Goerge Gamow, Ralph Alpher, và Robert Herman gợi ý rằng bức xạ để lại dấu vết của big bang có thể sẽ vẫn còn ở trong vũ trụ. Đó là, từ khi vũ trụ nguội dần đi sau nhiệt độ vô cùng lớn của big bang, bây giờ nó phải đạt tới một nhiệt độ xác định – nhiệt độ mà các nhà khoa học có thể đo được.

Trong những năm 1960, Robert H. Dicke và James E. Peebles tại Đại học Princeton đã đưa ra một dự đoán đơn giản, và đã thực sự tìm ra năng lượng bức xạ này, *bức xạ của vật thể đen* gây ra bởi big bang. Bức xạ của vật thể đen là bức xạ phát ra từ tất cả các vật thể có nhiệt độ trên độ 0 tuyệt đối. Mọi thứ phát ra bức xạ nào đó mà nó có thể được phát hiện. Thí dụ rõ ràng nhất của bức xạ này là bức xạ hồng ngoại phát ra từ các vật thể nóng. Nhưng thậm chí các vật thể lạnh cũng bức xạ, với năng lượng thấp hơn.

Khi vũ trụ đã trở nên trong sáng hơn vào khoảng 300.000 năm sau big bang, các hạt photons được giải phóng khỏi từng cháo ban đầu, chúng bắt đầu chuyển động trên một đường thẳng và từ đó làm một cuộc hành trình liên tục mãi cho đến nay. Vì hiệu ứng Doppler, những photons này bị mất năng lượng, và về mặt lý thuyết, mức năng lượng hiện tại của chúng có thể tính được, và do đó cả bước sóng của chúng cũng tính được.

Năm 1965, hai nhà thiên văn nghiên cứu sóng radio làm việc tại phòng thí nghiệm Bell là Arno Penzias và Robert Wilson đã phát hiện được đúng cái mà các nhà lý thuyết đã dự đoán, mặc dù hai người này không hay biết gì về dự đoán đó: bức xạ hoá thạch vi sóng. Nhờ công lao đó, sau này Penzias và Wilson đã được trao giải Nobel vật lý. Năm 1989, vệ tinh thám hiểm hoá thạch vũ trụ mang tên COBE được NASA phóng lên để đo bức xạ chính xác hơn. Kết quả kiểm tra bức xạ từ mọi hướng trong không gian cho thấy một sự đồng nhất đáng kinh ngạc, tương ứng với nhiệt độ 2,7 độ trên độ 0 tuyệt đối (2,7 độ K). Khám phá này, bên cạnh định luật Hubble, được xem như một trong những khám phá thiên văn quan trọng nhất hỗ trợ cho lý thuyết big bang. Tính đồng nhất của bức xạ cũng được coi là ủng hộ cho lý thuyết vũ trụ lạm phát. Các ngôi sao, thiên hà và cụm thiên hà, tất cả đều được cho rằng đã hình thành từ những gợn năng lượng của vũ trụ lúc ban đầu và big bang.

Một bằng chứng khác của big bang là sự tương đối phong phú của các nguyên tố hoá học trong vũ trụ. Các nhà khoa học đã tính toán mức độ phổ biến của các nguyên tố như lý thuyết big bang đã dự đoán. Mức năng lượng không giới hạn của big bang ngụ ý rằng vũ trụ phải chứa khoảng 75% hydro, 25% helium. Tất cả các nguyên tố khác với hai nguyên tố này (và các đồng vị là deuterium, helium-3, và lithium-7) chỉ chiếm một tỷ lệ nhỏ trong toàn bộ hỗn hợp các thành phần trong vũ trụ. Những nguyên tố nặng hơn này – tạo nên mọi thứ xung quanh ta kể cả mọi thứ tạo nên chính chúng ta (mặc dù hydro cũng đồng thời là thành phần chủ yếu trong cơ thể chúng ta) – được tạo nên muộn hơn, bởi các phản ứng hạt nhân bên trong các sao. Tất cả những nghiên cứu tiếp tục về sự hình thành các nguyên tố trong vũ trụ đều đã xác nhận giả thuyết này. Những nghiên cứu này cung cấp bằng chứng chắc chắn đối với lý thuyết big bang.

Big bang khởi động sự giãn nở của vũ trụ. Dù sự giãn nở đó có bắt đầu tăng vọt theo hàm mũ hay không, như lý thuyết vũ trụ lạm phát đã nói, thì vấn đề là: bản chất của sự giãn nở đó là gì? Sự mô tả hay nhất về vũ trụ giãn nở được trình bày trong cuốn sách *Nguồn*

gốc: Cuộc sống và thế giới của các nhà vũ trụ học hiện đại (Origins: The Lives and Worlds of Modern Cosmologists) [5]. Lấy một cục tẩy và đánh dấu bằng mực các điểm trên đó, mọi điểm cách nhau khoảng 1/4 inch. Mỗi một chấm mực trên cục tẩy thể hiện một thiên hà trong không gian. Bây giờ lấy tay kéo cục tẩy. Chú ý rằng khi bạn kéo, các chấm chạy xa nhau ra. Khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ cạnh nhau trên cục tẩy (các thiên hà trong không gian) tăng lên. Hai điểm kề nhau bây giờ cách nhau hơn 1/4 inch. Nhưng điều gì xảy ra với các điểm không ở cạnh nhau? Chúng bị nong ra thậm chí xa hơn – khoảng cách giữa chúng tăng lên theo tỷ lệ lớn hơn. Nếu bạn kéo căng cục tẩy đủ mức sao cho hai điểm lúc đầu cách nhau 1/4 inch bây giờ cách nhau 1/2 inch, thì hai điểm cách nhau 1/3 inch bây giờ sẽ cách nhau tròn 1 inch. Đó là những gì xảy ra trong sự giãn nở của vũ trụ.

Khi không gian giãn nở, các thiên hà gần nhau hơn sẽ chuyển động tách xa nhau với tốc độ nhỏ hơn so với tốc độ tách xa của những thiên hà lúc đầu vốn đã xa nhau hơn. Tốc độ giãn cách của hai thiên hà bất kỳ tỷ lệ với khoảng cách giữa chúng. Đó chính là định luật Hubble.

Hãy nhận xét một tính chất rất quan trọng khác. Khi bạn kéo căng cục tẩy, mọi điểm sẽ giãn cách điểm bên cạnh nó theo cùng một cách như nhau. Không có một vùng ưu tiên nào trên cục tẩy: mọi điểm đều có thể được coi là tâm mà từ đó các điểm khác giãn cách ra xa. Vũ trụ không có một tâm rõ ràng, cũng chẳng có đầu mút nào. Khi chúng ta nhìn thấy mọi thiên hà rời xa chúng ta, thì mọi thiên hà khác cũng thấy hiện tượng tương tự – mọi thiên hà đều có ảo giác rằng mình là trung tâm của sự giãn nở.

Cái gì gây ra sự giãn nở? Không gian được tạo nên, hoặc bị nong ra. Không gian, như chúng ta biết từ thuyết tương đối tổng quát, là dẻo. Nó là một môi trường trung gian có thể uốn cong được, hình học của nó có thể thay đổi với hiệu ứng hấp dẫn. Không gian không phải là trống rỗng không có gì trong đó, như bề ngoài có vẻ như thế. Không gian luôn luôn giãn nở như một chiếc bánh nở phồng ra. Thiên hà do Esther Hu và các cộng sự khám phá ra rời xa khỏi

chúng ta với tốc độ bằng 95% tốc độ ánh sáng. Đây là hiện tượng đang xảy ra đối với những thiên hà xa nhất mà ta có thể thấy, trong mối tương quan so với Trái Đất. Các thiên hà cách chúng ta khoảng 7 tỷ năm ánh sáng dường như rời xa chúng ta với tốc độ bằng khoảng một nửa tốc độ ánh sáng. Và những thiên hà gần chúng ta hơn sẽ có tốc độ rời xa chúng ta chậm hơn.

Để hiểu hiện tượng kỳ quái không thể cảm nhận được bằng trực giác này, cách tốt nhất là giả định rằng vũ trụ là vô hạn. Nếu vũ trụ là vô hạn, mọi điểm đều là tâm của nó, và một người quan sát tại bất kỳ điểm nào sẽ thấy các thiên hà rời xa với cùng một tính chất: các thiên hà gần hơn rời xa với những tốc độ nhỏ hơn trong khi những thiên hà xa hơn rời xa với tốc độ nhanh hơn, sự tăng tốc này tỷ lệ với khoảng cách đến người quan sát. Trong miếng bánh nho vũ trụ, mọi viên nho “nhìn” những viên nho khác chạy ra xa với tốc độ tỷ lệ với khoảng cách của chúng. Đây là quan niệm về sự giãn nở *đồng nhất* của một môi trường trung gian mà chúng ta tưởng như là một không gian trống rỗng.

Những quan sát mới đối với các siêu tân tinh xa xôi cho thấy không gian không những đang tiếp tục giãn nở, mà còn đang gia tốc sự giãn nở của nó. Vậy chắc chắn phải có một cái gì đó đang đẩy không gian ra bên ngoài. Đó là cái gì vậy ? Theo vật lý lượng tử, không gian bề ngoài là “chân không” thực ra chẳng chân không tí nào – nó lấp đầy năng lượng. Những hạt ảo xuất hiện và biến mất một cách liên tục trong cái mà chúng ta nghĩ là không gian trống rỗng. Có một số lượng năng lượng lớn trong cái trông như một sự trống rỗng tuyệt đối, và chúng ta không hiểu gì về năng lượng này và từ đâu nó sinh ra. Chân không giống như một chiếc lò xo bị co nén lại muốn bật tung lên. Áp lực sinh ra từ chiếc lò xo không nhìn thấy cùng với năng lượng ẩn trốn trong không gian làm cho không gian này giãn nở. Nhưng chiếc lò xo giãn ra với tốc độ chậm hơn nhiều so với sự giãn nở mà nó gây ra, và do đó sự giãn nở tăng tốc. Năng lượng chân không – lực đẩy làm cho không gian giãn nở – được mô hình hoá bởi hằng số vũ trụ của Einstein [6].

- [1] Steven Weinberg, *The Cosmological Constant Problem*, Những bài giảng của Morris Loeb, Đại học Harvard xuất bản năm 1988.
- [2] Roger Penrose, “Gravitational Collapse and Space-Time Singularity” (Sự co rút do hấp dẫn và Kỳ dị của không-thời-gian), tạp chí *Physical Review Letters*, 18 tháng 1 năm 1965, trang 57-59.
- [3] Để hiểu thêm hiện tượng thú vị này, xin đọc bài báo có nhiều giải thích sáng tỏ và thích hợp để giải trí của Leonard Susskind: “Hố đen và nghịch lý thông tin” (Blackholes and the Information Paradox), tạp chí *Scientific American*, tháng 4 năm 1997, trang 52-57.
- [4] Ở đây và ở nơi nào khác nữa, sai số có thể lên tới hàng tỷ năm vì không gian cứ tiếp tục giãn nở.
- [5] Alan Lightman và Roberta Brower, *Origins: The Lives and World of Modern Cosmologists*, do Đại học Harvard xuất bản tại Cambridge, MA, năm 1990, trang 8.
- [6] Nếu ký hiệu năng lượng chân không bằng ρ_{Λ} , thì hằng số vũ trụ của Einstein sẽ là :

Phương trình của Chúa, Chapter 13: BẢN CHẤT VẬT CHẤT

Neutrinos, they are very small

They have no charge and have no mass

And do not interact at all

The Earth is just a silly ball

To them, through which they simply pass

Like dust maids down a drafty hall

John Updike 1960

Neutrinos là những hạt rất nhỏ,

Tích điện không và khối lượng cũng không

Chẳng tương tác với những gì hết thấy

Trái Đất chỉ là quả cầu ngớ ngẩn

Để cho chúng dễ dàng xuyên thông

Như bụi bay qua gian phòng trống không

(Lược dịch: VHg 2003)

Một trong các vấn đề quan trọng nhất mà các nhà khoa học phải đối diện khi tìm hiểu bản chất của vũ trụ là câu hỏi về kết cấu của vật chất. Vật chất là gì? Phải chăng vũ trụ bị thống trị bởi vật chất, hoặc có những thành phần khác đóng một vai trò chủ yếu trong sự tiến hoá và tính chất của vũ trụ? Trong bối cảnh của thuyết tương đối tổng quát, vấn đề vật chất xác định kết cấu của tensor động lượng

của Einstein, T. Vật chất ứng xử khác nhau bên trong cơ cấu của hai lý thuyết vật lý quan trọng của thế kỷ 20: thuyết tương đối tổng quát và lý thuyết lượng tử. Thuyết tương đối tổng quát xác định các tính chất của vật chất trong phạm vi kích thước lớn (không gian và thời gian), trong khi lý thuyết lượng tử xác định các tính chất của vật chất trong phạm vi nhỏ. Lý thuyết thứ nhất là một lý thuyết xác định hoàn hảo, trong khi lý thuyết thứ hai thể hiện bản chất xác suất của tự nhiên: trả lời các câu hỏi bên trong thế giới lượng tử bằng những thuật ngữ phân bố xác suất, thay vì bằng những số liệu chính xác. Một trong số rất nhiều thắng lợi vĩ đại của lý thuyết lượng tử là việc khám phá ra những hạt cơ bản trước đây chưa từng được biết của vật chất.

