

KHOA HỌC  KHÁM PHÁ

Robert B. Laughlin

A different Universe

Một vũ trụ lạ thường

Phát minh lại môn vật lý
theo chiều ngược



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

Một vũ trụ lạ thường

KHOA HỌC KHÁM PHÁ

Chủ biên

PHẠM VĂN THIẾU

VŨ CÔNG LẬP

NGUYỄN VĂN LIỄN

A DIFFERENT UNIVERSE

Copyright © 2005 By Robert B. Laughlin

First published in the United States by Basic Books,

a member of the Perseus Books Group

Bản tiếng Việt Nhà xuất bản Trẻ, 2012

BIỂU GHI BIÊN MỤC TRƯỚC XUẤT BẢN DO THƯ VIỆN KHTH TP.HCM THỰC HIỆN

General Sciences Library Cataloging-in-Publication Data

Laughlin, Robert B

Một vũ trụ lạ thường: phát minh lại môn vật lý theo chiều ngược / Robert B. Laughlin;

Chu Lan Đình ... [và nh.ng. khác] dịch. - T.P. Hồ Chí Minh: Trẻ, 2012.

342 tr. ; 20.5 cm. - (Kiến thức bách khoa) (Khoa học và khám phá).

Nguyên bản: A different universe.

I. Vật lý học. I. Chu Lan Đình. II. Ts: A different universe.

530 -- dc 22

L374

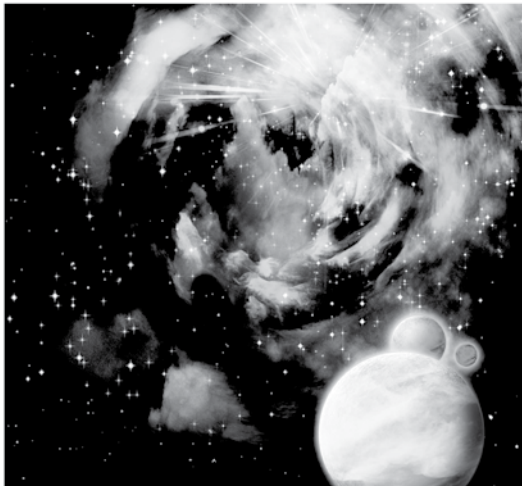
Robert B. Laughlin

Chu Lan Đình - Nguyễn Văn Đức - Nguyễn Tất Đạt dịch

A different Universe

Một vũ trụ lạ thường

Phát minh lại môn vật lý
theo chiều ngược



NHÀ XUẤT BẢN TRÈ

Tặng Anita

Mục lục

Lời tựa.....	7
Lời cảm tạ	19
Luật biên giới.....	23
Sống chung với sự không chắc chắn.....	35
Định Newton	55
Nước, băng và hơi nước.....	71
Con mèo của Schrödinger	91
Máy tính lượng tử.....	109
Rượu vang nhãn Klitzing.....	127
Tôi đã giải được lúc đang ăn tối	141
Gia đình hạt nhân.....	167
Cấu trúc của Không - Thời gian.....	193
Vũ hội hóa trang của những món đồ hàng mã...	207
Tà diện của cơ chế bảo vệ	231
Những nguyên lý của sự sống.....	251
Những chiến binh trong cuộc chiến giữa các vì sao.....	279
Bữa ăn ngoài trời.....	303
Thời đại đột sinh	319

Vũ trụ này không chỉ khác lạ
hơn những gì ta hình dung,
mà nó còn khác lạ hơn
những gì ta có thể hình dung

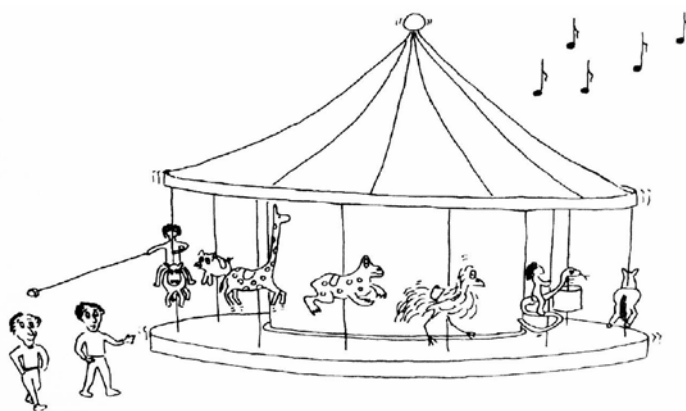
LỜI TỰA

Mọi dòng sông đều đổ ra biển; biển chẳng thấy đầy;
nơi cội nguồn các dòng sông đến, chúng lại ngược về.

Sách Giảng Viên, hồi 1, dòng 7

Có hai điều tối quan trọng mâu thuẫn với nhau thôi thúc tâm trí con người - một là ý muốn đơn giản hóa một sự việc thành những bản chất của nó, thứ nữa là ý muốn thông qua những bản chất để thấy được những hàm nghĩa lớn hơn. Tất cả chúng ta đều đang sống trong cái mâu thuẫn ấy, rồi lúc này lúc kia lại thấy mình đang suy tư về nó. Đứng trước biển, chẳng hạn, hầu như ai cũng phải trầm tư suy nghĩ về sự uy nghi hùng vĩ của thế giới, cho dù thực ra thì biển chỉ là một cái hồ chứa đầy nước. Rất nhiều những áng văn chương triết lý nói về chủ đề này, một số có từ rất xa xưa, thường mô tả sự mâu thuẫn đó như thuộc về vấn đề phẩm hạnh, hoặc như sự giằng co căng thẳng giữa cái thiêng liêng và cái thế tục. Thành thử, nhìn biển như một cái gì đó giản đơn và có hạn là một cách nhìn mang tính vật linh và nguyên thủy, còn nhìn nó như cội nguồn của tiềm năng bất tận thì lại là cách nhìn tiến bộ và mang tính nhân văn.

Nhưng mâu thuẫn ở đây không đơn thuần chỉ là vấn đề của tri giác: nó còn là một vấn đề thuộc vật lý học. Giới tự nhiên được điều chỉnh bởi cả những cái thuộc về bản chất lẫn bởi cả những nguyên lý tổ chức đầy quyền lực tuôn trào ra từ những cái thuộc về bản



Bản chất cuộc sống

chất đó. Những nguyên lý này là những nguyên lý siêu nghiệm, ở chỗ chúng có thể tiếp tục đúng ngay cả khi những cái mang tính bản chất bị thay đổi chút đỉnh. Cái nhìn mâu thuẫn của chúng ta về tự nhiên phản ánh một sự mâu thuẫn ngay trong bản thân giới tự nhiên, vốn đồng thời bao gồm cả những yếu tố sơ đẳng và ổn định, cả những cấu trúc phức hợp mang tính tổ chức được hình thành nên từ chúng, chẳng khác gì như biển cả vậy.

Bãi biển còn là nơi vui chơi, tất nhiên rồi, và rồi có những điều không nên quên khi ai đó trầm ngâm dạo bước xuống tận con đường lát gỗ ven bờ nước. Cái bản chất thực của cuộc sống khiến ta tản bộ thật gần vòng quay ngựa gỗ và phải chiến thắng trong trò yo-yo. May thay, các nhà vật lý chúng ta lại ý thức được một cách đầy đủ những khuynh hướng làm ra vẻ cao đạo của bản thân mình, và tìm mọi cách để kiểm chế chúng. Thái độ đó đã được bày tỏ một cách tế nhị trong bức thư của người bạn đồng nghiệp của tôi, Dan Arovas, giảng viên đại học California ở San Diego, viết cho người phụ trách chuyên mục hài hước Dave Barry:

Thân gửi Dave, tôi là người rất hâm mộ chuyên mục của anh và xem nó hằng ngày. Tôi sẵn sàng đánh đổi bất cứ thứ gì để viết được như anh. Tôi đã cất một cái nhà gỗ để tôn vinh anh và sống ở đó.

Kính thư, Dan.

Dan kể rằng Dave đã trả lời như sau:

Thân gửi Dan, cảm ơn vì lá thư hâm mộ của anh. Nhân tiện, không biết họ có cho anh dựng nhà ở gần nơi chứa vũ khí hạt nhân không?

Thân mến, Dave.

Vài năm trước đây, tôi có dịp thảo luận với ông nhạc tôi, một viện sĩ hàn lâm đã nghỉ hưu, về chủ đề bản tính tập thể của định luật vật lý. Chúng tôi vừa kết thúc mấy ván bài bridge vào cuối giờ chiều và chuyển sang làm vài ly gin pha tonic để khỏi phải tranh cãi về mấy bộ phim mùi mẫn với các bà vợ. Tôi đưa ra luận cứ cho rằng các mối quan hệ nhân quả đáng tin cậy trong giới tự nhiên cũng nói cho ta biết đôi điều về bản thân mình, ở chỗ là, những mối quan hệ ấy có được sự đáng tin cậy chính là nhờ vào những nguyên lý tổ chức chứ không hẳn là nhờ vào những quy tắc vi mô. Nói cách khác, những định luật tự nhiên mà chúng ta quan tâm được đột sinh từ sự tự tổ chức mang tính tập thể và thực ra không nhất thiết phải có kiến thức về những bộ phận cấu thành nên chúng mới hiểu và khai thác được chúng. Sau khi lắng nghe một cách kỹ lưỡng, ông nhạc tôi nói rằng ông chẳng hiểu gì sất. Ông luôn nghĩ rằng định luật sinh ra tổ chức, chứ không phải ngược lại. Ông thậm chí không chắc điều ngược lại là có lý. Tôi hỏi ông liệu các nhà lập

pháp và ban giám đốc công ty viết ra các điều luật, hay là họ được các điều luật tạo ra, thế là ông chợt hiểu ra ngay. Ông trầm tư một lúc và sau đó thú nhận rằng đến đây thì ông thực sự bối rối về việc tại sao mọi thứ lại xảy ra, và bảo cần thêm thời gian để suy ngẫm về điều này. Câu chuyện chính xác là như vậy.

Điều kinh khủng đáng nói là khoa học đã phát triển vượt quá xa so với phần còn lại của đời sống trí tuệ của chúng ta, bởi nó đâu có từng khởi đầu theo hướng ấy¹. Những bài viết của Aristotle, chẳng hạn, dù có tiếng là thiếu chính xác nhưng vẫn rõ ràng một cách mỹ miều, vẫn rất có ý nghĩa và dễ hiểu². Tác phẩm *Nguồn gốc các loài* của Darwin cũng vậy³ [Nxb. Tri Thức, Hà Nội 2009, ND.]. Sự tối nghĩa của nền khoa học hiện đại là hiệu ứng phụ đáng tiếc của việc thiên về chuyên môn hóa, và là điều mà vì thế các nhà khoa học chúng ta thường bị mang ra bêu riếu - mà cũng đáng thôi. Ai mà chẳng cười phá lên khi bật đài trên đường lái xe từ công sở về nhà và nghe Tiến sĩ Khoa học đưa ra những câu trả lời rất hóm qua điện thoại khi nhận được những câu hỏi như vì sao khi gặm cỏ lữ bò lại quay về một cùng một hướng (chắc phải hướng mặt về phía Đại học Wisconsin nhiều lần trong ngày), và rồi cuối cùng kết thúc bằng câu “Nên nhớ tôi hiểu biết hơn các bạn, tôi đã có bằng Thạc sĩ khoa học cơ đấy”⁴. Trong một dịp khác, ông nhắc tôi đưa ra nhận

-
1. Mâu thuẫn giữa khoa học (tự nhiên) và những nghiên cứu nhân văn thì ai cũng đã rõ. Xem C. P. Snow, *The Two Cultures* (Cambridge U. Press, Cambridge, 1993).
 2. Aristotle, *The Complete Works of Aristotle: The Revised Oxford Edition*, J. Barnes, ed. (Princeton U. Press, Princeton, 1995).
 3. Thuyết Darwin rất rõ ràng nên tốt nhất hãy xem bản gốc. Xem C. Darwin, *The Origin of Species*, G. Suriano, ed. (Bantam, New York, 1999).
 4. Nhà hát *The Duck's Breath Mystery*, được biết đến ở một số nơi như là American Monty Python, được một nhóm sinh viên của trường Đại học Iowa sáng lập vào năm 1975. Sau đó họ chuyển tới San Francisco và trở nên nổi tiếng với những buổi diễn hài kịch thường nhật

xét rằng kinh tế học đã từng rất tuyệt vời cho mãi tới khi người ta biến nó thành một môn khoa học. Ông có lý của mình.

Những cuộc trao đổi qua lại về định luật vật lý đã khiến tôi bắt đầu nghĩ đến việc khoa học đã nói gì đến vấn đề về các định luật - hiển nhiên là rất phi khoa học - thuộc thể loại con-gà-quả-trứng, về những tổ chức của các định luật và về những định luật xuất phát từ sự tổ chức. Tôi bắt đầu đánh giá cao nhiều người có những cái nhìn rất sâu sắc về chủ đề này, nhưng lại chưa thể diễn đạt được rành mạch vì sao họ có được những cái nhìn ấy. Gần đây, vấn đề trở nên bức bách hơn khi tôi nhận ra rằng mình có những cuộc trò chuyện lặp đi lặp lại giống hệt nhau với các bạn đồng nghiệp về cuốn sách có nhan đề *The Elegant Universe* [*Giai điệu Dây và bản Giao hưởng Vũ trụ*, Phạm Văn Thiều dịch, Nxb. Trẻ, 2005, ND.] của Brian Greene, một quyển sách khá phổ biến mô tả một số ý niệm có tính tư biện về cơ học lượng tử của không gian¹. Các cuộc thảo luận tập trung vào câu hỏi liệu vật lý học có phải là một sáng tạo logic của trí tuệ không, hay chỉ là sự tổng hợp được xây dựng trên cơ sở quan sát. Tất nhiên, động lực của các cuộc thảo luận này chưa bao giờ là vấn đề bản thể luận, mà lúc nào cũng chỉ là tiền, vì vấn đề thiếu hụt ngân sách luôn là mẫu số chung xưa nay của giới khoa học. Nhưng bạn nào rồi các ý kiến thảo luận cũng có vẻ như chuyển dần sang chủ đề về sự vô nghĩa của việc tạo dựng những mô hình thế giới tuy rất đẹp nhưng chẳng tiên đoán được một thí nghiệm nào, và từ đó dẫn tới câu hỏi khoa học là gì? Sau khi chuyện này xảy ra một vài

và bắt đầu xuất hiện thường xuyên trên chuyên mục Science Friday của Đài phát thanh quốc gia. Những bản ghi âm lại và những sự kiện đáng ghi nhớ của nhóm có thể tìm thấy trên trang web <http://www.drscience.com>.

1. B. Greene, *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory* (Norton, New York, 1999).

lần tại những cuộc gặp gỡ khác nhau ở Seattle, Đài Bắc, và Helsinki, tôi mới thực nhận ra rằng sự bất đồng do cuốn sách của Greene đề ra về căn bản là thuộc cùng một vấn đề mà chúng tôi đã từng bàn cãi sau ván bài bridge ngày nào. Hơn thế nữa, nó còn là một cuộc tranh cãi về quan niệm: nó chẳng liên quan chút gì đến việc *cái gì* là đúng, mà liên quan đến việc *thế nào* là “đúng”.

Mọi người đều nhất trí với nhau rằng trong vật lý học thì việc dùng ký hiệu tốt sẽ thúc đẩy công việc, còn dùng ký hiệu tồi sẽ làm chậm công việc. Điều đó hoàn toàn đúng. Nắm bắt hệ chữ tượng thanh tốn ít thời gian hơn là nắm bắt hệ chữ tượng hình và do đó khiến cho văn bản trở nên dễ tiếp cận hơn. Số thập phân dễ sử dụng hơn số La Mã. Điều này cũng đúng cho các hệ ý niệm. Việc xem nhận thức về tự nhiên của chúng ta như một sự kiến tạo toán học đưa đến những hàm ý khác về căn bản so với việc nhìn nhận nó như một sự tổng hợp mang tính thường nghiệm. Có quan điểm coi chúng ta là những chủ nhân của vũ trụ, lại có quan điểm khác coi vũ trụ là chủ nhân của chúng ta. Chẳng mấy ai thắc mắc vì sao các bạn đồng nghiệp đang ngụp lặn trong khoa học thường nghiệm của tôi lại xôn xao đến thế với câu hỏi này. Cốt lõi của vấn đề hoàn toàn không phải là chuyện khoa học, mà là chuyện về ý nghĩa sinh tồn và chỗ đứng của bản thân mình trong thế giới này.

Những dòng suy nghĩ thuộc hai thế giới quan khác nhau này còn tiến thêm rất sâu vào các ngõ ngách. Lúc nhỏ, tôi đã có lần đi xe cùng bố mẹ tới vườn quốc gia Yosemite để gặp chú và dì tôi từ Chicago đến. Rất thông minh và là một công chứng viên xét bằng phát minh sáng chế hết sức thành đạt, chú tôi có vẻ như cái gì cũng biết và cũng chẳng ngại ngần thể hiện điều đó với mọi người. Chẳng hạn như có bạn ông đã thuyết giảng rất dài dòng cho tôi về

việc tia laser hoạt động như thế nào, khi thừa biết là tôi vừa được nghe chính người phát minh ra laser là Charles Townes giảng về chủ đề này. Đúng là chú tôi còn biết nhiều về laser hơn cả giáo sư Townes. Trong mấy ngày đó, chú và dì tôi thuê phòng khách sạn ở Ahwahneen, một khách sạn sang nhất vùng, gấp gờ và cùng ăn sáng vài bữa với chúng tôi, rồi sau đó lái xe theo hướng Tuolumne Pass băng qua sa mạc để về nhà. Tôi không nghĩ họ đã tấp xe vào ngắm nghĩa một thác nước nào. Chẳng sao, vì các loại thác nước thì họ đã từng xem chán rồi, đâu còn lạ gì. Sau khi họ đi, tôi và gia đình cặm cui cuốc bộ đến tận bờ sông Merced, giữa tiếng gào thét hung hãn của dòng nước, tới thác Nevada và có một bữa ăn ngoài trời trên một phiến đá hoa cương lớn cạnh cánh đồng cỏ mọc đầy hoa dại. Chúng tôi cũng thừa hiểu thế nào là thác nước, nhưng cũng đủ sáng suốt để không coi hiểu biết của mình là cái gì ghê gớm.

Cái thế giới quan khiến chú tôi có một thái độ như vậy đối với Yosemite, và có lẽ cũng là thái độ đối với vật lý học của Brian Greene, được thể hiện hết sức rõ ràng trong cuốn sách *The End of Science* [*Sự cáo chung của khoa học*] của John Horgan, trong đó tác giả lập luận rằng mọi cái cơ bản ta đều đã biết cả, chỉ còn lại mỗi việc là bổ sung thêm thật nhiều chi tiết vào đó nữa mà thôi.¹ Điều này đã như giọt nước tràn ly đánh vào lòng kiên nhẫn vốn đã chạm đến giới hạn của các nhà thực nghiệm bạn tôi, bởi nó vừa sai lại vừa là một đòn chơi không đúng luật. Tìm kiếm những điều mới mẻ có vẻ như là một sự nghiệp cầm chắc thất bại cho đến khi ai đó có được một phát kiến. Cái đã hiển nhiên thì còn phải mất công tìm kiếm mà làm gì.

1. J. Horgan, *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Science Age* (Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1997).

Thật không may, đó lại là quan điểm của số đông. Một lần, tôi trò chuyện với David Schramm, một nhà vũ trụ học nổi tiếng đã quá cố của trường đại học Chicago, về các tia thiên hà. Có những chùm plasma mảnh mai xuất phát từ lõi của một số thiên hà và rơi đến tận những khoảng cách rất xa, đôi khi xa gấp nhiều lần bán kính của thiên hà, và được làm cho mạnh lên bằng cách nào đó bởi chuyển động tròn cơ học xảy ra trong lõi. Làm thế nào để chúng có thể tiếp tục giữ được độ mảnh như vậy trong suốt một quãng đường vô cùng dài là điều vẫn chưa ai hiểu được, và đó là một điều mà tôi thấy cực kỳ lý thú. Nhưng David đã không tính gì đến hiệu ứng đó, coi nó chỉ như chuyện “thời tiết”. Ông chỉ quan tâm tới thời kỳ sơ khai của vũ trụ và những quan sát thiên văn học giúp ta hiểu được nó, dù chỉ một phần không đáng kể. Ông xếp các tia thiên hà vào loại các hiện tượng rắc rối gây mất tập trung, vì nó chẳng giúp gì cho ta hiểu về bản chất vấn đề. Với tôi thì ngược lại, tôi bị quyến rũ bởi tiết trời và tin rằng những người tuyên bố không quan tâm đến nó chỉ là nói quấy quá vậy thôi.

Tôi nghĩ rằng những hiện tượng sơ đẳng mang tính tổ chức, ví dụ như thời tiết, có một tầm quan trọng đặc biệt, giúp ta hiểu được những hiện tượng phức hợp hơn, kể cả bản thân chúng ta: tính sơ đẳng của chúng cho phép chúng ta chứng minh một cách chắc chắn rằng chúng phải tuân theo những định luật vi mô, nhưng mặt khác, một cách đầy nghịch lý, một số khía cạnh tinh vi hơn của chúng lại không nhạy cảm lắm với những chi tiết của các định luật vi mô đó. Nói cách khác, ta có thể *chứng minh* trong một số trường hợp đơn giản này rằng tổ chức có thể mang một ý nghĩa và có thể có đời sống riêng của nó, và rồi bắt đầu vượt trội lên hẳn những bộ phận cấu thành nên nó. Do đó, khi mà khoa học vật lý nói với ta

rằng cái toàn thể còn là một cái gì đó khác hơn là tổng của những bộ phận cấu thành của nó gộp lại thì điều đó không chỉ đơn thuần là một khái niệm mà còn là một hiện tượng vật lý. Tự nhiên được điều khiển không chỉ bởi một thứ quy tắc vi mô được lấy làm nền tảng mà còn bởi những nguyên lý đẩy uy lực của tính tổ chức. Ta có biết về một số nguyên lý như vậy, nhưng phần lớn thì không được biết tới. Những nguyên lý mới vẫn luôn được khám phá. Ở những cấp độ cao hơn thì các mối quan hệ nhân quả khó được dẫn chứng hơn, nhưng cũng không có bằng chứng nào cho thấy những định luật ra đời một cách có thứ tự trong thế giới sơ đẳng phải được thay thế bởi bất cứ thứ gì khác. Do đó, nếu một hiện tượng vật lý đơn giản có thể thực sự trở nên độc lập với những định luật cơ bản hơn khiến nó xuất hiện, thì con người chúng ta cũng có thể như thế. Tôi hiện là cacbon, nhưng tôi không nhất thiết vốn phải là cacbon. Tôi mang cái ý nghĩa được truyền đời từ những nguyên tử tạo nên tôi.

Những nét chủ chốt của thông điệp này được trình bày một cách súc tích trong rất nhiều bài viết của Ilya Prigogine¹ và thậm chí còn được trình bày một cách độc đáo hơn trong bài tiểu luận nổi tiếng của P. W. Anderson có nhan đề *More is Different [Nhiều hơn có nghĩa là Khác biệt]*² được xuất bản hơn 30 năm về trước. Bài tiểu luận này ngày nay dường như vẫn còn nóng hổi và gây nhiều cảm hứng như vào thời nó mới được viết ra, và bất kỳ sinh viên nào làm việc với tôi cũng đều đã được khuyến nên đọc.

Những quan điểm của tôi tuy nhiên cấp tiến hơn nhiều so với của những người đi trước, vì chúng đã được mài giũa bởi những sự

1. I. Prigogine, *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature* (Simon and Schuster, New York, 1997).

2. P. W. Anderson, *More is Different*, *Science* 177, 393 (1972).

kiện diễn ra gần đây. Tôi ngày càng bị thuyết phục phải nghĩ rằng *mọi* định luật vật lý mà ta biết đều có những nguồn gốc chung, chứ không chỉ một vài định luật trong số đó. Nói cách khác, sự khác biệt giữa những định luật cơ bản và những định luật sinh ra từ chúng là một huyền thoại, giống như ý tưởng kiểm soát vũ trụ chỉ bằng toán học. Nói chung, chỉ đơn thuần bằng vào tư duy thì không thể đoán trước được các định luật vật lý, mà phải bằng vào thực nghiệm để khám phá ra chúng, vì việc chế ngự tự nhiên chỉ đạt được khi được tự nhiên cho phép, thông qua một nguyên lý tổ chức. Người ta có thể đặt tiêu đề cho luận điểm này là sự cáo chung của quy giản luận (niềm tin cho rằng muốn cho mọi việc sáng tỏ thì nhất thiết phải chia chúng thành những yếu tố ngày càng nhỏ), nhưng nói như thế thì cũng không hoàn toàn chính xác. Tất cả các nhà vật lý trong thâm tâm đều là những người theo quy giản luận, kể cả bản thân tôi. Tôi không muốn hoàn toàn bài bác quy giản luận, mà chỉ muốn xác lập cho nó một chỗ đứng hợp lý trong cái sơ đồ bao quát của mọi sự vật.

Để bảo vệ khẳng định của mình, tôi cần bàn luận một cách cởi mở một số ý tưởng gây sốc: chân không của không-thời gian là “vật chất”, thuyết tương đối có thể không phải là thứ lý thuyết cơ bản, bản chất tập thể của khả năng tính toán, những rào cản tri thức luận đối với tri thức lý thuyết, những rào cản tương tự đối với sự làm giả thực nghiệm, và bản chất huyền thoại của những bộ phận quan trọng của vật lý lý thuyết hiện đại. Tất nhiên, sự cấp tiến ở đây cũng phần nào mang tính dàn cảnh, bởi vì với tư cách là một công việc liên quan đến thực nghiệm, không thể coi khoa học là cấp tiến hay là bảo thủ, mà nó phải luôn trung thành với các thực kiện. Nhưng những vấn đề về quan niệm này, vốn chẳng phải là khoa học mà

là triết học, lại thường là những gì quan thiết nhất đối với chúng ta, vì chúng là những gì mà ta dùng làm thước đo phẩm giá, dùng để soạn thảo ra các điều luật, và để cân nhắc những lựa chọn của mình trên đường đời.

Vậy, mục tiêu ở đây không phải là cãi vã chỉ để cố giành phần thắng về mình, mà là để giúp ta thấy rõ khoa học đang trở thành cái gì. Để làm được điều này, chúng ta phải cương quyết phân biệt rạch ròi giữa chức năng của khoa học với tư cách một tiện ích về công nghệ và chức năng của nó với tư cách những phương tiện nhằm cho việc nhận thức vạn vật - bao gồm cả bản thân chúng ta. Trái ngược hẳn với sự lý tưởng hóa đẹp đẽ do cái huyền thoại của khoa học hiện đại vẽ ra, thế giới ta đang thực sự sống chứa đầy những điều tuyệt diệu và có ý nghĩa mà ta không nhìn ra được, vì ta không chịu nhìn hay chưa đủ sức nhìn do những hạn chế về mặt kỹ thuật. Sức mạnh vĩ đại của khoa học nằm ở khả năng thông qua tính khách quan tàn bạo để bộc lộ cho ta thấy được cái chân lý mà ta chưa hề tiên đoán. Bằng vào đó, khoa học vẫn tiếp tục là vô giá và là một trong những sáng tạo vĩ đại nhất của loài người.

LỜI CẢM ƠN

Cuốn sách này hẳn đã không thể ra đời nếu không có những nỗ lực vô song của Steve Lew, người đã có những gợi ý độc đáo và đã không biết mệt mỏi giới thiệu dự án với các nhà xuất bản, và khích lệ tôi viết. Sự khích lệ này đóng một vai trò trọng yếu, bởi những nhà khoa học chúng ta phải chịu chấp nhận hy sinh một số trách nhiệm và một số bốn phần đã giao ước để hoàn thành một nhiệm vụ ở tầm cỡ như thế này. Mối quan hệ của tôi với Steve là một trong những mối quan hệ đáng ghi nhớ nhất trong suốt sự nghiệp hàn lâm của mình; tôi hết sức biết ơn vì những tặng vật vô giá của ông với tư cách một người đỡ đầu và tổ chức, cũng như những sự giúp đỡ lớn lao mà ông đã dành cho tôi trong việc nhìn ra hiện tượng đột sinh vật lý từ góc độ nhân văn. Tôi cũng bày tỏ lòng biết ơn đối với những ý tưởng của ông. Lối diễn đạt, hình thức trình bày và quy mô của dự án này cũng một phần là của ông vì chúng được lộ diện sau một loạt các cuộc đàm đạo của chúng tôi trong suốt nhiều tháng trời. Vì tất cả những điều đó, và thêm nữa là vì sự giúp đỡ của ông trong việc biên tập bản thảo, tôi dành cho Steve những lời cảm ơn chân thành nhất từ tận đáy lòng.

Tôi cũng chịu ơn giáo sư David Pines vì sự kiên trì giúp đỡ của ông trong việc khởi động dự án này và vì những nhận xét quý báu của ông đối với bản thảo. Trong chuyến viếng thăm của giáo sư

David tới đại học Stanford vào mùa xuân năm 1999, chúng tôi đã phát hiện ra rằng cái nhìn của chúng tôi về vật lý học của các tổ chức mang tính tập thể là trùng khớp - một sự ngạc nhiên lớn nếu xét tới sự khác biệt giữa chúng tôi về kiến thức nền - và cũng không có gì khác nhau trong nhận thức của chúng tôi về sự cần thiết phải diễn giải những điều quá hiển nhiên đối với mình bằng một thứ ngôn từ thông dụng của đời thường. Đỉnh điểm của sự hợp tác này là bài tiểu luận viết chung của chúng tôi nhan đề “Lý thuyết Vạn vật” mà trong đó lần đầu tiên những luận điểm chính dẫn đến sự ra đời của cuốn sách này đã được trình bày một cách gãy gọn.¹ Điều bất ngờ ngay cả với chúng tôi chính là việc bài tiểu luận đã được phổ biến rộng rãi, khiến chúng tôi nhận ra rằng cần phải có một phiên bản quy mô hơn. Bằng chuyến thăm của mình, David còn thuyết phục được tôi tham gia một cách tích cực vào công việc của Viện Nghiên cứu Vật chất Thích nghi Phức hợp [Institute of Complex Adaptive Matter] do ông lãnh đạo, một diễn đàn giao-ngành [cross-disciplinary] nhằm phục vụ cho cái nhìn toàn cảnh về việc toán học phát triển đi lên từ quan sát thực nghiệm, chứ không phải từ hướng ngược lại. Trong số các chức năng khác, phải kể đến việc Viện còn có chức năng khuyến khích (thúc ép) các nhà khoa học diễn giải những công trình nghiên cứu của họ với nhau bằng ngôn từ thông thường. Không còn gì phải bàn về giá trị của những buổi tập dượt này. Tôi đã học hỏi được rất nhiều về khoa học từ những buổi hội thảo được Viện này tài trợ và từ những mối quan hệ cá nhân có được từ đó, nhiều hơn là từ tất cả các hoạt động chuyên môn khác của tôi cộng lại.

1. R. B. Laughlin and D. Pine, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 97, 28 (2000).

Tôi còn muốn bày tỏ những lời cảm ơn chân thành nhất tới hai Viện nghiên cứu, nơi đã miễn trừ cho tôi nhiệm vụ giảng dạy trong suốt thời gian tôi viết cuốn sách. Một là Viện Nghiên cứu Vật liệu [Institute for Materials Research] ở Sendai, Nhật Bản, nơi tôi đã dành một phần lớn thời gian để làm việc trong kỳ nghỉ du khảo của mình vào tháng Mười Một năm 2002. Tôi cũng vô cùng biết ơn sự đón tiếp nồng hậu của giáo sư Sadamichi Maekawa với những bữa dạ tiệc ngon lành cùng những món sushi và lươn đắt tiền bên bờ sông Hirose. Hai nữa là Viện Nghiên cứu Cao cấp của Hàn Quốc [Korea Institute for Advance Study] ở Seoul, nơi tôi hiện vẫn là Giáo sư trợ giảng. Chuyến thăm của tôi vào năm 2003 cực kỳ hiệu quả, và tôi mang một món nợ với chủ nhà, giáo sư C. W. Kim, với lòng biết ơn sâu sắc, chưa kể đến những nhà hàng sang trọng mà chúng tôi được nếm thưởng.

Cuối cùng tất nhiên tôi phải cảm ơn vợ tôi, Anita, vì sự kiên nhẫn tưởng chừng như vô tận của cô ấy và xin hứa rằng tôi sẽ thực sự nghỉ ngơi một thời gian để chúng tôi có thể cùng nhau đi du lịch tới xứ Main, chuyển đi mà cô ấy mong đợi từ rất lâu để thăm thú lại những nơi mà gia đình từng thường lui tới và để kiếm cho bằng được những chú tôm hùm ngon lành.

CHƯƠNG 1

Luật biên giới

Tự nhiên là một khái niệm có tính tập thể, và mặc dù bản chất của nó hiện diện trong mỗi cá thể của muôn loài, nhưng sự hoàn hảo của khái niệm này không bao giờ có thể nằm trong một đối tượng cá lẻ.

Henri Fuseli

Nhiều năm trước, khi còn sống gần New York, tôi đã chú tâm nhiều đến một cuộc triển lãm về cuộc đời sáng tác của Ansel Adams, một nhà nhiếp ảnh lớn thuộc Bảo tàng Nghệ thuật Hiện đại, chuyên chụp phong cảnh tự nhiên. Cũng giống nhiều người sinh thành ở miền Tây nước Mỹ, tôi luôn ưa thích những tác phẩm của Adams và cảm thấy mình trân trọng chúng hơn bất kỳ một người New York nào khác cảm thấy, vậy là tôi nắm lấy cơ hội này để được chứng kiến chúng tận mắt. Thật không uống công chút nào. Bất kỳ ai nhìn cận cảnh những hình ảnh này đều ngay lập tức nhận ra rằng chúng không đơn thuần là những tấm ảnh khô khan chụp toàn đất đá với cây cối, mà là những lời dẫn giải thâm trầm về cái đạo của vạn vật, về tuổi đời mệnh mông của trái đất, về những lo toan hời hợt trước mắt của con người. Cuộc trưng bày này mang lại cho tôi những ấn tượng sâu sắc hơn những gì tôi mong đợi, và ngay giờ đây nó vẫn



cứ lóe sáng lên trong tâm trí mỗi khi tôi phải đánh vật với một bài toán khó nhằn hoặc gặp những trục trặc trong việc phải phân định việc gì là quan trọng, việc gì là không.

Mới đây, tập phim tài liệu xuất sắc mang tên *Kinh nghiệm Mỹ* của nhà làm phim Ric Burns đã nhắc nhở cho công chúng xem truyền hình biết rằng, không khác gì những loại hình nghệ thuật khác, cả các tác phẩm của Adams lẫn bản thân nhân cách nghệ sĩ của ông chủ yếu đều là sản phẩm sáng tạo của một vùng miền và một giai đoạn đặc thù¹. Vào đầu thế kỷ hai mươi, khi Adams còn là một cậu bé và cũng là khi biên giới được tuyên bố đóng cửa, người dân Mỹ

1. *Ansel Adams: American Experience*, đạo diễn Ric Burns. Thông tin thêm xin xem trên trang web <http://pbs.org/wgbh/amex/ansel>.

tranh cãi một cách sôi nổi về những gì mà sự mất mát đó sẽ mang đến cho tương lai của họ¹. Cuối cùng, họ quyết định không muốn mình giống với châu Âu nữa, rằng một phần bản sắc của họ, và một phần ý nghĩa cuộc sống nói chung, là sự gắn gũi thân thiết với thiên nhiên hoang dã. Từ đó một biên giới mang tính ẩn dụ đã ra đời, định hình cho nền văn hóa Mỹ tới tận ngày nay - đó là huyền thoại về những chàng cao bồi, là phong cảnh bao la hùng vĩ khôn tả, là ý tưởng về cái cá nhân thô mộc. Những tác phẩm của Adams đã kể vai sát cánh cùng với phép ẩn dụ đó để đạt tới độ chín muồi, và đã tạo được sức cuốn hút bằng việc khơi gợi nơi người xem cái hoài niệm về một vùng đất hoang dã bất kham từ tận trong cốt cách của nó.

Ở châu Âu, huyền thoại về biên giới thường bị ngộ nhận là một nếp nghĩ quê mùa, tỉnh lẻ đã xưa cũ.

Ý tưởng về biên giới không hẳn chỉ là một nếp nghĩ tỉnh lẻ quê mùa đã xưa cũ. Người ta cứ hay tưởng như vậy, nhất là ở châu Âu, nơi mà bản tính huyền thoại của miền Tây nước Mỹ lúc nào cũng được nhận ra một cách dễ dàng hơn so với ở chốn này, và thường được nhìn bằng một con mắt nghi ngại. Lần đầu tiên tôi thấy ý tưởng này được trình bày trong một bài báo dài nói về châu Mỹ đăng trên tạp chí *Stern* khi tôi còn là một quân nhân đồn trú ở Đức vào đầu những năm 1970. Những bài báo như vậy thời nay vẫn xuất hiện với tần suất ngày càng tăng khi mà chiến tranh lạnh đã lui vào lịch sử. Nhưng nhận thức như vậy là thiếu chính xác. Trong khi sự hợp lưu của những tác động văn hóa đã sản sinh ra những hình ảnh của Adams là sự hợp lưu độc nhất vô nhị mang màu sắc Mỹ, thì bản thân những hình ảnh đó lại không phải như vậy. Niềm

1. J. M. Faragher, *Rereading Frederick James Turner* (Yale U. Press, New Haven, 1999).

khao khát có được một biên giới riêng đường như nằm lẫn khuất đâu đó trong tâm hồn mỗi người, và rồi mọi người từ những vùng miền khác nhau trên thế giới và với những can cốt văn hóa khác nhau đều nhanh chóng và bằng vào trực cảm hiểu ngay ra điều này. Chẳng ở một đất nước nào mà người ta phải đào xới thật sâu như thế mới tìm thấy được một sự trân trọng đối với cái hoang dã và một sự hòa đồng cùng với cái hoang dã. Cũng là vì nguyên do đó mà những tác phẩm của Adams được mang đi triển lãm ở khắp nơi và được đồng thanh tán thưởng.

Ý niệm về khoa học xem như một vùng biên giới rộng lớn cũng là một ý niệm muôn thuở tương tự như vậy¹. Trong khi những cuộc phiêu lưu mạo hiểm nằm ngoài lĩnh vực khoa học rõ ràng là chẳng còn lại được bao nhiêu, thì khoa học lại là nơi duy nhất mà ở đó tình trạng hoang dã đích thực vẫn còn có thể tìm thấy. Sự hoang dã ta đang nói ở đây không phải là thứ chủ nghĩa cơ hội công nghệ gồm ghê có vẻ như đang gây cho các xã hội hiện đại một cơn nghiện thâm căn cố đế, mà là một thế giới tự nhiên tinh khôi vốn vẫn ở đó từ trước khi loài người xuất hiện - hình ảnh khoáng đạt vô bờ bến của gã đàn ông cô đơn rong ruổi trên yên ngựa đi cùng ba chú la thổ hàng đang vượt qua ngọn suối, làm nước bắn tung tóe dưới cái nhìn chòng chọc của những chóp núi cao ngạo ngễ. Đó là vũ điệu liên hoàn của thảm sinh thái, là quá trình tiến hóa đường bệ của những khoáng vật trên trái đất, là sự vận động nơi chín tầng

-
1. Hiệp hội khoa học mà tinh thần tiên phong là ý tưởng chủ đạo của bản ghi nhớ nổi tiếng với tựa đề "Science, the Endless Frontier" được Vannevar Bush đề trình lên Tổng thống Roosevelt, sau cùng, bản ghi nhớ này đã dẫn đến việc thành lập Quỹ khoa học quốc gia (National Science Foundation). Xem G. P. Zachary, *Endless Frontier: Vannevar Bush, Engineer of the American Century* (MIT Press, Cambridge, Mass, 1999); and V. Bush, *Endless Horizons* (Ayer Co. Pub, Manchester, New Hampshire, 1975).

mây và là sự sinh thành và băng hà của các vì tinh tú. Những tiếng đồn về sự kết liễu của một thế giới tự nhiên như vậy đã bị người đời cường điệu quá mức, và đó cũng chính là điều mà nhà văn Mark Twain muốn giải bày.

Chuyên ngành của tôi, vật lý lý thuyết, là ngành học chú tâm tìm hiểu những nguyên nhân tối hậu của vạn vật. Các nhà vật lý đương nhiên không giữ độc quyền trong việc nghiên cứu những nguyên nhân tối hậu, vì trong một chừng mực nhất định, đó là cái mà ai ai cũng quan tâm. Tôi ngờ rằng đó là một nét tiêu biểu mang tính truyền đời mà con người đã có được từ thời xa xưa khi còn ở vùng đất Phi châu để sinh tồn được trong một thế giới cơ lý, nơi thực sự có nhân có quả - chẳng hạn như ở việc đến gần sư tử ắt sẽ bị ăn thịt. Chúng ta được sinh ra để tìm kiếm những mối quan hệ nhân quả giữa muôn vật, và cảm thấy vô cùng thỏa mãn khi khám phá được một quy tắc với nhiều hàm ý bao trùm¹. Chúng ta được sinh ra còn để luôn nóng vội với điều trái ngược - với cả một khu rừng rậm rạp đầy thực kiện mà ta chưa đủ sức rút ra được bất kỳ một ý nghĩa nào. Tất cả chúng ta đều thăm uốc về một lý thuyết tối hậu, một tập hợp toàn bộ các định luật từ đó có thể suy ra mọi chân lý, vĩnh viễn giải phóng chúng ta khỏi những thất vọng trong việc xử lý các thực kiện. Mối quan tâm của nó đến những nguyên nhân tối hậu khiến cho môn vật lý lý thuyết có một sức hấp dẫn đặc biệt đối với cả những người không làm khoa học, thậm chí mặc dù nó quá chuyên sâu và cực kỳ khó hiểu.

Nó cũng còn là một sự pha trộn, trong đó có cả tin lành lẫn tin dữ. Đầu tiên, bạn thấy rằng ước ao của bạn về một lý thuyết tối hậu

1. S. J. Gould, *the Lying Stones of Marrakech* (Three Rivers Press, New York, 2000), trang 147ff.

ở mức có thể giải thích được tất cả các hiện tượng ở tầm cỡ con người đã được mãn nguyện. Chúng ta là chủ nhân đầy kiêu hãnh của một tập hợp các mối quan hệ toán học, mà theo những gì ta biết, có thể giải thích được tất cả mọi thứ trong thế giới tự nhiên ở mức lớn hơn hạt nhân nguyên tử. Chúng thật đơn giản và đẹp đẽ, và có thể được viết ra chỉ bằng đôi ba dòng. Nhưng sau rồi bạn lại thấy sự đơn giản đó rất dễ dẫn đến sai lầm - giống như những chiếc đồng hồ đeo tay kỹ thuật số rẻ tiền chỉ có một hoặc hai nút để chỉnh. Những phương trình này cực kỳ khó xử lý và không thể giải chúng cho thật đầy đủ, ngoại trừ một số nhỏ trường hợp. Việc chứng minh chúng đúng đòi hỏi những luận cứ rất dài dòng, tinh tế và có tính định lượng. Nó còn đòi hỏi người ta phải nắm vững một khối lượng khổng lồ các công trình khoa học được tiến hành từ sau Thế chiến thứ Hai. Những ý tưởng cơ bản đã được Schrödinger, Bohr và Heisenberg phát minh ra từ những năm 1920, ấy vậy mà phải chờ đến khi máy tính điện tử phát triển và vô số chuyên viên máy tính được đào tạo, thì người ta mới có thể mang các ý tưởng ấy ra thử nghiệm về mặt định lượng dựa trên thực nghiệm trong những điều kiện vô cùng đa dạng. Những phát triển kỹ thuật có tính then chốt, ví như việc tinh chế silicon và việc hoàn thiện các loại máy bắn ra các chùm nguyên tử, cũng hết sức quan trọng. Thật vậy, ta có thể chẳng bao giờ biết chắc chắn được rằng liệu toàn bộ mọi thứ có chính xác hay không nếu không có chiến tranh lạnh xảy ra và nếu không biết tới ý nghĩa kinh tế của các thiết bị điện tử, của radar và của những thiết bị đo thời gian chính xác, những thứ khiến cho hoạt động tài chính được thông suốt vì rất nhiều những mục đích thiết thực trước mắt.

Do vậy, dù lý thuyết cơ bản tối hậu đã được khám phá ra ngót

ng hét tám mươi năm nay mà ta vẫn còn đang thấy mình chìm ngập trong khó khăn. Sự khẳng định về mặt thực nghiệm một cách chi tiết, được lặp đi lặp lại nhiều lần, đối với những mối quan hệ này đã chính thức khép lại biên giới của quy giản luận ở cấp độ của những sự việc hằng ngày. Không khác gì việc đóng cửa biên giới nước Mỹ, đây cũng là một sự kiện văn hóa quan trọng, khiến những người thận trọng khắp mọi nơi phải tranh cãi xem liệu điều đó có ý nghĩa gì đối với tương lai của tri thức. Thậm chí có cả một cuốn sách bán rất chạy tìm cách khai thác giả thuyết cho rằng khoa học đã đi đến tận cùng và sẽ khó có thể có được một khám phá cơ bản nào có ý nghĩa nữa. Trong cùng thời gian đó thì danh sách những điều thậm chí rất đơn giản nhưng hóa ra “rất khó” mô tả được bằng những phương trình toán học ấy lại tiếp tục kéo dài lê thê một cách đáng báo động.

Những người sống ở miền biên giới thực thụ như chúng tôi nghe tiếng bọn sói đồng hoang tru hăng đêm chỉ thấy như mình đang cười thầm với tất cả những chuyện như vậy. Chẳng có mấy thứ khiến một người dân vùng biên đích thực khoái trá hơn là những hiểu biết thấu đáo về cuộc sống hoang dã của những người ở thế giới văn minh, những người chẳng biết gì ngoài việc dễ dàng tìm được đường đến siêu thị. Tôi nhận thấy thời khắc này đây của lịch sử cũng thú vị không khác gì việc Lewis và Clark trú đông ở cửa sông Columbia¹. Với sự bền bỉ và quyết tâm, đoàn thám hiểm của họ dần bước dọc suốt lục địa, và khám phá ra rằng giá trị không nằm ở việc chạm được đến bờ biển, mà nằm ở bản thân chuyến đi. Biên giới chính

1. *Cuộc thám hiểm của Lewis và Clark (1804-1806)*, do Meriwether Lewis và William Clark dẫn đầu, là cuộc thám hiểm trên bộ đầu tiên của người Mỹ đến vùng duyên hải Thái Bình Dương và ngược lại, ND.

thức thời bấy giờ mới chỉ là sự hư cấu về mặt luật pháp, chủ yếu để giải quyết vấn đề về quyền sở hữu tài sản và chính sách trang trại, hơn là để đương đầu với thiên nhiên. Điều này vẫn đúng cho tới ngày nay. Biên giới đích thực, vốn hoang sơ, có thể được tìm thấy ngay ngoài cửa, nếu người ta thực sự muốn tìm kiếm.

Dẫu có là đồng không mông quạnh thì biên giới vẫn là do luật pháp quy định. Ở miền Tây huyền thoại xưa kia, luật pháp có nghĩa là sức mạnh của nền văn minh thể hiện nơi một vùng đất hoang vu quanh quẽ, và thường được thực thi bởi một nhân vật yêng hùng nào đó biết kiểm chế bản tính hoang dã trong con người của mình bằng vào sức mạnh của ý chí. Một gã đàn ông có quyền lựa chọn hoặc tuân thủ luật pháp hoặc không, nhưng hẳn có thừa khả năng bị bắn gục nếu không tuân thủ. Nhưng cũng còn cả những lẽ luật của tự nhiên, những mối quan hệ luôn đúng đắn giữa các sự vật, bất luận có hay không có ai đứng đó để quan sát chúng. Mặt trời vẫn mọc vào mỗi sáng ra. Nhiệt luôn truyền từ vật nóng sang vật lạnh. Hương nai luôn chạy bán sống bán chết khi phát hiện thấy bọ bọ và sư tử. Chúng hoàn toàn trái ngược với những lẽ luật do người ta tưởng tượng ra, ở chỗ chúng bắt nguồn từ sự hoang dã và thể hiện bản chất của sự hoang dã thay vì là những phương tiện để ngăn chặn sự hoang dã. Thật vậy, người ta phần nào vẫn bị nhầm lẫn trong việc miêu tả những thứ gọi là lẽ luật hay định luật này, vì sự miêu tả ấy hàm ý một thứ đạo luật mà những sự vật tự nhiên ngang ngạnh không còn cách nào khác là buộc phải tuân theo. Điều đó không đúng. Đây chỉ là việc mã hóa những gì mà vạn vật trong tự nhiên vốn vẫn tuân theo mà thôi.

Không hề có ngoại lệ, những định luật quan trọng mà chúng ta biết đều được tình cờ khám phá ra chứ không phải do suy luận

mà có được. Điều đó hoàn toàn tương thích với kinh nghiệm đời thường của mọi người. Thế giới đầy ắp những trình tự theo quy tắc do tư biện mà có và những mối quan hệ nhân quả có thể mang ra định lượng, vì chỉ như thế ta mới có khả năng tìm hiểu mọi sự việc và khai thác tự nhiên vì những mục đích của riêng mình. Nhưng việc khám phá những mối quan hệ đó thật vô cùng chán nản vì không thể nào đoán trước được chúng, và chắc chắn là các chuyên gia khoa học cũng không dự đoán nổi. Ngay cả khi vấn đề được cứu xét một cách thận trọng hơn và có tính định lượng hơn, thì cái cách nhìn theo lương năng thông thường này vẫn tiếp tục đứng vững. Hóa ra việc chúng ta làm chủ vũ trụ hầu như chỉ là một sự tự lừa phỉnh - chỉ là chuyện khoe mẽ. Luận cứ cho rằng tất cả các định luật quan trọng của tự nhiên đều đã được biết hết đơn thuần chỉ là một phần của sự lừa phỉnh đó. Với ta, biên giới vẫn còn kia, và vẫn còn hoang sơ lắm.

Bằng hiện tượng đột sinh [emergence], ta có thể giải quyết được sự đung độ về mặt logic giữa một bên là một biên giới mở và bên kia là một tập hợp các quy tắc chủ đạo. Đáng tiếc là thuật ngữ “*đột sinh*” đã được sử dụng ngày càng nhiều để chỉ vô số những thứ khác nhau, bao gồm cả những hiện tượng siêu nhiên không được chi phối bởi các định luật vật lý¹. Tôi không dùng nó theo nghĩa ấy. Tôi dùng nó theo nghĩa là một nguyên lý vật lý về sự tổ chức. Các xã hội loài người rõ ràng là có những quy tắc tổ chức vượt trội lên hẳn cá nhân. Một công ty sản xuất ô tô, chẳng hạn, không thể giải tán nếu một trong số các kỹ sư của họ bị xe tải cán phải. Sau một cuộc bầu cử, chính quyền Nhật Bản cũng chẳng thay đổi là bao. Rồi thế giới với

1. Trong triết học và khoa học, thuật ngữ “*đột sinh*” được định nghĩa là cách mà các hệ phức tạp và các mô hình của nó sinh ra từ nhiều mối tương tác khá đơn giản, ND.

tri vô giác cũng có những quy tắc tổ chức, và chúng cũng cắt nghĩa được nhiều điều quan trọng đối với chúng ta, bao gồm cả phần lớn những định luật vật lý cao cấp mà ta sử dụng trong đời sống hằng ngày của mình. Những chuyện cũ rích như tính liên kết của nước hay tính rắn của thép là những trường hợp đơn giản trong thực tế, nhưng còn vô vàn những cái khác nữa. Thiên nhiên chứa đầy ắp những cái có tính xác thực cao độ, tạo nên những phiên bản thô sơ của những bức họa theo trường phái ấn tượng. Một cánh đồng hoa do Renoir hoặc Monet lột tả khiến ta phải ngạc nhiên vì nó là một tổng thể hoàn chỉnh, trong khi những vết cọ lem luốc vẽ ra nó lại được tạo hình một cách ngẫu nhiên và không hoàn chỉnh. Sự thiếu hoàn chỉnh của những vật bút lông riêng lẻ nói với ta rằng bản chất của bức họa là việc tổ chức bố cục của nó. Tương tự như vậy, việc một số kim loại có khả năng đẩy từ trường ra vào đúng mỗi khi chúng được làm lạnh tới những nhiệt độ siêu thấp cũng khiến ta phải ngạc nhiên, vì các nguyên tử đơn lẻ tạo ra những kim loại ấy lại không làm được điều đó.

Vì những nguyên lý tổ chức - hay nói cho chính xác hơn là những hệ quả của chúng - có thể được xem là những định luật, cho nên bản thân chúng lại có thể tổ chức thành những định luật mới, rồi những định luật mới này lại tổ chức thành những định luật mới hơn nữa, và cứ vậy. Những định luật về chuyển động của electron đẻ ra những định luật về nhiệt động học và hóa học, rồi các định luật này lại đẻ ra các định luật về sự kết tinh, các định luật ấy lại đẻ ra các định luật về tính rắn và tính đàn hồi, để từ đó lại đẻ ra các luật về kỹ thuật. Vậy nên thế giới tự nhiên là một hệ thống thứ bậc trên dưới phụ thuộc lẫn nhau chẳng khác nào xã hội loài bọ chét của Jonathan Swift:

*Thế là những nhà tự nhiên học quan sát thấy con bọ chết.
Có những con bọ chết bé hơn đang xin ăn trên thân mình nó;
Rồi bọn này còn có bọn bé hơn nữa đang cắn xé chúng,
Và cứ vậy cho tới bất tận.*

Khuynh hướng tổ chức này mạnh tới mức rất khó phân biệt được một định luật cơ bản với một trong những định luật được dẫn xuất từ nó. Chẳng hạn như nếu ta cứ tạm coi rằng, cái duy nhất để biết được cách ứng xử của bọn mèo là không cơ bản, đó là vì chúng không biết ứng xử ra sao khi bị đẩy ra xa khỏi giới hạn hoạt động hợp lý của chúng. Tương tự, cách duy nhất để biết các nguyên tử không phải là cơ bản, đó là việc chúng vỡ ra khi bị va chạm ở vận tốc rất lớn. Nguyên lý này tiếp tục được tuân thủ xuống dẫn tới những thang độ nhỏ hơn rồi lại nhỏ hơn nữa: hạt nhân tạo nên nguyên tử vỡ ra khi chúng bị va chạm ở vận tốc lớn hơn, những phần được giải phóng ra từ những hạt nhân này lại tiếp tục bị vỡ ra ở những vận tốc còn lớn hơn nữa, và cứ thế. Như vậy là khuynh hướng của tự nhiên trong việc hình thành một xã hội có thứ bậc của các định luật vật lý có tầm vóc lớn hơn nhiều so với một cuộc tranh luận mang tính hàn lâm đơn thuần. Đó là lý do tại sao người ta có thể hiểu được thế giới. Nó khiến cho những định luật cơ bản nhất, bất kể chúng như thế nào, mất đi tính quan yếu và bảo vệ chúng ta khỏi bị chúng áp chế. Đó là lý do vì sao ta có thể sống mà không cần hiểu biết tường tận về những bí mật tối hậu của vũ trụ.

Do đó, sự cáo chung của tri thức và việc đóng cửa biên giới mà nó tượng trưng hoàn toàn không hề là cái bóng lù lù của một cuộc khủng hoảng đang tới gần, mà chỉ đơn thuần là một trong nhiều cơn trấn trở trong lịch sử lâu dài của nền văn minh do ta đã quá ư ngạo mạn đó mà thôi. Cuối cùng, nó sẽ qua đi và rơi vào quên lãng.

Chúng ta nào phải là thế hệ đầu tiên phải phấn đấu vật vã để nắm hiểu được các định luật mang tính tổ chức của miền biên giới, tự dối mình rằng đã thành công, để rồi mang theo cả thất bại sang thế giới bên kia. Người khôn phải biết mình khó, giống như kẻ ngư phủ kia ở xứ Ai-len thậm chí biết rằng thuyền mình thì bé nhỏ mà biển cả thì mênh mông. Cái hoang dã mà hết thảy mỗi chúng ta đều cần để sống, để lớn mạnh và để tự biết mình là ai vẫn còn đó trường tồn và khỏe mạnh, và rồi những định luật huy hoàng lộng lẫy của nó vẫn đâu đó quanh quất bên ta.

CHƯƠNG 2

Sống chung với sự không chắc chắn

Nhanh thì tốt, nhưng chính xác mới là tất cả.

Wyatt Earp

Nhà di truyền học David Bostein bạn tôi thường bắt đầu các bài giảng của mình bằng việc giải thích rằng sống chung với sự bất định chính là bản chất của môn sinh học. Ông đặc biệt nhấn mạnh điều đó với thính giả là những nhà vật lý vì ông biết họ luôn gặp khó khăn với quan niệm này và sẽ lý giải sai rất nhiều những gì ông nói ra, trừ khi họ được cảnh báo trước. Ông chưa một lần tiết lộ mình nghĩ thế nào về họ với tôi, nhưng tình cờ tôi biết được rằng phần lớn các nhà sinh học xem sự ám ảnh của các nhà vật lý về tính chắc chắn và về sự chính xác là một nỗi ám ảnh quá ư trẻ con và là bằng chứng cho khả năng tư duy hạn chế của họ. Ngược lại, các nhà vật lý lại xem việc dung thứ cho tính bất định chỉ là một lời biện bạch cho những thí nghiệm hạng hai và là nguồn gốc tiềm tàng của những thông báo sai lầm. Những khác biệt mang tính văn hóa này có cội rễ từ sự phát triển lịch sử của hai ngành khoa học (vật lý và hóa học

tiến hóa sóng đôi cùng với ngành kỹ thuật, trong khi sinh học thì lại bắt nguồn từ nghề nông và nghề y), và chúng là tấm gương phản chiếu những khác biệt nói chung trong xã hội chúng ta về những cái gì là thật, là có ý nghĩa và cái gì là không. Nhưng chính vì những khác biệt ấy mà trong hiện tại sự giao lưu giữa các nhà vật lý và các nhà sinh học chẳng có mấy hữu ích.

Một phiên bản của bài toán giao lưu này thỉnh thoảng cũng xuất hiện trong những cuộc trò chuyện giữa vợ chồng tôi, mà điển hình là về chuyện tiền nong. Cô ấy hay mở đầu câu chuyện bằng việc làm như tình cờ gợi ý về một số món hàng đắt kinh người mà cô không thể tự mình quyết định được. Tôi liền hỏi mấy câu mà theo tôi là đi vào bản chất của sự việc, ví dụ như chúng tôi sẽ phải trả bao nhiêu lãi, hoặc nó sẽ ảnh hưởng đến tổng thu nhập của chúng tôi ra sao. Cô ấy đáp rằng tôi thật quá đáng, lúc nào cũng muốn trắng ra trắng đen ra đen, chẳng bao giờ chịu thấy màu xám. Tôi phản trần là mình chỉ cố tìm cách giải quyết vấn đề thôi. Vợ tôi lại phản đối, bảo tôi cứ thích chẻ hoe sự việc. Màu sắc trên thế gian này hòa quện lẫn lộn, cô ấy bảo, chứ có rạch ròi ra đâu mà lúc nào cũng chỉ muốn nhồi nhét mọi việc vào những phạm trù trong các ngăn hộp, chẳng thực tế tí nào. Tôi bảo chẳng có gì thực tế hơn là tránh ngổ tù và phá sản. Cuộc trao đổi tay đôi có màu sắc hiện sinh này dài ngắn thế nào còn tùy xem nó liên quan đến bao nhiêu tiền, nhưng cuối cùng thế nào rồi cũng đi đến chỗ mỗi người nhận một tí. Tất nhiên, lý lẽ bọn tôi đưa ra chẳng phải về thế giới quan hay về thực tại gì to tát cả, mà cũng chỉ là vấn đề kiểm soát các nguồn thu nhập mà thôi. Trong gia đình thì tôi thường sắm vai nhà luân lý, nên đương nhiên là thua nhiều hơn được.

Các nhà khoa học vật lý không ưa những lời tuyên bố chắc nịch

về cái gì là đúng và cái gì không đúng. Ta biết rằng các phép đo không bao giờ hoàn hảo và vì thế mà muốn biết xem một phép đo đã thành công như thế nào thì phải xem nó đúng sai đến mức nào. Đó là một thông lệ tốt, khiến mọi người lúc nào cũng phải trung thực và tránh được cho những báo cáo nghiên cứu khỏi rơi vào tình trạng của những câu chuyện khoác lác. Tuy nhiên, thái độ kiêu hãnh của chúng ta đã làm rối tung những thứ đáng lẽ dễ hiểu hơn nhiều: động lực thúc đẩy việc đo lường chính xác cũng lại chính là động lực khiến ta bắt tay vào tự khắc phục sai lầm. Sự quyến rũ thực sự không nằm ở những ý niệm cao siêu, mà là ở những cỗ máy sáng loáng, phức hợp, tua tủa dây điện và phím điều khiển, ở việc thức trắng đêm vận hành máy tính bên cạnh ly cà phê trên nền nhạc Rock-and-Roll xập xình phát ra từ giàn stereo. Đó là các ống tia X gồm ghiếc, những mỏ hàn bốc khói, những lò phản ứng hạt nhân có các lỗ cho neutron có thể thoát ra, những hóa chất cực kỳ độc hại và những biển chỉ dẫn hữu dụng với nội dung kiểu như: “Đừng nhìn nguồn laser với con mắt duy nhất còn lại của bạn”. Về cơ bản lại còn cả vấn đề chiến lược giải quyết bài toán nữa, một nét nhân cách khét tiếng liên quan đến giới tính và là nguồn gốc của tất cả những câu chuyện cười về các bà vợ không dò được bản đồ và những ông chồng không bao giờ chịu hỏi đường.¹ Đó là lý do vì sao mà người ta lại đánh số các tòa nhà và các ngành học thay vì để tên tại Học viện Công nghệ Massachusetts (MIT). Việc đo đạc chính xác đơn giản chỉ là hành vi tự nhiên của những ai chẳng thấy có gì kỳ quặc trong việc sáng tạo ra tòa nhà số mười, tòa nhà số mười ba và khóa

1. Xu hướng đàn ông và đàn bà mỗi phái tìm đường đi theo lối khác nhau là một câu chuyện cười khá nổi tiếng giữa các cặp vợ chồng. Thậm chí còn có bằng chứng cho thấy sự cộng hưởng từ trường chức năng (functional magnetic resonance) có cơ sở sinh lý học. Xem G. Gron et al., *Nature* 3, 404 (2000).

học số tám. Tôi nghĩ rằng tất cả những việc đó là rất tốt cho bản thân mình, nhưng chẳng phải với ai cũng vậy.

Một trong số những điều mà đám người làm công nghệ như chúng tôi lấy làm hài lòng khi phải quy phục sự bốc đồng ấy chính là việc thể giới của các ý nghĩa đã được bộc lộ ra thông qua những phép đo ngày càng chính xác. Ví dụ, với độ chính xác tới một phần một trăm nghìn, người ta phát hiện ra rằng chiều dài của viên gạch không giữ nguyên từ ngày này sang ngày khác. Việc kiểm tra các nhân tố môi trường cho thấy nguyên nhân là do nhiệt độ thay đổi đã khiến cho viên gạch giãn ra hoặc co vào chút đỉnh. Viên gạch đã trở thành một thứ nhiệt kế. Đây không hề là một quan sát ngớ ngẩn, vì sự giãn nở nhiệt là nguyên lý cơ bản của tất cả các nhiệt kế thông thường¹. Việc đo khối lượng với độ chính xác tương tự lại không cho thấy những biến thiên như vậy - đó là một trong số rất nhiều quan sát dẫn đến khái niệm về tính bất khả vi phạm của khối lượng. Nhưng ở độ chính xác tới một phần một trăm triệu thì người ta lại thấy khối lượng viên gạch có khác đi chút đỉnh khi được chuyển từ phòng thí nghiệm này sang phòng thí nghiệm khác. Viên gạch giờ đây trở thành dụng cụ đo trọng lực, vì đây là một hiệu ứng về những biến thiên nhẹ của lực trọng trường được gây ra bởi sự khác nhau của mật độ đất đá ngay phía dưới bề mặt trái đất.² Nếu dùng dây treo viên gạch lên trần nhà để biến nó thành một con lắc thì tần số dao động của nó cũng là một số đo của lực trọng trường. Sự ổn định tuyệt đỉnh của dao động đu đưa là nguyên lý cơ bản để

-
1. *Dài lưỡng kim trong máy điều nhiệt dùng ở nhà chỉ là một trong số rất nhiều loại nhiệt kế. Xem J. F. Schooley, Thermometry (CRC Press, Boca Raton, FL, 1986)*
 2. *Lực trọng trường được các nhà địa lý đo đạc một cách thường xuyên tới độ chính xác 1/100.000.000 với các thiết bị sử dụng là lò xo và quả cân thông thường. Xem W. Torge, Geodesy, 3rd edition (Walter de Gruyter, Berlin, 2001).*

điều chỉnh quả lắc của các loại đồng hồ cơ.¹ Nếu trần nhà cao, khối lượng con lắc lớn và khớp quay được gắn với một bộ tăng điện nhỏ để giữ cho con lắc khỏi chết, thì ta sẽ thấy mặt phẳng đu đưa của con lắc sẽ xoay tương ứng với độ quay của trái đất, còn tần số quay là số đo vĩ tuyến.² Những người không làm trong ngành kỹ thuật kiên tâm chấp nhận kiểu quan sát đo đạc này, mặc dù đối với họ là vô cùng buồn tẻ, nhưng ầu cũng là vì những công nghệ mới mẻ và hữu ích mà nó đẻ ra.

Trái lại, các nhà khoa học tự nhiên có xu hướng nhìn vấn đề dưới góc độ đạo đức. Họ hướng cuộc sống của mình dựa trên giả thuyết cho rằng thế giới là chính xác và có trật tự, rằng sự thất bại đôi lúc của giả thuyết này trong việc tuân theo cách nhìn nói trên chỉ là một sự nhận thức sai lệch, do họ đã không đo đạc một cách chính xác hoặc chưa chịu suy nghĩ một cách thấu đáo về các kết quả mà thôi. Điều này đôi khi mang lại những hệ quả buồn vui lẫn lộn. Anh rể tôi, một luật sư chuyên về lý hôn bảo rằng mấy gã kỹ sư ở

-
1. Christiaan Huygens đã phát minh ra đồng hồ quả lắc vào năm 1656 và sử dụng con lắc Galileo để điều chỉnh các bộ máy đồng hồ hiện hành. Chiếc đồng hồ đầu tiên của ông có độ chính xác trong phạm vi 1 phút một ngày. Sau đó ông đã nâng nó lên 10 giây một ngày. Huygens cũng phát minh ra bộ phận bánh xe cân bằng và lò xo. Xem J. G. Yoder, *Unraveling Time, Christiaan Huygens and the Mathematization of Nature* (Cambridge U. Press, Cambridge, 2002).
 2. Leon Foucault đã đo vòng quay của trái đất bằng cách dùng đưa một quả cầu nặng bằng kim loại với một sợi dây dài 200 bộ (khoảng 60m), và ông đã nhận được huy chương Copley của hiệp hội hoàng gia vì những thành tựu đạt được vào năm 1855. Ông cũng làm việc với Fizeau về ánh sáng và nhiệt, sử dụng gương xoay để đo tốc độ ánh sáng trong các môi trường khác nhau, và cho thấy tốc độ ánh sáng biến đổi tỉ lệ nghịch với chỉ số khúc xạ. Con lắc Foucault được miêu tả trong bất kỳ giáo trình cơ học cơ bản nào. Xem, *Newtonian Mechanics* (W. W. Norton, New York, 1971), A. P. French. Việc xây dựng một con lắc Foucault nghiệp dư được mô tả trong *Scientific American* 198, 115 (1958), C. L. Stong. Tài liệu tham khảo gốc là M. L. Foucault, "Démonstration du Mouvement de Rotation de la Terre moyen du Pendule," *Comptes Rendus Acad. Sci.* 32, 5 (1981). Xem thêm <http://www.calacademy.org/products/pendulum.html>.

Thung lũng Silicon là những khách hàng khó chịu nhất của anh, bọn họ chỉ chăm chăm muốn liệt kê tài sản gia đình, chia đều chúng ra, bắt tay chào tạm biệt và kết thúc câu chuyện. Anh đã phải rất mất công cất nghĩa cho họ biết rằng không dễ như họ tưởng - rằng mọi người thường hay nói dối và hay chèo kéo trong những tình huống căng thẳng, rằng người ta đôi khi có thể đánh lừa chính bản thân mình, và rằng giá trị tài sản không phải là tuyệt đối nên còn phải đòi co nhiều, rằng sẽ còn bao nhiêu thứ nghĩa vụ rối rắm nữa, và v.v.... Điều đó không muốn nói rằng những quan điểm đơn giản hơn là sai lầm, mà chỉ muốn nói rằng không phải lúc nào chúng cũng thực tế.

Trong ba thế kỷ vừa qua, sự lưu tâm mê mải tới những tiểu tiết đã dần dà cho thấy rằng một số các đại lượng vật lý không những chỉ được tái thể hiện một cách chính xác từ những thí nghiệm này đến những thí nghiệm khác, mà còn hoàn toàn mang tính phổ quát. Khó lòng mà cưỡng điệu thêm việc điều đó đã gây ngạc nhiên và bối rối như thế nào. Sự chính xác và đáng tin cậy tuyệt đối của những đại lượng đó đã nâng vị thế của chúng từ việc chỉ đơn giản là thực kiện hữu ích lên thành một điều chắc chắn mang tính đạo lý. Nhiều người cảm thấy khó chịu khi phải nghĩ về những con số theo lối đạo lý, nhưng họ không nên nghĩ như vậy. Nếu tôi đâm phải một chú chó khi đang lái xe với tốc độ hơn sáu mươi cây số một giờ thì điều này mang ý nghĩa hoàn toàn khác với việc tôi đụng phải chú chó đó khi đang chạy với tốc độ chưa tới hai cây số một giờ. Những đại lượng này càng được đo đạc một cách cẩn thận bao nhiêu, thì người ta càng biết được những giá trị phổ quát của chúng một cách chính xác bấy nhiêu, ngay cả khi những giới hạn của tiềm năng về mặt kỹ thuật đã bị đẩy xa một cách ngoạn mục, một quá trình hôm nay vẫn đang tiếp diễn. Ý nghĩa sâu xa của những khám phá đó vẫn còn đang được mang ra tranh cãi, nhưng ai ai cũng nhất trí

với nhau rằng chúng rất quan trọng, vì những điều chắc chắn đến như vậy là không bình thường xét về bản tính và đòi hỏi phải có những lời giải thích.

Vận tốc ánh sáng là một ví dụ quen thuộc về một đại lượng phổ quát như vậy. Vào cuối thế kỷ mười chín, người ta quan tâm ngày càng nhiều đến việc đo đạc chuyển động của trái đất trên quỹ đạo quanh mặt trời thông qua hiệu ứng của nó gây ra đối với tốc độ lan truyền của ánh sáng được nhìn thấy bởi một người quan sát trên mặt đất. Vào thời điểm đó, công việc này từng là một thách thức kỹ thuật để làm nản lòng người, vì nó đòi hỏi tốc độ ánh sáng phải được đo với độ chính xác lên đến một phần tỉ. Việc nó đã được thực hiện ra sao là cả một câu chuyện kỳ thú được kể đi kể lại nhiều lần trong những đêm lửa trại của sinh viên vật lý, nhưng với những mục đích trước mắt, ta hãy nói gọn là nó được tiến hành với một số gương phản chiếu.¹ Vào năm 1891, người ta đã thấy rất rõ rằng tối thiểu hiệu ứng này nhỏ hơn 2 lần so với trường hợp tính dựa theo sự tương tự với âm thanh và tốc độ di chuyển của trái đất trên quỹ đạo của nó mà người ta đã biết. Vào năm 1897, phương pháp này đã được hoàn thiện và con số trên bây giờ là 40, một sự cách biệt khổng lồ đến mức không thể coi thường, xem nó như một thiếu sót hoặc như một sai số thí nghiệm có nguồn gốc con người.

1. *Thí nghiệm được biết đến nhiều nhất trong những thí nghiệm đó là thí nghiệm giao thoa của Albert Michelson, thí nghiệm này sau đó được Michelson và Morley cải tiến, nhờ đó Michelson đã nhận được giải Nobel vào năm 1907. Xem Studied in Optics (Univ. of Chicago Press, Chicago, 1962) của A. A. Michelson. Một bài tổng quan tuyệt vời về những cải tiến sau này của thí nghiệm Michelson-Morley có thể tìm thấy trong bài báo Rev. Mod. Phys. 27, 167 (1955), R. Shankland et al. Tài liệu tham khảo gốc là A. A. Michelson, Am J. Sci. 22, 20 (1881) và A. A. Michelson và E. W. Morley, ibid. 34 (1887). Xem thêm E. Whittaker, A History of the Theories of Aether and Electricity: The Classical Theories (Nelson and Sons, London, 1951).*

Sự thay đổi của vận tốc ánh sáng do chuyển động của trái đất đã không diễn ra như người ta mong đợi. Phát hiện này cuối cùng đã dẫn Albert Einstein đến kết luận rằng vận tốc ánh sáng là vận tốc cơ bản và khối lượng của các vật thể đang chuyển động cũng phải tăng khi tốc độ của chúng tăng lên.

Sự tồn tại của các đại lượng phổ quát có thể chắc chắn đo đếm được là điều mang lại sự ổn định và an toàn cho khoa học vật lý. Chân lý căn bản này đôi khi cũng dễ bị lãng quên, vì những nền tảng của vật lý học đã tồn tại cùng với chúng ta từ quá lâu, đến mức rất nhiều trong số chúng đã trở nên cứng nhắc như rập khuôn. Nhưng dù người ta có cảm nhận như thế nào chẳng nữa về thông điệp mà chúng đưa ra thì những triết gia hậu hiện đại vẫn đã hiểu một cách đúng đắn và đầy tuệ kiến rằng các lý thuyết khoa học bao giờ cũng mang trong mình một yếu tố cấu thành mang tính chủ quan được xem như vừa là một sự sáng tạo của thời đại vừa là một sự mã hóa của thực tại khách quan.¹ Câu châm ngôn chua cay nổi tiếng của Otto von Bismarck, “Pháp luật² không khác gì mấy cái xúc xích - tốt nhất là đừng có xem khi chúng đang được làm”, đem áp dụng cho các lý thuyết khoa học theo như kinh nghiệm của bản thân tôi xem ra còn hay hơn nhiều. Giống như trong mọi hoạt động khác của con

-
1. Có rất nhiều tài liệu về triết học khoa học hậu hiện đại (postmodern science). Công trình được trích dẫn nhiều nhất có thể là J.-F. Lyotard, *The Postmodern Condition: A Report on Knowledge* (U. of Minnesota Press, Minneapolis, 1984). Xem thêm H. Lefebvre, *Introduction to Modernity: Twelve Preludes* (Verso, London, 1995); và M. Foucault, *The order of Things: An Archaeology of the Human Sciences* (Random House, New York, 1994). Cũng có nhiều tài liệu viết về chủ nghĩa phản-hậu hiện đại. Ví dụ xem tài liệu N. Koertse, *A House Built on Sand: Exposing Postmodernist Myths about Science* (Oxford U. Press, Oxford, 1998); và sự giải thích về trò đùa Sokal trong A. D. Sokal và J. Bricmont, *Fashionable Nonsense: Postmodern Intellectuals' Abuse of Science* (St. Martin's Press, New York, 1998).
 2. Trong tiếng Anh laws còn được hiểu là các định luật, ND.

người, trong khoa học lúc này lúc kia cũng cần phải kiểm điểm và đánh giá lại xem những gì mọi người đã hiểu được một cách thấu đáo và những gì chưa. Trong vật lý học, việc đánh giá lại gần như luôn được quy giản thành những số đo chính xác. Trong thâm tâm sâu thẳm của mỗi nhà khoa học tự nhiên đều có một niềm tin cho rằng sự chuẩn xác của việc đo đạc là những phương tiện dự phòng an toàn duy nhất dùng để phân biệt rạch ròi những gì là đúng đắn với những cái mà người ta tưởng tượng ra, và thậm chí còn dùng để xác định xem thế nào gọi là đúng. Còn theo lối suy nghĩ hậu hiện đại thì chẳng cần phải trần trở về một con số phổ quát nào đó được đo đạc chính xác đến một phần tỉ mà làm gì.

Mỗi khi tiệc tùng với nhau để nói chuyện phiếm về những điều mình quan tâm thì một trong những chủ đề ưa thích của các nhà vật lý là bài giảng nổi tiếng về chủ đề “giả khoa học”¹ của Irving Langmuir, người phát minh ra bóng đèn điện dùng dây tóc vonfram hiện đại. Bài giảng gồm toàn các mẫu chuyện lịch sử lý thú về những sự giả mạo và bịp bợm trong khoa học, nhưng tầm quan trọng lớn lao của nó nằm ở cái thông điệp chính yếu sau đây: trong vật lý học, những tri giác đúng khác với những tri giác sai ở chỗ chúng sẽ trở nên sáng rõ hơn khi độ chính xác thực nghiệm được cải thiện. Ý niệm giản đơn đó bao hàm được cái cốt lõi trong cách suy nghĩ của các nhà vật lý và cắt nghĩa được tại sao họ luôn bị toán học và những con số ám ảnh: thông qua sự chính xác, cái sai lầm và giả dối mới được vạch trần.

1. Bài giảng “Pathological Science” của Irving Langmuir được giảng ở Phòng nghiên cứu Knolls vào ngày 18 tháng 12 năm 1953. Bản sao của bài giảng này có thể tìm thấy tại R. L. Park, Voodoo Science (Oxford U. Press, London, 2000). Cũng có thể xem tại đây <http://www.cs.princeton.edu/~ken/Langmuir/langmuir.html>.

Một hệ quả khó thấy nhưng không thể tránh khỏi của cách nhìn đó là sự đan quện bền chặt giữa chân lý và kỹ thuật đo đạc. Nói một cách chính xác thì việc những gì bạn đo, việc máy móc hoạt động ra sao, việc người ta tính sai số đến số thập phân thứ bao nhiêu, việc những nhân tố không kiểm soát được nào quy định khả năng tái thực hiện phép đo, và vân vân, rốt cuộc lại còn quan trọng hơn cả quan niệm được lấy làm cơ sở. Nói rằng không tránh khỏi được các đại lượng phổ quát là chỉ nói theo kiểu phổ biến vậy thôi chứ nói riêng với nhau thì việc coi cái gì đó là phổ quát xem ra chẳng chuyên nghiệp hơn chút nào so với việc khẳng định rằng chơi chứng khoán thì ta sẽ kiếm được bao nhiêu tiền. Bạn phải thực sự làm thí nghiệm. Thói quen làm việc như vậy xem ra có vẻ như một kiểu mô phạm tồi tệ nhất, nhưng đó mới thực sự theo đúng với lương năng thông thường. Đã bao lần, những cái mọi người nghĩ là phổ quát hóa ra lại không phải, còn những cái ai ai cũng cho là biến thiên thì thực sự lại không. Vì vậy mỗi khi nói về những đại lượng phổ quát thì thực ra là ta đang nói về những thí nghiệm để đo chúng.

Do đó, một số rất lác đác những thí nghiệm có độ chính xác cực kỳ cao, đối với vật lý, lại có một ý nghĩa hết sức to lớn vượt quá cả tầm vóc của chính chúng. Có khoảng từ mười tới hai mươi thí nghiệm đặc biệt kiểu như vậy, phụ thuộc vào cách mà người ta đánh giá, và chúng đều đáng được khâm phục¹. Ngoài các chuyên gia thì đa phần những thí nghiệm đặc biệt này không mấy ai biết đến. Chẳng hạn, tốc độ ánh sáng trong chân không hiện nay đã được biết chính xác với sai số là một phần mười nghìn tỉ. Rồi còn cả hằng số Rydberg, là con số mô tả sự lượng tử hóa các bước sóng

1. P. J. Mohr và B. N. Taylor, *J. Phys. Chem. Ref. Data* 28, 1713 (1999); *Rev. Mod. Phys.* 72, 351 (2000); <http://physics.nist.gov/constants>.

ánh sáng được phát ra từ khí nguyên tử loãng và là cái đảm trách cho độ tin cậy đến kinh ngạc của các loại đồng hồ nguyên tử; hằng số này được biết một cách chính xác với sai số là một phần một trăm nghìn tỉ. Hằng số Josephson lại là một ví dụ khác nữa, đó hằng số liên hệ hiệu điện thế được đem áp dụng cho một dạng bánh kẹp kim loại nhất định, với tần số sóng vô tuyến mà nó phát ra; hằng số này được biết chính xác đến một phần một trăm triệu. Lại còn cả trở kháng von Klitzing, con số liên hệ dòng điện phải chạy qua một chất bán dẫn được thiết kế đặc biệt với hiệu điện thế được cảm ứng theo các góc vuông bởi một thanh nam châm; con số này có độ chính xác tới một phần mười tỉ.

Điều nghịch lý ở đây là, sự tồn tại của những thí nghiệm có khả năng lặp lại cao như vậy khiến ta phải nghĩ xem đâu là cái cơ bản theo hai cách nghĩ không tương hợp với nhau. Cách nghĩ thứ nhất cho rằng sự chính xác bộc lộ điều gì đó về những viên gạch cơ bản nhất được dùng để xây nên cái thế giới phức tạp và không mấy chắc chắn này của chúng ta. Do đó ta nói tốc độ ánh sáng là một hằng số vì nó vốn thế, và vì ánh sáng không được cấu tạo từ bất kỳ cái gì đơn giản hơn. Quá trình tư duy kiểu này dẫn ta tới chỗ diễn dịch những thí nghiệm có độ chính xác cao nói trên thành ra một nhóm các hằng số gọi là “cơ bản”. Cách nghĩ kia thì cho rằng sự chính xác là một hiệu ứng tập thể có được nhờ ở một nguyên lý tổ chức. Một ví dụ về cách nghĩ này là mối liên hệ giữa áp suất, thể tích và nhiệt độ của một chất khí, chẳng hạn như không khí. Con số phổ quát đặc trưng cho định luật về khí loãng được biết với độ chính xác đến một phần triệu, nhưng lại có những sai số khổng lồ đối với các mẫu khí quá nhỏ bé, và không còn đo được ở mức chỉ gồm vài nguyên tử. Nguyên nhân của sự nhạy cảm đối với kích thước này là tính chất thống kê của nhiệt độ, cũng giống việc phải dựa trên một

phép thống kê lớn các trường hợp thì mới định đoạt được nhu cầu về nhà đất của thị trường. Không có cách nào để dung hòa được hai ý niệm này; chúng hoàn toàn đối ngược nhau. Tuy nhiên, ta vẫn dùng từ *cơ bản* để mô tả cả hai.

Tất nhiên tình trạng khó xử nêu trên có tính giả tạo. Duy chỉ có ý niệm về tính tập thể là đúng mà thôi. Điều đó không hiển nhiên, và thậm chí còn có thể bị một số nhà vật lý phản đối dữ dội, nhưng nó trở nên sáng tỏ sau khi người ta suy nghĩ một cách có phê phán về bản thân các thí nghiệm và việc chúng được tiến hành như thế nào.

Sự chính xác mang tính tập thể có vẻ như một khái niệm khó nhằn đối với những ai không phải là nhà khoa học, nhưng thực ra không phải như vậy. Trong cuộc sống hằng ngày có rất nhiều ví dụ quen thuộc để minh họa cho khái niệm này - chẳng hạn như việc đi lại bằng xe cộ. Mặt trời mọc vào buổi sáng, một chân lý đáng tin cậy có liên quan đến sự chuyển động từ thuở nguyên sơ của trái đất, nhiệt lượng khổng lồ của mặt trời, và nhiều thứ nữa. Nhưng lại cũng còn một loại chân lý khác không kém phần quan trọng, đó là việc các tuyến đường cao tốc và các chuyến tàu hỏa luôn chật ních người đi lại vào một số giờ nhất định trong ngày, và hơn thế nữa, người ta có thể dự đoán trước số lượng người tham gia giao thông theo từng giờ. Chắc chắn có thể hình dung được rằng tất cả những người đi lại bằng tàu xe đều bị đau dạ dày vào cùng một ngày và đều nghỉ ở nhà, nhưng điều đó khó xảy ra tới mức có thể coi trên thực tế tuyệt đối không bao giờ có. Tình trạng xe cộ là một hiện tượng đơn giản, đáng tin cậy, đột sinh từ những quyết định phức hợp do một số lượng lớn các cá nhân đưa ra khi họ bắt đầu một ngày làm việc của mình. Chẳng cần biết người này kẻ kia điểm tâm như thế nào, họ làm việc ở đâu, có bao nhiêu con cái và tên chúng là gì,

v.v..., thì cũng vẫn hiểu được điều gì đang xảy ra ngoài kia vào lúc 8 giờ 15 phút sáng. Số lượng người đi lại bằng tàu xe cũng không khác gì hành trạng của khối khí loãng, là một sự chính xác có tính tập thể. Liệu điều này có đáng tin cậy giống như mặt trời mọc hay không thì rốt cuộc phải được thực nghiệm xác định rõ ràng mới biết, nhưng kinh nghiệm tàu xe của riêng tôi mách bảo với tôi rằng nó là một sự thực đáng tin cậy.

Một ví dụ hay về hiệu ứng tập thể nấp dưới mặt nạ một hiệu ứng quy giản luận chính là sự lượng tử hóa của phổ nguyên tử. Ánh sáng được phát ra từ khí nguyên tử loãng với một số bước sóng đặc biệt có cường độ mạnh đủ sức giữ được độ ổn định trước những tác động bên ngoài tới mức người ta đã sử dụng chúng để chế tạo đồng hồ với độ chính xác tới một phần một trăm nghìn tỉ. Nhưng những bước sóng này, thực ra, có một độ dịch chuyển có thể phát hiện được khoảng một phần mười triệu - lớn hơn mười triệu lần so với sai số thời gian của đồng hồ - điều không thể hiện diện trong một thế giới lý tưởng không chứa gì khác ngoài nguyên tử đó¹. Những tính toán khó khăn nhưng được kiểm soát chặt chẽ cho thấy sự dịch chuyển này là một hiệu ứng điện của chân không, không khác mấy so với những gì mà một electron gặp phải khi chuyển động bên trong một mẫu dây kim loại hoặc con chip máy tính. Nói cách khác, chân không có vẻ bề ngoài là trống rỗng nhưng thực sự không rỗng chút nào, mà lại còn chứa đầy “chất liệu”. Chuyển động giao cảm của chân không khi vật chất đi qua gần nó khiến những tính chất của vật chất thay đổi chút ít, cũng tựa như chuyển động

1. Có rất nhiều tài liệu về những hiệu ứng này, được xem như thuộc lĩnh vực điện động lực học. Hiệu ứng nổi tiếng nhất trong số đó là sự dịch chuyển Lamb. Xem W. E. Lamb và R. C. Retherford, *Phys. Rev.* 79, 549 (1950). *Ibid.* 81, 222 (1951).

giao cảm của các electron và các nguyên tử trong một mẫu kính cửa sổ đã làm thay đổi tính chất của ánh sáng khi nó đi xuyên qua, khiến nó bị khúc xạ. Do đó, khả năng tái lập cực kỳ cao và tính đáng tin cậy của các thí nghiệm liên quan đến nguyên tử này phụ thuộc mạnh vào tính đồng đều của “chất liệu” đó, mà nguyên nhân của việc này thì vẫn chưa ai biết. Tìm ra một lời giải thích hợp lý cho sự đồng đều đó là một trong những bài toán trung tâm của vật lý học hiện đại và là mục tiêu quan trọng bậc nhất của các vũ trụ học lạm phát - tức những lý thuyết về vũ trụ đột sinh một cách cố hữu¹. Vì vậy sự bất biến của các phổ nguyên tử thậm chí thực sự có nguồn gốc tập thể chẳng nữa thì hiện tượng tập thể trong trường hợp này chính là bản thân vũ trụ.

Một trường hợp gần gũi và gây tranh cãi hơn nhiều của thuyết tập thể là việc xác định điện tích của electron và xác định hằng số Planck bằng những phép đo vĩ mô. Điện tích của electron là đơn vị không thể chia nhỏ về mặt điện. Hằng số Planck là mối liên hệ phổ quát giữa xung lượng và độ dài, những đại lượng đặc trưng cho bản tính sóng của vật chất. Cả hai đều là những khái niệm mang tính quy giản luận cao và xưa nay đều được xác định bằng cách sử dụng những máy móc công kênh dùng để đo những đặc tính của những electron đơn lẻ bị tách khỏi các nguyên tử. Nhưng việc xác định chúng một cách chính xác nhất hóa ra lại không hề phải viện đến những thứ máy móc đó mà đơn giản chỉ cần đến sự kết hợp giữa hằng số Josephson và hằng số von Klitzing, những phép đo không đòi hỏi máy móc gì phức tạp hơn là một máy làm đồng

1. A. H. Guth và A. P. Lightman, *The Inflationary Universe* (Perseus Publishing, Cambridge, Massachusetts, 1998).

lạnh và một chiếc vôn kế để đo điện thế¹. Khi khám phá ra điều này người ta đã hết sức ngạc nhiên vì những mẫu được sử dụng trong các phép đo của Josephson và von Klitzing là những mẫu rất không hoàn hảo. Những tạp chất hóa học, những nguyên tử nằm sai vị trí, những cấu trúc nguyên tử phức hợp kiểu như các mặt cắt gỗ ghề và những hình thái bề mặt lộn xộn, tất cả những cái đó nhiều tới mức có thể ảnh hưởng lớn đến các phép đo đòi hỏi phải có một độ chính xác cao như vậy. Việc chúng không ảnh hưởng gì đến độ chính xác của phép đo *chứng tỏ* rằng những nguyên lý tổ chức đầy uy lực vẫn đang tác động.

Một trong những lý do khiến các nhà vật lý hiếm khi nói về bản tính tập thể của các phép đo đối với những hằng số cơ bản đó là vì nó mang nhiều ngụ ý sâu xa có thể gây tranh cãi. Một khi mà tri thức của ta về giới tự nhiên vẫn bó gọn vào sự chính xác của thực nghiệm, thì việc ta buộc phải liên tưởng chân lý tối hậu với những phép đo xác thực nhất là điều hợp logic. Nhưng điều này lại có vẻ như ngụ ý rằng hiệu ứng tập thể biết đâu có thể chân xác hơn so với những quy tắc vi mô mà từ đó chúng được suy ra. Nhiệt độ là một đại lượng điển hình chưa bao giờ có được một định nghĩa mang tính quy giản, cho nên trong trường hợp này thì kết luận trên là khá dễ hiểu và chấp nhận được. Tất cả các nhà khoa học tự nhiên đều hiểu rằng xu hướng truyền nhiệt từ vật nóng sang vật lạnh là một xu hướng chung và không thể bị ảnh hưởng dù cho người ta có thay đổi một cách triệt để những khía cạnh vi mô - chẳng hạn như nhân đôi khối lượng của tất cả các nguyên tử trong vũ trụ - chừng nào mà kích thước hệ không bị thu nhỏ đi. Nhưng điện tích của

1. Hằng số Josephson và von Klitzing là $KJ = 2e/h$, và $RK = h/e^2$, trong đó e là điện tích của electron và h là hằng số Planck.

electron lại là chuyện khác. Ta quen nghĩ rằng điện tích này là viên gạch nền tảng của tự nhiên và để nó có nghĩa thì không cần phải viện đến một bối cảnh tập thể nào. Nhưng những thí nghiệm mà ta vừa đề cập lại bác bỏ ý tưởng này một cách hiển nhiên. Những thí nghiệm này cho thấy rằng điện tích của electron *chỉ* có nghĩa trong một bối cảnh tập thể, một bối cảnh bị quy định hoặc bởi không gian trống rỗng, cái có thể làm thay đổi chút ít điện tích giống như cách nó làm thay đổi bước sóng của các nguyên tử, hoặc bởi một thứ vật chất nào đó vốn chiếm dụng trước các hiệu ứng của chân không. Hơn thế nữa, khả năng chiếm dụng trước của vật chất ở đây lại đòi hỏi cũng phải có sự tác động của những nguyên lý tổ chức giống hệt như những nguyên lý tổ chức trong chân không, vì nếu không như vậy thì các hiệu ứng này sẽ phải là những phép mầu.

Hóa ra, câu hỏi hóc búa về điện tích của electron không phải là câu hỏi duy nhất. *Tất cả* các hằng số cơ bản đều đòi hỏi một bối cảnh để trở nên có nghĩa. Với tư cách một vấn đề thực tiễn thì không hề có sự khác biệt giữa các đại lượng mang tính quy giản và các đại lượng mang tính đột sinh trong vật lý. Nó đơn giản chỉ là một phát minh mang đầy chất nghệ thuật của con người, chẳng hơn gì việc đôi khi ta vẫn gán giới tính cho những thứ đồ vô tri vô giác.

Ý tưởng về sự đột sinh của tính chắc chắn thông qua tổ chức đã ngấm sâu vào văn hóa của ngành sinh học hiện đại, và là một trong những lý do mà các bạn bè của tôi trong các ngành khoa học về sự sống đã cực kỳ hăm hở tuyên bố rằng họ hoàn toàn dung nạp tính bất định. Việc này cho thấy họ đã đi trước một bước. Qua những nhận định như vậy, cái thực sự mà họ muốn nói đó là, sự bất định trong thế giới vi mô không có gì quan trọng cả, vì đằng nào rồi sau đó tổ chức sẽ tạo ra cho nó tính chắc chắn ở một cấp độ cao hơn. Tất nhiên là còn một lý do khác nữa, đó là việc họ muốn gợi ý về

tài chính, một chiến lược được vợ tôi sử dụng trong những lúc thảo luận với nhau về vấn đề mua sắm. Trong cả hai trường hợp, ta không nên nhìn nhận sự dung nạp đó thông qua giá trị bề ngoài của nó. Nếu tính bất định thực sự là bản chất của môn sinh học, thì nó đâu còn là một môn khoa học nữa.

Đối với vật lý học thì ngược lại, sự bất đồng tư tưởng sâu sắc về nguồn gốc của sự bất định và về ý nghĩa của nó vẫn còn chưa được giải quyết. Thay vào đó, ta thỏa thuận với nhau là không bàn về nó nữa. Sự thỏa hiệp này làm ta nhớ tới nhận định bất hủ của Đặng Tiểu Bình rằng mèo trắng hay mèo đen không quan trọng, miễn là bắt được chuột¹. Không có gì lạ khi một người theo quy giản luận bác bỏ bằng chứng về bản chất cơ bản của các nguyên lý tập thể dựa trên những quan điểm cho rằng thực tế là có cách suy luận xuất phát từ thế giới vi mô để giải thích khả năng lặp lại của các thí nghiệm này. Điều này không đúng. Chẳng hạn, cách giải thích vi mô về nhiệt độ đã phải thông qua một bước suy diễn logic gọi là định đề về xác suất đồng đều mang tính tiên nghiệm - một dạng định luật Murphy về nguyên tử; đây là một định đề không thể suy diễn được và là một phát biểu ghi nhận ngắn gọn về nguyên lý tổ chức được coi là cơ sở của bộ môn nhiệt động học². Những lời giải

-
1. Dưới ánh sáng của các sự kiện lịch sử, tài liệu về Đặng Tiểu Bình có rất nhiều và phức tạp. Xem M. J. Meisner, *The Deng Xiaoping Era: An Inquiry into the Fate of Chinese Socialism, 1978-1994* (Hill and Wang, New York, 1996).
 2. Định luật Murphy đại ý nói rằng nếu bất cứ cái gì có thể sai thì rồi sẽ có lúc nó sai. Theo Văn phòng trung tâm lịch sử kiểm tra các chuyến bay của không lực Hoa Kỳ (US Air Force Flight Test Center History Office), định luật Murphy được sinh ra tại căn cứ không quân Edwards vào năm 1949. Định luật này được lấy tên của Cơ trưởng Edward A. Murphy, một kỹ sư làm việc trong một dự án nhằm xác định người ta có thể chịu được sự giảm tốc đột ngột tới bao nhiêu trong các vụ đâm nhau. Xem A. Bloch, *Murphy's Law and Other Reasons Why Things Go Wrong* (Price Stern Sloan Pub., Los Angeles, 1977); và http://www.edwards.af.mil/history/docs_html/tidbits/murphy's_law.html.

thích có vẻ như mang tính suy luận về các hiệu ứng Josephson và von Klitzing luôn có những bước suy diễn “hiển nhiên về mặt trực giác” trong đó những nguyên lý tổ chức quan yếu được giả định là đúng. Tất nhiên, vì chúng quả thực là đúng, nên suy luận như vậy cũng là đúng, nhưng không nhất thiết là theo cách mà người suy luận mong muốn. Để tuân theo đúng giáo hóa của quy giản luận, các lý thuyết gia luôn gán cho những hiệu ứng đó những tên gọi khác thường, nhưng tra xét kỹ lưỡng thì chúng chẳng qua cũng chỉ là những cách dùng từ khác nhau để chỉ chính bản thân những thí nghiệm mà thôi. Trong cả hai trường hợp thì chẳng có trường hợp nào mà độ chính xác rất cao của phép đo lại được tiên đoán về mặt lý thuyết cả.

Giống như những cái khác nữa mà người ta không nói tới, lối suy nghĩ không rành mạch về việc đâu là cái cơ bản là lối suy nghĩ có thể quay lại ám ảnh chúng ta sau này. Hiệu ứng ma quái nhất của nó là dẫn lối đưa đường ta lạc sâu vào hoang mạc bằng cách xui khiến ta tìm kiếm những thang cứ nhỏ mãi nhỏ mãi mà chẳng bao giờ thấy được ý nghĩa. Tôi bị vướng rất nhiều với bài toán này - hẳn cũng vì những nguyên do có tính văn hóa nữa. Ở cái nơi khô cằn của thế giới mà tôi trưởng thành, chúng tôi nhìn hoang mạc một cách nghiêm túc.

Một trong những cụ tổ của tôi đến California qua ngã Santa Fe Trail khi còn là một thanh niên đã ghi vào nhật ký những sự việc ông trải qua trong suốt cuộc hành trình¹. Theo những gì được ghi trong cuốn nhật ký đó, ông và bầu đoàn của mình đã suýt chết đói ở bang New Mexico. Họ kéo vào một thị trấn để lấy đồ tiếp tế

1. *Santa Fe Trail là tuyến đường ở cuối thế kỷ 19 từ Tây Nam Mỹ tới Missouri và Santa Fe, New Mexico, ND.*

và nước uống rồi hỏi cách vượt qua hoang mạc. Dựa vào chỉ dẫn, họ ra đi và sau hai ngày thì tới được giếng nước đầu tiên nhưng nó đã cạn khô. Sau đó họ đi thêm hai ngày nữa để tới được giếng nước thứ hai cũng cạn khô. Lại thêm hai ngày đường nữa để lại gặp được một giếng cạn. Lúc đó, mọi người mới chợt hiểu rằng những kẻ trong thị trấn định hại chết họ; thế là mọi người tổ chức một buổi họp bàn và quyết định một phương án liều lĩnh. Cánh đàn ông tháo ngựa ra khỏi xe, để phụ nữ và trẻ em ở lại hoang mạc với tất cả lương thực, cưỡi ngựa quay trở lại thị trấn, bắn phá tan tành rồi mang nước uống quay trở lại. Câu chuyện kết thúc hiển nhiên là có hậu, vì thế tôi mới đang có mặt ở đây.

Bất chấp bằng chứng cho thấy rằng thậm chí các nhà vật lý, bên ngoài có vẻ là những nhà khoa học logic nhất, có thể rút ra những kết luận không có giá trị hiệu lực từ những phép đo chính xác, sự chính xác và tính chắc chắn vẫn sẽ tiếp tục là những giá trị khoa học mà ta không thể sống thiếu chúng, vì việc cố gắng đạt được sự chắc chắn trong phép đo và việc diễn giải nó là cơ chế duy nhất dễ nắm bắt mà chúng ta có được hòng làm sáng tỏ những nguyên lý tổ chức đang chi phối vũ trụ. Tri thức chuyên môn cũng nhạy cảm với sự thất thường của đời sống chính trị không khác gì những loại tri thức khác, và là chỗ bám víu duy nhất về tính chắc chắn mà khoa học có được để giữ vững quyền lực và vị thế đặc biệt của mình. Nỗ lực đạt đến sự chắc chắn không phải là thứ nỗ lực đã lỗi mốt của một thời xưa cũ được các nhà vật lý bảo thủ kiểu dân Luddite quảng bá, mà là cốt lõi đạo lý của khoa học. Nó giống như một thứ tôn giáo cổ xưa - đôi khi gây chán chường và mệt mỏi nhưng không bao giờ không quan yếu. Tất cả chúng ta, và có thể thậm chí tất cả các chúng sinh trên đời này, đều sử dụng những thứ đặc biệt đáng tin cậy mà

tự nhiên đã chọn giao cho ta với tư cách những ngọn đèn chỉ lối để bước chải trong một thế giới thực sự vô cùng bất bênh. Giống như nhiều góc cạnh khác của đời sống, một trong những điều tồi tệ nhất mà một con người có thể làm là khiến cho hệ thống bị suy yếu bằng việc ngộ nhận một sai lầm và coi đó là chân lý. Hậu quả là hệ thống không còn hoạt động được ở vào thời điểm mấu chốt mà người ta cần nó nhất, khiến người ta bị mất phương hướng.

CHƯƠNG 3

Định Newton

Những định luật của Newton
là chính quyền vô hình đang cai quản trái đất.

Alfred A. Montapert

Năm 1687, Issac Newton đã thay đổi lịch sử bằng cách cho cất giữ chiếc hòm khoa học chứa đựng định luật vật lý phổ quát¹ vào trong cuốn *Những Nguyên Lý* [*Principia*] của mình. Tính quy luật của giới tự nhiên đã được thấu hiểu từ những thời đại xa xưa, và những gương mặt của thời Phục Hưng như Galileo, Kepler và Tycho Brahe đã gọt giũa và lượng hóa khối tri thức này một cách cẩn trọng thông qua phép quan sát thực nghiệm. Nhưng Newton đã vượt lên trên cả việc quan sát tính quy luật để nhận diện được những mối liên hệ toán học vốn đơn giản, lúc nào cũng áp dụng được và cùng lúc

-
1. Tác phẩm *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* của Newton được tái bản thường xuyên. Ví dụ xem I. Newton, bản dịch của I.B. Cohen và A. Witman, *The Principia: The Mathematical Principles of Natural Philosophy* (U. of California Press, Berkeley, CA, 1999). Cũng có nhiều cuốn tiểu sử về Newton và các tuyển tập về những công trình của ông đã được xuất bản. Xem R.S. Westfal, *The Life of Isaac Newton* (Cambridge U. Press, Cambridge, 1994); và B.I. Cohen, *Newton: Text Backgrounds Commentaries* (W.W. Norton, New York, 1996).

cắt nghĩa được những hành trạng nhìn bên ngoài có vẻ như không liên quan gì đến nhau. Những định luật chuyển động của Newton hóa ra lại được tín nhiệm đến mức cái gì tỏ ra không tương thích với chúng sớm muộn cũng trở thành một chỉ báo đáng tin cậy cho thấy sự sai lệch của quan sát. Những định luật này có những ứng dụng quan trọng trong kỹ nghệ, trong hóa học, trong thương mại và rốt cuộc trở thành nền tảng logic cho toàn bộ thế giới công nghệ của chúng ta. Không có gì đáng ngạc nhiên khi lời điệu ca bất hủ của Alexander Pope vẫn còn khiến mọi người nhỏ lệ:

*Tạo hóa và các luật của Tạo hóa đang ẩn mình trong đêm trường.
Chúa bèn phán: Hãy cho Newton ra đời! Và vạn vật bừng sáng.*

Ảnh hưởng to lớn của thuyết Newton không đến từ lời kiến giải đẹp đẽ của ông về quỹ đạo của các hành tinh và về thủy triều, mà chính là từ việc sử dụng những cái đó để chứng minh cho tính có giá trị hiệu lực của sự đều đặn và chính xác như một chiếc đồng hồ của vũ trụ - chứng minh ý niệm cho rằng vạn vật của ngày mai, ngày kia, và ngày kia được hoàn toàn xác định bởi vạn vật của ngay thời khắc này thông qua một tập hợp các quy tắc đơn giản, và khỏi cần thông qua *gì nữa hết*¹. Sự ăn khớp tuyệt vời về mặt lượng tính giữa những tính toán của Newton và những quan sát thực nghiệm được tiến hành với các hành tinh khiến người ta phải tuyệt đối tin rằng những quy tắc của ông là chính xác đối với các thiên cầu và điều bí ẩn của bầu trời đã có lời giải đáp. Tính đơn giản của những quy tắc

1. Thuật ngữ vũ trụ tuần hoàn ngày nay ở một mức độ nào đó mang ý nghĩa không tốt. Xem S. J. Goerner, *After the Clockwork Universe* (Floris, Edinburgh, 1999).



Biết bao năng lượng sáng tạo đã được bỏ ra để trắc nghiệm và khai thác những định luật của Newton.

này, sự hợp lý của chúng, và sự tương thích của chúng với những quan sát trên mặt đất từng được Galileo tiến hành, tất cả những cái đó đã khiến người ta nghĩ rằng chúng sẽ còn được áp dụng một cách phổ quát hơn rất nhiều – rằng chúng là chiếc máy đồng hồ. Điều này đã được xác nhận bởi những quan sát tiếp theo sau này. Trong suốt bốn thế kỷ với những thí nghiệm kỹ lưỡng, duy nhất chỉ có một trường hợp các định luật chuyển động của Newton bị vi phạm, được ghi lại ở kích thước nguyên tử, nơi mà những định luật của cơ học lượng tử thay thế những định luật của Newton.

Ta biết rằng những định luật của Newton hẳn phải vô cùng chính xác do đã có biết bao năng lượng sáng tạo được bỏ ra để trắc nghiệm và sử dụng chúng. Trắc nghiệm được chia làm nhiều hạng kiểu. Một trong số đó là quan sát kỹ lưỡng chuyển động của các thiên thể. Những định luật của Newton không chỉ cắt nghĩa một cách chi tiết hình dạng và lịch sử của những quỹ đạo của các hành tinh, mà

còn tiên đoán một cách chính xác tác động của mặt trời lên quỹ đạo của mặt trăng, tiên đoán một cách chính xác đường đi phức tạp của các tiểu hành tinh và các sao chổi¹, cũng như sự ổn định của các vành đai tiểu hành tinh. Việc Thiên vương tinh có vẻ như không tuân theo các định luật Newton đã dẫn đến sự khám phá ra Hải vương tinh và Diêm vương tinh². Một kiểu thử nghiệm khác là việc nghiên cứu và chế tạo những đồng hồ cơ chính xác, từ chiếc đồng hồ quả lắc nguyên bản của Huygens và những thế hệ sau của nó cho tới chiếc đồng hồ đếm bằng bánh đà³, rồi tới bộ dao động thạch anh được sử dụng trong những chiếc đồng hồ đeo tay hiện đại [đồng hồ quartz].⁴ Một cách khác là dựa trên nguyên lý của con

1. Việc các sao chổi chuyển động trong một quỹ đạo hình ellipse và quay lại định kỳ đã được Edmund Halley khám phá, ông đã sử dụng cơ học Newton để tiên đoán sự trở lại của sao chổi và các sao chổi đó giờ đây mang tên ông. Xem C. Sagan và A. Druyan, *Comet* (Ballantine, New York, 1997). Tài liệu tham khảo gốc về khám phá của Halley là E. Halley, *Phil. Trans. Royal Soc. London* 24, 1882-1899 (1705).
2. Quỹ đạo Hải Vương tinh (Neptune) được Adams và Leverrier tiên đoán và được Galle tìm ra. Xem S. Drake và C. T. Kowal, *Scientific American* 243, 52 (1980); và P. More, *The Planet Neptune* (Wiley, Chichester, 1988). Diêm Vương tinh (Pluto) được Percival Lowell tiên đoán và được Clyde Tombaugh tìm ra vào năm 1930. Xem S. A. Stern và D. J. Tholen, *Pluto and Charon* (U. of Arizona Press, Tuscon, 1998).
3. John Harrison đã phát minh ra đồng hồ bấm giờ hàng hải đầu tiên vào năm 1759 và gọi nó là H-4. Về bản chất nó là một cái đồng hồ lớn, đường kính 10cm với lò xo là dải lưỡng kim. Nó được kiểm tra lần đầu tiên vào năm 1762 trong chuyến đi 6 ngày từ Anh tới quần đảo Caribe. Sai số được ghi nhận khi tới Jamaica chỉ là 5 giây. Sai số về kinh độ tương ứng là 1.25 phút hoặc sai số hàng hải tuyệt đối là 30 dặm. Harrison đã dễ dàng giành chiến thắng trong cuộc thi kinh độ được tài trợ bởi Hội đồng kinh độ London. Vì những lý do phức tạp, hội đồng chỉ trả cho ông một phần tiền trong tổng số 20 nghìn bảng giải thưởng và vua George III đã phải can thiệp thay mặt cho Harrison để số tiền còn lại được giải ngân. Một trong những chiếc đồng hồ bấm giờ đầu tiên của Harrison đã đi cùng với thuyền trưởng Cooke trong chuyến hành trình thứ hai của ông (3 năm) kết thúc vào năm 1776. Cooke đã gọi chiếc đồng hồ bấm giờ đó là “người hướng dẫn trung thành của chúng ta xuyên suốt những biến đổi thất thường của thời tiết”. Xem D. Sobel, *Longitude* (Walker and Co., New York, 1995).
4. Một cuộc thảo luận thú vị về đồng hồ nguyên tử có thể được xem trong C. Audoin, B. Guinot and S. Lyle, *The Measurement of Time* (Cambridge U. Press, Cambridge, 2001).

quay hồi chuyển [gyroscope], dựa trên công nghệ la bàn hồi chuyển và của bộ thăng bằng hồi chuyển được thiết kế theo nguyên lý đó¹. Những ý tưởng của Newton được sử dụng trong việc chế tạo máy móc và thiết kế các tòa nhà cao tầng chịu được động đất, và những định luật này còn được hàm chứa trong các định luật điện học để rồi dẫn đến việc truyền tải năng lượng điện, đến các loại máy tính và đến vô tuyến điện.

Bất chấp những thành công của các định luật Newton và những tiến bộ kỹ thuật đã đạt được nhờ vào chúng, rất nhiều người vẫn thấy việc đó là khó chấp nhận. Nó công khai đi ngược lại với nhận thức theo lương năng thông thường của chúng ta về tính phức hợp của tự nhiên, và với niềm tin của chúng ta cho rằng không thể hoàn toàn định trước được tương lai, mà nó phụ thuộc vào sự lựa chọn cách ứng xử của chúng ta. Việc xem vũ trụ như một chiếc đồng hồ còn có vẻ như không nhất quán với kinh nghiệm sống hằng ngày, và có vẻ như sẽ mang lại những hệ quả không đúng đắn về mặt đạo lý. Ví dụ như nó là cái cớ để bạn có thể muốn làm gì ai thì làm và để tạo ra những thứ nguy hiểm tùy hứng, vì dẫu gì thì tự nhiên cũng chỉ là một cái gì mang tính cơ giới mà thôi. Nó còn có thể hợp lệ hóa một đức tin mù quáng vào logic. Ý tưởng này ban đầu tôi nghe được một cách rõ ràng là từ cha tôi đã lâu trong một cuộc trò chuyện quanh bàn ăn về thuyết định mệnh. Đến một đoạn, ông đâm ra cáu tiết với những nhận định ngốc nghếch chướng tai của lũ trẻ về thế nào là hiện thực, và có vẻ như không

-
1. *La bàn hồi chuyển đi biển đầu tiên được công ty của Hermann Anschütz chế tạo vào năm 1908 ở Đức, sử dụng những nguyên lý do Max Schuler phát triển. Elmer Sperry đã phát minh ra la bàn hồi chuyển rẻ hơn vào năm 1911, và ông cũng phát minh ra bộ thăng bằng hồi chuyển cho tàu. Xem T.P. Hughes, Elmer Sperry: Inventor and Engineer (John Hopkins U. Press, Baltimore, 1993).*

kiểm chế được nữa, ông đã cắt nghĩa logic học là một phương pháp có hệ thống để phạm sai lầm. Giờ đây khi đã trưởng thành, tôi mới hiểu ra được điều ông muốn nói. Thông qua những sự việc đau lòng từng chứng kiến khi còn hành nghề luật sư, ông biết rằng con người thường suy luận dựa trên sự giống nhau. Khi bảo một điều gì đó là bất hợp lý, ta thường ngụ ý rằng điều đó không giống như những cái mà ta đã biết. Logic thuần túy là một siêu cấu trúc rất gần gũi với cách suy luận tiện lợi nguyên sơ hơn này và do vậy mà vốn dễ bị sai lầm. Không may là ta lại cần đến sự chính xác logic tối đa khi gặp phải những trở ngại lớn nhất - khi phải đối mặt những điều mới mẻ không giống gì những điều mà chúng ta đã biết. Khả năng chuyên tâm liên tục với điều đó trong một thời gian dài là điều khiến Issac Newton, Albert Einstein khác biệt với chúng ta. Vì vậy, về vấn đề này cha tôi dẫu đúng, nhưng cũng chỉ một phần thôi. Đôi khi ta cần, và phải tin vào logic. Bằng chứng xác đáng chứng tỏ vũ trụ giống như một chiếc đồng hồ ngày càng được củng cố qua nhiều thế kỷ đã trở nên vô cùng vững chắc. Để có được câu trả lời cho những bí ẩn của sự sống, người ta phải nhìn vào một nơi nào đó khác chứ không phải là vào sự thất bại của ý tưởng này.

Bài toán học búa về thuyết tất định vật chất vào thế kỷ mười bảy khi môn vật lý mới được phát minh thậm chí còn gây phiền phức hơn bây giờ nhiều. Năm 1633, Galileo Galilei bị mang ra xét xử trước Tòa án Dị giáo Ý vì vi phạm một chỉ dụ được ban hành từ năm 1616 nghiêm cấm việc phổ biến thuyết vũ trụ học của Copernicus. Ông bị “tình nghi là người theo dị giáo”, một lời phán quyết nhẹ hơn chút đỉnh so với việc chính thức bị coi là kẻ dị giáo, và bị buộc phải công khai tuyên bố từ bỏ niềm tin cho rằng trái đất quay xung quanh

mặt trời¹. Giống như nhiều nhà khoa học lớn khác, Galileo có một nhân cách bất khuất. Ông rời ghế đại học mà không nhận bằng tốt nghiệp để theo đuổi những dự định trí tuệ riêng của mình, đó là tiến hành đo đạc mọi thứ, chứ không chỉ suy nghĩ về chúng. Sự nghiệp của ông đã thành công một cách sáng chói. Ngày nay ta biết đến Galileo phần lớn nhờ những phát minh của ông về kính thiên văn và những phát hiện của ông nhờ vào nó, ví dụ như những vết đen của mặt trời và các mặt trăng của Mộc tinh², nhưng đóng góp sâu sắc hơn của ông lại là việc đã vạch rõ những hạn chế cơ bản trong cách tiếp cận khoa học không mạch lạc của Aristotle, và chủ trương là cần phải có sự chính xác toán học. Trong cuốn *Nhà Thực Nghiệm* của mình xuất bản năm 1623, Galileo đã nói rằng cuốn Sách của Tự nhiên đã “được viết bằng ngôn ngữ của toán học”. Thật không may, trong tác phẩm này Galileo đã quá nhiệt thành bênh vực cho thể giới quan tất định luận của mình đến mức không còn chỗ trống nào cho sự can thiệp của thần thánh, và tệ hơn nữa là nó lại ngụ ý quảng bá ý tưởng cho rằng con người có thể hiểu và chế ngự được thần thánh. Ông bị lên tố cáo với Tòa Dị giáo là trong cuốn *Nhà Thực Nghiệm* ông đã có những lời lẽ thóa mạ đối với môn thần học về Bí tích Thánh thể, nhất là lại có ý thóa mạ học thuyết biến đổi bản thể. Nhưng trớ trêu thay, cuốn sách lại được Galileo đề tặng cho người bạn chí cốt của mình là đức Hồng y Maffeo Barberini, nhân

-
1. S. Drake, *Galileo at Work: His Scientific Biography* (U. of Chicago Press, Chicago, 1978).
 2. Kính thiên văn được phát minh ra tại Hà Lan. Chính quyền nhân dân ở Hague đã thảo luận vào tháng 10 năm 1608 về ứng dụng phát minh của Han Lipperley đối với việc sử dụng của kính thiên văn công suất thấp như ông nhòm xem hát. Trong vòng một năm, kính thiên văn đã có bán tại Paris. Kính thiên văn vũ trụ đầu tiên được Galileo tạo ra vào năm 1609. Sử dụng nó, ông đã tìm ra các mặt trăng của Mộc tinh và thấy được những dải tinh vân của các ngôi sao. Xem H. King, *The History of the Telescope* (Griffin, London, 1955).

dịp ông này được cử làm Giáo hoàng Urban VIII vào năm 1623¹. Tình hình lên đến tột đỉnh vào năm 1632 khi Galileo cho xuất bản công trình lớn nhất của ông nhan đề *Cuộc Đối thoại giữa hai Hệ thống Thế giới chính*, một cuộc công kích khoa học lỗi lạc và mang tính hủy diệt đối với vũ trụ Ptolemy². Nghe theo lời khuyến dụ cho rằng những luận cứ trong công trình này quá sắc bén và thuyết phục đến mức có thể coi là còn nguy hiểm hơn so với cả Calvin và Luther cộng lại, đức Giáo hoàng đã ra lệnh ngừng xuất bản cuốn sách và đưa Galileo ra tòa. Ông bị kết tội và tuyên án quản thúc tại gia ở Arcetri, một ngôi làng nhỏ thuộc ngoại ô Florence, nơi ông đã trú ngụ trong tám năm cho đến khi qua đời.

Không có Galileo thì công trình của Newton có lẽ đã chẳng ra đời. Gần như tất cả những ý tưởng vật lý cơ bản của Newton - và những thí nghiệm hỗ trợ cho những ý tưởng đó - đều bắt nguồn từ Galileo. Galileo là người đầu tiên nhận ra rằng các vật thể không hề cần đến một tác nhân bên ngoài nào để làm cho chúng chuyển động như kiểu Aristotle đã nghĩ cả, mà chúng sẽ chuyển động với vận tốc không đổi trên những quỹ đạo thẳng nếu như không bị ngoại lực tác dụng. Galileo cũng đã phát minh ra ý tưởng về vận tốc xem như một vector, một đại lượng gồm cả độ lớn và hướng. Ông cũng phát minh ra ý niệm về quán tính, sức ỳ tự nhiên của một vật thể nhằm chống lại sự thay đổi chuyển động của mình, và ông cũng là người đầu tiên xác định tác nhân làm thay đổi chuyển động chính

-
1. Có một vài ấn phẩm hay về việc xét xử và bỏ tù Galileo vì tội dị giáo. Xem P. Redondi, *Galileo Heretic* (Princeton U. Press, Princeton, 1987). Một cuộc tranh luận đặc biệt có chiều sâu có thể tìm thấy trên website của Đại học Quốc tế Thiên chúa giáo: W. E. Carroll, *Galileo: Science and Religion*, <http://www.catholicity.com/school/icu/c02907.html>.
 2. *Galileo Galilei, Dialogue Concerning the Two Chief World Systems* do S. Drake biên dịch (U. of California Press, Berkeley, 1967)

là lực, một thứ khiến cho tốc độ thay đổi gia tăng từ thời điểm này tới thời điểm khác, sao cho vận tốc cứ sau một giây tính từ thời điểm này sẽ là vận tốc ở thời điểm hiện tại cộng với một số gia mà số gia ấy phụ thuộc vào độ lớn của lực.

Cho dù thế nào thì trong cuộc chia phần này, Issac Newton cũng đã giành phần danh tiếng lớn nhất trong việc phát minh ra môn vật lý học hiện đại vì ông đã khám phá ra cách tổng hợp tất cả các ý niệm lại thành một tổng thể toán học nhất quán. Newton sinh đúng vào ngày lễ mừng Giáng Sinh năm 1642, năm mất của Galileo¹. Cũng như Galileo, Newton cũng là một nhân cách bất khuất không ưa thích quyền uy. Ông viết nguệch ngoạc vào lề một quyển vở ghi chép của ông tại Cambridge một dòng chữ bằng tiếng La Tinh như sau: “Amicus Plato, amicus Aristoteles; magis amica Veritas.” (Plato là bạn tôi, Aristotle là bạn tôi, nhưng chân lý là người bạn tốt hơn cả). Giống như bao thanh niên cầu tiến vào thời đó, ông đã bị môn thiên văn học mới mẻ cuốn hút và đã say sưa nghiền ngẫm những tác phẩm của Galileo và Kepler. Chúng ta hàm ơn những khám phá của Newton có lẽ cũng không kém phần hàm ơn trận Đại Dịch đã khiến ông phải ru rú trốn ở nhà tại Lincolnshire giữa những năm 1665 và 1667. Tại đó, có lẽ với thời gian quá rảnh rỗi, ông đã phát minh ra toán giải tích, một trong những bước đột phá quan trọng cần thiết cho việc giải thích những quan sát của Kepler về quỹ đạo

1. *Liệu tuyên bố đó có đúng không vẫn còn để ngỏ. Tại thời điểm đó, nước Ý đã chuyển sang sử dụng lịch hiện đại do giáo hoàng Pope Gregory XIII đề xướng, nhưng nước Anh vẫn sử dụng lịch của Julius Caesar. Do đó mặc dù chúng nhận ngày sinh của Newton và ngày chết của Galileo đều vào năm 1642 nhưng theo lịch của giáo hoàng Pope Gregory, Newton được sinh vào 4 tháng 1 năm 1643 trong khi Galileo chết ngày 4 tháng 1 năm 1642, còn theo lịch của Julius Caesar những ngày đó tương ứng là 25 tháng 12 năm 1642 và 4 tháng 1 năm 1643. Xem trang web <http://home.att.net/~numerica/answer>.*

các hành tinh - sự chuyển động của chúng trên một mặt phẳng, dạng elip hoàn hảo của chúng với mặt trời là một tiêu điểm, những sự gia tốc và giảm tốc kỳ diệu của chúng dẫn đến việc các hành tinh quét những diện tích bằng nhau trong một khoảng thời gian như nhau, những mối liên hệ toán học chính xác giữa kích thước của quỹ đạo và chu kỳ của nó. Với những ký hiệu giải tích, Newton đã có thể viết ra giấy những quy tắc về chuyển động của Galileo một cách đơn giản, bằng những phương trình chính xác, giải được, và qua đó có được một mô tả đúng đắn về sự chuyển động của một vật thể tương ứng với các lực tác dụng lên nó. Với những công nghệ toán học ấy và với việc đưa thêm ra một giả thuyết - cho rằng khoảng cách càng lớn thì lực hấp dẫn càng yếu dần đi theo một kiểu nào đó - ông có thể chứng minh rằng những quan sát của Kepler là thực sự phù hợp với những quy tắc của Galileo và không hề là những hiện tượng độc lập¹. Điều này đến lượt nó lại cho phép ông xuất phát từ những quan sát cực kỳ chính xác của Kepler để lập luận rằng các quy tắc do Galileo đưa ra là rất đúng đắn. Galileo đã hoàn toàn bỏ sót điểm này. Ông không biết đến những định luật của Kepler, mặc dù lúc ông đang còn sống chúng đã được khám phá và đã có sự quan tâm đến toàn bộ ý tưởng về lực hấp dẫn phổ quát, xem nó như một điều “huyền bí”. Số phận dường như đã định sẵn rằng Galileo sẽ phải dẫn dắt đoàn người của mình tới Miền Đất Hứa, nhưng bản thân ông thì không được phép bước vào.

Một trong những điều tệ hại lớn nhất chúng ta đã làm với học sinh là truyền dạy cho họ rằng định luật vật lý phổ quát là cái gì đó buộc phải đúng một cách hiển nhiên, và do đó hiển nhiên là có

1. J. B. Brackenridge, *The Key to Newtonian Dynamics: The Kepler Problem and (U. of California Press, Berkeley, 1995).*

thể học thuộc lòng. Điều đó thật kinh khủng xét trên nhiều bình diện, mà có lẽ tệ nhất là làm mất đi bài học rằng phải chiến đấu, phải chịu hy sinh và thiệt thòi lớn để có được những gì có ý nghĩa. Thái độ tự hài lòng đến mức tự mãn này cũng đi ngược lại với quan điểm đã mang lại những ý niệm mới mẻ và đẹp đẽ tới với thế giới, mang đến cho thế giới nói chung những ý nghĩa lớn lao. Thực vậy, sự hiện diện của định luật vật lý là một điều đáng kinh ngạc biết bao, và lẽ ra nó phải khiến những đầu óc có suy xét phải hoang mang ngỡ ngàng như những gì đã xảy ra hồi thế kỷ mười bảy, khi lần đầu tiên nó được khoa học lần mò giải thích. Ta tin vào định luật vật lý phổ quát không phải vì nó nhất thiết phải đúng, mà bởi những thí nghiệm có độ chính xác cực cao đã không cho ta một sự lựa chọn nào khác.

Chẳng hiểu vì sao gần đây tôi lại bỗng cảm thấy lo âu về vấn đề này nhân một chuyến dã ngoại bằng xe hơi cùng gia đình. Tôi hỏi con trai mình, vốn đang học vật lý ở trường trung học, rằng có bằng chứng gì cho thấy các định luật của Newton là đúng không. Là một cậu bé hiền lành và khá nhạy cảm, con trai tôi phải miễn cưỡng nhận thấy rằng những điều cậu ta đang nói là không ăn nhập gì, nên cậu có vẻ lúng túng một chút, lăm bắm gì đó tôi không rõ, rồi im lặng. Tôi làm rõ câu hỏi bằng cách hỏi cậu xem những thí nghiệm nào là những thí nghiệm có tính then chốt. Im lặng vẫn kéo dài. Cái khoảnh khắc hài lòng đó là một hiệu ứng di truyền chung mà các bậc cha mẹ tạo ra để khiến bọn trẻ có lý do ghét họ. Lúc ấy tôi hoàn toàn ý thức được rằng con trai tôi không biết câu trả lời, và thế tôi đã cố gọi chuyện bàn kỹ về quỹ đạo của các hành tinh - và rốt cuộc tôi cũng đạt được ý muốn. Tôi có lý do để tin rằng, thế là câu chuyện đã có kết quả tích cực đối với con mình, nhưng ai mà biết được thế nào khi mọi chuyện còn chưa đến hồi ngã ngũ.

Định luật vật lý phổ quát là một tảng băng trôi mà hằng số vật lý chính xác chỉ là cái phần nhỏ nhô lên khỏi mặt nước mà thôi. Cả hai đều là những khía cạnh của cùng một hiện tượng vật lý nhưng định luật vật lý là khái niệm mang tính bao hàm hơn rất nhiều. Ở các nước vùng Viễn Đông nơi tôi hay lui tới, tôi ưa cất nghĩa điều này bằng cách so sánh nó với hai phái Phật giáo là Nam Tông¹ và Đại Thừa². Với phái Nam Tông, người ta giới hạn sự chú tâm vào những pháp môn [những bài giảng. ND.] bảo thủ của một số tông phái nhất định nào đó trong lịch sử. Với phái Đại Thừa, hoặc là “cỗ xe lớn”, người ta không chỉ quan tâm tới những pháp môn đó, mà còn tới rất nhiều hàm ý của chúng. Một hằng số phổ quát là một phép đo cho ra kết quả giống nhau trong tất cả các lần đo. Một định luật vật lý là một *mối liên hệ* giữa các số đo giống nhau có được trong tất cả các lần đo. Trong trường hợp các định luật chuyển động, chẳng hạn như của Newton, đó là mối liên hệ giữa các phép đo ở các thời điểm khác nhau. Và do đó, khi giờ đây ta đo một số đại lượng nào đó, ta không cần đo lại chúng trong tương lai nữa (với giả định rằng chúng không bị đảo lộn), vì giá trị của chúng chắc chắn đã được xác định. Trong khi bàn luận về các định luật, ta thường bàn đến những phương trình chính xác thay vì những giá trị chính xác, nhưng ý tưởng cốt lõi thì vẫn giống nhau. Tính chính xác là điều quyết định. Giống như những phép đo chính xác mang tính phổ quát, ta có xu hướng phân loại các định luật trong đầu mình thành hai loại định luật có nguồn gốc hoặc vi mô hoặc tập thể và sử dụng từ *cơ bản* để miêu tả cả hai. Cũng giống như với các hằng số, ta nhận thấy rằng

1. Còn gọi là Trường Lão Thuyết Bộ hay Thượng Tọa Bộ, ND.

2. Bài tổng quan về đạo Phật (cho người phương Tây) xem D. C. Conath, *Buddhism for the West: Theravada, Mahayana, and Vajrayana* (McGraw-Hill, New York, 1974).

sự khác biệt giữa hai cái đó có xu hướng biến mất khi các thực nghiệm thí nghiệm được khảo sát một cách kỹ lưỡng.

Theo năm tháng, khi danh sách những thành công của các định luật Newton cứ dài ra mãi, chúng dần bắt đầu được áp dụng một cách đầy võ đoán, khác xa với cách áp dụng rất dè dặt lúc ban đầu. Chiến thuật mới là: giả định rằng các định luật Newton vẫn sẽ đúng trong các trường hợp mà người ta không thể kiểm chứng trực tiếp được, ta tính toán các đặc tính vật lý dựa trên sự giả định đó, và sau đó xuất phát từ sự trùng hợp với thực nghiệm để lập luận rằng những giả định ban đầu là đúng đắn. Ví dụ, lý thuyết động học chất khí đã giả định rằng khí được tạo thành bởi những nguyên tử tuân theo các định luật của Newton với lực đẩy tầm ngắn khiến chúng va chạm với nhau tựa như những viên bi-a. Thế rồi người ta lại thấy rằng những nguyên tử huyền thoại sau khi va chạm với nhau có khuynh hướng chuyển động hỗn loạn một cách ngẫu nhiên - mà bất kỳ ai chơi bi-a cũng đều biết rõ. Xu hướng đó được gọi là nguyên lý hỗn độn và là nguồn gốc gây ra sự thất thường khó dự đoán của thời tiết¹. Sau khi chuyển động hỗn loạn, đám bi hỗn độn trên bàn bi-a lại đua tranh một cách đẹp mắt để có được hành trạng của khí loãng, y hệt như những bổ chính cho định luật khí lý tưởng khi mật độ khí tăng do có sự tương tác giữa các nguyên tử. Vậy nên ta mới bảo rằng lý thuyết động học đã “cắt nghĩa” được định luật về khí lý tưởng - có nghĩa là nó giải thích được nguồn gốc của định luật đó. Nhưng cách suy luận này có một kẻ hở rất hiển nhiên về

1. Điều hay nhất trong những cuốn sách bàn về hỗn độn là về những người tìm ra nó: E. N. Lorentz, *The Essence of Chaos* (U. of Washington Press, Seattle, 1994). Xem thêm J. Gleick, *Chaos: Making a New Science* (Penguin, New York, 1998); và G. P. Williams, *Chaos Theory Tamed* (Joseph Henry Press, Washington, D. C., 1994).

mặt logic, đó là, hành trạng mà người ta dùng để trắc nghiệm cho các giả thuyết lại cũng rất có thể là một hiện tượng tập thể phổ quát. Trong trường hợp như thế thì về cơ bản phép đo không thể nhạy cảm được đối với những giả thuyết vi mô, chẳng hạn như với sự tồn tại của các nguyên tử, và do đó những giả thuyết này hoàn toàn không thể được trắc nghiệm. Đó là một phép tam đoạn luận giả tạo: Thượng Đế là tình yêu, tình yêu thì mù lòa, Ray Charles bị mù, vậy Ray Charles là Thượng Đế¹. Rủi thay, với những lý thuyết nói trên, sự việc lại là đúng như vậy. Ở cấp độ kích thước nguyên tử, các định luật của Newton hóa ra là sai.

Vào đầu thế kỷ 20, người ta đã khám phá ra rằng, nguyên tử, phân tử, và các hạt dưới nguyên tử được đặc trưng bởi những định luật của cơ học lượng tử - những quy tắc quá khác với những quy tắc của Newton đến mức các nhà khoa học đã vật vã để tìm ra những câu chữ thích hợp nhằm mô tả chúng. Ở thang kích thước này, các định luật của Newton đã đưa ra những tiên đoán sai về căn bản, ví dụ như việc tiên đoán rằng ở nhiệt độ không thì nguyên tử sẽ có kích thước bằng không và các vật rắn sẽ phải có nhiệt dung khổng lồ, mà trên thực tế thì đâu có như vậy. Một chùm nguyên tử heli chiếu vào bề mặt nguyên tử chất rắn hoàn hảo không bị bật trở lại theo mọi hướng như các định luật của Newton đã tiên đoán, mà bị nhiễu xạ thành cầu vồng giống như hành trạng của một chùm tia sáng². Các nguyên tử chẳng hề giống những viên bi chút nào mà lại

-
1. Suy luận đặc biệt nhưng không đúng này đến từ trang chủ của đại học Golden Gate: http://internet.ggu.edu/university_library/iff/false_syllogisms.
 2. Đối với những cái nhìn khái quát về hiện tượng nhiễu xạ của nguyên tử Heli trung hòa trên bề mặt, xem G. Scoles, ed., *Atomic and Molecular Beam Methods*, Vols. I and II (Oxford U. Press, New York, 1992); and D. P. Woodruff and T. A. Delchar, *Modern Techniques of Surface Science* (Cambridge U. Press, New York, 1994). Tài liệu tham khảo gốc về phát

là các sóng; rồi các thành phần của nguyên tử cũng vậy, chúng kết lại với nhau tạo thành nguyên tử, giống như kiểu sóng nước lẫn lẫn kết lại với nhau để thành sóng cồn¹.

Vậy là hóa ra những định luật thần kỳ của Newton lại mang tính đột sinh. Chúng chẳng lấy gì làm cơ bản cả mà chỉ là hệ quả của sự kết tập của vật chất lượng tử thành các thể lỏng và các thể rắn vĩ mô - một hiện tượng tổ chức mang tính tập thể. Chúng là những định luật được khám phá đầu tiên và đã mang lại sự tồn tại cho kỹ nguyên công nghệ, và chúng cũng đúng và chính xác như bất kỳ điều gì chúng ta biết trong vật lý - nhưng khi được khảo sát kỹ lưỡng thì chúng biến vào hư vô. Thật ngạc nhiên là hình như một số các nhà vật lý vẫn còn phủ nhận điều này. Tới tận giờ này họ vẫn còn tổ chức những hội nghị về chủ đề ấy và nói đi nói lại chuyện các định luật của Newton như là sự “gần đúng” của cơ học lượng tử, có giá trị hiệu lực đối với các hệ có kích thước lớn - mặc dù cho đến giờ vẫn chưa có một sơ đồ gần đúng nào được tìm ra. Nhu cầu muốn xem những định luật của Newton như những định luật mang tính đột sinh trong giới hạn vĩ mô đã được đặt tên thánh là “*nguyên lý tương ứng*” trong những ngày tháng khi cơ học lượng tử còn non trẻ, và đã được sử dụng như một điều kiện bắt buộc để hiểu được phép đo lượng tử. Những ý niệm phi logic một cách trầm trọng (và phần nào sai lầm) về thuyết bất định lượng tử còn

minh ra sự nhiễu xạ của nguyên tử xem I. Estermann and A. Stern, Z. Physik 61, 95 (1930). Xem thêm trang web <http://sibener-group.uchicago.edu/>.

1. *Đối với bài tổng quan toàn diện về nhiễu xạ electron xem L. M. Cowley, ed., Electron Diffraction Techniques (Oxford U. Press, New York, 1992). Tài liệu tham khảo tổng quát phát hiện về nhiễu xạ electron xem C.J. Davisson and L.H. Germer, Phys. Rev. 30, 705 (1927). Đối với thảo luận về những kỹ thuật hiện đại xem A. Tonomura, J. Endo, T. Matsuda, and T. Kawasaki, Am. J. Phys. 57, 117 (1989).*

quanh quất với ta cho đến tận ngày nay chính là những hệ quả lộn xộn của quá trình đó. Nhưng nguyên lý tương ứng hiện vẫn chưa được chứng minh về mặt toán học.

Tôi lần đầu tiên biết được bản tính đột sinh của các định luật Newton là từ bài tiểu luận nổi tiếng của P.W.Anderson nhan đề *More Is Different [Nhiều hơn có Nghĩa Là Khác biệt]*. Sau khi suy nghĩ rất lung về việc tại sao khi kim loại bị làm lạnh tới những nhiệt độ rất thấp lại bộc lộ sự chính xác kỳ lạ về tính siêu dẫn, Anderson đã nhận ra rằng nguyên lý tương ứng chính là trung tâm của tình trạng khó xử này. Nói một cách khác, thông qua sự chính xác của mình, hành trạng siêu dẫn đã phát lộ cho chúng ta thấy rằng *thực tại hằng ngày* chính là một hiện tượng tổ chức mang tính tập thể.

Cho nên có vẻ như cậu con trai tội nghiệp của tôi lúc đó đã bị bức hại về mặt trí tuệ. Đừng giận cha, Todd nhé.

CHƯƠNG 4

Nước, băng và hơi nước

Định luật là trật tự,
và định luật khả quan là trật tự khả quan.

Aristotle

Vào những ngày cuối tuần tháng Giêng, bao giờ ta cũng thấy có hàng đoàn xe tải kéo nhau chạy trên mặt các hồ nước đóng băng ở Minnesota để săn bắt cá¹. Đám lái xe ai cũng thừa biết làm vậy là nguy hiểm, nhưng vẫn liều mạng vì họ đã chán ngấy mùa đông và không thể cưỡng lại đầu óc lúc nào cũng nghĩ đến bọn cá thái dương nhỏ, bọn cá kìm và cá pecca đại đang ngóng đợi họ. Họ bịa ra đủ cớ để đi băng được, thậm chí còn phao lên rằng các bà vợ của họ rất khoái đánh vẩy và làm cá. Cũng nói dối cả thôi. Các bà vợ của họ chẳng ai ưa gì cá và lúc nào cũng lo lắng, đôi khi còn khiếp sợ về những chuyến đi đó. Họ cũng đành phải nhẫn nhịn chứ biết

-
1. Câu cá trên băng rất phổ biến, nhiều thông tin về hoạt động này có thể tìm thấy trên Internet. Ví dụ, xem trang web <http://www.icefishingworld.com> và <http://www.invominnnesota.com>. Xem thêm J. Capossela, *Ice Fishing: A Complete Guide, Basic to Advanced* (Countryman Press, Woodstock, VT, 1992).

làm sao bây giờ. Thế nhưng cũng lạ là nếu tính theo đầu lái xe thì số tai nạn cũng chẳng là bao. Theo Tim Smalley, chuyên viên về an toàn thuyền bè và sông nước của Cục Tài nguyên Thiên nhiên Minnesota, thì từ giữa năm 1976 đến năm 2001 chỉ có 117 trường hợp tử vong liên quan đến băng, trong đó 68% có liên quan đến xe cộ¹. Tất nhiên là băng rất cứng và nổi một cách đáng tin cậy - ít nhất là trong những mùa đông giá lạnh ở Minnesota, và miễn là người đi kiểm tra độ cứng và độ nổi của băng không say rượu.

Không chỉ những tài xế ở Minnesota mới có triệu chứng cuồng cabin, mà hằng ngày hằng giờ ai trong chúng ta cũng đều giao phó đời mình cho các trạng thái đông đặc - từ việc đứng trên băng tới việc mua đậu phộng tại độ cao 12 nghìn mét - mà không mấy băn khoăn. Theo kinh nghiệm, ta biết rằng vật chất đông cứng chỉ nếu đủ độ lạnh và khi đông cứng bao giờ nó cũng có hình dạng, kiểu dáng và lực đàn hồi để chống lại sự biến dạng. Không bao giờ có chuyện chất rắn đột nhiên mất đi tính rắn của mình để phản bội ta, mặc dù một sự nhích lên rất khiêm tốn của nhiệt độ - đôi khi là một phần nhỏ của một độ - cũng có thể làm được chuyện đó bằng cách khiến cho vật chất tan chảy. Trong hỏa ngục của lò luyện kim, kim loại có thể nhảy múa loạn xạ và bắn tung tóe, nhưng trong thế giới của ta thì nó lại rất đúng mực và rất đáng tin cậy.

Các thể của vật chất [hay các *pha*, ND.] - trong đó có những thể quen thuộc như thể lỏng, thể hơi và thể rắn - là những hiện tượng mang tính tổ chức. Nhiều người ngạc nhiên khi biết ra điều này vì các thể của vật chất dường như quá cơ bản và quen thuộc, nhưng quả đúng như vậy. Đặt niềm tin vào băng xem ra có vẻ giống với việc

1. Xem trang web <http://icefishingoutdoors.com/safety.html>, có thể liên lạc với ông qua Smalley hòm thư tim.smalley@dnr.state.mn.us hoặc trang web <http://dnr.state.mn.us>.

mua cổ phiếu của một công ty bảo hiểm hơn là mua vàng để trữ. Nếu vì sao đó mà cấu trúc tổ chức của công ty bị tan rã thì lập tức các khoản tiền đầu tư của mọi người sẽ mất tiêu, vì lúc này không còn một thứ tài sản vật chất nào để bảo đảm cả. Tương tự như vậy, nếu tổ chức của một vật rắn ở dạng tinh thể - một sự sắp xếp có trật tự của các nguyên tử thành một mạng lưới - bị tan rã thì tính rắn của nó sẽ biến mất vì đứng đằng sau nó cũng không còn một thứ tài sản vật chất nào để bảo đảm. Trong cả hai trường hợp nói trên, cái mà ta coi trọng chính là trật tự. Phần đông chúng ta chẳng ai muốn nghĩ mình đang giao phó cuộc sống cho một tổ chức cả, nhưng ta vẫn đang hằng ngày làm điều đó. Ví dụ nếu không có các nền kinh tế, cái vốn là những hiện tượng thuần túy mang tính tổ chức, thì nền văn minh ắt sẽ sụp đổ và tất cả chúng ta sẽ chết đói.

Mĩa mai thay, tính đáng tin cậy tuyệt vời của những hiện tượng liên quan đến các pha của vật chất đã khiến cho chúng trở thành những cơn ác mộng tồi tệ nhất của những người theo quy giản luận - giống như con dã nhân khổng lồ Godzilla được các nhà hóa học giải thoát để nghiền nát, thiêu trụi và nói chung là khủng bố thế giới đang yên lành của họ. Một hiện tượng phổ biến, đơn giản mà người ta thường xuyên gặp không thể phụ thuộc một cách quá nhạy bén vào những chi tiết vi mô. Một hiện tượng *chính xác*, ví dụ như tính rắn, không thể phụ thuộc chút nào vào những tiểu tiết. Hơn nữa, trong khi một số khía cạnh của các pha của vật chất là những khía cạnh phổ quát, do đó dễ dàng được dự đoán, thì một số khía cạnh khác, ví như pha của vật chất trong một số trường hợp nhất định, lại không như vậy - một trường hợp cực kỳ phức tạp minh chứng cho điều đó chính là nước bình thường. Theo con số thống kê gần đây nhất (con số tiếp tục tăng vì những khám phá mới), nước đóng băng bình thường biểu hiện mười một dạng tinh thể khác nhau, và

không một dạng nào trong số đó được tiên đoán một cách chính xác từ nguyên lý đầu tiên¹. Những dạng đó được biết tới với tên gọi nước-đóng-băng-I, nước-đóng-băng-II, v.v..., nhưng không nên nhầm lẫn chúng với nước-đóng-băng IX, một vũ khí hủy diệt hàng loạt được hư cấu một cách châm biếm trong tiểu thuyết *Cat's Cradle* [*Cái Nôi Mèo*] của Kurt Vonnegut.

Các pha của vật chất là một trường hợp nguyên sơ của hiện tượng đột sinh và được nghiên cứu khá kỹ, nó đã chứng tỏ một cách thuyết phục rằng tự nhiên có những tường ngăn giữa các thang: những quy tắc của thế giới vi mô có thể đúng một cách hoàn hảo nhưng lại không thích hợp với các hiện tượng vĩ mô, hoặc vì những cái ta đo đạc không ảnh hưởng gì tới chúng, hoặc vì những cái ta đo đạc lại gây ảnh hưởng tới chúng một cách quá mức. Kỳ lạ là cả hai điều nói trên lại có thể đúng cùng một lúc. Do đó hiện nay rất khó có thể tính toán từ con số không xem tại một nhiệt độ và áp suất cho trước thì nước đóng băng sẽ có dạng tinh thể nào, tuy nhiên ta lại không cần tính toán những đặc tính vĩ mô của một dạng cho trước nào, vì chúng hoàn toàn có chung một đặc điểm.

Khó khăn trong việc cắt nghĩa một cách rõ ràng làm thế nào để biết được là các pha của vật chất có tính tổ chức đã cho thấy vấn đề này nghiêm trọng đến đâu. Bằng chứng vẫn luôn luôn phức tạp, gián tiếp và lẫn vào với lý thuyết như cổ ý trên người - chẳng khác

1. Về tình trạng hiện nay của những tính toán dựa trên nguyên lý thứ nhất về tính chất của nước, xem T. R. Truskett and K. A. Dill, *J. Chem. Phys.* 117, 5101 (2002) và những tài liệu tham khảo trong đó. Người ta vẫn không biết toàn bộ giản đồ pha của nước, thậm chí trong cả thực nghiệm. Những tranh cãi này được mô tả trong C. Lobban, J.L. Finney, và W.K. Kuhs, *Nature* 391, 268 (1998). Xem thêm ở F. Franks, *Water: A Matrix of Life* (Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2000). Tài liệu tham khảo hữu ích trên Internet về giản đồ pha của nước bao gồm : <http://www.sbu.ac.uk/water/phase.html> và <http://www.cmmp.ac.uk/people/finney/soi/html>.

nào bằng chứng về tính ưu trội của sản phẩm trong quảng cáo xà phòng hoặc xe ô tô. Trong từng trường hợp thì nguyên do sâu xa lại nằm ở chỗ mối liên hệ logic giữa những cái mang tính nền tảng với kết luận lại không phải là quan trọng lắm. Một điều chúng ta biết chắc chắn là các chất rắn có dạng tinh thể là những mạng nguyên tử có trật tự - một sự thật được bộc lộ bằng việc tia X chiếu qua có xu thế bị lệch theo những góc nhất định - trong khi hiện tượng này không xảy ra đối với chất lỏng và chất khí. Chúng ta còn biết được rằng những hệ thống với một số lượng nhỏ các nguyên tử là những hệ thống bị chi phối bởi những định luật chuyển động đơn giản và mang tính tất định, ngoài ra không còn gì khác¹. Chúng ta lại còn biết rằng những nỗ lực để khám phá ra thang mà đến đó những định luật trên không còn áp dụng được hoặc bị thay thế bởi những định luật khác là những nỗ lực không thành công. Và cuối cùng chúng ta còn biết rằng, *về nguyên tắc*, những định luật sơ đẳng có khả năng phát sinh các pha và sự chuyển pha như những hiện tượng mang tính tổ chức². Vì vậy khi loại bỏ những sự phức tạp không giúp được gì đi thì người ta chỉ còn lại một luận cứ đơn giản như sau: những định luật vi mô là đúng và có lẽ chỉ có chúng mới là nguyên nhân gây ra các pha vật chất, do đó ta có thể cảm chắc là chính chúng đã gây các pha, mặc dù không thể chứng minh nó theo cách diễn dịch. Luận cứ này có thể tin được và tôi nghĩ rằng

-
1. Có quá nhiều tư liệu về hóa lý nên không có một tài liệu tổng quan tốt. Một tài liệu nhập môn tốt là W. J. Hehre, L. Radom, P. V. Schleyer, and J. Pople, *Ab-Initio Molecular Orbital Theory* (Wiley, New York, 1986). Một giáo trình nhập môn hay là cuốn A. M. Halpern, *Experimental Physical Chemistry* (Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1997).
 2. Biểu diễn nổi tiếng nhất của sự chuyển pha xuất phát từ các định luật đơn giản là lời giải Onsager của mô hình Ising 2 chiều. Nó được giải thích chi tiết trong K. Huang, *Statistical Mechanics* (Wiley, New York, 1963), p. 349ff. Tài liệu tham khảo gốc xem ở L. Onsager, *Phys. Rev.* 65, 117 (1944). Xem thêm ở B. Kaufmann, *Phys. Rev.* 76, 1232 (1949).

nó đúng, nhưng nó đưa lại một cảm giác lạ lùng khi ta sử dụng từ “gây ra” không theo cái nghĩa thông thường của nó. Người ta vẫn có quyền nói rằng các định luật hóa học là nguyên nhân “gây ra” sự tàn phá của thành phố Tokyo, nhưng sự thật thì chính con dã nhân Godzilla đã làm điều đó.

Tính đáng tin của luận cứ này khiến cho tổ chức pha có một ý nghĩa lớn lao mà lẽ ra nó không có được, vì phải trung thực mà nói rằng chuyện các pha của vật chất cũng chẳng lấy gì gây hào hứng. Nhìn từ góc độ thực tiễn thì chẳng có gì khác biệt nhiều lắm giữa một định luật đột sinh từ đâu đó và một phép màu, nhưng nếu nhìn từ góc độ triết học thì sự khác biệt đó lại rất sâu rộng. Sự đột sinh đại diện cho một thế giới bị chi phối bởi sự phát triển theo tầng bậc một cách có trật tự, còn cái kia là một thế giới bị chi phối bởi phép thuật. Trường hợp các pha của vật chất *chứng tỏ* rằng ít nhất có một số những điều kỳ diệu của thế giới này là mang tính tổ chức - và việc đó lại gợi cho ta nghĩ rằng mọi điều kỳ diệu đều như vậy cả. Đó là một trong những lý do vì sao mà ta luôn có xu hướng nghi ngờ những nguyên nhân siêu nhiên của vạn vật cho tới khi nào mà những nguyên nhân mang tính tổ chức bị thực nghiệm bác bỏ sạch sành sanh.

Có rất nhiều các ví dụ khác hằng ngày về sự chính xác được nảy sinh từ các pha của vật chất. Các chất lỏng, chẳng hạn, sẽ không bao giờ dung nạp một sự khác biệt nào hết về áp suất giữa điểm này với điểm kia, trừ những khác biệt do lực trọng trường gây ra. Đó là đặc tính chung của thể lỏng, không phụ thuộc vào việc chất lỏng được tạo nên từ cái gì. Điều này rất khó nhận ra, khiến đó là lý do vì sao nhà toán học Hy Lạp lừng danh Archimedes đã phải hét lên “Eureka!” khi phát hiện ra điều đó và trần như nhộng chạy ngoài

phổ ở Syracuse¹. Đó là nguyên lý đứng đằng sau nhiệt kế thủy ngân, đằng sau sự nổi của tàu thủy vỏ thép, và đằng sau các loại máy chạy bằng sức nước. Thể lỏng có một phiên bản điện tử, đó là việc kim loại cũng không dung nạp một sự khác biệt nào về điện thế. Đặc tính chính xác đó của kim loại chính là nguyên lý nằm đằng sau hiện tượng dẫn điện trong các dây dẫn, cũng như đứng đằng sau những quy tắc thực dụng, chẳng hạn như không được chạm vào các cột phát sóng khi chúng đang phát sóng. Cả chất lỏng và kim loại đều có các phiên bản đặc biệt ở một nhiệt độ thấp, đó là các chất siêu chảy và siêu dẫn, có những hành trạng chính xác vô cùng ấn tượng.

Tuy nhiên, nguyên mẫu đơn giản nhất của sự chính xác mang tính đột sinh là trình tự đều đặn của các mạng tinh thể, một hiệu ứng cơ bản dẫn đến tính rắn. Trật tự nguyên tử của các tinh thể có thể hoàn hảo ở những thang lớn đến ngạc nhiên - trong những mẫu rất tốt, chiều dài có thể đạt tới khoảng 100 triệu lần khoảng cách giữa hai nguyên tử liên tiếp². Từ đầu thế kỷ mười bảy người ta đã có ý nghi ngờ rằng trật tự nguyên tử chính là nguyên nhân của tính đơn giản và đều đặn của hình dạng các tinh thể³, nhưng mức độ hoàn hảo của trình tự này thì mãi cho đến khi môn tinh thể học sử dụng tia X được phát minh ra người ta mới biết đến.⁴ Chủ yếu

-
1. S. Stein, *Archimedes: What Did He Do Beside Cry Eureka?* (Math. Assn. Am., Washington, D. C., 1999).
 2. Đối với việc chuẩn hóa tia X, xem Yu. V. Shvy'ko et al., *Phys. Rev. Lett.* 85, 495 (2000) và các tài liệu tham khảo trong đó.
 3. Vào năm 1665, Robert Hooke đã quan sát rằng các tinh thể có thể là sự sắp xếp của các hạt nhỏ xíu giống hệt nhau của vật chất. Xem R. Hooke, *Micrographia* (Science Heritage Ltd., Lincolnwood, IL, 1987).
 4. Có rất nhiều tài liệu về tinh thể học tia X. Xem B. D. Cullity, S. R. Stock, and S. Stock, *Elements of X-ray Diffraction* (Prentice Hall, New York, 2001) và J. Als-Nielsen and D. McMorrow, *Elements of Modern X-Ray Physics* (Wiley, New York, 2001).

là từ sự chính xác của những phản xạ của tia X mà người ta suy ra được sự sắp xếp hoàn hảo, mặc dù nó cũng được phát hiện ra một cách gián tiếp thông qua những thí nghiệm về truyền tải, ví dụ như hiện tượng dẫn điện ở nhiệt độ thấp.

Để biết được hiện tượng kết tinh thần diệu đến như thế nào, ta hãy thử hình dung một trường học với mười tỉ em học sinh. Khi chuông hết giờ ra chơi vang lên, các giáo viên bắt bọn trẻ xếp hàng ngay ngắn trên một sân trường khổng lồ để chuẩn bị đưa chúng quay trở lại lớp học. Tuy nhiên bọn trẻ thì nghĩ khác, vì chúng bị buộc phải ngưng chơi và lại không thích học. Chúng không yên tay yên chân, trêu chọc lẫn nhau và chạy vòng tròn chơi trò đuổi bắt, trong khi các thầy cô ra sức giữ trật tự. Nếu không thực sự làm một thí nghiệm như vậy thì ta rất khó nói liệu trên sân trường có hình thành được một hình mẫu ổn định nào không, vì nếu chỉ với khoảng vài trăm học sinh thì hình mẫu rất dễ bị phá vỡ và thậm chí có thể nói là không thể có nổi. Nhưng ở thang khoảng một trăm nghìn đứa trẻ thì sự huyền ảo của riêng một lớp học nào đó có lẽ khó nhận ra được, cho phép ta nói rằng một tinh thể trẻ con dài một trăm cây số đã được hình thành.

Việc các nguyên tử trong tinh thể phải được sắp xếp một cách rất có trật tự không phải dễ nhận ra. Một là, điều đó không thường xuyên xảy ra. Ví dụ, nguyên tố heli luôn là chất lỏng cho dù ở nhiệt độ thấp bao nhiêu, tuy sẽ bị kết tinh nếu bị nén.¹ Làm kết tinh những

1. Có rất nhiều tài liệu về Heli lỏng. Ví dụ xem J. F. Allen, *Superfluid Helium* (Academic Press, Burlington, MA, 1966) và J. Wilkes, *The Properties of Liquid and Solid Helium* (Oxford U. Press, London, 1967). Tài liệu tham khảo gốc về sự khám phá hiện tượng siêu chảy của ^4He là P. Kapitza, *Nature* 141, 79 (1938). Đối với lý thuyết của hiện tượng siêu chảy trong ^4He xem I. M. Khalatnikov, *An Introduction to the Theory of Superfluidity* (Benjamin, New York, 1966) và D. Pines and P. Nozieres, *The Theory of Quantum Fluids* (Benjamin, New York, 1966).

chất vô định hình như thủy tinh và nhựa là điều cực kỳ khó khăn và thường chúng tồn tại ở trạng thái đông cứng hỗn độn bán ổn định¹. Rất khó có thể tiên đoán được loại protein nào sẽ kết tinh và loại nào không, mặc dù đây là vấn đề cực kỳ quan trọng đối với công nghiệp dược hiện đại². Dựa vào cấu trúc vi mô của chúng, người ta có thể phần nào dự đoán được những chất nào có thể kết tinh, nhưng trong những phân tích cuối cùng thì sự hoàn hảo của các mạng tinh thể chỉ là tự nó thể mà thôi. Lần thị trường chứng khoán bị sụp đổ vừa rồi, tờ *Thời báo Kinh tế* chỉ cắt nghĩa được rằng có sự “dịch chuyển diễn ra”, thể thôi. Nó cũng là cách mà ta cắt nghĩa tại sao các tinh thể không hình thành được.

Điều kỳ lạ nhất về trật tự của tinh thể là nó vẫn giữ nguyên khi nhiệt độ tăng. Nhiệt độ có thể được so sánh như lượng đường có trong máu của mười tí đứa trẻ trong ví dụ trên của chúng ta. Thậm chí trong các tinh thể hoàn hảo, một nguyên tử xét riêng ra vẫn luôn chuyển động và do đó ở bất kể thời điểm nào nó cũng luôn xê dịch một chút quanh vị trí lý tưởng của nó trong mạng; đó là ý nghĩa vật lý của nhiệt. Bằng chứng của những chuyển động đó thể hiện ở chỗ một phần của chùm tia X chiếu vào mẫu đo bị phản xạ với sự thay đổi nhỏ về bước sóng, y như khi chùm tia radar bật trở lại khỏi chiếc

-
1. Sự chậm lại của quá trình tinh thể hóa trong polymer và thủy tinh là một trong những điều làm cho chúng trở nên có ích. Nhưng cả hai đều bị tinh thể hóa. Xem J. Schultz, *Polymer Crystallization: The Development of Crystalline Order in Thermoplastic Polymers* (Oxford U. Press, Oxford, 2001) and I. Gutzow, *The Vitreous State: Thermodynamics Structure, Rheology, and Crystallization* (Springer, Heidelberg, 1995).
 2. Tinh thể học protein là một môn nghệ thuật mà phần lớn các nhà vật lý đều hiểu biết rất ít về chúng. Xem T. M. Bergfors, ed., *Crystallization of Proteins: Techniques, Strategies, and Tips* (International University of Line, La Jolla, 1998) và A. McPherson, *Crystallization of Biological Macromolecules* (Cold Spring Harbor Laboratory, Woodbury, NY, 1999).

máy bay đang bay¹. Nhưng có cái lạ là hiệu ứng đó không làm nhòe góc đặc trưng của các tia X bị lệch, mà nó chỉ làm giảm một phần cường độ của chùm tia bị lệch và tái phân phối chúng như một nền sương đều phẳng phát trong một bức ảnh chụp. Hiện tượng này xảy ra vì từ sự định vị một nguyên tử trong mạng ta có thể tiếp tục tiên đoán được vị trí của bất kỳ một nguyên tử nào khác - với một sai số nhất định. Sai số vị trí này không tích tụ lại. Điều đó khiến cho dù hàng ngũ bọn trẻ trông có vẻ lộn xộn ở mức độ một trăm đứa trẻ, nhưng với một triệu đứa trẻ thì trật tự được thiết lập một cách hoàn hảo. Ngược lại, trong pha lỏng, hình ảnh bị lệch nhòe đi vì những sai số về vị trí được tích lũy dần lên khiến khả năng dự báo mất đi ở khoảng cách đủ lớn. Các vị trí trong mạng của một chất rắn hiển nhiên vẫn có một ý nghĩa xác định ngay cả khi các nguyên tử không có mặt chính xác ở những vị trí ấy.

Sự chính xác của việc định vị ở những khoảng cách lớn trong mạng cắt nghĩa cho việc tại sao sự nóng chảy lại diễn ra đột ngột². Khả năng một nguyên tử tiên đoán được vị trí của một nguyên tử khác ở bất kỳ một khoảng cách nào không thể chỉ hiện diện một phần, giống như một người phụ nữ nào đó không thể mang thai một phần được. Khi đã có sự hiện diện của khả năng dự đoán thì theo một logic đơn giản, ta có quyền suy ra sự hiện diện của những đặc tính khác thường được gắn với các chất rắn, chẳng hạn như hình dạng hay độ đàn hồi. Do đó những đặc tính này chỉ có thể bị mất

-
1. Thông tin thêm về phát hiện ra chuyển động của nguyên tử bằng tán xạ không đàn hồi tia X, xem M. Holt et al., *Phys. Rev. Lett.* 83, 3317 (1999) và các tài liệu tham khảo trong đó.
 2. Không may, các tài liệu vật lý về chuyển pha mang tính chất kỹ thuật và không rõ ràng. Một số tài liệu tham khảo chính là H. E. Stanley, *Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena* (Oxford U. Press, London, 1997) and S. Sachdev, *Quantum Phase Transitions* (Cambridge U. Press, London, 2001).

đi bởi một đại họa mà thôi. Tiếc là người ta hay ngộ nhận về tầm quan trọng của tính chính xác đó đối với bản chất của trạng thái rắn. Phần lớn các chất rắn không hoàn toàn đều đặn - kể cả đối với những kim loại thật sự, mà những đặc tính kỹ thuật quan trọng của chúng phụ thuộc vào sự thiếu hoàn hảo về mặt cấu trúc và về mặt hóa học¹. Theo định nghĩa của các nhà lý thuyết thì một quả bowling bằng cao su nhân tạo lỡ rơi vào chân ai đó không có vẻ gì là rắn, nhưng chắc chắn nó có vẻ rắn nếu lúc ấy bạn đang ngồi trong phòng cấp cứu để đợi lên bàn mổ. Nhưng sự chuyển đột ngột từ thể rắn sang thể lỏng lại cho phép ta nói về những vật này như những pha vật chất khác biệt nhau đòi hỏi có sự sắp xếp trật tự. Ở thủy tinh hay ở các vật liệu polime, ví dụ như một quả bowling, không có sự chuyển pha đột ngột nào xuất hiện khi làm lạnh; do đó không thể có một thí nghiệm có nghĩa nào xác định được nó là chất rắn hay chỉ là chất lỏng có độ quán tính cao². Sự phân biệt ở đây mang đậm tính ngôn từ - thể nên những cuộc cãi vã về điều đó nhiều khi rất vô lối và căng thẳng. Về nguyên tắc thì một bài toán tương tự cũng có thể được đặt ra đối với những tinh thể có lẫn tạp chất, nhưng trên thực tế, hiện tượng gãy vỡ của sự chuyển pha thường khó nhận ra nên cũng không đáng để ý.

Ai đó nghi ngờ tính đúng đắn của những quá trình chuyển pha thì nên đến New England vào mùa đông, nơi nổi tiếng là có thời

-
1. Chủ đề về thực hành luyện kim rất rộng và phức tạp. Xem G. E. Dieter, *Mechanical Metallurgy* (McGraw-Hill, New York, 1986).
 2. Có rất nhiều sách về đề tài thủy tinh và sự hình thành thủy tinh. Ví dụ xem E.-J. Donth, *The Glass Transition: Relaxation Dynamics in Liquids and Disordered Materials* (Springer, Heidelberg, 2001). Tài liệu tham khảo kinh điển về trật tự trong các môi trường bất trật tự là S. F. Edwards và P. W. Anderson, *J. Phys. F* 5, 965 (1975). Xem thêm M. Mezard, G. Parisi, and M. A. Virasoro, *Spin Glass Theory and Beyond* (World Scientific, Singapore, 1986); và K. Binder and A. P. Young, *Rev. Mod. Phys.* 58, 801 (1986).

tiết thất thường. Thuở còn là sinh viên sau đại học, tôi sống chung nhà ở ngoại ô Boston nơi cuối một con ngõ cụt và luôn phải vật vả với những trận tuyết rơi đột ngột. Rồi một ngày bão tuyết ập đến. Tuyết rơi dày đặc suốt từ sáng sớm tới tận chín giờ tối, rồi ngay sau đó trời bỗng ấm lên và đổ mưa rào. Cơn mưa như trút hòa lẫn với tuyết trên mặt đất tạo thành bùn loãng, làm tắc hết các rãnh thoát và ngập lên tận lề đường các phố. Thế rồi đến khoảng ba giờ sáng, khi mọi người đang yên giấc thì khí lạnh từ bắc cực thổi về qua Canada khiến nhiệt độ giảm trở lại xuống dưới không độ và làm cho bùn trên đường phố đóng thành một lớp băng cứng dày đến tận mắt cá chân. Sáng ra, việc xúc tuyết trở nên vô nghĩa, và những chiếc xe không may đậu ở bên đường đêm qua bị chôn cứng. Người dân thành phố chịu khó đợi một tuần mà chẳng thấy tuyết tan đâu, đành bó tay đem cát đổ lên mặt băng. Nó cứ trở ra đó như một lớp bê tông bằng nước đá bắn thủ và trơn trượt cho đến tận mùa xuân, khi cuối cùng thì băng cũng tan.

Một khi người ta đã biết cần phải tìm hiểu điều gì thì bản chất có tổ chức của các pha, ngoại trừ pha rắn, đều có thể được dễ dàng chứng minh. Một trạng thái mang tính tập thể của vật chất được xác định một cách rõ ràng bởi một hay nhiều biểu hiện chính xác ở một khối kết tập lớn của vật chất, nhưng không chính xác hoặc không tồn tại ở một kết tập nhỏ. Vì những biểu hiện đó là chính xác, nên chúng không thể thay đổi một cách liên tục khi người ta thay đổi những điều kiện bên ngoài như nhiệt độ hay áp suất, mà chỉ có thể thay đổi một cách đột ngột tại điểm chuyển pha. Do đó dấu hiệu rõ ràng của một hiện tượng có tổ chức là sự chuyển pha đột ngột. Tuy nhiên, bản thân sự chuyển trạng thái chỉ là một triệu chứng. Cái quan trọng không phải là sự chuyển trạng thái mà là sự chính xác mang tính đột sinh cần thiết để tạo ra nó.

Sự nóng chảy và thăng hoa của băng báo hiệu sự kết liễu của trật tự tinh thể và một loạt các biểu hiện chính xác khác thay thế nó được biết đến với cái tên gọi tập thể là thủy động lực học¹. Các định luật thủy động lực học chung quy là một sự mã hóa toán học chính xác những cái mà ta liên tưởng một cách trực giác đến trạng thái lỏng, ví dụ như ý nghĩa của áp suất thủy tĩnh, khuynh hướng dễ chảy khi có chênh lệch áp suất, và các quy tắc về ma sát nhớt. Chưa có ai thành công trong việc xuất phát từ những nguyên lý đầu tiên suy diễn ra những định luật đó cả, mặc dù trong nhiều trường hợp người ta hoàn toàn có thể đưa ra những luận cứ có tính hợp lý cao. Cũng giống như đối với hầu hết những gì mang tính đột sinh, lý do ta tin tưởng ở chúng là vì ta quan sát thấy chúng. Không khác gì những định luật về tính rắn của các chất rắn, các định luật thủy động lực học cũng trở nên ngày càng chính xác hơn khi các thang chiều dài và thời gian được đo đạc tăng lên, và sẽ thiếu chính xác hơn trong giới hạn ngược lại. Sự đột sinh của định luật thủy động lực học ở những bước sóng dài đã cắt nghĩa vì sao âm thanh nén lại truyền được một cách phổ biến trong các chất lỏng và vì sao sức bền cắt của chất lỏng luôn bằng không. Việc những nguyên lý thủy động lực học không nhạy cảm tới những chi tiết cho phép những người lặn sâu dưới biển có thể tiếp tục nói chuyện với nhau, mặc dù với giọng của chú vịt Donald, khi nitơ trong hỗn hợp khí thở của họ được thay bằng heli.

Các chất lỏng đẳng hướng không chỉ là trái ngược với các chất rắn, mà nói cho đúng hơn, chúng là một trong nhiều khả năng lựa

1. *Giáo trình kinh điển về thủy động lực học* là L. D. Landau and E. M. Lifshitz, *Fluid Mechanics* (Addison-Wesley, Reading, Mass., 1959). Xem thêm H. Lamb, *Hydrodynamics* (Dover, New York, 1993).

chọn khả dĩ của các chất rắn. Ý nghĩa lớn lao nhất về mặt công nghiệp của chúng nằm ở việc các pha tinh thể lỏng đã trở thành yếu tố chủ đạo của các màn hình phẳng của máy tính và của đồng hồ đeo tay giá rẻ.¹ Chúng cũng được đặc trưng bởi việc không cho phép có ứng suất biến dạng giống trong các chất lỏng bình thường, nhưng đồng thời cũng không cho phép sự bất đẳng hướng dư có khả năng làm méo sự phân cực ánh sáng để đối ứng lại với những tín hiệu điện nhỏ. Một ví dụ khác là pha hexatic, một trạng thái với những đặc tính biến dạng giống như chất lỏng nhưng có bộ nhớ sáu chiều được hình thành khi các nguyên tử của khí hiếm đông đặc lại trong than chì.² (Khó phát hiện pha hexatic bằng thực nghiệm nên sự tồn tại của nó còn gây nhiều tranh cãi). Một ví dụ khác nữa là pha “không thể nén” xuất hiện trong từ trường, đối với những pha này chất lỏng không thể truyền được những âm thanh thông thường. Lại một ví dụ khác nữa là chất siêu rắn, một pha mang tính lý thuyết dưới dạng rắn nhưng lại chảy được, những quan sát thực nghiệm gần đây cho thấy sự tồn tại của những pha này.³ Những pha kỳ lạ đó rất hiếm, nhưng dù sao sự tồn tại của chúng cũng quan trọng vì chúng cho thấy những chất rắn, lỏng,

-
1. Tài liệu về tinh thể lỏng rất nhiều. Xem P. Yeh and C. Gu, *Optics of Liquid Crystal Displays* (Wiley, New York, 1999). Có thể tìm thấy thông tin thêm về pha nematic ở P. G. de Gennes, *The Physics of Liquid Crystal* (Oxford U. Press, New York, 1974); và <http://www.lassp.cornell.edu/sethna.OrderParameters/Intro.html>.
 2. Ý tưởng sự tan chảy của màng 2 chiều có thể khác với sự tan chảy thông thường được miêu tả trong J. M. Kosterlitz and D. J. Thouless, *J. Phys. C* 6, 1181 (1973). Việc pha sinh ra sau đó có thể khác với chất lỏng thông thường sau này đã được David Nelson, Bert Halperin và Peter Young đề xuất và mô tả kỹ lưỡng. Xem D.R. Nelson, *Phys. Rev. B* 18, 2318 (1978); A.P. Young, *ibid.* 19, 1855 (1979); D. R. Nelson and B. I. Halperin, *ibid.* 21, 5212 (1980). Những công trình thực nghiệm gần đây về pha hexatic có thể xem R. Radhakrishnan et al., *Phys. Rev. Lett.* 89, 076101 (2002) và các tài liệu tham khảo trong đó.
 3. Quan sát thực nghiệm của pha siêu rắn đối với ^4He gần đây đã được khẳng định bởi E. Kim và M. H. W. Chan, *Nature* 427, 225 (2004).

khí quen thuộc là những trường hợp đặc biệt của một cái gì đó chung hơn.