Khi lý thuyết lượng tử mới được khám phá lần đầu tiên trong thế kỷ 20, các nhà vật lý chỉ biết neutrons, protons, và electrons. Sau đó một dạng đặc biệt của phóng xạ được khám phá, ở đó một neutron giải phóng một electron và một proton. Năm 1930, bằng cách so sánh mức năng lượng tổng cộng thể hiện trước và sau phản ứng phóng xạ đó, Wolfgang Pauli nêu lên giả thuyết rằng tồn tại một hạt chưa hề biết cũng được giải phóng trong phản ứng này. Một năm sau nhà vật lý Mỹ gốc Ý Enrico Fermi đặt tên cho loại hạt đang nghiên cứu đó là neutrino (trong tiếng Ý nghĩa là “neutron nhỏ”). Neutrino được tin là mang theo một năng lượng đúng bằng số năng lượng biến mất trong hiện tượng phóng xạ.

Neutrino được coi là một hạt không tích điện, và đến tận tháng 6-1998 vẫn được coi là không có khối lượng. Ít nhất là đến lúc đó không có một khối lượng nào của neutrino đã được đo. Năm 1956, Fred Reines và Clyde Cowan phát hiện thấy neutrinos phát ra từ một lò hạt nhân trên sông Savannah. Năm 1995, sau khi Cowan mất, Reines được tặng giải Nobel vì khám phá ra loại hạt được tiên đoán từ một phần tư thế kỷ trước. Như vậy, một hạt mà sự tồn tại của nó được “sáng tạo” bởi các nhà khoa học nhằm mục đích bù đắp năng lượng biến mất một cách bí mật từ những sản phẩm cuối cùng của một phản ứng hạt nhân nay đã được tìm thấy trong thực tế. Câu chuyện về neutrino cho thấy lý thuyết và toán học có thể được sử

dụng như thế nào trong việc phát triển hiểu biết, và cho thấy niềm tự tin mà những nhà lý thuyết giỏi giữ vững trong quá trình nghiên cứu sáng tạo có thể được đền đáp ra sao trong những kết quả thí nghiệm tương lai. Nhưng câu chuyện về neutrino chỉ mới bắt đầu.

Vào khoảng thời gian đó (những năm 1950, N.D.), sự xuất hiện kiến thức về cơ chế của năng lượng tổng hợp hạt nhân đã thuyết phục các nhà khoa học rằng loại phản ứng hạt nhân này phải đốt nóng các ngôi sao. Và nếu những ngọn lửa bên trong một ngôi sao là năng lượng tổng hợp hạt nhân, giải phóng một năng lượng khổng lồ, thì neutrinos phải được phát ra từ các ngôi sao, bao gồm Mặt Trời của chúng ta. Các nhà khoa học tin rằng những hạt cơ bản vô cùng nhỏ bé này, không tích điện và có khối lượng bằng 0 hoặc gần bằng 0, sẽ thường xuyên đi đến Trái Đất từ Mặt Trời, nhưng vì kích thước quá nhỏ của chúng, chúng đi xuyên qua Trái Đất như là không có Trái Đất ở đó. Làm thế nào mà các nhà khoa học phát hiện được những hạt cơ bản này đến từ Mặt Trời ?

Cách duy nhất để phát hiện neutrinos từ không gian được biết hiện nay là đặt những bể lớn chứa các chất lỏng khác nhau vào những nơi rất sâu như hầm mỏ, ở đó những bể này có thể được bảo vệ để tránh các nguồn bức xạ khác, và để tìm kiếm những tương tác cực kỳ hiếm của neutrinos với những phân tử nước hoặc những chất lỏng khác trong bể. Những thí nghiệm này đã được triển khai ở nhiều nơi trên Trái Đất. Năm 1965, những hạt neutrinos đầu tiên mà nguồn của chúng từ ngoài Trái Đất đã được phát hiện bởi Fred Reines và các cộng sự của ông tại một mỏ vàng ở Nam Phi. Trong lúc đó, một dạng khác của neutrino là muon-neutrino đã được phát hiện như một sản phẩm phụ của phản ứng hạt nhân triển khai tại Phòng thí nghiệm quốc gia Brookhaven. Một dạng khác nữa của neutrino được tiên đoán tồn tại sau khi Trung tâm máy gia tốc tuyến tính Stanford (gọi tắt là SLAC) khám phá ra hạt tau. Nhưng tất cả những thí nghiệm tìm kiếm neutrinos của Mặt Trời tại các thùng chứa ở các mỏ muối đều chỉ phát hiện được một số lượng neutrinos đến Trái Đất quá ít so với số lượng được dự đoán bởi lý thuyết, làm các chuyên gia sửng sờ không hiểu tại sao.

Nhưng cũng tại đây lý thuyết đã đi trước kết quả thí nghiệm. Cuối những năm 1950, các lý thuyết được phát triển bởi các nhà vật lý cho thấy rằng neutrino có thể có những tính chất bất ngờ: nó có thể thay đổi dạng. Các nhà vật lý sử dụng từ *oscillate* (dao động) để mô tả hiện tượng này. Thật vậy một electron-neutrino có thể biến thành một muon-neutrino hoặc một tau-neutrino (mỗi cái tên này tương ứng với sự kết hợp của neutrino với hạt nặng hơn, hoặc là electron, hoặc muon, hoặc tau). Trong các dạng kết hợp đó, có dạng dễ phát hiện hơn, trong khi những dạng khác thì cực kỳ khó phát hiện. Do đó các nhà khoa học kết luận rằng một số neutrinos đến từ Mặt Trời có thể đã biến đổi dạng của nó và tránh được sự phát hiện.

Trong những năm 1980, những bể phát hiện khổng lồ được xây dựng tại Mỹ (dự án Irvine-Michigan-Brookhaven tại một mỏ ở Ohio) và tại Đài quan sát neutrino Kamioka ở Nhật Bản, định vị tại một mỏ thiếc trong vùng Japan Alps cách Takayama 30 dặm về phía bắc. Bể chứa tại trung tâm ở Nhật bản được đặt dưới mặt đất và chứa 12,5 triệu gallons nước siêu sạch (ultra-pure water), bao quanh bởi những máy thăm dò ánh sáng cực mạnh mà mục đích của chúng là phát hiện những bức xạ đơn của một tia sáng phát ra từ một va đập của một neutrino với một nguyên tử trong phân tử nước. Trong năm 1987, cả hai dự án phát hiện neutrino khổng lồ đều tìm thấy neutrinos sinh ra từ một vụ nổ của siêu tân tinh trong không gian, siêu tân tinh này nằm trong Đám Mây Magellan Lớn và được quan sát từ Nam Bán Cầu. Các hạt neutrinos đã làm một cuộc hành trình *xuyên qua Trái Đất* để tới cả hai trung tâm phát hiện nói trên. Đây là những neutrinos đầu tiên xác nhận đã đến Trái Đất từ bên ngoài hệ Mặt Trời, và sự phát hiện ra chúng đã báo trước sự khởi đầu của thiên văn học neutrino.

Ngày 5 tháng 6 năm 1998, một thông báo gây kinh ngạc đã được thực hiện tại cuộc họp báo ở Takayama, Nhật Bản. Nhóm 120 nhà vật lý Mỹ-Nhật làm việc tại đài quan sát neutrino Kamioka đã có thể xác định bằng thực nghiệm rằng hạt neutrino hay lảng tránh thực ra có khối lượng. Khám phá này có những hệ quả sâu xa, ảnh hưởng đến sự hiểu biết của chúng ta về bản chất của vật chất, về sự hình

thành và số phận của vũ trụ. Nhóm cộng tác Mỹ-Nhật đi đến kết luận neutrino có khối lượng vì trong thực nghiệm họ đã xác định được rằng neutrino thực sự thay đổi dạng kết hợp từ electron-neutrino thành muon hoặc tau-neutrino. Theo lý thuyết lượng tử, bất kỳ hạt nào có thể thay đổi từ dạng này sang dạng khác thì ắt phải có khối lượng. Khối lượng thực tế của neutrino có thể chưa biết chính xác. Nhưng vấn đề neutrino có khối lượng có ý nghĩa là một số “khối lượng mất tích” trong vũ trụ đã vừa mới được tìm thấy. “Khối lượng mất tích” là cái gì ?

Các sao co cụm lại với nhau trong các thiên hà. Đó là nhờ lực hút hấp dẫn tác động lẫn nhau giữa các sao đó. Khi chúng ta nhìn sâu hơn và sâu hơn nữa vào không gian, chúng ta khám phá ra rằng các thiên hà không định vị một cách ngẫu nhiên trong không gian như chúng ta vẫn tưởng. Đúng hơn, có một cấu trúc. Nhiều năm trước đây, Benoit Mandelbrot tại Trung tâm nghiên cứu IBM và Đại học Yale đã chỉ ra rằng cấu trúc của các thiên hà giống như một fractal – một hình sắp xếp phức tạp nhưng ngay ngắn trật tự và đối xứng, thể hiện rõ ràng tính phi ngẫu nhiên, nếu nhìn nó từ một điểm ở một vị trí thuận lợi. Giữa các cụm thiên hà là những phần không gian trống rỗng, với kích thước cỡ hàng triệu năm ánh sáng.

Trong những năm 1930, các nhà thiên văn bắt đầu chú ý đến sự kết cấu thành khối của vũ trụ – đặc tính sắp xếp thành cụm của các thiên hà. Qua nhiều năm, thông tin về sự phân bố vật chất trong vũ trụ ngày càng tích lũy được nhiều hơn với những chân trời ngày càng rộng hơn. Năm 1986, Margaret Geller, John Huchra, và Velerie de Lapparent tại Trung tâm vật lý thiên văn Harvard-Smithsonian đã xây dựng được một bản đồ gồm 6000 thiên hà trên một góc của bầu trời bắc bán cầu. Bản đồ giống như một miếng bánh hình dẻ quạt lấy Trái Đất làm tâm – đỉnh của “miếng bánh” – và mở rộng tới một kích thước 650 triệu năm ánh sáng. Tính không đồng nhất của cấu trúc thể hiện rõ trên bản đồ, và thậm chí chúng ta có thể nhìn thấy ở đó một vũ trụ fractal. Cấu trúc này có nguồn gốc từ đâu ?

(Hình 13-1: Bản đồ 6000 thiên hà cho thấy cấu trúc fractal của vũ trụ)

Các nhà khoa học cho rằng những dao động lượng tử trong những khoảnh khắc đầu tiên ngay sau khi vũ trụ ra đời đã tạo ra những bọt vật chất ngày càng lan rộng khi vũ trụ giãn nở. Lực hấp dẫn làm cho vật chất trong vũ trụ hút lẫn nhau, co cụm lại với nhau, tạo ra các bức tường thiên hà như ngày nay ta quan sát được. Nhưng khi các nhà khoa học cố gắng giải thích những hiệu ứng hấp dẫn bên trong các thiên hà – lực giữ các thiên hà lại với nhau – thì họ bị choáng váng bởi một sự bất hợp lý bí hiểm.

Trong mọi thiên hà mà các nhà vật lý thiên văn đã nghiên cứu, vật chất nhìn thấy (sao hoặc các đám mây gas hoặc bụi) chiếm một khối lượng quá nhỏ so với khối lượng cần thiết mà các tính toán lý thuyết đã chỉ ra rằng cần phải hiện diện để đảm bảo sao cho thiên hà vẫn gắn kết nhờ lực hấp dẫn. Do đó một suy luận không thể né tránh là trong các thiên hà còn phải có một dạng vật chất có khối lượng nào khác, bổ xung cho phần khối lượng thiếu hụt lên tới 90% khối lượng toàn bộ thiên hà. Dạng vật chất này – vật chất có khối lượng bí mật, không nhìn thấy, nhưng có thể cảm nhận được – gọi là “vật chất tối”. Vật chất này phải nằm trong một dạng mà khoa học chưa hề biết. Một trong những bí mật lớn nhất của thiên văn học hiện nay là bản chất của vật chất tối.