Đặc tính chính xác dùng để phân biệt pha lỏng của nước với hơi nước còn là một cái gì đó tinh tế hơn nhiều: đó là bề mặt phân cách giữa chúng. Nước và hơi nước có vẻ như cực kỳ khác nhau, nên khó có thể tưởng tượng được rằng tách chúng ra khỏi nhau là chuyện không dễ dàng, nhưng trên thực tế đôi khi lại đúng thế. Khi người ta tăng áp suất hơi nước ở phía trên của ấm đun nước (một hiệu ứng phụ của nó là làm tăng nhiệt độ sôi), bề mặt mờ đục của nước trở nên ngày càng khó nhìn thấy, và đến một áp suất tới hạn, nó biến mất. Ở mức áp suất cao hơn áp suất đó, chất lỏng và hơi mất đi những căn tính riêng biệt của mình và hòa vào nhau thành một pha duy nhất, đó là chất lỏng, vậy là không còn bề mặt nữa. Áp suất mà tại đó chất lỏng và hơi hòa với nhau rất có ích cho các kỹ sư vì những đặc tính giãn nở đặc biệt của hơi được người ta lợi dụng để làm cho các động cơ hoạt động sẽ phát huy tác dụng tối đa với áp suất ấy, ngoài ra thì nó cũng không thực sự có ý nghĩa lắm. Do đó, các hiện tượng mang tính đột sinh đánh dấu sự phân biệt giữa pha lỏng và pha hơi không phải là sự triển khai của trật tự mà là sự triển khai của bề mặt. Giống như mạng của một tinh thể rắn hoặc các định luật thủy động lực học trong chất lỏng, bề mặt này và những quy tắc chuyển động của nó càng ngày càng trở nên được xác định một cách rõ ràng với những phạm vi lớn xét về khoảng cách và thời gian, nhưng ý nghĩa của chúng lại bị mất đi ở giới hạn ngược lại. Đó là hiệu ứng mang đến cho chúng ta mây, mưa và biến động.¹

1. Đối với những tranh luận về mây và sự hình thành đám mây, xem B. J. Mason, *The Physics of Clouds* (Clarendon Press, Oxford, 1971).

Cho đến nay, hiệu ứng quan trọng nhất của tổ chức pha là làm cho các vật thể tồn tại. Điều này khá tinh tế và dễ dàng bị bỏ qua, vì ta đã quen với nếp nghĩ về sự rần rục trên cơ sở những khối cầu kiểu Newton xếp chặt với nhau. Thế nhưng nguyên tử lại không phải là những khối cầu kiểu Newton, mà là những thực thể cơ học lượng tử siêu phàm không hề cần tới đặc tính cốt lõi nhất trong tất cả các đặc tính mà một vật thể phải có - đó là một vị trí có thể xác định được. Đó là lý do tại sao những nỗ lực muốn mô tả các nguyên tử tự do theo lối Newton lại luôn dẫn đến những phát biểu vô nghĩa kiểu như: chúng không hiện diện ở đây mà cũng chẳng hiện diện ở kia, nhưng lại hiện diện đồng thời ở khắp mọi nơi. Chính sự kết tập lại thành những vật thể lớn đã khiến cho sự mô tả các nguyên tử theo kiểu Newton mang một ý nghĩa, chứ không phải ngược lại. Người ta có thể so sánh hiện tượng này với bộ phim chưa được khởi chiếu của Stephen Spielberg, trong đó vô vàn những bóng ma nhỏ xíu xiết tay với nhau và trở nên có một hình thể. Để điều đó có thể xảy ra, số lượng của chúng phải lớn khủng khiếp. Việc thuần túy lắp ghép các nguyên tử với nhau để tạo thành một phân tử rất lớn là chưa đủ. Chẳng hạn, fuleren - những phân tử có dạng hình quả bóng bao gồm 60 hoặc nhiều hơn các nguyên tử cacbon - là những phân tử gây nhiễu xạ rất tốt và do đó vẫn có thể coi là mang tính cơ học lượng tử về mặt đo lường.¹ Nhưng khi kích thước của mẫu vật lớn đến vô hạn thì sự khác biệt giữa chuyển động nội tại và chuyển động tập thể của toàn bộ vật thể lại trở nên *khác biệt về chất* - và chuyển động sau buộc phải tuân theo thực tại kiểu Newton. Ta phải từ bỏ cách nghĩ theo kiểu Newton về các nguyên tử là do một hiện

1. Nhiều xạ hình cầu bán kính lớn được M. Arndt và đồng sự miêu tả trên *Nature* 401, 680 (1999) và Brezeger et al, *Phys. Rev. Lett.* 88, 100404 (2002).

tượng mang tính đột sinh đã khiến cho sai lầm đó trở nên không còn quan yếu nữa. Tuy nhiên, điều đó chỉ đúng với chuyển động của vật với tư cách một toàn thể. Những dao động bên trong vẫn mang tính lượng tử.

Sự đột sinh mang tính tập thể của các vật thể chính là nguyên lý đứng đằng sau hiện tượng siêu lạ xảy ra trong những môi trường cực lạnh.¹ Giống như nhân vật Siêu Nhân trong một cuốn truyện tranh, chất heli siêu chảy có thể nhảy qua tòa nhà cao tầng chỉ bằng một cái nhún - hoặc chính xác hơn nữa là nó có thể tự bò lên thành cốc và thoát ra ngoài. Không giống như Siêu Nhân, nó có những đặc tính kỳ lạ và đáng ngờ đến mức chưa bao giờ những đặc tính đó được chấp nhận để công bố trên những tạp chí khoa học giả tưởng giật gân. Độ nhớt của chất siêu chảy này không chỉ nhỏ mà chính xác là bằng không, cho phép nó chui qua những nút chai xộp cứ như thể chảy ra khỏi những chiếc chai không có nút vậy và khi bình chứa có xoay tròn thì nó vẫn tiếp tục ở trạng thái hoàn toàn tĩnh. Tương tự như thế, các chất siêu dẫn cũng cho dòng điện chạy qua mà không có sự hao tổn do điện trở, và khi quay thì tạo ra từ trường vì chỉ có hạt nhân nguyên tử chuyển động chứ các electron thì không.

Tính siêu dẫn và siêu chảy là những phiên bản lỏng của tính rắn tinh thể lý tưởng. Điều này không hề rõ rệt chút nào, nhất là vì chúng xuất hiện như một hiện tượng “lượng tử” đặc biệt, không giống bất kỳ hiện tượng nào trong thế giới Newton, đúng như kiểu thủy động học tại nhiệt độ không cũng vậy, nhưng điều đó là không đúng. Ở đây người ta muốn ám chỉ đến tính chính xác. May mắn thay, trật tự siêu chảy tuy kỳ cục như vậy nhưng cũng đơn giản nên không

1. P. W. Anderson, *Basic Notions in Condensed Matter Physics* (Addison-Wesley, New York, 1984).

khó hiểu lắm. Bạn có thể miêu tả nó như là một bể chứa các con ma nhỏ chập chồn đi xuyên qua nhau nhưng lại tự nguyện thuộc cùng một chính đảng - đảng nào không quan trọng, miễn là nó chỉ là một đảng. Nếu lúc này người ta gây rối loạn bể chứa bằng cách áp đặt phía thành bể trái một quan điểm chính trị và phía thành bể phải một quan điểm chính trị khác, thì những con ma bên trong sẽ bị căng thẳng và phản ứng bằng việc di cư hàng loạt mà ta gọi là dòng siêu chảy.

Tính rắn của chất siêu chảy có khá đầy đủ những cái chung với tính rắn của tinh thể bình thường, khiến người ta có thể vạch ra những nét tương đồng hữu ích giữa chúng. Chẳng hạn, nếu làm lạnh một bình chứa heli bằng quá trình chuyển sang trạng thái siêu chảy của nó, thì chất lỏng sẽ vẫn tiếp tục quay, nhưng điều đó chỉ xảy ra trong mạng của các tuyến xoáy nhỏ đã bị lượng tử hóa mà thôi.¹ Đó là các phiên bản chất lỏng của các khiếm khuyết đường trong tinh thể mà người ta có thể tạo ra bằng cách dùng dao lạng bỏ đi một lát bánh mỏng ở phần giữa của bánh rồi sau đó ép hai phần rời lại với nhau để gắn kín lại chỗ bị cắt bỏ.² Trong chất lỏng, không mạng nào bị khiếm khuyết cả, vì vậy dấu tích của vết cắt được lưu giữ trong một dòng chảy đặc biệt quanh đường đó.

Pha tinh thể và pha siêu chảy cùng với những hành trạng chính

-
1. Chủ đề về xoáy lượng tử trong chất siêu chảy ^4He có lịch sử lâu dài. Phần lớn các công trình gần đây tập trung vào sự vướng víu xoáy của của nhiễu loạn siêu chảy. Xem M. R. Smith, *Phys. Rev. Lett.* 71, 2583 (1993) and M. Tsubota, T. Araki, and S. K. Nemirovskii, *Phys. Rev. B* 62, 11751 (2000).
 2. Sự hiểu biết về sự dịch chuyển là vấn đề trung tâm trong luyện kim hiện đại và kỹ thuật cấy tinh thể và do đó được giải thích trong hầu hết các giáo trình vật lý chất rắn hiện đại. Xem D. Hull and D. J. Bacon, *Introduction to Dislocations* (Butterworth-Heinemann, Burlington, Mass., 2001) và J. Weertman and J. R. Weertman, *Elementary Dislocation Theory* (Oxford U. Press, London, 1992).

xác đi kèm theo chúng là những ví dụ đặc thù của một ý tưởng trừu tượng quan trọng trong vật lý học gọi là sự phá vỡ đối xứng tự phát. Thuật ngữ này đã được sử dụng rộng rãi, từ kỹ nghệ đến lý thuyết hiện đại về chân không,¹ và thậm chí được nghi là có liên quan tới sự sống nữa.² Ý tưởng về sự phá vỡ đối xứng tự phát rất đơn giản: vật chất có được một cách tập thể và tự phát một đặc tính hoặc sự ưu chọn không hề hiện diện trong chính những quy tắc nền tảng của nó. Ví dụ, khi các nguyên tử tự sắp xếp một cách trật tự trong tinh thể, chúng có được những vị trí ưu chọn, dầu rằng trước khi tinh thể được hình thành thì không hề có sự ưu tiên nào đối với các vị trí đó cả. Khi một mẫu sắt biến thành nam châm thì từ tính sẽ tự chọn hướng của nó một cách tự phát. Những hiệu ứng này rất quan trọng vì chúng chứng tỏ rằng những nguyên lý tổ chức có thể trao cho vật chất nguyên thủy một trí óc riêng và quyền được đưa ra các quyết định. Ta vẫn nói vật chất đưa ra các quyết định một cách “ngẫu nhiên” - hiểu theo ý là chúng được đưa ra dầu sao cũng trên cơ sở một điều kiện ban đầu hoặc một ảnh hưởng bên ngoài nào đó không có gì quan trọng. Nhưng nói như thế là hoàn toàn không nắm bắt được điều cốt lõi của vật chất. Một khi quyết định đã được đưa ra thì nó trở nên “thật” và không còn chút gì mang tính ngẫu nhiên ở đây cả. Sự phá vỡ tính đối xứng đã cung cấp cho ta một ví dụ đơn giản và thuyết phục về việc làm thế nào tự nhiên có

-
1. Một trong những cuốn sách tốt nhất về mô hình chuẩn là cuốn sách của người khám phá ra nó: G. 'tHooft, *In Search of the Ultimate Building Blocks* (Cambridge U. Press, London, 1996). Cũng có thể xem ở N. Cottingham and D. A. Greenwood, *An Introduction to the Standard Model of Particle Physics* (Cambridge U. Press, London, 1999). Một giáo trình cực kỳ khó nhưng đầy đủ của một người khác tìm ra mô hình này là: S. Weinberg, *Quantum Field Theory*, Vols. I-III (Cambridge U. Press, London, 1995).
 2. S. Kauffman, *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity* (Oxford U. Press, Oxford, 1996).

thể tự nó trở nên phức tạp một cách phong phú đến như vậy mặc dù những quy tắc cơ bản nằm sau nó lại khá đơn giản.

Sự hiện diện của các pha và những sự chuyển pha đã khiến ta phải xem lại một cách nghiêm túc về thực tiễn tư duy theo kiểu Newton, coi tự nhiên như một chiếc đồng hồ. Lướt trên mặt những hồ nước ở Minnesota và vươn lên đến tận lưng chừng trời ở những thành phố lớn là những ví dụ đơn giản, cụ thể về việc vì sao các tổ chức lại có thể là nguyên do khiến các định luật nảy sinh, chứ không phải ngược lại. Vấn đề không phải ở chỗ các quy tắc cơ bản nằm sau nó là sai, mà chỉ là chúng không thực sự thích hợp mà thôi - chúng đã bị các nguyên lý tổ chức vô hiệu hóa. Không khác gì những thiết chế của con người, với những tổ chức nhỏ thì những luật mang tính đột sinh là không đáng tin cậy, và đôi khi rất khó được nhận ra, nhưng nếu tổ chức lớn dần lên thì chúng sẽ lại trở nên đáng tin cậy hơn và cuối cùng trở thành hoàn toàn đúng. Đó chính là lý do khiến bạn có thể hoàn toàn yên tâm mua các trái phiếu kho bạc hoặc lái xe tải trên băng mà không sợ rủi ro lắm. Việc đem các thiết chế của con người ra so sánh như trên có vẻ không mấy đúng vững nếu xét đến những phát giác gần đây về những vụ giả mạo sổ sách và về sự sụp đổ tài chính của các tập đoàn lớn, nhưng mối lo ngại này đã bị đặt sai chỗ. Sự yếu kém này không mang tính khái quát, vì những định luật của tự nhiên còn bị một uy quyền cao hơn nữa chi phối.

CHƯƠNG 5

Con mèo của Schrödinger

Thực tại chỉ là một linh cảm tập thể.

Lily Tomlin

Cơ học lượng tử là quy luật tất định về chuyển động của những thứ rất nhỏ - các nguyên tử, phân tử và các hạt dưới nguyên tử tạo nên nguyên tử.¹ Cơ học lượng tử được các nhà vật lý khám phá ra vào những năm 1920 khi họ đang cố tìm cách dung hòa vô số những thực kiện thí nghiệm lạ lùng và gây cực kỳ nhiều lúng túng mà dường như về cơ bản không tương thích với bộ máy đồng hồ của Newton, đó là: hiện tượng các hơi nguyên tử có xu hướng phát ra ánh sáng với các bước sóng khác nhau, hiện tượng các vật thể nóng có xu hướng phát sáng với màu sắc và cường độ tăng dần theo nhiệt độ của chúng; và các định luật về liên kết hóa học và về phóng xạ. Lời giải cho bài toán này hóa ra không phải là vứt bỏ bộ máy đồng

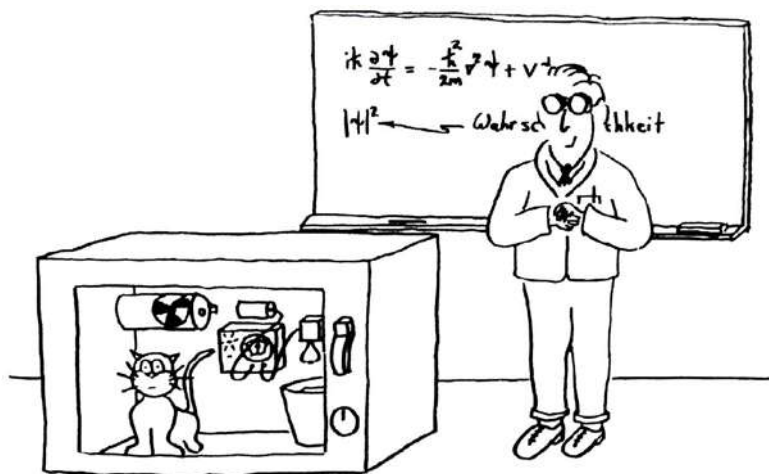
1. Hai quyển sách quan trọng nhất về cơ học lượng tử là của R. Shankar, *Principles of Quantum Mechanics* (Nxb Plenum, New York, 1994) và C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, và B. Dui, *Quantum Mechanics* (Nxb Wiley, New York, 1992).

hồ mà là xem xét lại cơ chế của bộ máy đó một cách sâu sắc về mặt khái niệm. Đây là một ví dụ tuyệt vời cho thấy khoa học tiến bộ được là nhờ vào việc làm cho các lý thuyết phù hợp với thực tế, chứ không phải ngược lại.

Việc tìm hiểu cơ học lượng tử có lẽ giống như một trải nghiệm say thuốc phiện¹. Những việc bất khả lại trở thành sự thực đơn giản, ngôn từ lại mang những nghĩa ngược hẳn với những nghĩa thông thường của chúng, và thực tại theo lương năng thông thường bị lộn ngược đầu xuống dưới. Dự một lớp học về chủ đề này chẳng khác gì nghe đi nghe lại mãi chuyện *Ai Trước* của Abbott và Costello.²

Tới nay, cái điên rồ nhất của cơ học lượng tử là nó trộn lẫn thuyết tất định kiểu bộ máy đồng hồ của Newton với thuyết bất định mang tính xác suất khá kỳ quặc mà những tình huống thực nghiệm đòi hỏi phải tuân theo.³ Một phần trong toàn bộ truyền thuyết về cơ học lượng tử, đó là bản thân hành động đo làm cho sự tiến triển tất định của thời gian bị gián đoạn - một kiểu lý thuyết nhân học về thực tại giống hệt lời tuyên bố nổi tiếng của Giám mục Berkeley nói rằng cây đổ trong rừng không gây tiếng động.⁴ Thật phi lý. Chỉ

-
1. Ngoại trừ những cảm giác gây ra bởi chất kích thích. Với tư cách là người cha, tôi có trách nhiệm bác lại câu chuyện phiếm này bằng cách thẳng thắn nhìn nhận rằng vợ chồng tôi không chấp nhận việc con trẻ sử dụng thuốc kích thích và chúng tôi uống rất ít rượu.
 2. Về "Who's on First" của Abbott và Costello được phát trực tiếp trên radio, và tiếp đó được đưa vào bộ phim *The Naughty Nineties*. Nó được tái hiện trên hàng trăm trang web, quá nhiều để liệt kê ra đây.
 3. Cách lý giải về cơ học lượng tử của trường phái Copenhagen do Bohr, Heisenberg, và Born trình bày là một mảng nhỏ đáng kể của triết học khoa học. Nguồn dẫn tốt nhất là trang web: J. Fain, "The Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics", trong *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E.N. Zalta, ed., <http://plato.stanford.edu/archives/sum2002/entries/qm-copenhagen>. Xem thêm J. Faye, Neils Bohr: His Heritage and Legacy. *An Antirealist View of Quantum Mechanics* (Nxb Kluwer, Dordrecht, 1991).
 4. Những công trình của Berkeley được tái bản khá nhiều. Xem G. Berkeley và J. Dancy, ed., *A Treatise Concerning the Principles of Human Knowledge* (Nxb Oxford U. Press, London, 1998).



Tính hài hước của ý tưởng này là quá hiển nhiên.

khi nào người ta không nhìn nó thì một sự vật mới không thể là tất định. Tuy nhiên, quy tắc xác suất lại mô tả một số thí nghiệm khá chính xác và là đúng theo nghĩa đó. Việc một quy tắc chắc chắn bằng cách nào lại tạo ra được một kết cục thực nghiệm không chắc chắn là một bài toán quan trọng và lý thú.

Người hiểu thấu đáo được tính phi lý của nghịch lý lượng tử xét về mặt quan sát này chính là Edwin Schrödinger, một trong những người phát minh ra nghịch lý đó; ông đã nắm bắt được nó với một óc hài hước tinh tế thông qua thí nghiệm tưởng tượng nổi tiếng của mình được tiến hành với con mèo.¹ Ông hình dung ra một cái hộp

1. Nguồn dẫn nguyên thủy về con mèo của Schrödinger là E. Schrödinger, *Naturewissenschaften* 23, 807 (1935), do John D. Trimmer dịch trong *Proc. Am. Phil. Soc.* 124, 323, và in lại thành *Section I.11, Part I, Quantum Theory and Measurement*, J. A. Wheeler và W.H. Zurek, eds. (Nxb Princeton University Press, Princeton, 1983). Trong bài báo này, Schrödinger gọi ví dụ về con mèo là "lố bịch", là một sự thật mà người ta thỉnh thoảng vẫn bỏ quên khi kể lại câu chuyện này.

kín trong có nhốt một con mèo, một nguyên tử phóng xạ đơn nhất, một máy đếm Geiger và một viên nang thuốc độc xya-nua được bố trí sao cho khi máy đo Geiger kêu tách một cái là viên xya-nua sẽ rơi tõm vào xô đựng axit.¹ Nhiệm vụ của thiết bị kỳ cục này là phải chắc chắn giết chết con mèo nếu nguyên tử phân rã. Những quy tắc tất định của cơ học lượng tử lúc này nói rằng, có một đại lượng bí ẩn được gọi là hàm sóng tử trong nguyên tử rò rỉ ra một cách rất từ từ, như kiểu không khí thoát ra khỏi quả bóng bay, nên bên trong vẫn luôn còn lại một lượng hàm sóng hữu hạn nhưng giảm dần đi một cách đều đặn. Tuy nhiên, ý nghĩa vật lý của phần còn sót lại đó của hàm sóng bên trong nguyên tử chính là xác suất để nguyên tử chưa bị phân rã *khi người ta đo nó*, tức là, khi người ta mở hộp ra để xem con mèo có còn kêu meo meo hay không. Chừng nào mà phép đo còn chưa được thực hiện, thì hệ thống cổ hữu vẫn chỉ là sự tổ hợp giữa mèo đang sống và mèo đã chết. Tính hài hước của ý tưởng này là quá hiển nhiên, nhất là với những ai đã từng nom thấy một con mèo chết thực sự. Đó chính là dụng ý của Schrödinger.

Cái phi logic ngớ ngẩn kiểu này hầu như luôn là triệu chứng của một ý tưởng bị thiếu hụt. Sáng tác của Abbott và Costello luôn bám chặt vào nguyên lý này, giống như toàn bộ thế giới lập dị của Gracie Allen: “Tôi biết Babe Ruth có một người anh em sinh đôi vì tôi đọc thấy người anh em sinh đôi của anh ta thắng trong trận đấu cho đội bóng chày Yankees”. “Anh ấy gọi anh ấy thế nào nhỉ?” “Sao ngu thế. Việc gì anh ấy phải gọi anh ấy. Anh ấy tự biết mình là ai rồi mà”.²

-
1. *Người ta không còn thường nhớ tới ống đếm Geiger-Muller là ống đếm bức xạ ion hóa. Xem G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement (Nxb Wiley, New York, 2000).*
 2. *Bản thảo và băng ghi âm cuộc đàm thoại của Burns và Allen có thể được tìm thấy khắp nơi trên mạng Internet. Xem thêm C. Blythe và S. Sackett, Say Goodnight Gracie: The Story of Burns and Allen (Nxb E.P. Dutton, New York, 1986).*

Ý tưởng bị thiếu hụt trong trường hợp phép đo lường lượng tử chính là ý tưởng đột sinh, đặc biệt là nguyên lý phá vỡ đối xứng, một nguyên lý cần có thì thiết bị nói trên mới có nghĩa.

Lịch sử của nghịch lý phép đo lường tử rất quyến rũ. Vấn đề này dù đã được tranh cãi nảy lửa đến hơn tám mươi năm nay mà cho tới giờ vẫn chưa có một sự nhất trí chung nào. Đối với một số nhà vật lý, như bản thân tôi, bản chất đột sinh của phép đo là hiển nhiên và những nhân vật có trách nhiệm không nên phí thời gian thảo luận về việc đó làm gì. Đối với một số người khác thì đây là quan điểm dị giáo tệ hại. Có sự không nhất trí nói trên là do những luận cứ được đưa ra quá quanh co rắc rối và không được giải quyết một cách minh bạch bằng các thí nghiệm mà hiện nay người ta có thể tiến hành. Cũng giống như bất cứ ai khác, các nhà khoa học đều mỗi người có một lập trường tư tưởng riêng, nhất là trong những tình huống trái ngược nhau, và đôi khi việc đó dẫn đến những hậu quả rất quái gở. Với thời gian, con mèo của Schrödinger cứ lớn dần lên để rồi trở thành một biểu tượng của sự siêu phàm, mang một cách hiểu ngược hẳn lại với cách hiểu mà Schrödinger ban đầu muốn đưa ra. Gần như nó đã mang được những âm hưởng của tôn giáo, cho nên những ai quan tâm tìm hiểu cơ học lượng tử thường nghĩ rằng việc hiểu được chú mèo này là một bước để giác ngộ ra vấn đề. Đáng tiếc là không phải như vậy. Trong khoa học, người ta được khai ngộ không phải thông qua việc khám phá xem phải tin vào những cái không có lý bằng cách nào, mà là thông qua việc xác định xem đâu là những điều người ta không hiểu và thông qua việc tiến hành những thí nghiệm nhằm làm sáng tỏ những điều ấy.

Cái người ta không hiểu trong trường hợp nghịch lý con mèo chính là bản thân quá trình đo. Người ta sẽ nhanh chóng nhận ra

điều này khi cố gắng mô tả dụng cụ đo lường trong cơ học lượng tử. Trong mỗi trường hợp nếu thấy có lộ ra tính bất định, thì sự bất định đó hóa ra lại là cái khó khăn không thể vượt được do số lượng nguyên tử quá lớn. Trong trường hợp con mèo, chẳng hạn, muốn đo đạc có lẽ ta phải mở nắp hộp ra và dùng đèn pin soi vào trong, hay thậm chí cú để nguyên nắp thế rồi dí mũi ngửi cũng được. Tính phi thực tế trong việc dùng những cách cắt nghĩa đơn giản hơn để đối chiếu là điểm giống nhau giữa thuyết bất định lượng tử và các loại lý thuyết huyền hoặc về kim tự tháp hay các luận cứ cho rằng nhà nước của ta chắc chắn đang bị người ngoài hành tinh điều khiển. Cũng có cả một số ít những đầu mối chưa được chặt chẽ về mặt logic. Cộng vào đó nữa, việc xem xét kỹ lưỡng cho thấy số lượng nguyên tử *nhất thiết* phải rất lớn, vì các thiết bị sẽ không hoạt động nếu con số này quá nhỏ. Ví dụ, việc dùng một nguyên tử để dò tìm sự phân rã phóng xạ của một nguyên tử khác là một việc làm vô nghĩa, vì làm thế thì chẳng khác gì dùng một vật thể tí hon không thể đo được để thay cho một vật thể tí hon khác cũng không thể đo được. Nhưng nếu sử dụng một ống khí nối với một nguồn điện có điện áp lớn và một bộ khuếch đại - máy đếm Geiger - để đo thì việc đó là hoàn toàn hợp lý. Hiển nhiên là trong quan niệm của con người về “phép đo” còn vương vất một cái gì đó đòi hỏi các thiết bị đo phải đủ lớn.

Một khi ta công nhận rằng tính lớn là một nhân tố then chốt thì việc giải đáp điều bí ẩn này không còn là việc khó nữa. Mọi máy dò lượng tử đều được làm bằng các vật thể rắn và do đó tất cả chúng đều khai thác đặc tính phá vỡ đối xứng của trạng thái rắn, một hiệu ứng chỉ xuất hiện trong giới hạn kích thước lớn. Để có đủ tư cách là một phép quan sát theo như định nghĩa mang tính ước lệ của

con người, thì hành vi quan sát không được phép làm thay đổi cái được quan sát. Một ví dụ minh họa cho một phép quan sát *không* đủ tư cách, đó là việc tôi hỏi ý kiến người hàng xóm của mình về chuyện liệu ông trưởng phòng của anh ta có bồ bịch gì với vợ của ông trưởng phòng trước hay không. Câu trả lời tôi nhận được sẽ khác nhau tùy thuộc việc anh ta nghĩ là tôi sẽ mang chuyện này kể lại với ai, và ngoài ra, câu trả lời hôm nay có thể khác, ngày mai lại có thể khác tùy xem tình tiết câu chuyện được đồn đại ra sao. Cách duy nhất để có được một phép quan sát nhất quán là khi nếu tất cả nhân viên trong phòng anh ta đều trao đổi thông tin với nhau, mổ xẻ vấn đề, rồi đưa ra quyết định tập thể xem rốt cuộc câu chuyện là như thế nào. Tất cả chúng ta thường quen nói rằng ý kiến xung quanh những chủ đề kiểu như trên “tóm lại” là thế này “tóm lại” là thế kia. Phiên bản vật lý của hiệu ứng này như sau: những bộ phận lượng tử mỏng manh khác nhau của thí nghiệm đã hợp tác với nhau để trở thành một đối tượng cổ điển tuân theo các định luật Newton. Như khi đọc đồng hồ đo của máy đếm Geiger, chẳng hạn, bạn biết chắc chắn rằng nếu sau đó một thoáng bạn có đọc lại thì số liệu vẫn sẽ y nguyên như thế, vì kim đồng hồ là một vật thể rắn, nặng nề. Nếu tôi nghe thấy một tiếng lách cách phát ra từ loa, thì chắc chắn một trăm phần trăm là sau một phần nhỏ của giây đồng hồ nhà nghiên cứu ngồi ở phòng bên kia cũng sẽ nghe thấy tiếng lách cách tương tự như vậy - trừ khi người đó không để ý, mà trong trường hợp này thì không kể làm gì, vì sự việc về nguyên tắc vẫn là thế. Nhưng ở cấp độ phân ra của một nguyên tử thì điều này không đúng, vì hệ thống mà ta quan tâm dễ dàng bị hành động quan sát phá vỡ. Các dụng cụ hoạt động bằng việc chuyển đổi một tín hiệu lượng tử thành một tín hiệu cổ điển thông qua sự đột sinh của các đối tượng.

Do thế giới rất liên đới (vướng víu) về mặt cấu hình cho nên khó mà suy ra được hiện tượng phá vỡ đối xứng từ những định luật cơ bản của cơ học lượng tử. Tính liên đới là một thuật ngữ đầy màu sắc, nó làm người ta liên tưởng đến những búi dây điện và những kinh nghiệm khó chịu khi cước câu bị rối, nhưng thực ra thì nó còn giống với mấy khoản thuế thu nhập hơn. Nên nhớ rằng khi tính toán thuế thu nhập, kết quả cuối cùng - số tiền thuế bạn phải trả - là một con số đơn giản, nhưng trong các bước tính bao giờ cũng phải chạm đến những quy tắc phức tạp, móc nối với nhau. Do đó, cơ quan thuế vụ chúng tôi xin bạn làm ơn cộng phần lãi suất phải chịu thuế ở bảng B vào với tổng số tiền lương, tiền thưởng v.v..., ngoài trừ phần được miễn thuế, nhưng vẫn phải điền vào, sau đó cộng doanh thu từ bảng C, lãi suất tính trên đồng vốn từ bảng D và một loạt khoản khác tương tự, sau đó mang trừ chi phí đi lại, sau khi đã rà lại mẫu thuế 3903 xem liệu có buộc phải trừ số tiền đó không, và sau đó trừ những khoản được miễn giảm, những khoản bao gồm thuế thu nhập của tiểu bang và lãi suất tiền mua nhà trả góp, trừ khi nếu bạn kiếm được quá nhiều tiền thì phải cộng thêm các chi tiết và thêm vào một số khoản công tác phí, trừ khi bạn có công việc ổn định, sau đó tính gộp toàn bộ số thuế phải đóng theo một trong ba cách tương đương nhau, rồi lại phải lật trang 34 xem lại các điều khoản về mức thuế tối thiểu mà bạn cần chọn, trong trường hợp ngộ nhỡ chúng tôi quên thông báo cho bạn, sau đó bạn mới viết một tờ séc lớn. Hàm sóng của một hệ lượng tử cũng tương tự như vậy. Nó là một quy tắc mà theo đó những dữ liệu khác nhau của đầu vào - trong trường hợp này không còn là các khoản thu nhập và thông tin nghề nghiệp nữa, mà là vị trí và hướng của hạt - được đổi ra thành một con số. Cũng giống như tình trạng của hệ thống thuế khóa, trạng thái ở bất kỳ thời điểm nào của một hệ lượng tử

đều được xác định bằng quy tắc trên. Nói về chuyển động tất định trong cơ học lượng tử là muốn nói về sự tiến triển logic và mang tính hệ thống của quy tắc đó theo thời gian. Nói đến tính liên đới, vướng víu là nói đến sự phụ thuộc lẫn nhau trong quy tắc đó. Tuy nhiên, sự liên đới của cơ học lượng tử còn tệ hại hơn nhiều so với sự liên đới của thuế thu nhập, vì ở đây bất cứ cái gì cũng đều liên quan tới bất cứ một cái gì khác. Một sự tương tự thích hợp về thuế là quy tắc dùng để ước tính tổng thu nhập quốc gia, trong đó việc thuế của Joe được giảm bao nhiêu phụ thuộc vào việc Alice làm món salad cho Caesar mất bao nhiêu tiền và vào việc liệu George có mua xe tải mới hay không. Nhân rộng số lượng người phải đóng thuế lên thành số hạt cát có ở khắp các bãi biển trên thế giới, bạn sẽ có được khái niệm thế nào là bài toán về sự liên đới lượng tử trong một vật nhỏ bé kiểu như một viên đường.¹

Liên đới lượng tử là một trong số những điều dễ hiểu nhưng hầu như rất khó tin - chẳng khác mấy với việc cho điều tra công khai hoặc những lời tuyên bố về sự vô tội của các thành viên ban quản trị sản xuất thuốc lá. Tuy nhiên, điều đó lại là đúng. Thí nghiệm đơn giản và trực tiếp nhất trong vô số thí nghiệm nhằm kiểm chứng sự đúng đắn của nó là phổ học nguyên tử. Hơi nguyên tử phát ra ánh sáng có những bước sóng rất đặc trưng, có các giá trị chính xác phụ thuộc vào nguyên tử, nhưng độ sắc nét và độ phân biệt của

1. Thực ra đây là một ước tính rất thấp. Giả dụ mỗi bờ biển rộng 100 mét, và sâu 1 mét, và có 100.000 km bờ biển trên thế giới, và mỗi hạt cát có kích thước 1mm^3 , ta có 10^{19} hạt cát. Đây chỉ là số phân tử khí trong thể tích bằng cục đường. Ước tính số hạt cát trên toàn thế giới có thể lên đến 10^{22} . Đây thực tế là số nguyên tử trong một cục đường, nhưng nếu người ta muốn kể đến số electron và tính đến khoảng cách một cách phù hợp, thì người ta cần chừng mười lần số đó nữa. Xem <http://www.ccaurora.edu/ast102/notes/notes11.htm>, và http://www.tufts.edu/as/physics/course/physics5/estim_97.html.

chúng lại không như vậy. Các bước sóng được giải thích một cách vô cùng chính xác bằng các quy tắc chuyển động của những hàm sóng liên đới của electron. Hơn nữa, những quy tắc này tuân thủ một cách chính xác một đặc tính của ánh sáng phát ra này được biết đến dưới cái tên là nguyên lý tổ hợp Ritz, đòi hỏi các tần số quan sát được phải luôn là hiệu của những tần số cơ bản hơn. Gần đây người ta quan tâm nhiều hơn trong việc chứng minh bản tính liên đới của cơ học lượng tử, nhưng thực ra hàng ngày nó vẫn được chứng minh với một độ chính xác cực cao thông qua ánh sáng phát ra từ các nguyên tử¹.

Khó mà tin vào tính liên đới, một phần cũng là vì chính những hiện tượng đột sinh mà ta có thể kiểm soát được đều khiến ta khó thấy được tính liên đới. Khi thấy tàu chở hàng đang đến, ta không cần phải xét xem các mối tương quan của nó với lũ côn trùng quanh đấy để biết đoàn tàu liệu có bị trệch đường ray hay không. Cũng chẳng thực tế tí nào nếu đi đo khối lượng của những con bọ bắt hạnh bằng cách quan sát kỹ lưỡng những cú xóc của tàu hỏa khi nó đập vào chúng, dù rằng điều đó về nguyên lý là có thể. Trong trường hợp này, thực tế là ta không thể quan sát thấy được tác động của lũ côn trùng. Cũng giống vậy, thật khó mà phát hiện được những hiệu ứng của liên đới lượng tử trong chuyển động của một chiếc vôn kế hoặc trong tiếng lách cách phát ra từ loa. Tuy nhiên, đây không đơn giản là một hiệu ứng phụ của việc máy dò làm từ các chất rắn, mà là bản thân chiến lược dò thực sự. Các thiết bị này hoạt động giống

1. Tính vướng víu là một chủ đề thời sự vì nó tương thích với máy tính lượng tử. Xem A.D. Aczel, *Entanglement: The Greatest Mystery of Physics* (Nxb Four Walls Eight Windows, New York, 2002), G.J. Milburn và P. Davies, *The Feynman Processor: Quantum Entanglement and the Computing Revolution* (Nxb Perseus Publishing, Cambridge, MA, 1999).

như đoàn tàu. Liên đới lượng tử trong nó không hề biến mất mà chỉ đơn giản là nó không gây ra những hệ quả thực nghiệm đáng để ý mà thôi.

Bản tính xác suất của những phép đo lượng tử không sinh ra từ phép màu, mà từ sự hoạt động của các bộ khuếch đại, những chiếc cầu nối giữa thế giới lượng tử với thế giới cổ điển.¹ Một nguyên mẫu đơn giản của một bộ khuếch đại như vậy là một quả bowling đặt trong một hố nông trên đỉnh đồi.² Quả bóng này là một thiết bị dò lực rất nhạy, vì nếu một khi bị đẩy ra khỏi hố theo một hướng nhất định, nó sẽ lăn với gia tốc xuống theo hướng đó cho tới khi chạm đến chân đồi với vận tốc lớn nhất. Hố càng nông thì thiết bị dò càng nhạy. Ở giới hạn khi cái hố hoàn toàn biến mất thì quả bóng trở nên vô cùng nhạy và có thể phát hiện được những lực tác dụng nhỏ tùy ý, bao gồm cả các lực lượng tử, ví dụ như lực giạt lùi của một nguyên tử phân rã. Nhưng bài toán cơ học lượng tử được lý tưởng hóa ở mức độ cao này lại khá dễ xử lý đến mức có thể giải được một cách tổng thể, gồm cả nguyên tử cộng với máy dò, mà không cần phải dùng đến định đề về tính bất định. Người ta thấy ngay rằng “sự tới” lưng chừng đồi của quả bóng cho phép tiên đoán được “sự tới” chân đồi của nó, một cách chuẩn xác và rất cổ điển, theo đúng

-
1. Chủ đề nhiều lượng tử sinh ra bởi bộ khuếch đại là cả một ngành phụ của vật lý. Tài liệu tham khảo tốt nhất, không may là mang tính chuyên môn quá cao, là H.A. Haus, *Electromagnetic Noise and Quantum Optical Measurements* (Nxb Springer, Heidelberg, 2000). Xem thêm Y. Yamamoto và H. Haus, *Rev. Mod. Phys.* 58, 1001 (1986); và H. Haus và J.A. Mullen, *Phys. Rev. A* 128, 2407 (1962).
 2. Quả bóng bowling trên đồi là phiên bản thô của bài toán chiếc bút chì đứng thẳng trên đầu nhọn của chính nó. Thời gian tối đa T mà khối lượng m có thể đứng yên trên đồi có kích thước L là $T = \hbar L / (32g) \ln(8m^2 L^3 g / \hbar^2)$, với g là gia tốc do trọng lực, $\hbar$ là hằng số Planck. Theo <http://brunswickbowling.com> ta có thể thấy khối lượng quả bóng là 7,3kg. Với L bằng 1 mét, thời gian tối đa T là 9 giây.

các định luật của Newton, và cả hai trạng thái đó đều liên quan đến sự phân rã của nguyên tử, nhưng thời gian lúc nào việc ấy đến thì không chắc chắn. Sở dĩ xảy ra điều này là do toàn bộ khái niệm “sự tới” là một khái niệm mang tính đột sinh. Cái chết của con mèo của Schrödinger cũng vậy, hoàn toàn tương tự với thí nghiệm vừa nêu.

Bản tính “đột sinh” của nguyên lý này khai thác bởi các bộ khuếch đại lượng tử khiến cho chúng có một số đặc tính phổ quát, đặc biệt đáng kể là xu hướng tạo ra những báo động giả. Quả bóng trên đôi chỉ tuân theo một cách gần đúng các định luật của Newton, và thể hiện điều đó bằng cách sẽ tự lăn xuống, bất kể nó được đặt chính xác đến mức nào trên đỉnh đồi, nếu người ta có đủ thời gian chờ đợi. Ta dễ dàng nắm bắt điều này thông qua bài toán cơ học lượng tử nổi tiếng về việc tính toán thời gian để một cây bút chì giữ được thăng bằng khi đứng trên đầu mũi của nó. Câu trả lời là khoảng năm giây. Với một cái bút chì ngoài đời thực thì thậm chí còn ít hơn thế do có hiện tượng thăng giáng nhiệt và do có gió, nhưng năm giây là giới hạn cơ bản. Việc rất thường xuyên xảy ra là, càng nhạy thì các bộ khuếch đại càng tạo ra nhiều nhiễu lượng tử (thuật ngữ chuyên môn dùng để gọi những sai sót như vậy), và đó là mối liên hệ cơ bản giữa độ nhạy và độ nhiễu. Điều này thường được biểu diễn một cách trừu tượng bằng nghịch lý bất định Heisenberg, nhưng nó cũng chẳng khác mấy với một cây bút chì đứng bằng đầu mũi.

Việc các bộ khuếch đại phát sinh ra tính bất định cũng tương tự như việc các cơ quan thông tấn phát sinh ra hiện tượng rối việc khi không cập nhật được tin tức. Trong chính trường, mọi thứ thường không “thật” cho đến khi chúng được mang ra bàn luận rộng rãi, vì vậy mà trên thực tế các phương tiện truyền thông đại chúng thường quan trọng hóa các sự kiện nhỏ nhặt bằng cách khuếch đại chúng

lên. Nếu một sự kiện được tường trình vốn là một sự kiện lớn, ví dụ như hoạt động chuyển quân hoặc cắt giảm chi phí tiêu dùng, thì phiên bản được khuếch đại có thể được coi là một bản sao trung thành với nguyên bản. Nhưng nếu sự kiện là vật vãn, ví như việc điều chỉnh tiền tài trợ để tranh thủ cử tri hoặc một lời phát biểu nhờ miệng nhưng vô tình gây kích động, thì những phiên bản được khuếch đại có thể sai biệt một cách đáng kể từ bản tường trình này sang bản tường trình khác, và theo nghĩa đó sự việc trở nên không còn là chắc chắn nữa. Quá trình này sẽ chạm tới giới hạn đỉnh của nó khi không còn một cái gì để tường trình, lúc này thì đám phóng viên bắt đầu phỏng vấn lẫn nhau và lấp đầy thời gian trống bằng cách hỏi ý kiến nhau. Thế là chúng ta thấy Paula Zahn hỏi Wolf Blitzer nghĩ gì về lập trường sắp tới của tổng thống về nỗ lực cắt giảm thuế v.v.... Điều đó được gọi là ngày ế ẩm trong tin tức thời sự. Trong vật lý học nó được gọi là nhiễu lượng tử.

Tuy nhiên, sự đột sinh của thực tại vật lý mang tính ước lệ xuất phát từ cơ học lượng tử khó được nắm bắt hơn so với sự đột sinh của các cơ cấu chính trị xuất phát từ tin tức thời sự, vì xuất phát điểm của nó thuộc về một cảnh giới quá khác biệt. Vật chất hiểu theo nghĩa của cơ học lượng tử là những sóng hư không. Đây là một khái niệm rất khó nắm, nên xưa nay người ta thường dẫn dụ sinh viên trước tiên bằng việc cắt nghĩa về cái gọi là lưỡng tính sóng-hạt - đó là quan niệm cho rằng hạt là những đối tượng theo kiểu Newton nhưng đôi khi chúng giao thoa, nhiễu xạ, v.v... cứ y như chúng là các sóng vậy. Điều đó không đúng, nhưng người ta phải dạy theo lối ấy để không gây hoang mang cho sinh viên. Trên thực tế, không có cái lưỡng tính đó. Toàn bộ ý niệm kiểu Newton về việc một đối tượng luôn phải được đặc trưng bởi một vị trí và một

vận tốc là không đúng và phải được thay thế bằng cái mà ta gọi là hàm sóng, một khái niệm trừu tượng mô phỏng những biến thiên nhỏ của áp suất không khí xuất hiện khi âm thanh truyền qua. Điều đó chắc chắn phải dẫn đến câu hỏi sóng là gì - một ví dụ tuyệt vời về sự rắc rối người ta có thể tạo ra bằng cách sử dụng một từ ngữ thông thường để mô tả một cái cực kỳ không bình thường. Theo thói quen sử dụng, sóng phải là một chuyển động tập thể của một cái gì đó, ví dụ như của mặt biển hay của một khán đài chật ních người hâm mộ thể thao.¹ Sẽ chẳng có nghĩa lý gì đối với một sóng thông thường tồn tại bên ngoài bối cảnh của một thứ gì đó tạo ra sóng. Nhưng vật lý học lâu nay vẫn duy trì một truyền thống tốt đẹp là không phân biệt giữa những cái không thể quan sát được và những cái không tồn tại. Thế là mặc dù ánh sáng ứng xử cứ y như là các sóng của một chất liệu nào đó - như ête trong những ngày đầu của điện từ học - nhưng lại không tìm được một bằng chứng trực tiếp nào về cái thứ chất liệu đó cả, nên ta tuyên bố là nó không tồn tại. Vì những lý do tương tự, ta cũng phải chấp rằng không tồn tại một môi trường nào đang chuyển động cả khi có các sóng cơ học lượng tử truyền qua. Tuy nhiên, so với ánh sáng thì vấn đề ở đây còn rắc rối hơn nhiều, vì các sóng lượng tử lại là vật chất, và hơn thế nữa, về cơ bản chúng có những khía cạnh đo được nhưng không tương

1. *Tồn tại một cuộc tranh luận gay gắt về việc ai là người phát minh ra “sóng”. Một trong số đó là do George Henderson, theo trang web của anh ta thì nó diễn ra ngày 15 tháng 10 năm 1981 tại trận bóng đấu loại trực tiếp American League giữa Oakland A's và New York Yankees, và được truyền hình. Anh tuyên bố quyền tác giả của mình sau đó được công nhận trên đài phát thanh bởi Howard Cosell trong một cuộc đàm thoại với Don Meredith. Một nguồn khác là trường đại học University of Washington, họ tuyên bố rằng sóng do Henderson không hoàn tất, và sóng đầu tiên được phát minh bởi Rob Weller ngày 31 tháng 10 năm 1981. Xem <http://www.gameops.com/sro/krazy/home.htm> và <http://depts.washington.edu/hmb/thehmb/history4.shtml>.*

thích tí nào với những dao động của vật chất. Chúng là một cái gì đó khác, một cái gì phải xét riêng ra. Sự so sánh mà tôi thích nhất là qua những vần thơ của Christina Rossetti:¹

*Ai đã từng thấy gió chưa nào?
Anh cũng chẳng, mà em cũng chẳng:
Những lúc cỏ cây nghiêng ngả,
Ấy chính là khi gió lướt qua.*

Nhưng thật đáng buồn, cái gọi là thuộc cảnh giới khác của cơ học lượng tử lại chỉ là một cách biện bạch tiện lợi cho việc thoải mái đưa ra những “lý giải” thậm chí dẫn người ta vào một cảnh giới còn xa lạ hơn, theo kiểu thấy cây mà chẳng thấy rừng². Bản tính ngụy biện của những luận cứ này khiến sinh viên đại học khoái chí, nhưng làm chúng tôi bức mình vì cuối cùng thì chúng chỉ cố miêu tả cơ học lượng tử dựa vào hành trạng đột sinh từ đó, chứ không phải ngược lại. Nói một cách khác, chúng là những triệu chứng của cách nhìn sai lạc về thế giới. Người ta cũng cố không câu nệ về điều này, nhưng đôi khi khó cưỡng lại được cảm giác khó chịu.

Một trong những bài học khi có tuổi ta mới rút ra được, đó là, những cái mình ngộ nhận cơ hồ có thể gây ra những cái thật hài hước không đáng có. Điều này là nguồn gốc của nhiều câu chuyện rất hóm, mà cái hấp dẫn chính của những câu chuyện như vậy lại đến từ đặc tính chung của bản thân kinh nghiệm. Câu chuyện đùa sẽ đặc biệt buồn cười nếu nhân vật chính nhất định không chịu hiểu

1. C.G. Rossetti, *Rossetti: Poems* (Nxb Knopf, New York, 1993).
2. Xem B.S. DeWitt, H. Everett, và N. Graham, *Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics* (Nxb Princeton University Press, Princeton, 1973).

ra vấn đề căn bản. Những ngày đầu học cao học, tôi sống trong một căn hộ xập xệ cùng với vài sinh viên khác, luân phiên nhau đến rồi lại đi tùy nhu cầu việc làm. Trong một thời gian ngắn, một trong số những người bạn cùng phòng đó là một anh chàng tốt bụng người Cameroon học ngành kỹ thuật công trình. Anh là một người rất ấn tượng, đặc biệt về khả năng ngôn ngữ, vì tiếng Anh là ngôn ngữ thứ hai của anh ta sau tiếng Pháp. Gia đình anh cũng hay, có cả một người anh em họ lúc ấy đang là một ngôi sao nhạc nhẹ của hãng băng đĩa Decca. Một dạo, người anh em họ này và một người bạn thân nữa bay từ Paris đến ở với chúng tôi vài tuần, vì vậy mà tôi được nghe bản nhạc của anh ấy. Tôi không thích nó lắm. Đó là một bài disco của Pháp, toàn tika tika tika tika một hồi dài, sau đó dừng lại một lúc đủ để anh ta thốt lên “đã quá”, rồi lại cứ thế tika tiếp. Vào dịp đặc biệt đó, họ mang theo mình rất nhiều quà cáp, kể cả thức ăn. Nhưng thật không may cho họ, lúc đó chỗ bọn tôi đang bị nạn gián quây phá kinh khủng. Chẳng làm sao diệt cho được bọn tiểu yêu này, dù chúng tôi đã khổ sở than phiền với chủ nhà và bỏ bao công sức diệt trừ. Chúng thường chạy nháo nhào sang nhà hàng xóm đợi cuộc tấn công lung lục của chúng tôi ngớt đi rồi lại kéo nhau về. Tôi không biết chúng sống ở đâu và ăn bằng gì, nhưng rõ ràng là chúng rất khoái nhân giống và mở đại tiệc trong bếp mỗi khi đèn tắt. Ban ngày, chúng tôi thường bắt gặp chúng ở những nơi đáng nguyên rủa nhất như đằng sau túi đựng diêm, dưới nắp bếp nướng, hoặc nắp dưới những đồng thìa đĩa trong tủ chén bát. Giống như phần lớn những ai ở trong tình cảnh đó, chúng tôi lau rửa kỹ càng bát đĩa trước khi ăn, còn hộp thức ăn nào đã mở, ví dụ như các hộp ngũ cốc, thì đều tống hết vào tủ lạnh. Vì vậy bạn có thể hình dung tôi giật mình đến thế nào khi đi làm về, vào ngày mấy anh chàng từ Paris vừa đến, mở chạn để lấy gói bơ đậu phộng

thì thấy lù lù ở đó cái xác khô queo của một con vật gì đó cỡ bằng con thỏ. Hoảng hốt, tôi gọi người bạn cùng phòng vào bếp để hỏi. “Này Messi, sao cậu lại bỏ con thỏ vào đây thế này”, tôi nói. Cậu ta ngơ ngác nhìn tôi không hiểu chuyện gì và sau đó phá lên cười khi hiểu ra vấn đề. “Ha ha ha”, cậu ta nói. “Tưởng chuyện gì. Con ấy không phải thỏ đâu mà sợ”.

CHƯƠNG 6

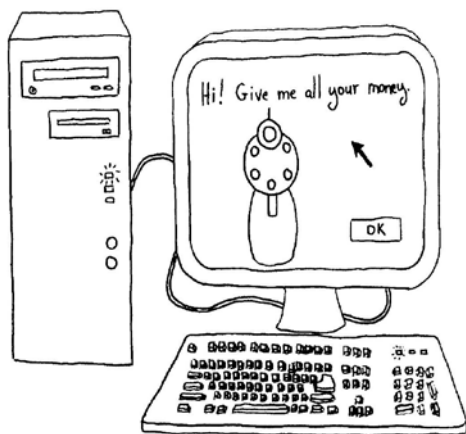
Máy tính lượng tử

Chúng ta đang sống trong kỷ nguyên
đầy kiêu hãnh về những cỗ máy có khả năng tư duy,
và ngờ vực những người muốn tư duy.

H. Mumford Jones

Vào một buổi sáng khi đang lái xe tới chỗ làm việc, tôi nghe thấy trên đài một lời phán xét rất tuyệt rằng phụ nữ am hiểu máy tính hơn đàn ông.¹ Phát thanh viên chỉ nói một cách không trực tiếp và khá thận trọng, tuy nhiên vấn đề cô trình bày lại rất rõ ràng. Sau khi cô giải thích quan điểm của mình, tôi thấy hình như cô đúng. Đàn ông lúc nào cũng thích chọc ngoáy máy tính, cô nói, tháo lắp, thêm bớt bộ nhớ và những linh kiện phụ, v.v... trong khi phụ nữ tập trung vào nhiều thứ quan trọng hơn như gửi đi hàng trăm thiệp mời qua thư điện tử để mời dự một bữa tiệc báo hỷ. Điều này hoàn toàn nhất quán với những kinh nghiệm của riêng tôi về những gì đáng đáng đến máy móc, kỹ thuật. Những lúc hỏng xe, tôi cứ loay hoay mẩn mò xem có chuyện gì, trong khi đó thì bà vợ chỉ muốn bỏ bao nhiêu tiền cũng được gọi thợ sửa cho chóng rồi còn đi xem phim. Bằng vào trực giác,

1. Tôi nhớ tên cô phát thanh viên là Cokie Roberts nhưng không tìm thấy nguồn dẫn. Xem C. Roberts, *We Are Our Mother's Daughters* (Nxb William Morrow, New York, 1998).



Tính toán bằng máy tính phải dựa vào một tháp khổng lồ các tầng chức năng.

phụ nữ dường như hiểu rõ hơn đàn ông rằng, máy móc hoạt động ra sao ít quan trọng hơn nhiều so với việc người ta dùng nó để làm gì.

Máy tính là một ví dụ rõ ràng nhất về công nghệ trong đời sống, vì nó quá ư rành mạch về mặt thứ bậc. Cao hơn cả, máy tính là những công cụ dùng để lưu trữ

và gửi thư điện tử, để tiến hành tốt những trao đổi đơn từ hành chính, và cho phép người ta tham gia mua bán đấu giá trên mạng. (Cũng có những công dụng khác nữa không hữu ích bằng, chẳng hạn như chơi trò chơi điện tử, tải lên ảnh khỏa thân, buôn đi bán lại những bài hát và những bộ phim đã có bản quyền, nhưng chúng tốn thời gian và cũng khỏi cần tính đến). Dưới tí nữa thì người ta có các thứ như bộ vi xử lý, bo mạch chính, các rãnh cắm mở rộng chứa rất nhiều thứ tuyệt vời mang các tên như Voodoo, Rage, mạnh đến mức phải gắn thêm quạt gió bên ngoài để làm mát máy. Dưới đó, người ta thấy có các vi chip silicon gồm những mạng lưới khổng lồ những dây điện và tranzito tí hon, và dưới nữa là các mạng nguyên tử silicon được sắp xếp một cách có trật tự để các electron và lỗ trống truyền qua.¹ Có thể gửi đi tất cả các thư báo hỷ bằng email

1. Việc làm thế nào mà cái trận đồ bát quái dây rợ này hoạt động được đã được J.L. Hennesy, D.A. Patterson, và D. Goldberg giải thích trong cuốn *Computer Architechture: A Quantitative Approach* (Nxb Morgan Kaufmann, San Francisco, 2002)

mà không cần suy nghĩ quá cẩn thận, vì có một tháp chức năng khổng lồ rất đáng tin cậy, mỗi tầng tháp như vậy lại được dựa trên một tầng khác thấp hơn và hỗ trợ cho tầng chức năng cao hơn. Mỗi một tầng bậc hoạt động ra sao ta không cách gì thấy được. Thiếp mới có thể được gửi đi một cách dễ dàng bởi những chú lùn tí hon cưỡi ngựa giấy với mấy hình điện thoại nhỏ xíu, mặc dù chúng có thể khiến chúng ta phải trả thêm tiền.

Máy tính cũng là máy cả thôi. Giống bất cứ một cỗ máy nào khác như máy xén cỏ hay đầu máy hơi nước, máy tính hoạt động bằng cách di chuyển vật chất từ chỗ này sang chỗ kia. Do vật chất ở đây chỉ được tạo bởi các electron nên chúng có thể di chuyển một cách dễ dàng và với tốc độ chóng mặt, nhưng về mặt quan niệm thì nó cũng tựa như một cần pit tông hay cái manivèn ô tô.¹ Cuối cùng thì mục đích của kỹ thuật máy tính vẫn là lắp ráp các linh kiện được kết nối với nhau theo lối cơ giới để khiến một điều gì đó mang tính vật lý xuất hiện, ví dụ đưa mực in lên trang giấy, làm rung màng loa, hoặc xoắn tinh thể lỏng trong một pixel hiển thị. Các máy tính thường được chào hàng như một công nghệ kỳ diệu của thế kỷ hai mươi mốt, nhưng thực ra chúng là thành tựu đỉnh cao của thế kỷ mười chín.

Sự khác biệt cơ bản giữa máy tính và các loại máy móc khác nằm ở chỗ, đối với máy tính, người ta có thể dễ dàng cải biến những kết nối cơ học. Quá trình cải đổi được gọi là lập trình, và quá trình đó bề ngoài nom sang trọng không khác gì việc đánh máy một bài khóa luận, ngoại trừ việc tốn cả phê nhiều hơn và chữ thể nhiều hơn².

-
1. Một tài liệu tham khảo tuyệt vời về hoạt động và thiết kế bán dẫn là quyển sách của C.T. Sah, *Fundamentals of Solid-State Electronics* (Nxb World Scientific, Singapore, 1991).
 2. Để hiểu được tại sao lại có chữ thể ở đây, xin xem B.W. Kernighan và D.M. Ritchie, *The C Programming Language* (Nxb Prentice Hall, New York, 1988).

Nhưng chỉ nhìn bề ngoài thôi cũng dễ bị đánh lừa. Phải gọi hoạt động này là sửa ô tô chứ chả có tí gì giống như viết khóa luận cả. Nó dính dáng đến việc thiết kế những mối liên hệ cơ học phức hợp để kết nối các bộ phận đơn giản với nhau, mà rồi chúng có hoạt động hay không lại còn phụ thuộc vào tay nghề. Chỉ khác là, thay vì máy tiện và cờ-lê thì ở đây người ta sử dụng bút chì và bàn phím mà thôi.

Về sự dễ dàng trong việc cải biến thì cũng có vài ba khác biệt về phẩm tính giữa máy tính và ô tô. Ví dụ, khía cạnh kinh tế của việc thiết kế kỹ thuật đã bị thay đổi một cách cơ bản, khiến cho chi phí để làm ra con chip siêu nhỏ thấp hơn rất nhiều so với chi phí cho việc lập trình. Đó là lý do vì sao phần mềm lại đắt tiền như vậy, và vì sao việc giữ độc quyền về phần mềm lại khác xa đến thế so với việc giữ độc quyền đối với sắt thép, đường tàu hỏa và xăng dầu.¹ Việc lập trình và việc hằng ngày sử dụng máy tính cũng có nhiều nét tương đồng khiến hai việc đó trong đầu óc mọi người trở nên bị lẫn lộn với nhau xem như một sự trừu tượng hóa của tư duy. Trong thế giới máy tính, người ta bắt đầu nhầm trò chơi với công việc, công việc với trò chơi, nhầm hoạt động kinh doanh với cách hiểu căn bản về hoạt động này. Như hầu hết mọi người đều trải nghiệm, thông qua nhiều tầng bậc phức hợp của hoạt động kinh doanh, công việc tính toán trên máy tính đã bị coi như không dính

1. Có một lượng tài liệu khổng lồ, chính trị hóa rất cao, về độc quyền phần mềm. Một số tác phẩm đại diện là của K. Aulet, *World War 3.0: Microsoft and Its Enemies* (Nxb Random House, New York, 2001); R.B. McKenzie, *Trust on Trial: How the Microsoft Case is Reframing the Rules of Competition* (Nxb Perseus Publishing, Cambridge, Massachusetts, 2000); D.B. Kopel, *Antitrust after Microsoft: the Obsolescence of Antitrust in the Digital Era* (Nxb Heartland Institute, Chicago, Illinois, 2001); S.J. Liebowitz và S.E. Margolis, *Winners, Losers, and Microsoft* (Independent Institute, Oakland, CA, 2001). Hàm ý lớn hơn của việc sở hữu sản phẩm điện tử được L. Lessing thảo luận trong cuốn *The Future of Ideas* (Nxb Random House, New York, 2001).

đáng tới những cơ sở xuất phát của bản thân máy móc, và hiểu theo nghĩa này thì đây một ví dụ kinh điển về đột sinh. Các chương trình máy tính hiện đại được rất đông đảo các nhóm khác nhau thiết kế, mỗi nhóm trong số đó chỉ am tường một phần nhỏ của nhiệm vụ, và những chương trình này cuối cùng thường tương tác với nhau theo những lối mà những người sáng tạo ra chúng cũng không hình dung được. Hiện tượng mang tính xã hội học này là một hệ quả logic tất yếu của một sự việc đơn giản là, nhờ có điện mà việc lập trình trở nên rẻ.

Dùng bán dẫn để triệt tiêu sự khác biệt giữa nguyên nhân và kết quả là một thủ thuật làm cho việc cải biến trở nên dễ dàng. Điều này cũng đơn giản giống như suy nghĩ trong đầu óc con người. Khi lửa bật lên là tôi lập tức rút tay ra khỏi mặt bếp nướng; cũng vậy, tôi lập tức với tay nếu bỗng nhớ rằng mình phải gọi điện. Mạch thần kinh phức hợp khiến tay tôi cử động có thể được khởi động do sự kích thích từ bên ngoài, chẳng hạn như lửa, hoặc do sự kích thích từ bên trong, chẳng hạn như việc chợt nhớ ra điều gì. Hai cái đó chẳng có gì khác nhau, mà chỉ là một phép phân loại trừu tượng. Nếu có thương tổn về mặt tâm thần thì hành động có thể không tuân theo ý muốn, trong trường hợp này người ta có thể bắt đầu nhầm lẫn những sự kiện thực với những sự kiện ảo. Tranzito là một bộ cân chỉnh. Nó cảm nhận một chuyển động của các electron trong một dây dẫn rồi khiến phát sinh chuyển động của các electron trong một dây dẫn khác luôn luôn cùng theo một kiểu, bất kể chuyển động ban đầu nhỏ đến đâu. Điều đó gây cho những chuyển động trong máy tính mang hình thức của những cuộc chơi được-ăn-cả-ngã-về-không, với mỗi dây dẫn luôn ở trong trạng thái hoặc bật hoặc tắt, chứ không có trạng thái trung gian.

Nó còn khiến cho việc đo đạc một dây dẫn cho trước nào đó không đưa ra bất kỳ một thông tin nào về việc tín hiệu bắt nguồn từ đâu. Quyết định tắt hoặc mở có thể được đưa ra dựa trên một nguồn kích thích từ bên ngoài, một tranzito khác hoặc một ổ cực lớn các tranzito. Không có gì khác nhau cả.

Những tín hiệu trong máy tính mang tính Newton. Ta đôi khi quên khuấy mất điều này, vì máy tính có xu hướng được xem là những thứ huyền bí cũng đại loại như kiểu cơ học lượng tử, nhưng thực ra là hoàn toàn ngược lại. Sự huyền bí của máy tính xuất phát từ bản tính đột sinh của các chức năng thực dụng của nó chứ không phải từ những nguyên do vi mô. Ở cấp độ của bản thân các tranzito, máy tính được hoàn toàn xây dựng dựa trên ý niệm về tính chắc chắn tuyệt đối của phép đo, vì chỉ như thế thì mới tương hợp được với ý niệm hoặc bật hoặc tắt - hoặc sai hoặc đúng - ở bất kỳ thời điểm nào. Không chỉ những tranzito mới là những khái niệm kiểu Newton, mà chúng còn tạo ra tính Newton thông qua việc sản sinh ra những chuyển động lớn của electron trong mọi trường hợp. Trong quá trình đó, chúng giải phóng nhiệt, rất nhiều nhiệt.¹ Đó là lý do tại sao sờ tay vào các chip xử lý hiện đại lại nóng vậy, và tại sao chúng sẽ chết nếu quạt gió hoạt động không tốt. Hiện tượng tỏa nhiệt là cái cơ bản để duy trì độ tin cậy. Để thấy rõ tại sao lại như vậy, ta nên quay trở lại với ví dụ nổi tiếng về cây bút chì đứng bằng mũi của nó. Trên thực tế, quyết định đổ về phía trái thường xuyên hơn là đổ về phía phải, vì bút chì tiêu hao hết năng

1. *Nhiệt lượng do microchip tỏa ra là một hạn chế cơ bản trong thiết kế. Mùa xuân năm 2004, Intel công bố họ ngừng việc nghiên cứu thiết kế thế hệ mới nhất các bộ vi xử lý (mã hiệu Tejas và Jayhawk) vì nhiệt lượng tỏa ra quá lớn. Xem số ra ngày 15 tháng 5/2004 của tờ International Herald Tribune, <http://www.ihf.com/articles/50233.html>*

lượng vào nhiệt khi đổ kênh xuống mặt bàn. Nếu không thể - nếu kết quả của sự va chạm với mặt bàn là một cú nảy hoàn hảo - thì cây bút chì hẳn sẽ đứng thẳng lại một lần nữa và lại quyết định ngã sang trái hay phải lần thứ hai, nhưng lần này kết quả có thể ngược lại. Vì vậy nên việc tiêu hao năng lượng và sinh nhiệt là một việc mang tính cơ bản trong việc đưa ra quyết định, nhất là trong những tình huống dính dáng đến sự cân bằng mong manh ban đầu, và do đó cũng rất cơ bản đối với sự vận hành của máy tính. (Chúng ta cũng có thể nói như vậy về các thiết chế của con người, thể như các công ty và bộ máy chính quyền: không thể đảo ngược những quyết định quan trọng).

Hai sự cải biến nhỏ trong thiết kế tranzito cho phép người ta sản xuất ra những máy tính thực sự. Cải biến thứ nhất liên quan đến việc tạo cho các tranzito hai dây đầu vào, và khiến nó ở trạng thái bật nếu một trong hai đầu vào ở trạng thái bật. Cải biến thứ hai liên quan đến sự phủ định, sao cho tranzito phải ở trạng thái bật khi dây đầu vào ở trạng thái tắt, và ngược lại. Hai yếu tố thiết kế này được gọi là các yếu tố *logic* và chúng cấu thành cơ sở quan niệm của toàn bộ mạch vi tính. Những chiếc máy tính hiện đại đơn giản chỉ là một mạng logic khổng lồ và một chiếc đồng hồ - một bo mạch nhỏ có nhiệm vụ tắt bật dây dẫn một cách đều đặn, giống như tim đập. Những trái tim đồng hồ của các loại máy tính gia dụng hiện đại đập vô cùng nhanh - khoảng chừng một tỉ nhịp một giây - nhưng rất bền và cần mẫn. Tôi có mấy cái máy chết vì bệnh tim, nhưng những trường hợp như vậy rất hiếm. Lũ máy tính gần như lúc nào cũng trở nên lỗi thời rất lâu trước khi thần chết tới đón chúng đi.

Gần đây người ta quan tâm rất nhiều đến máy tính lượng tử,

một kiểu phần cứng tính toán mới về cơ bản, có khả năng khai thác tính liên đới của hàm sóng lượng tử để tiến hành xử lý những bài toán mà máy tính thông thường hiện nay không thể làm được.¹ Có ý nghĩa nhất trong những bài toán này là việc tìm ra các số nguyên tố cực lớn và khả năng phân tích những số cực lớn khác ra thừa số một cách nhanh chóng. Kỹ thuật mật mã hiện đại dựa trên việc không thể sử dụng máy tính thông thường để phân tích một số thành tích của hai số nguyên tố cực lớn trong một thời gian hợp lý.² Tuy nhiên, việc tính toán bằng máy tính lượng tử đã để lộ ra gót chân Achilles của nó khi người ta phải đối mặt với việc đọc ra đáp số: những hiệu ứng đặc biệt khác thường mà máy tính lượng tử có được cũng lại chính là những hiệu ứng gây ra tính bất định lượng tử. Đúng là các hàm sóng cơ học lượng tử tiến triển theo cách tất định, nhưng quá trình chuyển chúng thành các tín hiệu để con người có thể đọc được lại tạo ra các sai số. Máy tính mà sai sót thì chẳng hữu dụng gì, vì vậy đối với việc tính toán bằng máy tính lượng tử cần phải có những giải pháp về mặt thiết kế nhằm khắc phục những sai sót trong đo lường. Một phương pháp có tính giáo khoa nhằm xử lý việc này là đặt một triệu bản sao của cùng một thí nghiệm vào một hộp nhỏ và đo những cái mà những bản sao đó hành xử một cách tập thể - chẳng hạn như việc phát sinh các từ trường dao động, xảy ra trong một máy tính lượng tử được thiết kế

-
1. Có rất nhiều tài liệu về máy tính lượng tử, rất may là hiện giờ chúng không tăng lên nhiều thêm nữa. Xem G. Johnson, *A Shortcut Through Time: The Path to a Quantum Computer* (Nxb Knopf, New York, 2003); R.K. Brylinski và G. Chen, *Mathematics of Quantum Computing* (Nxb Chapman and Hall, London, 2002); và D. Bouwmeester, A. Ekert, A. Zeilinger, và A.K. Ekert, *The Physics of Quantum Information: Quantum Cryptography, Quantum Teleportation, Quantum Computation* (Nxb Springer, Heidelberg, 2000).
 2. B. Schneider, *Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C* (Nxb Wiley, New York, 1995).

trên cơ sở các spin electron. Trong trường hợp này thì sự sai hỏng do quá trình đo đạc gây ra chỉ ảnh hưởng đến một vài bản sao mà thôi chứ không đụng chạm tới phần lớn các bản sao còn lại. Thủ thuật này rất có tác dụng vì ít nhất là trên nguyên tắc thì phần lớn những thủ thuật kiểu như vậy luôn cho phép bạn đọc được toàn bộ hàm sóng của bất kỳ chiếc máy tính lượng tử nào. Tuy nhiên, xét về mặt logic thì như vậy là bạn không hề tạo ra được một loại máy tính kỹ thuật số huyền thoại mới mẻ nào mà thực ra chỉ là một loại máy tính tương tự (analog) thông thường - một loại máy móc chúng ta không còn sử dụng trong kỷ nguyên hiện đại nữa vì chúng rất dễ dàng ngừng hoạt động do nhiễu.¹ Vậy là những người si mê máy tính lượng tử đã quên mất một điều mấu chốt là, nền tảng vật chất của sự tin cậy trong tính toán là tính Newton đột sinh. Người ta có thể cứ việc hình dung rằng mình đang tính toán mà không phải áp dụng các nguyên lý này, cũng giống hệt như người ta có thể tưởng tượng rằng mình đang chứng minh được sự phá vỡ đối xứng là do có một lực tác động mạnh đột ngột, nhưng có vẻ như đúng hơn cả thì phải nói là, về cơ bản ta sẽ không thể loại trừ được những sai sót trong tính toán, vì không có một nền tảng vật lý nào cả. Quan điểm cho rằng vấn đề này quá tầm thường là một quan điểm mang tính huyền hoặc nảy sinh từ những niềm tin quy giản luận. Trong thâm tâm, tôi cứ hy vọng một cách tự nhiên là mình sai, và xin chúc cho những ai đang đầu tư nghiên cứu máy tính lượng tử gặp được nhiều may mắn. Tôi cũng xin khuyến cáo những ai đang nóng lòng đầu tư vào việc xây một cây cầu ở phía nam đảo Manhattan thì liên hệ với tôi ngay, vì thời gian khuyến mại chỉ có hạn.

1. Vấn đề nhiễu trong tính toán tương tự được B.H. Vassos và G.W. Ewing giải thích trong cuốn *Analog and Computer Electronics for Scientists* (Nxb Wiley, New York, 1993).

Tất nhiên, các loại máy tính lượng tử có *thực* vẫn được làm từ thứ silicon xưa cũ ấy mà thôi.¹ Những nguyên lý bán dẫn người ta dựa vào đó để chế tạo ra các tranzito, cũng như sự khác biệt giữa dây dẫn thông thường và vật liệu cách điện, đều mang tính cơ học lượng tử cao. Chưa ai nghĩ đến điều này khi hiện tượng bán dẫn được Ferdinand Braun khám phá vào năm 1874; ông này tình cờ phát hiện ra tính chất bán dẫn ở một số muối sulfur kim loại, đặc biệt là quặng chì ga-len.² Chỉ mãi về sau này, cùng với sự phát triển của radar và phát minh ra tranzito, người ta mới hiểu một cách có hệ thống bản chất lượng tử của những hiệu ứng đó, chủ yếu được một nhân vật huyền thoại là John Bardeen tìm ra. Những chất cách điện có cấu tạo tinh thể dẫn điện rất kém, vì tất cả các electron của chúng đều bị trói buộc bởi các liên kết hóa học. Chẳng hạn trong trường hợp đặc biệt của silicon, mỗi nguyên tử có bốn nguyên tử lân cận và bốn electron để tạo liên kết - một số lượng electron vừa khít với quy tắc hai electron cho một liên kết. Tuy nhiên, ngược hẳn lại với các chất cách điện cực kỳ tốt như thạch anh hay muối ăn, những liên kết hóa học của silicon rất yếu và dễ dàng bị phá vỡ. Một khi liên kết bị gãy, một electron sẽ được tự do đi lại trong silicon, tạo ra một lỗ trống cũng dễ dàng dịch chuyển như vậy. Toàn bộ những hoạt động chỉnh lưu và khuếch đại của các tranzito đều xuất phát từ sự chuyển động của các electron và lỗ trống được thả tự do này, thông qua những biến đổi hóa học và các dây dẫn nối với nhau.

-
1. Một tài liệu kinh điển về các nguyên lý vật lý về bán dẫn, đó là cuốn *Bonds and Bands in Semiconductors* của J.C. Phillips (Nxb Academic Press, New York, 1973).
 2. Ferdinand Braun cũng phát minh ra dao động kế. Xem F. Kurylo, *Ferdinand Braun, a Life of the Nobel Prizewinner and Inventor of the Cathode-Ray Oscilloscope* (Nxb MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1981). Xem thêm <http://www.fbh-berlin.de/english/f-braun.htm>.

Chính bản tính cơ học lượng tử là cái chi phối những quy tắc liên kết và sự chuyển động của các electron và lỗ trống được thả tự do đó.

Các electron và lỗ trống chuyển động đi lại qua các tinh thể silicon lạnh như thể chỗ không người.¹ Xoay quanh sự việc lạ lùng đó mà những tranzito hoạt động được, và sự việc lạ lùng đó cũng là lý do khiến cho một tranzito có hiệu quả cao không bao giờ được chế tạo từ những vật liệu không có cấu trúc tinh thể, như là cao su hoặc nhựa.² Thực vậy, sự đột phá mang tính then chốt về mặt kỹ thuật đánh dấu sự khởi đầu của kỷ nguyên silicon không phải là việc phát minh ra tranzito mà là việc phát minh ra phương pháp tinh lọc vùng, phương pháp loại bỏ một cách có hệ thống các tạp chất hóa học trong cấu trúc của các tinh thể. Khả năng của các electron và lỗ trống chuyển động được theo kiểu đạn đạo xuyên qua mạng tinh thể là hoàn toàn không rõ ràng, vì một mẫu silicon được cho là không khác gì với một phân tử khổng lồ và do đó phải được đặc trưng bởi những chuyển động cực kỳ liên đới của *tất cả* các electron, kể cả các electron đang liên kết. Vấn đề này chỉ có thể được giải quyết với giả thuyết cho rằng sự đột sinh đã làm tính liên đới mất ý nghĩa. Hóa ra đây chính xác là trường hợp phổ quát mà trong đó các chất cách điện có cấu tạo tinh thể có được những chuyển động tập thể đặc thù của tất cả mọi electron, nom như những chuyển động của các electron biệt lập. Toàn bộ nền tảng phức hợp lạ thường này chỉ đưa đến một hiệu ứng duy nhất là làm cho khối lượng gia tốc khác

-
1. *Chuyển động đạn đạo của điện tử và lỗ trống trong bán dẫn được nhận biết bởi cộng hưởng cyclotron.* Xem G. Landwehr, *Landau Level Spectroscopy: Part II* (Nxb North-Holland, Amsterdam, 1990).
 2. Để có cái nhìn tổng thể về điện tử phi-tinh thể, xem J. Kanicki, *Amorphous and Microcrystalline Semiconductor Devices, Volume II: Materials and Device Physics* (Nxb Artech, Norwood, MA, 1992).

đi chút đỉnh so với khối lượng của electron tự do, và giảm đáng kể cường độ của các lực điện. Hiển nhiên điện tích của một lỗ trống là trái dấu với điện tích của một electron, vì nó biểu hiện cho sự thiếu hụt electron. Khi bàn về electron hay lỗ trống thì thực ra là người kỹ sư bàn về một trong những chuyển động tập thể nêu trên, chứ không phải về một hạt biệt lập nào. Đối với những mục đích về mặt kỹ thuật, thì tính phức hợp này cũng không quan trọng hơn bao nhiêu việc máy tính gửi thiếp báo hỷ như thế nào. Cái quan trọng là ở chỗ, bản tính tựa-như-hạt của chuyển động tập thể là điều chính xác và đáng tin cậy.

Electron và lỗ trống trong silicon mang tính cơ học lượng tử một cách tuyệt đẹp. Mặc dù chúng không hề tự do chút nào, và thậm chí còn cực kỳ vướng víu, nhưng các đối tượng này cung cấp cho ta một số trong những phép trắc nghiệm chính xác nhất về cơ học lượng tử xưa nay chưa từng có. Một ví dụ tuyệt vời là quang phổ vạch của các tạp chất phốt pho. Một lượng nhỏ nguyên tử phốt pho được đưa thêm vào silicon nóng chảy để thay thế cho các nguyên tử silicon trong mạng tinh thể khi mạng này kết tinh. Những nguyên tử phốt pho thế chỗ này sử dụng tới bốn trong tổng số năm electron vành ngoài để cùng tạo các liên kết hóa học, và để electron thứ năm đi lang thang. Tuy nhiên, khi nhiệt độ giảm xuống cực thấp, những electron lang thang quay trở lại vị trí và dính chặt ở đó, giống hệt như kiểu một electron dính chặt vào một proton để tạo thành nguyên tử hydro.¹ Tuy nhiên, thay vì phát ra ánh sáng nhìn thấy được với những bước sóng phân biệt, thì electron liên kết với tạp chất phốt pho lại phát ra tia hồng ngoại với những bước sóng phân biệt, vì các

1. Một ví dụ tuyệt đẹp về quang phổ dạng hydro trong silicon pha phốt pho, xem G.A. Thomas et.al., *Phys. Rev. B* 23, 5472(1981).

lực điện liên kết nó với phần phốt pho đã giảm đi rất mạnh. Ánh sáng này có thể được phát hiện bằng các phổ kế hồng ngoại thông thường. Quang phổ tạp chất không chỉ tương tự như quang phổ của một nguyên tử, mà *về mặt vật lý là không thể phân biệt được* với quang phổ của một nguyên tử, ngoại trừ những bước sóng đặc thù của ánh sáng phát ra. Bản tính tập thể của đối tượng tạo nên sự liên kết gần như hoàn toàn biến mất. Có rất nhiều thí nghiệm giống như vậy, vì bên trong một mẫu silicon là cả một thế giới thu nhỏ trong đó các lực điện bị yếu đi, khối lượng của các electron bị thay đổi, và electron có một người anh chị em ruột mang điện tích trái dấu có thể hủy nhau để tạo ra ánh sáng.

Bản chất lượng tử của các electron và các lỗ trống hầu như chắc chắn áp đặt một giới hạn cơ bản cho định luật Moore, một quan sát nổi tiếng được phát hiện bởi Gordon Moore, người sáng lập tập đoàn Intel; ông này cho rằng số tranzito có trên một diện tích silicon cho trước có khuynh hướng nhân đôi sau 18 tháng.¹ Định luật Moore là một trong những lý do chính khiến máy tính liên tục gây ngạc nhiên cho chúng ta trong khi các nguyên lý cơ bản làm nền tảng cho nó vốn vẫn rất đơn giản. Nhìn lại buổi đầu của kỷ nguyên máy tính, người ta phát hiện ra rằng việc tạo ra các tranzito và dây dẫn nhỏ hơn để có thể nhét thêm chúng thật nhiều vào một con chip silicon cũng là điều làm cho chúng đáng tin cậy hơn. Và vậy là bắt đầu một cuộc đua kéo dài cho đến tận hôm nay nhằm đạt được những mật độ tranzito ngày càng cao và cao hơn nữa. Ngay giờ đây, các nhà sản xuất chip đang phải vật lộn với những bài toán kinh hoàng về

1. Về định luật Moore, xin xem G.E. Moore, *Electronics* 38 (1965). Xem thêm J. Fallows, *The Atlantic Monthly* 288, 44 (2001), và <http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm>.

nhật phát sinh, về những giới hạn của kích thước in quang học, mà xưa nay họ chưa từng phải đối mặt với cái gì giống thế, nhưng hầu như ai cũng tin tưởng rằng rồi những bài toán đó sẽ được giải quyết nhằm duy trì định luật Moore cho tới tận giới hạn lượng tử. Tuy nhiên, chỉ trong vòng một thập kỷ gì đó nữa thôi là tranzito sẽ có kích thước thật nhỏ tới mức mang tính cơ học lượng tử - và vì vậy sẽ bắt đầu gây ra những sai lầm. Khi điều đó xảy đến, nó sẽ đánh dấu sự cáo chung của một thời kỳ đáng nhớ trong lịch sử mà ở đó những hậu quả của một khám phá nhỏ trong vật lý đã từng làm bùng nổ đối với nền kinh tế và làm biến đổi bộ mặt của thế giới.

Một trong những chiều hướng còn thú vị hơn của kỷ nguyên máy tính là càng ngày càng có nhiều sinh viên chuyên ngành vật lý không muốn hoặc không đủ khả năng lập trình cho máy tính. Vô cùng bức bối khi chợt phát hiện ra điều này, tôi đã phải sử dụng đến những biện pháp nghiêm khắc trong khoa của mình hòng chấn chỉnh lại, khiến sinh viên rất nản lòng, vì tôi thì lại rất giỏi lập trình và quan niệm rằng đó là một việc tất cả các nhà công nghệ có lòng tự trọng phải biết. Tuy nhiên, cuối cùng tôi nhận ra rằng các sinh viên đã đúng, còn tôi đã sai và do đó tôi dừng ngay chiến dịch. Trên đời này, lập trình máy tính là một trong những thứ giống như tự mình sửa xe, rất chi thú vị, rất chi tuyệt vời và hữu ích - nhưng tốn thời gian một cách vô lý. Sự thật là, việc hầu hết những ai được đào tạo bài bản đều phải biết tự lập trình cho máy vi tính của mình là một việc làm từ nay trở đi không còn mang lại hiệu quả nữa. Sử dụng thời gian một cách khôn ngoan là bỏ ít tiền ra mua lấy một chương trình mà ta đang cần chạy, hoặc bí lắm thì lên mạng tìm một phần mềm miễn phí.