Vấn đề bản chất vật chất đóng vai trò chủ yếu trong lý thuyết vũ trụ học. Phải chăng vũ trụ của chúng ta bị thống trị bởi vật chất, hoặc bởi một cái gì đó khác với vật chất nhưng có thể còn quan trọng hơn cả vật chất khi cần phải xác định cả quá khứ lẫn tương lai của vũ trụ? Đây là một trong những câu hỏi lớn nhất đang thách thức vũ trụ học. Một số nhà vũ trụ học tìm cách phát hiện ra cái mà họ tin là “vật chất mất tích” của vũ trụ, để bổ xung vào vật chất tối mà chúng ta có thể nhận thấy bởi hiệu ứng của nó trong các thiên hà. Những nhà vũ trụ học này tin rằng “vật chất mất tích” phải tồn tại bởi vì họ tin rằng vũ trụ là phẳng, nghĩa là, có tính chất Euclid. Để xảy ra điều này, phải có một số lượng lớn vật chất trong vũ trụ nhiều hơn chúng

ta có thể nhìn thấy hoặc tính toán được từ những nghiên cứu lực hấp dẫn giữa các thiên hà. Các mô hình hình-học-vũ-trụ-phẳng của lý thuyết về lạm phát và các lý thuyết liên quan đến vũ trụ học được xây dựng trên giả thiết cho rằng có một mật độ khối lượng tới hạn đối với vũ trụ, và rằng nếu mật độ khối lượng trung bình hiện nay trong vũ trụ ngang bằng mật độ khối lượng tới hạn thì hình học của vũ trụ tổng thể phải là phẳng.

Các nhà lý thuyết say mê những quan điểm này đang tìm kiếm khối lượng mất tích. Khi khối lượng của neutrino được khám phá, cuộc tìm kiếm dấy lên niềm hy vọng rằng neutrino có thể nắm giữ chiếc chìa khoá đối với khối lượng mất tích. Tuy nhiên, ngay cả khi neutrino thực sự có khối lượng – và có rất nhiều neutrino trong vũ trụ – thì khối lượng bổ xung vẫn còn quá ít so với thành phần biến mất. Hoặc phải có những nguồn khối lượng khổng lồ khác ẩn trốn trong vũ trụ, hoặc mật độ khối lượng trong vũ trụ quá nhỏ. Nếu mật độ này nhỏ hơn mật độ khối lượng tới hạn, thì vũ trụ được dự đoán là sẽ giãn nở mãi mãi. Chỉ khi mật độ khối lượng lớn hơn mật độ tới hạn thì vũ trụ mới có thể bị co lại bởi lực hấp dẫn và sẽ tạo ra một vụ co lớn, có thể dẫn tới một vũ trụ mới từ một big bang khác nối tiếp sau đó.

Những câu hỏi về mật độ khối lượng của vũ trụ, liệu vũ trụ bị thống trị bởi vật chất có khối lượng hay bởi một cái gì khác nữa, và liệu khối lượng mất tích có hiện diện hay không, tất cả đều dẫn tới một khái niệm quan trọng: hình học tổng thể của vũ trụ. Einstein đã giả thiết trong phương trình trường ban đầu rằng vũ trụ bị thống trị bởi khối lượng. Tuy nhiên, khi hằng số vũ trụ được đưa vào phương trình, cánh cửa được mở ra với một khả năng khác. Mô hình mới có thể giải thích cả hiệu ứng của khối lượng và hấp dẫn lẫn hiệu ứng của một cái gì khác nữa – một lực không nhìn thấy chống lại lực hấp dẫn, một năng lượng bí mật nào đó của chân không. Những phương trình của Einstein có quan hệ chặt chẽ với bản chất của không gian: hình học của nó.

Chương 14: HÌNH HỌC CỦA VŨ TRỤ

Chúa là nhà hình học vĩ đại (Plato)

Bây giờ chúng ta đi đến một câu hỏi thú vị: Hình học bao quát của vũ trụ là gì? Chúng ta biết rằng trong phạm vi địa phương, gần một ngôi sao hoặc một vật thể có khối lượng nào khác, không gian bị cong. Không gian cong *xung quanh* một vật thể cầu, như đã được chứng minh bởi các thí nghiệm nhật thực. Nhưng hình dạng *tổng thể* của vũ trụ là gì? Hình học liên hệ trực tiếp với các phương trình toán học. Từ việc nghiên cứu phương trình trường của Einstein, chúng ta sẽ có một ý niệm về hình học của vũ trụ.

Hình học của vũ trụ sẽ giúp xác định số phận căn bản của nó. Các nhà toán học đã xác định rằng có 3 dạng hình học có thể có của vũ trụ tổng thể. Dạng thứ nhất là hình phẳng, Euclid. Độ cong của không gian trong vũ trụ Euclid bằng 0. Độ cong là một khái niệm do Gauss đặt ra và được ký hiệu bởi chữ *k*. Các nhà khoa học giả định rằng vũ trụ là một mặt có độ cong *không thay đổi* ở mọi nơi. Đối với một vũ trụ phẳng, chúng ta nói rằng độ cong $k = 0$. Nếu độ cong là dương thì $k = +1$. Nếu độ cong là âm thì $k = -1$. Một mặt có độ cong $k = +1$ thì sẽ đóng. Trong không gian 2 chiều, đó là mặt cầu. Nếu độ cong $k = -1$, mặt sẽ mở và hình học của nó là hyperbolic, như mô hình của Gauss, Bolyai và Lobachevsky. Trong không gian 2 chiều, đó là *mặt giả cầu* (pseudosphere) mở. Ba mô hình có độ cong không đổi trong không gian 2 chiều được trình bày như dưới đây: [1]
(Hình 14-1: Các dạng hình học của không gian, không gian phẳng (Euclid), cầu (Elliptic), và giả cầu (Hyperbolic))

Hãy xét không-thời-gian 4 chiều, hoặc xét bài toán tương đương, xét sự tiến hoá của một vũ trụ 3 chiều khi nó biến chuyển theo thời gian, bằng cách sử dụng ba dạng hình học khả dĩ có độ cong không đổi như đã nói ở trên. Chúng ta sẽ thấy tại sao những từ “phẳng”, “đóng”, “mở” được các nhà vũ trụ học sử dụng để xác định các dạng vũ trụ có thể có dựa trên hình dạng của chúng. Để làm điều đó, chúng ta sẽ đi đến phương trình trường của Einstein, vì phương trình này xác định dạng hình học của vũ trụ.

Phương trình không có hằng số vũ trụ của Einstein là:

$$R_{\mu\nu} - 1/2g_{\mu\nu}R = -8\pi GT_{\mu\nu}$$

Nhưng với giả thiết vũ trụ đồng nhất, đẳng hướng, và có độ cong không đổi. Phương trình tensor ở trên (chú ý rằng các đại lượng $R_{\mu\nu}$, $g_{\mu\nu}$, $T_{\mu\nu}$ là các tensor – chúng là những tập hợp có trật tự của các phần tử thay vì các con số đơn giản), có thể đơn giản hoá thành một phương trình vi phân vô hướng (tức là không có tensor) như sau:

$$(R'/R)^2 + k/R^2 = (8\pi G / 3) \rho$$

trong đó ρ là mật độ khối lượng của vũ trụ. Phương trình vi phân là một phương trình liên hệ đạo hàm của một hàm với một số các đại lượng khác. Ở đây, R là nhân tố xác định tầm vóc, quy mô, kích thước của vũ trụ. Đạo hàm của nó, R' , xác định *tốc độ thay đổi kích thước của vũ trụ*. Do đó phương trình trên, một dạng đơn giản hoá của phương trình trường tổng quát của Einstein đối với trường hợp của một “vũ trụ đơn giản” – một vũ trụ được xem là như nhau ở mọi nơi và theo mọi hướng – là một phương trình vi phân đối với kích thước của vũ trụ. Mô hình này dựa trên giả thiết vũ trụ bị chi phối bởi khối lượng, nghĩa là, một vũ trụ trong đó khối lượng, thay vì những dạng khác của năng lượng, tạo nên những lực chi phối. Đây là cái cho phép chúng ta thay thế tensor động lượng tổng quát của Einstein bằng đại lượng vô hướng xác định khối lượng.

Trong phương trình ở trên, khi k lần lượt lấy các giá trị bằng 0, +1, -1 thì mật độ khối lượng vũ trụ ρ sẽ có các giá trị tương ứng bằng, hoặc lớn hơn, hoặc nhỏ hơn $(R'/R)^2 / (8\pi G / 3)$. Đại lượng này rất thú vị, và đóng một vai trò chủ yếu trong các mô hình vũ trụ học. Trước hết, đại lượng R , nhân tố xác định quy mô của vũ trụ, sẽ xác định bán kính cong của vũ trụ nếu vũ trụ đóng và do đó có một độ cong. Đại

lượng R'/R , tỷ lệ giữa đạo hàm của đại lượng xác định kích thước với chính đại lượng ấy, bằng hằng số Hubble, được ký hiệu bởi H , chính là đại lượng xác định tốc độ giãn nở của vũ trụ (nghĩa là, tốc độ giãn nở được đo theo một tỷ lệ đối với kích thước của vũ trụ).

Toàn bộ đại lượng $(R'/R)^2 / (8\pi G / 3)$ là mật độ tới hạn của vũ trụ. Chúng ta thấy rằng khi vũ trụ có mật độ đúng bằng mật độ này, nghĩa là ρ bằng biểu thức nói trên, thì độ cong k phải bằng 0, ta có một vũ trụ phẳng. Khi ρ lớn hơn biểu thức trên, $k = +1$. Trong trường hợp này, vũ trụ sẽ có khối lượng lớn hơn khối lượng tới hạn và do đó cuối cùng nó sẽ co lại về chính nó. Khi ρ nhỏ hơn mật độ tới hạn, hình học của vũ trụ là hyperbolic, $k = -1$. Trong trường hợp này, không đủ khối lượng trong vũ trụ và lực hấp dẫn không đủ mạnh để kéo vật chất trong vũ trụ lại với nhau – vũ trụ sẽ tiếp tục giãn nở mãi mãi. Trong trường hợp vũ trụ phẳng, vũ trụ cũng sẽ giãn nở mãi mãi, nhưng với một tốc độ chậm dần đều. [2]

Các nhà vũ trụ học có một cái tên đặc biệt dành cho tỷ lệ giữa hai mật độ, mật độ khối lượng thực tế của vũ trụ tại một thời điểm cho trước, ρ , với mật độ tới hạn xác định bởi biểu thức nói trên. Tỷ lệ này được gọi là omega, W .

Omega đóng vai trò chủ yếu trong việc xác định dạng hình học của vũ trụ. Giả sử không có hằng số vũ trụ, ta có các trường hợp sau: Nếu $W = 1$, mật độ thực tế bằng mật độ tới hạn, vũ trụ sẽ phẳng – nó sẽ giãn nở mãi mãi, nhưng tốc độ giãn nở chậm dần đều.

Nếu $W > 1$, mật độ khối lượng của vũ trụ lớn hơn mật độ tới hạn – mật độ giữ cho vũ trụ cân bằng – và vũ trụ giãn nở chậm dần. Trong trường hợp này, có nhiều khối lượng hơn mức cần thiết để làm chậm sự giãn nở, và vũ trụ đến một lúc nào đó sẽ dừng sự giãn nở lại và bắt đầu co để cuối cùng không thể tránh được một “big crunch – vụ co lớn” nuốt chửng mọi thứ về một điểm. Sau đó có thể sẽ tái sinh một big bang mới, tiếp tục vòng tuần hoàn của các big bang và big crunch, trong đó mỗi vũ trụ mới sẽ ra đời từ đồng tro tàn của vũ trụ trước đó.

Trong trường hợp $W < 1$, mật độ khối lượng của vũ trụ nhỏ hơn mật độ tới hạn. Không có đủ khối lượng để làm ngừng sự giãn nở và làm vũ trụ co lại, do đó vũ trụ sẽ tiếp tục giãn nở mãi mãi. Khi đó hình học của vũ trụ là hyperbolic.

Với một hằng số vũ trụ khác 0, số phận của vũ trụ có thể sẽ khác trong từng trường hợp nói trên, và điều đó phụ thuộc vào các giá trị của cả hai tham số W và Λ .

Hình học của vũ trụ được xác định bởi chỗ vũ trụ 3 chiều tiến hoá như thế nào theo thời gian. Một vũ trụ có dạng cầu giãn nở và sau đó bắt đầu co về chính nó – một vũ trụ với $W > 1$ – sẽ vẽ ra một đường cycloid biến thiên theo thời gian (trong trường hợp này, tại bất kỳ một thời điểm nào, vũ trụ được thể hiện bằng một hình tròn; chúng ta phải bỏ bớt chiều của không gian để có thể minh hoạ điều này trên giấy). Bức tranh của một vũ trụ như thế được trình bày dưới đây.