Khi tôi còn học cao học vào những năm đầu của thập kỷ 70, vấn

để kinh tế lúc đó hoàn toàn ngược với bây giờ. Lao động của sinh viên thì rẻ mạt còn máy tính là những khối máy đắt khủng khiếp, chiếm toàn bộ một tầng của các trung tâm máy tính trong trường đại học. Chúng là những món đồ được nuông chiều, với hàng binh đoàn người hầu hạ làm việc theo ca suốt ngày đêm cùng với máy điều hòa nhiệt độ đặc biệt có nguồn điện dự phòng. Chúng tôi đã viết các chương trình máy tính cho những con vật kéch xù này tới tận khuya trên những cỗ máy kim loại xám xịt to như những con bò mộng. Một trong những chiếc máy đó lúc nào cũng kêu rền rĩ với cái mô tơ đang chạy cho đến khi người ta tra chìa khóa vào, lúc đó nó thường rùng lên, kêu đánh xoạch một cái, và đập dứt khoát một cái lỗ mới trên tấm phiếu mà người ta đã đục lỗ trước đó. Sau khi xong, người ta thường mở khóa, và cỗ máy sẽ cà-rịch-cà-tang-cà-rịch-cà-tang xoay xoay tấm phiếu cho rơi tới đáy của chồng giấy, và rồi tuồn một phiếu trắng mới vào. Những chương trình máy tính chúng tôi viết ra có thể được hình dung như một xấp phiếu đục lỗ theo cách đó, buộc lại với nhau bằng dây thun và đem cất vào các hộp phiếu. Để chạy chương trình, người ta đưa xấp dữ liệu cho một người phục vụ để người này đục nó vào ổ đọc phiếu, là một thiết bị nom như một máy bào gỗ chạy xăng và kêu như một chiếc máy hút bụi có một cái lá bị kẹt trong quạt gió. Phía đằng hậu, dưới lớp nắp cách âm bằng kim loại, máy in ngày đêm rền rĩ và điên cuồng nhả ra hết trang giấy này đến trang giấy khác loại giấy trắng khổ lớn dùng cho máy tính, tuồng như nó đang câu tiết chuyện gì vậy. Cứ vài phút người phục vụ lại phải gom dữ liệu đầu ra một lần; muốn làm được việc này anh ta buộc phải mở nhanh nắp cách âm, làm cả phòng vang lên những tiếng cọt kẹt chói tai. Người phục vụ sau đó phải xé dữ liệu đầu ra sao cho đúng những vết nối, xếp vào thùng cho sinh viên đến lấy. Dữ liệu đầu ra này hầu hết bao gồm rất thứ

bùa chú vô nghĩa không cách gì hiểu nổi liên quan tới hệ điều hành, với những thứ người ta đã thực sự tính toán ở trang cuối - trừ khi mã có lỗi, trong trường hợp đó người ta có thể không thu được một tí gì hoặc là một xấp giấy vô nghĩa dày có đến đốt ngón tay, tùy vào độ nghiêm trọng của sai sót. Phí tổn cho tất cả những thứ đó thì thật quá sức tưởng tượng. Tôi nhớ có lần nói chuyện với một cậu nghiên cứu sinh bạn tôi ngay sau khi anh xếp một chồng dữ liệu vào trong 3 hộp phiếu và thấy tay anh run run. Ngày xưa là thế đó.

Câu chuyện nổi tiếng nhất xưa nay về các chồng dữ liệu là câu chuyện ai đó lỡ tay đánh rơi hộp chứa một chương trình mô phỏng lớn về thủy động học, khiến cho phiếu phiếc bay tung tóe khắp nơi. Chương trình đó được nhanh chóng mang cái tên thánh là Nixon, vì rõ ràng là nó chắc sẽ chẳng bao giờ chạy lại được nữa. Nhưng may làm sao nó đã chạy lại được và trở thành hạt nhân của chương trình Lasnex tuyệt mật, con ngựa thồ hiện hành của việc mô phỏng sự tổng hợp hạt nhân bằng laser.¹

Cái lỗi của câu chuyện đùa về những thiên kiến giới tính trong kỹ năng sử dụng máy tính xuất phát từ một nhận xét quan trọng hơn cho thấy rằng, đối với sự hiện hữu, độ tin cậy và tính hữu dụng của máy tính, điều mà ta phải hàm ơn chính là các nguyên lý tổ chức -trong đó gồm cả các nguyên lý về kinh tế. Chẳng có gì mới mẻ việc phụ nữ ít gặp trở ngại hơn so với cánh đàn ông trong việc hiểu thế nào là tính ưu việt của các tổ chức, vì từ xa xưa người ta đã biết điều đó và nhiều sách vở cũng đã ghi chép về nó, đáng chú ý là trong Kinh Dịch.² Theo Lão giáo, vũ trụ phát triển đi lên nhờ

1. Xem J.D. Lindl, *Inertial Confinement Fusion: The Quest for Ignition and Energy Gain Using Indirect Drive* (Nxb Springer, Berlin, 1997).

2. Có rất nhiều sách về triết lý đạo Lão. Xem A. Huang, *The Complete I Ching: The Definitive*

vào sự xung đột với nhau của hai nguyên lý, âm và dương, dương thịnh thì âm suy, dương suy âm lại thịnh. Dương đại diện cho nam tính, cho mặt trời, cho nhiệt, cho ánh sáng, cho sự thống trị v.v... Âm đại diện cho nữ tính, cho mặt trăng, cho các dạng chất, cho lạnh, cho sự phục tùng v.v... Dương là phía nam rực ánh mặt trời của núi non, là cái tạo ra vạn vật; trong khi âm là phía bắc râm mát, trau chuốt cho vạn vật đã được tạo ra. Có lẽ khi cho rằng ta hiện đang ở kỷ nguyên của Âm, và mặc dù Dương mang lại sự hiện diện của máy tính, nhưng chúng chỉ đạt được khả năng tối đa của mình dưới sự thống trị của Âm mà thôi. Người phương Tây nói tương tự như vậy nhưng với một cách bổ bã hơn, rằng máy tính sinh ra nguyên là chó, nhưng giờ đây đã biến thành mèo. Máy móc một khi đã được mang từ hiệu về nhà, chúng rất thông minh, biết tự phục vụ, thường xuyên tỏ ra phục tùng, và luôn bày mưu tính kế làm thế nào để bạn làm điều nó muốn. Nhưng khi bạn bỏ nó ra, tước bỏ đi sự gian xảo của nó, lật cái mã ngoài để mó tay vào đồng dây nhợ, tranzito và các thuật toán ở phía dưới, bạn sẽ có được sự phục tùng vô điều kiện, lòng trung thành trước sau như một, sự ngay thẳng và tính giản dị - tức là như một chú cún.

Translation by the Taoist Master Alfred Huang (Nxb Inner Traditions Intl. Let., Rochester, Vermont, 1998).

CHƯƠNG 7

Rượu vang nhân Klitzing

Nếu quá trình logic của số học là giới hạn của suy luận khoa học thì hẳn chúng ta sẽ chẳng thể tiến xa trong việc tìm hiểu giới tự nhiên. Và nếu vậy người ta cũng có thể thừa sức nắm bắt đầy đủ trò chơi bài lá bằng cách sử dụng toán xác suất.

Vannevar Bush

Khó mà tập trung vào những mối quan tâm nghề nghiệp lúc đang xuôi dòng trên một con tàu du lịch trong một chiều hè thoáng mát. Các nhà khoa học lúc nào cũng than vãn rằng họ quá mệt mỏi vì cứ phải thảo các thứ kế hoạch, phải chuẩn bị nộp đủ loại báo cáo chuyên môn, và phải cộng sổ hàng ngàn dặm bay cho các chương trình khuyến mại khách hàng thường xuyên, nhưng thế là không trung thực, và trong những khoảnh khắc như thế này họ buộc phải lộ mặt. Phần lớn chúng ta ai chẳng sẵn sàng trả giá cho những khoản tiền thù lao, và kêu ca trước mặt công chúng chỉ là để mọi người khỏi phát hiện được cuộc sống của ta thực sự dễ chịu như thế nào mà thôi. Còn vào giây phút này thì chuyện được cái này mất cái kia không bao giờ tránh khỏi cũng nằm lại đằng sau xa rồi, bởi tiết trời

ấm áp, hai bên ven bờ là những cánh đồng và vườn quả đang lúot qua. Khoa học quả là một công việc khó nhàn, nhưng rồi ai đó vẫn phải làm đấy chứ.

Tôi đang ở trên dòng Neckar với tư cách là khách mời của một nhóm cựu sinh viên Viện Max Planck ở Stuttgart; những người này đã thuê một chiếc du thuyền xem như một món quà tặng sinh nhật lần thứ sáu mươi của Klaus von Klitzing, một con người đã trở thành huyền thoại¹. Đó là một đám người thân thiện, nhiều người trong số họ tôi đã biết từ những năm đầu thập niên 1980, khi tôi bắt đầu viết những bài báo lý thuyết về hiệu ứng von Klitzing. Phần lớn họ là người Đức, còn vài người như tôi đến từ nước khác. Trong đám người quốc tịch lẫn lộn, Nhật và Mỹ có thể hoàn toàn coi là đại diện cho cộng đồng các nhà vật lý bán dẫn, Israel và Nga thì cũng vậy, cùng với cả mấy người đến từ Anh, Brazil và Mexico. Tất cả tụ hội ở đây đều với mục đích để tổ chức một lễ kỷ niệm cho Klaus, một công dân toàn cầu và một cư dân của vùng đất mà xem ra giờ đây ta phải gọi là “châu Âu cổ”².

Vấn trẻ trung và hăng hái như mọi khi, Klaus chưa hay biết gì về điều thực sự bất ngờ sẽ đến với ông ở phía cửa sông - một khu vườn nho nhỏ trên một sườn dốc bạn bè đã thuê cho ông. Ông đang vui vẻ tán gẫu trong lúc con thuyền vòng qua khúc quặt và sau đó dừng lại đột ngột, cũng chính là lúc ông chợt ngấm thấy trên sườn đồi một tấm biển ghi tên của ông. Mấy cựu sinh viên đã đi thuyền tới và gần tấm biển ở đó từ sáng. Thấy đã bị phát hiện, họ giờ tay

-
1. Thông tin về viện Mark-Planck có thể xem ở đây: <http://www.mpi-stuttgart.mpg.de>.
 2. Dân từ nhận xét nổi tiếng của Bộ trưởng Quốc phòng Rumsfeld tại buổi họp báo tại Pentagon Foreign Press Center, ngày 22 tháng 1 năm 2003. Để trả lời câu hỏi về sự thiếu nhiệt tình của Pháp và Đức trong việc tấn công Iraq, ông gọi các quốc gia trên là “châu Âu Cổ”. Xem http://defenselink.mil/transcripts/2003/t01232003_t0122sdfpc.html

vẩy vẩy. Klaus lúc này mới chột hiểu chuyện gì và trở nên khá bối rối, nhưng đã quá muộn. Dự đoán trước khoảnh khắc này, những người bày đầu đã bí mật chia các ly sâm-banh, và mọi người bắt đầu hồ hởi nâng cốc chúc mừng sinh nhật khiến con thuyền chao đảo chút ít. Klaus không nói nên lời. Thuyền tạm dừng ít phút ngay chỗ lối lên vườn nho cho mọi người chụp vài tấm hình kỷ niệm và tặng quà, bao gồm cả những lời hứa trang trọng không gian lận trong khi ép nho bằng việc trộn lẫn với những loại nho kém phẩm chất. Rượu được đóng chai cẩn thận và gắn nhãn hiệu Rượu Vang Klitzing để mang phân phối.

Điều bất ngờ chính đã lắng dịu dần những bất ngờ khác hẵng còn trước mặt. Tàu neo lại ở thị trấn trung cổ Besigheim và được một đoàn người nom thật kỳ dị của địa phương ra nghênh tiếp, một ban nhạc của học sinh trung học cực kỳ đông, cùng với ba quý ông trong chế phục của thế kỷ mười chín. Một trong số đó, chắc hẳn là nhóm trưởng, diện một chiếc mũ phớt hể rộng vành, hai tay mang một ly rượu vang khổng lồ. Anh ta chuyển đến toàn bộ khách khứa của mình lời mời trịnh trọng vào thăm thị trấn, rồi dẫn họ xuyên qua những con phố lát đá tới một phòng tiệc lớn đã được bày biện sẵn sàng cho một bữa liên hoan. Đám sinh viên vui thích vì phát hiện ra rằng đây là bữa tiệc ăn-xả-giàn dành cho họ. Các vị khách sau khi no nê được dẫn từ đó đi một vòng tham quan bức tường thành trung cổ bao quanh lấy thị trấn và thêm phần che bóng mát cho những nhánh sông hội nhau ở dưới kia đang rền rĩ và sôi lên sùng sục dưới ánh mặt trời hàng bao thế kỷ nay. Phái đoàn sau đó quay lại thuyền và trở về nhà xuyên qua những vòm cầu phủ rêu trong ánh chiều hôm, ca hát, nhắm nháp những ngụm vang tuyệt hảo mang đến từ các hầm rượu, vì chuyến đi này ngoài những mục đích khác ra, kèm vào đó còn là một chuyến du lịch nếm vang.

Tình cảm lớn lao mọi người dành cho Klaus đã phản ánh sự kính trọng mà ông đáng được nhận. Sự nhiệt thành ấy phần nào còn mang tính cố hữu địa phương. Ví dụ như hôm người ta thông báo ông được giải Nobel vào năm 1983, chương trình truyền hình ban ngày ở Đức đã phải lược bỏ bớt để liên tục đưa tin về sự kiện này, một điều không thể nghĩ đến ở nước Mỹ. Từ sau thế chiến thứ hai thì ông chỉ mới là người thứ tư được giải Nobel ở Đức, một việc khá nhạy cảm, vì chính nước Đức đã khai sinh ra vật lý hiện đại vào những năm đầu của thế kỷ hai mươi.¹ Rồi cả những nơi khác trên thế giới cũng mở tiệc chiêu đãi ông một cách phóng khoáng, nhất là ở châu Á, và hình như đâu cũng thế trên suốt chặng đường ông đi dự các cuộc tiếp đón danh dự hoặc đi về từ các cuộc diễn thuyết ở khắp mọi nơi trên trái đất.

Điều khiến ông nổi tiếng là việc ông đã khám phá ra rằng có một thứ gì đó lẽ ra không có - một điều gây choáng váng nhắc nhở cho mọi người biết rằng nhận thức của con người về thế giới là hữu hạn, rằng những định kiến của chúng ta không phải là những định luật và rằng vật lý lượng tử là cái gì đó thần diệu, hoặc luôn có vẻ như vậy.² Ông có được khám phá của mình vào năm 1980 ở phòng thí nghiệm từ trường cao ở Grenoble, nơi ông đã tiến hành những thí nghiệm đáng quan tâm nhưng cũng phần nào đơn điệu với những cấu kiện điện tử tối tân nhất thời bấy giờ. Chúng được thiết kế với những dung sai ở mức chính xác có khi còn hơn cả những thiết bị

1. Những người nhận giải Nobel kể từ năm 1945 là Walther Bothe năm 1954, Rudolph Mossbauer năm 1961, và J. Hans Jensen năm 1963. Max Born cũng nhận giải năm 1954, nhưng sau đó lại nhập quốc tịch Anh. Có tổng cộng 5 người Đức nhận giải này sau von Klitzing. Xem <http://www.nobel.se>.

2. Bài báo đầu tiên công bố phát hiện ra hiệu ứng Hall lượng tử được K. von Klitzing, G. Dorda, và M. Pepper cho đăng trên tạp chí *Phys. Rev. Lett.* 45, 494 (1980).

được sử dụng ngày nay trong công nghiệp vi mạch, và được làm lạnh tới những nhiệt độ cực thấp để cố làm lộ ra những hiệu ứng mới mà thể hệ kế tiếp của điện tử học có thể khai thác. Ông bắt đầu nghĩ rằng trong những mẫu này có thể có một hiệu ứng trước đó đã từng được nhận thấy, đó là, một trong những phép đo trở nên ổn định một cách bất thường với một khoảng rộng các cường độ khác nhau của từ trường. Được trí tò mò, hay quá trình đào tạo khoa học, hay chỉ đơn giản là cảm hứng thôi thúc, ông đã quyết tâm tìm ra cho bằng được phép đo đó sẽ ổn định đến như thế nào khi thí nghiệm được tiến hành một cách chính xác. Ông sửng sốt khám phá thấy rằng số đo đó giống hệt nhau đối với hết cường độ từ trường này sang đến cường độ khác, hết ngày này đến ngày khác, hết mẫu này tới mẫu khác, với độ chính xác hơn một phần triệu. Đến nay, những cải tiến về mặt chất lượng mẫu và về kỹ nghệ đông lạnh đã đưa độ chính xác này tới một phần tỉ. Để thấy rõ độ chính xác này có thể nói rằng nó cũng tựa như ta có thể đếm số đàn ông, phụ nữ và trẻ em trên bề mặt trái đất mà không để sót một ai. Việc khám phá được sự bất biến không ngờ và chưa hề được dự đoán này đã đưa von Klitzing lên hàng siêu sao quốc tế trong khoa học, và ông vẫn ở đó cho tới nay.

Bản thân phép đo thì cũng đơn giản thôi - một khi ta biết ta đang tìm kiếm cái gì - và cũng đã được lập đi lập lại ở hàng nghìn phòng thí nghiệm trên khắp thế giới, nên ta chắc chắn là nó đúng. Khi nam châm được đưa đến gần dây dẫn đang có dòng điện chạy qua, thì một hiệu điện thế vuông góc với phương của dòng điện sẽ xuất hiện. Điều này xảy ra vì các electron đang chuyển động trong dây dẫn bị nam châm làm lệch hướng, hệt như khi chúng được tự do trong khoảng không, và thế là chúng dồn sang một phía của dây dẫn cho đến khi lực điện do hiệu điện thế đó gây ra cân bằng với

lực từ làm lệch các electron đó. Đó là hiệu ứng Hall, được đặt tên theo Edwin H. Hall, nhà vật lý đầu tiên phát hiện ra hiệu ứng này vào năm 1879. Hiệu ứng này thường được biết đến như một trở kháng, được tính bằng cách chia hiệu điện thế sinh ra cho cường độ dòng điện. Ở nhiệt độ bình thường, trở kháng Hall tỉ lệ với mật độ electron trong dây dẫn, và vì vậy rất quan trọng đối với công nghệ bán dẫn, vốn dựa trên sự điều chỉnh mật độ electron. Tuy nhiên, ở các nhiệt độ rất thấp thì cơ học lượng tử bắt đầu can thiệp vào. Đồ thị Hall biểu diễn sự phụ thuộc của trở kháng vào mật độ không còn là một đường thẳng như trong trường hợp ở nhiệt độ phòng nữa, mà lúc này là một đường có những uốn lượn. Trong trường hợp những loại bán dẫn đặc biệt mà von Klitzing nghiên cứu - các loại tranzito hiệu ứng trường giống như những loại được sử dụng trong các chip máy tính - thì những đoạn uốn lượn đó triển khai thành một đường bậc thang với những bậc cực kỳ phẳng khi nhiệt độ giảm. Chiều cao của các bậc đó là những giá trị lượng tử hóa phổ quát của trở kháng Hall.

Sau khi xác lập được tính phổ quát của nó, von Klitzing nhanh chóng nhận ra rằng lượng tử của trở kháng Hall được xác định theo lối đó chính là sự tổ hợp của những hằng số cơ bản - đó là lượng tử e không thể chia nhỏ được nữa của điện tích, hằng số Planck h , và vận tốc ánh sáng c - tức là tất cả những cái mà chúng ta nghĩ là những viên gạch xây nên vũ trụ¹. Sự việc này hàm ý một cách hiển nhiên rằng ta có thể đo đạc những viên gạch với độ chính xác tuyệt diệu mà không phải trực tiếp làm việc trên những viên gạch đó. Đối với các nhà vật lý, điều đó cực kỳ có ý nghĩa, nhưng cũng khiến họ

1. Phương trình lượng tử hóa Hall là $R = h/ne^2$, với n là một số nguyên.

cực kỳ bối rối. Càng ngẫm nghĩ về chúng mới càng thấy không thể tin nổi, cho đến khi họ nghiên cứu các con số, và ngay cả khi đó họ vẫn còn ngỡ rằng có điều gì đó còn chưa được tính đến. Nhưng chẳng có gì chưa được tính đến cả. Các thí nghiệm đã được tiến hành nhiều vô kể, chúng rất nhất quán và không thể bác bỏ được. Hơn thế nữa, độ chính xác của các phép đo của von Klitzing dường như càng được cải thiện không ngừng khi người ta càng đưa được nhiệt độ xuống thấp hơn và càng tăng kích thước của mẫu đo. Bởi những lý do đó, nó dần trở thành định nghĩa được chấp nhận đối với tổ hợp đặc biệt này của các hằng số cơ bản.

Khỏi cần phải phóng đại sự ảnh hưởng của khám phá này đối với vật lý học. Tôi còn nhớ như in cái ngày mà một đồng nghiệp của tôi là Dan Tsui mang bài báo của von Klitzing tới phòng trà của Bell Labs (tên một phòng thí nghiệm của hãng điện thoại nổi tiếng của Mỹ), rồi như không giấu nổi tâm trạng phấn khích của mình, anh ta đã giục mọi người suy nghĩ xem từ đâu mà có sự chính xác đến kinh ngạc thế.¹ Chẳng ai đưa ra được một lời giải thích nào. Chúng tôi lúc đó đều biết rằng những mẫu mà von Klitzing dùng là chưa hoàn hảo, và do đó mong rằng chúng sẽ còn thay đổi. Trong quá trình xử lý, các vật liệu bán dẫn luôn có những biến đổi xuất phát từ những nguyên nhân khó kiểm soát được, ví dụ như những sai hỏng về mặt cấu trúc của mạng tinh thể, những chất ngoại lai ngẫu nhiên, những oxit vô định hình trên bề mặt, những ba via gỗ ghề do quá trình in quang để lại, những vấy hàn vương vãi trên bề mặt khi hàn nối các dây dẫn, v.v... Những thứ này được biết là sẽ có ảnh hưởng đến các phép đo điện khác, và vì rất quan trọng đối với công

1. Ngoài phòng trà, phòng thí nghiệm Bell Labs ngày đó có nhiều truyền thống rất hay khác. Xem J. Bernstein, *Three Degrees Above Zero* (Nxb Cambridge U. Press, London, 1987).

nghệ vi mạch nên chúng đã được tích cực nghiên cứu. Nhưng cuối cùng điều chúng tôi trông đợi hóa ra lại là sai. Nghiên cứu lý thuyết sau đó, bao gồm cả một số công trình của tôi, đã khiến chúng tôi giờ đây hiểu ra rằng sự không hoàn hảo lại dẫn đến một hiệu ứng ngược hẳn lại; cụ thể thì hiệu ứng này chính là *nguyên do* của sự hoàn hảo của phép đo - một sự đảo ngược tình huống đầy kịch tính sánh vai với những tấn bi kịch Hy Lạp nổi tiếng nhất.¹ Thực vậy, hiệu ứng lượng tử Hall là một ví dụ tuyệt vời về sự hoàn hảo đột sinh từ cái không hoàn hảo. Như vậy là đầu mối chủ chốt của việc này ở chỗ, sự chính xác lượng tử hóa - tức là chính bản thân hiệu ứng - sẽ biến mất nếu mẫu quá nhỏ. Những hiện tượng mang tính tập thể vừa là chung trong tự nhiên, lại vừa là trung tâm của khoa học vật lý hiện đại, do vậy mà nếu hiểu theo nghĩa này thì hiệu ứng nói trên không phải là chưa có tiền lệ hay một cái gì đó quá khó hiểu. Tuy nhiên, sự chính xác cực kỳ của hiệu ứng von Klitzing đã khiến không ai bác bỏ được bản chất tập thể của nó, và ý nghĩa đặc biệt của nó là ở chỗ đó.

Trong suốt những năm tháng đó, do được sống trong môi trường vật lý lý thuyết và đã quá quen thuộc với những cách thức của nó cũng như với những diễn biến lịch sử, tôi hiểu ngay rằng khám phá của von Klitzing ắt phải là một sự kiện có tính bước ngoặt, một thời điểm quyết định, đánh dấu một bước nhảy vọt chắc của vật lý học từ thời đại quy giản luận vào thời đại đột sinh. Sự dịch chuyển đó thường được báo chí phổ thông miêu tả như là sự quá độ từ kỷ nguyên vật lý học sang kỷ nguyên sinh học, nhưng điều này không hoàn toàn đúng. Điều chúng ta đang thấy là sự chuyển đổi về mặt

1. Tôi viết bài báo đầu tiên liên hệ sự chính xác của hiệu ứng von Klitzing với quá trình định vị. Xem R.B. Laughlin, *Phys. Rev. B.* 23, 5632 (1981).

thế giới quan, trong đó mục đích tìm hiểu tự nhiên bằng cách chia chúng thành từng phần ngày một nhỏ hơn được thay thế bằng mục đích tìm hiểu xem bản thân tự nhiên tự tổ chức như thế nào.

Nếu hiệu ứng Hall lượng tử đã vén tấm màn vào thời đại đột sinh, thì việc khám phá ra hiệu ứng Hall lượng tử phân số là động tác khai mở của nó.¹ Thiết đặt thí nghiệm đã làm bộc lộ hiệu ứng phân số cũng giống hệt như đối với hiệu ứng von Klitzing ban đầu, nhưng ý nghĩa của nó thì khác hẳn. Trong khi khả năng tái hiện cực cao của hiệu ứng Hall lượng tử đúng là một bất ngờ, thì hành trạng về đại thể lại không có gì bất ngờ. Thực tế, sự quan tâm của von Klitzing đối với vấn đề này lại bắt nguồn từ một bài báo lý thuyết của Tsuneya Ando, hiện nay là giáo sư vật lý của Viện Công nghệ Tokyo, trong đó thực sự có những con số hết sức giống với những dấu hiệu thực nghiệm được phát hiện về sau.² Trái lại, hiệu ứng phân số không hề được bất kỳ một lý thuyết nào tiên đoán trước và cũng không giống với bất kỳ một thứ gì đã được biết trong tự nhiên từ trước đó. Dan Tsui cùng với Horst Störmer đã tình cờ phát hiện ra nó vào một đêm khi đang tìm kiếm bằng chứng cho sự kết tinh của electron, điều mà những lý thuyết đang thịnh hành tiên đoán là phải xảy ra. Thay vào đó, họ lại tìm thấy một phiên bản thu nhỏ của hiệu ứng von Klitzing ở một cường độ từ trường lẽ ra là quá lớn và tại giá trị chính xác bằng một phần ba giá trị cực tiểu cho phép, một điều lẽ ra là không thể nào có. Lúc nào von Klitzing cũng bảo rằng ông cứ day dứt mãi vì không phát hiện ra hiệu ứng phân số, nhưng

-
1. Việc phát hiện ra hiệu ứng phân đoạn lượng tử Hall được công bố bởi D.C. Tsui, H.L. Stormer, và A.C. Gossard, *Phys. Rev. Lett.* 48 1559 (1982).
 2. Hoạt động một cách định tính của hiệu ứng von Klitzing được tiên đoán bằng lý thuyết bởi T. Ando, *J. Phys. Soc. Japan* 37, 622 (1974).

thật ra như thế là không sòng phẳng với chính mình, vì vấn đề ở đây đơn thuần chỉ là do chất lượng mẫu. (Những gì không hoàn hảo không hề ảnh hưởng đến độ chính xác lượng tử hóa, nhưng tiếc thay chúng lại có thể phá hủy toàn bộ hiệu ứng). Những khám phá trọng yếu thường dựa trên những lợi thế công nghệ không đáng kể. Dan, Horst và tôi cùng nhận chung một giải Nobel vật lý vào năm 1998 với công trình về hiệu ứng Hall lượng tử phân số - Dan và Horst đã có công tìm ra hiệu ứng đó còn tôi thì đã xây dựng mô hình toán học đầu tiên về nó¹. Lúc đó tôi không hề nghĩ khám phá này mang tính cách mạng, vì trong ngành của tôi thì lúc nào cũng đầy rẫy những thứ đáng kinh ngạc liên quan đến cơ học lượng tử, đòi hỏi phải có những công cụ toán học mới dùng để miêu tả, nhưng đến những năm về sau, tôi đã nghĩ khác đi. Sự hoàn hảo tuyệt đối của hiệu ứng này đã khiến nó phải được xếp vào một phạm trù khác với phạm trù của những hiệu ứng trước đó, cũng giống như sự hoàn hảo của hiệu ứng Hall lượng tử lúc ban đầu.

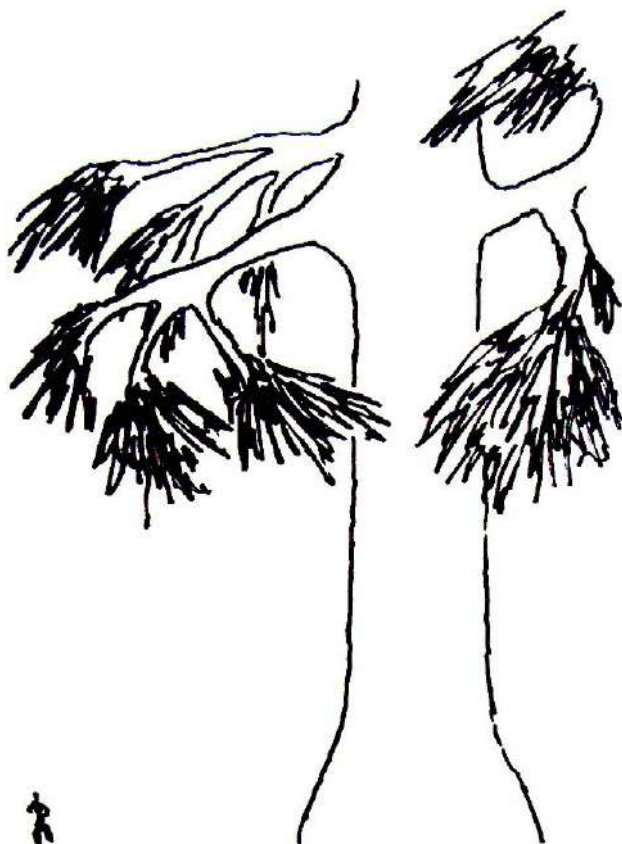
Hiệu ứng Hall lượng tử phân số đã bộc lộ cho thấy rằng những lượng tử mà bên ngoài có vẻ như không thể chia nhỏ được nữa - trong trường hợp này là điện tích e của electron - có thể bị phá vỡ thành các mảnh nhỏ thông qua việc tự tổ chức của các pha. Nói một cách khác, cái gọi là cơ bản không nhất thiết phải là cơ bản. Về nguyên tắc thì việc có thể xảy ra sự phân mảnh như vậy đã được biết đến từ vài chục năm nay, và thậm chí đã có một tài liệu tham khảo về thực nghiệm lập luận rằng những đối tượng mang tính hạt có điện tích phân số là nguyên nhân của hiện tượng dẫn điện

1. Bài báo lý thuyết đầu tiên của tôi về hiệu ứng lượng tử phân đoạn Hall được đăng trong *Phys. Rev. Lett.* 50, 1395 (1983).

trong các vật dẫn điện hữu cơ có tên gọi là các chất polyaxetylen.¹ Tuy nhiên, mọi luận cứ được đưa ra vào thời điểm của khám phá nói trên đều có những thiếu sót. Những mô hình lý thuyết theo đó hiệu ứng này có thể được chứng minh một cách thuyết phục đều là những mô hình một-chiều và do đó không thể tiến hành được một cách chính xác trong phòng thí nghiệm. Những chất dẫn điện hữu cơ nói trên luôn có vướng mắc với các vấn đề hóa học, cản trở việc lặp lại các đặc tính thực nghiệm. Lúc nào người ta cũng có thể lảng tránh bài toán về phân mảnh hóa bằng cách lập luận rằng không cần đến chúng vẫn có thể giải thích được các thí nghiệm - điều luôn đúng đối với các hiện tượng đột sinh, nhưng như thế thì thường cũng chẳng khác gì chỉ nhìn thấy cây mà không thấy rừng. Nhưng bằng sự chính xác của mình, khám phá về hiệu ứng Hall lượng tử phân số đã khiến cho sự bối rối đó đột ngột chấm dứt. Không thể dùng những lý thuyết gần đúng để giải thích những cái chính xác. Việc quan sát thấy những bậc phẳng lượng tử hóa một cách chính xác của hiệu ứng Hall lượng tử phân số đã *chứng minh* cho sự tồn tại của những pha vật chất mới, trong đó những kích thích sơ cấp - tức các hạt - mang chính xác một phân số của điện tích e . Những kích thích của trạng thái đó được Dan và Horst phát hiện lần đầu mang điện tích là $e/3$, một kết quả đặc biệt hấp dẫn, bởi vì $e/3$ cũng chính là điện tích của các quark, những hạt cơ bản cấu thành nên proton và neutron. Kể từ đó có nhiều vô kể những pha vật chất như vậy đã được phát hiện, mỗi pha được mô tả bằng một phân số với các mẫu số nhỏ khác nhau.²

-
1. Xem W. P. Su, J.R. Schrieffer, và A.J. Heeger, *Phys. Rev. B* 42, 1698 (1979), và các tài liệu tham khảo trong bài báo.
 2. Số lượng tài liệu tham khảo không may là nhiều vô kể. Một ví dụ điển hình là J.P. Eisenstein và H.L. Stormer, *Science* 248, 1461 (1990).

Khi có ai chạm tới được mặt bằng danh vọng nào đó thì khó mà nghĩ ra một món quà tặng mà anh ta chưa có. Trước vụ du ngoạn bằng thuyền trên sông Neckar, tôi phải làm một việc không mấy hứng thú là đọc một bài giảng chuyên môn tại buổi hội thảo chuyên để nhân dịp sinh nhật von Klitzing. Vì nhiều năm không làm việc với các chất bán dẫn, và vả lại cũng không có nhiều điều để nói về chủ đề đó so với những người trẻ tuổi làm việc nhiều về vấn đề này, nên tôi có nguy cơ tự biến mình thành trò cười. Cuối cùng tôi quyết định



Nếu hợp thủy thổ thì chúng có vẻ tươi tốt lắm.

nói về định luật đột sinh vật lý - một khía cạnh quan trọng trong khám phá của von Klitzing - và cũng nhân cơ hội này để tặng Klaus một cây giống. Thực ra là tôi mang tới đó hai cây, một để ông trồng ở nhà và một cho ký túc xá của Viện, vì sống lâu mới biết là cái gì cũng phải có dự phòng. Lúc đứng trên diễn đàn tôi có giải thích với mọi người đây là những cây *sequoia* (cú tùng), một trong những loại cây lớn nhất, có quê hương ở cái xứ mà tôi sinh ra và lớn lên. Tôi vẫn thường chơi trò cắm trại dưới tán những cây này hồi còn nhỏ, mặc dù cho đến khi rời khỏi nhà tôi cũng chưa hề biết chúng khác thường chỗ nào. Khó tả lắm, vì chúng không hẳn như những loại cây cối bình thường khác. Tôi thực sự ngạc nhiên khi thấy có ba cây đã lớn hẳn hoi mọc trên đảo Mainau giữa hồ Constance trong lần viếng thăm trước ở nơi đó. Nếu hợp thủy thổ thì chúng có vẻ tươi tốt lắm. Cảm giác này đã được mấy người làm ở vườn ươm cây có xuất xứ địa phương trên núi Santa Cruz khẳng định.

Tôi đã mua mấy cây này ở đó và nghe họ kể rằng khối người cũng mua chúng mang theo lên máy bay, nhất là để đem về Đức và Israel, thế là cũng đủ thú vị rồi. Cho nên tôi đã giải thích với cử tọa rằng giá trị của những cây này không nằm ở chỗ chúng là giống cây gì, mà là ở chỗ tôi đã cất công mang chúng đến tận đây. Tôi biết Klaus hờ ra là chỉ toàn đi máy bay hạng bình dân mà thôi, nên ông thừa hiểu thế nào là phải ngồi bó gối mười giờ đồng hồ liền trên máy bay qua vùng Bắc Cực lại còn phải kẹp một cái túi dưới chân. Khi tất cả chúng ta rồi sẽ khuất bóng, tôi nói, những cái cây này sẽ có kích thước của một cây thông linh sam bình thường. Tối khi con cái chúng ta về già, chúng sẽ bắt đầu trông to đùng và tự thấy chật chội. Rồi bảy mươi thế hệ nữa trôi qua - bằng thời gian từ thời Julius Caesar tới giờ - chúng sẽ khiến cho mọi thứ xung quanh trông nhỏ

xíu. Nếu được chăm sóc thật cẩn thận và đúng kiểu thì không lý do gì chúng lại không trường thọ.

Cái quan trọng tiềm ẩn trong khám phá của von Klitzing không phải là sự tồn tại của định luật vật lý, mà là việc định luật vật lý là cái gì, từ đâu mà có và những hệ quả của nó là gì. Đúng trên lập trường của những người theo quy giản luận thì định luật vật lý là động lực thúc đẩy của vũ trụ. Nó chẳng xuất phát từ đâu nhưng lại ngụ ý tất cả. Từ góc nhìn đột sinh thì định luật vật lý là một quy tắc ứng xử tập thể, nó là hệ quả của những quy tắc nguyên sơ hơn nằm bên dưới (mặc dù có thể không nhất thiết phải vậy) và nó cho người ta năng lực tiên đoán trong một phạm vi có giới hạn nào đó của môi trường chung quanh. Ngoài phạm vi đó, nó không còn quan yếu nữa và phải nhường quyền lại cho những quy tắc khác, đó hoặc là con cháu hoặc là cha mẹ của nó tính theo phả hệ. Dựa vào thực kiện thì chẳng có cách nhìn nào nói trên có ưu thế hơn so với cách nhìn nào, vì cả hai đều dựa trên thực kiện và đều đúng, nói theo nghĩa truyền thống của khoa học. Vấn đề ở đây có phần tế nhị - nó còn là chuyện tiếng tăm ai hơn ai nữa. Nói theo nhà văn George Orwell thì tất cả mọi việc đều ngang tầm ngang cỡ, khốn nỗi lại có một số ngang tầm ngang cỡ hơn so với một số khác.

CHƯƠNG 8

Tôi đã giải được lúc đang ăn tối

Sự tinh tế của tự nhiên lớn gấp nhiều lần
so với sự tinh tế của các giác quan và của nhận thức.

Sir Francis Bacon

Bob Schrieffer, người nhận chung giải Nobel Vật lý về lý thuyết siêu dẫn đã kể một câu chuyện như sau: người hướng dẫn luận văn tiến sĩ của ông là John Bardeen giành được giải Nobel đầu tiên của mình vì đã phát minh ra tranzito, và đúng vào lúc những ý tưởng chủ đạo của lý thuyết rất nổi tiếng hiện nay về siêu dẫn bắt đầu định hình thì ông phải lên đường tới Stockholm vào tháng Mười Hai năm 1956. Ông thấy bút rút khi được mời ngay vào thời điểm phấn khích đó, nhưng cũng phải đi thôi chứ biết làm sao. Khi quay về vào tháng Giêng, ông và Bob bắt đầu làm việc ngày đêm để tìm ra những chi tiết của lý thuyết và nhất là tìm cách kiểm tra lại lý thuyết đó bằng thực nghiệm. Đúng vào thời điểm quan trọng thì bà vợ Bardeen lại sắp xếp một bữa cơm khách. Bà mời một ông bạn người Thụy Điển, và chẳng nghi ngờ gì việc John, chồng bà, sẽ sẵn sàng vui vẻ tiếp chuyện. John thường rất kiệm lời lại có tiếng là nói chậm, ngay cả

khi phải trả lời một câu hỏi thật đơn giản - có vẻ như ông phải suy đi nghĩ lại kỹ càng về những câu trả lời mà mình đưa ra để đáp lại những câu hỏi đại loại như “Ông vẫn khỏe chứ?” và về tất cả những hậu quả mà chúng có thể dẫn đến. Ấy vốn là chuyện bình thường khi ông đang *không* bận tâm phát minh ra một lý thuyết mới vĩ đại. Đêm ra hôm ấy là một bữa cơm khách nhớ đời. Trong bữa ăn, John hầu như không nói một lời. Hỏi chỉ ậm ừ, bản thân thì không hỏi han xã giao lấy một câu, đã thế cũng chẳng tỏ ra quan tâm gì đến vợ và ông khách, nói chung như một người mất hồn. Thế nào mà rồi bà Bardeen cũng xoay sở đâu vào đấy được hết cả buổi tối, tiễn khách ra về và đúng lúc bắt đầu rửa chén bát thì John lững thững bước vào với một nụ cười lạ hoắc và gật gù nói một cách bằng quơ: “Thế là mình giải được bài toán nhiệt dung rồi”. Khi bà vợ ông hỏi xem ông đang nói cái quái gì vậy thì ông đáp: “Tôi giải được lúc đang ăn tối ấy mà”.

Câu chuyện trên lúc nào cũng mang đến cho những người trong ngành chúng tôi những nụ cười nong hậu, vì mọi người nhớ rằng ai lúc còn sinh viên cũng thuộc lòng công thức nhiệt dung nổi tiếng, và rồi ai cũng thừa biết rằng ít nhất trong một giới hẹp, John Bardeen được xem như là nhà vật lý lý thuyết lớn nhất xưa nay.¹ Và việc ông không rập khuôn như những người bình thường khác lại càng khiến sự việc trở nên tuyệt vời hơn. John chẳng hề có lấy một chút vị thế của những gương mặt được sùng bái như Albert Einstein, không hề có một chút dấu ấn gì về vũ khí hạt nhân như Robert Oppenheimer, hay đôi chút nét kiêu sang về mặt trí tuệ như Wolfgang Pauli. Thay vào đó, ông là một người gốc Bắc Mỹ dễ mến đã âm thầm trở

1. L. Hoddeson và V. Daitch, *True Genius: The Life and Science of John Bardeen* (Nxb Joshep Henry Press, Princeton, NJ 2002).

thành người đầu tiên trong lịch sử hai lần đoạt giải Nobel về cùng một lĩnh vực - lần đầu do đã phát minh ra tranzito và lần sau là lý thuyết siêu dẫn.¹ Những đồng nghiệp bắt đầu làm việc trong ngành từ những năm 1960 nói với tôi rằng John mới thực sự là người đã đẻ ra ngành lý thuyết chất rắn hiện đại.² Ông đã dẫn tạo cho mình một phong cách riêng trong nghiên cứu về tranzito ở Bell Labs với việc luôn cần cù nghiền ngẫm những dữ liệu thực nghiệm, xem xét đi xem xét lại những thực kiện và cố hiểu chúng bằng cách đưa ra một lý thuyết đơn giản, sáng sủa. Khi ông thất bại trong những nỗ lực ban đầu nhằm tạo ra một chiếc tranzito hiệu ứng trường, thiết bị buộc phải có trong mọi công nghệ vi mạch hiện đại, John đã tập trung toàn bộ năng lực để cố hiểu được tại sao. Ông đã xác định được một cách chính xác rằng khúc mắc ở đây nằm ở những trạng thái bề mặt, một hiệu ứng liên quan đến các liên kết hóa học bị gãy trên những bề mặt rắn, và thúc giục Walter Brattain hãy cố thử một cách tiếp cận khác. Kết quả là sự ra đời của tranzito tiếp xúc điểm, được công bố vào năm 1947³, bước khởi thủy để tiến vào kỷ nguyên chip siêu nhỏ, một kỷ nguyên rất cuộc cũng được mở màn chỉ sau khi bài toán về trạng thái bề mặt được khắc phục nhiều năm sau tại công ty Fairchild Semiconductor, bằng một mẹo hóa học nhỏ.⁴ Bất

-
1. *Frederick Sanger cũng giành được giải Nobel hai lần trong cùng lĩnh vực - lần đầu năm 1958 cho nghiên cứu về cấu trúc protein và lần thứ hai cho DNA tái hợp. Linus Pauling giành giải Nobel hóa học năm 1954 cho công trình về bản chất liên kết hóa học, và lần thứ hai là giải Nobel hòa bình cho hoạt động phản đối vũ khí hạt nhân.*
 2. *Tôi đặc biệt lấy từ nguồn của J.C. Phillips, C.N. Herring, và T. Geballe.*
 3. *Một thông báo ngắn gọn về phát minh ra tranzito, xin xem W.F. Brinkman, "The Transistor: 50 Glorious Years and Where We're Going", <http://www.lucent.com/minds/transitor/pdf/first50.pdf>*
 4. *Xem M. Riordan và L. Hoddeson, *Crystal Fire: The Birth of the Information Age* (Nxb Norton, New York, 1997); F.M. Wanlass và C.T. Sah, "Nanowatt Logic Using Field-Effect-Metal-Oxide-Semiconductor Transistors", *Tech. Dig. IEEE Int. Solid State Circuits Conf.*, 32-33, 1963.*

luận thế nào, việc phát minh ra chiếc tranzito nguyên thủy cũng đã đặt ra những chuẩn mực cho ngành nghiên cứu của chúng tôi, và nó vẫn khiến phần lớn chúng tôi xem thành tựu lớn nhất của khoa học chính là việc diễn giải được các thực kiện tới chân tơ kẽ tóc của chúng một cách có hiệu quả, sao cho từ đó có thể xuất hiện một số các phát minh thực tiễn. Chính từ John Bardeen mà quan niệm này đã trực tiếp ra đời.

Bardeen có lẽ gián tiếp mang nợ William Shockley cho giải Nobel thứ hai của mình. Shockley vốn là người hướng dẫn của ông ở Bell Labs, và là người cùng với Brattain giành giải Nobel cũng dành cho việc phát minh ra tranzito. Shockley có tính hay gây gổ và nổi tiếng kiêu căng. Ví dụ như khi được hỏi xem ông đã làm từ thiện cho các ngân hàng tinh trùng đang luôn nhắm tới các nhà khoa học và các gương mặt nổi tiếng khác hay chưa, thì nghe kể rằng ông ta đã trả lời, “*Tất nhiên, phải cho chứ*”, cứ như thể nếu từ chối là không chịu phục vụ nhân loại vậy. Bình thường trong trường hợp này thì phản ứng của mọi người thường là xua tay cười trừ, coi như lời nói đùa. Ai cũng biết ông coi các nhà khoa học (trái ngược với các kỹ sư) như những kẻ tài tử và xem thường họ là những kẻ non gan. Thái độ nồng hậu và thương người về sau bị ông phê phán trong lý thuyết nổi tiếng của mình về sự hèn kém mang tính chủng tộc và về thuyết ưu sinh.¹ Không có gì đáng ngạc nhiên khi ông nổi khùng lên về việc chính các nhà vật lý mới thực sự phát minh ra tranzito trong khi một kỹ sư như ông thì lại không. Ông tìm mọi

1. William Shockley có một sự nghiệp lừng danh và đa dạng. Ông chuyển đến California, nơi ông gieo mầm cho sự ra đời của Thung lũng Silicon. Ông cũng bị ám ảnh thái quá với ảnh hưởng của thuyết thừa kế trí tuệ. Xem W. Shockley và R. Pearson, *Shockley on Eugenics and Race: The Application of Science to the Solution of Human Problems* (Nxb Scott-Townsend Publishers, Washington, D.C, 1992).

cách bồi nhọ uy tín và khiến cho cuộc sống của những người phát minh trở nên khốn đốn. Người thực sự chế tạo ra chiếc tranzito đầu tiên là Barttaint đã từ chối làm việc cho Schokley, và cũng tại ông mà Bardeen đã phải rời khỏi Bell Labs và chuyển đến Viện đại học Illinois, nơi ông làm việc cho tới tận những ngày cuối sự nghiệp của mình. Đó cũng là nơi mà Cooper, Schrieffer và ông đã giải quyết thành công bài toán siêu dẫn.

Tầm cỡ khoa học của John Bardeen lừng lững đến mức phần lớn chúng ta khó tưởng tượng được ông lại chỉ là một nhà tư tưởng thuần túy với những phút yếu lòng rất con người. Gần đây tôi có nghe một câu chuyện rất dễ thương về Bardeen do một trong những cộng sự gần gũi với ông từ những ngày xa xưa của hiện tượng siêu dẫn là Doug Scalapino kể lại. Rất lâu sau khi tranzito được phát minh và lý thuyết siêu dẫn đã được công nhận, hai người bạn họ chơi golf ở Santa Barbara. Khi chợt bàn đến vấn đề chính sách khoa học thì John, người thường xuyên gặp khó khăn trong việc quảng bá một số công trình mới nhất của mình, vô tư nhận xét “Doug này, giới Lãnh đạo khoa học họ đang cố mời tôi đấy”. Doug nhẹ nhàng đáp “John, thì chính anh là giới Lãnh đạo khoa học chứ còn gì nữa”¹.

Sau tranzito thì siêu dẫn là một thứ đáng để suy nghĩ. Tiềm năng ứng dụng của các chất siêu dẫn khác rất xa so với của các chất bán dẫn, nhưng vấn đề trọng tâm trong mỗi trường hợp lại là vì sao một số vật thì dẫn điện trong khi một số khác lại không. Trong một vật dẫn luôn có một số phần tử tự do đi lại, trong khi một số phần tử khác lại bị khóa cứng tại chỗ - cứ như thể là một cái điện thoại di động với một lô ốc vít bé tí bị lỏng ở bên trong và kêu lọc xọc mỗi

1. Tôi nghe chuyện này từ Scalapino trong một bữa dạ tiệc vào năm 2001.

khi bị lắc lắc. Trong trường hợp các chất bán dẫn thì những thứ ốc vít bị lỏng đó được xem như do nhiệt tạo ra, vì cứ hễ chất bán dẫn được làm lạnh là mấy thứ ốc vít lỏng này biết mất hoàn toàn. Ngược lại, trong kim loại thì chúng vẫn cứ tồn tại ngay cả khi nhiệt độ giảm dần tới 0 độ tuyệt đối, và do đó chúng cố hữu phải mang tính cơ học lượng tử. Hơn thế nữa, chúng có rất nhiều. Trong một chất bán dẫn điển hình như thứ bạn có trong máy tính cá nhân hay trong đồng hồ đeo tay thì nhiều nhất trong mười nghìn nguyên tử mới có một hạt tải điện (một electron hoặc một lỗ trống). Ấy vậy mà đối với kim loại, cứ mỗi một nguyên tử lại có một hạt như vậy. Những hạt này từ đâu đến, điều gì đã miễn cho chúng khỏi cần tạo ra liên kết hóa học, và tại sao khi nhiệt độ xuống đến cực thấp rồi mà chúng vẫn chuyển động, đó là những câu hỏi hoàn toàn bí ẩn. Hóa ra vấn đề trung tâm của tất cả những cái đó chính là hiện tượng siêu dẫn.

Bài toán siêu dẫn rất khó giải, một phần cũng vì nó đòi hỏi phải tấn công vào một tư tưởng khoa học lỗi thời nhưng đã ăn sâu bám rễ - biến các electron độc lập. Trong những ngày tháng đầu tiên của cơ học lượng tử, người ta đã khám phá ra rằng rất nhiều tính chất của kim loại trên thực tế có thể được cắt nghĩa bằng cách mặc nhiên công nhận là giữa các electron của chúng không hề có lực điện tác dụng. Không được rõ ràng lắm tại sao lại thế, nhưng những đặc tính của các electron lý tưởng hóa đó thì lại khá đơn giản tới mức có thể thừa sức tính toán được trên một mẩu giấy ăn trong giờ giải lao, và những tính toán đó hoàn toàn trùng khớp với thực nghiệm. Điều này hóa ra cực kỳ có ích trong kỹ thuật và cho phép người ta có thể dự đoán một cách đủ chính xác xem trong những tình huống mới thì hành trạng của kim loại sẽ như thế nào. Không may là việc này lại khiến người ta nghĩ rằng toàn bộ vật chất cũng đều *phải* xử sự đúng như vậy, và về căn bản đó là một ý tưởng sai lầm. Lực tác

dụng giữa các electron trên thực tế là rất lớn, và việc chúng không quan yếu đối với các thí nghiệm này quả là điều đáng ngạc nhiên. Hành trạng của kim loại là một hiện tượng đột sinh mang tính tổ chức. Biển electron là giả thuyết hợp lý, là vì các pha kim loại được hình thành lên, chứ không phải ngược lại.

Bardeen, Cooper và Schrieffer đã lảng tránh bài toán đang tranh cãi về biển electron bằng một chiến thuật rất thông minh là làm cho trạng thái siêu dẫn trở thành lệ thuộc vào nó. Cũng giống như là Hiệp định lập hiến Hoa Kỳ buộc Tổng thống phải là công cụ của Quốc hội khi tuyên chiến. Thủ đoạn này đã xoa dịu những e ngại của các nghị sĩ về quyền tối cao của tổng thống và làm cho Hiến pháp được phê chuẩn một cách dễ dàng hơn, nhưng trong thực tế, thực quyền trong việc tuyên bố chiến tranh vẫn nằm trong tay Tổng thống.¹ Sự thật thì trạng thái siêu dẫn là cha đẻ của trạng thái kim loại bình thường, chứ không phải ngược lại. Các lý thuyết thường muốn đảo ngược vai trò này bằng việc công nhận sự tồn tại của biển electron và giải thích tính siêu dẫn như một hiệu ứng tinh tế xảy ra ở nhiệt độ thấp gây ra bởi những chuyển động của lõi nguyên tử mà xung quanh chúng là dòng chảy của các electron. Hiện tượng đó sẽ biến mất nếu các nguyên tử không chuyển động. Nhưng có một điều tinh tế là: Các nguyên tử kim loại *luôn luôn* chuyển động. Biển electron *tuyệt đối* không ổn định, có nghĩa rằng nó sẽ trở nên siêu dẫn ở một nhiệt độ đủ thấp nếu có bất kỳ một chuyển động nào của nguyên tử. Do đó việc cho rằng trạng thái siêu dẫn nom bề ngoài như một trạng thái phụ thực sự chỉ là một hư cấu toán học.

1. Khả năng gây chiến của ban điều hành là một vấn đề đặc biệt nhạy cảm tại thời điểm này, vì cuộc xung đột tại Iraq, nhưng người ta đã nói nhiều về nó rồi. Xem A.M. Schlesinger, Jr., *The Imperial Presidency* (Nxb Houghton Mifflin, New York, 1989); và A. Hamilton, J. Madison, và J. Jay, *The Federalist Papers* (Nxb Mento, New York, 1961).

Đặc điểm chủ chốt của trạng thái siêu dẫn được lý thuyết tiên đoán, gọi là khe năng lượng. Khe năng lượng có thể được miêu tả một cách chính xác bằng toán học, nhưng sẽ dễ hình dung hơn thông qua cảnh Moses rẽ nước Hồng Hải trong bộ phim *Mười Điều Răn* của đạo diễn Cecil B DeMille: nước rút đi và tạo ra một đường hẻm với hai bên là hai bờ tường nước dựng đứng, không tuân theo những quy tắc thông thường của dòng chảy, để lộ ra mặt đất khô ráo dưới chân.¹ Con đường đất được tạo ra kiểu đó đã giúp cho dân Do Thái dễ dàng trốn thoát từ Ai Cập để đến sa mạc Sinai, và cũng được lượng tính bằng một phép màu sao cho khi tài tử điện ảnh Charlton Heston (trong vai Moses) và dòng người Do Thái vừa kịp đi từ bờ bên này của Hồng Hải sang bờ bên kia thì hai bức tường nước đổ ập xuống chặn đứng đám binh lính đang đuổi theo họ. Trong các vật siêu dẫn cũng vậy, bằng vào một phép màu, khe năng lượng được tính toán sao cho dòng điện có thể chạy qua một mẫu kim loại trong khi chuyển động thông thường của các electron thì bị chặn đứng. Thí nghiệm đo khe bao gồm hai mẫu chất siêu dẫn phân cách bởi một lớp cách điện mỏng - điển hình là hai màng chì mỏng được phân cách bởi một lớp oxit chì. Như có phép lạ, một dòng điện rất nhỏ chạy xuyên qua thiết bị này mà không cần có sự tác động của một hiệu điện thế nào - cứ như mọi chướng ngại đối với electron đều biến đâu mất - trong khi đó thì những dòng điện lớn thông thường lại chỉ có thể chạy qua khi điện áp vượt qua một giá trị ngưỡng nhất định. Ngưỡng đó gọi là khe năng lượng. Nếu thiết bị được làm nóng đủ để phá bỏ tính siêu dẫn thì lúc này cả hai biểu hiện kỳ lạ trên đều biến mất: biến electron lại được phục hồi, dòng

1. K. Orrison, *Written in Stone: Making Cecil B. DeMille's Epic, The Ten Commandments* (Nxb Vestal Press Ltd., Vestal, New York, 1999)

điện siêu dẫn nhỏ dừng lại, và dòng điện thông thường lập tức chạy một khi có tác dụng của điện áp. Do đó việc biến electron không có khe năng lượng là một hiện tượng ở nhiệt độ cao nhưng do công nghệ làm lạnh chưa tương xứng nên được những công trình nghiên cứu ban đầu về kim loại xác định một cách nhầm lẫn như là một cái gì đó cơ bản. Trong phim Mười Điều Răn, vua Ai Cập Pharaon cũng đã xác định nhầm biển Hồng Hải là rào cản chính ngăn ngừa người Do Thái bỏ trốn. Cá nhân tôi nghĩ rằng thật đáng đời ông ta, vì tội đã tự cắt giảm ngân quỹ khoa học của mình.

Đột phá có tính then chốt trong việc mô tả khe năng lượng không phải của Bardeen mà là của Schrieffer. Vào mùa đông năm 1957 khi Bob mới 25 tuổi, ông đã kể lại chi tiết rằng lúc đó ông đang tham dự một cuộc hội thảo khoa học ở New York và ý tưởng này đã đến với ông khi đang đi trên xe điện ngầm.¹ Nếu không phải là quá tuyệt vời thì mọi người ai cũng dám bảo đấy là chuyện bịa, vì ai đã chui xuống đường xe điện ngầm vào chiều tối ở New York trong những năm tháng ấy (kể từ đó nó đã được nâng cấp) đều biết những ý nghĩ dưới đó hẳn cũng phải tối tăm lắm. Võ não của ông lẽ ra lúc đó phải được phơi ra chỗ nào đó chan hòa ánh nắng để nghiền ngẫm được bài toán ấy mới phải. Những gì hiện đến trong đầu ông là một phép mô tả toán học cực kỳ đơn giản về các trạng thái siêu dẫn mà bạn có thể giải thích nó trong mười lăm giây. Tất nhiên, đó không phải là sự mô tả chất siêu dẫn thực, mà là một phép trừu tượng được lý tưởng hóa chứa đựng những điều cơ bản - nhưng hóa ra lại đủ chi ly để cắt nghĩa cho những phát hiện thực nghiệm chủ chốt. Một phiên bản hiện đại phát minh của Schrieffer có lẽ là trò chơi điện

1. Một bản tường thuật lý thú về câu chuyện này có thể xem trên trang web của Bob Schrieffer <http://www.research.fsu.edu/researchr/winter2002/schrieffer.html>

từ *Sim City*, một mô hình đồ chơi của một thành phố thật mà bạn có thể chơi và điều khiển thế nào tùy thích, và nó có đủ những điểm chung với một thành phố thực đến mức nó dạy cho bạn biết các thành phố hoạt động theo những nguyên tắc nào. Tuy nhiên, lý thuyết siêu dẫn còn nghiêm túc hơn so với trò *Sim City* nhiều, vì nó có thể được kiểm sai và lại đẹp một cách tuyệt vời. Ở đây có vẻ như rất dễ bị nhầm lẫn. Khi dùng một dụng cụ kém nhạy như laser để đo, người ta không thể phân biệt được chất siêu dẫn với một biến electron độc lập, nhưng dùng một dụng cụ tinh vi hơn - ví dụ như một cặp dây dẫn hay một miếng nam châm để gắn đó - để đo thì nó lại hành xử hoàn toàn ngược lại, giống như heli siêu chảy vậy. Điều đó giống như sự chuyển đổi từ một nền dân chủ tuyệt đối ở thang các cá nhân, với những quan điểm chính trị đa dạng một cách lộn xộn, sang một đảng chính trị chuyên chế ở thang các quốc gia, trong đó mọi dấu vết của tính cá nhân đều biến mất và bị thay thế bởi một thông điệp mạch lạc duy nhất. Nhưng bài toán hóa ra lại có một lời giải rất đơn giản về mặt chuyên môn mà Bob đã nghĩ ra khi đang ngồi trên xe điện ngầm. Ông nói rằng ông đã vật lộn cả buổi chiều để sắp xếp ý tưởng đầu ra đây và rồi mãi đến tối khuya mới viết được nó ra - một sự thú nhận mang tính khám phá, đó là bởi vì vật lý lý thuyết đích thực trên thực tế giống với nghệ thuật hơn là với kỹ thuật, và cũng chẳng thể làm theo đơn đặt hàng được. Ý tưởng vật lý đến trước, rồi toán học mới đến sau, và việc viết nó ra giấy thành một phương trình đơn giản thì cũng không khác gì việc ghi một bài hát thành nốt nhạc hay một bài thơ thành câu chữ.

Sinh viên học về siêu dẫn thường rất bối rối với phương trình Schrieffer vì nó không phải là lời giải của một bài toán toán học cụ thể nào - khác với những lời giải đã được trù tính sau khi mọi chuyện đã xảy ra. Bài toán ở đây mang tính quan niệm chứ không

mang tính kỹ thuật, và được xem như một nỗ lực nhằm mô tả những gì xảy ra trong tự nhiên một cách càng đơn giản càng tốt, hơn là một nỗ lực nhằm chinh phục thế giới bằng suy luận toán học. Những sinh viên tội nghiệp bỗng chốc bị buộc phải biến hình từ những nhà logic học thành những người dự thi chương trình trò chơi Thoát Hiểm lúc gần tới hồi kết, khi mà tất cả các chọn lựa dễ dàng đã hết, chỉ có một tùy chọn duy nhất còn lại là Những Bất Ngờ kiểu Hegel với phần thưởng là 500 đô la. Người dẫn chương trình Alex Trebek đọc một cách rành rọt tám thẻ gợi ý của anh ta “lý thuyết siêu dẫn của... Bardeen - Cooper - Schrieffer” và cổ vũ những người dự thi tìm ra được câu hỏi tương ứng trước khi chuông reo.¹ Rất không may là không có cách nào tránh né được bài toán này. Việc suy ngẫm thấu đáo ý tưởng của Schrieffer đưa đến một chuỗi những sự kiện khiến cho đám sinh viên hoang mang phát hiện ra rằng, vật lý học đích thực gần như lúc nào cũng là môn học mang tính suy luận, nhưng *không* có một hiện tượng tập thể mang tính tổ chức nào - thậm chí, chẳng hạn, những thứ đơn giản như hiện tượng kết tinh và từ trường - lại được suy luận ra cả, và rằng cái lối nhìn ngược lại mà họ được học khi còn trẻ chẳng qua chỉ là một mẹo để buộc họ phải học mà thôi. Nắm bắt được hiện tượng siêu dẫn không phải điều gì đặc biệt khó khăn. Đó chẳng qua chỉ là trường hợp đầu tiên mà người ta phải đối mặt, trong đó thủ đoạn suy luận toán học bị lộ diện quá rõ ràng nên không thể tiếp tục duy trì được nữa. Sở dĩ ý tưởng của Schrieffer được coi là một chiến thắng lớn về mặt trí tuệ chính là vì lý do đó. Ông cũng từng bị nhồi sọ không khác gì tất cả chúng ta, nhưng bằng một cách nào đó ông đã tìm cách vượt qua

1. Tôi có được ý tưởng tuyệt vời này từ trang web có tên là Marxist Jeopardy. Xem <http://www.answers.org/free/marx>.

được lối mà bản thân mình được đào tạo để rồi đi vào tận cốt lõi của sự việc. Thực vậy, do có một niềm tin sai lầm rằng hiện tượng siêu dẫn là một bài toán mang tính kỹ thuật cho nên trước đó chưa một ai đã giải được nó.

Cái cốt lõi trong ý tưởng của Schrieffer là việc làm giảm bớt số lượng hạt. Quan niệm này cũng có một sự tương tự đơn giản trong các thành phố. Giả dụ bạn cắt đứt hết các cây cầu và đường hầm dẫn đến quận Manhattan, không để cho ai ra vào nữa. Cuộc sống ít nhiều vẫn sẽ tiếp diễn như bình thường, mọi người vẫn đi lại và rồi người này vẫn gây khó chịu cho người kia (tôi yêu New York), vì hòn đảo cũng đủ rộng khiến cho một phần của nó hoạt động lại là nguồn cung cấp cho một phần khác. Điều này tương phản một cách rõ nét với một bữa tiệc chật ních ở văn phòng, nơi có một sự khác biệt vô cùng lớn giữa việc cửa ra vào để ngỏ hay bị đóng. Nếu tưởng tượng Manhattan là một miếng kim loại và mọi người ở đó là các electron, thì giải pháp Schrieffer đưa ra chỉ đơn giản là mở thông những cây cầu và đường hầm khiến số lượng electron có thể biến thiên. Nói cách khác, vì số lượng electron trong bất cứ một khu vực nào cũng có thể biến thiên mà không làm thay đổi những đặc tính của cái toàn thể, cho nên số lượng electron có trong *toàn bộ* các khu vực cũng có thể được phép biến thiên, dù cho trên thực tế, con số này là cố định. Việc cho phép những biến thiên như vậy vốn là một thủ thuật toán học chuẩn được dùng để đơn giản hóa việc mô tả các chất khí và chất lỏng thông thường ở nhiệt độ cao, nhưng việc sử dụng nó đối với các chất siêu dẫn là khá triệt để, vì các chất siêu dẫn luôn lạnh ở mức băng giá. Trong cuộc sống thực và nóng bỏng của Manhattan, số lượng người biến thiên từ thời điểm này qua thời điểm nọ, nhưng lại là cố định ở một thời điểm

cụ thể. Manhattan đông lạnh của Schrieffer thì ngược lại, số lượng người là cái *không xác định* và hàm sóng lượng tử của thành phố sẽ phải là một sự trộn lẫn cứng nhắc và bất biến thiên theo thời gian của các trạng thái với những số lượng người khác nhau. Quả là một quan niệm tuyệt vời. Sự hiện diện đồng thời của những thứ không tương thích với nhau theo cách hiểu cổ điển - trong trường hợp này là những số lượng electron khác nhau - là điểm chung giữa chất siêu dẫn của Schrieffer với con mèo của Schrödinger.

Công cụ toán học cho phép số lượng electron trong mẫu có thể biến thiên hóa ra lại có nội dung vật lý quan trọng, dù ở thời điểm đó Schrieffer chưa nhận thấy. Ông chỉ đơn thuần cố gắng khái quát hóa một ý niệm mang tính kỹ thuật mà người đồng sự của ông là Leon Cooper đã có được về tính không bền vững của biển electron. Giờ đây ta hiểu được rằng tình cờ mà ông đã bắt gặp được cách mô tả ngắn gọn về sự vung tóe mãnh liệt mang tính cơ học lượng tử của những electron từ một phần của mẫu đến phần khác vốn là những đặc trưng của trạng thái siêu dẫn. Người ta có thể mô tả hiệu ứng này mà không vi phạm số lượng hạt, nhưng kết quả chính xác thu được có một ý nghĩa lớn hơn nhiều so với sự mất đi tính rõ ràng, và hơn thế nữa là mất đi tính cốt yếu. Cũng giống như hiện tượng kết tinh, siêu dẫn là một hiện tượng mang tính tổ chức, và khi mà số lượng electron quá nhỏ thì đó là một hiện tượng *bất định*. Sự thất bại của phép gần đúng của Schrieffer đối với một mẫu nhỏ chỉ đơn thuần mang một ý nghĩa vật lý là: hiện tượng siêu dẫn không thể xuất hiện ở những mẫu như vậy.

Sự bất định về số lượng đòi hỏi bởi ý tưởng của Schrieffer lại có một hiệu ứng phụ rất lạ lùng, ban đầu bị bùng bít nhưng sau đó người ta mới hiểu rằng nó mang tính then chốt: không phải chỉ

có một cách duy nhất để mô tả trạng thái siêu dẫn. Có rất nhiều những lời giải tương đương - khoảng mười lăm đến mười tám trên một centimet khối chì - mỗi lời giải đó đều hợp thức như bất cứ lời giải nào khác.¹ Ban đầu, việc có vô số các lời giải đã gây ra rất nhiều phiền toái, vì những quy tắc vi mô của cơ học lượng tử đòi hỏi hệ phải có một trạng thái duy nhất. Đó là một trong những lý do chính khiến người ta phải cần nhiều thời gian đến vậy để công nhận lý thuyết siêu dẫn. Nhưng hiệu ứng đó không quá khó hiểu nếu bạn xem xét nó một cách đúng đắn. Lịch sử Đế chế La Mã thì chỉ có một, nhưng có rất nhiều chi tiết vụn vặt thể như ai đã là người mua loại kính trang trí gì để lắp vào các ô cửa của tòa biệt thự nào lại là những chi tiết có thể bị thay đổi mà không ảnh hưởng gì đến một sự kiện lớn nào. Những pho sử hợp lý, đáng tin cậy và nói lên được những điều căn bản về Đế chế La Mã có một số lượng choáng ngợp. Lịch sử của các hệ lớn khác biệt với lịch sử các hệ nhỏ, vì đó là sự miêu tả các hiện tượng tập thể chứ không phải là sự miêu tả chi tiết nhỏ mọn. Hiệu ứng tranh đua trong lý thuyết siêu dẫn cũng giống như vậy. Đó là xu hướng các electron nắm chặt tay nhau cùng chuyển động như là một vật thể khổng lồ, không khác gì các nguyên tử khi bị kết tinh. Điều này thực sự giống hệt những gì xảy ra đối với hiện tượng kết tinh, ngoại trừ việc nó khó che giấu do nhảy qua sự miêu tả phi lượng tử “hiển nhiên” ở đúng vào những thời điểm chủ chốt. Khi số lượng electron cực kỳ lớn, rất khó phân biệt được đâu là trạng thái cơ bản đích thực của chất siêu dẫn và đâu là những trạng thái kích thích nằm thấp đi kèm với chuyển động tập thể của toàn bộ khối kết tập. Do đó, cách mô tả của Schrieffer không phải là cách mô tả duy nhất đã là triệu chứng của một cái gì đó hết sức

1. Một *quyntillion* là $10^{18} = 1.000.000.000.000.000.000$

căn bản: sự đột sinh của ý nghĩa thông thường của vật thể lỏng - cái hiệu ứng tập thể đã chuyển đổi cơ học lượng tử thành những định luật của Newton. Thật thú vị khi thấy nhiều nhà vật lý vẫn đang tiếp tục nhầm lẫn về vấn đề này, và điều đó chứng tỏ rằng, về bản chất, việc bị bức hại về mặt trí tuệ không cứ nhất nhất chỉ xảy ra ở lớp trẻ.

Các chất siêu dẫn bộc lộ cho thấy một số lượng những hành trạng chính xác, mà sự chính xác của chúng lại bắt nguồn từ sự đa bội mang tính đột sinh của các trạng thái cơ bản do Schrieffer phát hiện ra. Hiệu ứng Meissner là hành trạng nổi tiếng nhất, đó là sự tự nâng lên của một mẫu nhỏ chất siêu dẫn đặt trên một cực nam châm. Quá trình tự nâng lên này có thể xuất hiện hoặc mất đi một cách thuận nghịch khi mẫu được nung nóng hay được làm lạnh trong suốt quá trình chuyển tiếp siêu dẫn và do đó rất thú vị để biểu diễn trên lớp học. Vốn từng được chứng kiến hàng trăm hiệu ứng điện ảnh đặc biệt, sinh viên ngày nay thường chẳng mấy cảm xúc đối với những phép màu vật lý, nhưng điều đó thay đổi vào thời khắc mà họ nhìn thấy sự tự nâng lên theo hiệu ứng Meissner. Hiệu ứng Josephson cũng khá ngoạn mục (trên thực tế có hai hiện tượng cùng mang tên Josephson). Hiệu ứng thứ nhất là khả năng dẫn điện của một chiếc bánh kẹp (sandwich) bằng chì siêu dẫn mà không cần một điện áp đặt vào. Hiệu ứng này là cơ sở vật lý của các bộ dò từ trường siêu nhạy có cái tên triu mến là *con mực ống* (tiếng Anh là *squid*, vừa có nghĩa là con mực ống lại vừa là cách viết tắt của cụm từ superconducting quantum interference devices - thiết bị giao thoa siêu dẫn lượng tử), được sử dụng trong chiến tranh chống tàu ngầm, trong việc tạo ảnh cộng hưởng từ, và trong các máy điện não. Một hiệu ứng khác đó là sự phát ra các sóng vô tuyến đã được nhắc tới ở phần trên khi có một điện áp đặt vào chiếc bánh kẹp. Hằng số tỉ lệ giữa thời lượng của các sóng này và điện áp đặt vào là

bất biến với sai số một phần tỉ trong nhiều lần làm thí nghiệm. Cũng giống như với hiệu ứng von Klitzing, người ta đã tiên đoán được hiệu ứng Josephson về mặt lý thuyết, nhưng tính tái lập cực kỳ cao của nó thì chưa được tiên đoán. Hằng số Josephson cũng là một tổ hợp (mặc dù là một tổ hợp khác) của lượng tử điện tích cơ bản e , hằng số Planck h và vận tốc ánh sáng c , và rất có thể vì thế mà có thể kết hợp nó với hằng số von Klitzing cùng với một phép đo độc lập được thực hiện với vận tốc ánh sáng là ta có thể xác định được e và h . Thực vậy, hai hiệu ứng vĩ mô đó chính là *định nghĩa* thực tiễn hiện nay của những đại lượng nom bề ngoài có vẻ mang tính vi mô đó. Sự bất biến của hiệu ứng Meissner và hiệu ứng Josephson chung quy chỉ là phép chứng minh thực nghiệm cho thấy rằng trong các chất siêu dẫn có một nguyên lý tổ chức đang tác động, nguyên lý mà giờ đây chúng ta đồng nhất nó với sự đa bội Schrieffer và gọi là sự phá vỡ đối xứng siêu chảy.

Tính chính xác của những hiệu ứng nói trên đặt ra một vấn đề tri thức luận mà tốt nhất tôi xin minh họa bằng một câu chuyện. Một lần hồi còn nhỏ, tôi đã thua trong một cuộc thi vì bị ăn gian. Lúc đó tôi đang bơi với một người anh họ trong một hồ bơi rộng có nước lưu thông, giữa các rặng thông gần căn nhà gỗ của bà tôi trên núi ở Porterville, bang California. Đó là một vùng đồng quê có địa hình khá mấp mô, và con đường dẫn tới nhà bà tôi thì lại rất xa và ngoằn ngoèo vì nó phải đi vòng qua núi. Tuy nhiên nếu chịu khó đi chân đất thì có thể đi tắt rất tiện dọc theo mép sông. Giờ ăn tối sắp đến, và anh họ tôi, người đi chơi với tôi suốt ngày, thấy tôi bắt đầu chán muốn về theo đường ấy nên giở lý ra nói rằng đã chắc gì đường tắt thực sự ngắn hơn. Anh chàng là dân thành phố lớn, thạo đời, và ý kiến anh đưa ra thường được tôi đánh giá cao, thế nên tôi mắc mưu ngay và quyết sẽ chứng minh rằng anh ta sai là cái chắc.

Anh khẳng định một cách tự tin rằng tôi chẳng biết gì mà chỉ nói bừa, rồi như thường lệ, chúng tôi giải quyết bài toán bằng cách anh ta đi theo con đường cái vòng qua núi còn tôi thì đi theo đường tắt xem ai về nhà trước. Nhưng con đường tắt men theo vệ sông lại rất dốc và đầy cuội lớn nhón lẩn với rễ cây, khó đi dép nên không thể chạy được. Vì vậy chúng tôi thỏa thuận rằng cả hai sẽ phải cùng *đi bộ* chứ không chạy xem ai về nhanh hơn ai và không ai được ăn gian. Sau đó chúng tôi bắt đầu khởi hành. Tôi phải đương đầu với những đoạn đường dốc, với những đám rễ cây và những cành liễu đâm ngang to bằng cả thân người, bằng chúng là những ngón chân của tôi sưng phồng và chảy máu, nhưng khi hỗn hển về được đến nơi thì đã thấy anh tôi ở đó với một bắp ngô gần hết và đã ăn hết non nửa suất bún thịt của mình. Anh ấy bảo thế là anh ấy đã thắng, và lại còn bảo không khéo tôi còn bị mắng vì về trễ. Tôi cũng thấy ngượng khi phải nói rằng không biết bao nhiêu lâu sau đó tôi mới biết thì ra anh họ tôi đã chạy, có thể thôi. Các nhà khoa học thực sự là những kẻ hay cả tin, và tôi e rằng mình cũng đã coi cái nghiệp của mình là phải chấp nhận thất bại, đã cho rằng cách phán xét của mình là sai lầm, và rồi lật đi lật lại vấn đề nhiều lần để tìm xem mình sai ở đâu. Thật là khờ khạo.

Cũng giống như cuộc chạy thi của chúng tôi, sự thắng thua trong khoa học thường xuất phát từ những lý do sai lầm. Cuộc chiến về lý thuyết siêu dẫn là một trong những cuộc chiến kéo dài và ngiệt ngã nhất trong lịch sử khoa học, trước hết vì vấn đề trung tâm ở đây chủ yếu là vấn đề quan niệm. Cuối cùng thì lý thuyết đó cũng đã được công nhận dựa trên cơ sở là nó đã cắt nghĩa được khía cạnh “quang phổ” của bài toán - nhiệt dung (được Bardeen tính ra vào bữa ăn tối), hệ số truyền tải nhiệt, khe năng lượng, và mối quan hệ giữa khe năng lượng với nhiệt độ chuyển tiếp của trạng

thái siêu dẫn, sự biến thiên của nhiệt độ này với khối lượng đồng vị, sự thay đổi tốc độ âm thanh xuất hiện tại điểm chuyển pha, và vân vân. Đáng buồn là bộ máy của khoa học lại không được thiết kế để xử lý các khái niệm mà chỉ để xử lý các thực kiện và các công nghệ. Do đó mà lý thuyết Bardeen-Cooper-Schriffer đã được sáp nhập vào khối khoa học không phải với tư cách một khái niệm mà là một công nghệ tính toán. Những ai am tường thì đều hiểu rằng tính chính xác của hiệu ứng Meissner và Josephson mới là điều cốt lõi, chứ điều cốt lõi không hẳn là việc đòi hỏi phần còn lại của lý thuyết phải đúng, nhưng các giáo trình lại vẫn tiếp tục trình bày câu chuyện thông qua khía cạnh quang phổ mà lý thuyết đó cắt nghĩa, và rồi sẽ cứ vậy mãi. Thế nên họ vẫn nói rằng siêu dẫn là sự biểu hiện của tính không ổn định của biển electron. Họ nói rằng lực hút giữa các electron gây ra siêu dẫn chính là nhờ chuyển động nguyên tử. Họ nói rằng trạng thái siêu dẫn có một khe năng lượng liên hệ một cách đơn giản với nhiệt độ chuyển pha. Vân vân và vân vân.

Thực ra thì không có cái gì là căn bản trong những cái vừa nêu trên. Nó chỉ là một ngẫu nhiên lịch sử trong đó các chất siêu dẫn lần đầu tiên được khám phá lại khớp với những chi tiết quang phổ của lý thuyết và vì vậy được dùng để biện minh cho lý thuyết đó mà thôi. Nhưng những hiệu ứng Meissner và Josephson thực sự lại biện minh cho linh hồn của lý thuyết, chứ không phải cho toàn bộ các chi tiết của nó. Điều này ngay từ đầu đã được một số các nhà vật lý xuất sắc người Nga hiểu một cách thấu đáo, nên không phải vô cớ mà cho đến giờ họ vẫn cảm thấy trong lý thuyết này họ đã không nhận được sự công bằng. Không may là cuộc sống đâu có mấy khi công bằng, nhất là khi dính dáng tới chuyện khái niệm. Bất cứ lúc nào sinh viên của tôi cảm thấy bức bối với hiện trạng công việc thì tôi chỉ việc nhắc họ nhớ tới lời của tiến sĩ Pangloss khi ông

nằm chờ chết vì căn bệnh giang mai.¹ Khi được hỏi liệu có phải là do ma quỷ xui khiến không, ông đã trả lời rằng căn bệnh là không thể tránh khỏi trong cái Thế giới hoàn hảo nhất này, vì Columbus đã mang nó về châu Âu, nhưng cũng chính Columbus đã mang cả sô-cô-la và phẩm son về cơ mà.

Những thỏa hiệp về mặt tinh thần đòi hỏi để định nghĩa lý thuyết siêu dẫn như một thứ công nghệ đã dẫn đến một hiệu ứng phụ, đó là chúng đã làm phát sinh một sự nhầm lẫn sâu sắc xét trên bình diện văn hóa về tầm quan trọng tương đối của các sự vật. Trở lại những năm 1970, do bị ảnh hưởng của những định kiến đương thời về ngành của họ, hai nhà vật lý lý thuyết rất khả kính (sẽ không được nhắc đến tên) đã viết một bài báo để “chứng minh” rằng hiện tượng siêu dẫn không bao giờ có thể xuất hiện ở nhiệt độ cao hơn 30 độ Kelvin (30 độ cao hơn so với 0 độ tuyệt đối). Điều đó hoàn toàn nhất quán với những đặc tính của kim loại được biết đến vào thời điểm đó, và với những chi tiết của lý thuyết siêu dẫn khớp với những đặc tính như vậy. Điều này không phải không quan trọng, vì việc làm lạnh các vật xuống tới dưới 77 độ Kelvin, điểm sôi của nitơ lỏng, vào thời đó là cực kỳ tốn kém và do đó đã là một trở ngại lớn về mặt công nghệ. Sau đó, ở một bước ngoặt thực sự đáng cảm động, Georg Bednorz và Alex Müller đã khám phá thấy tính siêu dẫn ở đúng 30 độ Kelvin trong một thứ vật liệu thậm chí còn không hẳn là kim loại, đó là gốm², và rồi không lâu sau đó, Paul Chu đã lại phát hiện thấy một vật liệu tương tự bộc lộ tính siêu dẫn ở 90 độ Kelvin. Những bước phát triển đột ngột và gây nhiều xáo trộn

-
1. F.-M.A. Voltaire, *Candide or Optimism: A Fresh Translation, Backgrounds, Criticism* (Nxb W.W. Norton, New York, 1991).
 2. Tài liệu tham khảo nguyên thủy về sự phát hiện ra siêu dẫn ở nhiệt độ cao là của J.G. Bednorz và K.A. Müller, *Z. Phys. B* 64, 189 (1986).

nói trên đã khiến mọi người điên cuồng thực hiện những cú đập lui đẩy sáng tạo, tương tự như cái khoảnh khắc trong phim hoạt hình Cuộc Đua Đường Trường khi Wile E. Coyote phát hiện thấy cổ xe trượt lấp động cơ tên lửa Đỉnh Cao của mình bắn vọt xa hơn mồm đá để rơi xuống vực. Người ta nghe thấy đủ loại những lời cáo lỗi kỳ quặc, bao gồm cả những gợi ý khiến mọi người nghĩ rằng những hiện tượng đó chẳng phải là siêu dẫn gì hết, mà chỉ là một loại hiệu ứng tập thể mới cơ bản nào đó mà thôi - một sự bào chữa tiện lợi để không nhất thiết phải tuân theo lý thuyết của Bardeen-Cooper-Schrieffer. Nhưng tất nhiên đâu phải vậy. Những thí nghiệm đó cuối cùng đã có thể được lặp lại nhiều lần và rõ ràng, và hiệu ứng Josephson đã được tạo ra với một chất siêu dẫn ở nhiệt độ cao và ở nhiệt độ bình thường, nhờ vào kỹ thuật chuẩn bị bề mặt thông minh do Bob Dynes sáng chế, người hiện là hiệu trưởng trường Đại học California. Tấm màn bí mật đã được vén. Cái sai không phải ở bản chất cơ bản của trạng thái siêu dẫn - đó là trạng thái thông thường - mà là ở cái huyền thoại về biển electron mà dựa vào đó có vẻ như chính cái sai được tạo ra. Những vật liệu được nêu ra ở đây đơn giản là không chứa đựng biển electron.

Khía cạnh nhân bản của tính siêu dẫn ở nhiệt độ cao là khía cạnh khá phức tạp, vì thường nó liên quan đến sự sụp đổ của những hệ ý niệm. Vẫn diễn ra những cuộc chiến dữ dội không khác gì những tranh cãi thời trung cổ xem có bao nhiêu thiên thần chui vừa vào lỗ tròn kim, và vẫn có những nỗ lực quả cảm tìm cách phát minh ra những kỹ thuật toán học hòng “giải thích” những chất siêu dẫn này theo cách mà lý thuyết nguyên thủy đã giải thích những chất siêu dẫn thông thường. Nhưng sự thật đáng buồn ở đây là, tự bản thân những thao tác toán học trong lý thuyết Bardeen-Cooper-Schrieffer lại không mấy quan trọng, chúng chỉ là một công cụ dùng để chứng

minh sự tồn tại và bản chất của một trật tự mới. Giờ đây, một khi mà cái trật tự này đã được chứng tỏ là có tồn tại thực và những chất siêu dẫn mới đã được chứng tỏ bằng thực nghiệm là có bậc lộ trật tự đó, thì không còn một lý do nào đủ để thuyết phục người ta phải phát minh ra một công nghệ tính toán như vậy nữa - ngoại trừ vì những mục đích mang tính chuyên môn. Cũng vì lý do đó mà Lev Landau, một nhà vật lý lý thuyết nổi tiếng người Nga, nhân vật hàng đầu phải gánh trọng trách trong việc đã mã hóa rõ ràng những đặc tính của biến electron, đã có lần phải nói rằng, bạn có thể tính toán những đặc tính của nước, nhưng sẽ hợp lý hơn nhiều nếu bạn đo đạc chúng.

Phản ứng của những người theo quy giản luận đối với tính siêu dẫn ở nhiệt độ cao nhắc tôi nhớ tới chuyện mà tờ Thời Báo New York gần đây thuật lại xem như câu chuyện cười phổ biến nhất của thế giới¹. Sherlock Holmes và bác sĩ Watson trong một chuyến đi cắm trại:

Holmes: Này Watson, bây giờ anh hãy nhìn những ngôi sao trên bầu trời kia đi! Xem rồi anh có suy ra được gì không?