(Hình 14-2: Một điểm trên đường tròn chuyển động sẽ vẽ ra một đường cycloid)

Một vũ trụ phẳng, nghĩa là vũ trụ có $W = 1$, sẽ giãn nở với tốc độ giảm dần.

Một vũ trụ có $W < 1$ sẽ giãn nở với tốc độ tăng dần như hình ảnh dưới đây.

(Hình 14-3: Vũ trụ có $W < 1$ sẽ giãn nở gia tốc)

Nhưng điều gì sẽ xảy ra nếu còn có một yếu tố nào khác nữa trong vũ trụ ảnh hưởng đến sự giãn nở, đến hình học và số phận của vũ trụ? Nếu một dạng “năng lượng kỳ quặc” nào đó có mặt khắp không gian, một cái gì đó mà chúng ta không thể nhìn thấy hoặc cảm thấy hoặc phát hiện thấy, nhưng nó tác động lên chính cái cơ cấu không-thời-gian đó, làm cho nó giãn nở nhanh hơn lẽ ra nó có thể, thì khi đó vật chất và lực hấp dẫn sinh ra bởi vật chất đó không còn là những tác động duy nhất nữa. Ở đây, có thể còn có một cái gì đó nữa cùng hiện diện.

Trong khi giả định khả năng này có thể xảy ra, các nhà khoa học ngả về ý định thay đổi định nghĩa của W . Thông số này, một thông số đóng vai trò chủ yếu đối với vũ trụ, đã được gán cho một ý nghĩa phóng khoáng hơn nhằm tính đến những yếu tố chưa được biết. Các nhà vũ trụ học quyết định chia đại lượng W thành nhiều phần: một phần do vật chất thông thường gây ra, và một phần khác do một cái gì đó gắn với hằng số vũ trụ của Einstein gây ra. Khi đó thông số xác định hình học của vũ trụ sẽ được chia ra thành các phần như sau: $W = W_M + W_\lambda$. Trong khi W xác định hình học của vũ trụ, thì số phận của vũ trụ lại được xác định chủ yếu bởi “năng lượng kỳ quặc” W_λ . Năng lượng của hằng số vũ trụ của Einstein có khả năng vô cùng lớn đến nỗi nó có thể đẩy vũ trụ giãn nở mãi mãi, hầu như bất chấp giá trị của số hạng W_M ra sao.

Khả năng xác định cả dạng hình học lẫn số phận của vũ trụ chính là động cơ thiết lập Dự án vũ trụ học về siêu tân tinh (Supernova Cosmology Project) năm 1988 bởi Saul Perlmutter và các cộng sự của ông. Những nhà khoa học này muốn sử dụng các quan sát thiên văn để cố gắng ước lượng giá trị của các thông số W . Họ sẽ hoàn tất nhiệm vụ này bằng cách nghiên cứu sự cong của ánh sáng “các ngọn nến tiêu chuẩn” của họ – các siêu tân tinh Loại Ia. Nhưng kết quả mà nhóm các nhà thiên văn tài tình này thu được đã vượt quá xa dự kiến của mọi người. Sau khi thu thập các số liệu quan sát và tiến hành tính toán trong vài năm trời, nhóm nghiên cứu đã nhìn thấy rõ ràng có một lực chưa biết nào đó, với một độ lớn trước đây chưa từng quan sát được hoặc chưa từng nghĩ đến, đóng một vai trò rõ rệt trong vũ trụ. Giá trị W_M nhỏ hơn ta tưởng rất nhiều. Các ngôi sao bùng nổ vào khoảng giữa thời gian kể từ khi vũ trụ ra đời đến nay đang kể lại cho chúng ta một câu chuyện dị thường: không có đủ khối lượng trong vũ trụ để bảo vệ cho bất kỳ lý thuyết nào dựa trên khối lượng, và nhất thiết phải có một lực nào đó không nhìn thấy đẩy mọi thứ chuyển động tách xa nhau ngày càng nhanh hơn. Hằng số vũ trụ của Einstein và số hạng tương ứng với nó, W_λ , có một ý nghĩa không thể lường hết. Nhưng những khám phá này đang nói gì với chúng ta về vũ trụ?

(Hình 14-4: Ba mô hình hình học và số phận của vũ trụ)

[1] Trong không-thời gian 4 chiều, khái niệm metric đặc biệt của thuyết tương đối được sử dụng để xác định khoảng cách. Với khái niệm khoảng cách này, không gian hyperbolic với độ cong âm thường được ví như mặt yên ngựa.

[2] Tôi chịu ơn Jeff Weeks vì sự giải thích hình học từ phương trình trường của Einstein.

Chương XV: BATAVIA, ILLINOIS, NGÀY 4 THÁNG 5 NĂM 1998

Vũ trụ của chúng ta nhẹ bổng (Neta Bahcall)

Paul Steinhard, một trong những người trẻ nhất trong thế hệ các nhà vật lý sáng tạo ra khoa học mới về vũ trụ, sinh năm 1952 và nhận bằng tiến sĩ vật lý tại Đại học Harvard năm 1978. Ông theo học vật lý hạt cơ bản, nhưng nhanh chóng chuyển mối quan tâm vào vũ trụ học. Steinhard trở thành giáo sư Đại học Pennsylvania và nghiên cứu mô hình vũ trụ lạm phát của Guth. Không giống những người khác, Steinhard không coi vấn đề lạm phát như một sự thật – ông muốn có một tư duy mở và luôn để cho các dữ liệu – các quan sát thiên văn, các số liệu đo đạc vũ trụ, và các thông tin vật lý khác – kể câu chuyện của nó. Steinhard nhanh chóng nhận thấy rằng mặc dù mô hình vũ trụ lạm phát rất hay ho và có nhiều hứa hẹn, nhưng nó vẫn còn một số vấn đề tồn tại về mặt lý thuyết. Trước hết và trên hết trong số những vấn đề đó là một cơ chế bí ẩn nào đó đã làm ngừng sự giãn nở lạm phát và hạn chế sự giãn nở này trong một mức độ từ tốn hơn mà chúng ta tin rằng đang diễn ra trong thời đại ngày nay.

Paul làm việc với một nghiên cứu sinh đang làm luận án tiến sĩ, Andy Albrecht, và cuối cùng đã giải được bài toán thách đố đó bằng cách xét lại mô hình vũ trụ lạm phát của Guth sao cho sự giãn nở – và trường gây ra nó – phát triển với một tốc độ hạn chế hơn, vẫn đáp ứng được các mục tiêu của lạm phát trong việc giải thích các hiện tượng, nhưng đồng thời có thể sẽ bị thế giới tự nhiên chặn lại tại một điểm nào đó. Sau đó ông nghiên cứu một mô hình được gọi là lạm phát mở rộng, trong đó một trường khác tương tác với trường hấp dẫn. Trong lý thuyết này, vào những ngày đầu trong cuộc sống của vũ trụ, hằng số hấp dẫn không giống như hiện nay. Do đó số hạng G trong phương trình trường của Einstein không phải là một hằng số khi vũ trụ còn ở tuổi thiếu thời. Trong thừa ban đầu này – được gọi là giai đoạn Planck và kéo dài trong giây đầu tiên kể từ big bang – các hiệu ứng lượng tử xảy ra. Vào những giây phút sớm sủa nhất của vũ trụ như thế, cơ học lượng tử – lý thuyết của thế giới vi mô – thực sự đóng vai trò chủ yếu trong việc giải thích cái gì sẽ xảy ra đối với vũ trụ toàn thể, và khi đó lý thuyết cổ điển của Einstein về tương đối chưa có ý nghĩa. Paul Steinhard đã đóng góp đáng kể cho sự hiểu biết của chúng ta về giai đoạn Planck bằng một lý thuyết mới rất quan trọng, trong đó đưa ra một trường mới rất cần thiết, gọi là vũ trụ lượng tử (hoặc trường lượng tử, N.D.).

Năm 1995, dựa trên những kết quả vật lý và thiên văn từ nhiều nguồn khác nhau, Steinhard nhận thấy những kết quả đó chỉ ra một phương hướng mới : vũ trụ dường như đang bị tăng tốc giãn nở. Điều này rất trái ngược với trực giác. Tại sao vũ trụ lại có thể ứng xử như vậy, trong khi lý thuyết về trường hấp dẫn – tương tác duy nhất tác động qua khoảng cách lớn trong vũ trụ – lại nói với chúng ta rằng sự giãn nở bắt đầu từ big bang ắt phải chậm dần khi vật chất kéo mọi thứ lại với nhau ?

Tháng 9 năm 1997, hưởng ứng các kết quả của vũ trụ học, Paul Steinhard nảy ra sáng kiến tổ chức một cuộc họp của những nhà thực hành trong nhiều lĩnh vực khác nhau liên quan đến vũ trụ học: các nhà thiên văn, vật lý thiên văn, vật lý thực nghiệm, vật lý hạt cơ bản, toán học ứng dụng, và những người khác nữa, để thảo luận xem vũ trụ sẽ diễn tiến tiếp tục như thế nào. Các nhà khoa học trong các lĩnh vực khác nhau sẽ giải thích các khám phá mới ra sao, ý nghĩa có thể có của chúng là gì ? Steinhard quyết định địa điểm tốt nhất cho một cuộc gặp gỡ như thế là Viện nghiên cứu quốc gia mang tên Fermi (gọi tắt là Fermilab) tại Batavia ở Illinois. Tại đây, nhiều thí nghiệm quan trọng đã được tiến hành nhằm tìm hiểu bản chất vật chất dưới những điều kiện mô phỏng điều kiện có thật trong vũ trụ thừa sơ khai. Cùng với Joshua Frieman tại Fermilab, Steinhard trù tính cuộc họp sẽ diễn ra vào tháng 5 năm 1998.

Tháng 1 năm 1998, dữ liệu về 8 siêu tân tinh đầu tiên do Perlmutter và nhóm Dự án Supernova Cosmology Project nghiên cứu được công bố trên tạp chí Nature^[1]. Dữ kiện dường như cho thấy các thiên hà xa xôi trong không gian và thời gian, chẳng hạn như 8 thiên hà đã được nghiên cứu bởi nhóm khoa học nói trên, có thể rời xa chúng ta với tốc độ chậm hơn những thiên hà ở gần^[2]. Nhóm khoa học này đã quan sát 60 thiên hà khác với các siêu tân tinh Loại Ia vẫn đang được phân tích. Liệu khuyh

hướng này có được xác nhận bởi dữ liệu của các thiên hà khác hay không? Nếu vậy, những quan sát này sẽ cung cấp thêm bằng chứng cho thấy vũ trụ đang giãn nở nhanh hơn trong thời đại của chúng ta so với tốc độ giãn nở trong quá khứ.

Trong cuộc họp vào tháng 1 năm 1998 của Hội thiên văn Mỹ tại Washington D.C., nhóm của Perlmutter trình bày kết quả của họ gợi ý rằng vũ trụ có thể giãn nở nhanh hơn dự kiến. Ít lâu sau, một nhóm cạnh tranh nghiên cứu siêu tân tinh tại Havard-Smithsonian đã báo cáo những kết quả phù hợp với giả thuyết của Perlmutter. Nhóm Đại học Princeton do Neta Bahcall dẫn đầu, và một nhóm khác của Đại học Princeton do Ruth Daly dẫn đầu, cũng báo cáo những kết quả ủng hộ giả thuyết này. Những nghiên cứu này chỉ ra rằng khối lượng tổng cộng của vũ trụ không đủ để làm ngừng sự giãn nở của vũ trụ từ trước đến nay.

Neta Bahcall sinh ra và lớn lên tại Israel. Bà theo học ngành toán và vật lý tại Đại học Hebrew, và đỗ bằng Masters về vật lý hạt nhân tại Viện Weizmann năm 1965.

(Hình 15-1: Neta Bahcall tại Đại học Princeton nói: “Vũ trụ của chúng ta nhẹ bồng”)

Năm đó, bà gặp người chồng tương lai của mình, John Bahcall, một giáo sư vật lý của Viện công nghệ California (Caltech) đang đến thăm Viện Weizmann. Năm sau hai người cưới nhau và chuyển đến sống tại Caltech, ở đó Neta làm luận án tiến sĩ về vật lý thiên văn hạt nhân dưới sự hướng dẫn của William Fowler – người đoạt giải Nobel vật lý vài năm sau đó. Nghiên cứu của Fowler tập trung vào các phản ứng hạt nhân xảy ra bên trong các ngôi sao và làm cho chúng phát sáng. Năm 1970, Bahcall nhận học vị tiến sĩ tại Đại học Tel Aviv. Bà trở nên đặc biệt quan tâm đến thiên văn học, thực hiện những dự án nghiên cứu kết hợp với các nhà vật lý thiên văn ở Caltech, nghiên cứu các quasars và các hiện tượng thiên văn khác.

Năm 1972, Neta và John Bahcall quan sát những ngôi sao qua kính viễn vọng vừa được hoàn tất bởi Đài quan sát Wise tại sa mạc Negev ở Israel. Hai vợ chồng nghỉ lại tại nhà nghỉ của đài quan sát nhưng không có buồng dành cho trẻ em. Vì thế hai vợ chồng kéo luôn hai đứa con của mình là Safi 3 tuổi và Dan kém 1 tuổi đến đài quan sát và lấy các ngăn kéo ra rồi trải chăn lên đó làm giường ngủ cho chúng. Trong khi con cái say sưa ngủ, Neta và John Bahcall khám phá ra hệ quang học xâm thực kép đầu tiên (the first binary eclipsing optical system) cũng đồng thời là hệ tia X kép đầu tiên (the first X-ray binary system) do vệ tinh phát hiện ra. Vật thể kép tạo nên đám gas phát ra tia X này là một pulsar^[3] kép đầu tiên được khám phá. Đây là một sự kiện hoàn toàn mới trong thiên văn học. Sự khám phá này là khám phá đầu tiên của các quan sát mới, và nhà nước Israel đã bầu chọn Neta Bahcall là người phụ nữ khoa học trong năm đó.

Gia đình Bahcall di chuyển đến Princeton, tại đó Neta là một giáo sư về thiên văn vật lý của Đại học Princeton, và John là giáo sư khoa học tự nhiên tại Viện nghiên cứu cao cấp của Đại học Princeton. Năm 1998, John Bahcall được tổng thống Clinton trao tặng Huy chương quốc gia về khoa học. Trong 6 năm Neta Bahcall làm giám đốc Cơ quan tuyển chọn đề tài khoa học (Science Selection Office) thuộc Viện khoa học kính viễn vọng không gian, tại đó bà đã có những đóng góp lớn lao cho khoa học bằng cách giúp tuyển chọn những dự án thiên văn quan trọng cho kính viễn vọng Hubble. Qua nhiều năm, mối quan tâm của bà chuyển sang vũ trụ học, và bà trở nên quan tâm đặc biệt đến việc làm thế nào để các khám phá vật lý thiên văn có thể toả ánh sáng vào cấu trúc của vũ trụ, thừa ban đầu của nó, tuổi vũ trụ, và số phận của nó. Neta Bahcall đã dành nhiều năm để nghiên cứu cấu trúc trong phạm vi lớn của vũ trụ nhằm cố gắng trả lời những câu hỏi của vũ trụ học. Nghiên cứu của bà đạt được nhiều kết quả, và dựa trên thành tựu đó, bà được bầu vào Viện hàn lâm khoa học quốc gia Hoa Kỳ năm 1997.

Tại một cuộc họp vào tháng 1 năm 1998 của Hội thiên văn Mỹ, Neta Bahcall trình bày những kết quả dựa trên một số nghiên cứu mà bà và các cộng sự đã hoàn tất, sử dụng một số phương pháp độc lập để “cân đo” vũ trụ. Các nhà nghiên cứu đã sử dụng các cụm thiên hà để nghiên cứu sự tiến hoá của vật chất trong vũ trụ và sự phân bố của nó. Một trong các phương pháp đó khai thác hiệu ứng thấu kính hấp dẫn của Einstein. Tại đây, ánh sáng từ những thiên hà xa xôi được quan sát khi chúng bị cong xung quanh các thiên hà nằm ở gần chúng ta hơn, và độ cong của ánh sáng sẽ cung cấp thông tin về khối lượng của các thiên hà ở gần hơn. Các phương pháp khác nghiên cứu các đám gas nóng bồng

bên trong các thiên hà cũng như tốc độ, các dịch chuyển đỏ và tỷ lệ khối lượng đối với ánh sáng trong vũ trụ. Bahcall nghiên cứu các quang phổ của các thiên hà, nơi có nhiều vật chất tối nằm ở đó, như những nghiên cứu của bà đã khẳng định. Dựa trên tất cả những nghiên cứu của mình, Neta Bahcall kết luận rằng mật độ vật chất trong vũ trụ chỉ bằng 20% mật độ cần thiết để làm cho vũ trụ giãn nở chậm lại và cuối cùng co lại. Con số này thu được một cách độc lập từ một số phương pháp nghiên cứu khác nhau. Theo tính toán, xác suất sai của kết luận này nhỏ hơn 1 phần triệu [4].

Báo chí nói rất nhiều về những khám phá mới đáng kinh ngạc của Perlmutter, Bahcall và các cộng sự của họ. Những điều mới được sáng tỏ đã kích thích trí tưởng tượng của mọi người trên thế giới. Chẳng nói thì ai cũng biết rằng dường như mọi người – từ các nhà khoa học đến mọi công dân trung bình – đều hy vọng về một vũ trụ “chất đầy vật chất”, có lẽ đó là một vết tích của mô hình vũ trụ tĩnh của Einstein. Nếu vũ trụ thực sự giãn nở và không tĩnh – mà lần đầu tiên những nghiên cứu của Hubble trong những năm 1920 đã nói về một vũ trụ có nhiều điều ngạc nhiên như thế – thì ít ra người ta cũng muốn nó phải dao động giữa sự giãn nở và sự co lại. Một vũ trụ thay đổi giữa giãn nở và co thắt dù sao cũng vẫn giữ một khả năng đổi mới về căn bản, mặc dù sự thay đổi có thể diễn ra trong một tương lai xa tít mù tắp. Trong khi một vũ trụ giãn nở mãi mãi sẽ không có hy vọng co lại để trở về một big bang khác khởi đầu cho một kịch bản mới. Vì thế khi hội nghị tháng 5 diễn ra tại Fermilab, báo chí đã lập tức có mặt ở đó.

Nhưng các nhà khoa học tụ họp tại Fermilab còn băn khoăn về một vấn đề khác thậm chí còn quan trọng hơn cả vấn đề vũ trụ giãn nở mãi mãi. Đó là vấn đề số phận của vật lý. Các nhà khoa học này đang đối mặt với một kết luận hầu như không thể né tránh: có một cái gì đó rất quái dị diễn ra trong vũ trụ – một cái gì đó mà các nhà khoa học không thể hiểu nổi. Tự nhiên có một loại lực thứ 5 trong kho vũ khí của nó, một loại lực chưa từng bao giờ được quan sát trực tiếp. Ý nghĩ này, một phỏng đoán khoa học được chia sẻ bởi tất cả những người có mặt, đọng lại trong tư tưởng của các nhà vật lý, các nhà lý thuyết hạt cơ bản, các nhà thiên văn, khi các giải thích kỹ thuật của các khám phá được trình bày. Các nhà khoa học đã có kinh nghiệm để đặt nghi vấn: Họ muốn nhìn thấy bằng chứng thuyết phục trước khi họ đồng ý để thay thế một lý thuyết cũ bằng một lý thuyết mới. Khi mọi người đã tập hợp đông đủ, 60 người tất cả, cuộc trình diễn một màn kịch bắt đầu.

William Press, một nhà thiên văn thuộc nhóm Harvard-Smithsonian, đóng vai trò luật sư phản biện đại diện cho nhóm của ông và nhóm Đại học Berkeley, trong khi các nhóm nghiên cứu siêu tân tinh trình bày các khám phá của họ. “Điều gì sẽ xảy ra nếu các kết quả không đúng?” là một câu hỏi lớn. Saul Perlmutter và một thành viên của một nhóm nghiên cứu siêu tân tinh khác là Robert Kirshner bảo vệ các khám phá của nhóm của họ. Có nhiều vấn đề có khả năng xảy ra với các dữ liệu này. Đầu tiên, phải chăng các siêu tân tinh thực sự là “các ngọn nến tiêu chuẩn”? [5] Làm thế nào để chúng ta biết được rằng một siêu tân tinh Loại Ia xảy ra từ 7 tỷ năm trước đây có cùng một độ cong của ánh sáng như một siêu tân tinh xảy ra chỉ mới một nửa tỷ năm trước đây? Sau đó là một câu hỏi về sự điều chỉnh mà các nhóm đã áp dụng đối với dữ liệu về độ sáng sao cho dữ liệu có thể so sánh được. Sự điều chỉnh đó đã tiến hành ra sao? Cuối cùng là một vấn đề không lường trước được: trong các thiên hà được nghiên cứu không thấy có bụi. Tại sao không phát hiện được bụi?

Hai nhóm đã đưa ra những giải thích kỹ thuật dài dòng làm thỏa mãn mọi người. Hội nghị đi đến một cuộc biểu quyết thăm dò, và các nhà khoa học đã biểu quyết hầu như lán át thiên về phía chấp nhận thông tin mới như một bằng chứng thuyết phục khoa học. Bây giờ là lúc không thể trốn tránh câu hỏi tất yếu đang sẵn đợi: Cái gì đã gây ra sự giãn nở gia tốc của vũ trụ? Khối lượng tổng cộng của vũ trụ sẽ kéo vật chất co cụm lại, như đã nói. Một sự giãn nở từ big bang dù sao chẳng nữa sẽ phải chậm lại vì sự hiện diện của vật chất có khối lượng phân bố trong các thiên hà trong khắp vũ trụ. Nhưng rõ ràng là bằng chứng trình bày tại Fermilab vào ngày hôm đó trong tháng 5 năm 1998 dường như đã chỉ ra rằng chẳng có gì diễn ra như dự kiến. Vũ trụ không chứa đủ vật chất để làm chậm sự giãn nở. Và một loại lực bí mật nào đó đang thực sự làm cho vũ trụ giãn nở *gia tốc*. Tồn tại một *áp lực âm* trong chân không – một cái gì đó hoàn toàn lạ hoắc đối với toàn bộ khoa học. Đó là cái gì vậy?

“Có một năng lượng kỳ dị trong vũ trụ”, Michael Turner thuộc Fermilab viết trong tập giấy ghi chép của ông như vậy. Ông thêm vào đó một hình vẽ các ngôi sao và những người đang gãi đầu, với một chữ Hy Lạp to: (Lambda). Bức tranh của ông được đăng trên trang khoa học của tờ *New York Times* ngày 5

tháng 5 năm 1998. Turner nói: “Cái gì đủ tốt với Einstein, phải đủ tốt với chúng ta”, để ám chỉ vai trò của hằng số vũ trụ.

Nhưng các nhà vũ trụ học liên quan đến các lý thuyết mới, chẳng hạn như lý thuyết vũ trụ lạm phát, muốn đi một bước xa hơn. Về nguyên tắc, hằng số vũ trụ có thể được sử dụng, để tính tới lực bí mật của tự nhiên đẩy không gian giãn ra, chống lại lực hấp dẫn và làm cho vũ trụ giãn nở gia tốc tới vô cùng. Nhưng theo lý thuyết lạm phát, trước đây đã có một lực tương tự như thế trong vũ trụ, và nó làm cho vũ trụ giãn nở với một tốc độ hàm mũ trong những đoạn khắc ban đầu ngay sau big bang. Do đó hằng số vũ trụ cũng rất thích hợp với giai đoạn đó. Nhưng có một vấn đề nổi lên ở đây. Độ lớn của lực không nhìn thấy thừa ban đầu của vũ trụ ngay sau big bang sẽ phải khác với độ lớn của nó trong giai đoạn hiện nay. Khoa học làm thế nào để kết hợp các giá trị này trong một đại lượng L thay đổi ?

Một câu trả lời tự nhiên đối với câu hỏi quan trọng này, một câu hỏi có thể giải quyết hàng loạt bí mật của vũ trụ học hiện đại, là coi hằng số vũ trụ như một *đại lượng biến thiên* của vũ trụ – một hàm số của thời gian và các đại lượng biến đổi khác trong phương trình của Einstein. Nhưng chưa ai biết làm thế nào để thực hiện điều đó. Einstein đã mất từ hơn bốn thập kỷ nay rồi, và dường như không ai có đủ can đảm, sự hiểu thấu bên trong, và tri thức để biến đổi phương trình của ông theo cách mà bản thân Einstein đã làm khi ông đưa hằng số vũ trụ vào vị trí đầu tiên của nó.

Những người đi theo Einstein, các nhà vật lý chuyên về thuyết tương đối tổng quát, đã dành thời gian của họ để giải phương trình trường của Einstein. Vì mục đích này, họ sử dụng một nguồn dự trữ các phương pháp mới và cũ: một số trong các phương pháp đó là các kỹ thuật số thực hiện trên computer, và các phương pháp khác để giải các phương trình vi phân phức tạp. Nhưng những nhà vật lý này không có ý đồ thay đổi phương trình của Einstein để phù hợp với những khám phá mới và lý thuyết mới.