Watson:Ồ, mỗi đốm sáng nhỏ bé kia là một mặt trời khổng lồ với nguồn năng lượng từ lửa của phản ứng tổng hợp hydro. Vệt mờ ở đằng kia là thiên hà Andromeda. Những kính thiên văn cực mạnh cho ta biết rằng Andromeda là một hòn đảo chứa hàng tỉ tỉ ngôi sao. Những cỗ kính thiên văn mạnh hơn nữa thì bảo cho ta biết rằng có hàng tỉ tỉ những thiên hà như vậy rải rác khắp rìa của vũ trụ. Nếu thậm chí một trong một triệu các

1. T. Kuntz, "Word for Word-The World 'Funniest' Jokes: So this German Goes into a Bar with Dr. Watson and a Chicken", New York Times, 27 tháng 1/2002.

mặt trời kia có các hành tinh, và thậm chí một trong số một triệu các hành tinh đó có oxy, và thậm chí một trong số một triệu hành tinh có oxy có sự sống, và thậm chí một trong số một triệu hành tinh có sự sống đó có con người và có các nền văn minh, thì chắc hẳn là ta không cô đơn trong vũ trụ này.

Holmes: Ôi Watson, sao anh ngốc thế! Có người vừa ăn cắp cái lều của chúng ta rồi.

Hệ tư tưởng quy giản luận có một cách thể hiện hấp dẫn khác đối với lý thuyết siêu dẫn mà tôi gọi là sự sùng bái lý thuyết trường lượng tử. Lý thuyết trường lượng tử là một bộ máy toán học được phát triển lên từ những nghiên cứu về các hạt cơ bản, thường được giảng dạy sau bộ môn cơ học lượng tử thông thường với tư cách một thứ ngôn ngữ đặc biệt dùng để làm việc với chủ đề này - và đồng thời với tư cách là một lối tư duy cao cấp. Thực sự thì đó không phải là một lối tư duy mới mà chỉ đơn giản là sự phát biểu lại cơ học lượng tử trong bối cảnh của những hạn chế và những điều kiện đặc biệt phù hợp với chân không của không gian. Những điều kiện đó khiến cho chủ nghĩa hình thức trở nên trang nhã và thú vị khi học nó - ít nhất là đối với những kẻ mê toán như tôi - nhưng chúng cũng lại khiến cho chủ nghĩa hình thức dễ bề che giấu bản chất của sự vật thông qua thao tác. Những động tác ảo thuật khéo léo có thể khiến cho một hành vi vật lý nào đó nom cứ như do từ lý thuyết trường suy ra, trong khi thực ra là do bản thân thao tác toán học gây ra. Không lâu sau khi lý thuyết Bardeen-Cooper-Schrieffer được đưa ra, người ta khám phá ra rằng ngôn ngữ trường lượng tử lại phù hợp một cách đặc biệt trong việc miêu tả những đặc tính quan trọng của các chất siêu dẫn - nhất là bản thân các dòng siêu dẫn, hiệu ứng

Meisser, độ dẫn trên ngưỡng, và những chuyển động mang tính tập thể của electron mà người ta gọi là những dao động plasma - vì nó hoàn toàn cho phép người ta mặc nhiên tránh được những chi tiết rối rắm, không quan trọng, để nhanh chóng nắm được phần cốt lõi của vấn đề. Điều này cuối cùng dẫn tới việc sử dụng lý thuyết trường để giải thích tất cả những gì thuộc về tính siêu dẫn, và vì vậy gián tiếp dẫn đến quan niệm cho rằng chính các trường lượng tử là nguyên do gây ra hiện tượng siêu dẫn. Thậm chí đến giờ này người ta còn thấy không ít người vẫn ngấm ngấm tin vào điều này. Điều đó thật là nực cười - chẳng khác gì tin rằng giá bán ngô là nguyên nhân của thời tiết. Trên thực tế lý thuyết trường lượng tử vận hành suôn sẻ là do tính phổ quát đột sinh của hiện tượng siêu dẫn đã khiến lý thuyết đó được vận dụng, chứ không phải ngược lại. Những phương trình vi mô của cơ học lượng tử được mã hóa để sử dụng cho lý thuyết trường không hề giống với những phương trình mô tả vật liệu thực cho nên chúng không còn đúng nữa. Cách duy nhất để bắt đầu từ những phương trình sai mà vẫn thu được đáp án đúng là chỉ khi đặc tính mà người ta đang tính toán gần như không nhạy cảm gì với các chi tiết, có nghĩa là đó phải là một đặc tính đột sinh. Vậy là từ hiện tượng siêu dẫn ta thực sự rút được một bài học như sau: lý thuyết trường lượng tử thực sự không phải là một công nghệ tính toán siêu việt mà bản thân các trường lượng tử có thể đột sinh.

Sự không nhất quán về mặt logic của hai truyền thống nói trên đã phản ánh tính sâu rộng của cuộc khủng hoảng do lời giải của bài toán siêu dẫn đưa lại - một sự đối đầu đến nay vẫn chưa chấm dứt giữa những nguyên lý quy giản luận và những nguyên lý đột sinh - và đó là do bản chất lạ thường của bản thân lời giải đưa lại. Người ta nói rằng Cooper đã tìm ra cơ chế, Schrieffer đã tìm thấy lời giải còn Bardeen thì đã nhận ra được vì sao lời giải lại đúng.

Trong ba việc đó, việc sau cùng hiển nhiên là có ý nghĩa hơn cả, và điều này đã giải thích vì sao John Bardeen lại được các nhà vật lý tôn vinh đến như vậy.

Trong thời đại này, mọi người thường coi Bill Gates, một doanh nhân giàu tri thức, là nhà công nghệ thượng đẳng, nhưng tôi cho nhân vật chính của kỷ nguyên điện tử phải là John Bardeen. Bardeen luôn đi máy bay hạng bình dân và không thích nghĩ về giải thưởng Nobel của mình. Một đồng nghiệp có lần đã kể lại việc anh ta khi còn là sinh viên đã đến thăm nhà Bardeen và câu chuyện xảy ra khi ai đó muốn xem chiếc huy chương của Bardeen về công trình tranzito. Chủ nhà ban đầu không thể nhớ được nó ở đâu, sau một hồi lục lọi loang quanh mới tìm thấy nó nằm ở đáy ngăn kéo đựng bút tất. Người đã phát minh ra hầu hết những khía cạnh đẹp đẽ nhất của lý thuyết trường lượng tử là Richard Feynman đã thuật lại chuyện ông đang nghiên cứu hiện tượng siêu chảy và siêu dẫn như thế nào khi nhận được bài báo chuẩn bị đăng của Bardeen - Cooper - Schrieffer qua thư. Ông đã bỏ bức thư chưa đọc đó vào một ngăn kéo và nhiều tháng sau mới dám giờ ra đọc.

Một lần được tiếp kiến John Bardeen và trong buổi tiếp kiến ấy tôi đã thành công trong việc chứng tỏ mình là một thanh niên đầy tự tin và hãnh tiến. Dù cũng chẳng đặc biệt tự hào gì về câu chuyện ấy, nhưng tôi cứ xin kể ra đây vì tôi biết chắc John hẳn chỉ coi sự nhiệt thành non dại của tôi hôm đó như một chuyện vui vui mà thôi.¹ Đó là một cuộc hội thảo về vật lý lượng tử nhiều hạt được tổ

1. Đây là một ví dụ tuyệt vời về câu cách ngôn của Nietzsche "Sự cuốn hút của tri thức sẽ chỉ là rất nhỏ bé nếu người ta không thể vượt qua được sự hổ thẹn trên đường tìm kiếm nó". Xem F. Nietzsche, *Beyond Good and Evil: Prelude to a Philosophy of Future*, W. Kaufmann, ed. (Nxb Cambridge U. Press, London, 2001).

chức tại một lều sắn vắng vẻ ở phía bắc Thụy Điển, xung quanh toàn các ngọn núi và những đầm lầy mọc đầy cây địa y. Trước đó tôi vừa dự một cuộc hội thảo khác ở Bắc Kinh và mới vừa dứt chứng đau dạ dày đáng sợ, vì vậy cứ hay vô tình bắt mọi người phải thức khi họ đã buồn ngủ. Tôi cứ ra ra vào vào về đêm, lại còn cái nạn ánh sáng cực kỳ phiền toái nữa, vì trời chỉ chịu chạng vạng vào hai giờ đêm để rồi lại sáng bệch vào bốn giờ sáng.¹ Trong thực đơn lại hơi nhiều thịt tuần lộc - thịt tuần lộc nướng, thịt tuần lộc băm viên, thịt tuần lộc muối, đủ kiểu - cơ mà người Thụy Điển lại khoái. Nhưng dù sao đến mục được ghi trong chương trình là “tiệc cocktail”, mục cuối cùng nằm trong những hoạt động của ngày thứ hai, thì mới là đỉnh điểm của câu chuyện. Có một tiếng ồn lớn bên ngoài, chúng tôi đổ xô ra và thấy hai chiếc trực thăng đậu trên bãi cỏ, do các phi công lão luyện của không lực Thụy Điển điều khiển. Những chiếc trực thăng đó đến để chở chúng tôi theo nhóm sáu người một đi vài cây số vào trong núi, đến bên bờ một hồ nước nhỏ ăn vào đá hoa cương do các dòng sông băng tạo ra. Ai đó đã dựng lên một túp lều nhỏ và một bếp lửa trại lớn trên đó đang hâm một thứ rượu vang mạnh có cái tên kiểu như là “nước đáí chó sói” gì đấy. Thế là chúng tôi được đứng đó trong một đêm Bắc Cực sáng sủa, ngắm nhìn ngọn lửa đang vờn đùa trước những cơn gió nhẹ ở chốn tĩnh mịch, uống rượu mạnh và bàn tán về việc có lẽ không có cuộc hội thảo nào trước đó và cả sau này nữa có thể hơn được cuộc này. Trong lúc đó thì tôi càng lúc càng thấy thấm mệt. Thế rồi cũng đến lúc trực thăng phải quay về và sáu chúng tôi lên cùng một chiếc để trở lại nhà. Khi máy bay đáp đất, thấy mọi người vẫn ngồi lạng một

1. *Hiện tượng thời tiết này gọi là Đêm Trắng nước Nga. Đó là thời điểm đông chí, được coi là ngày quốc lễ của Thụy Điển.*

lúc không nhúc nhích, tôi liền định chen ra cửa để xuống. Đồng nghiệp của tôi là Gerry Mahan ngồi đằng sau tóm áo giật phắt tôi lại cứ như thể tôi sắp phạm phải một tội tày trời. Một ông già điềm đạm ngồi ngay ghế trước tôi đang thò chân qua cửa từ từ leo xuống. Đó chính là John Bardeen.

CHƯƠNG 9

Gia đình hạt nhân

Nhưng đây là chuyện đã cũ và xưa nay vẫn vậy:
cái gì đã xảy ra từ xa xưa với những người Khắc kỷ
thì ngày nay vẫn xảy ra, kể từ cái buổi mà triết học bắt đầu tin vào
bản thân mình. Nó luôn sáng tạo ra thế giới dựa trên hình ảnh
của chính mình; nó không thể làm khác được.

F. Nietzsche

Một trong những bước phát triển lạ lùng của cuộc sống hiện đại là huyền thoại hóa các loại vũ khí hạt nhân. Đây là một hiệu ứng mang đặc tính thể hệ mà tôi quan sát thấy qua những cuộc trò chuyện với mọi tầng lớp sinh viên, cũng như quan sát thấy ở chính các con trai tôi. Bọn họ thấy khía cạnh con người của chiến tranh là hết sức khó hiểu, và suy nghĩ về mấy thứ đó như những quyền năng trừu tượng, chứ không chịu xem đó như những tác nhân gây chết chóc. Điều này đã hằn sâu vào óc tôi khi đưa cậu con cả đi xem viện bảo tàng bom nguyên tử ở Hiroshima vào hè năm ngoái. Nó hoàn toàn không thể hiểu nổi sự khủng khiếp của bom hạt nhân, và khi nhìn ra ngoài cái khung nhà mái vòm nổi tiếng bị bom còn sót lại, nó chỉ còn biết chúí mắt vào các nhạc công đường phố chơi đàn ghi ta cạnh bờ sông, và đám trẻ cùng trang lứa mặc áo bơi đang phóng

mô-tô nước hiệu Kawasaki trên mặt sông. Việc mang vũ khí hạt nhân ra sử dụng càng lùi xa vào quá khứ bao nhiêu thì thứ công nghệ này lại càng trở nên hão huyền bấy nhiêu trong tâm thức của nền văn minh, chẳng mấy khác biệt so với những con tàu vũ trụ và những robot biến hình bị nổ tung trong các chương trình phim hoạt hình sáng thứ Bảy.

Thật đáng buồn, vũ khí hạt nhân lại là một đóng góp về mặt kỹ nghệ có tính giạt gân nhất của vật lý học, và đã nâng ngành khoa học này lên tầm cao vọi vọi vào những năm 1950, đồng thời lại gán cho nó một vết nhơ không bao giờ phai mờ kể từ đó cho tới nay. Việc bơi nhọ như vậy vốn mang tính quy giản luận. Việc phát hiện ra phóng xạ và những nghiên cứu tiếp sau đó về phản ứng hạt nhân đã dẫn đến sự phát triển năng lượng nguyên tử. Điều này, đến lượt nó, lại đưa đến cho mọi người thói quen đặt tất cả mọi thứ dưới sự chi phối của những định luật của hạt nhân nguyên tử - một hiệu ứng phần nào được gây ra bởi lượng tiền quá lớn đầu tư cho ngành vật lý sau chiến tranh, ngầm hiểu là để phát triển vũ khí hạt nhân.¹ Cũng là tự nhiên khi thể giới quan của một người bị ảnh hưởng bởi cách mà người đó kiếm sống. Con sâu làm rầu nổi canh, trong khoa học hay ở đâu khác thì cũng vậy thôi.

Trớ trêu là những nguyên lý vật lý liên quan tới vũ khí hạt nhân lại chẳng có gì tinh vi mà cũng chẳng có gì rối rắm cho lắm. Ở

1. Chi phí trực tiếp cho vũ khí hạt nhân kể từ năm 1940 được một nghiên cứu do Viện Brookings tiến hành, ước tính khoảng 5 ngàn tỉ đô la. Xem S.I. Schwartz, *Atomic Audit: the cost and Consequences of the U.S. Nuclear Weapons since 1940* (Brookings Inst. Press, Washington DC, 19980). Chi phí "hỗ trợ" khoa học thì khó ước tính hơn, vì khó định nghĩa rõ ràng hỗ trợ là như thế nào. Ngân sách của Department of Energy (Bộ Năng lượng) năm 2008 là 700 triệu đô la cho vật lý, 300 triệu đô la cho vật lý hạt nhân, và 300 triệu đô la cho nghiên cứu phản ứng nhiệt hạch. Xem <http://www.aip.org/enews/fyi/2001/134.html>.

phòng thí nghiệm Livermore nơi tôi thường làm việc, mọi người cứ liên tục bàn về việc tại sao lại phải loại bỏ nghiên cứu vật lý hạt nhân, vì theo mọi người thì nó đâu có phải là nguyên nhân của việc sử dụng vũ khí hạt nhân. Những vụ nổ hạt nhân thì khác gì lửa cháy. Một khi tập hợp đủ nguyên liệu rồi thì bạn chỉ cần kích mỗi phản ứng để nó xảy ra và bùng lên thôi. Đó là điều thực sự đáng sợ khi bàn về công nghệ này và là lý do mà các chính phủ trên thế giới tỏ ra hết sức hoang mang về việc phổ biến nhiên liệu phân hạch. Một khi có các bộ phận rồi thì việc chế tạo vũ khí hạt nhân chẳng có gì khó.

Vào những năm 1930, người ta đã phát hiện ra rằng phóng xạ cũng rất giống với hóa học, chỉ khác nhau về tầm cỡ.¹ Hạt nhân nguyên tử nhỏ hơn nguyên tử tới khoảng một triệu lần, nhưng trong mỗi phản ứng thì hạt nhân lại giải phóng nhiệt lượng nhiều hơn cả triệu lần. Bản thân các phản ứng bao hàm việc một số các mảnh của hạt nhân bị bắn ra ngoài, việc các hạt nhân bắt giữ những electron lân cận, và việc hợp nhất hai hạt nhân nhỏ thành một hạt nhân lớn hơn; tất cả đều tương tự như những phản ứng cháy trong hóa học. Những quá trình nói trên cũng tuân theo cùng các định luật của cơ học lượng tử như trong hóa học. Sự khác biệt có ý nghĩa nhất ở đây chỉ là, các lực tác dụng giữa các thành phần khác nhau của hạt nhân không hề đơn giản. Trong hóa học, chỉ có một lực cơ bản duy nhất tác dụng là lực điện, ngoài ra không có lực nào khác, nhưng trong phản ứng hạt nhân còn có những lực không thể mô tả một cách đơn giản và được biết dưới cái tên đầy cảm hứng là lực hạt nhân.

1. *Giáo trình vật lý hạt nhân rõ ràng nhất vẫn là quyển Nuclei and Particles: An Introduction to Nuclear and Subnuclear Physics của E.Sergei (Nhà xuất bản Benjamin Cummings, San Francisco, 1977).*

Có thể coi lực hạt nhân giống như cuộc gặp gỡ đầu tiên của một sinh viên với ý tưởng cho rằng không gian trống rỗng thực ra là không trống rỗng. Việc nắm vững được sự thực này - một nghi lễ chuyển cấp trong vật lý học - là một việc kỳ thú nhưng đồng thời cũng gây rối trí, giống như việc định dẫn bạn gái trốn vào chỗ tối rồi chợt phát hiện ra là đi nhầm vào nhà ngủ tập thể. Do mọi người trong phòng đều say giấc và ngáy o o nên mặc dù hành trạng của bạn cũng đã phải khác đi, nhưng xét cho cùng thì hai người cũng vẫn là riêng tư. Tương tự như vậy, về cơ bản thì bên trong một hạt nhân chỉ có các proton và neutron, nhưng hành trạng của chúng bị thay đổi bởi môi trường mà chúng chuyển động qua, mặc dù nhìn bề ngoài thì môi trường đó chỉ là một không gian trống rỗng. Trong cả hai trường hợp, môi trường xung quanh chỉ thụ động khi người ta tiến hành một thí nghiệm tinh tế, giống như trong phòng ngủ tập thể người ta chỉ được thì thầm và đi nhón chân. Trong trường hợp này, mọi thứ sẽ tuân theo một lý thuyết trong đó không có gì khác ngoài các diễn viên chính và những mối tương tác giữa họ với nhau, tuy cũng bất thường và phức tạp. Nhưng trong một thí nghiệm dữ dội hơn thì bản chất động lực của môi trường trở nên rõ nét, và mọi lý thuyết kiểu như trên đều sẽ thất bại.

Trong vật lý hạt nhân thì sự dữ dội là thường xuyên, vì những lực tương tác giữa các proton và neutron là vô cùng lớn. Những nỗ lực bỏ ra để tiến hành một thí nghiệm tinh tế đối với hạt nhân đều không tránh khỏi có kết cục giống như trong phim hoạt hình của Gary Larson, “Pillsbury Doughboy vớ phải Dịch vụ Trái nhựa và Lát đường của Frank”. Thông thường trong thực tế thì người ta không cố thử, mà thay vì thế người ta tìm cách cho hai hạt nhân có vận tốc lớn va vào nhau xem cái gì xảy ra tiếp đó. Trớ trêu thay, một trong số ít ỏi những hiệu ứng tinh tế trong vật lý hạt nhân hóa

ra lại là sự phân hạch của urani do các neutron nhiệt. Sự tình cờ kỳ diệu của tự nhiên khiến cho một neutron di chuyển không nhanh hơn một phân tử khí thông thường lại có thể khởi phát phản ứng đó, qua đó khuếch đại năng lượng của neutron đó lên gấp một trăm triệu lần. Tính chất đặc biệt này của urani khiến cho việc sử dụng lò phản ứng hạt nhân dùng nước làm trung gian trở nên khả thi.

Cũng giống như nhiều người khác, tôi cũng đã có một đôi kinh nghiệm cá nhân về những không gian tưởng chừng như trống rỗng nhưng lại không như vậy. Vào đầu thập kỷ 1970, khi còn là lính, tôi quyết định đi Thụy Sĩ chơi vào dịp nghỉ cuối tuần với một đồng đội nữa cùng đơn vị. Để cho tiện, chúng tôi quyết định đi bằng tàu hỏa, nhưng thế nào lại nhớ mất một chuyến ở Stuttgart, và khi đến Zurich thì đêm đã khuya nên không còn chuyến tốc hành nội tuyến nào dẫn đến các nhà ga khác cả. Vào giờ khuya khoắt này thì cũng không thuê phòng được, và chúng tôi đã làm một việc đại dột, mà cho tới giờ vẫn còn ân hận là băng qua đường vào một công viên gần đó, mở túi ngủ ra và ngủ trên ghế băng. Nói cho oai thôi chứ tất nhiên là có ngủ được mấy đâu. Chúng tôi đâu có được “một mình”. Thật vậy, suốt đêm dài trong công viên vẫn liên tục nhộn nhịp, và tôi chưa bao giờ thấy vui đến thế khi mặt trời mọc vào sáng sớm hôm sau. Ai còn không tin rằng không gian trống rỗng chỉ là chuyện hư cấu thì nên qua đêm ở công viên là biết ngay.

Lần gặp gỡ thứ hai, trực tiếp hơn, của tôi với bài toán không gian là khả năng kỳ lạ sản sinh ra các hạt của các hạt nhân. Một trong những dạng phóng xạ phổ biến là phân rã beta, bao gồm việc phát ra một electron vận tốc cao kèm với một phản-neutrino, một đối tượng như ma, có khả năng xuyên qua tâm trái đất mà không va chạm với bất kỳ thứ gì. Người ta giải thích hiệu ứng này là do neutron, một thành tố cấu thành nên hạt nhân, đã “chuyển hóa” thành proton,

một thành tố khác của hạt nhân, cộng với một electron và một phản-neutrino, hạt mà sau đó biến mất. Cách kiến giải này nhất quán với những đặc tính của một neutron tự do được giải phóng ra khỏi hạt nhân; neutron này cũng “chuyển hóa” đúng hệt theo lối ấy trong vòng một phút. Trong quá trình đó, nó cũng có thể “chuyển hóa” một người thành bệnh nhân ung thư, nếu anh ta không cẩn thận - đó là lý do vì sao người ta cứ hay cử một sinh viên cao học xuống sửa các phổ kế neutron thay vì tự mình làm. Do vậy, điều đó khiến người ta mô tả neutron như một trạng thái liên kết của một proton, một electron, và một phản-neutrino mà trạng thái này có thể tự tách rời ra theo cách tựa như một nguyên tử hay một phân tử không bền trong một phản ứng hóa học. Không may là hóa ra lại còn có một dạng phân rã beta nữa, trong đó có một proton trong hạt nhân “chuyển hóa” ngược thành một neutron, giải phóng ra một hạt phản-electron và một neutrino. Vậy là không những không chính xác mà cũng chẳng có ích gì khi cho rằng neutron được cấu thành bởi một proton cộng với các thứ khác. Cái khiến cho tính tương đồng với hóa học bị phủ bác chính là sự tồn tại của các phản hạt - những phiên bản của các hạt thông thường, nhưng có những đặc tính trái ngược - và khả năng của hạt nhân trong việc thịnh linh phóng ra từ chân không những cặp hạt bất kỳ lúc nào tùy thích, miễn là nó kiếm được đủ năng lượng cần thiết. Việc người ta phát hiện thấy dạng phân rã beta phụ thuộc vào quỹ năng lượng của lực hạt nhân khiến ta chỉ rất gần đây chột có cảm tưởng rằng trong hạt nhân số lượng neutron có nhỉnh hơn chút ít so với số lượng proton.

Phản vật chất là một trong những sự thực lạ lùng của tự nhiên, điên rồ tới mức những nhà văn viết truyện khoa học giả tưởng cũng chưa dám từ đó bịa ra nhiều chuyện lắm. Nó là một bản sao chính xác của vật chất thông thường, ngoại trừ mọi điện tích đều trái dấu,

nên khi tương tác với vật chất thông thường, nó sẽ gây ra một vụ nổ kinh hoàng, tiêu hủy tất cả mọi thứ, để lại đằng sau một bầy tia gamma dữ tợn - thuật ngữ của các nhà vật lý hạt nhân dùng để gọi ánh sáng với bước sóng ngắn. Vụ nổ này chính là hiệu ứng đã cung cấp năng lượng cho tàu vũ trụ mang tên *Enterprise* trong bộ phim *Star Trek*. Tôi luôn cảm thấy rằng trong *Star Trek* người ta đã không tỏ ra tôn trọng đúng mức đối với các tia gamma, và rằng những tay kỹ sư khốn khổ làm việc trên con tàu lẽ ra phải được phát đồ lót bằng chì để phù hợp với thực tế. Có lẽ điều này cắt nghĩa việc người ngoài hành tinh từ đâu đến. Tuy nhiên, không giống như trong *Star Trek*, phản vật chất là có thật. Nó được tạo ra hằng ngày bởi sự phân rã phóng xạ và các phòng thí nghiệm gia tốc lớn trên thế giới.

Sự hiện hữu và những đặc tính của phản vật chất là manh mối cực kỳ quan trọng để tìm hiểu bản chất của vũ trụ. Từ những năm 1920, người ta đã phát hiện ra rằng việc viết các phương trình lượng tử cho chuyển động của một hạt cô lập để có thể diễn tả chính xác hành trạng được đo của nó ở cả những vận tốc cao lẫn những vận tốc thấp, là điều không thể thực hiện được về cơ bản. Giải pháp đơn giản nhất lúc đó - và hóa ra lại là giải pháp chính xác về mặt thực nghiệm - là mô tả không gian như là một hệ nhiều hạt tương tự với một hòn đá bình thường. Đây không phải là một phát biểu hoàn toàn chính xác, vì Paul Dirac đã trình bày lý thuyết tương đối về electron trước khi người ta hiểu về các electron và các lỗ trống trong chất rắn ở dạng tinh thể, nhưng khi nhìn lại vấn đề thì rõ ràng đó là cùng một ý tưởng mà thôi. Chẳng hạn, trong silic nguyên tố, nơi có rất nhiều electron bị khóa cứng vào các liên kết hóa học, ta có thể bứt một electron ra khỏi liên kết hóa học để tạo ra một lỗ trống. Lỗ trống này có thể cơ động, và hành xử giống hệt như một electron dư được thêm vào silic, chỉ trừ việc nó mang điện tích trái dấu. Đó

chính là hiệu ứng phản vật chất. Điều không may là ý tưởng về lỗ trống chẳng có nghĩa gì nếu thiếu một cái gì đó tương tự về mặt vật lý với độ dài liên kết của vật rắn, vì độ dài này cố định mật độ electron mà người ta đã bứt ra. Không có nó, mật độ electron nền sẽ là vô hạn. Tuy nhiên, một độ dài như vậy lại mâu thuẫn một cách căn bản với nguyên lý tương đối, vốn ngăn cấm không gian không được có bất cứ một thang kích thước được thiên vị nào. Người ta vẫn chưa tìm ra lời giải nào cho nan đề này. Thay vào đó, các nhà vật lý đã phát triển một kỹ thuật ngữ nghĩa thông minh để vá vúi. Thế là thay vì các lỗ trống, người ta nói đến các phản hạt. Thay vì độ dài liên kết, người ta nói về một khái niệm trừu tượng gọi là kỹ thuật cắt cực tím, một độ dài cực ngắn được đưa thêm vào bài toán để điều chỉnh nó - tức là làm cho nó trở nên có nghĩa. Người ta đơn giản bỏ qua các phép tính toán ở dưới thang độ dài này, xem như các phương trình ở đó trở nên mất hiệu lực, vì đến đây là đã chạm đến độ dài liên kết. Người ta thực hiện kỹ thuật cắt trong mọi quá trình tính toán, và cuối cùng lập luận rằng nó là quá nhỏ nên không thể đo đạc được, do đó coi như là không tồn tại.

Bài toán về kỹ thuật cắt cực tím làm tôi nhớ đến một cảnh trong bộ phim hài *Frankenstein Thời Trẻ* của đạo diễn Mel Brooks, khi tiến sĩ Frankenstein hỏi người hầu gù lưng Igor của mình là anh ta sống với cái bướu của mình như thế nào, và Igor đã trả lời bằng cách hỏi lại “Cái bướu nào cơ ạ?”. Rất nhiều những gì thuộc về điện động lực học lượng tử - sự mô tả toán học cách mà ánh sáng liên hệ với cái đại dương electron nhìn bề ngoài như đang như tràn ngập vũ trụ - đều được thu gọn lại thành việc chứng minh cho khả năng không thể đo được của ngưỡng cực tím. Mỗi liên hệ này, vốn rất rộng, chứa một hệ quả hết sức hấp dẫn, đó là, ánh sáng thực có dính dáng đến sự chuyển động của một thứ gì đó đang chiếm giữ chân

không của không gian, cụ thể là tất cả các electron (và cả những thứ khác nữa), mặc dù quy mô của sự chuyển động này lại phụ thuộc một cách rất nhạy vào giá trị của ngưỡng cực tím, là đại lượng mà ta không biết. Có vô số các luận cứ được đưa ra xung quanh việc đâu là phép chính lý khả quan nhất, liệu thực sự có ngưỡng cực tím hay chỉ là vô đoán, liệu có phải hy sinh tính tương đối hay không, và ai là quá thiên cận nên không nhìn thấy chân lý. Thật vô cùng rắc rối. Việc hy vọng có thể vượt qua được bài toán cực tím còn là nguyên nhân sâu xa hơn tạo ra sức quyến rũ của lý thuyết dây, một mô hình vi mô về chân không, vốn đã thất bại trong việc cắt nghĩa tất cả những gì đo được.

Nguồn gốc của tình trạng điên đảo này rất dễ được nhận biết nếu người ta chỉ cần đứng lùi ra xa bài toán và xem xét nó như một toàn thể. Những tính chất của không gian trống rỗng có liên quan đến đời sống của chúng ta bộc lộ mọi dấu hiệu cho thấy chúng là những hiện tượng đột sinh vốn đặc trưng cho một pha của vật chất. Chúng rất đơn giản, chính xác, không phụ thuộc mạnh vào một mô hình nhất định nào, và mang tính phổ quát. Điều đó giải thích tại sao sự không nhạy cảm đối với ngưỡng cực tím là có ý nghĩa vật lý.

Những nét tương đồng giữa chân không trong không gian và các pha vật chất ở nhiệt độ thấp là điều huyền thoại trong vật lý học. Không những các pha là các trạng thái lượng tử tĩnh, đồng đều, mà những chuyển động nội tại tinh tế nhất của chúng lại cũng không thể phân biệt được về mặt vật lý với các hạt cơ bản *nói một cách chung nhất*.¹ Đây là một trong những thực kiện đáng kinh ngạc nhất

1. Tài liệu tham khảo kinh điển về cơ học lượng tử năng lượng thấp của vật chất là quyển *Quantum Theory of Solid* của C. Kittel (Nhà xuất bản Wiley, New York, 1987). Xem thêm J.R. Schrieffer, *Theory of Superconductivity* (Nhà xuất bản Benjamin Cummings, San Francisco, 1983).

trong khoa học, và cũng là điều luôn khiến các sinh viên bối rối và khó tin. Nhưng rốt cuộc họ cũng bị thuyết phục sau khi chứng kiến đủ nhiều các thí nghiệm, vì bằng chứng có rất nhiều và lại rất nhất quán. Thực vậy, người ta càng nghiên cứu sâu sự mô tả toán học các pha lạnh bao nhiêu, thì người ta càng trở nên quen thuộc hơn với việc sử dụng các hệ thuật ngữ song song có thể hoán đổi lẫn nhau để nói về vật chất và không gian. Chẳng hạn, thay vì nói một pha của vật chất, ta nói về một chân không. Thay vì nói các hạt, ta nói các kích thích. Thay vì các chuyển động tập thể, ta nói các chuẩn hạt [quasiparticle]. Tiền tố “chuẩn” [quasi] hóa ra chỉ là dấu tích của những cuộc tranh cãi trong lịch sử về ý nghĩa vật lý của những đối tượng nói trên chứ bản thân nó không mang nghĩa gì. Trong những cuộc trò chuyện riêng tư, người ta không đề cập tới nghĩa của nó mà chỉ đề cập đến các đối tượng được xem như các hạt.

Đáng tiếc là những pha ở nhiệt độ không tuyệt đối lại không phải là những thứ có sức lôi cuốn cho lắm, ít nhất là có vẻ như thế, nên sự ám ảnh của mọi người về chúng dễ dàng trở thành cái đích cho những chuyện hài về chuyên môn. Chẳng hạn, khi còn là một sinh viên giữa thập niên 1970 tôi có nghe kể lại một màn kịch vui nói về chúng dựa theo một bài báo nổi tiếng trên tờ *National Lampoon* viết về Dan Blocker, diễn viên từng sắm vai Hoss trong chương trình truyền hình mang tên *Vận Hên*. Dan lúc đó mới mất vì chứng tắc mạch máu phổi, và một người nào đó trong ban biên tập quyết định rằng sẽ rất hài hước nếu họ tổ chức “phỏng vấn” anh để hỏi đủ kiểu câu hỏi về chương trình biểu diễn, về những sự kiện trong ngày, về các bộ phim mới nhất, v.v..., còn anh thì sẽ liên tục trả lời những câu hỏi đó bằng cách lặng thinh. Trong cuộc phỏng vấn giả đó, Dan được hóa thân thành một bình khí heli-3, và vẫn người phóng viên

đó hỏi anh các câu hỏi về cuộc đời mới của anh, rằng anh cảm thấy thế nào khi để dòng chảy cuốn đi, rằng có khi nào anh ở trạng thái kích thích không, rằng anh phản ứng thế nào với áp suất, kiểu như vậy. Đó là những gì đã diễn ra tại MIT.

Tuy nhiên, xét từ một góc độ chín chắn hơn thì sự ám ảnh này không hề nực cười một chút nào. Các cá nhân đã làm việc trong những hệ thống này hết sức tận tâm, trong một số trường hợp còn làm ảnh hưởng đến tình trạng tài chính của mình, vì những pha ở nhiệt độ không (khác với các chất bán dẫn và những kim loại thông thường) chẳng mang lại giá trị kinh tế là bao nhiêu, và do đó bị các quỹ và các nhà đầu tư coi thường. Nhưng có cái may là khối công việc này lại đặc biệt đáng tin cậy, và vì nó là kết quả của một quá trình lao động đầy đam mê và được tiến hành với sự thận trọng cao và cởi mở. Đó là lý do vì sao mà chúng ta tin tưởng chắc chắn rằng sự giống nhau giữa những phản hạt và những lỗ trống trong các chất cách điện dưới dạng tinh thể là chính xác, bền vững và phổ quát. Đó cũng là lý do vì sao ta nhận biết được sự giống nhau này có thể được mở rộng ra cho kim loại siêu dẫn và cho heli-3 siêu chảy, một chất hoàn toàn đồng nhất, không có trật tự tinh thể.¹ Đó cũng lại là lý do khiến ta biết được rằng cả chất siêu chảy và khí đều cùng tồn tại,² và rằng vật chất bên trong một hạt nhân nguyên tử có dạng lỏng. Phần chót này chính là cơ sở khái

-
1. Có rất nhiều tài liệu nghiên cứu về ^3He . Xem D. Vollhardt và P. Wolfe, *The superfluid Phases of Helium 3* (Nxb Taylor and Francis, London, 1990; D. D. Osheroff, *Rev. Mod. Phys.* 69, 667 (1997); G. E. Volovik, *Exotic Properties of Superfluid ^3He* (Nxb World, Singapore, 1998). Xem thêm <http://boojum.hut.fi/research/theory>).
 2. Pha lỏng đã được hiểu tường tận, nhưng pha khí chỉ mới được phát hiện gần đây. Nó thường được đề cập đến như là hiện tượng “ngưng tụ Bose-Einstein” nguyên tử. Xem M.H. Anderson et. al., *Science* 269, 198 (1995).

niệm giúp ta hiểu được các sao neutron¹ và hiểu được lớp vỏ cứng của thể tinh thể lượng tử lỏng vốn có thể được hình thành trên bề mặt của những sao neutron.²

Sau các electron và các lỗ trống, ví dụ đơn giản nhất về sự đột sinh của các hạt trong các khối đá là hiện tượng lượng tử hóa âm thanh. Hiện tượng đáng kinh ngạc này là thứ gần gũi nhất với phép màu có thực mà tôi được biết. Âm thanh là thứ rất quen thuộc đối với mọi người với tư cách là sự dao động của vật liệu đàn hồi, mà điển hình là không khí, nhưng cũng bao gồm cả những bức tường cứng, như ta thừa biết khi cố ngủ mà hàng xóm thì đang tiệc tùng âm ĩ. Trong hai môi trường nói trên, âm thanh trong các chất rắn đáng quan tâm hơn xét từ góc độ lượng tử, vì nó tiếp tục tồn tại và có nghĩa ngay cả ở các nhiệt độ siêu thấp. Các đo đạc được thực hiện ở những nhiệt độ như vậy cho thấy nó có dạng hạt. Ví dụ, giả sử áp sát một bộ biến âm vào một vật rắn rồi bật máy để truyền âm thanh vào đó, sau đó giảm cường độ để hạ thấp mức âm. Máy thu ở phía đầu kia của vật rắn nhận được không phải một âm thanh yếu mà là các xung năng lượng sắc nét đến vào những thời điểm ngẫu nhiên. Sự truyền phát các xung được lượng tử hóa này chuyển thành dạng truyền phát âm thanh quen thuộc khi cường độ tăng lên - một ví dụ thường ngày về sự đột sinh của thực tại kiểu Newton từ cơ học lượng tử. Nhưng tại cường độ thấp, sự đột sinh này không xảy ra, và kết luận không thể tránh được là các hạt âm thanh là hiện hữu thực sự, mặc dù chúng không hiện hữu khi chất rắn bị phân tách

-
1. Có rất nhiều tài liệu về vật liệu neutron và bên trong lòng các sao neutron. Xem J.Saham, *J. de Phys.* 41, C2-9 (1980) và J.A. Sauls, "Superfluidity in the Interiors of Neutron Stars", *Tuning Neutron Stars*, H. Ogelman, E. Van den Heuvel, và J. vann Paradis, eds. (Nxb Kluwer, Dordrecht, 1989), trang 441-490.
 2. Xem A.D. Kaminker et.al. *Astron. Astrophys.* 343, 1009 (1999).

thành các nguyên tử. Các hạt này đột sinh, cũng giống hệt như bản thân chất rắn vậy.

Hiện tượng lượng tử hóa âm thanh là một ví dụ đặc biệt rõ ràng để nhận biết sự đột sinh của hạt, vì nó có thể được tính toán một cách chính xác, tới từng chi tiết nhỏ, xuất phát từ những định luật cơ học lượng tử chi phối các nguyên tử - với điều kiện mặc định ngay từ đầu là các nguyên tử đã được tinh thể hóa một cách hoàn toàn. Cái mà ta gọi là âm thanh lượng tử hóa là một đặc điểm phổ quát của trạng thái tinh thể. Hiện tượng này là ví dụ có tính nguyên mẫu của định lý Goldstone, theo đó các hạt tất yếu phải đột sinh ở bất cứ dạng vật chất nào bộc lộ sự phá vỡ đối xứng một cách tự phát. Các phép phân tích cũng đã chỉ ra rằng các hạt âm thanh càng đạt được tính toàn vẹn hơn khi cao độ của âm tương ứng hạ thấp xuống, và trở nên chính xác tại giới hạn của âm thanh thấp. Lượng tử âm thanh có cao độ rất cao khi truyền qua chất rắn có thể phân rã theo xác suất thành hai hay nhiều lượng tử âm thanh có độ cao thấp hơn; sự phân rã này giống như sự phân rã của một hạt nhân phóng xạ hay một hạt cơ bản như hạt pion. Sự phân rã của chúng hóa ra cũng giống như tính phi tuyến đàn hồi - sự biến dạng của chất rắn không tỉ lệ thuận với ứng suất tác dụng lên nó khi ứng suất lớn, đúng như những gì xảy ra ngay trước thời điểm gãy. Nhưng bởi vì tính phi tuyến này trở nên ngày càng không quan trọng khi bước sóng của âm thanh tăng lên, cho nên thang thời gian của sự phân rã cũng tăng lên và trở thành vô cùng lớn khi âm thanh thấp dần xuống. Lượng tử hóa âm thanh là một trường hợp tuyệt đẹp của việc phép màu trong vật lý được chứng minh thông qua những phép phân tích kỹ càng rằng nó không phải là một phép màu, mà chẳng qua chỉ là một sai lầm của trực giác.

Những tính chất lượng tử của âm thanh hoàn toàn đồng nhất với những tính chất lượng tử của ánh sáng. Điều này hết sức quan trọng, vì nó không hiển nhiên tí nào nếu cho âm thanh là một chuyển động tập thể của vật chất đàn hồi, trong khi ánh sáng nhìn bề ngoài có vẻ như không phải thế. Sự giống nhau ở đây được bộc lộ một cách đơn giản và trực tiếp nhất bởi nhiệt dung. Khả năng giữ nhiệt của các chất cách điện tinh thể trong những môi trường đông lạnh luôn giảm tỉ lệ nghịch với lập phương nhiệt độ. Hiệu ứng này là một hệ quả của vật lý lượng tử, vì rất dễ chỉ ra rằng nhiệt dung phải là một hằng số và có giá trị lớn (ở nhiệt độ phòng), nếu tất cả các nguyên tử đều tuân theo các định luật của Newton. Nhiệt dung của không gian trống rỗng cũng tuân theo quy tắc này một cách chính xác. Tất nhiên là không gian không phải là trống rỗng khi bị hâm nóng, nó chứa đầy ánh sáng mà màu sắc và cường độ của ánh sáng phụ thuộc vào nhiệt độ. Hiệu ứng này là rất quen thuộc đối với ánh sáng đỏ phát ra từ hồ phách khi bị nung nóng, và đối với ánh sáng trắng rực rỡ phát ra từ dây tóc bóng đèn hay từ bề mặt mặt trời. Tương tự như vậy, một tinh thể ấm cũng sẽ chứa đầy âm thanh. Trong cả hai trường hợp, sự phụ thuộc của nhiệt dung vào nhiệt độ được cắt nghĩa một cách định lượng bởi định luật Plank, một biểu thức đơn giản xuất phát từ giả thuyết cho rằng ánh sáng hay âm thanh chỉ có thể được sinh ra hay bị hủy theo những lượng gián đoạn.¹ Thực vậy, biểu thức về nhiệt dung của tinh thể rắn cũng chỉ đơn giản là biểu thức nhiệt dung của không gian trống rỗng, mà trong đó vận tốc ánh sáng được thay bằng vận tốc âm thanh. Lượng

1. Công thức để tính nhiệt lượng trên một đơn vị thể tích ánh sáng và âm là $u^{đh\text{ ánh sáng}} = (\pi^2/15) k_B T / (hc)^3$ và $U_{âm thanh} / U_{ánh sáng} = (c/v_t)^3 + 0,5 (c/v_l)^3$, với v_t và v_l là tốc độ âm thanh ngang và dọc.

tử âm thanh đột sinh, được gọi là *phonon*, giống một cách lạ lùng với lượng tử ánh sáng, tức *photon*. Rất nhiều thí nghiệm đã khẳng định sự tương đương về mặt vật lý giữa hai loại hạt trên, trong số đó có những thí nghiệm rất đẹp và thông minh.¹

Sự tương tự giữa các phonon và các photon rõ ràng đặt ra câu hỏi: vậy liệu bản thân ánh sáng có đột sinh hay không? Ở chỗ này ta phải thận trọng tách vấn đề chính đáng coi chân không là một pha ra khỏi vấn đề không có thật là liệu nó có phải là một pha mà ta biết rồi hay không. Luận cứ chung cho rằng chân không không phải là một pha bởi vì nó không phải là chất rắn (đúng là như vậy), thì cũng giống như luận cứ cho rằng kẻ hấp hối là kẻ không bị bệnh vì đó không phải bệnh đậu mùa. Người ta chưa khám phá ra hết các pha của vật chất, và rõ ràng là chúng không thể được suy ra từ các nguyên lý cơ bản. Điều đó là đúng kể cả đối với thế giới hóa học hằng ngày, và càng đúng hơn nữa trong thế giới rộng lớn hơn của những nền tảng vi mô khả dĩ của vũ trụ. Để suy nghĩ về vật chất một cách tích cực, ta cần phải tập trung vào những gì mà ta biết chứ đừng tập trung vào việc lý thuyết hóa một cách quá đáng. Sự tương tự giữa âm thanh và ánh sáng cần phải được cắt nghĩa rõ ràng, vì không có lý do hiển nhiên nào khiến cho cơ học lượng tử của chúng là như nhau. Trong trường hợp âm thanh, sự lượng tử hóa có thể suy ra được từ những định luật nền tảng của cơ học lượng tử mà các nguyên tử phải tuân theo. Trong trường hợp ánh sáng thì ta lại phải thừa nhận điều đó. Kết luận lỏng lẻo về mặt logic này gây nhiều

1. Một trong các thí nghiệm mà tôi ưa thích là sử dụng một photon duy nhất tạo ra bởi một spin ngược, để đo bề dày của tấm phim heli chỉ mỏng cỡ vài nguyên tử. Xem E.S. Sabisky và C.H. Anderson, *Phys. Rev. A* 7, 790, (1973). Xem thêm D.J. Bishop và J.D. Reppy, *Phys. Rev. Lett.* 40, 1727 (1978) và chú thích trong bài báo.

hoang mang, và là điều mà các nhà vật lý chúng ta muốn giấu nhem đi bằng cách sử dụng ngôn ngữ hình thức. Thế là ta nói luôn rằng ánh sáng và âm thanh đều cùng tuân theo định luật Planck nhờ sự lượng tử hóa chính tắc và bản chất boson của các bậc tự do cơ bản. Nhưng như thế đâu gọi là giải thích, vì cách suy luận ở đây là luẩn quẩn. Tước bỏ tính phức hợp của nó đi thì “lượng tử hóa chính tắc” chẳng qua chỉ là quy về việc đòi hỏi ánh sáng phải có những tính chất khuôn theo những tính chất của âm thanh.

Ánh sáng có một khía cạnh gây nhiều tranh cãi, đó là hiệu ứng chuẩn [*gauge*], mà trong âm thanh không có gì giống thế, và thường được sử dụng để lập luận rằng ánh sáng không thể là đột sinh. Luận cứ này là sai, vì còn có hàng lò cách để người ta có thể hình dung ra ánh sáng là đột sinh, nhưng dẫu sao thì hiệu ứng nói trên cũng là một cái gì đó nghiêm túc xét về mặt quan niệm để chỉ rõ sự khác biệt quan trọng về mặt vật lý giữa ánh sáng và âm thanh. Biểu hiện đơn giản nhất của nó nằm ở nhiệt dung. Khi có sóng âm truyền qua, một nguyên tử cho trước sẽ bị chuyển dịch đi một chút ra khỏi vị trí tĩnh của nó trong mạng. Nguyên tử có ba cách khác biệt để làm điều đó - trái-phải, trên-dưới và tiến-lui - mỗi cách đóng góp một cách riêng biệt cho nhiệt dung, và cụ thể là phải nhân kết quả cuối cùng lên ba lần. Trong khi đó thì hệ số nhân tương ứng đối với ánh sáng chỉ là hai, mặc dù ánh sáng cũng là sự chuyển dịch của một cái gì đó. Trên một trục nào đó trong ba trục thì đơn giản là vật liệu của vũ trụ, bất kể là thứ vật liệu gì, không thể dao động - ít nhất là trên những thang thời gian liên quan đến các nhiệt độ mà thí nghiệm có thể tiếp cận được - hay không thể giữ nhiệt. Người ta không biết được đâu là nguyên do vì mô là cơ sở của hiện tượng đó, do đó trong vật lý hiện đại nó được coi như một định đề.

Tuy nhiên, việc chỉ đơn giản chấp nhận hiệu ứng chuẩn bằng cách đưa ra một định nghĩa dẫn đến một loạt những khía cạnh khó chịu nom có vẻ như những cách biện minh lỏng lẻo của một phép kiến giải theo lối quy giản luận đối với một hiện tượng đột sinh - giống như kiểu vài vụn bông ngô trong chạn bát là bằng chứng của việc nhà có chuột. Hóa ra là, chẳng hạn, việc làm cho cả một mode dao động biến mất là một việc rất khó, nhất là khi nó dính líu đến chuyển động của các đối tượng - các electron trong chân không - vốn tự chúng dao động một cách hoàn hảo theo cả ba chiều không gian. Bí quyết ở đây là phải mặc định rằng hàm sóng kiểu cơ học lượng tử của ánh sáng bị vướng víu theo một cách nào đó với toàn bộ vật chất tích điện trong vũ trụ - bao gồm cả vật chất vùi lấp trong bản thân chân không của không gian - trước khi có một sự tiếp xúc vật lý giữa chúng với nhau. Một khi đã được xác lập, sự vướng víu này tồn tại vĩnh cửu và ngăn cấm không cho một số điều có thể xảy ra. Ngoài ra, còn có một sự bất tương thích căn bản giữa hiệu ứng chuẩn với nguyên lý tương đối, mà người ta phải tạm giấu nó dưới thảm bằng cách vận dụng kỹ thuật cắt cụt tím. Cuối cùng, còn có vấn đề là, những chuyển động “phi vật lý” của các sóng được mã hóa trong sự vướng víu lại bắt đầu cuộc sống như những chuyển động vật lý trong các phép mô tả toán học, và trở lại thành những chuyển động phi vật lý chỉ đến khi kết thúc tính toán, vì thực tế là chúng không thể đo được.

Một ứng viên nghiêm túc cho một nguyên nhân đột sinh của hiệu ứng chuẩn chính là tính siêu dẫn. Tính chính xác của hiệu ứng Meissner đã ngụ ý sự tương đẳng ai cũng biết giữa tính siêu dẫn và hiệu ứng chuẩn, và sự tương đẳng ấy cũng lại là lý do để người ta thường gọi sự bắt đầu của tính siêu dẫn là sự phá vỡ đối xứng chuẩn.

Đó cũng là lý do vì sao tính siêu chảy lại là một thành phần cốt lõi của phần lớn các mô hình trong đó một nguyên lý chuẩn có thể đột sinh. Cho tới nay, tất cả các mô hình được xây dựng theo cách đó đều tỏ ra giả tạo không thỏa đáng, không hẳn vì chúng sai, mà vì không thể chứng minh là chúng sai. Với trình độ thí nghiệm hiện nay thì những mô hình này không có gì khác biệt nhau, hoặc khác biệt với những mô hình trong đó nguyên lý chuẩn chỉ đơn giản là một nguyên lý được mặc định. Việc trong thực tiễn người ta chấp nhận tuyên bố rằng những thứ không đo được là những thứ không tồn tại - ngay cả khi vấn đề khúc mắc xuất phát từ bản thân những sai sót của thí nghiệm - cũng là một vấn đề cần được bàn cãi.

Một trường hợp về sự đột sinh của các đặc tính chân không ít gây tranh cãi hơn cả là mối quan hệ đặc biệt mà người ta thấy được giữa một bên là các lực điện và lực gây phân rã hạt nhân, với bên kia là khối lượng của hai hạt cơ bản đặc biệt có tên là các boson W và Z.¹ Nằm đằng sau mối quan hệ này là ý tưởng vật lý cho rằng chất lỏng siêu dẫn - chính xác hơn là một sự trừu tượng hóa đa thành phần của một chất lỏng như vậy - tràn ngập vũ trụ và làm biến đổi lực điện để tạo ra lực hạt nhân yếu, tựa tựa như một chất siêu dẫn trong phòng thí nghiệm làm biến đổi các lực điện vậy. Chất lỏng này còn có những chuyển động tung tóe, mà cũng giống như âm thanh trong chất rắn, chúng được lượng tử hóa và vì vậy trong thí nghiệm chúng có những biểu hiện giống như những hạt.² Chuyển động tung tóe tương ứng của chất siêu dẫn, gọi là *plasmon*, thường xuyên được quan sát thấy trong những thí nghiệm với kính hiển vi

1. Xem P.M. Watkins, *Story of the W and Z* (Nxb Cambridge U. Press, London, 1986).

2. Sự tương đồng với sự phá vỡ tính bất đối xứng tự phát của cơ chế Higgs trong vật lý siêu dẫn được P.W. Anderson chỉ ra trong *Phys. Rev.* 130, 439 (1963).

điện tử.¹ Không những người ta quan sát được sự tồn tại của các boson W và Z, mà sự khác biệt rất nhỏ giữa khối lượng của chúng lại chính xác bằng với giá trị cần thiết của những khác biệt quan sát được giữa cường độ của lực hạt nhân và cường độ của lực điện. Liệu chất lỏng này thực sự tồn tại hay không còn là vấn đề gây tranh cãi, vì hạt Higgs, một chuyển động tung tóe phức tạp của chất lỏng, chưa được quan sát thấy. Nguyên nhân có lẽ chắc chắn là do những hạn chế của các máy gia tốc hiện hành, và phần lớn các nhà vật lý đều kỳ vọng rằng hạt Higgs sẽ sớm được tìm thấy.²

Nhiều khía cạnh khác của chân không cũng có vẻ rất đáng ngờ là mang tính đột sinh. Ví dụ, tính đơn giản quá mức của việc mô tả đặc trưng của chân không dựa trên lý thuyết trường lượng tử là một điều rất bất thường, vì những đặc trưng như vậy ở vật chất thông thường luôn có xu hướng là phức tạp, trừ khi chúng là đột sinh - giống như trường hợp chất siêu dẫn hay siêu chảy. Ngoài ra còn có cả một hệ thống các thang bậc xếp theo thứ tự từ thấp lên cao; đó là việc các hiện tượng luôn có xu hướng trở thành thứ yếu một cách có tuần tự khi kích thước và thời gian tăng dần từng nấc. Người ta cho rằng khi nguội đi từ những nhiệt độ rất cao, chân không phải trải qua những sự kiện có dạng bậc thang gọi là những bước chuyển tiếp thống nhất, trong đó các lực đã biết của tự nhiên tuần tự tách khỏi những lực cơ bản sinh ra chúng. Giống như vậy, kim loại holmi, một nguyên tố đất hiếm, khi nguội đi từ nhiệt độ rất cao, ban đầu ngưng tụ lại thành một chất lỏng ở 2993 độ Kelvin, rồi

-
1. Biểu diễn toán học ngắn gọn của Plasmon, xem A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov, và I. Dzyaloshinskii, *Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics* (Nxb Dover, New York, 1963).
 2. Hạt Higgs đã được tìm thấy vào ngày 4 tháng 7 năm 2012 tại CERN (Nxb).

hóa rắn tại 1743 độ, sau đó hình thành một loại từ trường xoáy ốc đặc biệt ở 130 độ, rồi nghiêng vòng xoáy để tạo thành một loại sắt từ yếu ở 20 độ.¹ Giữa khoảng 130 độ và 20 độ, bước của vòng xoáy ốc liên tục biến thiên, giống như thể một cái đỉnh ốc làm bằng cao su bị kéo dãn dọc theo trục của nó. Cùng với mỗi một bước chuyển tiếp như vậy, những “lực” tác dụng giữa các electron trong kim loại được truyền bởi những biến dạng đàn hồi khác nhau của các trạng thái có trật tự sẽ tách khỏi những lực cơ bản sinh ra chúng, giống hệt như những gì diễn ra trong chân không. Không thể đạt được trong phòng thí nghiệm và thậm chí ở tâm các vì sao lớn nhất những nhiệt độ cần thiết để ở đó có được các bước chuyển tiếp thống nhất nói trên, cho nên bằng chứng về sự thống nhất chỉ là gián tiếp, nhưng nó giống một cách lạ lùng với những gì ta hẳn có thể thấy được ở một thanh nam châm hình xoáy ốc bị làm nghiêng đi chỉ miễn là các thí nghiệm được tiến hành ở những thang chiều dài và thời gian đủ lớn. Bằng chứng vững chắc nhất trong ít ỏi những bằng chứng này là tính tái chuẩn hóa, một hiệu ứng khiến cho các phép đo có thể tiếp cận được trở nên đơn giản và dư thừa (vì một phép đo này sẽ tiên đoán được một phép đo khác), nhưng đồng thời lại khiến người ta không thể biết bất kỳ cái gì về những lực nằm ở thứ bậc trên cùng. Những ví dụ như vậy có rất nhiều.

-
1. H.P.J. Wijn, ed. *Landolt-Bornstein, Group III: Crystal and Solid State Physics*, Vol 19: *Magnetic Properties of Metals, Subvolume d1: Rare Earth Element, Hydrides and Mutual Alloys* (Nxb Springer, Berlin, 1991). Có rất nhiều tài liệu về tính chất từ của hợp chất đất hiếm và hợp kim. Xem J. Jensen và A.R. Mackintosh, *Rare Earth Magnetism* (Nxb Clarendon Press, Oxford, 1991). Phản nam châm xoáy ốc trong đất hiếm lần đầu tiên được W.C.Koehler et.al. phát hiện ra, trong *Phys. Rev.* 151, 414 (1966). Các nghiên cứu gần đây phát hiện ra thêm nhiều bước chuyển pha nhiệt độ thấp tương ứng với sự xoáy ốc của mạng nguyên tử bên dưới. Xem R.A. Cowley và S. Bates, *J. Phys.* C 21, 4113 (1988) và D. Gibbs et.al., *Phys. Rev. Lett.* 55, 234 (1985).

Khi năng lượng hạt nhân bắt đầu được sử dụng vào thập niên 1950 và các máy gia tốc lớn được xây dựng để khảo sát sự vận hành của lực hạt nhân thì dần dần người ta nhận thấy rằng, ở thang hạ hạt nhân, mọi thứ trở nên phức tạp hơn, chứ không hề đơn giản hơn. Nguyên lý chuẩn [*gauge principle*], tính tương đối, và những đặc tính chung của phản vật chất vẫn tiếp tục đúng, nhưng số lượng các hạt cơ bản lại sinh sôi nảy nở rất nhanh, và rồi những quy tắc tương tác giữa chúng với nhau cũng thế. Không một khám phá nào nói ở trên tỏ ra hữu ích trong việc tìm hiểu hạt nhân nguyên tử, ít hơn nhiều so với các nguyên tử, mà rồi hiện nay ta cũng không thể tính được chính xác khối lượng của proton và neutron xuất phát từ mô hình chuẩn của các hạt cơ bản. Các phương trình đúng là quá phức tạp. Tất nhiên, tính phức tạp này đáng buồn là lại không xa lạ gì trong vật chất thông thường, vì nó chính xác là những gì xảy ra, chẳng hạn, trong một miếng silic nếu bạn mắc sai lầm vì đã quá mạnh tay trong khi đo nó. Bạn phóng vù vù không để ý gì đến cái tinh thể, cái đơn giản phổ quát của các electron và các lỗ trống, và bắt đầu đo đạc đủ loại chi tiết thú vị nhưng rồi cuối cùng lại là những chi tiết không quan yếu vốn gắn với hóa học. Một điều đáng buồn khác cũng chẳng xa lạ gì đó là, sự sinh sôi nảy nở nhanh chóng của các khối lượng và liên kết của các hạt trong chân không, những thứ có các giá trị chính xác nhưng lại chẳng có lấy một sự liên quan giản đơn nào. Nó giống hệt như hàng chồng sách ghi chép các tính chất hóa học để ghi nhớ ở bộ phận tra cứu của thư viện hóa học. Những số liệu này có được trên cơ sở một vài nguồn sơ đẳng, điều ai cũng biết, nhưng chúng chỉ để đo đạc và lập bảng chứ không để tính toán.

Bất chấp mọi bằng chứng cho thấy rằng hệ hình quy giản luận trong vật lý học đang gặp rất nhiều trở ngại, những thí nghiệm ở thang hạ hạt nhân vẫn tiếp tục được miêu tả bằng ngôn ngữ quy

giản luận. Cũng rất lạ là khi ta nhận ra rằng hầu hết các suy nghĩ được xây dựng khuôn theo mô hình chuẩn đều phản ánh ý tưởng cho rằng chân không là một pha và rằng những định luật vật lý là đơn giản một cách hợp lý và dễ hiểu ở thang hạt nhân - nhưng không xa hơn - vì chúng là những đặc tính phổ quát của pha. Tuy thế, thay vì tính phổ quát ở năng lượng thấp, các nhà vật lý lại nói về lý thuyết trường hiệu dụng. Thay vì các pha, họ lại nói về sự phá vỡ đối xứng. Thay vì các chuyển pha lại là sự thống nhất các loại lực. Tình huống này làm tôi liên tưởng đến một bệnh viện, nơi chưa từng có ai chết, nhưng thay vào đó bệnh nhân phải nếm mùi “chăm sóc bệnh nhân không tận tình”, hoặc “không đạt được sức khỏe mong muốn”.¹ Trong cả hai trường hợp, sự nhầm lẫn đều mang tính ý niệm. Cái chết của một bệnh nhân là một thất bại không được phép nghĩ đến với một bệnh viện có trọng trách duy trì cuộc sống. Hạ thấp tầm quan trọng của việc tìm hiểu các nguyên lý tổ chức pha cũng tương tự như vậy, cũng là một thất bại không được phép nghĩ đến trong nhiệm vụ làm chủ vũ trụ bằng toán học của chúng ta. Trong những trường hợp quan trọng như thế, các huyền thoại là những thứ có một mảnh lực to lớn, và đôi khi con người chúng ta làm tất cả những gì có thể chỉ để hiểu được thế giới mà ta cho là nó phải như thế, thậm chí cả khi có bằng chứng chỉ ra rằng chúng ta đang mắc sai lầm.

Tất nhiên là có cách đặt vấn đề trần tục hơn. Bạn đồng nghiệp tôi, George Chapline thường viện dẫn cái anh ta gọi là Định lý số Một của Khoa học và bảo là định lý của tôi, nhưng tôi nhớ đĩnh ninh rằng chính anh mới là tác giả của nó: Thuyết phục ai về một

1. Cách nói bóng bẩy này được H. Noel dùng trong “The Front Porch-Euphemisms”, xuất hiện trong Senior World Online, <http://www.seniorworld.com/articles/a19991013195512.html>.

lẽ phải nào đó khiến người ta mất tiền là một chuyện bất khả. Hẳn ta nên bỏ từ Khoa học đi và đổi tên nó thành Định lý số Một thôi.

Một hệ quả của định lý này là, đôi khi chân lý cũng chỉ là tương đối. Khi còn học trung học, tôi từng tham gia vào một tiết học mô phỏng chính quyền khá hay. Giáo viên chia chúng tôi thành mấy đội, mỗi đội đại diện cho chính phủ của một quốc gia tưởng tượng. Mỗi đội được cung cấp một loạt các chỉ dẫn, bao gồm một bộ sử thế giới, một bản ghi nhận nhiệm vụ, một vài hướng dẫn về tiềm năng quân sự, v.v..., và được chỉ định ngồi vào một bàn. Trò chơi bao gồm chuyển qua chuyển lại các thông điệp bằng đường ngoại giao (các mẫu giấy nhỏ), và phát biểu ở Diễn đàn Thế giới (là một cái bàn nhôm đặt ở đầu lớp). Quan hệ cá nhân trực tiếp bị cấm. Nước tôi là một trong số các nước nhỏ nhưng khác những nước khác là giàu tài nguyên urani. Những nước lớn hơn lại không có. Với tư cách tổng thống, nhiệm vụ của tôi là phải làm thế nào để tăng giá trị nguồn tài nguyên này để phục vụ nhân dân, bằng cách bán quặng thô cho tất cả mọi khách hàng, duy trì cân cân quyền lực sao cho không quốc gia lớn nào có thể ép giá. Chúng tôi đã chơi như thế trong vòng hai giờ, đọc những bài thuyết trình tẻ nhạt và gửi đi những bức thông điệp chẳng có nghĩa lý gì, cho tới lúc một quốc gia lớn bất ngờ đánh chiếm nước tôi dưới danh nghĩa để bảo vệ hòa bình và an ninh thế giới. Cuộc chiến không kéo dài lắm vì nước tôi rất bé, và tôi bị mọi người phế truất. Một sự phản bội gây choáng váng - chẳng là toàn *bạn bè* với nhau cả. Chẳng biết trò chơi kết thúc thế nào, vì tôi không còn nắm quyền nên được phép ra ngoài ăn bánh kẹo. Nhưng sau khi chơi xong, những người tổ chức tiết lộ bí mật: mỗi nước được trao một phiên bản lịch sử thế giới khác nhau. Trong khi tôi đang cố tìm cách tăng tối đa lợi nhuận thì các bên đối phương lại bị ám ảnh coi những nguồn quặng này như

một vấn đề liên quan đến an ninh quốc phòng. Mỗi cường quốc đều tưởng rằng các cường quốc khác đang âm mưu ngăn chặn nguồn cung cấp nhiên liệu của họ, và nước tôi đi chui với các đối thủ của họ. Họ tiến hành xâm lược là phải thôi.

Trong khoa học cũng như trong mọi lĩnh vực khác, liều thuốc giải độc tốt nhất cho căn bệnh ưa huyền thoại đó là một liều thực nghiệm thật mạnh. Một đồng nghiệp của tôi là Chung-Wook Kim, anh đã có mặt ở Hiroshima khi thành phố này bị bỏ bom nguyên tử. Kim là người gốc Triều và hiện đang lãnh đạo Viện Nghiên cứu Cao cấp Hàn Quốc ở Seoul. Cha anh vốn rất thân Nhật vào những năm 1940 và là một thương gia hành nghề ở hải ngoại. Khi đó Kim mới học lớp năm. Tất cả học sinh từ lớp bốn trở lên được sơ tán ở một ngôi đền cách trung tâm vụ nổ bom khoảng 9 km, nơi họ có tiết học vào buổi sáng, buổi chiều thì đi hái rau dại và tập quân sự với gậy tre, lấy hình Roosevelt và Churchill làm bia. Tối 8 giờ 15 phút sáng, anh nhớ lại có một ánh sáng siêu nhiên chiếu qua khung cửa sổ ở trên cao và chiếu sáng khắp căn phòng, tiếp sau đó là một tiếng nổ kinh hoàng. Giáo viên tìm cách trấn an nhưng tất cả đều hết sức phấn khích bởi hình ảnh cây nấm khổng lồ màu sắc sặc sỡ mà một người bạn học của anh chỉ cho mọi người. Giáo viên lúc đó nói với họ là Nhật Bản vừa chế tạo ra một vũ khí phòng không đời mới, và họ đều tin tưởng như vậy, vì các vụ ném bom khi đó xảy ra hằng ngày. Nhưng tới chiều, khi họ nghe đài báo là Mỹ đã ném một quả siêu bom thì tất cả đều ngã ngửa. Kim kể rằng anh không bao giờ có thể quên được những gì mà mình chứng kiến ở Hiroshima và sẽ nhắc đến nó càng ít càng tốt, và cũng chưa bao giờ quay trở lại Hiroshima kể từ ngày ấy. Ai ở gần trung tâm lúc đó thì hẳn thấy các tòa nhà ban đầu nghiêng dần hướng ra phía ngoài vụ nổ, rồi bẹp hẳn xuống sau đó. Nhà chức trách tưới dầu lên các

đồng tử thi, rồi thiêu hủy. Một người cô của anh chết ngay tại chỗ khi tòa nhà sập xuống gần tâm vụ nổ. Một người anh em chú bác sống gần đó thì thoát chết nhưng sau một tháng thì rụng hết tóc, phát điên rồi chết - những triệu chứng kinh điển của việc bị nhiễm phóng xạ. Một người anh em họ khác đang đạp xe qua cầu thì vụ nổ xảy ra, người này bị bắn tung xuống một vũng nước nông gần đó. Khi tỉnh dậy thì nửa người đã bị nám như cháy nắng (phóng xạ). Người anh em này chết một cách bí ẩn ở Hàn Quốc vài năm sau. Câu chuyện này thật đau xót, vì Kim hiện lại là một nhà vật lý neutrino có tên tuổi, và đã viết một quyển sách nổi tiếng về đề tài này hiện vẫn được sử dụng rộng rãi.¹

Tôi kể lại câu chuyện này không phải để cố nhắc nhở đến nỗi kinh hoàng của thời chiến, mà chỉ để nhắc khéo với lớp trẻ, nhất là với các con tôi, rằng tự lừa dối mình sẽ mang lại nhiều hậu quả. Trong phần lớn cuộc đời thì tác động đó không đến nỗi thảm khốc như trong chiến tranh, mà chỉ đơn giản là làm giảm chất lượng cuộc sống. Sự giảm chất lượng này bao gồm cả những thứ ngớ ngẩn như việc cẩu bần khi lái xe, như phòng xử lý ly hôn, hay như những cuộc họp khoa kéo dài lê thê.

Cái quan trọng hơn cả chính là việc để cho các hệ ý thức ngăn trở khám phá. Tất cả chúng ta đều quen nhìn thế giới theo cách mà ta muốn nó thế hơn là nhìn nó như đúng nó, vì đó là bản tính tự nhiên của con người, nhưng chúng ta phải ghi nhớ rằng đó là một khiếm khuyết về mặt thiết kế, và ta phải cưỡng lại nó nếu có thể. Nhìn xuyên suốt các hệ ý niệm và bóc trần chúng ra chính là nhiệm vụ của khoa học chân chính, hay đúng ra là của đời sống trí tuệ nói chung.

1. C.W. Kim, *Neutrinos in Physics and Astrophysics* (Nxb Harwood Academic, London, 1993).

CHƯƠNG 10

Cấu trúc của Không - Thời gian

Không hề có toán học cho tới khi chúng ta đặt nó ở đó.

Huân tước Arthur Eddington

Thuyết tương đối của Einstein, một trong những thần tượng văn hóa bền vững của chúng ta, là lý thuyết mà ai cũng từng nghe qua, nhưng ít ai hiểu được nó.¹ Hình ảnh người phát minh ra nó được toàn thế giới biết và xem như một biểu tượng của trí tuệ và sự thông thái siêu việt mang tính vũ trụ. Trong trí tưởng tượng của dân gian, thuyết tương đối là một thực tại bí ẩn mà chỉ những người được ban tặng những năng khiếu khác thường mới hiểu nổi.

Cái tạp âm huyền hoặc này vừa thái quá lại vừa không chính xác. Phiên bản nguyên thủy của thuyết tương đối, còn gọi là thuyết tương đối hẹp, thực sự chỉ là một định luật, và là một định luật khá đơn giản, nó hoàn toàn không phải là một phương trình chuyển động,

1. Các bài thảo luận hấp dẫn về thuyết tương đối có thể được tìm thấy trong hầu hết các cuốn sách giáo khoa vật lý cho sinh viên đại học. Tài liệu tham khảo gốc là A. Einstein, *Ann. d. Physik* 17, 891 (1905).

mà chỉ là một *đặc tính* của phương trình này, một sự đối xứng. Dạng hoàn thiện nhất của thuyết tương đối là một lý thuyết tư biện hậu Newton về hấp dẫn, được phát triển từ định luật này.¹ Chính Einstein là người đã sớm phát hiện ra từ những bước đầu của sự nghiệp của mình rằng công chúng quan tâm đến những khía cạnh huyền bí của thuyết tương đối hơn là những khía cạnh vật lý, nhưng ông lại cổ súy cho sự khuếch trương hình ảnh của mình như một nhà tiên tri, cho dù ông không hề là một nhà tiên tri, mà là một chuyên gia có bộ óc vô cùng sắc bén. Tuy nhiên, những bài viết của Einstein lại đặc biệt chặt chẽ, thẳng thắn, và cởi mở. Ông có thể phạm sai lầm, cũng như bất kỳ ai trong chúng ta, nhưng ông hiếm khi phạm sai lầm trong các vấn đề toán học thâm thúy. Hầu hết các nhà vật lý đều muốn được sáng suốt như Einstein, nhưng ít người được như vậy.

Đối xứng là một ý niệm quan trọng trong vật lý học, cho dù nó thường hay bị lạm dụng.² Một ví dụ về đối xứng là sự tròn trịa. Các viên bi-a đều tròn, điều đó khiến người ta có thể dự đoán chuyển động của chúng mà không cần biết chúng được làm bằng vật liệu gì; chẳng hạn, ta biết chúng sẽ lăn ngang qua mặt bàn bi-a theo một đường thẳng khi ta dùng cây ki thúc vào chúng. Nhưng không phải sự tròn trịa là *nguyên nhân* khiến chúng chuyển động. Những định luật chuyển động cơ bản mới là nguyên do. Sự tròn trịa chỉ là một tính chất đặc biệt khiến những viên bi-a nom khác so với những

-
1. A.S. Eddington, *The Mathematical Theory of Relativity* (Nxb Cambridge University Press, London, 1965), trang 88.
 2. Có khá nhiều sách hay bàn về tính đối xứng, vì chủ đề này khá thú vị. Một quyển sách dễ tiếp cận là quyển sách của L.M. Lederman và C.T. Hill, *Symmetry and the Beautiful Universe* (Nxb Prometheus Books, Amherst, NY 2004). Một quyển sách chuyên môn hay nữa là quyển của J. Rosen, *Symmetry Discovered* (Nxb Cambridge University Press, London, 1975). Xem thêm S. Coleman, *Aspects of Symmetry: Selected Erice Lectures* (Nxb Cambridge University Press, London, 1985).

vật thể rắn bất kỳ nào, được phát hiện ra vì sự đơn giản và đều đặn trong chuyển động của chúng. Tính đối xứng rất có ích trong những trường hợp khi người ta không nắm bắt được những phương trình chuyển động căn bản, và tìm cách ráp nối những phương trình đó lại với nhau trên cơ sở những thực kiện thí nghiệm không hoàn chỉnh. Ví dụ, nếu bạn biết chắc tất cả các viên bi-a đều tròn và tìm cách phỏng đoán những phương trình chuyển động của chúng, bạn có thể loại bỏ bớt một số suy đoán nhất định nào đó dựa trên cơ sở biết rằng những vật có dạng hình cầu không thể chuyển động kiểu đó. Những tình huống thuộc loại này được xem là quy tắc hơn là ngoại lệ trong vật lý học hạ hạt nhân. Vì lý do đó nên trong vật lý người ta có truyền thống gán cho những đối xứng tầm quan trọng cao nhất, mặc dù thực ra chúng chỉ là hệ quả hay tính chất của các phương trình chuyển động.

Tính đối xứng của thuyết tương đối liên quan đến chuyển động.¹Einstein và những nhân vật lỗi lạc khác đầu thế kỷ hai mươi đã tỉnh cờ đến với đối xứng này thông qua việc suy nghĩ về điện và từ, mà những phương trình của chúng đã được James Maxwell xây dựng và từ đó nhanh chóng phát minh ra sóng vô tuyến. Tính đối xứng quay đòi hỏi hành trạng của những viên bi-a trên mặt một bàn tròn phải thể hiện hết như nhau về mặt phẩm tính bất kể người ta đứng ở phía nào của mép bàn. Tính đối xứng của thuyết tương đối đòi hỏi chuyển động của chúng phải thể hiện hết như nhau bất kể người ta đang *chuyển động* như thế nào. Ý tưởng này được nắm bắt một cách xuất sắc bởi thí nghiệm tưởng tượng của Einstein về một người quan sát trên một đoàn tàu đang nhìn một đoàn tàu khác đi

1. R.P. Feynman et.al., *Six Not-So-Easy Pieces, Einstein's Relativity, Symmetry, and Space-Time* (Nxb Perseus, New York, 1997).

qua. Einstein đề xuất rằng trong giới hạn lý tưởng - hai đoàn tàu chuyển động ngược chiều trong chân không - thì không một phép đo nào có thể xác định được đoàn tàu nào đang chuyển động còn đoàn tàu nào đang đứng yên. Trong trường hợp đó, các phương trình điện và từ phải hoàn toàn hết như nhau trên cả hai đoàn tàu, và do đó tốc độ ánh sáng cũng sẽ phải hết như nhau. Như thế là người ta buộc phải đối mặt với một mâu thuẫn logic, ngoại trừ trường hợp một số ý niệm chung về tính đồng thời và về phép đo trên hai đoàn tàu trên là sai. Tất cả những sự mù mờ này và những hệ quả logic của chúng, bao gồm cả việc khối lượng tăng lên khi vật thể chuyển động ở vận tốc lớn, và sự tương đương giữa khối lượng với năng lượng, nay đã được kiểm chứng thường xuyên trong các phòng thí nghiệm trên toàn thế giới, và đã được lịch sử ghi nhận như những sự thực hiển nhiên.

Câu chuyện về chiến công về vang của Einstein lãng mạn tới mức người ta dễ dàng quên rằng thuyết tương đối là một khám phá chứ không phải một phát minh. Nó đã tiềm ẩn một cách tinh vi trong một số quan sát thực nghiệm về điện rất sớm, và phải bạo phổi lắm mới dám tổng hợp những quan sát đó lại thành một tổng thể mạch lạc. Ngày nay thì chẳng cần phải bạo phổi kiểu ấy. Một nhà thực nghiệm tự tin được trang bị một cỗ máy gia tốc hiện đại hoàn toàn có thể bắt gặp những hiệu ứng của thuyết tương đối ngay ngay làm việc đầu tiên, và bằng kinh nghiệm sẽ hoàn toàn có thể tính toán ra toàn bộ mọi thứ trong vòng một tháng. Thuyết tương đối thực ra chẳng gây sốc chút nào. Cái thế giới quan bề ngoài có vẻ như hiển nhiên mà thuyết tương đối đã bác bỏ và thế chỗ thực ra dựa trên những quan sát không hoàn chỉnh và không chính xác. Giả dụ các thực tế đều được biết hết cả rồi thì có lẽ đã chẳng phải tranh luận, và do đó cũng sẽ chẳng còn gì cho Einstein chứng minh. Cách nhìn

thuyết tương đối của công chúng xem nó như một sự sáng tạo của đầu óc con người là một cách nhìn thật cao sang, nhưng suy cho cùng thì không chính xác. Những luận cứ của Einstein đẹp thật, nhưng ngày nay ta tin vào thuyết tương đối không vì nó buộc phải đúng, mà vì nó được đo thấy là đúng.

Ngược lại, lý thuyết hấp dẫn của Einstein là một phát minh, là một thứ gì đó *không* phải đã suýt được tình cờ phát hiện thấy trong phòng thí nghiệm. Nó vẫn tiếp tục gây tranh cãi và hầu như vẫn nằm ngoài tầm với của thí nghiệm.¹ Tiên đoán quan trọng nhất của nó là tiên đoán cho rằng bản thân không gian là động. Những phương trình mà Einstein đề xuất nhằm mô tả hấp dẫn tương tự với những phương trình dùng để mô tả một môi trường đàn hồi, chẳng hạn như một tấm cao su. Những hiệu ứng hấp dẫn thông thường xảy ra khi môi trường này bị một khối lượng lớn, chẳng hạn như một ngôi sao, làm biến dạng dưới dạng tĩnh. Khi nguồn dao động rất nhanh, ví dụ như khi hai ngôi sao quay quanh nhau trên một quỹ đạo hẹp, thì kiểu gì cũng xảy ra một hiệu ứng mới: sóng hấp dẫn được truyền ra phía ngoài. Như vậy lực hấp dẫn thông thường có thể được hình dung giống như những gợn sóng lăn tăn dưới chân con chim bói cá, và bức xạ hấp dẫn thì giống như những nhiễu xạ mà con bói cá tạo ra khi nó bay vụt đi. Có rất nhiều bằng chứng gián tiếp chứng tỏ rằng lời tiên đoán về bức xạ hấp dẫn là đúng, trong đó bằng chứng thuyết phục nhất là sự giảm chu kỳ quỹ đạo một cách đều đặn của

1. *Thí nghiệm nổi tiếng nhất về thuyết tương đối tổng quát bao gồm các hiệu chỉnh nhỏ đối với thuyết hấp dẫn của Newton, đáng kể nhất là sự bị bẻ cong của ánh sáng khi nó lướt qua mặt trời, và sự gia tăng điểm cận nhật của Thủy tinh, được chính Einstein là người đầu tiên tính ra. Một thí nghiệm kiểm tra gần đây hơn là hiệu ứng con quay hồi chuyển, được xác định bởi thí nghiệm Gravity-Probe B. Xem R.A. Van Patten và C.W.F. Everitt, Phys. Rev. Lett. 36, 629 (1976).*

một pulsa đôi nổi tiếng do Joseph Taylor và Russell Hulse phát hiện ra vào năm 1975.¹ Tuy nhiên bằng chứng trực tiếp thì vẫn chưa có. Việc đo trực tiếp bức xạ hấp dẫn là một trong những mục tiêu cơ bản của vật lý thực nghiệm hiện đại,² nhưng phần lớn các nhà vật lý đều đã bị thuyết phục từ các bằng chứng khác rằng lý thuyết hấp dẫn của Einstein khó mà sai.

Điều trở trêu ở đây là, công trình sáng tạo bậc nhất của Einstein là thuyết tương đối tổng quát về hấp dẫn lại phải quy về việc quan niệm lại không gian, xem nó như một môi trường, trong khi tiền đề ban đầu của ông đưa ra lại cho rằng không tồn tại một thứ môi trường nào như vậy. Ý niệm cho rằng không gian biết đâu cũng là một kiểu vật chất gì đó thực ra đã có từ xa xưa, từ thời các nhà Khắc kỷ Hy Lạp, và được đặt tên là ête [ether]. Chất ête hằn sâu trong tâm trí của Maxwell khi ông phát minh ra cách mô tả các hiện tượng điện từ mà ta đang sử dụng. Ông hình dung điện trường và từ trường là những dịch chuyển và các dòng ête, rồi ông vay mượn bộ máy toán học từ lý thuyết chất lỏng để mô tả chúng. Einstein thì ngược lại, ông dứt khoát vứt bỏ ý niệm về chất ête, và từ việc nó không tồn tại suy ra rằng các phương trình của thuyết điện từ phải mang tính

-
1. Sao xung đôi PSR 1513+16, phát hiện bởi R. Hulse và J. Taylor, di chuyển trong một quỹ đạo hẹp đến mức hiệu ứng phát xạ hấp dẫn có thể đo được. Quan sát này mang lại cho Taylor và Hulse giải thưởng Nobel vật lý năm 1993. Sao xung này quay 17 vòng trong một giây, tương đương với chu kỳ 59.10^{-6} giây, và có chu kỳ quỹ đạo 7,75 giờ. Sự gia tăng điểm cận nhật của nó do phát xạ bức xạ hấp dẫn là 4,20 trong một năm. Nó có bán kính 3 giây ánh sáng, tức là khoảng một triệu km. Xem H. Taylor, L.A. Fowler, và J.M. Weisberg, *Nature* 277, 437 (1979); J.M. Weisberg, J.H. Taylor, và L.A. Fowler, *Scientific American* 245, 74 (1981).
 2. Các máy dò cơ học nguyên thủy dùng để đo sóng hấp dẫn tỏ ra không đủ nhạy, và từ đó đã bị thay thế tại Hoa Kỳ bởi dự án Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory (LIGO), mà người ta hy vọng là cuối cùng sẽ có thể ghi nhận được sóng hấp dẫn do các nguồn vũ trụ gây ra. Xem <http://www.ligo.caltech.edu>

tương đối. Nhưng cũng chính cái quá trình tư duy ấy cuối cùng lại dẫn đến chính cái chất ête mà ông đã vứt bỏ lúc ban đầu, mặc dù là một thứ chất có những tính chất đặc biệt mà vật chất đàn hồi thông thường không có.

Từ “ête” có những hàm nghĩa hết sức tiêu cực trong vật lý lý thuyết chỉ vì sự gắn kết trong quá khứ của nó với sự đối lập lại thuyết tương đối mà thôi. Đây là điều không may, bởi vì tước bỏ hết những hàm nghĩa đó, thì nó lại bao hàm cách mà hầu hết các nhà vật lý đang thực sự nghĩ về chân không. Trong những ngày thuyết tương đối mới ra đời, niềm xác tín cho rằng ánh sáng phải là sóng của một thứ gì đó đã là một niềm tin quá sâu sắc đến nỗi Einstein đã bị phản đối khắp nơi.¹ Thậm chí ngay cả khi Michelson và Morley đã chứng minh được rằng chuyển động của trái đất trên quỹ đạo xuyên qua chất ête là không thể phát hiện được, thì những người phản đối vẫn cãi lại rằng trái đất có lẽ phải kéo lê theo nó một vỏ bọc ête, vì thuyết tương đối là một cái gì đó huyền hoặc, và không thể nào đúng được. Sự chống đối quyết liệt này dẫn đến hậu quả tai tiếng là thuyết tương đối đã không nhận được giải Nobel (dù Einstein vẫn nhận được, nhưng cho một công trình khác). Thuyết tương đối thực ra không đề cập gì đến sự tồn tại hay không tồn tại của một thứ vật chất nào đó tràn ngập trong vũ trụ, mà chỉ cho rằng bất cứ một loại vật chất nào như vậy cũng phải có tính đối xứng theo kiểu của thuyết tương đối.