Phương trình trường của Einstein là một biểu tượng. Phương trình này đã được sáng tạo ra bởi một bậc thầy vĩ đại. Mọi tensor, mọi hằng số, mọi thành phần nhỏ bé có mặt ở đó đều có một lý do của nó. Phương trình tensor được thiết kế để giữ gìn những định luật của tự nhiên. Những định luật này là bất biến – chúng không thay đổi khi nhìn vào một quá trình vật lý từ những góc độ khác nhau, hoặc trong những hệ tọa độ khác nhau. Khi giới hạn bài toán trong những điều kiện phi tương đối, phương trình tensor mô tả những định luật Newton.

Einstein có thể đưa cái mà sau này ông coi như một số hạng bất hợp lý vào trong phương trình bằng cách tính toán tensor khoảng cách một cách khéo léo, đùa dỡn với nó, bẻ cong không gian một chút để làm cho hằng số trở nên thích hợp nhưng vẫn không làm mất đi các tính chất mà ông đã phải tốn công sức trong bao nhiêu năm trời mới gán được cho phương trình của mình.

Nhưng làm thế nào để biến một hằng số thuần khiết như thế thành một hàm biến đổi hoàn toàn mới ? Có lẽ ngay cả nhà khoa học bậc thầy vĩ đại như Einstein cũng không thể hoàn tất một kỳ công như thế. Vì thế, trong khi ý thức được rằng việc giải thích “năng lượng dị thường” sẽ là một khám phá vĩ đại và đó sẽ là cơ hội để chống đỡ cho lý thuyết vũ trụ lạm phát, các nhà vũ trụ học cố gắng làm công việc cần yếu nhất tiếp theo: phát minh ra một khái niệm mới.

Paul Steinhard theo đuổi một mô hình thay đổi như thế. Ông gọi nó là *quintessence* (cái tinh hoa), theo tên gọi do Aristotle đặt cho nguyên tố thứ năm trong tự nhiên. Tên gọi dành cho lực vô hình là một sự tham khảo đối với lực thứ năm trong tự nhiên. Bốn lực đầu tiên đã biết đối với vật lý là lực hấp dẫn, lực điện từ, lực hạt nhân yếu và lực hạt nhân mạnh. Quintessence, mà chưa ai quan sát được, sẽ là lực thứ năm. Steinhard hiện nay đang tìm cách đưa quintessence vào trong phương trình trường của Einstein. Bất kể lý thuyết cuối cùng có đúng hay không, Steinhard đi đến kết luận về bí mật đang tồn tại. “Có một áp lực âm trong vũ trụ”, ông nói với tôi. “Một điều hiện nay đã rõ ràng là $\Omega_M < 1$. Điều này có ý nghĩa gì ? Độ cong, quintessence, hay L ? – Chúng ta không biết, nhưng bất kể đó là cái gì thì cái đang tồn tại ở đó, trong vũ trụ, có những hệ quả nền tảng đối với vật lý”.

[1] Perlmutter, S. và các cộng sự, “Discovery of a Supernova Explosion at Half the Age of the Universe” (Khám phá về một vụ nổ siêu tân tinh ở giữa tuổi của vũ trụ), Nature, tập 391, tháng 1 năm 1998, trang 51-54.

[2] Chú thích của N.D.: Thoáng nghe thì điều này có vẻ như trái với Định Luật Hubble. Nhưng suy nghĩ kỹ thì sẽ thấy nguyên nhân chính vì vũ trụ giãn nở ngày càng nhanh. Để giải thích, chú ý rằng chuyển động của thiên hà nói lên tốc độ giãn nở của vũ trụ. Vậy nếu một thiên hà cách ta 7 tỷ năm ánh sáng chuyển động ra xa khỏi chúng ta với tốc độ nhỏ hơn một thiên hà cách chúng ta 1 tỷ năm ánh sáng, thì có nghĩa là là tốc độ giãn nở của vũ trụ vào thời điểm 7 tỷ năm trước đây nhỏ hơn tốc độ giãn nở vào thời điểm 1 tỷ năm trước đây. Tức là vũ trụ giãn nở ngày càng nhanh lên. Điều này đã được tác giả trình bày ngay từ Chương 1.

[3] Chú thích của N.D.: Ngôi sao không nhìn thấy phát ra tín hiệu radio.

[4] Giá trị xác suất theo tính toán thống kê nhỏ hơn .

[5] Vào mùa xuân 1999, một số công trình nghiên cứu trên các công bố khoa học đã xác nhận rằng siêu tân tinh có thể thực sự coi như những ngọn nến tiêu chuẩn với độ chính xác cao và sự ước lượng kết quả của khoảng cách và tốc độ có thể cho một mức độ khả tín cao.

Chương XVI: PHƯƠNG TRÌNH CỦA CHÚA

Tôi muốn hiểu được ý Chúa (Albert Einstein)

Hằng số vũ trụ của Einstein chưa bao giờ thực sự chết, ngay cả khi người sáng tạo ra nó đã phải tay với nó. Trong tài liệu chuyên khảo của mình, Steven Weinberg đã vẽ ra cuộc phiêu lưu của cái hằng số kỳ quái khó nắm bắt đó [1]. Weinberg đã cho thấy việc bỏ xung hằng số này vào phương trình của Einstein sẽ dẫn đến những kết quả như thế nào khi việc bỏ xung đó đóng góp một số hạng bằng $\Lambda/8\pi G$ vào tổng năng lượng có hiệu quả của chân không. Vấn đề là liệu hằng số này có phản ánh đầy đủ năng lượng trong chân không hay không, hay liệu còn có một cái gì khác đẩy vũ trụ giãn ra nữa hay không. Và nếu chỉ có một mình hằng số vũ trụ chịu trách nhiệm đó thì độ lớn của nó phải như thế nào?

Trong những năm 1960 và 1970, các nhà vật lý hạt cơ bản cũng quan tâm đến hằng số vũ trụ, bởi vì họ cần phải ước định mức độ năng lượng trong không gian trống rỗng nhằm mục đích phân biệt năng lượng đó với năng lượng của các hạt cơ bản mà họ nghiên cứu trong các máy gia tốc của mình. Nhưng dù cố gắng thế nào đi chăng nữa, các nhà vật lý hạt cơ bản vẫn không thể nào xác định được số lượng năng lượng mà họ dự kiến phải có mặt trong không gian trống rỗng, khớp với bất cứ cái gì do hằng số vũ trụ cung cấp. Kết quả là, các nhà vật lý hạt cơ bản đã từ bỏ ý đồ của họ. Tuy nhiên vào khoảng thời gian đó, các nhà vũ trụ học lại tái khám phá ra cái hằng số bị ghét bỏ đó và lại cố gắng tuyền mộ nó để phục vụ cho nhu cầu riêng của mình. Thật vậy, vào cuối những năm 1960, một bài toán về vũ trụ học không tìm được lời giải rõ ràng. Đó là bài toán về các quasars.

Quasars (hoặc các vật thể gần giống như các ngôi sao) phát ra một năng lượng lớn dưới dạng sóng radio mà các nhà thiên văn có thể phát hiện được. Một số lượng quasars nhiều đến mức không thể giải thích đã được phát hiện tại các dịch chuyển về phía đỏ vào khoảng $z=1,95$. Tất cả các quasars này đều rất xa chúng ta cả về thời gian lẫn không gian, và hầu như đều được tạo ra cùng một lúc (các dịch chuyển về phía đỏ của chúng – những chỉ dẫn về tốc độ lùi xa của chúng so với chúng ta – đã nói rõ điều đó). Nhưng tại sao? Các nhà vũ trụ học biết rằng hiện tượng này chỉ có thể giải thích được nếu, bằng cách nào đó, vũ trụ không giãn nở nhiều trong khoảng thời gian các quasars hình thành trong cùng một khoảng cách đến chúng ta. Do đó cái mà các nhà vũ trụ học mong muốn là một vũ trụ tạm dừng giãn nở trong một chốc lát tại một kích thước cho trước, tương ứng với kích thước cần phải có vào thời điểm các quasars hình thành. Có một cách để làm cho sự giãn nở của vũ trụ chậm lại, hoặc thậm chí ngừng, vào một thời điểm cho trước là áp dụng hằng số vũ trụ. Một số nhà vũ trụ học đã dành nhiều thời gian để cố gắng làm cho hằng số vũ trụ cho phép tìm ra một câu trả lời đúng đối với bí mật này [2].

Tiếp theo, các nhà vật lý hạt cơ bản lại đụng đầu với một nan đề khác nữa. Lần này, họ cố gắng trả lời những câu hỏi liên quan đến sự phá vỡ tính đối xứng tự nhiên trong lý thuyết điện-từ-yếu. Họ tin rằng hiện tượng huỷ đối xứng là những cơ chế mà nhờ đó các loại hạt cơ bản khác nhau hình thành trong thời thơ ấu của vũ trụ. Vật lý hạt cơ bản nói rằng vì một electron khác với một quark, nên một "cái đối xứng" phải bị phá vỡ để tạo ra hai hạt khác. Các nhà lý thuyết phải đối mặt với một bài toán trong đó những tính toán về mật độ xác định dẫn tới những kết quả âm. Nhưng tại một điểm nào đó, các nhà lý thuyết đã phát hiện ra rằng việc áp dụng hằng số vũ trụ L vào phương trình của họ có thể giúp huỷ bỏ một số hạng quan trọng, cho phép trả lời được câu hỏi chủ yếu của bài toán với một kết quả dương. Tuy nhiên, việc áp dụng đó dẫn tới một hệ quả là trong quá khứ xa xôi L phải có giá trị rất lớn. Vấn đề trở nên rắc rối khó xử mãi đến khi Guth đưa ra lý thuyết vũ trụ lạm phát. Nếu quả thật hằng số vũ trụ lớn hơn rất nhiều trong khoảnh khắc cực kỳ ngắn ngủi ngay sau big bang, thì có thể nó chính là lực tác động làm cho vũ trụ giãn nở với tốc độ hàm mũ trong khoảnh khắc này. Do đó, bỏ xung hằng số vũ trụ vào phương trình có nghĩa là chúng ta phải chọn giá trị của hằng số đó một cách rất cẩn thận.

Khoa học cần những lý thuyết mới tươi rói, những lý thuyết này đòi hỏi những công cụ toán học mới. Sẽ không đủ nếu chỉ chấp vá phương trình của Einstein bằng cách thử nghiệm và sai lầm. Phương trình trừu tượng này đã chịu được sự thử thách kinh khủng qua nhiều năm trời, luôn luôn dẫn tới những khám phá vật lý mới phù hợp một cách đáng kinh ngạc với những dự đoán của phương trình. Nhưng

khi người ta cố gắng làm việc với phương trình bao gồm hằng số vũ trụ – hoặc cố gắng kết hợp phương trình của thuyết tương đối tổng quát với lý thuyết lượng tử – thì kết quả thật nghèo nàn. Đơn giản là hiểu biết căn bản của nhân loại về phương trình thần diệu này vẫn chưa đầy đủ.

Năm 1985, xuất hiện một lý thuyết mới tỏ ra có nhiều hứa hẹn trong việc giải quyết nhiều vấn đề căn bản của vật lý: Lý thuyết siêu dây. Lý thuyết này mở rộng không-thời gian 4 chiều thành không-thời gian 11 chiều, nghĩa là các phương trình của lý thuyết siêu dây cố gắng xây dựng một mô hình vũ trụ bao gồm 11 chiều. Kết quả của lý thuyết này thật dị thường, nhưng chúng chưa giải quyết được vấn đề hằng số vũ trụ của Einstein. Cuối những năm 1980, các nhà toán học đã phát triển một dị bản của lý thuyết siêu dây bằng cách liên kết hai biến số không gian. Nhưng khi họ cố gắng mở rộng kết quả ra không-thời gian 4 chiều, thì kỹ thuật thất bại và toàn bộ cấu trúc sụp đổ.

Tháng 12 năm 1996, báo chí London đưa tin nhà vũ trụ học nổi tiếng Stephen Hawking sẽ “dự thính một lớp học cấp tốc về toán học” [3]. Theo lịch trình đã được thông báo, ngài Roger Penrose, giáo sư toán học tại Đại học Oxford, sẽ trình bày một lý thuyết topo của các mặt 4 chiều và quan hệ của chúng đối với thuyết tương đối tổng quát và lý thuyết lượng tử. Hawking và các nhà vũ trụ học khác rất quan tâm đến bài giảng này. Penrose đã khám phá ra một mối quan hệ kỳ lạ giữa các mặt 4 chiều với các hiện tượng vật lý “dị thường và hấp dẫn”, chỉ xảy ra trong các không gian 4 chiều. Penrose là một nhà topo học nổi tiếng đã áp dụng thành công nguyên lý toán học trừu tượng vào các bài toán vật lý. Ông mô tả lý thuyết của mình như sau: “Cái mà lý thuyết này đã làm là sử dụng những tư tưởng về cách ứng xử của các hạt cơ bản để thiết lập một kết quả trong toán học thuần túy hoàn toàn chưa được biết. Trong các không gian nhiều chiều thì chỉ có không gian 4 chiều mới có những tính chất này”. Công trình của Penrose trong toán học thuần túy đã loáng thoáng cho thấy lý do vì sao các nhà vũ trụ học và vật lý học đã gặp khó khăn trong vấn đề hằng số vũ trụ và nhiều vấn đề khác như thế: Hình học 4 chiều là hình học duy nhất gặp phải những nan đề đó. Hình như chúng ta phải chịu khổ sở khi sống trong một vũ trụ 4 chiều (3 chiều không gian và 1 chiều thời gian), ít nhất ở mức độ như vật lý học quan tâm. Không khuất phục bởi những khám phá mới, và nhìn thấy một cơ hội trong những khám phá này, các nhà vũ trụ học bắt tay vào việc, đưa những kết quả về topo của các không gian 4 chiều vào lý thuyết riêng của họ liên quan đến thuyết tương đối tổng quát và lý thuyết lượng tử. Mục đích của họ không phải chỉ để nắm bắt hằng số vũ trụ, mà còn nhằm đạt tới một mục tiêu kiên cố nhất của vật lý: một lý thuyết trường thống nhất kết hợp tất cả các lực của tự nhiên làm một. Để đạt tới mục tiêu đó, các nhà vũ trụ học đang đi theo những bước chân của chính Einstein. Sau khi nhập cư vào Mỹ năm 1932 và trở thành giáo sư Viện nghiên cứu cao cấp thuộc Đại học Princeton, Einstein đã dành toàn bộ những năm còn lại trong đời để cố gắng thống nhất các lĩnh vực khác nhau của vật lý làm một.

Albert Einstein theo đuổi những nghiên cứu khoa học của mình với một niềm đam mê vĩ đại. Ông là một người có niềm tin chân thành, và đối với ông khoa học là một quá trình khám phá công trình sáng tạo của Chúa. Nhiều người trong số những nhà khoa học lớn nhất ngày nay cũng bị dẫn dắt bởi mong muốn tương tự. Họ là những nhà khai phá đi tiên phong trong công cuộc giải quyết cách thách đố của Đấng sáng tạo. Những nhà khoa học này nêu lên những câu hỏi triết học sâu xa như: Vũ trụ từ đâu mà ra, vũ trụ sẽ đi về đâu, và hình dạng của vũ trụ ra sao.

Năm 1997, Stephen Hawking nói ông tin rằng trong vòng hai mươi năm nữa, chúng ta sẽ có thể hiểu được những quy luật cơ bản của vũ trụ. Các nhà vũ trụ học đối thủ nhanh chóng chỉ ra rằng hai mươi năm trước đó Hawking cũng có những tiên đoán tương tự. Nhưng Hawking hành động như thể ông đã có một cái gì đó trong tay áo của ông rồi. Bất chước Einstein, ông nói: “Chúng ta đang ở gần Chúa” [4]. Tháng 3 năm 1998, Hawking hé lộ một chút cánh tay áo của ông. Ông đã sử dụng khái niệm về một *instanton* (một hạt vi thời – hạt tồn tại trong một vi lượng của thời gian) để cố gắng giải thích big bang. Hawking và các cộng sự của ông nói rằng khái niệm này mang khoa học đến gần với “lý thuyết về mọi thứ”, và một tháng sau, trong một loạt sự kiện diễn hình gây xúc động, những tin tức về lý thuyết mới đã được thông báo cùng một lúc bởi Hawking, trong khi đi thăm California, và bởi cộng sự của ông là Neil Turok, lúc trở về London. Nhưng Hawking không phải Einstein, và việc ông viện dẫn Chúa, như Einstein từng làm, có thể không thích hợp. Cho đến giờ, Hawking và các cộng sự của ông chưa đưa ra được một lý thuyết riêng biệt nào có thể so sánh với các lý thuyết của Einstein.

Cho đến hiện nay các nhà khoa học này đã đạt được những thành tựu gì? Hawking và Turok khởi sự từ mô hình lạm phát của Alan Guth. Đề cập đến những khám phá được thông báo năm 1998 về một vũ trụ “mở” và do đó nó sẽ nở mãi mãi, họ nêu lên câu hỏi sau đây: Phải chăng sự giãn nở lạm phát nhất thiết gây ra một vũ trụ “phẳng”, như hầu hết những người ủng hộ thuyết lạm phát tin như vậy, hoặc phải chăng nó có thể tạo ra một vũ trụ mở? Hawking và cộng sự của ông là James Hartle đã thử nghiệm một phương pháp tương tự một vài năm trước đó, bằng việc áp dụng thuyết lạm phát cho một vũ trụ đóng, trong đó đã sử dụng kỹ thuật tích phân đường do nhà vật lý Mỹ huyền thoại Richard Feynman phát minh ra.

Năm 1995, Turok, một người không tin vào những vũ trụ phẳng hoặc đóng, đã có một buổi nói chuyện tại Đại học Cambridge về những kết quả nghiên cứu liên quan đến vũ trụ mở. Buổi nói chuyện của ông đã làm cho Stephen Hawking chú ý, và hai người bắt đầu làm việc với nhau. Họ cố gắng áp dụng phương pháp mà Hartle và Hawking đã thực hiện đối với một vũ trụ mở, nhưng không thành công lâu dài. Bài toán là vô hạn. Sự xuất hiện của một thành phần vô hạn trong phương trình làm cho tích phân đường của Feynman mất giá trị. Một hôm, Turok viết những biểu thức toán học lên chiếc bảng của Hawking. Bỗng nhiên, Hawking ngăn ông ta lại và nói với ông thông qua chiếc computer (Hawking bị bệnh liệt ngoại trừ một ngón tay có thể điều khiển con chuột của computer, cho phép ông nói chuyện bằng cách sử dụng thêm một máy phát tiếng nói). Dường như Turok đã phạm một sai lầm vì đã bỏ sót một số hạng trong phương trình, một số hạng có ý nghĩa quan trọng. Hai người đã tìm cách sửa chữa các biểu thức và mầu nhiệm thay thành phần vô hạn đã biến mất. Bây giờ không gian mà họ đang có ngay trước mặt mô tả sự tiến hoá của vũ trụ từ big bang thông qua lạm phát và tiến về phía trước tới một vũ trụ mở – không có điểm kỳ dị vào lúc khởi đầu.

Thay vì một điểm kỳ dị, Turok và Hawking đề xuất một instanton (hạt vi thời) – một hạt của không gian và thời gian được nén rất chặt, có khối lượng bằng một hạt đậu nhưng kích thước chỉ bằng một phần triệu của một phần tỷ của một phần tỷ của hạt đậu. Hạt vi thời được đặt tên như vậy vì nó là một hạt tồn tại chỉ trong một khoảnh khắc cực ngắn. Trước hạt vi thời, thời gian và không gian không tồn tại. Khác với điểm kỳ dị của big bang, hạt vi thời rất dịu dàng uyển chuyển. Khi hạt vi thời bùng nổ, sự lạm phát vũ trụ bắt đầu y như Alan Guth đã dự đoán. Cuối cùng vũ trụ nảy sinh từ hạt vi thời nở rộng ra mãi mãi. Thời gian, và những quan sát từ không gian trong những năm tới, có lẽ sẽ nói với chúng ta lý thuyết nào sẽ đúng, rằng vũ trụ của chúng ta bắt đầu ra sao, liệu có thể thống nhất được các lực trong tự nhiên hay không, và liệu hằng số vũ trụ có nằm trong phương trình toàn thể của vật lý hay không.

Phần lớn các nhà vật lý đồng ý rằng vũ trụ phải bắt đầu với một vụ nổ khủng khiếp từ một trạng thái vô cùng đặc nóng, một dạng nào đó của big bang. Vụ nổ lớn ban đầu này khởi đầu công việc sáng tạo – sự hình thành vật chất và năng lượng và sau đó là các thiên hà, các ngôi sao, hành tinh, cũng như vật chất tối bí mật không thể nhìn thấy. Nhưng ở đó, sau big bang, sự chia rẽ quan điểm và khuynh hướng triết học bắt đầu. Saul Perlmutter là một nhà khoa học cần trọng, hơn bất kỳ ai khác, thông qua những kính viễn vọng và những công cụ mạnh nhất thế giới đã tiến gần đến chỗ thực sự nhìn thấy sự giãn nở của vũ trụ. Và khám phá của ông dẫn ông đến một lý thuyết đặc biệt.

Saul Perlmutter sinh tại Urbana-Champaign, Illinois, năm 1959. Cả bố lẫn mẹ của ông đều là những nhà hàn lâm, làm việc tại Đại học Illinois. Khi Perlmutter còn là một cậu bé, gia đình cậu chuyển đến Philadelphia, tại đó cậu học trường Quaker Friends School. Lên trung học, Perlmutter luôn luôn giỏi toán và khoa học, do đó anh phải dành nhiều thì giờ hơn cho các môn khoa học nhân văn – những môn này thách thức anh nhiều hơn. Anh cũng chơi violin. Saul vào Đại học Harvard và tốt nghiệp ngành triết học và vật lý năm 1981. Sau đó anh làm luận án tiến sĩ vật lý tại Đại học California ở Berkeley. Tại đây, Saul Perlmutter hoạt động trong một số nhóm nghiên cứu rất mạnh trong nhiều năm trời. Năm 1982 ông bắt đầu hợp tác với một nhóm nghiên cứu các hạt có lượng điện tích nhỏ, nhưng nhanh chóng chuyển sang làm việc với một nhóm sinh viên tốt nghiệp do giáo sư Richard Muller hướng dẫn. Muller là một cộng sự gần gũi của nhà vật lý độc lập Louis Alvarez, người đã cùng với con trai là Walter Alvarez tìm thấy bằng chứng cho thấy sự tuyệt giống của khủng long 65 triệu năm trước đây là do sự va chạm của một thiên thạch lớn.

(Hình 16-1: Saul Perlmutter tại Viện nghiên cứu quốc gia Lawrence Berkeley, người khám phá ra hiện tượng vũ trụ giãn nở gia tốc)

Muller và các sinh viên của ông đã tiếp tục đẩy tư tưởng này đi xa hơn: họ sử dụng các quan sát thiên văn đối với những ngôi sao mờ để tìm kiếm một ngôi sao được gọi là Nemesis. Nemesis được nghi là một bạn đồng hành của mặt trời, quay xung quanh nó mỗi vòng hết 52 triệu năm. Cứ sau mỗi 26 triệu năm, khi Nemesis ở gần mặt trời nhất, sự tuyệt giống hàng loạt sẽ xảy ra, bởi vì lực hấp dẫn của Nemesis sẽ làm cho các thiên thạch lao về phía chúng ta. Vì thế việc tìm thấy Nemesis, nếu quả thật nó tồn tại, không chỉ trả lời câu hỏi giống khủng long đã chết như thế nào, mà còn cho biết tại sao thảm họa – hoặc những sự kiện khác tương tự như thế – xảy ra. Sử dụng phương pháp thị sai, nhóm nghiên cứu trên đã đo các khoảng cách đến khoảng 300 ngôi sao trong một nhóm gồm tổng cộng 2000 ngôi sao đáng ngờ, tuy được liệt kê trong một bản danh mục sao nhưng tất cả đều ở quá xa. Sau đó việc tìm kiếm bị hoãn lại vì một số lý do khác nhau. Đúng vào thời gian đó Saul biến mất trong một tháng để đến làm việc trong một toà dành cho những nghiên cứu vật lý tại Đại học Berkeley. Và ông đã xuất hiện lại với một phát minh – một kính viễn vọng robot.

Ứng dụng chiếc kính viễn vọng mới được điều khiển bằng computer, Saul nghĩ ra một kỹ thuật phát hiện siêu tinh tân rất tài tình thông qua việc tìm kiếm các thiên hà xa xôi một cách hệ thống. Đến năm 1985, ông đã chụp được 20 tấm ảnh điện tử của những vụ nổ hiểm hoai trong các thiên hà xa xôi.