Hóa ra là có tồn tại loại vật chất như vậy. Lúc thuyết tương đối

1. Người ta không hiểu các bài báo đầu tiên của Albert Einstein một phần vì chúng được diễn giải rất ngắn gọn. Khi được hỏi ý kiến về các ý tưởng của Einstein, Edison nói rằng ông không hiểu bất kỳ ý tưởng nào, và không thấy chúng có lợi ích gì. Xem http://www.patentlessons.com/Warp_speed.html

bắt đầu được công nhận, những nghiên cứu về phóng xạ cho thấy chân không của không gian cũng có cấu trúc phổ giống như cấu trúc của các chất rắn và các chất lỏng lượng tử thông thường. Những nghiên cứu tiếp đó được tiến hành với các loại máy gia tốc hạt lớn cho phép chúng ta biết thêm rằng không gian giống như một ô kính của sổ chứ không hẳn là sự trống rỗng lý tưởng của Newton. Nó chứa đầy một thứ “chất liệu” mà bình thường thì nhìn xuyên qua được, nhưng có thể làm cho nó hiển thị bằng cách va thật mạnh vào nó cho văng ra một mảnh. Theo quan niệm hiện đại về chân không, được khẳng định bởi các thí nghiệm diễn ra hằng ngày, thì đó là một chất ête tương đối tính. Nhưng ta sẽ không gọi nó như thế, vì đó là một tên hủ.

Làm thế nào mà Einstein đi đến kết luận rằng không gian là một môi trường là cả một câu chuyện đầy hấp dẫn. Xuất phát điểm của ông là nguyên lý tương đương, tức là việc quan sát thấy rằng khi bị lực hút hấp dẫn tác dụng, mọi vật đều rơi với cùng một gia tốc, bất kể khối lượng của chúng là bao nhiêu. Đó là hiệu ứng khiến các phi công vũ trụ khi ở trên quỹ đạo gần trái đất phải trải nghiệm tình trạng không trọng lượng. Lực hút hấp dẫn trên quỹ đạo thấp không nhỏ hơn mấy so với ở trên mặt đất, nhưng tác dụng của lực hấp dẫn này lại khiến các phi công và tàu vũ trụ của họ cùng nhau quay quanh trái đất. Từ hiệu ứng này (hay đúng hơn là từ những phiên bản của hiệu ứng ấy mà ông đã hình dung ra vào năm 1905, khi chưa hề có các nhà du hành vũ trụ), Einstein đã suy ra rằng lực hấp dẫn chỉ là cái được người ta hư cấu lên một cách thiếu mạch lạc, vì nó hoàn toàn có thể biến mất bằng cách cho phép người quan sát và những thứ liên cạnh người đó cùng rơi tự do. Tác động quan trọng của vùng gần sát một vật có khối lượng lớn như trái đất không phải là tạo ra các lực hấp dẫn, mà là làm hội tụ các hướng rơi tự do. Các nhà du

hành vũ trụ nếu rơi thẳng xuống trái đất (một thí nghiệm bất hạnh) có lẽ ban đầu nghĩ rằng họ đang ở đâu đó sâu tít trong không gian, nhưng sau một hồi, hẳn sẽ nhận thấy rằng các vật thể du hành cùng với họ dần xích lại gần nhau. Đó là vì tất cả các phương rơi tự do gần trái đất đều hướng thẳng tới tâm trái đất và cuối cùng sẽ gặp nhau tại đó. Einstein kinh ngạc bởi sự tương tự giữa hiệu ứng này và sự hội tụ của các đường kinh tuyến ở cực bắc và cực nam trái đất. Trong trường hợp sau, một số đường thẳng có xu hướng hội tụ lại là do độ cong của trái đất - một môi trường được tạo ra từ các vật chất thông thường. Tiếp đó, trong một lóe chớp của tuệ giác còn khiến ta kinh ngạc đến tận hôm nay, ông đã phỏng đoán rằng những đường rơi tự do thực tế là những đường kinh tuyến nằm trên một mặt phẳng đa chiều, và rằng lực hấp dẫn xuất hiện bởi vì có những khối lượng lớn kéo dãn mặt phẳng đó khiến nó biến thành một mặt cong. Sau rồi ông còn đưa ra một phỏng đoán uyên thâm thứ hai về mối quan hệ đặc biệt giữa khối lượng và độ cong mà nay ta biết dưới cái tên là các phương trình trường Einstein. Những phương trình này tuân theo thuyết tương đối nên chúng hàm chứa cả những nghịch lý về tính đồng thời giống hệt như trong phiên bản ban đầu của thuyết này. Vì lý do đó mà chúng được miêu tả một cách chính xác hơn xem như một mối liên hệ giữa năng lượng ứng suất và độ cong của không - thời gian bốn chiều. Sự tiên đoán của các phương trình này cho rằng không gian có thể bị làm cho gợn sóng kèm với việc bị kéo dãn chính là một hệ quả của việc chúng tuân theo tính tương đối, một đối xứng của chuyển động. Điều đó nhất quán với trực giác vật lý của chúng ta, vì về cơ bản nó cũng giống như sự lan tỏa sóng địa chấn trên bề mặt trái đất phát sinh bởi động đất.

Sự đụng độ giữa triết học của thuyết tương đối rộng và những gì lý thuyết đó thực sự trình bày trên thực tế chưa bao giờ được các

nhà vật lý dàn xếp và thỉnh thoảng lại thêm nếm cho chủ đề này một mùi vị kiểu Kafka. Một mặt, chúng ta có cái nhìn dựa vào sự thành công của thuyết tương đối cho rằng không gian là một cái gì đó khác một cách căn bản với vật chất di chuyển trong nó, và như vậy thì không thể hiểu được bằng sự tương tự với những thứ ta thường gặp. Mặt khác, chúng ta có những sự giống nhau rõ ràng giữa tính hấp dẫn kiểu Einstein và việc làm cong một cách động lực những mặt phẳng thực, điều đã dẫn chúng ta đến chỗ mô tả không - thời gian như một *cấu trúc*. Những sinh viên trẻ tuổi sáng dạ thể nào cũng vớ lấy chuyện này và chất vấn giáo sư của họ xem cái gì là chuyển động khi bức xạ hấp dẫn truyền đi. Họ nhận được câu trả lời là chính bản thân không - thời gian chuyển động, điều khiến họ cụt hứng. Trả lời như vậy cũng giống như nói mặt biển gợn sóng vì nó là một mặt phẳng lượn sóng.¹ Những sinh viên khôn ngoan sẽ không hỏi câu hỏi này lần thứ hai nữa.

Sự tò mò của họ, dù vậy, không hề ấu trĩ cũng không hề không quan yếu. Thuyết tương đối rộng có chứa một bộ xương nhìn sờn gai ốc gọi là hằng số vũ trụ. Đây là một sự hiệu chỉnh đối với các phương trình trường Einstein sao cho chúng tương hợp với thuyết tương đối, và ý nghĩa vật lý của hằng số này là mật độ khối lượng của ête tương đối tính. Ban đầu Einstein cho hằng số này bằng không dựa trên những cơ sở cho rằng không thấy có tồn tại một hiệu ứng nào như vậy. Chân không, như người ta vẫn hiểu, hoàn toàn trống rỗng. Sau rồi ông gán cho nó một giá trị khác không rất nhỏ để phù hợp với những quan sát vũ trụ học và dường như cho ra một kết luận trái ngược, để sau đó lại bỏ đi khi các quan sát được cải tiến

1. Hoặc là ví dụ nổi tiếng của Moliere rằng thuốc ngủ hiệu nghiệm vì “những đặc tính gây ngủ” của nó.

thêm. Đến khi có một kỹ thuật mới được phát triển nhằm đo các khoảng cách vật lý thiên văn sử dụng những sao siêu mới thì giá trị khác không lại trở thành thời thượng.¹ Tuy nhiên, không có một sự điều chỉnh nào giải quyết được bài toán bí ẩn hơn. Cứ cho là ta biết rõ về năng lực phóng xạ và về bức xạ vũ trụ đi, thì cũng chẳng có lý do gì để ai đó có thể nghĩ rằng tại sao hằng số vũ trụ lại không thể là cực kỳ lớn - lớn hơn mật độ của vật chất thông thường nhiều bậc. Việc hằng số này nhỏ đến như thế cho ta thấy rằng lực hấp dẫn và vật chất tương đối tính hiện đang tràn ngập khắp vũ trụ liên quan với nhau một cách rất bí hiểm mà vẫn chưa ai nắm hiểu được, bởi vì một lựa chọn khác đi lại đòi hỏi một phép màu còn lớn hơn.

Cách nhìn nhận không - thời gian như một thứ phi thực thể với những đặc tính giống thực thể là cách nhìn nhận không hợp logic mà cũng không nhất quán với các thực kiện. Thế nhưng cách nhìn ấy lại xuất phát từ một hệ ý niệm sinh ra từ những cuộc tranh luận đã lâu về sự đúng đắn của thuyết tương đối. Cốt lõi của nó là niềm tin cho rằng đối xứng của tính tương đối khác với tất cả các loại đối xứng khác ở chỗ nó mang tính tuyệt đối. Nó không thể bị phá vỡ bởi bất kỳ lý do nào ở bất kỳ thang chiều dài nào, dù nhỏ đến đâu, thậm chí cả ở những vùng mà các phương trình cơ bản chưa bao giờ được xác định. Niềm tin này có thể là đúng, nhưng là một bước đi hết sức vô đoán. Người ta có thể hình dung rằng người cung trăng cũng áp dụng thứ lý luận giống hệt như vậy để khiến trách những sinh viên xuất sắc của họ vì tội đã hỏi về cấu tạo trái đất dựa trên cơ sở coi tính tròn trịa của nó cần được xét lại. Rõ ràng điều này rất

1. Xem bản tóm lược rất hay của S. Perlmutter, *Supernovae, Dark Energy, and the Accelerating Universe*, *Physics Today*, tháng 4 2004, trang 53. Xem thêm S. Perlmutter et al., *Nature* 391, 51 (1998).

bất công, vì trái đất không tuyệt đối tròn, mà chỉ gần tròn thôi. Ở những thang chiều dài nhỏ hơn những gì mắt thường có thể phân biệt được từ mặt trăng, có những chi tiết nhỏ gây phiền phức như thung lũng Grand Canyon, như dãy Pamir, như ngọn Aconcagua và núi Kilimanjaro. Những tiến bộ về công nghệ quan trắc hẳn cuối cùng sẽ minh oan cho đám sinh viên, ít nhất là cho những sinh viên vẫn chưa tâm phục khẩu phục. Họ hẳn sẽ khám phá thấy rằng trái đất không tuyệt đối tròn, và hơn thế chỉ là gần tròn, vì một lý do là, đất đá cấu tạo nên trái đất bị nhào đi do áp suất cao trong lòng của nó, khiến các vật thể lớn trên bề mặt tụt dần xuống.

Mặc dù đã được đưa sâu vào khuôn khổ của bộ môn nghiên cứu, nhưng ý niệm về tính đối xứng tuyệt đối không có mấy ý nghĩa. Đối xứng là kết quả, chứ không phải là nguyên nhân. Nếu tính tương đối *luôn luôn* đúng, thì phải có một nguyên do nào đó nằm sau nó. Những nỗ lực nhằm lẫn tránh bài toán này cuối cùng không tránh khỏi dẫn đến mâu thuẫn. Do đó, nếu ta thử cố viết ra những phương trình tương đối tính để mô tả quang phổ của chân không, ta sẽ phát hiện ra rằng những phương trình ấy là vô nghĩa về mặt toán học, ngoại trừ hoặc là tính tương đối hoặc là bất biến chuẩn, một đối xứng khác cũng hết sức quan trọng, được mặc định là sai ở những khoảng cách cực kỳ ngắn. Cho đến nay chưa ai khám phá được cách nào để giải quyết ổn thỏa vấn đề này. Lý thuyết dây, ban đầu được phát triển để làm việc đó đã tỏ ra không thành công. Ngoài sự ham chuộng mang tính huyền thoại đối với số chiều cao hơn của không gian ra, lý thuyết dây còn có những bài toán ở những thang chiều dài ngắn cần giải quyết, mặc dù ở mức tinh vi hơn, và lý thuyết này chưa bao giờ được phát triển thành mô hình chuẩn ở những thang chiều dài lớn, như được đòi hỏi để tương thích với thực nghiệm.

Vậy là quan sát ấu trĩ cho rằng chân không của không gian là trống rỗng không hề ấu trĩ chút nào, mà thay vì thế nó là một chứng cứ mạnh mẽ cho thấy ánh sáng và hấp dẫn có liên quan chặt chẽ với nhau, và có lẽ cả hai, về bản chất, cùng có tính tập thể. Cũng giống với âm thanh cơ học lượng tử thực, ánh sáng thực khác với bản sao đã được lý tưởng hóa của nó trong cơ học Newton ở chỗ nó mang năng lượng, thậm chí ngay cả khi nó lạnh cóng. Theo nguyên lý tương đối, năng lượng này có khả năng sinh ra khối lượng, và đến lượt mình khối lượng lại sinh ra hấp dẫn. Ta không biết vì sao nó không làm thế nên ta đành phải xử lý bài toán như kiểu một chính phủ có lẽ phải làm, tức là đơn giản tuyên bố rằng không gian trống rỗng không có lực hấp dẫn. Nói một cách thô thiển thì việc này có thể coi ngang với việc cơ quan lập pháp bang Indiana ban hành đạo luật buộc phải coi giá trị của số π bằng ba.¹ Nó cũng cho thấy tính nghiêm trọng của vấn đề, vì người ta chưa phải viện đến những biện pháp tuyệt vọng đến như vậy khi còn có những sự lựa chọn loại trừ lẫn nhau hợp lý khác. Mong muốn giải thích triệt để nghịch lý hấp dẫn ở mức vi mô còn là động lực để người ta phát minh ra siêu đối xứng, một cơ cấu toán học nhằm ấn định một đối ứng bổ sung đặc biệt cho mỗi một hạt cơ bản mà ta biết.² Nếu đầu đó trong tự nhiên mà ta phát hiện được một siêu đối ứng như thế thì niềm hy vọng đưa ra được một cách giải thích theo quy giản luận đối với sự trống rỗng của không gian sẽ lại được

-
1. Câu chuyện nổi tiếng này thực ra không có thật, không có đạo luật nào như vậy từng được thông qua. Câu chuyện này tập trung quanh dự luật Quốc hội 249 năm 1897, được Edwin J. Goodman, từ Solitude, Indiana đưa ra. Nó không xác lập số π bằng 3, mà đưa ra một vài giá trị, tùy trường hợp. Nó được Hạ viện thông qua, nhưng không được Thượng viện thông qua. Xem U. Dudley, *Mathematical Cranks* (Math. Assn. Am., Washington, D.C., 1992).
 2. Xem S. Weinberg, *Quantum Theory of Field*, Vol. 3: *Supersymmetry* (Nxb Cambridge, University Press, London, 2000).

nhện nhóm, nhưng điều đó cho tới nay chưa xảy ra, ít nhất là ở thời điểm hiện tại.

Nếu Einstein còn sống đến ngày nay, ông có lẽ sẽ phải phát hoảng lên với những gì đang diễn ra. Ông có lẽ sẽ quả trách giới chuyên môn về việc họ đã để cho tình trạng lộn xộn này phát triển, và có lẽ sẽ phát điên lên vì người ta đã biến những công trình sáng tạo tuyệt đẹp của ông thành những hệ ý niệm và kết quả là sự sinh sôi nảy nở của những sự thiếu nhất quán về mặt logic. Einstein là một nghệ sĩ và là một học giả, nhưng trước nhất, ông là một nhà cách mạng. Cách tiếp cận vật lý học của ông có thể được tóm gọn lại là, hạn chế tối thiểu việc đưa ra các giả thuyết, không bao giờ đưa ra ý kiến đối lập với thực nghiệm, đòi hỏi sự nhất quán toàn diện về mặt logic, và nghi ngờ những niềm tin không có căn cứ. Niềm tin không có căn cứ vào thời ông chính là chất ête, hay chính xác hơn là phiên bản ấu trĩ của chất ête ra đời trước thuyết tương đối. Niềm tin không có căn cứ thời nay lại chính là tính tương đối. Đúng với tính cách của một người như ông thì nếu còn sống chắc thể nào ông cũng sẽ kiểm tra lại các thực kiện, lật đi lật lại chúng trong đầu và kết luận rằng nguyên lý tương đối hằng được ông cứng chiều chẳng có gì là cơ bản hết trơn, mà nó chỉ là một sự đột sinh - một đặc tính tập thể của vật chất cấu thành không - thời gian, và đặc tính đó trở nên càng ngày càng chính xác ở những thang độ dài lớn, nhưng lại sai ở những thang độ dài nhỏ. Đây là một ý niệm khác hẳn so với ý niệm ban đầu của ông, nhưng lại là một cái gì đó hoàn toàn tương hợp về mặt logic với ý niệm ban đầu này, mà thậm chí còn lý thú hơn, và có nhiều ý nghĩa hơn về mặt tiềm năng. Điều đó hẳn phải có nghĩa là, cấu trúc không - thời gian không chỉ đơn giản là cái sân khấu trên đó cuộc sống đang diễn trò của mình, mà là một hiện tượng mang tính tổ chức, và ẩn sau nó còn là một cái gì đó nữa không biết chừng.

CHƯƠNG 11

Vũ hội hóa trang của những món đồ hàng mã

Cuộc phiêu lưu này rồi đi đến đâu? Cuối cùng rồi sẽ thế nào? Suốt đời chúng ta phỏng đoán các định luật; ta còn phải phỏng đoán bao nhiêu định luật nữa đây? Tôi cũng chẳng biết. Có mấy bạn đồng nghiệp của tôi nói rằng diện mạo căn cốt này của khoa học vẫn sẽ tiếp tục như thế; nhưng tôi nghĩ chắc chắn sẽ không thể có cái mới lạ mãi mãi, cứ cho quá lắm cũng chỉ một ngàn năm nữa thôi chẳng hạn. Việc này không thể cứ liên tục tiếp diễn để rồi ta lúc nào cũng khám phá ra hết định luật mới này đến định luật mới khác. Nếu làm vậy thì mọi việc sẽ trở nên nhàm chán vì có quá nhiều tầng bậc chồng lên nhau. Theo tôi thì những gì có thể xảy ra trong tương lai là: hoặc mọi định luật sẽ được biết hết - tức là, nếu có đủ tất cả định luật trong tay, bạn sẽ có thể tính toán được mọi hệ quả, và chúng hẳn lúc nào cũng khớp với thực nghiệm, điều này sẽ có nghĩa là ta đã đi đến cuối đường - hoặc có khi các thí nghiệm sẽ ngày càng khó tiến hành hơn, càng ngày càng tốn kém hơn, vì thế tuy bạn nắm bắt được đến tận 99,9% các loại hiện tượng rồi, nhưng lúc nào cũng còn đó một số hiện tượng vừa được phát hiện ra, rất khó đo đếm, và không ăn khớp; và ngay khi bạn có được một lời kiến giải cho hiện tượng này thì một hiện tượng khác lại sẽ xuất hiện, và rồi mọi việc cứ chậm dần, chậm dần đi, và càng ngày càng không còn gì quan thiết nữa. Đó có lẽ là một cách khác để mọi thứ chấm dứt. Nhưng tôi nghĩ không chấm dứt kiểu này rồi cũng chấm dứt kiểu kia mà thôi.

Richard P. Feynman

Rất nhiều thứ trong tự nhiên tự chúng tập hợp lại với nhau. Thật may mắn mà chúng làm như vậy, vì mặc dù các nhà khoa học chúng ta tự khoa trương với nhau rằng ta là những kiến trúc sư thông minh được tạo nên từ các phân tử, nhưng thực ra chúng ta giống với những cơn cuồng phong ở Oklahoma đang quét qua mặt đất hơn, đang gây ra tình trạng lộn xộn trên một phạm vi vô cùng lớn, và chỉ tình cờ để lại một nhúm những công trình xem ra hay hay mà thôi. Niềm kiêu hãnh mà người ta cảm thấy khi đang tiến hành và đang quan sát sự tự tập tự hợp mang tính tự nhiên cũng không khác gì niềm kiêu hãnh mà người cha cảm nhận được khi nhìn thấy con trai mình chơi nổi bật hẳn trên sân bóng. Đúng là “con trai tôi” đấy, nhưng thực ra thì lối chơi của cậu ta là lối chơi tài tử, chưa đâu vào đâu, và không có gì đảm bảo chắc chắn cả. Có những nỗ lực được thực hiện trong các điều kiện thực nghiệm giống hệt nhau, nhưng kết cục lại khác nhau. Nguyên do thực sự khiến Johnny đang trình diễn trên kia, đó vì bản tính tự nhiên của anh ta là như vậy. Tôi bố trí sân khấu, nhưng những cái cơ bản là do anh ta tự làm.

Tôi có được một bài học nhớ đời về hiện tượng tự tập hợp khi tôi làm việc ở Stanford nhiều năm về trước. Dù đã học những kiến thức cơ bản từ trước, nhưng cũng giống như phần lớn các nhà vật lý khác, tôi rất kém về khoản này, về môn hóa học già nua và thân quen. Khi tôi nhận công việc mới này thì tất cả đã thay đổi. Trách nhiệm của tôi bao gồm cả việc tham gia rà soát thường niên về mặt chuyên môn trên cơ sở liên bộ môn các loại trang thiết bị thí nghiệm mà tôi có liên quan. Công việc hóa ra khá nghiêm túc mà lại rất có ích, vì nó buộc tôi phải tham gia những hoạt động nằm ngoài chuyên môn trực tiếp của mình, bước đầu đến với những ý tưởng nghiên cứu mới mẻ.

Khoảng giữa chừng của một ngày làm việc dài trong lần rà soát đầu tiên, kéo dài cả tháng trời, tôi được một nữ chuyên viên phụ trách kính hiển vi điện tử cho xem những bức hình làm tôi choáng váng. Nhiệm vụ của cô này là chụp ảnh bề mặt các loại vật liệu - phần lớn là những tinh thể vô cơ xuất hiện cục bộ dùng cho những mục đích khác - ở thang chỉ nhỏ hơn một chút so với giới hạn phân giải của các loại kính hiển vi dùng ánh sáng thông thường, tức là ở thang khoảng từ vài chục đến vài ngàn nguyên tử, thang mà ở đó phần lớn các cơ cấu của sự sống không hoạt động. Buổi trình bày của cô không giống mấy với một hội thảo chuyên môn mà lại giống như một chương trình *National Geographic* đặc biệt nói về các dãy núi bậc thang Escalante Staircase ở Utah hay về vùng chân núi Himalaya ở Tây Tạng. Cô trình bày một loạt bức ảnh địa hình rất lạ lùng, không bức nào giống bức nào. Ban đầu là những vùng cao nguyên được tô điểm bằng các hẻm núi và đỉnh núi lởm chởm, vách núi dựng đứng của chúng đổ dọc xuống, phủ bóng lên các vách đá, làm lộ ra cả một hệ thống phức tạp những hang vòm, tiếp theo là một quần đảo gồm những hòn đảo hình kim tự tháp sắc cạnh nằm trên một vùng nước phẳng lì như mặt gương soi, một thành phố kim tự pháp Giza trùu tượng mà có lẽ chỉ thấy được trong tranh của Salvador Dali hay trong phim *The Matrix*. Tiếp đó nữa là một rừng những hình thú vật kỳ dị chạm khắc trên những cộng cây mọc bên rìa những vùng trũng nom giống các hồ nước, những con vật dạng súp lơ đang khát cháy cổ đến New England từ một hành tinh khác để tìm kiếm những đầm nước. Rồi đến cả một dãy núi hùng vĩ và đẹp đến choáng ngợp với những đỉnh núi kỳ lạ được phủ đầy băng tuyết giống như cảnh nhìn từ trên máy bay khi bay qua vùng Aspen hay Katmandu. Những bức hình cứ lần lượt được trưng ra gây cho tôi một ấn tượng mạnh mẽ tới mức tưởng chừng như mình đang

đứng trước một bậc kỳ tài, vì trong ngành nghiên cứu của mình tôi chưa thấy ai khám phá được những điều kỳ thú như thế bao giờ.

Tuy nhiên, cũng như bất cứ đâu, việc lỡ mất một cơ hội tốt trong khoa học có khi lại là một điểm lành. Trong khoảng thời gian đó tôi đang phải bận rộn với những trách nhiệm học thuật trong công việc rà soát này, và vì thế không thể bỏ qua bất cứ thứ gì, mà rồi tôi cũng muốn vậy, muốn được tạo ra những lý thuyết có thể kiến giải được những hiệu ứng thần thoại đó. Một năm trôi qua, chúng tôi lại có một đợt rà soát khác, và cô chuyên gia về kính hiển vi điện tử lại một lần nữa cho xem một loạt những tấm ảnh lộng lẫy, tất cả đều khác với đợt trước nhưng cũng đẹp không kém. Tôi chợt tỉnh ngộ. Cô chuyên gia này không khám phá ra điều gì cả ngoại trừ đã khám phá ra cách đặt các mẫu vật vào máy. Ở thang có thể nhìn thấy được bằng kính hiển vi điện tử thì bề mặt *nào* nom cũng hấp dẫn hết. Cũng giống hệt như phải tài năng lắm mới chụp đẹp được cảnh vật buồn tẻ ở miền nam bang Utah, thì chụp được những bức ảnh như thế về một bề mặt buồn tẻ bằng kính hiển vi điện tử cũng phải cần đến tài năng. Ở thang kích thước này, những nguyên lý mang tính tự tổ chức hùng mạnh và phức tạp bắt đầu tác động vào thế giới vô tri vô giác, rất nhiều trong số đó có liên quan đến quá trình hình thành tinh thể và tất cả đều không thể dự đoán trước, cho dù ta có làm chủ được toàn bộ các quy tắc cơ bản.

Lần đầu nhìn vào những cấu trúc như vậy thì thậm chí cả một nhà quy giản luận rất sắt đá cũng phải lặng đi và bản khoăn tự hỏi liệu có còn một nguyên nhân nào khác gây ra chúng không ngoài cơ học lượng tử sơ đẳng. Giải thích những tinh thể có trật tự của các nguyên tử bằng những quy tắc vi mô là một chuyện, còn làm như vậy với những cấu trúc và những hình thù sinh động lại là cả

một chuyện khác, nhất là khi xuất phát từ những nguyên lý đầu tiên người ta không suy ra được rằng những hình thù như vậy sẽ phải đột sinh. Nhưng cái cách nhìn thông thường và hoàn toàn hợp lý như vậy lại đúng là một cách nhìn lạc hậu. Trong một thế giới gồm một số rất lớn các bộ phận hợp thành thì cái phức hợp không phải là cái bất thường, mà sự thiếu vắng cái phức hợp mới chính là điều bất thường. Tính đơn giản trong vật lý là một hiện tượng đột sinh, chứ không phải là một trạng thái toán học hiển nhiên mà bất cứ cái khác biệt đi chút ít nào cũng đều là những thứ dị thường đáng quan ngại.

Có lẽ phần nào dễ cắt nghĩa và bảo vệ khẳng định trên hơn nếu bạn dùng từ *ngẫu nhiên* thay cho từ *phức hợp*. Ví như bạn ném con xúc xắc và ngẫu nhiên được số ba. Ghi nhận đó nói lên rằng bạn không hề biết trước mặt nào của con xúc xắc sẽ ngửa lên, điều đó không dự đoán được, và mức độ không dự đoán được được đo bằng số lượng những kết cục khả dĩ, mà trong trường hợp này là sáu. Bản thân con số ba chẳng có gì ngẫu nhiên cả, một khi nó đã nằm trong các khả năng được chọn. Gọi một mặt nào đó của con xúc xắc là “ngẫu nhiên” là điều vô nghĩa. Tương tự như vậy, gọi một hình thù riêng biệt nào đó là “phức hợp” cũng là vô nghĩa nốt. Chỉ có sự lựa chọn một hình thù nào đó, một quá trình vật lý nào đó, trong nhiều hình thù mới có thể gọi là phức hợp mà thôi. Khi ta nói một hình thù là phức hợp là thật ra ta muốn nói rằng quá trình vật lý hình thành nên nó là một quá trình không ổn định, và chỉ với một cái hích khe thôi là cũng đủ để có thể tạo ra một trong nhiều hình thù khác nhau. Cũng như thế, một hình thù nào đó được xem là đơn giản nếu đảm bảo được rằng nó được tạo ra bởi một quá trình vật lý luôn luôn theo cùng một cách cho dù cú hích từ bên ngoài có mạnh đến đâu.



Sẽ rất dễ hình dung rằng những mẫu hình giống như có sự sống sẽ phải đột sinh.

Một khi hiểu được rằng sự đơn giản trong tự nhiên là một ngoại lệ chứ không phải là một quy tắc bình thường, thì bạn sẽ rất dễ hình dung rằng những mẫu hình giống như có sự sống sẽ phải đột sinh trong những điều kiện vi mô thích hợp. Không thể *chứng minh* được là chúng đột sinh, nhưng có thể chứng minh được rằng sự đột sinh của chúng là hợp lý và không hề vi phạm lương năng thông thường. Người ta làm như vậy thông qua lý thuyết phức hợp, một ngành toán học ra đời trong thập kỷ 1970, gộp chung các chủ đề như hỗn độn, fractal, và các ô-tô-mat tế bào.¹ Chiến lược của lý thuyết phức hợp là

-
1. Một quyển sách hay về fractal là *The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems and Adaptation* (Nxb MIT Press, Cambridge, 1998), của G.W. Flake. Xem thêm B.B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature* (Nxb W.H. Freeman, New York, 1982). Có rất nhiều tác phẩm nghệ thuật về fractal trên Internet, ví dụ như tại <http://pages.globetrotter.net/mdessureault/vent.html> và <http://www.fractalus.com/galleries/home>.

đơn giản hóa và trừu tượng hóa các phương trình chuyển động của vật chất, khiến chúng có thể giải được trên máy tính. Sự trừu tượng hóa này tuy nhiên lại là một giao kèo ký với quỷ dữ, vì các phương trình đưa ra đã làm biến dạng mọi thứ một cách kỳ cục khiến cho bạn không còn có được một sự biểu diễn trung thực của tự nhiên nữa. Giá trị của lý thuyết phức hợp do đó chỉ giới hạn ở chỗ chỉ ra được rằng sự đột sinh của những mẫu hình phức tạp là hợp lý mà thôi. Nó không thể cung cấp cho ta mô hình có khả năng tiên đoán của bất cứ hiện tượng tự nhiên nào, và chắc chắn nó không phải là một cách tư duy mới mẻ xét về căn bản.¹

Một ví dụ đơn giản của mô hình này là hình fractal của một rặng núi.² Một lưới bản đồ được tạo ra bởi máy tính càng ngày càng tinh xảo hơn, bằng cách mỗi lần như vậy gán thêm một độ cao ảo cho một điểm lưới mới bằng trung bình của các độ cao cũ liền kề, cộng với một số gia ngẫu nhiên ngày càng giảm thiểu tùy mức độ tinh xảo dần của quy trình. Những độ cao được tạo ra như vậy mô phỏng một cách hiệu quả sự xuất hiện của các rặng núi thật nên thường được sử dụng trong phim ảnh để tạo ra phong nền, vì chúng rất gần gũi với đám mây, bờ biển, và thực vật hình fractal. Quá trình vật lý bị đưa tranh bởi rặng núi hình fractal đó là một quá trình kết tập,

-
1. Stephen Wolfram rất tin tưởng rằng có một loại hình khoa học mới, và ông cho xuất bản cuốn sách của mình: S. Wolfram, *A New Kind of Science* (Nxb Wolfram Research, Champaign, IL, 2000). Xem thêm S. Wolfram, *Nature*, 311, 419 (1984).
 2. Ý tưởng cơ bản đằng sau cấu trúc fractal là sự tự mô phỏng. Xem M. Ausloos và D.H. Berman, *Proc. Roy. Soc. [London] A* 400, 331 (1985). Những tài liệu tham khảo tốt nhất về fractal có thể tìm thấy trên Internet. Xem <http://www.skytopia.com/gallery/mountains/mountains.html>. Một cách giải thích đơn giản về việc các dãy núi fractal hình thành như thế nào có thể xem ở đây <http://mactech.com/articles/mactech/mactech/Vol.07/07.05/FractalMountains/>. Bờ biển fractal được giải thích ở đây <http://polymer.bu.edu/ogaf/html/cp2.htm>.

một quá trình sinh cây bề mặt qua đó một nguyên tử được khuếch tán từ phía bên trên vào vị trí đầu tiên mà nó va phải, và như vậy làm cho các cấu trúc lớn phát triển ngày càng lớn hơn che khuất các cấu trúc nhỏ. Lượng tài liệu tham khảo rất lớn viết về vấn đề trên bao gồm cả những mẫu hình rất đẹp được máy tính tạo ra nom tựa như là những tinh thể băng có dạng lá thình thoảng vẫn xuất hiện trên các ô cửa kính vào mùa đông.¹

Một mô hình khác về tính phức hợp - đã trở thành huyền thoại vì đó là một trong những khám phá sớm nhất - là mô hình *Game of Life* của John Conway, một loại ô-tômat tế bào được Martin Gardner phổ biến lần đầu trên cột báo “Các trò chơi toán học” của tờ *Scientific American*.² Trò *Life* này bao gồm một bàn cờ vua với các quân bị nhắc đi (tử) hay được đặt thêm vào (sinh), mỗi khi có tiếng tíc tắc của một chiếc đồng hồ tưởng tượng, tuân theo hai quy tắc sau:

1. Một quân sẽ bị chết trừ phi hai hay ba ô thuộc số tám ô lân cận bị các quân khác chiếm.
2. Một quân sẽ được sinh ra ở một ô bỏ trống nếu như có đúng ba ô trong số tám ô lân cận bị các quân khác chiếm.

1. Tổng quan về sự kết tập hợp có giới hạn thẩm, xem T.C. Halsey, *Physics Today* 53, 36 (tháng 11 2000). Tham khảo T.A. Witten, Jr., và L.M. Sander, *Phys. Rev. Lett.* 47, 1400 (1981). Xem thêm P. Meakin, *Phys. Rev. A* 27, 1495 (1983).

2. Xem M. Gardner, *Wheels, Life, and Other Mathematical Amusements* (Nxb W.H. Freeman, New York, 1983). Tham khảo M. Gardner, *Scientific American* 223, 120 (tháng 10 1970). Xem thêm E.R. Berlekamp, J.H. Conway, và R.K. Gray, *Winning Ways for Your Mathematical Play, II: Gamers in Particular* (Nxb Academic Press, Burlington, MA, 1982). Có rất nhiều tư liệu về trò chơi *Life* của Conway trên Internet, một trong số đó là <http://www.radicleye.com/lifepage>. Xem thêm <http://www.argentum.freeseve.co.uk/lex.htm>.

Các quân cờ trong trò *Life* phát sinh ra các hình mẫu nom tựa như một loạt các hiện tượng tự nhiên, từ những tinh thể chất rắn cho tới những con vật bé tẹo, được cả một cộng đồng lớn những người ham thích nghiên cứu chúng gắn cho những cái tên kỳ quái. Thế là người ta có thể có cả một không gian chứa đầy các mẫu hình tinh thể đặc như lưới mắt cáo và bánh rán vòng, các mẫu hình phân tử biệt lập như thỏ và bò, các mẫu hình chu trình như tấm che mắt và con cóc, các mẫu hình chuyển động trên đường thẳng như cá nóc và rồng, các mẫu hình giao thoa với các mẫu hình khác như kính phản xạ và người phàm ăn, và cả một vườn bách thú những sinh vật cực cao cấp như những cái đôn, những lỗ phun, đỉnh ba, cái móc, tổ ong, gen sao chép, núi lửa, hàng không mẫu hạm và cả nụ hôn kiểu Pháp nữa.

Cả quá trình tự tổ chức vật lý và những ô-tô-mat ganh đua với nó đều rất thú vị và hấp dẫn. Chính xác tại sao thì rất khó xác định, nhưng hai cách lý giải cứng nhắc và quá trên mây thì lại được các chính phủ rất khoái, và thường quá nhảm trong các báo cáo chuyên môn và trong các đề xuất xin ngân sách khoa học. Cách lý giải thứ nhất cho rằng chúng ta tò mò muốn tìm hiểu xem làm cách nào mà sự sống lại đột sinh từ những nguyên tử rời rạc - làm sao có thể trộn hai hóa chất với nhau để dùng một cái sinh ra một chú cún con quẩn quít với bạn. Cách lý giải thứ hai cho rằng chúng ta mơ ước thiết kế được những bộ phận nhân tạo hữu ích thể như các loại máy cảm biến cảnh báo khí độc, hay các loại máy biến vỏ chuối thành dầu hỏa. Luận cứ đưa ra trở nên sắc bén hơn khi người ta kết hợp lại cả hai cách lý giải đó, như trong việc tìm cách thiết kế những máy móc vừa có khả năng ganh đua với sự sống lại vừa có lợi cho sức khỏe con người, chẳng hạn như những người máy tự lắp ghép, một phương pháp chữa trị ung thư, hay là chân tay mới cho người tàn tật.

Nguồn gốc *thực sự* dẫn đến sự quan tâm của chúng ta không hẳn là những lý do nói trên, mà đơn giản là sự hứng thú bẩm sinh của ta với những trò hàng mã lòe loẹt. Ai trong chúng ta cũng đều có một linh cảm rất mạnh trong việc sưu tầm những thứ “hay hay” kể cả khi chúng chẳng để làm gì. Hiệu ứng này đã tạo cơ hội cho các cửa hàng bán hàng lưu niệm ở Antibes và Sausalito kiếm lời bằng cách bán các hòn sỏi được đánh bóng, mặc dù loại sỏi như thế có vô khối ở các bãi biển, và mặc dù phải khó tính lắm mới thấy một hòn sỏi được đánh bóng là không đẹp. Đó cũng là lý do vì sao rất nhiều người trong chúng ta có cả một tủ sách lớn mà không bao giờ đọc, có những hộp lớn đầy các bức ảnh di Marge chụp từ xưa ở Grand Canyon mà không bao giờ giờ ra xem, và những nhà để xe đầy ắp đồ bỏ đi khiến xe cũng không còn chỗ vào. Đó là lý do mà Đệ nhất phu nhân Imelda Marcos có cả một tủ đầy giày dép. Đó cũng là toàn bộ kế hoạch kinh doanh đã trở thành một hiện tượng kỳ quặc mang tính toàn cầu có tên là Tủ Kho Giáng Sinh: ba kho lớn chứa đầy tận óc những bóng thủy tinh mỏng lấp lánh, những thứ búp bê, những người máy chế củi tí hon, những cây thông của khu Rừng Bí Hiểm bằng nhựa phủ đầy tuyết cũng bằng nhựa, treo lủng lẳng nào ngựa bập bênh tí hon, nào những chiếc ghế tí hon, kèn saxophone tí hon, những ông béo tí hon, cừu tí hon, đàn piano tí hon, bóng thủy tinh bé màu đỏ, bóng thủy tinh lớn màu đỏ, bóng xanh, bóng vàng, trứng thủy tinh sặc sỡ kiểu Nga, những quả cầu thủy tinh gắn bộ tàu hỏa đồ chơi tí hon, rồi thì một căn Nhà Trẻ cho trẻ con chơi, phòng Hộp Nhạc, phòng Thiên thần, phòng Đồng hồ Cúc Cu, rồi quấy tính tiền, nơi chấp nhận gần như bất cứ loại thẻ tín dụng nào, trong khi bản nhạc Giáng sinh “Đêm Thâm nghiêm” được chơi làm nền không ngưng nghỉ, ngay cả khi lúc đó mới chỉ là tháng Bảy. Tôi nhận ra rằng hiện tượng này đã hoàn toàn vượt ra

ngoài tầm kiểm soát khi đến Nhật Bản tháng Mười một năm ngoái và nom thấy những cây thông Noel đặt ở tiền sảnh các khách sạn, và nghe thấy tiếng nhạc mừng Giáng Sinh dờ dật trong các buồng thang máy. Để người ta không cáo buộc tôi là đã chỉ trích một cách không công bằng việc thương mại hóa lễ Giáng Sinh, tôi cũng xin kể thêm về những can đưng Khí Thiêng mang từ Đất Thánh về ở sân bay Tel Aviv, rồi bao nhiêu cửa hiệu của người Ả Rập nối đuôi nhau trên con lộ Via Dolorosa đưa nhau bán các loại tẩu hút thuốc hookah, các loại bình nước cũ bằng đồng, các loại chân nến bằng đồng thau thậm chí còn cũ hơn, các bộ cờ vua hình Tháp Tự Quân *made in* Đài Loan, các cuốn lịch sặc sỡ của người Palestine, rồi suốt dọc con đường dẫn đến Giáo đường Mộ chúa Giêsu người ta bày bán la liệt các loại thánh giá đủ hình đủ cỡ.

Những cấu trúc được cô bạn đồng nghiệp là chuyên viên kính hiển vi điện tử trưng bày mang tính nguyên mẫu của cái mà tôi gọi là đồ hàng mã nano, đó là các cấu trúc đẹp mê hồn và phát triển tự phát ở những thang nhỏ nhưng chưa thấy được dùng vào việc gì ngoài để giải trí. Thang kích thước của các vi mẫu luôn không vượt quá kích thước của vài ngàn nguyên tử, nên đúng ra các mẫu cụ thể như vậy phải được gọi là đồ vi hàng mã, nhưng tôi thích dùng tiền tố nano hơn vì nó khái quát hơn. Giống như các từ *xerox* và *kleenex*, từ nano đã trở thành một đặc điểm chung, và trên thực tế đã trở thành một từ đồng nghĩa với cụm từ “rất nhỏ”, cho nên một món đồ hàng mã nano thực ra chỉ là một món đồ hàng mã tí hon mà thôi.

Tôi bịa ra cái tên này tất nhiên là để mỉa mai kỹ thuật nano - một công nghệ mới được hình thành nhằm kiểm soát vật chất ở thang kích thước nhỏ, một công nghệ xem ra có cơ đưa ta đến với một ngày mai xán lạn. Cũng không hiển nhiên lắm là có nên mỉa mai

kiểu đó không, vì cũng chưa có ai đưa ra luận cứ cho rằng định luật tổ chức mới đang đột sinh ở thang nano, rằng có khả năng định luật này liên quan đến sự sống, và rằng những khám phá có ý nghĩa đang chờ đợi được thực hiện. Tuy nhiên, cũng cần phải mĩa mai thật, và điều đó được thấy rõ khi mà người ta đã dự qua nhiều buổi giới thiệu những bức hình lạ lẫm đến hoa cả mắt mà chẳng bao giờ có bức nào lặp lại, đã tiến hành nhiều cuộc khảo cứu mà chẳng bao giờ chấm dứt, đã đưa ra nhiều luận cứ mà chẳng bao giờ có vẻ như đi đến đâu. Thang nano cho bạn vào bẫy y như kiểu mạng toàn cầu làm khi bạn vào Google và gõ tìm “tỉ lệ lỗi suất thế chấp”. Bạn sẽ nhận được quá nhiều. Thay vì một câu trả lời đơn giản cho một câu hỏi đơn giản thì bạn lại gặp tràng giang đại hải những lời chào mời giảm giá - hết trang này tiếp đến trang kia đầy rẫy những biểu tượng nhấp nháy đầy màu sắc, hứa hẹn thì nhiều mà cam kết chẳng được bao nhiêu. Một lần tôi có xem chương trình truyền hình trong đó diễn viên Tony Randall nói chuyện tếu về việc anh bị lũ vịt rìa suýt chết. Chuyện này cũng y hệt như vậy. Ở thời điểm hiện tại, kiến thức về thang nano của ta bùng nổ đến mức khó tin, nhưng phần lớn lại chẳng có tí ý nghĩa gì. Xuất phát từ tình huống ấy để dự đoán những công nghệ tiên tiến mới thì khác gì xuất phát từ những món đồ trang trí trong lễ Giáng Sinh để tiên đoán sự ra đời của laser.

Nếu xét kỹ thì kể cả danh sách những thành tựu đáng kể nhất về công nghệ nano đang được áp dụng trong công nghiệp té ra toàn bị chi phối bởi những đồ hàng mã nano chứa đầy cảm hứng nhưng cũng rất ngang ngạnh. Ống nano, một cấu trúc giống hình điều xì gà có kích thước độ vài nguyên tử, làm hoàn toàn từ cacbon, có vẻ như một phản ví dụ, vì nó có rất nhiều ứng dụng về tiềm năng, nhưng

cái vẻ này lại không chính xác.¹ Rất nhiều ứng dụng của ống nano, như làm phụ gia dẫn điện trong chất dẻo, cũng chỉ là dựa vào tính chất hóa học của nó và có thể được thực hiện bằng những phương tiện khác, còn những ứng dụng kiểu như tàu ngầm bỏ túi chạy bằng năng lượng ống nano giống thứ được mô tả trong cuốn *Chuyến du hành kỳ lạ* của Isaac Asimov thì chỉ là chuyện khoa học viễn tưởng.² Những vỏ đậu nano - tức những ống nano chứa đầy các phân tử nhỏ hơn - thì chắc chắn là những món đồ hàng mã nano,³ cũng hết như những cấu trúc lục giác bó chặt của các loại ống nano có tên là những áo choàng nano.⁴ Trong trường hợp cụ thể của các tinh thể nano bán dẫn, những đối tượng gần đây thấy nhiều trên mặt báo do chúng có những đặc tính phát quang giống như những đặc tính của thuốc nhuộm hữu cơ (thực ra thì mảnh bán dẫn nào cũng thế), thì những hình thù đa dạng của chúng lại giống với các tạo vật sinh ra từ trò chơi *Life* của Conway, và được những người phát hiện ra chúng đặt cho những cái tên tương tự đầy sáng tạo: cần câu, giọt lệ, mũi tên, thú bốn chân, thú bốn chân có cựa và sừng.⁵

-
1. Nano ống là chủ đề thu hút sự quan tâm đặc biệt của nhiều nhóm nghiên cứu tại thời điểm hiện tại. Xem M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, và P.C. Eklund, *The Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes* (Nxb Academic Press, Burlington, MA, 1996). Bài báo đầu tiên do S. Iijima, *Nature* 354, 56 (1991).
 2. Tôi không hề dựng chuyện, xin xem bài báo của Mike Martin tại Wireless NewsFactor <http://www.wirelessnewsfactor.com/perl/story/20867.htm>. Những đề xuất khác về sử dụng nano ống bao gồm thiết bị phát từ trường cho màn hình, plastic dẫn điện, thiết bị trữ năng lượng (pin), phân tử điện tử, vật liệu nhiệt, cấu trúc composite, chất xúc tác, và bộ cảm ứng.
 3. Nanopeapod là nano ống, với những khối cầu nhét bên trong. Xem B.W. Smith và D.E. Luzzi, *Chem. Phys. Lett.* 321, 169 (2000).
 4. Một bài báo có tính đại diện do M. Bockrath et.al, *Phys. Rev. B.* 61, 10606 (2000). Xem thêm <http://smalley.rice.edu>.
 5. Tài liệu tham khảo toàn diện nhất là trang web của nhóm Alivisator tại UC Berkeley: <http://www.cchem.merkeley.edu/~pagrp/overview.html>. Xem thêm D.O. Dabbousi et.al., *J. Phys. Chem. B.* 101. 9463 (1997).

Can có gì mà những người vốn rất logic lại có thể đắm đuối đến thế với những thứ vật chất rõ ràng không có gì quan trọng là một câu hỏi rất lý thú - mà theo tôi ta có thể trả lời được rằng chẳng qua đó là bởi sức quyến rũ của niềm tin quy giản luận. Ý niệm cho rằng hẳn phải kiểm soát được những đối tượng ở thang nano hấp dẫn đến mức khiến người ta mù quáng trước bằng chứng hiển nhiên rằng điều đó không thể thực hiện được. Ý tưởng này cũng tràn ngập trong ngôn ngữ ta dùng để miêu tả những món đồ hàng mã nano, vốn dựa chắc vào sự tương tự về mặt vật lý của chúng với những vật thể vĩ mô, xem như là một cách để biến nó thành hữu hình. Tuy nhiên, những cấu trúc nano không phải là những cấu trúc vĩ mô, một điều trở nên hiển nhiên khi bạn gạt bỏ đi những biểu đồ hoa mỹ và những biểu đồ do máy tính tạo ra để mô tả những thí nghiệm thực tế. Ví dụ như các ống nano, chúng không được tạo ra bằng cách thêm dần từng nguyên tử cacbon một như người ta vẫn làm với những trò chơi lắp ghép hay với một mẫu đan áo vẽ ra giấy, mà bằng phương pháp hóa học nhằm tách rời muội sinh ra khi có một tia laser cường độ lớn bắn phá vào một bia cacbon hoặc một cung cacbon đang cháy. Các tinh thể nano bán dẫn không được tạo ra bằng cách dập mẫu và in thạch bản, mà bằng phương pháp khắc axit điện hóa với axit hydrofluoric trong điều kiện chiếu sáng,¹ hoặc bằng cách nghiền vụn các tinh thể thông thường, rồi nhanh chóng bơm chúng vào chất tẩy nóng. Danh sách còn cứ thế dài mãi. Cũng giống như những công việc chuẩn bị bề mặt mà tôi được chứng kiến hồi còn là một giáo sư trẻ, cái thực sự tạo ra những đối tượng này là một quy tắc mang tính tổ chức ở tầm độ cao. Thực ra thì người

1. Đây là phương pháp mà người ta thường sử dụng để tạo ra silicon xếp tổ ong, là vật liệu dùng để sản xuất nano tinh thể. Xem L.T. Canham, *Appl. Phys. Lett.*, 57, 1046 (1990).

ta không kiểm soát những bản in thiết kế của chúng mà là kiểm soát một nhiệt độ, một tốc độ chảy của vật liệu, một định hướng của chất nền, hay một vài điều kiện hóa học khác.

Có phần hài hước là những thiết bị đo hiện đại tuyệt hảo lại cũng cố thêm cái ảo tưởng cho rằng với sức mạnh kỹ thuật người ta có thể vượt qua được tất cả mọi trở ngại cơ bản. Để tránh bị quáng mắt theo kiểu ấy, ta phải hiểu được nguyên tắc vận hành của các thiết bị đo. Chẳng hạn, để có được hình ảnh của một món đồ hàng mã nano thì một bộ kính hiển vi điện tử hay một máy quét hình điện tử trước tiên bao giờ cũng phải giữ cố định hình ảnh đó trên một bức phong lớn cái đã, để buộc nó phải có được tính toàn khối của cả hệ thiết bị. Với đối tượng đã được giữ cố định như vậy, bạn có thể thu thập thông tin về đối tượng một cách tùy thích, bằng việc từ từ làm cho hình ảnh sắc nét dần. Nếu không giữ được cố định, bạn sẽ phải chụp thật nhanh, và như vậy thì cần phải có những cường độ bức xạ lớn đến mức nướng cháy luôn cả mẫu. (Đúng cái kịch bản này thực ra hiện đang được mang ra tranh cãi trong bối cảnh vừa khám phá ra những nguồn tia X dựa trên máy gia tốc, với hy vọng là bạn có thể thu thập được ngay vài thông tin gì đó trước khi mẫu kịp nổ tung). Điều này dẫn đến một hệ luận là, không cách gì có thể chụp được những bức ảnh về các món đồ hàng mã nano lúc chúng đang hình thành, và như vậy là cũng không thể chứng minh được rằng những lý thuyết bàn về nguyên nhân tồn tại của chúng là không đúng. Thậm chí khi sử dụng tia X một cách đơn giản để phân tích cấu trúc protein thì công đoạn đầu tiên vẫn là khai thác quá trình tinh thể hóa của protein - một quá trình đột sinh. Như vậy, xét về mặt thực tiễn, mọi phép đo ở thang nano chung quy chỉ là việc khéo léo khai thác một hiện tượng đột sinh mang tính tập

thể nào đó mà thôi, và thế là ta chỉ thu được những hình ảnh giả và rất nhân tạo về cái có vẻ như đã được hiểu.

Sự thiếu tương xứng giữa cái bạn có thể “nhìn thấy” và cái bạn có thể gây tác động trực tiếp lại khiến tôi chạnh lòng nhớ đến những chuyện thông thường về y học. Tôi có một người chú làm bác sĩ giải phẫu thần kinh. Có lần ông rủ tôi đến bệnh viện của ông để cho xem những tấm ảnh cộng hưởng từ của não. Ấy là do trước đó trong khi vừa ăn tối vừa nói chuyện, ông hỏi tôi nghĩ gì về kiểu chụp này, và với cái lối vênh vang thường thấy ở đám sinh viên khoa vật lý, tôi đã trả lời là không làm gì có chuyện đó được. Hồi đó tôi chưa hiểu về thủ pháp biến đổi cường độ từ trường tại các vị trí khác nhau trong buồng đo, hoặc không biết rằng trên thị trường đã có bán những sản phẩm sử dụng thủ pháp đó. Thấy buồn cười với câu trả lời của tôi nên dù rất bận, chú tôi vẫn bỏ thời gian ra đưa tôi đi xem bộ sưu tập của ông, bao gồm không chỉ có những thứ thú vị liên quan đến ngành giải phẫu, mà cả những bức ảnh ghê sợ chụp những khối u ác tính đã di căn. Cuối cùng ông thở dài và thừa nhận là kỹ thuật chẩn đoán đã vượt xa kỹ thuật chữa trị, và rằng những bệnh nhân đó cuối cùng đều chết. Sự không tương xứng đó làm tôi cảm thấy lạ lùng khó hiểu, nhưng rồi sau này tôi mới nhận ra rằng đơn giản lúc đó tôi đang nhìn những món đồ hàng mã của khoa giải phẫu thần kinh.

Cũng do những điều kiện của môi trường vật lý trên trái đất - nhiệt độ, độ dài ngày đêm, môi trường hóa học, v.v... - nên đại đa số những ví dụ về sự tự tổ chức ta thấy được đều nằm trong lĩnh vực hóa học và đều liên quan đến sự kết tập của nguyên tử thành các cấu trúc chứ không như đối với các loại hạt khác. Ta cũng có biết những ví dụ chỉ gồm toàn các nucleon, nhất là gồm bản thân các hạt nhân nguyên tử và những quy tắc về tính ổn định đồng vị, hay chỉ

toàn các electron, chẳng hạn như từ trường trung mô [mesoscopic], hay quá trình tinh thể hóa Wigner,¹ nhưng chúng khá khó hiểu và đòi hỏi phải có những máy móc rất tinh vi mới phát hiện được. Vì vậy, dù vẫn có thể hình dung được rằng hành trạng tương tự như của sự sống là hành trạng đột sinh trong những bối cảnh khác với những bối cảnh của hóa học thông thường, nhưng các thí nghiệm cần thiết để chứng thực cho các ý tưởng đó hiện nay đặt một cách không tưởng tượng nổi. Điều này dẫn đến một hệ quả thú vị là rất nhiều nhà hóa học xem hiện tượng tự tổ chức là phạm vi hoạt động của riêng họ và là đường ranh giới thực tế giữa ngành của họ và vật lý học. Thái độ sở hữu này đôi khi dẫn đến những chuyện buồn cười. Có một lần, tại một buổi tiệc, tôi ngồi cạnh Arthur Kornberg, người phát hiện ra enzyme trùng hợp sao chép di truyền của ADN. Tôi đã có một cuộc nói chuyện nhớ đời với ông về cỗ máy của sự sống khi nhớ miệng đưa ra ý kiến cho rằng tất cả những thứ đó đã được triển khai thành một bài toán vật lý tuyệt vời. Ông ngừng lại rồi kiên nhẫn giải thích cho tôi là có rất nhiều thao tác hóa học liên quan, rồi sau đó lảng luôn sang chuyện khác. Ông bạn tội nghiệp ấy đã phải nghe chán chê về chủ đề đó rồi, và không muốn tốn thời gian vào những cuộc tranh luận không đi đến đâu về những nguyên lý cơ học mà không ai đo đếm gì được mà cũng chẳng có mối liên hệ nào với những kết quả thực nghiệm. Tôi rút kinh nghiệm từ vụ đó và không bao giờ còn dám đá động đến từ *vật lý* trong những cuộc tranh luận nghiêm túc với các nhà hóa sinh học, nhất là với những ai được đào tạo về y học.

-
1. Việc các electron cơ học lượng tử có thể tinh thể hóa nếu bị làm lạnh tới một mức nào đó và làm loãng đi, được nhà lý thuyết E.P. Wigner phát hiện ra đầu tiên. Quan sát về sự tinh thể hóa Wigner được thực hiện qua việc phun electron lên bề mặt heli lỏng. Xem C.C. Grimes và G. Adams, *Phys. Rev. Lett.* 42, 795 (1970).

Cội rễ của cuộc xung đột giữa các nhà vật lý và hóa học trong việc ai hiểu rõ hơn ai quá trình tự tổ chức đột sinh lại nằm ở một khía cạnh quan trọng và chắc chắn là phi khoa học thuộc về tâm lý con người: Đối với phần lớn chúng ta, hiểu một cái gì đó đồng nghĩa với việc kiểm soát được nó. Chẳng hạn như tôi không hiểu về máy đùa con có nghĩa là tôi bảo mà chúng không nghe lời. Tôi không hiểu về xe cộ có nghĩa là xe tôi ngốn xăng hơn là tôi muốn, hay tôi không khởi động được xe. Thường hay nghe người ta nói: tôi chẳng hiểu cái hóa đơn truyền hình cáp này là thế nào; tôi chẳng hiểu cái nhà nước này ra sao nữa; khó mà hiểu được người khác giới với mình. Chứ có mấy khi nghe nói: tôi chẳng hiểu gì cái buồng vệ sinh của tôi; tôi không hiểu nổi cái vòi tưới ngoài vườn; tôi chẳng hiểu gì mớ rau cần. Theo cách nhìn của nhà hóa học, hiểu cái gì đó thường có nghĩa là làm ra và quan sát nó, tốt nhất là trước khi có người khác làm. Theo cách nhìn của nhà vật lý thì hiểu cái gì đó có nghĩa là phân loại được nó, biết chắc là phân loại như thế là chính xác, và liên hệ nó với những gì tương tự. Cái ý tưởng “không hẳn là sai” của Wolfgang Pauli đóng vai trò trung tâm của vật lý học nhưng chẳng ăn nhập gì với hóa học cả. Và thế là không ngành nào hiểu ngành nào về cái sự hiểu cả, một số ngành xuất phát từ Kim tinh, một số ngành khác lại xuất phát từ Hỏa tinh.

Không may là trong khi các nhà khoa học đang loay hoay cãi nhau xem ai là chủ nhân ông vũ trụ thì những món đồ hàng mã nano nhảy vào chiếm lĩnh trận địa, sinh con đàn cháu đống và tranh hết phần. Thâm kế của chúng là tìm cách thay đổi luật chơi: càng tìm thấy nhiều đồ hàng mã người ta lại càng phải vất vả liệt kê những đặc tính của chúng và chi tiết hóa cây phả hệ của chúng, càng mù quáng kiểu chỉ nhìn thấy toàn cây mà chẳng thấy rừng. Té ra mấy

món đồ hàng mã nano chẳng phải xuất phát từ Kim tinh hay Hỏa tinh nào cả, mà là từ không gian vũ trụ ngoài xa.

Cái ta đang thực sự trải qua, tất nhiên, không phải là một cuộc xâm lược của các sinh vật ngoài hành tinh, mà là một sự dịch chuyển hình mẫu khoa học - một sự tái tổ chức trên quy mô lớn trong việc ta suy nghĩ ra sao về sự chi phối của các sự kiện đối với bản thân mình. Rõ ràng là đối với những ai không nắm vững vấn đề thì buổi vũ hội hóa trang này của những món đồ hàng mã đang đại diện cho một cái gì đó mới mẻ trong lịch sử tương tác của con người với tự nhiên, và việc biến vũ hội đó thành một thứ khoa học đòi hỏi cần có một phát minh - một cấu trúc xã hội kết hợp được các bộ phận của những ngành khoa học cũ vào thành một cái gì đó có thừa khả năng chắt lọc ra được cái toàn thể vĩ đại hơn từ tổng của các bộ phận. Và cũng rõ ràng rằng điều này chưa thấy xảy ra.

Hiện trạng của ngành vật lý nano và những cái có chung của nó với sinh học chính là một phần kết quả của những sự thiếu tương hợp nói trên về mặt cơ cấu. Hiện trạng này không giống mấy với một bước lùi vui vẻ về mặt học thuật, mà lại giống một cuốn phim cao bồi miền Viễn Tây, trong khi những người chăn gia súc thả rông đang bận tranh chấp với đám chủ trang trại và phá phách rào dậu của họ, thì bên đường sắt cứ âm thầm mua hết các vùng đất sinh lời và hối lộ những nhà lập pháp để họ ngoảnh mặt làm ngơ. Sự giống nhau này không phải là một sự tình cờ, bởi vì ở thang kích thước đó cùng với những nguyên lý tự tổ chức đang có hiệu lực ở đó lại chính là ranh giới của khoa học hiện đại. Đó là một vùng đất nhộn nhịp, là nơi chôn nhau cắt rốn của nhiều người trong chúng ta, nhưng không phải dành cho những kẻ yếu bóng vía. Nó chính là trường hợp của miền Viễn Tây hoang dã, những quy tắc ứng xử cá nhân

trong vương quốc này khá mập mờ, vì bàn tay của chính phủ vẫn chưa vươn tới đó. Dân chúng bận rộn đóng cọc chiếm đất trước rồi bàn gì thì bàn sau, đem hết khả năng có được để làm ăn sinh sống trong một xã hội cực kỳ lộn xộn nhưng cũng đầy rẫy cơ hội. Tiền bạc rùng rinh, cơ nghiệp được gây dựng và đổ vỡ chỉ trong vài ván xì phé hay trong một cuộc độ súng trên con phố chính bụi bặm của thị trấn. Cũng có những vụ lừa đảo lớn về đất đai và hầm mỏ, và vô khối các loại thuốc được bán, thuốc thật có thuốc lang băm có. Nhưng rồi từ thuở đó đến giờ, khả năng bất tận trong việc có được những khám phá lớn lao mang tính cầu may vẫn quyến rũ người ta đến với những vùng đất hoang dã và luật pháp lỏng lẻo như vậy.

Đối mặt với những thất bại rành rành và liên tục trong việc tìm kiếm vận may, có những lúc người ta khó mà giữ được niềm tin rằng không chóng thì chày cũng phải khám phá ra điều gì đó, ít nhất là trong bối cảnh của những thể chế mà hiện ta có. Nhưng trước khi ngã lòng và bỏ cuộc, có lẽ khôn ngoan hơn hết là phải cố nhớ lại xem những lớp người cứng đầu cứng cổ trước kia đã phải đối diện với những bài toán hóc búa như thế nào, và rồi bằng cách nào họ đã dũng cảm lần theo những dấu mối mà tự nhiên để lộ ra một cách nhỏ giọt để cuối cùng đột phá được và tìm ra được giải pháp. Sự kỳ diệu của màu sắc trong tự nhiên đã hé lộ những nguyên lý hóa học để cuối cùng dẫn đến việc phát minh ra các loại thuốc nhuộm anilin. Sự kỳ diệu của khả năng tách song trong đất đá đã hé lộ những nguyên lý của bán dẫn để cuối cùng dẫn đến việc phát minh ra tranzito. Trong mỗi trường hợp như vậy, việc tiếp tục dẫn bước đòi hỏi phải phát minh được ra toàn bộ những quá trình tư duy, những thực tiễn mà trước đó không ai nhận ra là thiếu cho tới mãi rất lâu sau khi người ta đã phát minh ra chúng. Hôm nay ta đang suy tư về phép màu của sự sống và về những nguyên lý tổ chức ở

thang nano. Có thể tưởng tượng được rằng sẽ không có cách gì giải được bài toán này, nhưng riêng tôi không nghĩ thế. Ta cũng có trong tay những mẫu thông tin quan trọng về vấn đề này không khác gì như ta đã có trong tay những mẫu thông tin về thuốc nhuộm, về bán dẫn, và về tất cả những kỹ thuật giờ đây đã được ứng dụng trong kinh tế học và đã len lỏi vào đời sống thường nhật của chúng ta: tự nhiên đã từng làm điều đó rồi. Phải thừa nhận rằng phải trải qua một thời gian địa chất dài đằng đẳng để tự nhiên thực hiện những nghiên cứu của mình, và rồi đối với những thứ khác cũng đúng vậy thôi.

Có bận tôi đi chơi vài ngày đến vùng núi phía bắc Yosemite với một cậu con trai và hai người bạn. Để hợp với thời gian biểu của mọi người, chúng tôi phải đi vào dịp tháng Tám, tức là kiểu gì cũng dễ gặp rắc rối về chuyện nước nổi. Vào mùa hè vùng núi này thường ít mưa, muộn thế này thì những đám tuyết cuối mùa cũng đã tan hết, các khe suối đều cạn khô, nên phải lên kế hoạch đi chơi quanh khu vực những hồ còn nước. Trời lại nóng. Phía trên các rừng cây chỉ thấy có núi đá trọc và đá sa khoáng băng hà, cả một vùng đất rộng chỉ toàn hoang mạc khô cằn, mặc dù ở đây rất cao so với mặt biển.

Suốt trong ngày thứ ba, chúng tôi phải vượt qua một chặng đường rất dài và khó đi của vùng hoang mạc, và trước khi trời tối chỉ vừa kịp đến cạnh một cái hồ nhỏ, được đánh dấu trên bản đồ là “không thích hợp để cắm trại”. Rùi là ngoài cái hồ này chẳng còn sự lựa chọn nào khác, nên chúng tôi quyết định mặc kệ lời cảnh báo và đành chịu khó đối mặt với bất kỳ điều gì bất ngờ xảy đến với mình trong một đêm ngắn. Thật là sai lầm. Sau khi uống hết sạch nước và cuộc bộ cả buổi chiều qua một chặng đường dài trở trời không một bóng cây, chúng tôi lần xuống hồ nước và phát hiện ra đó chỉ là một cái vũng nông chœn, lầy lội, rong rêu, đầy muỗi, rất khó tới

gần vì bờ hồ rất rộng và lầy, lỗ chỗ vết chân hươu và súc vật. Cộng vào đó, quang cảnh khắp bốn bề quanh hồ nom khô khốc và quanh quẽ như trên cung trăng, chỉ có mỗi ưu điểm là nó không che khuất con đèo Gấu Nâu, đường thoát ra sáng mai của chúng tôi.

Tôi mệt và khát đến nỗi không thể nghĩ đến việc thôi không cắm trại ở đây nữa và tiếp tục vượt đèo trong đêm, nhất là khi cũng không rõ bên kia đèo liệu có nước không. Thực ra là tôi đã rất lo đến khả năng này từ trước nên lúc sớm đã hỏi một người cưỡi ngựa qua đường xem đến chặng nào thì có nước. Anh ta nói hình như đi khỏi đèo khoảng vài dặm gì thôi, nhưng cũng không chắc lắm vì đã nhiều tuần nay anh không qua đó. Nhưng chuyện cũng chẳng để làm gì vì mấy người bạn trẻ tuổi không chịu nổi cái hồ nữa rồi và nhất quyết đi tiếp bằng được, nên rốt cuộc bố con tôi cũng phải cố.

Và thế là, với một quyết tâm sắt đá, cả bọn lặng lẽ leo lên theo sườn đèo đang dốc dần thành những đường zig-zag vô tận, rồi lại quay ngoắt lại, và kịp lên đến đỉnh đôi khi mặt trời vừa khuất bóng. Bên kia đồi là một đường dốc đứng trong bóng đêm xuyên qua những bờ dốc trọc mắt cá dẫn xuống một suối cạn ở khe núi. Chúng tôi lê gót xuống tới chân con đèo đá và chuẩn bị bật đèn pin lên để lần xuống khe núi thì bất chợt tôi nghe thấy nó: tiếng nước róc rách rất nhỏ, nhưng không lẫn vào đâu được. Vậy là anh kia đã sai. Có một con suối nhỏ ở chân dốc lẫn trong những rặng liễu. Chúng tôi được cứu thoát.

Tôi không nhớ chính xác chi tiết của cả buổi tối hôm đó, vì người tôi cứ như mụ đi, chắc là thiếu muối, nhưng cũng không sao. Chúng tôi nhóm một đồng lửa nhỏ trên một phiến đá hoa cương, nấu vài miếng đồ ăn khô đông lạnh rồi lăn về chỗ, lăn ra ngủ ngay lập tức. Nhưng tôi nhớ mãi những ấn tượng: mùi hương cây liễu và ngải

đăng, màn trời đen bao bọc bởi vách núi và ánh hào quang của dải Ngân Hà, tiếng rì rào của con suối, và thỉnh thoảng là những tiếng than thở của gió núi lặng lẽ vang vọng từ những vách đá. Có cả tiếng một con sói đồng hoang tru vọng xuống khe núi, nhưng cuối cùng nó cũng chán và bỏ đi.

Có những con suối ở những chốn hoang dã, nơi không ai lai vãng, và những nguồn nước tươi mát không ai biết tới. Nhưng để tìm ra được nó, bạn phải lùng sục mọi nơi, phải nghiên cứu địa hình, phải trung thực với chính mình khi bạn hiểu sai cái gì đó, và phải tin tưởng nơi Thượng Đế.

CHƯƠNG 12

Tà diện của cơ chế bảo vệ

Tự nhiên có thói quen hay ẩn mình.

Heraclitus

Những ai yếu bóng vía muốn trốn tránh thực tại - mà phần lớn mọi người là như vậy - đều biết đến Tà diện của Thần lực, vốn đã trở thành bất diệt trong bộ phim nhiều tập có tên *Chiến tranh giữa các vì sao*. Hình mẫu hoang đường vĩ đại này chính là mặt Ác của cái mà các triết gia Khắc kỷ gọi là *trật tự tự nhiên*, một nguyên lý hay một bản chất bao quát mà họ nghĩ là thấm nhuần toàn bộ vũ trụ. Tà diện luôn lẩn khuất đâu đó để kéo bạn vào vòng sa ngã. Ai vững vàng thì tránh được sức cám dỗ của nó, còn những kẻ yếu đuối như Darth Varder thì bị khuất phục. Cái ác xấu của Tà diện bắt đầu trở thành nghiêm trọng khi Darth và những học giả hắc ám khác ngồi lại với nhau lập mưu tính kế. Một trong số đó là tên Thượng nghị sĩ Palpatine độc ác; y đã thành công trong việc trở thành đệ nhất thiên hà hoàng đế bằng cách tuyển mộ tay chân cho Tà diện và gieo rắc những mối hiểm họa tưởng tượng đối với hòa bình và

ổn định mà nếu được hội đồng lập pháp trao cho quyền lực tối cao thì y có thể “ra ân” giải quyết. Lo cho sự an nguy của bản thân và mong được bảo vệ, mọi người đã chấp thuận trao cho thượng nghị sĩ những quyền lực nói trên, hóa ra chỉ để hấn nắm chặt họ trong bàn tay chuyên chính tàn bạo đến nghẹt thở của mình.

Không chỉ có những chính thể và những phiên bản nhiều nhưng trong khu vực tư nhân của nó, như các băng đảng Mafia, mà cả bản thân tự nhiên cũng dự phòng một cơ chế bảo vệ thông qua những định luật vô cảm đối với những ảnh hưởng gây mất cân bằng đến từ bên ngoài.¹ Cơ chế bảo vệ tạo ra tính chính xác và tính đáng tin cậy trong thế giới vật chất cũng như trong thế giới loài người, nhưng những phiên bản vật chất của cơ chế đó lại có cái lợi thế nhờ vào tính ban sơ của chúng, nên người ta có thể không chút nghi ngờ đồng nhất chúng với những hiện tượng bột phát mang tính tự tổ chức không dính dáng chút gì đến trí tuệ, ngoài bản thân nguyên lý tổ chức. Những đặc tính sắp xếp có trật tự mang tính phổ quát của các vật thể rắn, dòng chảy của các chất siêu chảy, và rồi thậm chí cả tính trống rỗng của không gian, tất cả đều là một số trong rất nhiều những ví dụ cụ thể và có bằng chứng hiển nhiên về hiệu ứng này.² Sự vô cảm của tính bền vững vật chất đối với việc một nguyên tử bị lệch ra ngoài vị trí của nó không khác gì sự vô cảm của kết quả bầu cử đối với một quan điểm chính trị cá nhân lệch lạc - mà chẳng hiểu sao quan điểm chính trị của tôi luôn lệch lạc

-
1. David Pines và tôi dùng từ “cơ chế bảo vệ” như một từ lóng đồng nghĩa với cụm từ chuyên môn (nên dễ gây hiểu lầm) trong vật lý học là “điểm thu hút cố định của nhóm tái chuẩn hóa [renormalization = tái chuẩn hóa hay đúng hơn là sự trở lại trạng thái ban đầu, ND.]”.
 2. Những mối quan hệ này được P.W. Anderson diễn tả một cách súc tích trong cuốn *Concepts in Solids* (Nxb World Scientific, Singapore, 1998).

kiểu ấy. Cuối cùng, cơ chế bảo vệ cũng vượt qua được sự thiếu hoàn hảo bằng vào tính bảo thủ của một người mẹ ngấm đoàn diễu hành rồi thốt lên: “Nhìn kia, bọn trẻ khác đều chuệch choạc cả, chỉ mỗi thằng Johnny con tôi đi đúng hàng”.

Tuy nhiên, cũng giống như những bản sao của chúng trong thế giới loài người, những cơ chế bảo vệ trong tự nhiên cũng có phần tà diện của nó - khuynh hướng che đậy những nguyên nhân tối hậu nhằm hạn chế quan kiến của mọi người. Ví dụ, độ cứng có tính đàn hồi của trạng thái rắn tuy là một định luật mạnh cho phép thiết kế được những cấu trúc đáng tin cậy, nhưng lại hoàn toàn che khuất sự có mặt của các nguyên tử, vì những đặc tính đàn hồi là những hệ quả phổ quát của mọi quá trình sắp xếp có trật tự, và giá như các chất rắn được cấu tạo từ các loại vật liệu nào khác thì chúng vẫn sẽ giữ nguyên. Việc chứng minh sự tồn tại của các nguyên tử là một việc không thể thực hiện được nếu như không có công nghệ đo đạc, như tán xạ tia X, có khả năng né tránh được cơ chế bảo vệ. Việc không cần biết đến nguyên tử cũng chẳng thành vấn đề nếu như ta chỉ quan tâm đến sản xuất ô tô hay các tòa nhà chọc trời, nhưng lại là cả một vấn đề lớn nếu ta muốn sản xuất máy tính hay giàn vô tuyến. Có thể lập luận rằng bản tính bừa bãi của tiến bộ công nghệ chính là tà diện của cơ chế bảo vệ, nếu như ta quan niệm công nghệ là một cái gì đó “trái tự nhiên”. Chân không của bản thân không gian chính là trường hợp cực hạn của bài toán này, nó bộc lộ những tín hiệu về hành trạng được bảo vệ một cách phổ quát trong những thí nghiệm mà hiện nay ta đủ khả năng tiến hành, và do đó cũng bộc lộ về sự chi phối của những định luật vi mô mà ta không làm cách nào nhận biết được cho tới khi công nghệ gia tốc đạt được những tiến bộ mới.

Trong đời sống hằng ngày cũng có nhiều cái giống với tà diện của cơ chế bảo vệ. Các cửa hàng như McDonald, Starbuck, và KFC hoạt động rất hữu hiệu vì sản phẩm của chúng luôn ổn định và rất đáng tin cậy khiến bạn luôn biết trước có thể mua gì ở những hiệu đó. Tuy nhiên, việc quản lý chặt chẽ tại các cửa hàng đó cũng khép lại khả năng bạn có thể tìm thấy một cửa hiệu đưa ra những sáng kiến mới. Đó là lý do vì sao mà những ai có tư duy độc lập thường không thích những công ty kiểu này - mặc dù họ có thể có cổ phần trong đó, hoặc khi cần quá thì tạt vào cũng không sao. Dù có là một cổ đông hay không của các công ty này thì tôi cũng sẽ không mua sữa chua lạnh ở các cửa hàng của họ, kể cả khi lỡ bữa ở sân bay, và tôi cũng xin cảnh báo cho những ai có thói quen sống bừa bãi rằng hình phạt họ phải chịu dưới địa ngục sau này là bị khóa chân vĩnh viễn vào bàn ăn với một thực đơn duy nhất là sa-lát gà Caesar. May cho tất cả chúng ta là ở Pháp không có mấy cơ chế bảo vệ. Những chuyện tiểu lâm phần nào hơi cay nghiệt hơn về chủ đề này ta có thể nghe được từ mấy người Nga từng sống dưới thời còn là Liên Xô, hay trong chuyện *Anh chàng với con chó* của Harlan Ellison, một câu chuyện hài bi thảm trong đó xã hội hậu Thế-Chiến-Thứ-Ba bảo vệ “lối sống” của mình bằng cách ra lệnh cấm tiệt những gì là mới.¹ Nhân vật chính của Ellison là một anh chàng bị bệnh ghét phụ nữ, đào thoát khỏi cơ chế bảo vệ để quay trở lại mặt đất cứu con chó có khả năng ngoại cảm của anh đang sắp chết đói bằng cách cho nó chén thịt cô bạn gái mà anh đã ngấy đến tận cổ. Vợ tôi chẳng thích chuyện này.

-
1. *Tiểu thuyết ngắn của Harlan Ellison A Boy and His Dog* đã được dựng thành một bộ phim với kinh phí thấp vào năm 1974, do Don Johnson thủ vai chính. Nguyên câu chuyện này là dựa theo cuốn *The Beast That Shouted Love and the Heart of the World* (Nxb Avon Books, New York, 1969) của H. Ellison,.

Tất cả mọi trường hợp về cơ chế bảo vệ được dẫn chứng hẳn hoi trong vật lý đều được đặc trưng bởi tính bất biến thang.¹ Câu chuyện về một đạo diễn không có chuyên môn về vật lý muốn làm một bộ phim về một ống hơi của giàn đại phong cầm đã minh họa rất tốt cho ý niệm này. Rõ ràng đây không phải là công việc kiểm được bọn tiền, nhưng với tư cách một đạo diễn tiên phong, ông tin rằng bộ phim sẽ là một trải nghiệm điện ảnh cao nhất về Thiên. Mới quay được vài phút thì ông cho rằng chưa tốt, nên hét “cắt” và phân cảnh lại. Ông gọi các kỹ thuật viên lại để làm một cái ống hơi có kích thước gấp đôi theo các chiều - và tất nhiên thanh âm phát ra sẽ phải trầm hơn - và bảo người phụ trách máy quay lùi lại một chút, làm sao cho cái ống đã được làm to ra vẫn nằm gọn trong khuôn hình. Rồi ông tiếp tục cho quay lần nữa - cho tới khi ông ta phát hiện ra mình đã sai lầm. Trong lúc cẩu, ông tọng hết cả cuộn phim đã in tráng vào máy chiếu, bật công tắc cho nó quay nhanh gấp đôi, và xác nhận khá chính xác rằng, hình ảnh cũng như âm thanh hóa ra không khác gì so với lúc trước. Những cải tiến của ông chẳng mang lại thay đổi gì. Lý do ở đây là: những định luật thủy động lực học chi phối âm thanh của ống đàn là những định luật bất biến về thang. Hành trạng của ống được quan sát vẫn giữ nguyên dù kích thước của mẫu tăng gấp đôi, trong điều kiện chiều dài khoảng cách và thời gian đo cũng được tăng lên gấp đôi. Quá trình này được gọi là quá trình *tái chuẩn hóa*, và nó là cơ sở

-
1. Có rất nhiều tư liệu về chủ đề thang độ bất biến và khả năng quay về trạng thái ban đầu ở điểm *i* chuyển pha. Cuốn sách mà tôi thường dùng là cuốn sách do người phát hiện ra vấn đề này viết: L.P. Kadanoff, *Statistic, Dynamics and Renormalization in Statistical Physics* (Nxb Cambridge University Press, London, 1996). Lưu ý là người ta thường hiểu rằng phiên bản lượng tử (ví như nhiệt độ không) của những hiện tượng này tương tự một cách định tính với phiên bản “thống kê” của nó. Xem S. Sachdev, *Quantum Phase Transitions* (Nxb Cambridge University Press, London, 1996).

truyền thống mang tính quan niệm để bàn thảo về cơ chế bảo vệ trong vật lý học.¹

Tính tái chuẩn hóa được về căn bản là không cân xứng. Trong trường hợp ống hơi của giàn đại phong cầm, người ta có thể chỉnh kích thước lớn hơn mãi mà không sợ vi phạm quy tắc tái chuẩn hóa, nhưng nếu người ta thu nhỏ mãi kích thước lại thì chỉ làm vậy được đến kích thước nguyên tử mà thôi, đó là điểm mà các định luật thủy động lực học không còn áp dụng được nữa. Thực ra thì hình dung thí nghiệm này theo hướng ngược lại sẽ dễ hiểu hơn - bắt đầu từ mẫu nhỏ rồi tăng dần kích thước lên. Người ta thấy rằng những hiệu chỉnh cần thiết đối với thủy động lực học như tính hạt của nguyên tử, các quy tắc nhốt phi tuyến, sự phụ thuộc của dòng chảy vào những nhân tố bên trong, ngoại trừ áp suất, v.v..., sẽ nhỏ dần đi mỗi khi thay đổi kích thước, dẫn đến sự “đột sinh” của hiện tượng thủy động học ở giới hạn của mẫu có kích thước lớn. Đó là tin mừng. Tin buồn là vẫn có thể còn nhiều khả năng khác. Nếu số nguyên tử trung bình trên một đơn vị thể tích nhiều hơn một chút, những tính chất phổ quát của các chất rắn dạng tinh thể có khả năng sẽ đột sinh trong quá trình tái chuẩn hóa, thay cho các chất lỏng. Người ta có thể nói rằng những mẫu nhỏ chứa đựng những yếu tố của mọi pha có thể có của chúng - giống hệt như một đứa bé có chứa tất cả các yếu tố của nhiều kiểu tuổi trưởng thành khác nhau - và rằng căn tính của hệ thống với tư cách là một pha này hay một pha khác chỉ phát triển sau khi

1. J.C. Collins et.al., *Renormalization* (Nxb Cambridge University Press, London, 1984). Xem thêm C. Itzykson et.al. *Statistical Field Theory: Volume 1, From Brownian Motion to Renormalization and Lattice Gauge Theory* (Nxb Cambridge University Press, London, 1989), và J. Cardy et.al. *Scaling and Renormalization in Statistical Physics* (Nxb Cambridge University Press, London, 1996).

một số đặc tính của nó bị cắt tĩa bớt, tạo điều kiện cho những đặc tính khác phát lộ.

Thuật ngữ chuyên môn dùng để gọi sự thu nhỏ lại của một đặc tính vật lý nào đó, như độ bền biến dạng trong các chất lỏng, dưới tác động của quá trình tái chuẩn hóa là *tính không quan yếu* [irrelevance]. Như vậy, trong một chất lỏng, những hiệu chỉnh thủy động lực học - thực tế hầu hết là những đặc tính của một tập hợp nguyên tử mà người ta có thể hình dung là đo được - là không quan yếu, cũng giống như những hiệu chỉnh về tính bền đàn hồi khi hệ thống là một hệ rắn. Không may, thuật ngữ tính không quan yếu cũng lại là một thuật ngữ đứng đầu trong danh sách những sự lựa chọn thuật ngữ chuyên môn ngu ngốc nhất xưa nay. Nó khiến cho người ta rối tinh lên, kể cả với các nhà vật lý chuyên nghiệp, vì có quá nhiều nghĩa. Tôi có thể kể tràng giang đại hải về việc người ta trao giải cho các nhà khoa học vì phát minh được những cái người khác không hiểu nổi, nhưng tôi sẽ tự giới hạn với nhận xét rằng, cách làm việc dễ nhất là gán cho từ ngữ thông dụng một nghĩa mới. Bạn cứ nói chuyện dài dài đi, rồi tình cờ buông ra một từ ngữ kiểu như vậy, chắc chắn người nghe bỗng rối trí ngay. Thủ thuật giải mã là phải nhận ra được rằng từ “không quan yếu” có hai cách hiểu. Một có nghĩa là không thích hợp, một từ có thể áp dụng được cho rất nhiều trường hợp, nhưng không phải trong vật lý học. Nghĩa kia là, “không cách gì đo đếm được vì quá nhỏ hiểu theo những nguyên lý đột sinh”, một cách hiểu có thể áp dụng được cho một số hiện tượng vật lý nhất định.