Năm 1986, Saul hoàn thành luận án tiến sĩ tại Đại học California ở Berkeley, và năm sau ông và bạn đồng nghiệp là Carl Pennypacker nhận thấy rằng kỹ thuật tìm siêu tân tinh bằng kính viễn vọng robot của Saul có thể sử dụng để đo *độ giãn tốc* giãn nở của vũ trụ. Quyết định của họ, vào quãng cuối năm 1987, phản ánh quan điểm thịnh hành trong thế giới vật lý vào giai đoạn đó: rằng vũ trụ của chúng ta, bắt đầu với một big bang, sẽ phải giảm tốc giãn nở dần dần do lực hấp dẫn của toàn bộ vật chất có khối lượng tác động lẫn nhau. Nhóm nghiên cứu này bắt đầu sử dụng các quan sát từ một kính viễn vọng dài 4 m đặt tại Australia để đo đạc. Họ tìm thấy các vụ nổ siêu tân tinh tại $z=0,3$, nhưng tốc độ rất chậm. Thời tiết không cho phép quan sát tần số, đồng thời còn có một số khó khăn khác. Nhóm nghiên cứu, lúc này đã đông hơn, chuyển đến trung tâm quan sát của họ tại La Palma trên các hòn đảo ở Canary, tại đó nhóm phải sử dụng một kính viễn vọng 2,5 m. Các nhà khoa học bây giờ nâng cấp quan sát tới giá trị $z = 0,45$. Và họ đã phát triển một kỹ thuật quan sát được gọi là “kỹ thuật một mẻ” (batch technique), cho phép nhận được và xử lý những tập hợp dữ liệu quan sát thiên hà rộng hơn, tìm được càng ngày càng nhiều siêu tân tinh hơn. Họ có thể gửi các kết quả trực tiếp về Berkeley thông qua internet.

Tới lúc này, Saul đã trở thành một nhà nghiên cứu tại Viện nghiên cứu quốc gia Lawrence Berkeley, trên những ngọn đồi phía bên trên khu nhà của Đại học Berkeley, và ông đã làm cho viện nghiên cứu này trở thành trung tâm hoạt động của ông. Với những thắng lợi ngày càng tăng lên, các thành viên của nhóm được phép sử dụng những kính viễn vọng lớn hơn. Cuối cùng họ được sử dụng cặp đôi kính viễn vọng Keck dài 10 m tại Hawaii, kính viễn vọng lớn nhất thế giới, cũng như kính viễn vọng không gian Hubble. Kết quả các vụ nổ xa xôi như một ngọn suối đổ về với một sự điều hoà đáng kinh ngạc. Nhưng bức tranh mà tất cả những quan sát này vẽ ra hoàn toàn trái ngược với cái mà khoa học dự kiến. Vũ trụ không hề giảm tốc giãn nở – nó đang tăng tốc. Bây giờ, dựa trên những quan sát với những cấp độ khác nhau của z , có thể nhận xét rằng từ thời điểm ngay sau big bang đến khoảng 7 tỷ năm trước đây, vũ trụ giảm tốc giãn nở. Nhưng đơn giản vì mật độ vật chất trong vũ trụ không đủ để làm chậm sự giãn nở đến chỗ ngừng lại. Khi vũ trụ tiếp tục lớn lên, khối lượng của nó loãng đi, cho phép “năng lượng dị thường” của Einstein trội hơn. Và bắt đầu từ 7 tỷ năm trước đây, tốc độ giãn nở bắt đầu tăng tốc, và vũ trụ ngày nay đang giãn nở nhanh hơn vào mọi lúc.

Với tư cách một nhà thực nghiệm, Perlmutter luôn luôn mở cửa cho tất cả mọi cách giải thích có thể có đối với dữ liệu của ông. Ông nhấn mạnh, mọi sự thay đổi đối với một giả thuyết cho trước đều phải được khảo sát trong những phạm vi đầy đủ nhất. Nhưng khi các số liệu quan sát mới được tập hợp, tới mùa xuân năm 1999 thì tất cả các số liệu đo đạc này đều chỉ ra một cách rõ ràng rằng vũ trụ đang giãn nở ngày càng nhanh hơn. Dựa trên các quan sát của mình, Perlmutter bây giờ tin rằng vũ trụ tổng thể

có lẽ phải phẳng – hình học của nó là Euclid – và rằng nó sẽ giãn nở mãi mãi. Tới lúc đó, nhóm của Perlmutter đã tập hợp được dữ liệu của các thiên hà nằm ngoài phạm vi ban đầu. Nhóm đã nghiên cứu các dịch chuyển về phía đỏ và các khoảng cách của các thiên hà ở xa ($z=1,2$) đến mức vào lúc ánh sáng của chúng bắt đầu lên đường để đến với chúng ta thì vũ trụ vẫn còn đang giãn nở chậm dần. Điều này tương phản với số lượng lớn dữ liệu mà nhóm đã thu thập được, bao gồm các thiên hà trong phạm vi quan sát cho thấy vũ trụ hiện tại đang giãn nở tăng tốc (các thiên hà với $z = 0,7$). Nhóm đã tập hợp các dữ liệu bên ngoài phạm vi ban đầu – như mọi nhà khoa học khôn ngoan sẽ làm – nhằm mục đích kiểm tra những giới hạn của lý thuyết mà họ đã nêu lên. Và cho đến nay thì lý thuyết của họ đã chống chọi được mọi thử thách.

Dựa trên những khám phá của nhóm, Perlmutter cũng tin rằng hằng số vũ trụ là quan trọng và rằng thay vì là một “sai lầm ngớ ngẩn nhất” của Einstein, hằng số này là một phần không thể thiếu của phương trình xác định vũ trụ, quá khứ và tương lai của nó. Perlmutter, giống như hầu hết các nhà thiên văn hàng đầu, cũng tin vào lý thuyết vũ trụ lạm phát. Do đó, dựa trên những quan sát thiên văn mới nhất và những suy luận lý thuyết được chấp nhận rộng rãi nhất, vũ trụ của chúng ta đã bắt đầu một quá trình giãn nở mới; sự giãn nở này đã chậm dần trong vài tỷ năm, rồi tăng tốc trở lại và sẽ tiếp tục như thế. Nếu những kết luận này là đúng, thì vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi.

Nhưng ngài Roger Penrose nói với tôi: “Chúng ta không biết điều gì thực sự đã xảy ra ở đó – big bang là một sự cố hoàn toàn dị thường. Tôi không tin bất kỳ một lý thuyết nào về các trường mà chúng ta không tìm thấy, hoặc những vũ trụ thơ ấu mà chúng ta không có bằng chứng của nó, hoặc một vũ trụ lớn hơn trong đó vũ trụ của chúng ta chỉ là một bộ phận. Không có lý do trực tiếp nào để tin vào bất kỳ một giả thuyết nào trong những giả thuyết đó”. Năm 1965, Penrose công bố định lý của ông, trong đó, sử dụng những phương pháp rất mạnh của topo, cung cấp bằng chứng của điểm kỳ dị của big bang. Ông nói tiếp: “Tôi tin vũ trụ có dạng hình học hyperbolic nhưng tôi không biết về hằng số vũ trụ – tôi không tin nó. Cũng như đối với lý thuyết vũ trụ lạm phát – tôi là một kẻ đùa ngi. Những gì người ta đã làm là đưa ra một lý thuyết, và khi bằng chứng không ủng hộ nó, người ta lại thay đổi lý thuyết, thay đi rồi thay lại”.

Alan Guth chống lại những lý luận này bằng ý kiến sau đây: “Mặc dù vẫn chưa biết rõ chi tiết của sự giãn nở lạm phát diễn ra chính xác như thế nào, nhưng tôi nghĩ rằng tư tưởng căn bản của lý thuyết lạm phát hầu như chắc chắn đúng. Lý thuyết này đưa ra một giải thích duy nhất thuyết phục về vấn đề làm thế nào mà vũ trụ lại trở nên lớn như thế, đồng nhất như thế, và phẳng như thế”.

Chắc chắn cuộc tranh luận giữa các nhà khoa học sẽ còn tiếp tục, khi họ cố gắng khám phá các bí mật của vũ trụ. Nhưng có một điều mà tất cả các nhà khoa học đều đồng ý, đó là sức mạnh tuyệt đối và công dụng tiện lợi tiếp tục kéo dài của thuyết tương đối tổng quát của Einstein. Trong một lý thuyết cuối cùng, khát vọng muốn hiểu được “ý Chúa” đầy đủ hơn đòi hỏi phát kết hợp thuyết tương đối tổng quát với cơ học lượng tử. Nhưng bất kể phương trình cuối cùng sẽ ra sao, phương trình trường của Einstein vẫn phải chiếm phần chủ yếu trong đó. Trong khi phát triển phương trình lạ thường của mình, Einstein đã thực hiện được mơ ước của ông – ông đã hiểu được một phần ý nghĩ của Chúa. Đó là phương trình trường của Einstein với hằng số vũ trụ, một phương trình gần nhất với Phương Trình của Chúa:

$$R_{\mu\nu} - 1/2g_{\mu\nu} - \lambda g_{\mu\nu} = -8\pi GT_{\mu\nu}$$

trong đó R là tensor Ricci, R là “vết đặc trưng”^[5] của tensor Ricci, λ là hằng số vũ trụ, $g_{\mu\nu}$ là đại lượng xác định khoảng cách – tức tensor khoảng cách của hình học của không gian, G là hằng số hấp dẫn Newton, $T_{\mu\nu}$ là tensor thể hiện các tính chất của năng lượng, động năng, và vật chất, và $1/2$, 8 và là những con số thông thường.

Trong cuốn sách của mình nhan đề *Những năm về sau trong đời tôi* (Out of My Later Years, do Philosophical Library xuất bản tại New York, năm 1950, trang 48), Einstein có những tâm sự về quan điểm của ông đối với tương lai, và tại sao ông cố gắng tìm kiếm một lý thuyết trường thống nhất cho mọi thứ. Ông viết:

Thuyết tương đối tổng quát sẽ chưa đầy đủ chừng nào nguyên lý tương đối tổng quát chỉ áp dụng được trong trường hấp dẫn, nhưng không áp dụng được trong trường tổng quát. Chúng ta chưa biết một cách chắc chắn trường tổng quát của không gian sẽ được mô tả bởi cơ chế toán học nào, và trường tổng quát đó lệ thuộc vào những định luật bất biến tổng quát nào. Tuy nhiên có một vấn đề dường như chắc chắn: nghĩa là, nguyên lý tương đối tổng quát sẽ chứng tỏ là một công cụ cần thiết và hiệu quả để giải quyết bài toán trường tổng quát.

(Hình 16-2: Einstein : “Tôi muốn hiểu được ý Chúa”)

Einstein hiểu rằng những cố gắng của ông bị giới hạn trong những phương pháp toán học hiện có. Trong khi phát triển thuyết tương đối đặc biệt, Einstein sử dụng toán học của Lorentz và Minkowski. Đối với thuyết tương đối tổng quát, ông sử dụng thành công toán học của Ricci và Levi-Civita và toán học của Riemann. Nhưng đến đây, Einstein phải dừng lại. Ông đã đi một đoạn đường dài để tới Phương Trình của Chúa, nhưng để đi xa hơn, ông cần đến những công cụ toán học mới. Một lý thuyết toán học như thế có vẻ như sẽ được tìm thấy theo hướng mà S.S.Chern tại Đại học Princeton đã gợi ý, trong đó bao gồm những phương pháp trừu tượng hoá hình học và topo lên đến những cấp độ cao hơn. Các nhà toán học sẽ phát minh ra các công cụ, các nhà vật lý sẽ áp dụng chúng, các nhà thiên văn sẽ kiểm tra các lý thuyết và cung cấp các dữ liệu, và các nhà vũ trụ học sẽ tạo ra bức tranh lớn của vũ trụ của chúng ta.

Nếu mỗi nguyên lý được nhiều lý thuyết và thực tiễn trong nhiều lĩnh vực khác nhau ủng hộ, thì hy vọng chúng ta có thể bắt đầu hiểu được những định luật chủ yếu của tự nhiên và trình bày sự đánh giá của chúng ta về Phương Trình của Chúa. Khi phương trình cuối cùng được xây dựng, chúng ta sẽ có thể sử dụng nó để giải bài toán thách đố kỳ diệu của Đấng Sáng Tạo. Và có lẽ đó là lý do vì sao Chúa gửi chúng ta đến đây, trong một vị trí bậc nhất.

[1] Steven Weinberg, “The Cosmological Constant Problem” (Vấn đề hằng số vũ trụ), Những bài giảng của Morris Loeb về vật lý, do Đại học Harvard xuất bản, tháng 5 năm 1988.

[2] Hiện tượng của các quasars cũng có những cách giải thích khác. Tôi mang ơn Alan Guth vì những ý kiến trình bày ở trên.

[3] H.Aldersley-William, “May the Force be with Us ?” (Có thể chẳng tồn tại một lực lạ bên cạnh chúng ta ?), trên tờ *The Independence*, ngày 2 tháng 12 năm 1996, trang 20.

[4] Trên tờ *The Observer*, ngày 23 tháng 11 năm 1997

[5] Chú thích của N.D.: Xem ghi chú (8-1) ở Chương 8.