Sự đột sinh của những nguyên lý thông thường của cơ chế bảo vệ đòi hỏi phải có một bước rẽ ngoặt đáng quan tâm khi hệ thống đạt trạng thái cân bằng ở một điểm chuyển pha, sao cho hệ không

xác định được sẽ tự tổ chức theo kiểu nào đó. Điều rất có thể xảy ra ở đây là, chẳng có gì quan yếu hết ngoại trừ một đại lượng đặc trưng sẽ tiếp tục tăng tiến không giới hạn khi kích thước của mẫu lớn dần lên, chẳng hạn như lượng từ tính trong một vật liệu từ. Đại lượng *quan yếu* này rốt cuộc sẽ quyết định xem hệ thống tồn tại ở pha nào. Ví dụ như trong trường hợp từ tính, sự tăng trưởng sẽ là âm nếu nhiệt độ vượt quá một giới hạn nhất định, khiến từ tính ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ giới hạn đó sẽ biến mất. Hoặc là nhiễm từ toàn phần hoặc là không gì hết. Cũng có thể có những đại lượng không tăng cũng không giảm, nhưng những thứ gọi là các biến thiên biên như vậy là những thứ đặc trưng cho một loại chuyển pha chất yếu rất hiếm hoi (coi như không bao giờ xảy ra) trong tự nhiên. Tình thế giống một cuộc chơi kéo co giữa hai đội khỏe ngang nhau. Khi bắt đầu chơi, hai đội co đi kéo lại - một đội chiếm ưu thế hơn rồi lại đến đội kia - bộc lộ những đặc trưng chung của trò chơi kéo co, mọi diện mạo khác của đời sống đều trở nên không quan yếu. Về cuối, một đội kéo sợi dây càng lúc càng nhanh hơn về phía phe mình, đội kia không còn làm chủ tình thế được nữa, bị kéo rê và ngã chống kênh cả loạt. Trong bối cảnh này, thể nào cũng có đội thắng là điều chắc chắn, nhưng trong thời gian bao nhiêu lâu mới đột sinh đội thắng thì không ai xác định được. Xét về nguyên tắc thì cuộc tranh tài có thể kéo dài không biết đến bao giờ nếu hai đội mạnh ngang nhau một cách khó tin. Nhưng trên thực tế, sự ngang tài ngang sức lại khiến cho họ rất dễ bị tác động bởi những ảnh hưởng bên ngoài, như một cơn giông, hay tiếng hò reo của người xem, và đó mới là nhân tố quyết định thắng thua, chứ không phải là do đội này thực sự mạnh hơn đội kia đôi chút. Hiệu ứng này cũng diễn ra giữa các ứng cử viên ngang tài ngang sức, vì vậy mà những cuộc tranh cử kiểu ấy chẳng có nghĩa lắm.

Cơ chế bảo vệ mang tính cân bằng xuất hiện khá phổ biến trong tự nhiên, nhưng không nhiều như người ta thường nghĩ, vì hầu hết các quá trình chuyển pha, như hiện tượng bốc hơi của nước, đều có một ẩn nhiệt buộc các pha song song tồn tại. Nước tồn tại rất tốt ở trạng thái cân bằng pha trong một ngày nóng ẩm, chút ít trong không khí, còn lại thì trong các ao hồ. Sự cân bằng này chính là nguyên nhân khiến cho những ngày trời nồm rất khó chịu, vì nó khiến cho hơi nước từ cơ thể không thể bốc hơi để làm nguội thân nhiệt. Nhưng nếu nước phải chịu tác động của áp suất thì nhiệt cần thiết để chuyển hóa chất lỏng thành hơi có thể được làm cho giảm thiểu và biến mất hoàn toàn, xóa nhòa ranh giới giữa thể lỏng và thể khí. Khi nhiệt lượng này biến mất, ta có được hiệu ứng cân bằng đích thực gọi là trạng thái *opan* [*opalescence*] *tối hạn*, ở trạng thái này chất lỏng trở nên trắng đục như sữa.¹ Hiệu ứng này đôi chút giống với sương mù, nhưng thú vị hơn nhiều, vì nó không hề có thang. Kích thước các giọt sương trong một đám sương mù được xác định bởi những nhân tố của môi trường như bụi hoặc những hạt muối li ti trong không khí, và kích thước này cũng dễ dàng trở nên rất lớn - như có thể thấy ở các vùng ven hồ. Nhưng dưới tác động của áp suất, sự rối loạn của chất lỏng tăng đến tối đa, và hành trạng kiểu sương mù của nó đồng thời tồn tại ở mọi thang kích thước. Dù hiệu ứng này rất ngoạn mục, nhưng ứng dụng thực tế của nó chỉ giới hạn ở việc thiết kế buồng hơi của động cơ, sử dụng tính chất đặc biệt này để làm tăng hiệu suất nhiên liệu.

-
1. Biểu hiện kinh điển của hiện tượng trắng đục như sữa tối hạn là khí nén tại nhiệt độ cao. Ví dụ như ánh sáng tán xạ từ điôxít cacbon tại điểm tối hạn được công bố bởi J.A. White và B.S. Maccabee, *Phys. Rev. Lett.* 26, 1468 (1971). Những ví dụ khác diễn ra trong các hệ hóa học: P.A. Egelstaff và G.D. Wingnall, *J. Phys. C* 3, 1673 (1973); J.S. Huang và M.W. Kim, *Phys. Rev. Lett.* 47, 1462 (1981); C. Herkt-Maetzky và J. Schelton, *Phys. Rev. Lett.* 51, 896 (1983); G. Dietler và D.S. Cannell, *Phys. Rev. Lett.* 60, 1852 (1988).

Tính phổ quát và tính quan yếu của cân bằng gắn liền với các quá trình chuyển pha trong tự nhiên đã dẫn đến hai hiệu ứng vật lý mà tôi gọi là những Hệ luận hắc diện. Tôi cố tình cường điệu câu chữ như vậy là vì những hiệu ứng này rất xảo trá, hủy hoại và độc ác một cách triệt để, ít nhất là từ góc nhìn của bất cứ ai quan tâm đến việc phân biệt đâu là đúng đâu là sai.

Tôi gọi Hệ luận hắc diện thứ nhất là hiệu ứng Con Gà Tây Đánh Lạc Hướng. Tên gọi này có nguồn gốc từ một truyện ngắn của Mark Twain mô tả cuộc đi săn gà tây: chú gà tây giả bộ bị thương để dụ kẻ đi săn đi xa khỏi tổ của nó.¹ Tay thợ săn cứ bắn trượt hoài, đến khi bị dẫn đi lạc xa vài dặm rồi mới chợt nhận ra rằng mình không hề theo nó đến tổ gì hết mà là bị nó lừa. Hiệu ứng Gà Tây Đánh Lạc Hướng trong vật lý cũng y như vậy. Trong khi cơ chế bảo vệ ổn định ngăn không cho ta xác định những quy tắc vi mô căn bản, thì cơ chế bảo vệ *không* ổn định lại lừa cho ta tưởng chừng mình đã tìm ra những quy tắc đó mà thực ra thì không hề tìm thấy gì. Sự tưởng chừng này, đến lượt nó, lại khiến cho hiệu ứng này tồn tại khá dài, do sự nhầm lẫn của những tài liệu thực nghiệm liên quan đến nó. Hãy dùng một ẩn dụ cho dễ hiểu hơn. Trở lại trò chơi kéo co, giả như ta đang cố tìm bằng được “nguyên nhân đầu tiên” của các trò kéo co bằng cách hướng các quan sát của mình vào những khoảng thời gian ngày càng ngắn. Rồi tiếp sau đó là giả dụ rằng hai phe thực sự ngang tài ngang sức, sao cho trong một thời gian cực kỳ lâu mới biết được ai thắng ai thua, dẫn đến việc rất dễ thông qua thực nghiệm để đến với lãnh địa của những điều không thể quyết

1. Bản phác thảo “Hunting the Deceitful Turkey” xuất hiện lần đầu trong *The Mysterious Stranger*. Nó được in lại trong *Mark Twain: Collected Tales, Sketches, Speeches and Essays*, L.J. Budd et.al (Library of America, 1992), và cũng có thể tìm thấy trên Internet tại <http://www.gutenberg.org/etext/3186>.

định được. Như vậy, khi tiến hành những quan sát thực nghiệm, ta khám phá thấy tính phổ quát của trò kéo co được bộc lộ ra trong những khoảng thời gian đủ dài - hai đội hoàn toàn cân bằng với nhau, không phụ thuộc vào những người tham gia, vào loại dây kéo, vào độ trơn trượt của nền đất, v.v... - hơn nữa, hành trạng này được quan sát một cách hợp thức xem như điểm báo hay nguyên do của kết quả, và do đó được xem như định luật “cơ bản”. Tính phổ quát của hành trạng còn cho phép có được một sự mô tả toán học đơn giản, và do đó mà cho phép có được sự mô tả toán học cũng đơn giản về nguyên nhân dẫn đến kết quả chung cuộc. Ta những tưởng đã tìm được nguyên nhân giản đơn tối hậu của trò kéo co, nhưng cái ta thực sự tìm thấy chỉ là hành trạng trung gian được hóa trang như là nguyên nhân tối hậu mà thôi. Lý thuyết của ta về nguồn gốc là một lý thuyết chính xác, đẹp đẽ, chặt chẽ về mặt toán học, nhưng hoàn toàn vô nghĩa. Chúng ta đã bị lừa. Tuy nhiên, trong trường hợp này, kẻ đi lừa không phải là một tay lừa đảo, một bạn đồng nghiệp (hay một chú gà tây), mà chính là tự nhiên.

Tôi gọi Hệ luận hắc diện thứ hai là Rào Cản Quan Yếu. Giả sử bằng một phép màu nào đó, người ta tìm được cách mô tả toán học đích thực về một cái gì đó, bất kể là cái gì, và để ra cho mình nhiệm vụ phải giải được các phương trình và tiên đoán hành trạng được bảo vệ mà những phương trình đó ngụ ý. Người ta hẳn nhiên sẽ phải làm những phép gần đúng, và trong tình huống được bảo vệ một cách ổn định, những sai sót nhỏ ngấm ẩn chứa trong những phép gần đúng đó rất có thể là không quan yếu (không cần tính đến) về mặt kỹ thuật vì chúng có khả năng được dung hòa khi người ta làm việc với những mẫu có kích thước ngày càng lớn hơn. Nhưng trong tình huống không ổn định, những sai sót quan yếu sẽ tăng lên không giới hạn. Thay vì dung hòa những sai sót của ai đó, hành

trạng vật lý lại khuếch đại chúng lên, khiến cho những gì người đó tiên đoán trở nên ngày càng thiếu độ tin cậy một khi kích thước mẫu tăng dần lên. Hiệu ứng này xét về mặt ý niệm cũng giống như “sự phụ thuộc nhạy bén vào những điều kiện ban đầu” trong lý thuyết hỗn độn, nhưng khác ở chỗ nó gắn với sự tiến triển về thang kích thước chứ không với sự tiến triển về thời gian. Giống như trong lý thuyết hỗn độn, một sai sót nhỏ trong cách giải các phương trình cũng có thể biến thành một sai sót vô cùng lớn trong kết quả - lớn đến mức khiến kết quả có thể sai về mặt phẩm tính. Tính phổ quát kiểu này tiêu hủy khả năng tiên đoán. Thậm chí nếu bạn có trong tay những phương trình cơ bản đúng đắn thì chúng cũng có thể không có ích gì trong việc tiên đoán hành trạng mà bạn đang quan tâm, vì bạn không thể giải chúng một cách chính xác để có thể đưa ra những tiên đoán ấy. Đến lượt mình, điều này lại khiến chúng không có được khả năng kiểm sai.¹ Nếu bạn không tiên đoán được một số thí nghiệm đáng tin cậy nhất định thì bạn cũng sẽ không thể dùng được các thí nghiệm đó để xác định xem lý thuyết là đúng hay sai. Hệ thống đã đột ngột tự phát sinh ra một rào cản cơ bản đối với tri thức, một bức tường gạch tri thức luận. Tuy vậy, trong lòng một pha vật chất cho trước, người ta lại hoàn toàn có thể tiên đoán được các đặc tính vĩ mô của nó. Giống như một cuộc hẹn hò trai gái. Những động cơ dẫn đến cuộc hẹn không có gì là khó hiểu, kết quả sẽ đi đến đâu cũng chỉ khuôn trong những hiện tượng phổ biến, nhưng những gì xảy ra giữa động cơ với kết quả lại mang tính phức hợp và vô cùng khó tiên đoán.

-
1. *Tôi đang vi phạm triết lý của Karl Popper về nhận thức luận trong khoa học, vốn là chủ đề của những cuộc thảo luận vô tận trong giới học giả. Tôi ở đây chỉ đưa ra nguồn dẫn sơ khởi: quyển sách của Popper với tựa đề Logik der Forschung, được tái bản bằng tiếng Anh với nhan đề The Logic of Scientific Discovery (Nxb Routledge, New York, 2002).*

Một ví dụ đã đi vào sách giáo khoa về tác động của những Hệ luận hắc diện là hiệu ứng electron-tương-quan.¹ Bản thân tên gọi này thực ra là một kiểu dùng sai thuật ngữ mang tính quy giản luận, vì “tương quan” trong cơ học lượng tử chỉ có nghĩa là “vướng víu”, “liên đới” cái mà các electron lúc nào cũng bộc lộ - chứ không phải chỉ thi thoảng. Nói rằng các electron tương quan với nhau thì cũng chẳng khác gì nói rằng những chỗ có nước là ướt. Hiệu ứng electron-tương-quan thực chất là một tập hợp những hành trạng diễn ra trong các vật thể rắn không khớp với những phạm trù truyền thống của kim loại, của chất cách điện, của nam châm thông thường, v.v..., thay vào đó chúng có vẻ như nằm ở khoảng giữa. Chúng xảy ra phần lớn trong những oxit kim loại (V_2O_5), cũng như trong một số các hợp chất kim loại ($CeCu_2Si_2$), một số hợp kim (UBe_{13}), và nhiều chất hữu cơ (muối điện ly). Ngoài những khó khăn phổ biến trong việc phân loại chúng, những vật liệu nói trên chứa một danh sách dài các đặc tính đáng ngờ, như tính siêu nhạy đối với sự không hoàn hảo ở cấp nguyên tử, như việc có những pha có trật tự xuất hiện và biến mất tùy thuộc vào phương pháp chuẩn bị mẫu, và như những đặc tính quang phổ không tái lập; điều đó khiến ta nghĩ đến một hay nhiều bước chuyển pha mang rất ít tính đặc trưng. Tuy nhiên, tên gọi “tương quan” lại hàm một ý khác: vì một vài lý do nào đó, những kỹ thuật làm gần đúng dùng để mô tả vật chất vướng víu không có tác dụng đối với những vật liệu nói trên, và vấn đề là ở chỗ đó. Nói cách khác, hành trạng tỏ ra bất thường chính là bởi vì bạn không tính toán nó được - ngược lại với việc khó tính toán được vì nó bất thường.

1. Tư liệu về bài toán electron-tương-quan trên Internet rất lộn xộn và quá nhiều để trích dẫn. Để có một cái nhìn hoàn chỉnh về chủ đề này, tôi xin gợi ý cuốn sách của Z. Wang et.al., *Strongly Correlated Electronic Materials* (Nxb Westview Press, Boulder, CO, 1994).

Bạn hẳn phải nghĩ rằng có thể dễ dàng giải quyết một bài toán cơ bản như vậy bằng con đường thực nghiệm, nhưng thực tế thì không phải. Năm này qua năm khác, nhiều nhóm nghiên cứu khác nhau vẫn thu được những lời giải khác nhau từ cùng những phép đo thực nghiệm, thậm chí thường rất khác với những kết quả của chính họ chỉ sau vài tháng, và năm này sang năm khác họ vẫn phải tìm cách bảo vệ tính hợp thức cho công việc của mình bằng cách cáo buộc các nhóm nghiên cứu khác là thiếu trình độ. Những nhà lý thuyết do vậy vẫn thường “phân tích” những kết quả trên bằng cách vứt bớt chúng đi, chỉ chọn những cái mình thích, rồi tuyên bố rằng xét về mặt tinh thần thì chúng phải khả quan hơn, vì chúng củng cố cho lý thuyết của họ, bất kể lý thuyết đó là gì đi chăng nữa. Những phương trình cơ bản đã được biết một cách rất hoàn hảo, tất nhiên, và hoàn toàn có thể dẫn đến lời giải gần đúng trong những hoàn cảnh ít gây tranh cãi nhất, nhưng chúng không thể được giải với độ chính xác đủ lớn để tiên đoán những gì sẽ phải xảy ra trong các thí nghiệm trên. Điều này còn dẫn đến hệ quả phụ, đó là, nó khiến cho tính không khoan nhượng về mặt lý thuyết trở nên đáng ngờ, vì bao giờ người ta cũng có thể lập luận rằng những tính toán của người khác có chỗ nhầm lẫn. Và như vậy, trong vòng năm mươi năm lại đây kể từ khi mọi người bắt đầu tích cực nghiên cứu hiệu ứng electron-tương-quan, vẫn chưa có được một tiến bộ đáng kể nào trong việc làm rõ điều cần làm: hiệu ứng này là gì.

Nhìn ngược trở lại thời gian mới thấy cách ứng xử thô thiển như vậy chính là triệu chứng của việc đòi hỏi những người cực kỳ thông minh làm những việc bất khả, và chứng minh rằng đích thị có một Rào Cản Quan Yếu đang hoạt động. Về cơ bản, người ta không thể vượt qua Rào Cản đó để tiến hành những phép tính đáng tin cậy, kể cả dựa vào những máy tính siêu mạnh, vì thế mà các lý thuyết

mang tính đa dạng và không tương hợp với nhau. Về cơ bản cũng không thể làm cho các thí nghiệm trở nên ổn định để đối mặt với những sắc thái khác nhau của vật liệu, do đó việc lặp lại các thí nghiệm thường gặp thất bại. Về cơ bản, không thể kiểm sai các lý thuyết được - trong trường hợp này, những sơ đồ gần đúng được xây dựng thành các chương trình máy tính thích hợp - và do đó mà những luận cứ đưa ra để bênh vực các lý thuyết mới mang bản tính chính trị (mâu thuẫn). Tất cả các lý thuyết đều là những con Gà Tây Đánh Lạc Hướng - đều là những ý tưởng có thể tỏ ra là có giá trị hiệu lực trong một lúc nào đó nhưng hiện thời lại hoàn toàn không nằm trong tầm với.

Những nhà khoa học đã bị vào bẫy của các Hệ luận hắc diện thường được trực giác mách bảo rằng có một cái gì đó sai nhưng không chỉ mặt vạch tên được chính xác chỗ sai nên cũng chỉ đành nói bông lơn cho vui. Các chất siêu dẫn ở nhiệt độ cao là những vật liệu electron-tương-quan, và chúng mang một ý nghĩa lịch sử đặc biệt vì đã được nghiên cứu rất kỹ lưỡng (nhưng không mang lại lợi ích gì). Một nhà nghiên cứu trong lĩnh vực này có kể một câu chuyện như sau: Sau cuộc chính biến ở một quốc gia nhỏ, tân chính phủ quyết định hành quyết tất cả thành viên nội các cũ. Hai trong số họ bị lôi ra trước mặt nhà độc tài mới để nhận hình phạt. Ông ta cho mỗi người được phép đưa ra một thỉnh cầu cuối cùng. Người thứ nhất nói: “Vâng, trước khi tham chính, tôi là một giáo sư vật lý. Mong muốn cuối cùng của tôi là được đọc một bài giảng về lý thuyết siêu dẫn ở nhiệt độ cao của mình cho các nhà vật lý trong nước nghe”. Người thứ hai nói: “Tôi cũng là nhà vật lý. Xin hãy làm ơn giết tôi trước khi ông đây đọc bài giảng”.

Dưới đây là một ví dụ hay khác về sự lấu cá của các Hệ luận hắc

diện đã đánh gục nhiều nhà vật lý khi tôi còn là sinh viên. Đó là hiện tượng tái tạo bề mặt silic nổi tiếng. Vào những năm 1950, người ta đã phát hiện thấy rằng những nguyên tử trên bề mặt của tinh thể silic vừa được tách ra trong chân không đột nhiên dịch chuyển một cách tự phát tạo thành những hình mẫu có trật tự. Trong khi hình mẫu đặc thù người ta có được lại phụ thuộc vào phương pháp cắt tách, vào quá trình tôi, v.v..., thì hình mẫu cuối cùng và bền vững nhất vẫn luôn có một đơn vị lặp đi lặp lại, có kích thước bảy lần lớn hơn khoảng cách giữa các nguyên tử trên bề mặt ban đầu, và bị nén thành một hình thang. Không ai biết được là làm thế nào mà silic lại có hành trạng như vậy, hay thậm chí các nguyên tử được tái sắp xếp như thế nào, vì các hiệu ứng nhiễu xạ electron vốn bộc lộ cho thấy điều đó lại không thể xác định được cấu trúc của đơn vị lặp đi lặp lại một cách đủ chính xác. Thách thức lớn thời đó là làm sao giải được các phương trình cơ học lượng tử bằng máy tính, để hình dung ra là bằng cách nào mà các nguyên tử lại dịch chuyển để tạo ra hiệu ứng này. Tôi rung mình nghĩ là không biết bao nhiêu thời giờ vàng ngọc đã đổ vào chiếc thùng không đáy để nghiên cứu bài toán này. Một điều đơn giản là quá khó nhọc. Từ những tính toán trên người ta tính ra được đủ mọi loại hình mẫu lý thú, nhưng không có cái nào khớp với thực nghiệm, một tín hiệu rõ ràng cho thấy các Hệ luận hắc diện đang tác động. Cuối cùng, một nhà thực nghiệm ở Học viện Công nghệ Tokyo là Kunio Takayanagi đã sử dụng kỹ thuật mới về nhiễu xạ electron năng lượng cao để giải được cấu trúc này - để rồi sau đó những thứ lý thuyết xét lại mọc lên như nấm để giải thích vì sao hiện tượng này lâu nay lại hiển nhiên như vậy.¹

1. *Giải pháp ban đầu cho vấn đề silicon 7x7* được K. Takayanagi, Y. Tanishiro, S. Takahashi, và M. Takahashi đưa ra, *Surf. Sci.* 164, 1351 (1992).

Nhưng tuyên bố này không đúng. Cho tới tận ngày nay, không ai hiểu được tại sao mà khoảng cách lặp đi lặp lại lại ổn định ở mức bảy lần, tại sao nó lại bị biến dạng thành hình thang, và tại sao mà nó lại ổn định đến thế, dù rằng tự nhiên không gặp khó khăn gì để đưa các nguyên tử vào trật tự đó, trên khoảng cách lớn gấp hàng ngàn khoảng cách giữa các nguyên tử với nhau, trăm lần như một.

Dù rằng các Hệ luận hắc diện được dẫn chứng nhiều nhất trong khoa học vật liệu do ở đó có một khối lượng thông tin thực nghiệm khổng lồ về chúng, nhưng chúng lại có nhiều ý nghĩa hơn cả trong ngành vũ trụ học.¹ Từ những năm 1950 người ta đã biết rằng chân không của không gian là cái có thể tái chuẩn hóa - nghĩa là những hạt cơ bản di chuyển xuyên qua nó và những lực tương tác giữa chúng tuân theo những phương trình bất biến về thang mà ta thấy chúng đột sinh ở những trạng thái chuyển pha trong vật chất thông thường. Ta cũng biết rằng những thứ trên phải được kết nối thế nào đó một cách căn bản với bản thân không gian, vì chúng không sinh ra lực hấp dẫn, và từ đó mới dẫn đến ý tưởng cho rằng bản thân không gian có thể tái chuẩn hóa. Bằng cách này hay cách khác ta cũng khó biết được khả năng tái chuẩn hóa của không gian có phải là được sinh ra ở vùng lân cận của quá trình chuyển pha hay không, bởi vì một trong những hiệu ứng của nó là ngăn cản không cho ta dùng các phép đo thực hiện với những thang kích thước lớn để can thiệp vào bất cứ một thang kích thước nhỏ nào. Do đó mà khả năng tái chuẩn hóa được người ta tôn thờ trong các sách giáo khoa xem

1. *Một thảo luận cập nhật về vấn đề vũ trụ học, bao gồm cả sự phù hợp của khả năng chuẩn hóa chân không, có thể xem trong cuốn sách của G.W. Gibbons et.al., eds., The Future of Theoretical Physics and Cosmology: A Celebration of Stephen Hawking's 60th Birthday (Nxb Cambridge University Press, London, 2003).*

như một đặc tính của không gian không có gì phải thắc mắc - để giữ được cho khoa học truyền thống chuẩn mực trong việc chỉ đưa ra các định đề trong trường hợp tối cần thiết. Tuy nhiên, nếu khả năng tái chuẩn hóa không đột sinh thì phải có một lời giải thích, vì nó là một điều phi thường, mà việc những gì phi thường cũng phải có một nguyên nhân đã trở thành một quy tắc bất di bất dịch của vật lý học. Hơn thế nữa, người ta đã biết rằng chân không là gắn với các trạng thái chuyển pha. Có vô số những chỉ báo thực nghiệm cho thấy rằng chân không đột sinh trong một hệ thống có thứ bậc của các trạng thái chuyển pha, trong đó có nhiều loại lực tự nhiên phân biệt với nhau. Một trong những lực đó gắn liền với sự phân biệt giữa lực điện từ và lực hạt nhân yếu và là trung tâm của vũ trụ học hiện đại, vì năng lượng được giải phóng khi lực này xuất hiện có vẻ là nguồn sức mạnh thúc đẩy quá trình lạm phát trong khoảng thời gian ngắn ngủi khi diễn ra sự giãn nở nhanh chóng của vũ trụ tiếp liền sau Vụ Nổ Lớn theo như người ta giả định. Nếu khả năng tái chuẩn hóa của chân không được gây ra bởi sự gắn cận với các quá trình chuyển pha, thì việc tìm kiếm một lý thuyết tối hậu sẽ phải chịu số phận bi đát vì hai lý do: nó sẽ chẳng tiên đoán được bất kỳ cái gì kể cả ta có tìm ra nó, và nó không thể bị kiểm sai (không thể tìm được bằng chứng để chứng minh nó là sai).

Những Hệ luận hắc diện còn dẫn đến những hệ quả quan trọng và phiền phức đối ngành kinh doanh và với nền kinh tế. Đây là một chủ đề khó bàn luận một cách cởi mở, vì gọi hoạt động này nọ là những hoạt động có tính lừa đảo hay không trung thực dễ dẫn đến việc kiện cáo, nên tôi sẽ chỉ mô tả nó một cách phúng dụ mà thôi. Tất cả những gì có vẻ giống với một ai đó hay với một hoàn cảnh nào đó ngoài đời thực cũng chỉ là tình cờ trùng hợp mà thôi. Giả sử tôi viết một chương trình máy tính cú cho là dự đoán được cái

gì đó. Tôi cho bạn biết các phương trình cơ bản - nói cách khác là những gì mà máy tính thực hiện trên danh nghĩa - nhưng không để lộ ra tôi đã giải những phương trình ấy bằng cách nào. Tôi viện cớ rằng giải chính xác những phương trình trên chỉ là vấn đề đủ thông minh hay không thôi, chứ những ai không đủ thông minh và có cái đầu bả đậu như bạn thì làm sao giải nổi. Bạn sẽ nổi cáu vì bị xúc phạm và tự mình viết một chương trình riêng để giải. Nhưng than ôi, sau nhiều tháng làm việc để có được kết quả đúng, bạn không chỉ không đưa ra được kết quả mà tôi có, mà còn thu được những kết quả *khác nhau*, tùy thuộc vào việc bạn tiến hành phép làm gần đúng như thế nào. Bạn chắc chắn mà bạn viết là đúng và nhận ra ngay rằng tôi đã nói dối, vì những phương trình này không ổn định. Thay vào đó bạn bắt đầu nghi ngờ rằng lời tiên đoán bề ngoài của tôi thực ra là một phép làm khớp với các thực kiện sau khi việc đã rồi, là một sự tạo tác hoàn toàn. Những phương trình tôi công bố không đủ để mô tả những gì chương trình của tôi thực hiện, và cũng không phải chuyện ai đủ thông minh thì sẽ cũng giải được. Chẳng ai giải được chúng hết! Tuy nhiên, không thể chứng minh được điều đó, cũng chính vì lý do là những phương trình này ngay từ đầu đã không thể giải, và bạn thì cũng không có cách gì kiểm tra được tôi đã làm những gì để biết được tôi đúng. Và như vậy là bạn bị chiếu tướng. Điều duy nhất mà bạn có thể làm là viết một bài báo hay là một bằng sáng chế nói rằng bạn có trong tay một số “công nghệ” để làm cái gì đó khác cái tôi làm, và có một ứng dụng thực tiễn khác.

Chúng ta có thể nhìn vấn đề một cách tích cực hơn, bằng cách nói rằng các hệ thống vật lý không ổn định có ý nghĩa về mặt kinh tế, vì chúng cho phép ta làm rõ được bản chất của sự vật mà không cần phải làm rõ bản thân sự vật. Đó là một cách lừa dối thủ rất có hiệu quả để có thể giành thị phần của họ, nhưng người ta không

nên tự phỉnh mình rằng còn có cái gì đó hơn là cái mà nhân vật Yogurt trong bộ phim *Spaceball* của Mel Brooks gọi là “kiếm nhiều tiền hơn”. Thật không may là nó còn có thể hủy hoại cả cuộc đời của các nhà khoa học, những người tưởng rằng mình đang săn đuổi hũ vàng, nhưng thực tế lại đang chạy theo một áng cầu vồng.

Người ta có quyền nghĩ rằng tôi không đủ nổi tiếng để nói những điều như vậy, nhưng tôi không quan tâm. Thà hứng đạn và bị người ta ghét còn hơn là hèn để được yêu quý, và chẳng nào thì tôi cũng đã hy sinh đủ trong việc thờ phụng tính không quan yếu rồi nên tự biết mình đang nói gì. Với những ai còn chưa vừa ý, tôi sẽ rao bán những con búp bê Lãnh Chúa Hắc Diện với hình dạng giống tôi, ai muốn mua thì mua và làm gì với nó tùy thích. Bạn kéo một cái dây thế là con búp bê lại the thé “Mong Schwartz phù hộ người”. Thật là đáng yêu.

CHƯƠNG 13

Những nguyên lý của sự sống

Bạn hóa giải nhân tính của một người bằng cách trả y lại với tự nhiên - bằng cách đồng nhất y với đất đá, cây cỏ, và muôn thú - cũng không hơn gì bằng cách biến y thành một cỗ máy. Cả cái gọi là tự nhiên lẫn cái gọi là máy móc đều trái ngược với cái thứ độc nhất vô nhị có tên là con người. Tự nhiên là một cỗ máy tự nó làm ra nó, tự hành một cách hoàn hảo hơn bất kỳ một cỗ máy tự hành nào. Tạo ra một cái gì đó theo hình ảnh của tự nhiên tức là tạo ra một cỗ máy, và bằng cách tìm hiểu sự vận hành nội tại này của tự nhiên mà con người bắt đầu trở thành nhà chế tạo máy. Hiển nhiên là khi thuần hóa động vật và cây cỏ, con người đã nắm được trong tay những cỗ máy tự nó làm ra nó để sản xuất ra thực phẩm, năng lượng và cái đẹp.

Eric Hoffer

Không có gì chân tình bằng những lời rao giảng về cuộc sống buột ra từ cửa miệng những ủy viên Hội đồng quản trị của các hãng sản xuất máy tính. Giờ thì cũng ít đi nhiều khi mà cái bong bóng chấm com đã nổ tung, nhưng nó vẫn còn lảng vảng trong tâm trí những người đang chờ dịp tái xuất giang hồ và làm voi bót túi tiền họ bạn. Tất nhiên, những phiên bản ít tính tham vọng hơn của bè lũ đế quốc máy tính vẫn không chịu bỏ lỡ cơ hội nào đâu; trên thị trường vẫn tràn ngập những đồ chơi dành cho người lớn giết thời gian, còn



Không có gì chân tình bằng những lời rao giảng về cuộc sống phát ra từ miệng những ủy viên Hội đồng quản trị của các hãng sản xuất máy tính.

báo chí trên khắp thế giới vẫn không ngớt nhai đi nhai lại bài ca “công nghệ”, một thứ tuyên ngôn báo chí của các chương trình máy tính. Việc ứng dụng máy tính vào cuộc sống bản thân nó là có lớp có lang hằn hoi. Sự vênh vang đến trơ tráo của những chuyên gia máy tính về đề tài này khiến tôi nhớ tới một câu nói của nhà văn chuyên viết sách khoa

học viễn tưởng Robert Heinlein: “Cứ có mấy con voi là thành gánh xiếc ngay ấy mà”.

Sự sống đặc biệt thú vị nhìn từ góc độ vật lý học, vì nó là trường hợp tốt cùng của sự đột sinh định luật. Thật ra thì chính các nhà sinh học mới là những người đã phát minh ra toàn bộ ý niệm về sự đột sinh, nhằm cắt nghĩa vì sao một số khía cạnh của những cơ thể sống - các dạng hình que của một số loại vi trùng, chẳng hạn, hoặc bản năng chạy trốn cáo của thỏ - lại có tính ổn định và có thể tái sinh, trong khi những định luật vi mô của hóa học từ đó chúng phát sinh thì lại là ngẫu nhiên và có tính xác suất. Có nhiều ví dụ về những vật thể như vậy từ hóa học ở thang trung gian - các gel, cấu trúc bề mặt của các loại tinh thể, v.v... - nhưng sự hoạt động

của các cơ thể sống lớn, như con người, mới là đại sư phụ của tất cả những thứ đó.

Một trong những mẫu số chung của đời người chính là sự trải nghiệm mãnh liệt một ký ức chợt hiện. Gần đây tôi có được một ký ức chợt hiện mạnh mẽ kiểu như vậy vào giữa chừng một cuộc hội thảo về sinh học phân tử. Đó là một buổi trình chiếu lớn sử dụng kỹ thuật Power Point, trong đó các lớp gồm sáu ngàn loại ARN thông tin lên lên xuống xuống (hoặc không) khắp toàn bộ chu trình tế bào của men. Buổi thuyết trình kéo dài lê thê khiến mọi người ngáp ngáp dài, mặc dù đúng là nó hé mở cho người ta thấy bộ máy điều chỉnh cơ bản của tế bào; ngoài ra cũng không ai hiểu được tại sao các phép đo kiểu ấy lại đưa ra những giá trị như thế, không ai hiểu nổi đâu là những mối liên hệ thô giữa một tín hiệu với tín hiệu được ám chỉ tiếp theo, và liệu rằng trong những phép đo ấy có một thông tin nào có ích hay không.¹ Không hiểu làm sao, tôi thấy mình bỗng như đang ngồi trong cuộc hội thảo mà tôi tham dự từ những năm 1970 về các tâm màu trong dioxit silic, ngắm nhìn những đặc tính hấp thụ quang học lên lên xuống xuống (hoặc không) để phản ứng lại với nhiều loại tác động mạnh lên mẫu thử. Chủ đề đó có khác và kỹ thuật thí nghiệm thì chưa tinh vi bằng, nhưng logic thì chỉ là một. Vấn đề đặt ra hồi đó không phải là cơ chế hoạt động của sự sống, mà là những khuyết tật về mặt hóa học và về mặt cấu trúc trong chất oxit, vốn rất bất lợi đối với các vi mạch silic. May mắn là những khuyết tật ấy lại rất dễ được nhận biết, vì chúng là những bộ hấp thụ ánh sáng rất nhạy, nhất là trong những vật liệu không trong suốt, đó là lý do vì sao mà đất đá thường có màu, chứ không

1. Về chủ đề này, xin xem M. Schena, *Microarray Analysis* (Nxb Wiley-Liss, New York, 2002).

sáng. Chúng cũng là nguồn gốc sinh ra những tín hiệu cộng hưởng spin - khả năng hấp thụ năng lượng ở một vài bước sóng vô tuyến lớn của vật liệu khi được đặt trong từ trường. Mục đích của nghiên cứu này là tìm mối tương quan giữa những tính chất hấp thụ quang học với các tín hiệu cộng hưởng spin, và tìm xem những khuyết tật nào gây ra các tín hiệu đó. Nhưng vì có quá nhiều khuyết tật để có thể cô lập và nghiên cứu chúng riêng rẽ, nên chiến lược được dùng là “làm nhiễu động” mẫu - ví dụ như nung chúng nhiều ngày trong lò nung hoặc đặt chúng qua đêm trong lò phản ứng hạt nhân - rồi chờ xem điều gì sẽ xảy ra. Thí nghiệm tương tự trong sinh học thường là làm nhiễm độc men hoặc bỏ đói cho đến khi men gần chết. Hy vọng ở đây là một hoặc hai tín hiệu quang học sẽ lớn dần lên cùng lúc với những tín hiệu spin tương ứng, cho phép người ta gán cho chúng cùng một khuyết tật giống nhau. Kết quả tất nhiên sẽ là cả một sự huyền ảo ghê gớm. Mọi thứ đều bị thay đổi và đều liên quan đến mọi thứ khác. Nó giống như việc “làm rối loạn” các tầng bán hàng của siêu thị Bloomingdale bằng cách tuyên bố đại hạ giá 90% các mặt hàng. Ở đây sẽ xuất hiện hàng loạt các hiệu ứng khủng khiếp, và do đó các nhà lý thuyết tất nhiên phải cuống cuống đưa ra đủ kiểu giải thích nhất quán với các thực kiện, nhưng lý thuyết này khác với lý thuyết kia như mặt trăng với mặt trời. Giờ đây thì người ta biết rằng sự đa dạng về quan kiến này đơn giản chỉ là triệu chứng của một thí nghiệm được thiết kế tồi - khiến người ta không thể nào trả lời được câu hỏi.

Những thí nghiệm tồi thật không may lại mang tính cố hữu đối với khoa học trình độ cao. Lý do cơ bản ở đây là, việc tìm hiểu thật chi tiết cách vận động của một đối tượng phức tạp là một việc làm rất khó khăn và tốn nhiều thời gian cũng như công sức, và tất nhiên là cả tiền bạc nữa. Những việc liên quan đến kinh tế là vậy, dường

như nếu khôn ra là phải đẩy việc không béo bỏ cho người khác và hoạch định cho mình một chương trình xoay quanh những thí nghiệm rẻ tiền hơn mà lại có khả năng được trả công hậu hơn. Lãng quên những nguyên tắc kinh tế cơ bản này có thể dẫn đến thảm bại, nhất là trong kinh doanh. Nếu hãng Boeing vô có lại quan tâm đến việc tại sao các phân tử khí thông qua hiệu ứng tập thể lại tạo ra các lực thủy động lực học thì đây rõ ràng là lúc phải rút ngay vốn đầu tư khỏi hãng này. Còn trong những trường hợp cùng cực, như việc sao chép gen, thì có khi chẳng có ai chịu dấn vào những công việc không béo bỏ, nên ngành nghiên cứu đành phải bỏ lại một lỗ hổng logic để sẽ lấp sau, mà cũng không biết đến bao giờ. Trong cái lối mà chúng ta làm khoa học hiện nay đã hình thành một số đứt đoạn giữa định luật vi mô và hành trạng tinh vi ở trình độ cao, nhất là trong những công trình nghiên cứu về sự sống.

Tác động của thí nghiệm tối quen thuộc nhất đối với tôi không xảy ra với sinh học, mà với vũ khí hạt nhân. Quay về thời kỳ còn làm việc ở phòng thí nghiệm Livermore I, hồi đó tôi thường tình cờ gặp những người làm việc trong một thời gian dài với các bộ quy tắc thiết kế hạt nhân và hay kể những câu chuyện rất vui về nhau. Những bộ quy tắc này có nhiều thứ mà tôi không được phép kể ra, nhưng chúng đại khái tương tự với hoạt động của một tế bào, ở chỗ chúng đều có thứ bậc: cái này phải xảy ra trước tiên, rồi cái này, rồi mới đến cái này, rồi hai cái kết hợp với nhau thật nhanh chóng để cho ra cái kia, đại loại như vậy. Những người làm việc ở đây đều là những người cực kỳ giỏi giang, nên câu chuyện luôn hấp dẫn và có sức nặng - và thường là rất hóm. Câu chuyện thường xoay quanh một vài sai sót nghiêm trọng trong lĩnh vực chuyên môn của một người nào đó, không chuyện của người nào giống chuyện người nào, và thường là những sai lầm không còn sửa vào đâu được nữa, xét

về mặt chức năng, vì những người thiết kế đã không hề tưởng rằng vấn đề lại quan trọng đến thế và vì vậy cũng không khuyến khích sự tu chỉnh cần thiết. Thêm vào đó, sai lầm không bao giờ chỉ là một tiểu tiết, mà là một sự vi phạm nguyên lý thứ hai của nhiệt động học, hoặc vi phạm quan niệm thuần khiết về năng lượng - là loại chuyện gây cười ngặt nghèo trong những phút giải lao uống nước và gọi cho người ta nhắc đến những chuyện cười về nhân vật Dilbert.

Tuy nhiên, sau khi nghe chán những câu chuyện trên, tôi mới bắt đầu nhận ra tình trạng điên khùng này không xuất phát từ sự yếu kém về trình độ của cá nhân, mà là một hiện tượng xã hội học cổ hữu trong bản thân ngành nghiên cứu. Cái quan trọng ở đây là các bộ quy tắc phải làm sao hướng được người ta đến với một kết quả có ý nghĩa, có lợi nhuận, chứ không cần những bộ quy tắc này phải thật logic. Chúng đã được làm khớp với hầu hết các kết quả của một số trắc nghiệm trong quá khứ, và vì vậy nếu bị chỉnh sửa thì chúng thường sẽ không thực hiện chức năng của mình một cách chính xác nữa (nói cách khác là không còn khớp với những trắc nghiệm ấy nữa). Những thí nghiệm nhằm soi xét bên trong của vũ khí hạt nhân để kiểm tra tính chính xác của những lý thuyết hàm chứa trong các bộ quy tắc chưa bao giờ được người ta tiến hành, và có lẽ sẽ không bao giờ được tiến hành. Vô cùng khó tiến hành những thí nghiệm kiểu ấy, vì một lẽ, nhiệt độ bên trong rất cao và không kịp thu được tín hiệu từ đó phát ra trước khi thiết bị đo bị tan chảy. Lý do thực sự tuy nhiên lại nằm ở chỗ các thí nghiệm phải được thực hiện đi thực hiện lại nhiều lần để có thể chú ý kỹ lưỡng vào các chi tiết, và do đó mà cũng tốn kém ghê gớm. May thay (hay rủi thay, còn tùy theo cách nhìn của bạn), do dồi dào về mặt năng lượng nên trong thiết kế hạt nhân biên độ sai số cho phép là rất rộng. Cũng như trong các lĩnh vực kỹ nghệ, “chân lý” được xác định bởi

nhu cầu kinh doanh chứ không phải bởi thực tiễn thí nghiệm, nhất là không hề bởi một nhóm các nhà hàn lâm. Một khi bom vẫn phát nổ được thì định luật thứ hai của nhiệt động lực học vẫn có ý nghĩa. E rằng sau khi chê người ta mới thấy là mình lỗ bịch.

Sự hữu dụng của thí nghiệm tối cũng đúng đối với bài toán khuyết tật trong dioxit silic. Nằm đằng sau chương trình nghị sự phức tạp mang tính hàn lâm nhằm phân loại tất cả các khuyết tật này là một câu hỏi đơn giản là làm thế nào để loại trừ được chúng trong quy trình sản xuất vật liệu bán dẫn - một câu hỏi mà phía các kỹ sư tự trả lời bằng việc dựa trên quan điểm duy nghiệm cũ kỹ nhưng tuyệt vời của Edison. Chỉ có các bộ nhớ cấp tốc là một ngoại lệ mà thôi, các oxit này vốn lưu trữ tín hiệu trong các khuyết tật, và do đó được dùng để tạo ra những khuyết tật cố ý; những khuyết tật cố tình như vậy và những kỹ thuật tạo ra chúng được coi là những bí mật thương mại.¹

Thí nghiệm ARN thông tin trong men tuy vậy lại là một kiểu thí nghiệm tối đặc biệt quan trọng, vì nó chứng tỏ một cách rõ ràng rằng các nhà di truyền học không biết mình đang làm gì. Những lời hò hét bực dọc và những phản ứng phẫn nộ đáp lại lời khẳng định trên sẽ chẳng ai thèm nghe: Khi nhìn thấy, tôi biết thế nào là một thí nghiệm khủng khiếp. Các triệu chứng đều giống nhau. Các phép đo không lặp lại được, người ta không phân tích được chúng một cách bình thường và cũng không định lượng chúng được. Nhìn từ góc độ này thì luận cứ cho rằng những cơ thể sống khác một cách căn bản với những thứ vô tri vô giác là một luận cứ sai lầm. Trong

1. Bộ nhớ flash đã trở nên hết sức thông dụng trong thời gian gần đây, dưới dạng một thiết bị hình que gắn sử dụng cổng USB. Xem P. Cappelletti et.al., *Flash Memories* (Nxb Kluwer, Amsterdam, 1999).

sinh học có nhiều thứ có thể được định lượng rất rõ ràng: mã gen ribosom, độ trung thực trong quá trình sao chép ADN, những cấu trúc tinh thể của protein, những hình dạng của các bộ phận virus tự tập hợp, thậm chí cả hành trạng phức tạp của những cơ thể bậc cao như chuột và người. Sự thật là chưa ai hiểu được cơ chế kiểm soát sự biến đổi từ các gen thành sự sống là thế nào, và một trong những lý do then chốt ở đây là việc để có được nhận thức về điều này là một việc đắt quá sức tưởng tượng của con người.

Các nhà công nghệ sinh học thường không biết rằng những gì họ đang làm chẳng có gì đáng ngạc nhiên mà cũng chẳng phải tình cờ. Cũng giống như vật lý bán dẫn thời đầu, sinh học hiện nay đã tiến hóa từ một khoa học thành một ngành kỹ nghệ mang lại lợi nhuận. Sự khác biệt này gây cho nhiều người ấn tượng coi đó chỉ là một sự đổi nhãn hiệu, nhưng thực ra đó là một sự chuyển dịch mang tính kiến tạo, vì khoa học và kỹ thuật khác nhau ở một điểm cốt lõi: trong khoa học, quyền lực nằm ở việc nói cho mọi người khác biết bạn đang biết gì; còn trong kỹ nghệ, quyền lực mà bạn có được là nhờ ngăn không cho mọi người khác biết bạn đang biết gì. Đối với ngành kỹ nghệ, việc thường xuyên lẫn lộn và không biết mô tê gì trở thành một quy tắc chứ không phải là một ngoại lệ, chỉ vì một lý do đơn giản là ai cũng từ chối không cho người khác biết thông tin để còn giữ bản quyền trí tuệ. Ở Thung lũng Silicon nơi tôi đang sống, dối trá và lừa phỉnh về kỹ thuật là phổ biến và được khuyến khích, và ai cũng hiểu rằng việc thừa nhận đã đầu tư sai vào các thí nghiệm, nhất là những thí nghiệm đắt tiền, đồng nghĩa với việc tự sát về mặt kinh tế. Giá trị có tính kỹ nghệ của công nghệ sinh học không phải nằm ở khả năng hiểu biết về sự sống, mà nằm ở việc bào chế thuốc men, việc phát minh ra những liệu pháp chữa trị, việc tạo ra các cơ thể hữu cơ nhân tạo cho ngành nông nghiệp.

Vì những mục đích đó, những lý thuyết chính xác về các quá trình điều tiết không có nhiều ý nghĩa quan trọng bằng những ý niệm đơn giản, thô sơ, có khả năng thúc đẩy hoạt động hóa học. Thế là người ta có thể sản xuất được các chất ức chế protease nhằm kiểm soát AIDS,¹ lừa các tế bào gốc phát triển để thay thế các bộ phận cơ thể,² và đưa vào lúa gạo một gen anpha-caroten³ mà không cần phải hiểu chút gì về cơ chế điều tiết của các tế bào. Người ta thậm chí còn có thể phát minh ra những phác đồ điều trị hiệu quả căn bệnh ung thư, bất chấp việc về cơ bản ung thư là sự rối loạn chức năng điều tiết tế bào, vì mục đích là tiêu diệt ung thư, chứ không phải hiểu nó. Nhưng đi kèm với những thành tựu kỹ thuật choáng ngợp này là một sự mơ hồ về mặt khoa học thể hiện ở chỗ trên thực tế những người điều hành khoa học không biết mình đang làm gì.

Tôi thấy thật hài hước một điều là, chính khả năng dễ sai lầm của khoa học, lý do đã thúc đẩy Mary Shelley viết cuốn *Frankenstein* - về khuynh hướng của con người trong việc tin rằng mình đã hiểu những điều thực ra mình không hiểu - lại trở thành xu thế chủ đạo và được chấp nhận vì những mục đích tài chính.⁴ Điều này làm ta

-
1. Có rất nhiều tư liệu về protease ngăn chặn. Xem R.C. Ogden và C.W. Flexner, eds., *Protease Inhibitor in AIDS Therapy* (Nxb Marcel Dekker, New York, 2001).
 2. Nghiên cứu tế bào gốc là một vấn đề gây nhiều tranh cãi và thu hút tin tức thời sự tại thời điểm hiện tại. Một khảo sát tổng thể trên quan điểm của National Institutes of Health có thể được xem tại trang web của họ: *Stem Cells: Scientific Progress and Future Directions*, <http://www.nih.gov/news/stemcell/scireport.htm>.
 3. Đó là loại gạo vàng nổi tiếng. Xem M.L. Guerinot, *Science* 287, 241 (2000); X.Ye et.al., *Science* 287, 241 (2000). Có sự phản đối chính trị cho sản phẩm nông nghiệp biến đổi gen này. Xem <http://www.biotech-info.net/golden.html>.
 4. M.W. Shelley, *Frankenstein, or the Modern Prometheus* (Nxb Palgrave Macmillan, New York, 2000). Người ta đã viết nhiều về cuốn tiểu thuyết lạ lùng này. Xem M. Spark, *Mary Shelley* (Nxb Meridian, New York, 1988); <http://www.kimwoodbridge.com/maryshel/essays.shtml>; <http://home-1.worldonline.nl/~hamberg>.

nhớ đến nhận xét của Oscar Wilde cho rằng nghèo đói là mẹ đẻ của tội lỗi. Ta chỉ cần thử hình dung xem nếu cuốn tiểu thuyết của bà Mary Shelley được viết ra trong những ngày tháng này thì câu chuyện sẽ đi đến đâu. Thay vì một thiên tài đầy mặc cảm ở Geneva, Victor Frankenstein có lẽ sẽ là một anh chàng kiếm lợi bằng thư rác của trường Cao đẳng Khoa học và Công nghệ Thomas Jefferson ở Alexandria, Virginia. Thay vì lặn lội tới tận Igalstad để học những kỹ thuật giải phẫu đầy sáng tạo của mình, Victor sẽ bay tới Boston để xin vào học trường Y khoa Havard - sau bốn năm im hơi lặng tiếng ở Princeton để nghiên cứu tennis và phụ nữ. Thay vì bí mật tạo ra một con quái vật, anh ta sẽ sử dụng các mối quan hệ chính trị của mình để nhận được một khoản tài trợ lớn của Học viện Y khoa Quốc gia, rồi mở một cửa hàng ở Bethesda và bắt đầu khuếch trương quảng bá. Thay vì nghiền rửa tạo vật của mình, anh sẽ tặng bốc nó lên tận mây xanh với những lời quảng cáo về bước đột phá kỹ thuật đầy sáng tạo của mình và thông báo mở một bệnh viện chuyên khoa kéo dài tuổi thọ. Trong khi đó thì con quái vật không còn muốn tác oai tác quái nữa vì chẳng phá phách được bao nhiêu và thay vào đó sẽ viết một cuốn tiểu thuyết ăn khách rẻ tiền, được giới thiệu trên chương trình truyền hình của Oprah, rồi sau đó ứng cử chức thống đốc bang California. Bản thân Victor sẽ không tìm đến với cái chết trên những tảng băng trôi ở Bắc Cực, mà sẽ kiếm đường nghỉ hưu thoải mái về cả mặt tinh thần lẫn vật chất ở Palm Springs ngay sau khi các luật sư của anh loại bỏ được những nhà cải cách nhiều nhượng của Ủy ban Chứng khoán và Hối đoái.

Cái mốt tỏ ra khoan dung đối với sự không hiểu biết các vấn đề khoa học quan trọng được khuyến khích không chỉ bởi kinh tế mà còn cả bởi chính trị nữa. Sự khan hiếm tri thức được coi là một điều lành đối với một số nhóm người, vì nó ngăn không cho những

nhà khoa học ranh mãnh làm những việc gây tác hại như kiểu tạo ra những đứa trẻ ba đầu sáu tay hay phát triển những căn bệnh có khả năng xóa sổ tất cả chúng ta chỉ trong vài tuần lễ. Liệu điều đó có khả năng xảy ra hay không tất nhiên vẫn còn là vấn đề đang tranh cãi. Những phòng thí nghiệm trên thế giới ngày nay thường xuyên cho sinh sản vô tính khỉ và gia súc, và biết đâu còn bí mật cho sinh ra cả con người. Vì mục đích quân sự, các chính phủ luôn cho tạo ra những cơ thể sống nguy hiểm. Trường hợp Ron Jackson và Ian Ramshaw năm 2001 tình cờ tạo ra biến thể chuột mang mầm bệnh đậu mùa đã minh họa cho việc nói trên.¹ Mỗi nguy hiểm tiềm tàng của sự hiểu biết về sự sống một cách cặn kẽ được viện dẫn ngày càng nhiều nhằm biện hộ cho việc phải ban bố những điều luật mới nhằm kiểm soát một cách chặt chẽ việc phổ biến thông tin sinh học.

Quan sát các kiểm duyệt viên bảo mật nhan nhản trong các ngành khoa học về sự sống cũng là một trải nghiệm về ký ức chột hiện, khiến ta chột nhớ lại thời kỳ khi hồ sơ công khai về vật lý hạt nhân bị thu hồi toàn bộ. Đạo luật về Năng lượng Nguyên tử năm 1954 tuyên bố rằng “sự phát triển, sử dụng và kiểm soát năng lượng nguyên tử phải được quản lý sao cho nó phải nhằm vào việc thúc đẩy nền hòa bình thế giới, cải thiện phúc lợi chung, nâng cao mức sống, và tăng cường sự cạnh tranh tự do của bộ phận kinh tế tư nhân”. Điều đó có nghĩa là từ nay trở đi, việc tiết lộ một số sự thật

-
1. R.J. Jackson et al. *J. Virol.* 75, 1205 (2001). Việc tình cờ tạo ra một biến thể virus chết người của bệnh đậu mùa trên chuột bằng phương pháp tổng hợp đã gây ra cuộc tranh cãi nảy lửa trong dư luận về sự nguy hiểm của kỹ thuật sinh học, và sự cần có các quy định chặt chẽ về việc phân loại. Xem J. Cohen, “Designer Bugs”, *Atlantic*, tháng 7-8 2002, trang 113. Câu chuyện về bệnh đậu mùa của chuột trở nên đáng kinh khiếp khi một nhóm nghiên cứu do Giáo sư Mark Buller đứng đầu, tại trường Đại học St. Louis University tái thực hiện thí nghiệm này. Xem W.J. Broad, “Bioterror Researchers Build a More Lethal Mousepox”, *New York Times*, 1 tháng 11/2003.

về giới tự nhiên cho công chúng biết hay thậm chí việc nhắc nhở đến những sự thật mà bạn không có quyền tiết lộ đều bị coi là một trọng tội. Cả một mảng tri thức lớn đã bị xóa sạch. Tuy nhiên, chiến dịch tiêu hủy tri thức này hiện nay còn được tiến hành triệt để hơn cả chiến dịch xảy ra năm mươi năm về trước, vì không còn có thể thông qua sản xuất để kiểm soát các loại vũ khí sinh học, tức công nghệ hạt nhân của thời đại chúng ta được nữa. Không như nhiên liệu phân hạch vốn rất đắt và khó thu được, người ta có thể làm biến đổi gen với giá chỉ vài đô la. Tạo cảm giác an ninh bằng trò đốt hết sách vở tuy nhiên cũng chỉ là ảo tưởng. Chính Edward Teller chứ không ai khác đã lập luận rằng bảo mật hạt nhân không hề có công hiệu, vì về lâu dài nó chỉ ngăn không cho thông tin đến với những người có thể sử dụng chúng vào mục đích hòa bình, nhưng không thể giữ cho nó không lọt vào tay những kẻ xấu quyết định dùng gián điệp để có được.¹ Luận cứ này nhất quán với những gì tôi đã biết được như một giai thoại ở Livermore sau đó nhiều năm về những chương trình vũ khí hạt nhân của các quốc gia khác - bao gồm cả những quốc gia chưa có vũ khí hạt nhân. Ví dụ như anh bạn đồng nghiệp Jay Davis của tôi, một trong các thanh tra viên vũ khí hạt nhân ở Iraq, đã báo cáo là việc tiếp cận được những bí mật về hạt nhân “không phải là một giải pháp”.

Bên cạnh những dồn ép về kinh tế đối với kỹ nghệ và mối hiểm họa vốn có của tri thức còn là một câu hỏi hết sức hấp dẫn về nguyên nhân. Sự vắng bóng của một kế hoạch có tính liên kết toàn cầu để ngăn chặn sự hiểu biết về điều hòa gen - mà riêng tôi cũng chưa thấy một bằng chứng nào - khiến người ta phải hỏi tại sao lại khó hiểu

1. Xem E. Teller và J. Shoolery, *Memoirs: A Twentieth-Century Journal of Science and Politics* (Nxb Perseus Press, Cambridge, Massachusetts, 2002).

như vậy. Sự biến đổi gen thành protein có hai bước, sao chép ADN vào ARN thông tin, và tiếp đó dịch ARN ra thành protein. Bước thứ hai hoàn toàn mang tính tất định và rất đơn giản, vì tóm gọn lại nó chỉ gồm một vài lệnh kiểm soát của ARN đối với ribosome, một cỗ máy nhỏ sản xuất protein. Rất nhiều thí nghiệm đã chứng minh rằng những ribosome này đọc các chỉ dẫn một cách không cần suy xét và làm theo mệnh lệnh. Nhưng tự nhiên đã tùy quyết đưa ra những chỉ thị sao chép một cách linh hoạt và khó lường hơn nhiều, khiến thậm chí các chuyên gia cũng không thống nhất được với nhau là nó định nói lên điều gì. Ta không biết tại sao tự nhiên lại làm như vậy, nhưng lý do hẳn phải thực sự quan trọng, vì chưa thấy có ngoại lệ trong bất kỳ một cơ thể sống nào. Quy mô của ngân sách dành cho thí nghiệm chip vi mảng trên toàn thế giới - khoảng một tỉ đô la một năm - cũng cho thấy người ta không có ý định lùi bước trước vấn đề này.¹

Phillip Anderson đã đưa ra một so sánh cay độc rất hay giữa những tình huống kiểu này với một vụ án mạng bí hiểm kể về một thám tử xui xẻo cứ lao đầu tìm kiếm trong khi hết người này đến người khác lần ra chết như rạ xung quanh y. Y cứ chúi mũi vào

-
1. Con số tỉ đô la mà tôi ước tính là từ báo cáo hàng năm của Affymetrix Corporation, nhà cung cấp chủ yếu toàn cầu DNA arrays, có thể xem trong <http://biz.yahoo.com/e/010515/affx.htm>. Công bố lợi nhuận của họ là khoảng 200 triệu đô la một năm. Tôi giả định rằng con số này cũng là giá trị mua bán chip, vì array là mặt hàng có giá trị lớn nhất của họ, và chắc chắn mang lại lợi nhuận cao. Giá trị thị trường của nó thay đổi, nhưng được biết là ở khoảng 1.000 đô la. (Xem <http://www.research.bidmc.harvard.edu/corelabs/genomic/default.asp>). Điều đó có nghĩa là với số lượng mua bán cỡ 200.000 chip một năm, và khoảng 200.000 thí nghiệm được thực hiện. Tính chi phí nhân công, chi phí phòng thí nghiệm, và các khoản tổng chi phí, tôi ước tính mỗi thí nghiệm tốn khoảng 50.000 đô la. Để kiểm nghiệm một cách độc lập, tôi ghi nhận rằng ngân sách của NIH cho năm tài chính 2001 là 19 tỉ đô la, 81% trong số đó là dành cho các nghiên cứu bên ngoài trường đại học. Điều đó cho thấy khối lượng công việc liên quan đến array là khoảng 7% tổng chi phí bên ngoài trường đại học, tức là một ước tính khá dẽ.

những chi tiết vụn vặt nên không thấy được đâu là đầu mối chính yếu, là việc xác chết cứ dần chất đống ở giữa phòng, mặc dù liên tục vấp chân phải chúng. Manh mối trong vụ này - con chó của Sherlock Holmes là con chó không sủa đêm - chính là bản thân tính khó uốn nắn.¹ Một lời cắt nghĩa rõ ràng cho tính khó uốn nắn này và đặc biệt là cho tính phổ quát của nó, đó là, sự điều hòa sinh học - mà quá trình sao chép là ví dụ - đã khai thác nguyên lý vật lý về tính bất ổn định tập thể, và do vậy nó *vốn phải là* lãnh địa của những Hệ luận hắc diện. Đây không phải ý kiến mới mẻ của riêng tôi: nó đã được ngụ ý trong một số sách xuất bản gần đây nói về tính tới hạn của quá trình tự tổ chức trong sinh học, nhất là trong các tác phẩm của Stuart Kauffman. Tuy nhiên, phiên bản của tôi có khác đi một chút ở chỗ nó coi bản thân sự lẫn lộn về mặt thí nghiệm là hiệu ứng then chốt, và ngụ ý rằng hình như không thể đưa ra một cách hiểu vi mô mang tính thuần túy diễn dịch về điều hòa gen, ít nhất là với những chiến lược thực nghiệm hiện nay. Tính bất ổn định tập thể có nhiều khả năng sẽ tạo ra một Rào Cản Quan Yếu đủ sức phá hủy năng lực dự đoán và phá hủy khả năng có thể bị phủ bác của các lý thuyết, đồng thời, thông qua hiệu ứng con Gà Tây Đánh Lạc Hướng, nó cũng sẽ lừa cho là mọi người tưởng rằng mình đã tìm ra những lời giải thích cho mọi việc khi mà thực ra thì không phải. Nói cách khác, không thể hiểu được cơ cấu của sự sống thông qua chính những nguyên lý vật lý cơ bản chi phối hoạt động của nó. Trong trường hợp này thì bản thân tự nhiên là người kiểm duyệt chứ không phải là những nhà lập pháp hay những nhân viên hành chính quan liêu.

1. Con chó không sủa nổi tiếng này xuất hiện trong câu chuyện "Silver Blaze" của Arthur Conan Doyle. Xem A.C. Doyle, *Complete Sherlock Holmes* (Doubleday, New York, 2002).

Sự phù hợp giữa tính bất ổn định tập thể với quá trình kiểm soát điều hòa là một cái gì đó phản trực giác, nên hãy cho phép tôi giải thích kỹ hơn một chút. Ví dụ như trường hợp một máy bay không người lái.¹ Mặc dù phần lớn máy bay được thiết kế để có thể bay một cách ổn định, nhưng chúng không thể tránh khỏi bị những cơn gió giật nhỏ làm chệch hướng. Phi công tự động là một người máy sử dụng tín hiệu phản hồi để điều chỉnh những sai lệch đó. Những con quay hồi chuyển của máy bay có nhiệm vụ phát hiện sự lệch hướng của máy bay và đáp lại bằng những tín hiệu điện nhỏ. Thông qua các bộ khuếch đại, những tín hiệu nhỏ này chuyển thành những tín hiệu mạnh, kích khởi hệ thống kiểm tra và chỉnh lại hướng. Bộ khuếch đại là một bộ phận thiết yếu, vì những lực tí hon được các bộ cảm biến chuyển động ghi nhận không đủ mạnh chút nào để kích hoạt hệ thống kiểm tra để đưa máy bay vào đúng luồng.² Nhưng bộ khuếch đại này là một thứ không ổn định. Việc biến một tín hiệu nhỏ thành một tín hiệu lớn cũng không khác gì phản ứng một cách hung hăng với một kích thích cón con. Thường thì nhà thiết kế có nhiệm vụ phải khống chế sự thất thường của bộ khuếch đại để đảm bảo cho phi công tự động hoạt động chính xác, nhưng chỉ cần vài sợi dây điện đặt sai vị trí hay một mối nối nào đó lỏng thối là đủ làm cho nó rung lên ngoài tầm kiểm soát hay bẻ quặt bánh lái sang một bên, làm vỡ tan máy bay. Những hiệu ứng này giống một cách nhìn cơ giới đối với bệnh ung thư, một căn bệnh trong đó một vài sai sót gen rất nhỏ trong một tế bào được khuếch đại thông qua cơ cấu điều hòa của cơ thể bạn và giết chết bạn. Những bộ khuếch đại

-
1. *Phi công tự động là một ví dụ cụ thể về điều khiển dựa trên phản hồi. Xem S. Skoestad, Multivariate Feedback Control (Nxb Wiley, New York, 2005).*
 2. *Một cách giải thích về bộ khuếch đại, xem S. Franco, Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits (Nxb McGraw Hill, New York, 1997).*

trên máy bay không người lái được làm từ tranzito, các cuộn cảm, các van thủy lực, v.v..., nhưng đó chỉ vì những bộ phận này rẻ tiền và dễ sử dụng mà thôi, chứ vẫn có thể sử dụng bất kỳ một hệ thống vật lý bất ổn định nào khác thay cho chúng. Cụ thể, người ta có thể hình dung ra việc sử dụng sự cạnh tranh gay gắt giữa hai hay nhiều trạng thái tổ chức khác nhau, chẳng hạn như hai loại trật tự tinh thể khác nhau, hai loại từ trường khác nhau, hoặc hai loại tổ chức phản ứng hóa học khác nhau, để tạo ra độ nhạy cần thiết đặc trưng cho các bộ khuếch đại. Nói theo cách khác thì tính bất ổn định tập thể chính là bộ khuếch đại của tự nhiên. Nhìn từ góc độ chức năng thì không hề có một sự khác biệt nào giữa tính bất ổn định tập thể diễn ra trong tự nhiên và hành trạng của một con chip khuếch đại loại rẻ tiền mà bạn mua được trong các cửa hàng bán đồ điện tử.

Tính bất ổn định liên quan đến khuếch đại là một tác nhân nguy hiểm và hữu hiệu trong việc gieo rắc nhầm lẫn trong khoa học, vì khi các thí nghiệm bắt đầu trở nên thô mộc thì nó thường biến mất dạng cứ như có một phép lạ. Khi phi công người máy đang hoạt động để rồi dẫn đến trục trặc giữa đường thì trong hành trạng của máy bay không hề thấy có dấu vết gì của tính bất ổn định liên quan đến khuếch đại nằm đâu cả. Chỉ khi cố mở xẻ máy móc ra để xem nó hoạt động ra sao thì người ta mới thấy lộ ra cái bộ khuếch đại. Về mặt này, nó khá giống với bài toán vật lý về chất siêu dẫn ở nhiệt độ cao mà tôi yêu thích. Cũng giống như máy bay, hành trạng của chất siêu dẫn là cái gì đó hoàn toàn dễ hiểu, cho tới khi người ta mở xẻ nó ra để rồi phát hiện thấy một cái hộp Pandora chứa đầy những thứ mơ hồ và phức hợp, mà ít nhất thì nguyên nhân sinh ra một số trong những thứ đó chính là sự cận kề với quá trình chuyển pha và những Hệ luận hắc diện cùng đồng thời xảy ra với quá trình ấy.

Người ta vẫn không biết liệu những hệ luận này có tác động gì trong các vật thể sống hay không, nhưng chỉ nguyên việc nghĩ rằng chúng có tác động cũng đã gây nhiều rắc rối cho môn sinh học thực nghiệm. Nó đặt gánh nặng chứng minh lên vai nhà khoa học, buộc nhà khoa học phải chỉ ra được rằng thí nghiệm của anh ta hay của chị ta là có nghĩa - điều kiện này không mấy khi xảy ra, và thậm chí còn hơi bị coi là làm giảm uy tín - vì việc đo đạc trước rồi mới đặt câu hỏi sau có cơ tạo ra một khối lượng thông tin không phải hoàn toàn không đúng chút nào. Nó đặt thành vấn đề nghi ngờ cách người ta vẫn thường làm là không chịu lặp lại và không chịu kiểm tra các thí nghiệm, vì không thể coi biến thiên là điều gì tự nhiên được, mà phải coi nó là một triệu chứng của tính bất ổn định. Nó làm giảm giá trị của cái chân lý đã được xác định thông qua việc đồng lòng nhất trí để cao vị thế của chính trị và làm nảy sinh nguy cơ biến sự đồng lòng nhất trí đơn giản trở thành sự dối trá được tôn vinh và được hợp pháp hóa. Nó biến quyền giữ bí mật thành một cơ hội vàng cho sự gian dối.

Điều quan trọng hơn cả tuy nhiên lại là: sự hiện diện của những hệ luận như vậy đã khiến nảy sinh mối lo ngại cho rằng phần lớn tri thức sinh học ngày nay đều mang tính duy ý niệm. Một triệu chứng cơ bản của lối tư duy duy ý niệm là cách kiến giải không đưa lại cái gì và không thể kiểm tra được. Tôi gọi những ngô cụt logic kiểu ấy là các phản lý thuyết vì chúng có tác dụng ngược hoàn toàn với các lý thuyết thực sự: chúng làm đình trệ thay vì kích thích tư duy. Chẳng hạn, thuyết tiến hóa thông qua chọn lọc tự nhiên mà ban đầu Charles Darwin đề cao nó như một lý thuyết lớn, gần đây càng ngày càng tỏ ra là một phản lý thuyết, được viện đến để che đậy những sai sót gây lúng túng trong thực nghiệm và để hợp thức

hóa những phát kiến có thể không đến nỗi hoàn toàn sai nhưng lại rất đáng nghi ngờ. Vì sao protein của bạn lại không tuân theo những định luật về tác động toàn khối? Thuyết tiến hóa đã bảo thế mà! Cả lò cả lốc các phản ứng hóa học phức tạp bạn thực hiện sẽ biến thành con gà chẳng? Theo thuyết tiến hóa mà ily! Bộ óc con người hoạt động tuân theo những nguyên lý logic không máy tính nào bắt chước được ư? Đó là do thuyết tiến hóa bảo vậy! Đôi khi người ta nghe thấy ai đó lý luận rằng vấn đề còn rắc rối lắm, vì sinh hóa là một ngành nghiên cứu dựa trên cơ sở các thực kiện nên các lý thuyết không giúp ích gì được cho nó, mà cũng không cần thiết. Đây là một luận cứ sai lầm, vì để xây dựng các thí nghiệm thì bao giờ cũng phải cần đến các lý thuyết. Trong sinh học thật ra có khối các lý thuyết. Chỉ có điều là chúng không được mang ra thảo luận - hoặc phân tích kỹ lưỡng - trong bàn dân thiên hạ mà thôi. Sự thoái thác bề ngoài đáng quý đối với định kiến lý thuyết thực ra chỉ là một thứ phản lý thuyết được che đậy một cách thông minh mà thôi, chứ công dụng thật của nó là nhằm né tránh sự đòi hỏi phải dùng đến tính nhất quán logic như một phương tiện loại bỏ sai lầm. Ngày nay ta thường tự hỏi một câu không nên đặt ra rằng tiến hóa là một kỹ sư hay một ảo thuật gia - một nhà khám phá và chinh phục những nguyên lý tiên thiên của vật chất hay là người tạo ra những phép màu. Người thứ nhất là một lý thuyết, người thứ hai là một phản lý thuyết, thế thôi.

Vì tính bất ổn định tập thể là đột sinh nên câu hỏi liệu ở thang nào thì những nguyên lý tập thể về tổ chức bắt đầu trở nên có ý nghĩa đối với sự sống là một câu hỏi hợp lý. Câu hỏi này hóa ra lại không thể trả lời được một cách quả quyết, vì sự đột sinh ở những thang trung gian vốn là một hành trạng không rõ ràng. Sự đột sinh mang tính vĩ mô được xác định là một cái gì đó phổ quát, giống

như tính rắn, càng ngày càng trở nên chính xác ở giới hạn của kích thước mẫu đo đủ lớn. Không có gì ngăn cản những hiện tượng mang tính tổ chức phát triển ở những thang nhỏ, nhưng một cách khái quát thì rất khó để *chứng minh* được sự tồn tại của chúng vì chúng chưa đủ độ chính xác.

Có bằng chứng gián tiếp đáng kể cho thấy sự đột sinh ổn định và không ổn định xuất hiện ngay bắt đầu từ thang của những protein cá lẻ. Nhiều sách chuyên ngành đã viết về đề tài này, và tôi phải giới thiệu một trong các cuốn sách này cho những độc giả có quan tâm để nắm hiểu vấn đề rõ hơn.¹ Sự việc đơn giản là: chẳng hạn vì các protein có kích thước lớn nên khiến ta nghĩ rằng để hành xử một cách có hiệu quả thì chúng phải bộc lộ điều gì đó tương tự với tính rắn cơ học, một đặc tính đột sinh chỉ xuất hiện trong những hệ thống có kích thước lớn. Một ví dụ cụ thể minh họa cho việc áp dụng thành công những ý niệm về tính rắn đối với hành trạng của protein là hoạt động của enzyme có khả năng tổng hợp adenosine triphosphate (ATP synthase), một động cơ điện nhỏ, với roto và stato nằm sẵn trong thành của một ti thể.² Độ lớn cũng được bao

-
1. Xem A. Fersht, *Structure and Mechanism in Protein Science: A Guide to Enzyme Catalysis and Protein Folding* (Nxb W.H. Freeman, New York, 1999), và A.M. Lesk, *Introduction to Protein Architecture: The Structural Biology of Proteins* (Nxb Oxford U. Press, London, 2001).
 2. Ý tưởng nguyên khởi của động cơ này được Paul Boyer công bố năm 1964. Một trong các bộ phận của nó sau đó được tinh thể hóa bởi John Walker. Hai ông đồng nhận giải Nobel cho hóa học năm 1997 vì tìm ra phương thức hoạt động của enzyme này. Xem P.D. Boyer, *Angew. Chem. Int. Ed.* 37, 2296 (1998); J.E. Walker, *ibid.*, 2308. Một thí nghiệm mẫu chốt xác định bản chất cơ học của nó được Masasuke Yoshida thực hiện, người gắn một bộ lọc vào động cơ quay, và quan sát nó quay dưới một ống kính hiển vi. Xem H. Noji, R. Yasuda, M. Yoshida, và K. Kinosita, Jr., *Nature*, 386, 299 (1997); và <http://www.res.titech.ac.jp>. Xem thêm H. Wang và G. Oster, *Nature*, 396, 279 (1998); và H. Seelert et.al., *ibid*, 405, 418 (2000).

hàm trong tính tích hợp của quá trình sao chép và tái tạo ADN, vốn không hiểu vì sao lại không tuân theo yêu cầu thông thường của quá trình phân nhánh mang tính thống kê trong các phản ứng hóa học. Ý niệm về sự khuếch đại không ổn định cũng được ngụ ý trong việc chuyển đổi ATP thành năng lượng cơ học của những kết nối trong các protein vận động, chẳng hạn như là phức hợp actin-myosin của cơ bắp hay như protein kinesin,¹ cũng như những kết nối trong hoạt động của các protein kênh ion và các bộ tiếp nhận trên bề mặt tế bào.²

Chẳng may là bằng chứng này cách gì cũng không đủ làm sáng tỏ cuộc tranh cãi, do vậy người ta vẫn thấy có những động thái kỳ lạ thường xảy ra trong các cuộc họp bàn về hệ gen học (genomics) hay protein học (proteomics), mà ở đó diễn giả nhẹ nhàng xoay từ những ý niệm quy giản luận sang thành những ý niệm tập thể một cách tự nhiên như khi người ta đảo các con bài để đầu trí trong trò xì tố. Do đó mà người trình bày báo cáo bằng văn bản thường viết ra một chương trình máy tính dựa vào những định luật mang tính hư cấu về chuyển động của nguyên tử, và sau đó sử dụng chính chương trình này để tiên đoán những hình dạng của các protein xuất phát từ các chuỗi ADN cơ sở. Việc chiến thuật này vẫn (thỉnh thoảng) được sử dụng cho thấy cấu trúc cuộn lại cụ thể của protein không phụ thuộc một cách nhạy cảm vào những chi tiết của các lực

-
1. Có nhiều tư liệu về động cơ protein. Để bắt đầu tôi xin giới thiệu trang web tuyệt vời của Eckhard Jankowsky <http://www.helicase.net/dexhd/motor.htm>. Những nghiên cứu tiên phong về actin-myosin được Jim Spudich thực hiện và được J.A. Spudich giới thiệu, *Nature* 372, 515 (1994). Tư liệu về kinesin xin xem trang <http://www.imb-jena.de/~kboehm/Kinesin.html>. Xem thêm K. Kawaguchi và S. Ishiwata, *Science* 291, 667 (2001) và nguồn dẫn trong bài.
 2. Xem H. Salzman, Y. Soen, và E. Braun, *Phys. Rev. Lett* 77, 4458 (1996), và nguồn dẫn trong bài.

tương tác giữa các nguyên tử với nhau, vì nếu phụ thuộc như vậy thì người ta hẳn sẽ phải bổ sung một lời giải *chính xác* cho những phương trình chuyển động *chính xác*. Tuy nhiên, nếu ta hỏi chính những người đó, hay các nhà tài trợ của họ, xem liệu họ có tin rằng có những nguyên lý phổ quát để có thể đề cập một cách hợp lý đến sự tồn tại của các “hemoglobin” hay các “ribosome” hay không, thì phần lớn trong số họ sẽ lắc đầu.



Cả lô cả lốc các phản ứng hóa học phức tạp bạn thực hiện sẽ biến thành con gà.

Một khi mà hành trạng tập thể xuất hiện ở thang protein thì việc quan trọng hơn cả là phải tìm cách làm tăng thêm trọng lượng của luận cứ cho rằng những nguyên lý tập thể có tác động ở những nơi thực sự cần đến một luận cứ như vậy - ở cấp độ các hệ thống và các quá trình xảy ra trên quy mô lớn, như quá trình trao đổi chất, quá trình biểu thị gen, quá trình chuyển tín hiệu tế bào, là những thứ rất khó để đo trực tiếp. Đến lượt mình, điều này lại khiến ta lại phải nghiêm túc tính đến các Hệ luận hắc diện, và nhất là phải đối mặt với khả năng là ta sẽ không thể nào tìm ra được những nguyên lý của sự sống bằng vào những thí nghiệm tối, bất kể người ta ném vào đó bao nhiêu tiền của hay bất kể bao nhiêu dữ liệu có thể thu được từ những thí nghiệm đó.

Không may là chúng ta đang phải sống trong một thế giới mà các vấn đề lớn luôn được giải quyết không đúng hướng. Năm 1972, vào thời kỳ Tổng thống Nixon, khi còn đang ở Berkeley thì tôi bị gọi quân dịch, điều này làm câu chuyện trở nên hấp dẫn hơn nữa. Sau khóa huấn luyện cơ bản ở Fort Ord, tôi được lệnh vào trường tên lửa ở Oklahoma, một tin đáng vui, vì lúc này số người thiệt mạng trong cuộc chiến Việt Nam ngày càng nhiều. Vào năm đó, mọi việc dường như tệ đi một cách kinh khủng, và chuyến đi về phía đông của tôi cũng không phải ngoại lệ. Cha tôi lái xe đưa tôi đến Los Angeles, trên suốt chặng đường không ngớt bảo rằng mọi việc rồi sẽ kết thúc nhanh chóng thôi và tuân thủ luật pháp là điều tốt, càng nói càng làm tôi thêm nẫu ruột, rồi sau đó tiễn tôi lên một chiếc máy bay lớn đi Dallas. Tôi tới nơi khi trời còn tờ mờ, xung quanh vắng teo. Sau khi mò mẫm khắp khu sân bay hãy còn tối mò để kiếm một tách cà phê, tôi cũng kiếm được một tách trong một quán nhỏ. Quán vắng tanh ngoại trừ hai nữ hạ sĩ quan đốt thuốc liên tục, lè nhè về việc rèn tân binh vào khuôn phép. Đó là một điểm báo. Trời vừa sáng thì tôi lên một chiếc máy bay cánh quạt cỡ nhỏ, cùng với ba sinh viên khác cũng được gửi đến trường tên lửa, bay một chặng ngắn đến Lawton. Tiếp đón chúng tôi là một người nom vẻ thân thiện, giọng rất nặng - chắc là từ Texas đến, vì người Oklahoma không có giọng kiểu ấy - và dẫn chúng tôi ra một chiếc limosine cổ lỗ, dài thòng, mỗi bên những bốn cửa và một chiếc xe tải thùng. Chắc còn nhiều người nữa. Anh này cam đoan với chúng tôi là “sẽ đưa các anh tới nơi tới chốn”, làm như nếu có dịp là chúng tôi sẽ biến mất vào khoảng không tranh tối tranh sáng. Hóa ra suýt nữa thì như vậy thật. Trên đường qua thị trấn, giữa dãy hàng quán lòe loẹt thường bao quanh các doanh trại quân đội, một ống nước dưới nắp ca-pô bị vỡ, phun đầy nước lên kính chắn gió. Anh lái xe

nghĩ rất nhanh rồi đưa ra hướng giải quyết - tôi bảo đảm không hề bị tẩu như kiểu Dave Barry thể nào cũng làm - bằng cách nói lúng búng trong miệng “tôi sẽ đưa các anh tới nơi tới chốn”, rồi bật cần gạt nước! Chúng tôi tiếp tục phóng đi, khạc nước tung tóe vào không khí và ngắm nhìn đôi cần gạt chống trả một cách vô vọng với vòi nước cho tới khi nước trong két khô kiệt. Anh lái xe nhắc lại “Tôi sẽ đưa các anh tới nơi tới chốn”, và chiếc limosine bắt đầu rung lên bần bật như kiểu báo hiệu động cơ xe đang tan chảy. Dần dà, từ chỗ rung, cái xe bắt đầu chuyển sang chao đảo, rồi co giật, rẽ về phía doanh trại và tiến vào khu nhà ở, thở hắt ra một cái trước khi đỗ để rồi vĩnh viễn dừng lại ở đấy. “Tôi đã đưa các anh đến nơi”, anh tài nói.

Tất nhiên, câu trả lời tối nghĩa của giới khoa học đối với những nguyên lý đột sinh tồn tại tiềm tàng trong sự sống là một triệu chứng rõ ràng của cơn nghiện những niềm tin quy giản luận - được ngành công nghiệp được hoan hỷ chào đón, một ngành công nghiệp vốn đánh giá rất cao việc làm sao có được những chi tiết vụn vặt liên quan đến công việc làm ăn được chi trả từ túi tiền của người đóng thuế. Việc chối bỏ tính đột sinh được biện minh là để bảo vệ khoa học khỏi rơi vào chủ nghĩa thần bí. Nhìn bề ngoài thì quan điểm khoa học là thú quan điểm cho rằng sự sống chính là những phản ứng hóa học, rằng công việc táo bạo cần làm bằng được là xác định và vận dụng chúng với một lượng lớn tiền bạc và các loại siêu máy tính. Theo cách nhìn đó thì quan điểm thần bí là thú quan điểm cho rằng cuộc sống là một cái gì đó tuyệt vời, không thể hiểu hết được, và chỉ con người với tất cả tiền của và các loại siêu máy tính của họ mới có thể hủy hoại được. Giữa hai thái cực này là một ý niệm hết sức có ý nghĩa nhưng chưa thể được hiểu cận kề, đó là ý niệm cho rằng việc không hiểu được những vật thể sống hình như thực

ra cũng là một hiện tượng vật lý. Điều đó không làm cho cuộc sống kém đi chút nào sự kỳ diệu của nó, mà chỉ đơn giản là xác định sự khó khăn trong việc hiểu được sự sống một cách trọn vẹn thông qua các định luật quy giản luận. Không đủ khả năng nắm hiểu là chuyện thường thấy trong thế giới vô tri vô giác, và thật ra điều đó không có gì bí hiểm. Những hệ thống khác, nguyên khai hơn, có bộc lộ khả năng khó nhận biết là những hệ thống cho tới giờ vẫn lẩn tránh được giải pháp máy tính, và có nhiều người trong chúng ta hoàn toàn tin rằng lúc nào chúng cũng sẽ lẩn tránh được. Liệu những hiệu ứng tương tự như vậy có xuất hiện trong sinh học hay không là điều còn phải chờ xem. Tuy nhiên, có điều chắc chắn đúng, đó là, việc coi thường các khả năng một cách ngạo mạn sẽ dẫn đến tình trạng không ngừng sa lầy vô cùng tốn kém và không thể hình dung nổi vào những thí nghiệm tồi.

Tất nhiên còn có câu hỏi nữa là, liệu người ta có *buộc phải* nắm hiểu những nguyên lý của sự sống hay không, hay chỉ cần phác ra những định luật theo đó không ai hiểu được chúng? Thay vì đưa ra một nhận định riêng về vấn đề nhạy cảm này, tôi muốn làm theo cách của một trong những cuốn sách tôi yêu thích, cuốn tiểu sử John Wesley Powell của tác giả Wallace Stegner, người cựu chiến binh cụt tay từ thời Nội Chiến, người chèo thuyền dọc theo sông Colorado với một nhóm cộng sự nhỏ, và đã vẽ nên bản đồ vùng Grand Canyon.¹ Mặc dù Powell có được vị trí của mình trong sách giáo khoa trung học về lịch sử là nhờ vào chuyến đi trên sông đó, nhưng thành tựu lớn lao nhất của ông lại là việc phát minh ngành khoa học nghiên cứu về hệ thống chính quyền. Powell rất quan tâm đến các vùng lãnh

1. W.E. Stegner, *Beyond the Hundredth Meridian: John Wesley Powell and the Second Opening of the West* (Nxb Penguin, New York, 1992).

thổ phía Tây, và hiểu rằng chính sách phân đất thích ứng với điều kiện khí hậu miền Đông sẽ không thể thực hiện được ở miền Tây, nơi hạn hán triền miên là đặc điểm của vùng miền. Ông nhận ra rằng quyền sở hữu về nước ở miền Tây còn quan trọng hơn quyền sở hữu về đất đai, rằng nông dân nếu không có những quyền đó thì sớm muộn gì cũng sẽ bị phá sản. Giải pháp của ông là khuyến khích Quốc hội lập ra một cơ quan gọi là Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ, mà ông là cục trưởng, để tiến hành khảo sát hệ thống tưới tiêu, với một trách nhiệm ngầm là sửa đổi chính sách phân đất ở các vùng miền Tây. Thời khắc quyết định diễn ra khi ông tìm cách trục xuất một số kẻ lấn chiếm đất công tại hồ Clear, California. Các thượng nghị sĩ và hạ nghị sĩ từ các bang miền Tây nhảy chồm lên, cáo buộc Washington đã vượt quá giới hạn quyền lực của mình. Nghị viện phản hồi bằng cách cắt giảm nghiêm trọng ngân sách dành cho Powell, và cuối cùng năm 1895, buộc ông phải rời khỏi chức vụ. Bốn mươi năm trôi qua mà không có vụ hạn hán nào xảy ra. Rồi đến khi cuộc đại hạn Dust Bowl xảy ra, tất cả những tiên đoán khủng khiếp của ông trở thành hiện thực, kể cả lời tiên đoán về sự tiêu hủy của nền nông nghiệp Oklahoma, và cuộc tha phương cầu thực thời Đại Khủng Hoảng, được ghi lại trong cuốn tiểu thuyết *Chùm nho nổi giận* [*The grapes of wrath*]. Trong số nhiều bài học rút ra từ câu chuyện này, có một bài học có liên quan đến việc đốt sách khoa học: việc phác ra những định luật phát biểu rằng có những sự kiện vật lý không tồn tại trong khi thực ra chúng có tồn tại, cuối cùng sẽ không thành công. Người ta có thể sẽ có hàng thập kỷ ngập tràn hạnh phúc, nhưng thời khắc mà sự thật nghiệt ngã bị phơi bày cuối cùng cũng sẽ tới, và hậu quả có thể sẽ không thể lường hết được. Cách giải quyết vấn đề đáng sợ và nguy hiểm này là phải hiểu biết tường tận về nó, và giải quyết nó một cách công khai.

Về cái được coi là sự vô đạo đức trong việc nhìn nhận sự sống một cách cơ giới, thì có lẽ tôi chỉ nhìn nhận nó như một ý tưởng sai lạc, được đưa ra bởi một cách hiểu quá cơ giới về “cơ giới”. Định luật vật lý là một sản phẩm kỳ diệu và đáng để ngỡ ngàng - và gây ấn tượng mạnh mẽ hơn rất nhiều so đối thủ cạnh tranh nổi tiếng của nó, bộ óc con người. Sự bất kính lớn nhất đối với Tạo Hóa mà tôi có thể tưởng tượng được là việc coi Tạo Hóa không xuất sắc như nó vốn thế, hoặc thậm chí không có Tạo Hóa. Hơn thế nữa, tôi lại yêu thích máy móc, và rất thích đồng hành cùng máy móc. Tôi thích được xếp cùng hạng với máy móc hơn là với khối người mà tôi biết. Đúng là máy móc còn nguyên sơ hơn so với những người đó thật, nhưng sẽ rất sai lầm nếu lấy đó làm nguyên cớ để bài bác chúng.

Lối nói cùng hòa đồng mình với máy móc này gợi cho tôi một kỷ niệm. Mặt trời dần khuất bóng ở Dulles, còn tôi đang ở trên khoang máy bay vắng khách, ngồi một mình cạnh cửa sổ khuất bóng phía đuôi máy bay, gần phòng vệ sinh. Công việc hằng ngày đã xong, và tôi định lợi dụng sự khác biệt múi giờ giữa bờ Đông và bờ Tây để về còn kịp ngủ trên giường của mình. Đèn trong sảnh ga bật sáng, những chiếc xe tải chạy đi chạy lại trên đường băng trong bóng tối. Chiếc máy bay đi giật lùi, rồi chồm lên và lốc xọc vượt qua những làn đường một cách buồn bã, một chuyến bay bị lãng quên trong một thế giới bị lãng quên của những tờ Nhật báo USA và những miếng bánh mì kẹp Burger King - sự ám ảnh của những chiến binh kinh tế mỗi một bị cuốn đi theo dòng chảy giống như những con cá hồi kiệt sức bị cuốn tới chỗ lũ gấu. Tới cuối đường băng, chiếc máy bay dừng lại, như mọi khi, vì chẳng có gì mà gấp gáp, nhất là khi người ta làm việc muộn. Rồi đột nhiên, như bị ai gọi giật, nó sực nhớ ra một điều gì đó, trái tim khổng lồ của nó bắt

đầu đập, những nguồn năng lượng là bản tính tự nhiên và quyền kế thừa hợp pháp của nó được huy động, và cái cơ thể nguy nga tráng lệ của nó nhẹ nhàng vươn về phía trước, hồ hởi vút lên không trung. Ánh sáng phổ phưởng mờ dần rồi vụt biến, đuôi máy bay lại chìm vào bóng tối.

Tôi nằm trong vòng tay bạn, người bạn trẻ của tôi ơi, và như bao nhiêu lần trước đó, đêm nay đây tôi lại tin tưởng bạn sẽ đưa tôi trở về trong bình yên.

CHƯƠNG 14

Những chiến binh trong cuộc chiến giữa các vì sao

Bốn phần trước tiên của một nhà cách mạng
là thoát ra khỏi cuộc cách mạng.

Abbie Hoffman

Thần thoại Hy Lạp chứa đựng những cái nhìn sâu sắc về thân phận con người, khiến ta đọc và suy nghĩ về nó với một niềm hứng khởi vô biên. Tôi phải nhờ cậy vào cuốn sách đã cũ nát của Hosiod trong tủ sách của mình để khỏi quên mất câu chuyện về buổi Bình minh của Kỷ nguyên Vàng của Tri thức. Trong câu chuyện này, Elvis, một người khổng lồ Titan ranh mãnh đã lấy trộm lửa ở nơi cất giấu bí mật của các thần tận châu Phi xa xôi và mang đến cho loài người. Trong cơn giận, thần Zeus đã gửi xuống cho anh trai của Elvis là Liberace một con ác quỷ gớm ghiếc dưới dạng hàng ngàn cô gái đồng trinh e lệ, những nữ cổ động viên. Liberace không màng gì đến họ và nhường lại cho Elvis. Thần Zeus phát cho mỗi nữ cổ động viên một cái hộp đầy bất hạnh, khổ ải và tuyệt vọng, được ngụy trang

khéo léo nom như một hộp đựng cơm trưa kiểu Nhật Bản. Không nhìn được tò mò hoặc cơn đói bụng, những cô gái cổ động này thế nào cũng phải mở hộp ra, và từ đó sẽ thoát ra đủ loại tai ương trên đời: những cú điện thoại chài khách, tắc đường trong giờ cao điểm, ti vi bật suốt ngày đêm ở sân bay, và ti ti thú khác. Tất cả những gì còn lại dưới đáy mỗi hộp chỉ là một món đồ trang sức nhỏ, một lời chào vui nhộn đến từ cá nhân thần Zeus kèm với số điện thoại phòng cấp cứu bệnh viện. Trả thù thế chưa thỏa mãn, thần Zeus còn xiăng Elvis vào một đài phun nước có tượng thằng bé đứng đái ở Las Vegas, và hằng ngày phái một con ác quỷ mang theo cô-ca-in, cần sa và rượu đến để giày vò lá gan của anh. Cuối cùng thì Elvis cũng được giải thoát khỏi hình phạt tra tấn nhờ công của Hercules, và để trả ơn, Elvis chỉ cho Hercules biết chỗ thần Zeus giấu những quả táo bằng vàng mầu nhiệm cùng với công thức làm bơ đậu phộng và bánh kẹp chuối nổi tiếng thế giới, những thứ đã khiến cho Elvis to khỏe đến thế. Elvis sau đó về nghỉ hưu ở âm cung của thần Hades và trở thành bất tử, rồi đánh đu được với mấy tên gián điệp người ngoài hành tinh cũng đang ở đó. Những người ngoài hành tinh này gây dựng lại sự nghiệp cho Elvis, và giờ đây anh là khách mời thường xuyên của các trò mẹ mìn.

Kể lại chuyện này tôi có phần áy náy, vì giống như phần lớn những trò giễu cợt, câu chuyện thực ra cũng chẳng khôi hài gì. Elvis Presley là một thiên tài bi tráng, người ấp ủ trong lòng một ngọn lửa sáng tạo rực cháy, người đã soi sáng cho công chúng của mình một con đường mà trước đó họ chưa từng thấy, và là người đã chết trẻ cũng vì lẽ đó. Có hàng lô những ví dụ như vậy trên sân khấu âm nhạc - Charlie Parker, Jimi Hendrix, Sid Vicious, Tupac Shakur - nhưng quan trọng ở chỗ đó là một hình mẫu cũng xưa như chính

loài người, và không chỉ riêng đối với các nhạc sĩ cùng với những cá tính đáng ngờ của họ.¹

Giống như Bugs Bunny, Spike Jones và Max Brothers, tất cả những nhà vật lý lý thuyết chính hiệu đều là những kẻ vô chính phủ. Phải mất một thời gian dài tôi mới nhận ra điều này, vì tôi vốn là một người cực kỳ bảo thủ, có một mái ấm gia đình, đóng thuế thu nhập đều đặn, trả lãi thế chấp đúng hạn. Lúc còn là sinh viên tôi cũng học hành siêng năng nên chẳng còn thời gian đâu mà nghĩ đến chính trị hay các trò giải trí - vào những năm đầu thập niên 1970 ở Berkeley thì đó quả là một chiến công. Tuy nhiên, sự chăm chỉ cũng dễ gây ngộ nhận, vì toàn bộ thời gian tôi chui rúc trong thư viện không phải chỉ để làm bài tập, mà còn để làm những cái mà các nhân viên tài chính ở Washington rất ghét và thường gọi một cách chê bai là những “nghiên cứu thóc mách” - những nghiên cứu chóng vánh, ngoài lề mà tôi coi là có ý nghĩa. Tính thâm thúy và trừu tượng của vật lý lý thuyết cho phép người ta thoát được cách hành xử như vậy trong khi vẫn có thể ra dáng có trách nhiệm, và đó là lý do vì sao mà ngành này chính là thanh nam châm hút những người có suy nghĩ độc lập. Nhưng tôi không làm sao mà liên hệ được việc này với tình trạng vô chính phủ, cho tới khi tôi được Paul Gingspang, người sáng lập ra bản tin ở Los Alamos, tạp chí điện tử đầu tiên về khoa học thực sự thành công, chỉ cho.² Chúng tôi lúc

-
1. Danh sách các ngôi sao nhạc rock chết trẻ có thể xem tại đây: <http://elvispelvis.com/fullerup.htm>. Các trang web khác về cùng chủ đề này bao gồm <http://www.av1611.org/rockdead.html> và http://www.wikipedia.org/wiki/List_of_artists_who_died_of_drug-related_causes.
 2. Bản tin Los Alamos ban đầu đặt tại <http://xxx.lanl.gov> sao cho nó xuất hiện trên hàng đầu khi người ta tìm kiếm nó. Sau đó nó được chuyển về Cornell và giờ có địa chỉ là <http://arxiv.org>. Tiểu sử Giáo sư Gingspang có thể xem tại <http://www.physics.cornell.edu/profpages/Ginsparg.htm>.

đó đang nói chuyện về việc tại sao những cơ sở hoạt động tương tự trong các ngành khoa học khác lại ra đời chậm chạp thế. Paul đã gợi ý rằng, hơn ai hết, các nhà vật lý là những người tự hãnh diện về sự lập dị và tính cách tân của những ý tưởng, mặc dù cũng nhận về mình những rủi ro nghề nghiệp rất cao. Khó thấy được xu hướng này trong các khoa học về sự sống, nơi có một truyền thống lâu đời về sự đồng thuận, có lẽ vì sẽ rất nguy hiểm nếu có ai đó phát biểu điều gì vô trách nhiệm gây hoang mang và gây hại đến sức khỏe con người. Paul cảm thấy rằng sự khác biệt về mặt văn hóa này là rất cơ bản, và những cơ sở hoạt động tự do như kiểu của anh rất khó hoặc không cách gì có thể được thành lập ở các ngành khác. Lý lẽ đang được thử nghiệm xem đúng hay sai này của Paul khó mà chứng minh được, vì người ta đang dồn mọi nỗ lực nhằm tạo ra những cơ sở thông tin điện tử đại chúng mới cho ngành y học. Chúng ta sẽ nhanh chóng biết được chúng có thực sự là mới mẻ như cái mà Paul lập ra hay không, hay chỉ là những phiên bản có tốc độ cao hơn của các tờ báo thông thường.¹ Dù sao về mặt văn hóa cũng phải công nhận rằng các nhà vật lý đối lập hoàn toàn với các bác sĩ.

Vài năm trước tôi bỗng nhận thấy một việc lạ lùng là những học sinh cực kỳ sáng dạ - chủ yếu là nam, nhưng không phải tất cả - thường bỏ học khi còn học trung học hay trung cấp để trở thành lập trình viên máy tính. Việc xảy ra này khác với việc bỏ học do nghiện hút, bởi vì công việc này mang lại lợi nhuận, phức tạp về mặt toán học, và nằm ngoài khả năng của phần lớn mọi người, kể cả phần lớn các giáo viên dạy toán ở cấp trung học. Dù sao đây cũng là một

1. Quý Gordon và Betty Moore gần đây cấp khoản kinh phí 9 triệu đô la cho Public Library of Science để lập ra hai tuần báo điện tử đã được đề cập, *PLoS Biology* và *PLoS Medicine*. Xem <http://www.bio-itworld.com/archive/021003/firstbase.html>.

điều đáng e ngại, nhất là đối với các bậc cha mẹ. Ngay từ khi tôi còn bé đã có chuyện này nhưng gần đây tôi mới để ý nhiều hơn từ khi mấy cậu con trai tôi bước vào độ tuổi nhạy cảm. (Đến giờ thì cũng coi như thoát). Điều làm tôi kinh ngạc là sao nó lại diễn ra trong thời đại tin học, mà lại diễn ra rất thường xuyên. Tôi có biết cụ thể một vài trường hợp, còn lại thì nghe kể là nhiều. Mấy người mà tôi biết rõ đều nom sáng sủa, ngoan ngoãn và thông minh. Có cái gì đó khiến họ thấy dừng dừng - cái gì đó họ không muốn nói ra.

Một trong số đó là bạn thuê cùng nhà khi tôi còn học thạc sĩ ở MIT. Anh ta hẳn là có nhiều kỹ năng tuyệt vời vì hồi đó đã làm việc ở Bolt, Beranek, và Newman với tư cách một nhà thầu cho bên quốc phòng về một hệ thống nho nhỏ gọi là Darpanet - tiền thân của mạng internet sau này - rồi lại chuyển về làm ở Thung lũng Silicon, nơi mà anh kiếm bộn tiền hơn tôi.¹ Một người khác là con trai một đồng nghiệp. Còn một người khác nữa thì tôi tình cờ biết trong một bữa tiệc nướng ngoài trời ở Los Altos Hills - một kiểu Beverly Hills của giới công nghệ. Tôi có hỏi một thương gia máy tính địa phương là làm sao ông ta kiếm được lập trình viên thì ông bảo là cũng qua giới thiệu miệng thôi. Đúng thế thật, nhân viên giỏi nhất của ông chỉ mới hai mươi tuổi, chẳng có bằng cấp gì, và làm việc cật lực với đồng lương hoành tráng là hai mươi nghìn đô la một năm. Chỉ là lời đồn đại thôi chứ tôi chưa bao giờ kiểm tra xem có đúng không dù hoàn toàn tin là có thật, người ta bảo rằng phân nửa số nhân viên vận hành máy tính ở Trung tâm siêu Máy tính San Diego chưa bao giờ tốt nghiệp đại học - nhưng lại còn xuất sắc hơn rất nhiều so với những người có bằng đại học.

1. Bolt, Beranek and Newman (BBN) là công ty đặt tại Cambridge, Massachusetts, và giành được hợp đồng sơ khởi để xây dựng Darpanet. Xem <http://www.bbn.com>.

Tôi ngày càng tin rằng những trường hợp không thành công trong học thuật thường thấy chẳng qua rơi vào những người tự do vô chính phủ, những người sớm trượt khỏi hệ thống giáo dục vì bị đẩy đi quá xa trong cuộc ganh đua giành danh hiệu “xuất chúng”. Nói cách khác, đó chỉ là một thứ họ hàng khôn ngoan hơn của thói nghiện hút hay của nạn tự tử ở lứa tuổi vị thành niên mà thôi. Tôi thoát được chắc cũng vì sinh ra và lớn lên ở một thị trấn nhỏ, nơi sự ganh đua không quá khốc liệt.

Muốn có nghề nghiệp đàng hoàng và kinh tế bảo đảm, liễu thuốc an thần nổi tiếng xưa nay là phải chuyên tâm vào thị trường, vào cạnh tranh và vào sự tuân thủ. Mọi bậc cha mẹ tốt đều hiểu điều đó, và chỉ có những ai quá vô trách nhiệm mới tán thành hay khuyến dạy con những điều khác. Tôi cũng không phải là ngoại lệ, và điều này hẳn được chính các con trai của mình chứng giám một cách chán nản. Nhưng thực tế có lúc uốn nắn bằng quyền làm cha mẹ cũng không ăn thua và chẳng ai làm gì khác được. Sự thôi thúc phải sống một cuộc sống tự do và sáng tạo là rất mãnh liệt trong mỗi chúng ta, và rồi có một số nhỏ cuối cùng không cưỡng nổi sự thôi thúc ấy dù đã được cảnh báo. Liệu sự thôi thúc ấy có mang đặc tính văn hóa hay có mang tính di truyền hay không thì chẳng thể ngày một ngày hai mà nói được, nhưng có điều chắc chắn nó đúng là cội nguồn đích thực của nghệ thuật, của những khám phá khoa học có giá trị, và là động lực thúc đẩy sự cách tân đặc trưng cho nền văn minh hiện đại. Cha mẹ nhìn con mình đi con đường riêng của nó mà chỉ còn biết vái bốn phương cho nó được an lành. Tôi cũng cầu nguyện: xin Đức Chúa Cha gửi cậu bé ấy đến cho con.

Chắc hẳn lời cầu xin ấy chẳng mấy khi được đáp trả. Cuộc đời của một người tự do vô chính phủ thật gian truân và chắc chắn là không được khích lệ. Mọi người ai rồi cũng lớn khôn và rồi cũng

phải thỏa hiệp, chứ cố dẫn vào sự cố chấp bất tuân thủ của tuổi bông bột chỉ khiến cho mọi việc sau này càng rắc rối hơn. Xấu tốt thế nào chưa biết chứ cái cách trường đại học của tôi chỉ chấp nhận loại sinh viên không góc cạnh cũng rất hữu hiệu trong việc tránh được những kẻ thích nổi loạn. Đôi khi cũng có một hai người lọt lưới, trong trường hợp này thì chúng tôi cũng có thể cùng nhau giải quyết một số vấn đề hệ trọng, chỉ cần là không kéo dài.

Người ta có lý khi cho rằng chính thái độ thiết thực của lớp người lớn tuổi mang tính trách nhiệm cao là lý do giải thích cho việc vì sao các khám phá mới thường lại do lớp người trẻ tuổi tiến hành. Không phải vì lớp trẻ thông minh hơn, dù thường là thế, mà vì họ ít bị ràng buộc hơn bởi những lời hứa hẹn. Cốt lõi của vấn đề này đã được một bài báo ngắn của tạp chí *Mad Magazine* nắm bắt qua việc mô tả một chàng hip-pi râu ria xồm xoàm, ruồi bâu quanh người, vừa đi vừa nghêu ngao hát bài của John Greenleaf Whittier do William Gaines bịa lời rất khéo: *Chàng trai đi đất, đôi má râm hồng, chẳng ai ưa, chàng trai đi đất.*

Chẳng có gì đáng ngạc nhiên là có rất nhiều chuyện vui xảy ra với những kẻ vô chính phủ khi họ đã trưởng thành, từ đó đẻ ra những giai thoại nghe vừa buồn cười vừa chua xót. Ví dụ, tôi có một anh bạn thường say sưa bình luận, coi đóng thuế là một nghĩa vụ thiêng liêng của người công dân nhằm hỗ trợ cho những nghiên cứu khoa học có tính đột phá - cho tới khi vợ anh ta mở một công ty về công nghệ và bắt đầu phải nộp thuế. Anh ta thích thêm mắm thêm muối bằng việc kể lại đã nghe lỏm được ở phòng điện thoại công cộng kể bên chuyện người ta ăn trộm bí mật công nghiệp ra sao, khi anh đưa con gái đi ăn sáng ở tiệm bánh ngọt International House tại Sunnyvale - nằm ở trung tâm Thung lũng Silicon: Cái bí quyết mạ kim loại ấy giá bao nhiêu cơ? Mười ngàn

nghe được đấy. Làm tới đi nhé. Thế còn cái quy trình khuếch tán thì bao nhiêu? Và cứ như thế. Chẳng cần năng khiếu toán học gì lắm cũng nhằm thấy đánh cắp công nghệ rẻ tiền hơn nhiều so với phát minh công nghệ. Rồi một người bạn khác lại chỉ thích công kích các luật sư trước mặt mọi người - cho tới khi bị phát hiện là đang lén theo học trường luật. Một người bạn khác nữa bỏ công xây dựng các phép tính *ab initio* (tiếng Latin nghĩa là *từ đầu*) rất đắt tiền trên máy tính để tính toán sự ăn mòn, vì nhà tài trợ muốn như vậy - dù rằng anh ta biết tổng rằng sự rỉ sét được xúc tác bởi các tạp chất trong môi trường như cacbon và muối, và vì vậy không thể nào tính toán được. Lại một ông bạn khác đang có nguy cơ mất việc tìm cách khắc phục tình thế bằng cách viết một bài về vật lý toán sai bét nhưng rất phức tạp, rắc rối để “giải thích” phản ứng tổng hợp hạt nhân lạnh và cho đăng báo, trông mong vào tình trạng bối rối trong lĩnh vực này hòng che đậy sự dối trá, và đã thành công. Như một bài thi khắt khe về lòng dũng cảm của một cá nhân, quá trình trưởng thành dễ đánh trượt người ta hơn nhiều so với những cuộc thi chung khảo về toán giải tích hay những kỳ thi chuyển cấp.

Tôi nhớ rõ mồn một ví dụ về phản ứng tổng hợp hạt nhân lạnh, vì đúng lúc tôi đang ngồi trong phòng làm việc với một chuyên gia vật lý hạt nhân thì một phóng viên gọi điện nhờ anh nhận xét bài báo. Lần đó tôi suýt vỡ tim vì cả hai chúng tôi ôm bụng cười ngặt nghèo khi đọc từng trang giấy chậm chậm tuồn ra từ máy fax. Nhưng cũng giống như câu chuyện về Elvis, sự kiện này thực ra không hề hay hóm gì.

Từ góc nhìn tỉnh táo của một ngành kỹ nghệ, chẳng có gì là bí hiểm về sự tổng hợp hạt nhân (thường gọi là phản ứng nhiệt hạch)

cả.¹ Sức cảm dỗ và do đó cả tiềm năng kinh tế của nó nằm ở chỗ nó là nguồn năng lượng của mặt trời và có khả năng là một nguồn năng lượng vô cùng sạch mà một ngày nào đó sẽ giải phóng ta khỏi sự phụ thuộc vào các quốc gia Cận Đông luôn trong tình trạng bất ổn. Nhưng về cơ bản nó cũng chỉ là một phiên bản cao cấp hơn của lửa - một phản ứng trong đó các hạt nhân hydro kết hợp với nhau để tạo thành một hạt nhân heli, giống như phản ứng của ôxi với cacbon để giải phóng nhiệt và tạo thành dioxit cacbon. Quá trình nhiệt hạch thường xảy ra trong những môi trường có nhiệt độ cao khủng khiếp, như trong lòng mặt trời, chứ không thể diễn ra ở các môi trường lạnh, vì lực đẩy giữa các hạt nhân hydro rất mạnh nên phải có những vận tốc va chạm rất lớn mới tiến sát được tới nhau để tạo phản ứng tổng hợp hạt nhân. Trên thực tế, việc mỗi cho phản ứng xảy ra - một phản ứng dây chuyền - là một việc hết sức khó khăn về mặt kỹ thuật nếu không muốn tan tành xác pháo, vì cần đến những nhiệt độ rất cao và khi phản ứng xảy ra sẽ có một lượng năng lượng khổng lồ được giải phóng. Nhưng điều này không phải là bất khả nên đó vẫn là một mục tiêu chấp nhận được về mặt kỹ thuật mà các công trình nghiên cứu công nghệ hiện đại đang hướng tới.

Năm 1989, hai nhà hóa học Stanley Pons và Martin Fleischman đã công bố trong một buổi họp báo về việc phát hiện ra lượng nhiệt dư thừa được giải phóng trong một tế bào điện hóa - nhiệt mà họ tin là chỉ có thể giải thích bằng cái họ gọi là “sự tổng hợp hạt nhân lạnh”.² Xét về mặt cơ lượng tử thì lời tuyên bố này chẳng có nghĩa

-
1. *Nhập môn kỹ nghệ nóng chảy*, xem A.A. Harms et.al., *Principles of Fussion Energy* (Nxb Wiley, New York, 2000).
 2. *Nóng chảy lạnh được công bố bởi Stanley Pons và Martin Fleischmann trong cuộc họp báo tháng 3 1989. Tiếp đó họ nhận 5 triệu đô la tiền nghiên cứu từ Nghị viện bang Utah, 500 ngàn trong số đó là những nguồn tài trợ từ các cá nhân giấu tên. Về sau người ta biết rằng*

lý gì. Các mức năng lượng thông thường của hóa học không đủ gây xúc tác cho phản ứng hạt nhân. Nhưng hóa ra khá nhiều người không tin vào cơ học lượng tử, và sẵn sàng bóp méo những tính chất phức hợp của nó để phục vụ cho những mục đích của mình, hoặc đơn giản coi những người thực hành nó như những nghệ sĩ và bỏ ngoài tai những tiếng gọi thuộc về lý tính của những con người này. Cơ quan lập pháp bang Utah đã chi ra năm triệu đô la cho nghiên cứu phản ứng sự tổng hợp hạt nhân lạnh và thế là hàng loạt những hoạt động tương tự diễn ra trên khắp thế giới, mà tác giả John Huizenga đã ước tính là tiêu tốn từ 50 đến 100 triệu đô la tiền thuế của nhân dân.¹

Một khía cạnh khác không hay ho gì nhưng rất quan trọng của hiện tượng sự tổng hợp hạt nhân lạnh - giống với trường hợp của Elvis đến kỳ lạ - là tính bất tử. Quay trở lại năm 1997, tôi đang lái xe đến công sở và tình cờ dò đúng chương trình *Khoa học Thứ sáu* trên kênh National Public Radio do Ira Flatow dẫn. Chủ đề hôm đó là sự tổng hợp hạt nhân lạnh,² còn khách mời là T. Kenneth Fowler, một kỹ sư hạt nhân được trọng nể đến từ Berkely và Eugene Mallove, chủ biên tờ *Infinite Energy*.³ Nửa đầu chương trình, Ira gọi cho Fowler đưa ra một loạt những phát biểu có trách nhiệm về mặt khoa học và hàn lâm cho rằng không ai nói được chính xác sự tổng hợp hạt nhân lạnh là đúng hay sai, nhưng nó không hề nhất quán với

sổ tiền thêm vào đó thực tế là từ quỹ nghiên cứu của chính trường đại học Utah. Trước đó, Fleischmann đã phát hiện ra một hiệu ứng gọi là hiệu ứng gia tăng bề mặt Raman, là một hiệu ứng có thực và có ý nghĩa về mặt chuyên môn. Xem M. Fleischmann, P.J. Hendra, và A.J. McQuyllan, *Chem. Phys. Lett.* 26, 163 (1974).

1. Xem J.R. Huizenga, *Cold Fusion: The Scientific Fiasco of the Century* (Nxb Oxford University Press, London, 1994).
2. Xem http://sciencefriday.com/pages/1997/Apr/hour_1_041197.htm. Buổi phát thanh của NPR Science Friday do Ira Flatow dẫn diễn ra ngày 11 tháng 4 1997.
3. Xem <http://www.infinite-energy.com>.

những định luật của vật lý hạt nhân như ta vẫn biết và cũng không có được những bằng chứng thực nghiệm đích thực. Mọi người đã rất cố gắng tránh dùng từ *lừa đảo*. Nhưng đến đoạn sau thì Mallove không nhận được, và bài diễn thuyết của ông rất gây ấn tượng. Để khỏi dài dòng, ở đây tôi chỉ xin được diễn ý và cũng xin cáo lỗi trước là vì phải tóm tắt cho gọn nên không diễn tả được hết những nét thâm thúy của bài nói. Mallove nói rằng sự tổng hợp hạt nhân lạnh là có, rằng đâu đâu cũng thấy có bằng chứng thực nghiệm chứng tỏ nó có, rằng các nguồn tài trợ tư nhân đã được mang ra sử dụng để khiến người ta có thêm nhiều quyền hành, rằng các học giả đã không thành công trong việc khiến hiện tượng sự tổng hợp hạt nhân lạnh trở nên hữu dụng, nhưng dù thế nào đi chăng nữa thì cũng đã hưởng lợi lớn từ công quỹ vô cùng nhiều, rằng họ không khác gì những ông hoàng ngồi chễm chệ hưởng phúc lợi xã hội, và rằng việc họ đổ xô vào hiện tượng sự tổng hợp hạt nhân lạnh chỉ đơn giản là một chiến dịch nhằm bóp chết cạnh tranh và bảo vệ cái ghế của họ. Ông cứ thế tuôn ra trong vòng nửa tiếng đồng hồ, và việc Ira không ngăn ông lại được hoặc có vẻ ừ à vuốt đuôi khiến tôi có cảm giác là anh ta cũng ngầm đồng ý với ông.

Những tình tiết như vậy cho thấy rằng khoa học cao giá thường không mang tính khoa học. Trong những tình huống mà tài chính có liên quan đến một lượng tiền lớn, việc có đúng đắn hay không không quan trọng bằng việc có thuyết phục hay không và có hợp lý về mặt kinh doanh hay không. Đó là một trong những lý do khiến rất khó tạo dựng một cuộc sống với tư cách một lý thuyết gia chuyên nghiệp. Trong những hoàn cảnh như vậy, chẳng những sự đúng đắn phản ánh tính phù phiếm mà có khi còn bị bôi tro trát trấu. Nguyên nhân đằng sau tất nhiên là kinh tế. Một trong những cái giá phải trả của những ai cống hiến đời mình cho công cuộc khám phá cơ bản

là chấp nhận co mình vào cái hốc kinh tế xã hội của một anh công nhân cổ xanh (người lao động chân tay). Công việc của một công nhân cổ xanh thì chẳng có gì sai quấy, nhưng nó có nghĩa là người ta bị loại khỏi những cuộc họp hoạch định chính sách quan trọng, trong đó những người thấu hiểu về tiền bạc thường quyết định cái gì là “đúng”, cái gì là “sai”, bằng cách luôn cố ý coi nhẹ những gì không đáng bày trong các sạp hàng. Những bức xúc như vậy tất nhiên là đi đôi với quyền lợi nên rồi cũng phải học cách tặc lưỡi bỏ qua. Nhưng phần đông các nhà khoa học chuyên nghiệp đều biết rõ rằng bản chất phi khoa học của thứ khoa học đắt giá chính là một hiệu ứng quản lý, một cái gì đó khó chịu và đôi lúc vô luân nhưng lại rất cơ bản đối với đời sống.

Vị thế của một hoạt động được quản lý đã khiến khoa học đích thực chịu thiệt thòi về mặt kinh tế một cách đáng kể. Đối với bộ môn vật lý học, gần đây chúng ta đã phải cam chịu nhiều hy sinh mất mát, vì vũ khí hạt nhân thì đã mờ dần vào quá khứ, phần cứng điện tử đã di dời sang các nước Viễn Đông, phần mềm sang định cư ở Ấn Độ, còn danh mục vốn đầu tư thì hướng dẫn sang nền công nghiệp dược phẩm và y tế. Đi đôi với những dịch chuyển như vậy là sự tái thích nghi cực nhọc - một cách nói trại đi của tình trạng thất nghiệp - đối với nhiều người, và đời sống chuyên môn có thể trở nên nhơ nhớp, khốn đốn và ngăn ngúi. Nhưng vẫn còn một lực lượng nòng cốt những người kiên cường hứng chịu những bất công ấy, vì họ hiểu rằng công cuộc khám phá cơ bản vẫn khả dĩ và có ý nghĩa - và là cái không ai quản lý được. Ý niệm cho rằng có thể quản lý được nó chính là một phản lý thuyết, chẳng hạn như những ý niệm cho rằng chẳng còn bao nhiêu thứ để khám phá hoặc cho rằng nền kinh tế rồi sẽ nâng đỡ các khám phá bằng một phép màu. Những bước đột phá có tính then chốt trong khoa học sẽ luôn được

thực hiện bởi những con người chính trực, tự chọn đường đi nước bước riêng của mình, coi thường quyền lực, và trả một cái giá khắc nghiệt cho hành động của mình.

Ý nghĩa của sức mạnh cá nhân trong đời sống chuyên môn tất nhiên không chỉ áp dụng cho các nhà khoa học mà là cho tất cả mọi người. Trên một chuyến bay từ New York đến San Francisco, tôi đã bắt chuyện với một hành khách ngồi cạnh và thấy chuyện anh kể rất thú vị. Anh người Lithuania gốc, hiện sống ở Pennsylvania và đang trên đường cùng cậu con trai đi câu cá hồi ở Alaska. Khi mới tới Mỹ, anh nói, anh nhận được việc làm ở một xưởng chế tạo động cơ điện. Vốn quan tâm đến các loại động cơ điện, nên tôi có hỏi anh vài vấn đề về chuyên môn và rất ngạc nhiên phát hiện thấy rằng anh ta biết *tất cả mọi thứ* về động cơ điện: các đặc trưng xoắn, roto hay hòng hóc kiểu gì, cân chỉnh ra sao cho đúng, đặc trưng tiêu thụ điện năng, loại dây điện nào nên dùng, nhiệt thoát ra từ cuxine - hỏi gì cũng biết. Sau một giờ trò chuyện lý thú, tôi hoàn toàn bị chinh phục và đùa thầm với mình rằng có lẽ tôi nên làm sinh viên của anh để học tất cả những gì có thể về động cơ điện. Nhưng cách đây nhiều năm, anh nói, có tin từ trên nói rằng xưởng sẽ phải đóng cửa và chuyển sang Chile. Việc của anh thế là đi tong. Tôi hoang mang hỏi xem anh đã làm gì từ đó tới nay. Anh nói anh kiếm được một việc trong nhà máy thép. Tôi hỏi thế thì anh làm văn thư chạy giấy tờ à, anh trả lời là không, anh sản xuất thép hần hoi. Tôi cũng có quan tâm đến thép nên tôi hỏi anh vài vấn đề chuyên môn và rất ngạc nhiên là lại phát hiện thấy rằng anh ta cũng biết *tất cả mọi thứ* về thép: các màu nhiệt độ nghĩa là thế nào, các tạp chất là cái gì và đo đạc chúng ra sao, tôi thép và làm nguội phiôi thế nào thì hợp lý, làm thế nào để tránh bị tai nạn - hỏi gì cũng biết. Sau một giờ trò chuyện đầy thú vị nữa, tôi lại bị chinh phục, và quyết tâm trở thành

sinh viên của anh, để học tất cả những gì có thể về thép. Nhưng chỉ vài năm trước, anh nói, nhà máy lại phải đóng cửa, và lần này còn tệ hơn nữa, vì nhà máy bị lỗi chống vó và cuốn hết cả quỹ lương hưu. Tôi hoang mang hỏi xem anh đã làm gì từ đó tới nay. Anh trả lời là cho tới lúc đó thì anh và vợ anh cũng đã tần tiện đủ tiền để mua lại một cửa hiệu bơ sữa, và họ điều hành nó suôn sẻ cho tới giờ. Tôi cũng thích bơ sữa, nên lại hỏi anh mấy vấn đề kỹ thuật về bơ sữa, và không có gì ngạc nhiên là lần này tôi cũng lại quyết tâm theo anh học nghề bơ sữa, cho tới lúc máy bay hạ cánh và thời gian trò chuyện của chúng tôi kết thúc. Suốt đoạn đường về nhà tôi cứ ngẫm mãi về cuộc trò chuyện: ba lần liền, thế giới của anh chàng này sụp đổ, và ít nhất hai lần liền kiến thức chuyên môn ưu tú của anh bị vứt bỏ, vì sự dịch chuyển của kinh tế. Cứ mỗi bận như thế anh lại tự mình đứng dậy, vớt lại sau lưng những gì mà anh ấy đã đổ thời gian và tiền của để tiến lên, và thành công. Cuối cùng, anh ta thành thạo đi câu cá ở một nơi tuyệt vời. Tôi tin rằng tất cả chúng ta ai cũng hẳn muốn được như anh ấy.

Tôi thích kể chuyện này vì nó là một bài học về tinh thần trước một sự thật đáng tiếc nhưng mãi mãi tồn tại, đó là, những người thông minh, được đào tạo đến nơi đến chốn thường nhanh chóng mệt mỏi với sự hy sinh để rồi cuối cùng tìm sang những hướng đi khác. Cái khoảnh khắc mà họ làm việc đó lúc nào cũng đáng lưu tâm, vì nó để lộ họ thực sự là người như thế nào. Thịnh thoảng người ta có được một sự bất ngờ cảm động, như anh bạn bán sữa người Lithuania, nhưng những lúc khác thì người ta lại gặp được một cái gì đó giống như anh làm nghề bán xe ô tô dùng rồi luôn móc ngoặc với cửa hàng bán đồ phụ tùng chôm chĩa. Lên án lối sống tư lợi là một việc làm hơi quá khích và rất trẻ con, vì một phần đáng kể của việc doanh thương đích thực mà cuộc mưu sinh của tất cả

chúng ta đều dựa vào đó chỉ là chơi trò chơi và sự lừa dối. Nguyên lý này được áp dụng một cách rộng rãi. Những mầm cỏ non nhú ra vào mùa xuân mà đến tận cuối hè vẫn không thành được cỏ gai và cỏ đuôi cáo thì sẽ không tiếp tục sống nổi. Những chú mèo con dễ thương nếu không trưởng thành để trở thành những sát thủ thiện nghệ sẽ chết đói sớm. Phần nào, tôi quan sát thấy cuộc sống có hai lối sống khác hẳn nhau về mặt kỹ năng, một lối sống khổ hạnh và hợp với khoa học, còn lối kia thì không. Hai lối sống này cùng có chung một sự thiếu quan tâm kỹ lưỡng đến những quy tắc nhằm kiểm chế ảo tưởng, khiến mọi người hay nhầm lối sống này với lối sống kia. Nhưng trong trường hợp người sống khổ hạnh, những quy tắc không được quan tâm thường nghiêng về mặt trí tuệ, còn những quy tắc không được quan tâm mà nhà-khoa-học-bán-hàng gạt bỏ thường nghiêng về mặt đạo lý. Ở cả hai địa hạt này đều có những người nhìn xa trông rộng, và có một số kiểm chế được cả hai khuynh hướng thiên lệch. Tuy nhiên, đối với hầu hết chúng ta thì sự lựa chọn giữa hai lối sống nói trên là một quyết định khó khăn và hệ trọng của cuộc sinh tồn.

Sự tương phản giữa nhà khổ hạnh với nhà-khoa-học-bán-hàng được khắc họa trong cuốn sách *Những chiến binh trong cuộc chiến giữa các vì sao* [*Star Warriors*]¹ của William Broad, xuất bản năm 1986, là câu chuyện về chương trình vũ khí hạt nhân liên quan đến tia X và tia laser ở Livermore. Được các phái đối lập cười cợt gán cho cái tên “Chiến tranh giữa các vì sao”, dự án này giải quyết những

1. W.J. Broad, *Star Warriors* (Nxb Simon and Schuster, New York, 1986); *ibid.*, *Teller's War: The Secret Story Behind the Star Wars Deception* (Nxb Simon and Schuster, New York, 1992). Xem thêm C.E. Bennett “The Rush to Deploy SDI”, ấn bản tháng 4/1988 của tờ *Atlantic Monthly*, http://www.theatlantic.com/issues/88apr/bennett_p2.htm.

vấn đề kỹ thuật hết sức hấp dẫn - sử dụng những nguyên lý của laser để tập trung năng lượng khổng lồ của một vụ nổ hạt nhân vào một chùm tia X hẹp. Điều khiến cuốn sách này đáng nhớ tuy nhiên lại không phải khía cạnh công nghệ mà là chân dung của những nhân cách và quá trình tư duy diễn ra đằng sau một dự án công nghệ táo bạo, đầy mạo hiểm. Những cái đó đúng với cả các nhà khoa học lẫn các quan chức chính phủ muốn thúc đẩy chương trình này. Tôi trực tiếp quen biết nhiều người trong số này, vì đúng vào thời gian đó tôi đang làm việc ở Livermore, mặc dù chỉ làm việc trong một nhóm làm mô hình nhỏ không liên quan nhiều đến những hoạt động chính. Sự phát triển nhanh chóng của quá trình loại bỏ quy tắc theo cả hai kiểu đều đã được mô tả một cách chính xác trong cuốn sách này đúng như những gì đã xảy ra.

Tuy nhiên, sự vắng bóng của thái độ phi đạo lý là một khía cạnh rất không chính xác của cuốn sách. Tôi vẫn nhớ rõ những người mới tham gia vào việc như chúng tôi thường bàn ra tán vào như thế nào về những nguyên lý vật lý có liên quan, về việc liệu những mục tiêu đề ra có khả thi hay không (phần lớn chúng tôi cho rằng không khả thi), và về việc ai đang thực sự tìm cách qua mặt ai vì tiền. Chúng tôi cũng chẳng lấy làm lạ lắm khi chương trình rơi tõm từ cực điểm của nó với 100 triệu đô la tiền đầu tư dưới thời Reagan xuống còn con số không khi những hứa hẹn mà chương trình đưa ra không được hiện thực hóa. Tuy nhiên, đến cuối cùng chúng tôi mới ngã ngựa người ra: Chúng tôi nhận được những tin vui cho biết rằng chính chương trình này đã quật ngã Liên bang Xô viết. Đúng thế thật. Họ nói với chúng tôi rằng chúng tôi đã lừa được người Liên Xô một vỏ về mặt công nghệ khiến cho họ phá sản.

Thái độ phi đạo lý của tôi sau này mới được bộc lộ rõ ra khi tôi

được biết rằng chính tôi đã *sống nhờ* vào chương trình này. Tôi thiết nghĩ giá như biết trước thì tôi có lẽ đã không tham gia, nhưng thật khó để định đoạt. Tôi còn con nhỏ ở nhà và không thể thất nghiệp dù chỉ một phút.

Tất nhiên, những yêu sách cường điệu đã được đưa ra một cách có cân nhắc, vì những khách hàng - trong trường hợp này là chính quyền Reagan - muốn có một hệ phòng thủ chống tên lửa đặt trong không gian và sẵn sàng hỗ trợ khoa học như một công cụ để phục vụ mục đích này chứ không vì mục đích nào khác. Trong làm ăn và trong chính trường, cũng như trong hầu hết mọi việc, khách hàng luôn đúng, nhất là khi dính dáng đến những khoản tiền cực lớn.

Chương trình laser tia X là một bài học kinh nghiệm cho thấy vì sao thỉnh thoảng cứ buộc phải có những tiến bộ khoa học đáng kể. Trong khi vũ khí laser đã không hoạt động thành công thì việc tạo các vụ nổ bằng laser tia X lại thành công và hiện đang được sử dụng hằng ngày trong việc chẩn định sự tổng hợp hạt nhân bằng laser. Sự tổng hợp hạt nhân bằng laser - tức là tạo ra một môi trường để phản ứng nhiệt hạch có thể xảy ra bằng cách tập trung các nguồn laser khổng lồ vào một khối lượng nhiên liệu cực nhỏ - lại cũng không thành công như người ta dự định ban đầu, do đã đưa ra những giả thiết quá lạc quan về sự hội tụ nổ, nhưng công trình nghiên cứu này *đã tạo ra được* những khoản đầu tư ban đầu để rồi hôm nay dẫn đến những thiết kế mới, cẩn trọng hơn, và sẽ thành công - theo tôi nghĩ.¹ Liệu tất cả những khoản tài chính vô nghĩa ấy có được người ta quên đi hay không khi sự tổng hợp hạt nhân bằng laser của một khối nhiên liệu tí hon xuất hiện vào một ngày kia thì còn phải chờ

1. Xem <http://www.nrdc.org/nuclear/nif2/findings.asp>. The National Ignition Facility ở Livermore bị Natural Resource Defence Council chống đối quyết liệt.

xem, nhưng thế giới chắc chắn sẽ phải kinh ngạc sững sờ, và tôi ngờ rằng, sẽ thay đổi đến tận gốc rễ.

Khả năng tìm được và khai thác những chiến lược gián tiếp kiểu đó là một đặc trưng cơ bản của loại nhà thầu mà tôi từng được biết. Những người này cũng có xu hướng tỏ ra tự hào về những thành công xuất phát từ những hành vi thiếu lương tâm, họ cho rằng không đập vỡ bình thì làm sao đánh được chuột. Tôi không biết được mỗi người trong số họ đã đập vỡ bao nhiêu cái bình, nhưng tôi đồ rằng rất nhiều. Có lần tán chuyện với một anh thợ kỹ thuật đang lắp đặt một khoang gang an toàn (ở một viện nghiên cứu mà tôi không muốn nêu tên), tôi tình cờ nói là có quen biết một chủ doanh nghiệp nổi tiếng trong vùng rất biết nhìn xa trông rộng tên là X. Anh thợ tròn mắt và thì thào với tôi về chuyện có lần một viên tướng gọi điện nói sẽ bắt chợt đến thăm vào ngày hôm sau, thế là X hạ lệnh cho một lô phụ tá của mình làm việc cả đêm để sơn đen hết các hộp các tông giả làm máy tính mà ông ta hứa nhưng chưa làm.

Câu chuyện trên không chỉ khiến người nghe lắc đầu cười, mà nó còn khiến những nhà khoa học *thực thụ* rung mình ớn lạnh, bởi họ luôn bị dằn vặt ghê gớm khi buộc phải thỏa hiệp làm điều sai quấy về mặt đạo đức trong công việc của mình. Tôi không muốn nói đến những thỏa hiệp sai quấy về đạo đức trong vấn đề vũ khí hạt nhân. Sự liên lụy tới những loại vũ khí này là một phần của truyền thống mà thông qua đó họ được bảo đảm an toàn về mặt dân sự, và do đó tôi cảm thấy không bị áp lực của một thỏa hiệp nào trong công việc. Tôi chỉ muốn nói đến sự cần thiết phải khuếch trương để kiếm tiền cho nghiên cứu mà thôi. Khoa học đích thực, ngược với hình ảnh mang màu sắc thâu khoán của nó, có một cấm kỵ nghiêm ngặt đối với việc nói dối. Chúng ta cần có sự cấm kỵ đó

để bảo vệ chống lại sự phung phí những nguồn lực khan hiếm và quý giá - chẳng hạn như chính bản thân cuộc sống của mình - vào những chỉ dẫn sai lầm. Vì thế, khi Jan Hendrick Schön gần đây bị bắt quả tang làm giả một loạt các thí nghiệm bán dẫn quan trọng ở Bell Labs, người ta đã nhất trí coi đó là một trong những hành động phản bội bỉ ổi nhất, dẫn đến hàng loạt người phải vò đầu bứt tóc, bị sa thải, đổ vỡ sự nghiệp.¹

Vì đó là một phần căn bản trong đời sống chúng ta, nên tác động mang tính thị trường của những nhu cầu công nghệ lên hoạt động khoa học luôn tạo ra và lặp đi lặp lại những câu đố hóc búa về đạo đức, và do đó là một nguồn vô tận sản sinh ra những câu chuyện khô khan đau lòng. Thay thế cho laser tia X với tư cách là chiến lược phòng thủ sử dụng tên lửa đặt trong không gian là chương trình *Sỏi Tài hoa* [*Brilliant Pebbles*] trị giá 50 triệu đô la - một phiên bản vượt trội của chương trình *Đá Thông minh* [*Smart Rocks*].² Ý tưởng cơ bản của *Sỏi Tài hoa* là triển khai 4600 vệ tinh đánh chặn nhỏ trên quỹ đạo, có khả năng tự điều khiển và phá hủy những đầu nổ của hỏa tiễn đối phương mà không cần phải điều khiển chúng từ mặt đất. Tôi không đủ trình độ chuyên môn về mặt kỹ thuật hay về mặt quân sự để biết liệu *Sỏi Tài hoa* có phải là một ý tưởng hay ho hay không, nhưng tôi luôn gặp rắc rối với những thiết bị điện tử điều khiển và ngắm, vốn không dễ có độ tin cậy cao. Tuy nhiên, tôi chắc

-
1. Người ta đã viết rất nhiều về vụ của Schön. Xem K. Chang, "Panel Says Bell Labs Scientist Faked Discoveries", *New York Times* 26 tháng 9/2002. Tuyên bố nhận tội chính thức của Lucent có thể xem trên trang http://www.lucent.com/news_events/researchreview.html. Xem thêm R.B. Laughlin, *Physics Today*, tháng 12/2002, trang 10, và nguồn dẫn trong bài.
 2. Xem bài báo của Ian Hoffman trong tờ *Oakland Tribune* 10 tháng 9/2002, in lại tại <http://www.highfrontier.org/OaklandTribune.9-10-02.htm>. Xem thêm <http://www.periscope1.com/demo/weapons/misrock/antiball/w0003565.html>. *Brilliant Pebbles* được Lowell Wood và Gregory Canavan đưa ra năm 1986.

rằng nhu cầu khổng lồ về tên lửa phòng thủ đã (và đang) là một động lực kinh tế lớn khiến cho ít nhất một số yêu sách về việc này là những yêu sách giả.

Trong lúc chương trình *Sở Tài hoa* đang được tiến hành một cách nghiêm chỉnh vào những năm 1980 thì tôi đã được chuyển về làm việc ở khoa vật lý trường đại học Stanford và rất bận rộn với công việc của khoa, trong đó có việc làm chủ tịch hội đồng thi kiểm tra chất lượng. Như thường lệ với hội đồng này, kỳ thi diễn ra vào giữa hè nên chẳng ai khác chịu nộp để thi, và tôi cứ phải căn nhắc mọi người để làm cho xong. Vốn có tiếng hách, tôi cho là chẳng đáng tốn thời gian vàng ngọc của mình để kéo nài mấy vị này, nên quyết định tự ra để thi lấy. Kỳ thi đó sau trở thành một huyền thoại truyền miệng trong sinh viên, vì bài thi khó kinh khủng mà lại đầy lỗi - đúng là một công trình tội tệt hết chỗ nói - nhưng có cái may là từ đó trở đi tôi thoát được cái hội đồng khó chịu ấy. Một trong những câu hỏi thuộc phần vật lý đại cương được đặt ra để kiểm tra kỹ năng của sinh viên trong việc áp dụng những nguyên lý trừu tượng mà anh hoặc chị ta học ở trường vào những bài toán thực tiễn, chẳng hạn như một vấn đề có thể vấp phải ở nhà. Để thi năm trước đó là tính thời gian để nấu chín một nồi thịt om. Tôi cứ xoay sở mãi với bài toán này để cố tìm lấy một vài tình huống thường ngày hay hơn là nồi thịt om nhưng không thành công. Càng nghĩ về nồi thịt om lại càng buồn cười nhưng cố thế nào cũng không gạt nó ra khỏi đầu được. Cuối cùng tôi ra một đề thi có tên là *Nồi Thịt Om Tài Hoa*. Cơ sở lập luận của bài toán này là, chính phủ Mỹ dự kiến một Chiến lược Phòng thủ Chủ động, đưa lên không gian hàng ngàn nồi thịt om có gắn các động cơ tên lửa tí hon, có thể được kích hoạt bất kỳ thời điểm nào để đổ ập chỗ thịt om đó xuống thẳng các con tàu vũ trụ của Nga đang chuẩn bị quay trở về bầu khí quyển. Câu hỏi đặt

ra là, điều gì sẽ xảy ra, nếu bạn va vào một nỗi thất vọng đang chuyển động với vận tốc sáu mươi nghìn cây số một giờ?

Sau kỳ thi, người ta không còn chuyện gì khác để nói ngoài chuyện nỗi thất vọng. Sự phi lý của bài toán biến thành một lời bình luận trên báo về sự phi lý của chính việc tổ chức thi kiểm tra chất lượng, điều mà tôi thầm mong, và đã góp chút không khí vui vẻ cho hai ngày thi đầy lo âu. Tất nhiên là chẳng ai giải được bài toán này. Đó là một bài toán về sóng xung kích, điều mà chúng ta thường chỉ dạy cho sinh viên khi họ gần tốt nghiệp.¹ Ở những vận tốc này, mọi thứ - nỗi thất vọng, đất đá, sắt thép - mất hết sạch sức công phá và biến thành những bong bóng nước, sau đó bắn tung tóe dưới tác động của các sóng xung kích truyền qua chúng xuất phát từ những mặt phẳng tiếp xúc và bật đi bật lại ở bên trong với những tần suất điên cuồng. Một số sinh viên người Nga mà năm đó chúng tôi cho nhập học rất nhiều đã đến gần được với lời giải, có lẽ vì trước đó họ đã được làm quen với công nghệ quân sự, nhưng không ai thực sự tìm ra lời giải đúng. Một số sinh viên phàn nàn với tôi là tôi đã viết sai phương trình tên lửa, và đúng thể thực, một số khác thắc mắc hỏi tôi nỗi thất vọng là cái gì.² Tôi nói đó là một miếng thịt và giờ bàn tay bảo nó bằng thể này này. Sau này tôi nghe nói có một sinh viên đã tốn khối thời gian để ước tính khối lượng của nó, và đã đâm chiêu nhìn một người bạn đồng khóa bước ra khỏi phòng thi tay cầm bảng tính thay vì cầm từ điển, giá như thế.

-
1. Một quyển sách kinh điển về sóng xung kích của Ya.B. Zeldovich là *Physics of Shock Waves and High Temperature Hydrodynamic Phenomena* (Nxb Academic Press, Burlington, MA, 1967). Xem thêm Ya.B. Zeldovich et.al., *Star and Relativity* (Nxb Dover, Mineola, NY, 1997).
 2. Quyển sách tốt nhất về tên lửa là quyển sách của R.H. Goddard, *Rockets* (Nxb Dover, Mineola, NY, 2002). Xem thêm G.P. Sutton và O. Bilarz, *Rocket Propulsion Elements* (Nxb Interscience, New York, 2000).

Tôi không lẩn tránh trách nhiệm được bao lâu với cái trò bịp này. Đám sinh viên đã ngồi lại với nhau viết một vở hài kịch dựa theo phim *Vụ Án mạng của Thần Chết* của đạo diễn Neil Simon, rồi họ biểu diễn nó trong buổi tiệc mừng Giáng Sinh do khoa tổ chức năm đó.¹ Câu chuyện là, ông già Noel bị bắt cóc khiến trẻ em khắp mọi nơi hoảng loạn, còn các thám tử tài ba nhất thế giới thì tập trung lại điều tra vụ án. Quần áo xúng xính, họ đi đi về về trong phòng, tranh cãi xem ai là thám tử tài ba nhất của mọi thời đại và ai đưa ra giả thuyết đúng nhất về vụ án - cuối cùng họ dồn về phía bàn của tôi, và buộc tội tôi đã trấn lột cái xe kéo của ông già Noel để dùng làm bệ phóng cho hệ thống chống tên lửa mang tên *Nổi Thật Om Tài Hoa* của mình. Tôi đã lường trước nên chui ngay xuống gầm bàn chậm rãi lấy ra một miếng thịt còn đỏ hồng giầu sẫm ở đó. “Được thôi, không ai được cử động”, tôi nói. “Miếng thịt đã sẵn sàng chiến đấu, tôi sẽ không ngán gì đâu”.

Số kiếp buộc con người luôn phải khổ sở với những hạn chế và sự hèn yếu về tinh thần, để lại những hệ quả đáng buồn đầy ngập quanh ta, nhiều không đếm xuể, nhưng con người lại cũng được trời ban cho một bản năng không thể kìm nén đối với niềm lạc quan trào ra ở những thời điểm bất chợt, nhất là khi người ta còn trẻ. Sẽ luôn có những nhà khoa học - những nhà khoa học chân chính - vì một lý do đơn giản là lúc nào cũng đều có sự xuất hiện nhỏ giọt của những kẻ vô chính phủ, sinh ra từ các gia đình khả kính và đầy trách nhiệm, vốn hết mình ngăn ngừa kết quả đó và chỉ muốn đẻ ra toàn những chủ nhà băng, những bác sĩ, những huấn luyện viên bóng đá. Và khi những người lớn tuổi hơn bị sự nghiệt ngã của đời sống thực

1. Nguyên bản vở kịch ngắn trữ danh của Robin Erbacher có thể xem trên trang http://www.stanford.edu/dept/physics/Lighter_Side/Skit.

tế làm cho thui chột, thì những người mới lại sẽ xuất hiện thế chỗ của họ giống như những mầm cỏ xuân, trong một vòng luân hồi đầy sáng tạo, siêu vượt mọi thể hệ và dài lâu hơn cả lịch sử.

Có một câu chuyện hay vô cùng trong bộ truyện truyền kỳ có tên *Biên niên sử Hỏa tinh* của Ray Bradbury, mà tôi thỉnh thoảng lại nghĩ đến, vì nó nắm bắt được một cách tuyệt vời nghị lực khám phá bẩm sinh.¹ Câu chuyện diễn ra trong một tương lai viễn tưởng khi Hỏa tinh có người đến định cư, và những người mới đến này thấy tò mò về nền văn minh cổ xưa đã tàn lụi, nền văn minh đã dựng nên những đô thị gần đó, nay đã hoang tàn đổ nát, và việc những người Hỏa tinh đã đi đâu mất hết. Một sáng nọ, một ông bố nói khê với bà vợ và hai đứa con rằng cuối cùng ông đã tìm thấy vài người Hỏa tinh, và hôm nay họ sẽ đi gặp những người ấy. Ông bố đưa gia đình lên xe và lái đi rất xa, sâu vào vùng hoang mạc đến một thành phố chết của người Hỏa tinh. Trong sự tĩnh lặng ghê rợn thỉnh thoảng bị chính tiếng vọng của những bước chân của họ phá vỡ, người bố dẫn cả nhà đến bên một đài phun nước cổ và bảo họ nhìn xuống. Người Hỏa tinh ở dưới đó đấy, ông bảo. Họ nhìn xuống chẳng thấy ai lạ mà chỉ thấy bóng mình.

Ngày nay, nhìn chòng chọc xuống bất kỳ một đài phun nước nào, bạn đâu có thấy một người Hỏa tinh nào đang chằm chằm nhìn lại bạn, mà chỉ nhìn thấy một Chiến binh trong cuộc chiến giữa các vì sao cổ xưa đã chết từ lâu lắm rồi, một hình bóng ma quái của chính bạn đang đồng thời sống trong tương lai và trong cả quá khứ. Cũng như trong câu chuyện của Bradbury, bạn có thể quay về nhà và yên tâm nhủ lòng rằng đích thị họ đã xây dựng nên những thành phố vĩ đại đó, và bạn đã nhìn thấy họ.

1. R. Bradbury, *The Martian Chronicles* (Nxb William Morrow, New York, 1997).

CHƯƠNG 15

Bữa ăn ngoài trời

Con người phải biết làm thế nào để thay tã cho trẻ, biết trừ tính một cuộc xâm lăng, thịt một con lợn, lái một chiếc tàu, thiết kế một căn nhà, làm một bài thơ tứ tuyệt, quyết toán các khoản chi thu, xây một bức tường, nắn xương, an ủi người sắp chết, nhận mệnh lệnh, ra chỉ thị, hợp tác, hành động độc lập, giải các phương trình, phân tích một vấn đề mới, ủ phân, lập trình máy tính, nấu một món ăn ngon, chiến đấu một cách có hiệu quả, hy sinh một cách cao thượng. Chuyên môn hóa chỉ dành cho côn trùng.

R. A. Heinlein

Trong trường đại học, cũng như trong bất cứ hoạt động nào khác của con người, có những khoảnh khắc ngắn ngủi mà cảm giác đơn thương độc mã trong cuộc cạnh tranh nghề nghiệp bỗng như tan biến, người ta trở về với thuở học trò, khi có người khác trả tiền học phí, khi người ta có thì giờ nói chuyện trên trời dưới biển và mơ ước viễn vông. Những thời khắc như vậy hiếm lắm mà cũng chẳng kéo dài được bao năm, vì mây đen chẳng mấy chốc lại che phủ bầu trời và kéo ta về với thực tại. Nhưng trong cái thoáng chốc ngắn ngủi khi mặt trời đang soi rọi ấy, ánh sáng chan hòa và rục rịch luôn như gợi nhớ đến những cảm giác của tuổi thơ. Trường đại học của tôi hóa lại là nơi rất tốt để trải nghiệm những khoảnh khắc như vậy, không phải vì nơi đó chúng xảy đến thường xuyên hơn, mà vì hiệu

quả của nó được nhân lên bởi vẻ đẹp đến lặng người của khuôn viên trường đại học. Cũng hết như chính cái khoảnh khắc ấy, khu trường luôn ngập tràn ánh nắng rập rờn trên những vật cỏ và lan tỏa trên những lối đi rộng giữa hai hàng cọ, ngăn cách những tòa nhà nâu đất lợp ngói Tây Ban Nha phơi mình dưới ánh mặt trời. Thật khoan khoái làm sao khi ngồi cạnh chiếc bàn công viên làm bằng gỗ vân đỏ dưới bóng những cây sồi xum xuê, đắm mình trong làn sương muối nhẹ bốc lên từ mặt biển trong tiết trời hạ chí. Những sườn đồi nâu nhạt và yên tĩnh, quán cà phê sinh viên vẫn còn yên ắng, mấy chú sóc và se sẻ chăm chỉ sục sạo trong đám lá khô mót hạt sồi. Thế rồi Gumbrecht bỗng xuất hiện với một thùng rượu vang.

Trước nay tôi chỉ gặp Sepp Gumbrecht trên mạng, nên không rõ anh ấy nom như thế nào.¹ Nhân vật ở đầu kia của những bức thư điện tử là người có năng lực vô biên về tổ chức, có kiến thức văn hóa sâu rộng mà bạn khó tìm thấy ở Mỹ, vì vậy tôi hình dung đó là một người to cao, đeo mực kính giống như một chính khách - một người kiểu Âu điểm đậm, biết hết mọi ngóc ngách của cuộc đời, vì từng trải, vì từng kinh qua chiến tranh, từng giảng dạy ở nhiều trường đại học danh tiếng, từng sáu lần ly hôn, và nhiều thứ khác. Thật là sai lầm hết mức. Hóa ra anh ta đậm người, kiểu người béo lùn hay nhiều sự, mắt long lanh, một gã bô-hê-miêng khéo biết cách

1. *Giáo sư Gumbrecht có nhiều mối quan tâm khác nhau, mà ta có thể tóm tắt một cách thận trọng là ông theo chủ nghĩa Epicurea. Ông được trích dẫn trên trang web là ông muốn tận hưởng tối đa các thú vui thông thường, như ăn ngon, xem thể thao, và duy trì cuộc đời đại học cao cả, duy trì trường đại học như nơi trú ngụ của những ý tưởng liêu linh. Xem H.U. Gumbrecht, *The Power of Philology: Dynamics of Textual Scholarship* (Nxb University of Illinois Press, Champaign, IL, 2002); T. Lenoir và H.U. Gumbrecht, *Inscribing Science: Scientific Texts and the Materiality of Communication* (Nxb Stanford U. Press, Stanford, 1998). H.U. Gumbrecht, *In 1926: Living on the Edge of Time* (Nxb Harvard U. Press, Cambridge, 1997). Xem thêm <http://www.stanford.edu/dept/news/report/news/november29/gumbrecht-1129.html>.*

tạo dáng cho ra vẻ khả kính hơn con người thực. Lượng rượu vang mà anh mang theo trong thùng chứng thực cho điều đó.

Cuộc gặp mặt trao đổi của chúng tôi là nhân dịp Hội thảo Liên ngành về hiện tượng Đột sinh do Sepp đề xướng, một trong loạt những cuộc gặp mặt trao-đổi-văn-hóa mà anh tổ chức nhiều năm nay. Việc đưa ra chủ đề này phần nào là lỗi của tôi, vì tôi đệ trình nó lên để đáp lại lời kêu gọi mà anh gửi đi về việc mở ra những đề tài có thể đàm đạo mà không làm mất lòng nhau. Đó là một đòi hỏi quá cao. Bọn làm khoa học chúng tôi thường nghĩ nghệ thuật, lịch sử và những thú tương tự thật thú vị, quan thiết, nhưng quá phức hợp nên không hữu ích gì về mặt chuyên môn đối với mình, trong khi những nhà nhân văn lại nghĩ vật lý, hóa học và những thú tương tự cũng thật thú vị, quan thiết, nhưng quá đơn giản nên không hữu ích gì về mặt chuyên môn đối với họ. Nhưng ý niệm thoáng đạt về sự phức tạp, tinh vi sinh ra từ sự nguyên sơ hóa ra lại thấm sâu vào đời sống hàn lâm, tác động đến tất cả mọi người, để rồi cuối cùng được chấp nhận rộng rãi.

Sau màn tự giới thiệu và chào hỏi xã giao, Sepp và tôi vào nhà ăn sáng đúng kiểu Âu, cùng với nhóm người mà anh ấy mời tham gia hội thảo. Một số người trong bọn họ tôi đã quen mặt, còn phần lớn thì không, vì một phần thắng lợi của kẻ nhiều sự trong các trường đại học là tìm được cách moi cho ra một ít kinh phí đi lại cho khách mời. Đứng ngay lối vào là nhà thiên văn học Andrei Linde,¹ người của trường, đang nhăm nháp cà phê, người có tiếng hóm và mê triết học (ông là người Nga), và cũng chính là người đã khiến các

1. Giáo sư Linde đặc biệt nổi tiếng vì những đóng góp cho ngành vũ trụ học mở rộng, và qua đó ông nhận được Huy chương Dirac, cùng với Alan Guth và Paul Steinhardt năm 2002. Xem A.D. Linde, *Inflation and Quantum Cosmology* (Nxb Academic Press, Burlington, MA, 1990).

cuộc họp khoa của chúng tôi lúc nào cũng vui nhộn. Cạnh ông là nhà luân lý học sinh học Sandra Mitchell,¹ nhóp nhép nhai bánh xốp và ngó quanh tìm kiếm người để tranh luận. Góc đằng kia, kỹ sư vật liệu John Bravman² đang hùng hồn bảo vệ tính hữu dụng không thể thiếu của điện tử học nano và máy móc vi cơ học với vị học giả tôn giáo Catherine Pickstock,³ bà này mỉm cười duyên dáng trong khi khéo léo hướng cuộc thảo luận quay sang đề tài về sự tồn tại của trạng thái xuất thần. Carl Djerassi, người sáng chế ra thuốc tránh thai, đứng ngay cạnh đó thì đang diễn thuyết một cách sinh động về chủ đề yêu thích của ông, tình dục.⁴ Triết gia Martin Steel, khoác hờ áo choàng trên vai theo kiểu Âu, đứng góc đối diện, đang bình luận rất sâu về Heidegger.⁵ Nhà nhân học Denise Schmandt-

-
1. Giáo sư Mitchell đặc biệt quan tâm đến sự tự tổ chức trong ngành sinh học, ví dụ như tổ của các loài sâu sống thành cộng đồng. Xem S.D. Mitchell, *Biological Complexity and Integrative Pluralism* (Nxb Cambridge U. Press, Cambridge, 2003).
 2. Giáo sư Bravman quan tâm đến hiện tượng di cư điện tử, hiện tượng suy yếu trong ứng dụng MEMS, điện môi oxide-kim loại dùng cho tranzitor ở thang độ nano, và cơ chế hoạt động của bề mặt màng mỏng dùng cho vật liệu bao bọc. Ông hiện là phó giám đốc trường đại học Stanford.
 3. Giáo sư Pickstock đã viết nhiều công trình về điều mà bà cho rằng sự cần thiết của xã hội phương Tây trong việc thờ cúng. Bà cũng thách thức quyền của một thiểu số ưu tú trong khoa học trong việc định nghĩa thực tại. Xem C. Pickstock, *After Writing: On the Liturgical Consummation of Philosophy* (Nxb Blackwell, Oxford, 1997); G. Ward, J. Milbank, và C. Pickstock, eds. *Radical Orthodoxy: A New Theology* (Nxb Routledge, London, 1999).
 4. Giáo sư Djerassi là một học giả theo đuổi hai sự nghiệp, ban đầu ông tìm ra thuốc tránh thai, rồi sau đó ông viết tiểu thuyết và kịch. Xem C. Djerassi, *This Man's Pill, Reflections on the 50th Birthday of the Pill* (Nxb Oxford U. Press, London, 2001); C. Djerassi, *The Pill, Pygmy Chimps, and Dega's Horse: The Remarkable Autobiography of the Award-Winning Scientist Who Synthesize the Birth Control Pill* (Nxb Basic Books, New York, 1998); C. Djerassi, *Oxygen* (Nxb Wiley, New York, 2001).
 5. Giáo sư Seel quan tâm liệu đáng về triết học của một người có làm thay đổi cách nhìn nhận của người ấy hay không, và cuối cùng, là cuộc đời của anh ta như thế nào. Xem M. Seel, *Asthetik des Erscheinens* (Nxb Hansen, Munchen, 2000); và M. Seel, *Sich bestimmen lassen: Studien zur theoretischen und praktischen Philosophie* (Nxb Suhrkamp, Frankfurt, 2002).

Besserat đứng cạnh thì thỉnh thoảng lại dùng tăm nhón một miếng dưa bở tí tẹo và phát biểu về vấn đề người Palestine bằng một cái ngữ điệu rất Pháp.¹ Đúng sau cô là luật gia Rich Ford² đang nuốt vọi ngum nước cam và trình bày những ý tưởng của mình theo lối ngắn gọn, nhanh như bắn súng liên thanh nhằm ngăn người ta kịp phản bác lại. Quân sư máy tính Terry Winograd đứng sau Rich Ford thì đang kiên nhẫn giải thích về trí tuệ nhân tạo cho một vài nhân vật đa nghi về khả năng của máy tính.³ Nhà Italia học Bob Harrison thì xen vào đủ mọi chuyện và đưa ra những nhận xét triết học vụn vặt để kín đáo đánh giá người khác. Nhà ngữ văn Andreas Kablitz, rõ ràng còn đang bị mệt vì đi máy bay, đứng bên cạnh miêu tả một cách chi tiết những nét tương đồng giữa chuyến bay mới đây của ông từ châu Âu với bản *Thần Khúc*⁴ của đại thi hào Dante. Cạnh ông, Dean Wlad Godzich diễn giải một cách thân thiện nhưng đầy tự tin về tình hình chính trị vùng Cận Đông.⁵

-
1. Giáo sư Schmandt-Besserat đề xuất một lý thuyết rất hợp lý rằng chữ dạng nêm cuneiform phát triển từ nhu cầu đếm trong hoạt động thương mại. Xem D. Schmandt-Besserat, *How Writing Came About* (Nxb U. Texas Press, Austin, 1996).
 2. Giáo sư Ford quan tâm chủ yếu đến hoạt động chống phân biệt đối xử và luật sở hữu tài sản. Xem R. T. Ford, *Racial Culture: A Critique* (Nxb Princeton University Press, Princeton, NJ, 2004).
 3. Giáo sư Winograd là một trong những người tiên phong trong lĩnh vực trí thông minh máy tính. Hai trong số sinh viên của ông đã thành lập công ty Google. Xem T. Winograd và F. Flores, *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation of Design* (Nxb Addison-Wesley, Boston, 1987).
 4. Giáo sư Kablitz quan tâm chủ yếu đến triết học, đặc biệt là mối liên quan giữa vở *Divina Commedia* của Dante với những tác phẩm quan trọng khác trong văn học phương Tây, đặc biệt là vở *Aeneid* của Virgil và Kinh Thánh. Xem A. Kablitz và G. Newmann, *Mimesis and Simulation* (Nxb Rombach, Freiburg, 1998); A. Kablitz and H. Pfeiffer *Interpretation und Lektüre* (Nxb Rombach, Freiburg, 2001).
 5. W. Godzich, *The Culture of Literacy* (Nxb Havard U. Press, Cambridge, 1994); W. Godzich và J. Kittay *The Emergence of Prose: An Essay in Prosaics* (Nxb U. of Minnesota Press, Minneapolis, 1987).

Các nhà nghiên cứu nhân văn có một thói quen kỳ lạ là thích hướng các cuộc thảo luận vào từ ngữ hơn là vào sự vật hay sự việc - hoàn toàn ngược lại với những gì xảy ra trong vật lý học - có lẽ vì công việc của họ đòi hỏi họ phải hiểu con người hành xử ra sao, thay vì máy móc hoạt động như thế nào. Vì thế, sau bữa điểm tâm, mọi người đều nhao nhao bàn về việc anh ta hoặc chị ta hiểu thế nào là “đột sinh”, hết như những gì xảy ra vào sáng thứ Hai ở Sở Giao dịch Thương mại Chicago. Sau hai giờ đưa ra những ghi nhận tế nhị kiểu như “sự đột sinh chính là hành vi đột sinh”, người ta mới thấy rõ là quan niệm này khó nắm bắt một cách kỳ lạ, giống như cách phân định nổi tiếng thế nào là tác phẩm khiêu dâm của ngài Thẩm phán Potter Stewart: tôi không định nghĩa nó được, nhưng xem là tôi biết liền.¹ Nhưng càng về sau, mọi thứ dần dần càng được cô đọng lại, và rốt cuộc thì một vài ví dụ rất rõ nét cũng được gạn lọc ra.²

Ví dụ mà tôi nhớ rõ nhất, phần nào là nhờ vào những chương trình truyền hình đặc biệt nở rộ của Edwin O. Wilson, là sự tự tổ chức của côn trùng theo lối xã hội.³ Để trả lời một số lời bình luận của tôi về sự tự tập hợp của các nguyên tử, Sandra chỉ ra rằng các tổ ong cũng không có người điều hành - không có cá thể nào quyết định ai sẽ làm gì hoặc quy mô tổng thể của tổ sẽ được cấu trúc như

-
1. Tuyên bố nổi tiếng này xuất hiện trong ý kiến được nhất trí của Thẩm phán Potter Stewart trong phiên tòa năm 1964 của Tòa Án Tối Cao trong vụ xử Jacobellis kiện Ohio. Vụ kiện này liên quan tới một rạp chiếu bóng chiếu bộ phim *The Lovers* trong đó có chiếu một đoạn tình dục ngắn của diễn viên Jean Moreau. Thẩm phán Stewart chấp thuận bác bỏ cáo buộc trên cơ sở cho rằng bộ phim này không phải là phim khiêu dâm hạng nặng.
 2. Một số lời phát biểu này được trích dẫn nguyên văn từ các báo cáo được thực hiện bởi các thành viên ủy ban trong Hội thảo về các hiện tượng đột sinh, tổ chức tại Stanford Center for Humanities tháng 8/2002.
 3. Tóm lược về hoạt động xã hội của côn trùng, xem B. Holldobler và E.O. Wilson, *The Ants* (Nxb Belknap Press, Cambridge, 1990).

thế nào. Những con ong tự tổ chức lấy với nhau. Bản tính tự nhiên của một đàn ong được mã hóa ngay trong hành vi ứng xử của những con ong cá thể, đúng như cách mà các cấu trúc của trò chơi *Life* của Conway được mã hóa thành những quy tắc chuyển động đơn giản, và cũng rất khó tiên đoán. Do đó đàn ong mang một ý nghĩa khác và vượt lên trên ý nghĩa của những thành phần của nó, cũng giống hệt như những cấu trúc của các ô-tô-mat tế bào đơn giản.

Hoạt động của đàn ong khiến ta liên tưởng đến các nền kinh tế của con người, nên chúng tôi đã chuyển sang nói về chủ đề này. Ở đây tôi loáng thoáng có được mấy bài học của Gumbrecht và Seel nói rằng đó là những tư tưởng phi mác xít. Tiền đề cơ bản của chủ nghĩa xã hội là như sau: tới một chừng mực nào đó, theo người ta hiểu, thì những quy tắc đã được biết trong ứng xử của con người phải được các chính thể kiểm soát vì lợi ích chung của mọi người. Nhưng tư tưởng này lại thiếu sót một cách đáng thương nếu như nền kinh tế lại hoạt động thực sự thông qua những nguyên lý tổ chức tinh vi được mã hóa thành những quy tắc ứng xử của con người, hiệu quả đến mức bạn không thể luận ra được. Trong thời đại bùng nổ các cửa hàng Mc Donald và hàng núi hàng hóa Trung Quốc bày bán ở các siêu thị Wal Mart, người ta thường nghe nói rằng các nền kinh tế “quá phức tạp”, không cách gì điều hành chúng theo lối vi mô được nữa. Việc đó tuy nhiên chẳng khác gì việc nói một số quá trình hóa học nào đó “quá phức tạp”, không cách gì kiểm soát chúng trên cơ sở vi mô được nữa. Chung quy lại là một cách nhận thức cho rằng bản chất của một nền kinh tế không nằm ở những thứ cơ bản - như dự trữ lương thực, vận tải, y tế, v.v... - mà nằm ở tổ chức cao cấp hơn xuất phát từ những thứ cơ bản đó.

Sau khi đã cắt nghĩa nền kinh tế thế giới là như thế, chúng tôi

hăng hái chuyển sang đề tài về ý thức. Và cũng như nó vẫn thường xảy ra khi bàn đến chuyện này, cuộc đàm đạo nhanh chóng sa lầy vào việc xác định xem liệu ý thức có phải là vật chất hay không. Giáo sư Pickstock lập luận rằng ý thức không phải là vật chất, và rằng quan điểm ngược lại chẳng qua chỉ là một sự biện minh về mặt ý thức hệ cho các hành vi phi luân mà thôi. Winograd bác lại rằng thế thì thật lỗ bịch, rằng tâm trí cũng phải là một dạng vật chất, và chẳng có gì phi luân trong việc tìm hiểu xem nó hoạt động như thế nào cả. Tôi ngồi cạnh Terry nên nín lặng không đề cập đến trò chơi điện tử Duke Nuke'em, đến ấn phẩm khiêu dâm trên mạng, và đến thư rác. Winograd vạch cho thấy - mà theo tôi là chính xác - để trải nghiệm chắc chắn tính vật chất của tâm trí thì phải xây dựng được một cỗ máy biểu lộ ý thức. Ông cũng thừa nhận là mọi nỗ lực tiến hành một thí nghiệm như vậy cho tới nay vẫn chưa đâu vào đâu, và do đó mà mọi người vẫn nghiêng về khẳng định của giáo sư Pickstock. Ông nói rằng các nhà khoa học máy tính hiện cho rằng sự thất bại mang tính kỹ thuật và gốc rễ của nó nằm ở việc không có khả năng kiểm soát tất cả các hoạt động của máy tính ở tầm vi mô. Nếu ý thức không nằm trong bản thân chương trình mà lại là kết quả của sự tự tổ chức đột sinh của các cấu trúc logic mà nó sinh ra, thì bạn chỉ có thể thiết kế những cỗ máy có ý thức sau khi nắm bắt được hết các nguyên lý tổ chức có liên quan. Ông bảo rằng suy nghĩ này là động lực thúc đẩy cho trào lưu tạo ra những chương trình có khả năng ứng xử "thích nghi" - thay đổi quy tắc nền để đối phó lại với những hệ quả của các hành động trước đó.

Từ những cấu trúc logic hình thành nên tâm trí, ta đã âm thầm đến với những cấu trúc logic do chính tâm trí tạo ra, bắt đầu bằng trường hợp về khoa học luật, một trường hợp rất đầy đủ tài liệu dẫn chứng. Ông Rich kể lại với chúng tôi về một cuộc tranh luận

diễn ra ác liệt giữa các các học giả ngành luật về việc liệu luật pháp có thực sự khách quan hay không. Những nhà luật học Anh và Mỹ, ông nói, thường tán thành quan điểm “thiên về lý tính” cho rằng các cuộc tranh tụng có thể, và nên, được quyết định một cách hợp logic chiếu theo những nguyên tắc bao quát hay những mục tiêu sáng suốt. Nhưng những thứ luật mà các cơ quan lập pháp thực sự viết ra lại thường mơ hồ, một thông lệ cung cấp cho các tòa một phạm vi quyền hạn vô cùng rộng rãi trong việc xác định cách hiểu thực sự về một điều luật. Chỉ sau khi có sẵn tiền lệ rồi thì những luật như vậy mới có thể được áp dụng với những kết quả tiên đoán được. Từ góc nhìn thiên về lý tính, quyền thực tế được làm luật của các tòa án là một dấu hiệu chứng tỏ sự kém cỏi của cơ quan lập pháp, cái mà bạn muốn vạch rõ và loại trừ. Nhưng một nhóm ngày càng nhiều các học giả “phi duy lý” tin rằng sự mơ hồ này không hề giống chút nào với một căn bệnh cần chữa trị, mà sự mơ hồ đó và đi kèm với nó là nhiệm vụ đặt luật pháp lên trên hết của hệ thống luật pháp chính là bản chất cốt lõi của mọi cơ quan lập pháp. Họ lập luận rằng sự phát triển một cách hoàn toàn logic pháp luật là bất khả và cũng không nên mong chờ điều ấy.

Cuộc thảo luận về pháp luật đã khiến Carl cảm thấy bị hẫng trong việc đề xuất một sự điều chỉnh mang tính kỹ thuật, vốn ảnh hưởng trực tiếp đến phát minh tuyệt vời của anh, cũng như đến nhiều thứ khác mà anh rất quan tâm. Anh cúi kính nói rằng luật điều tiết thường là loại luật rất đồng đánh, thất thường và hay gây ngộ nhận, rằng gốc rễ của vấn đề nằm ở chỗ các nhà lập pháp đã không hiểu một cách thỏa đáng cái động lực xã hội đã khiến cho những cách tân có ý nghĩa về mặt kỹ thuật làm nảy sinh những hệ quả lớn khôn lường. Anh dẫn ra một trường hợp cụ thể, đó là việc những phụ nữ trẻ có khả năng đẻ tốt ngày càng có xu hướng

hút hết trứng ra để bảo quản bên ngoài và cho thụ tinh sau nhiều năm - bằng cách đó trì hoãn không phải sinh nở vào lứa tuổi nguy hiểm là 38. Đó là một hệ quả của việc chữa trị chứng vô sinh mà đã không ai lường trước. Anh lập luận rằng đơn giản là không kiểm soát được những kiểu phát triển như vậy, nên tiến trình hành động khả quan nhất đối với xã hội của chúng ta là để họ tự phát triển rồi gọt đẽo pháp luật cho phù hợp với tình huống lịch sử, chứ không phải làm ngược lại.

Việc hằng say tấn công giới luật gia đã khiến Denise mạnh dạn nhận xét rằng một ví dụ đã được đưa vào sách giáo khoa về cái động lực mà Carl nói - và cũng là một sáng tạo quan trọng mang tính tổ chức của tinh thần - là việc phát minh ra chữ viết. Dở một cái là những thực kiện lịch sử xoay quanh chủ đề này vẫn còn gây tranh cãi.¹ Một số học giả tạm bằng lòng với giả thuyết cho rằng chữ viết xuất hiện ở vùng Lưỡng Hà vào khoảng năm 3.300 trước Công Lịch và từ đó lan truyền ra khắp thế giới. Những người khác tin là chữ viết được phát triển một cách ít nhiều độc lập từ ít nhất ba trung tâm khác nhau - vùng Cận Đông, Trung Hoa và Trung Mỹ. Còn Denise thì giải thích rằng ít ra ở Cận Đông cổ đại cũng có bằng chứng đáng tin cậy cho thấy chữ viết phát sinh từ một kỹ thuật tính toán phát triển cao. Đó từng là một xã hội nông nghiệp trong đó kỹ năng làm tính là điều kiện tiên quyết cho việc sống còn. Vào một thời điểm nào đó, cô nói tiếp, có một ai đó đã quyết định sử dụng những thẻ nặn bằng đất sét theo các dạng hình học

1. *Tóm lược về các lý thuyết giải thích nguồn gốc chữ viết*, xem P. T. Daniels và W. Bright, eds., *The World's Writing Systems* (Nxb Oxford U. Press, New York, 1996). Có một trang web rất hay về chủ đề này, được kỹ sư phần mềm L.K. Lo duy trì bởi. Xem <http://www.ancientscripts.com>

đơn giản để đại diện cho các loại sản phẩm. Bước cơ bản ban đầu này sau đó đã dẫn đến sự ra đời của chữ viết, thông qua một loạt những hoạt động đối đáp.

Cuộc tranh luận về chữ viết biến thành một cuộc trao đổi rộng ra về việc bản thân ngôn ngữ xuất hiện từ đâu. Quá trình phát triển này tất nhiên là diễn ra sớm hơn sự xuất hiện của chữ viết rất nhiều, do đó cũng khó xác định dựa trên thực kiện hơn. Nhưng Wlad chỉ ra rằng có một đầu mối tuyệt diệu tìm thấy trong các tài liệu lịch sử. Văn xuôi ngày nay được dạy một cách hiển nhiên như một phương thức tổ chức viết và suy nghĩ, nhưng điều đó là sai. Văn xuôi phát triển từ thi ca, chứ không phải thi ca phát triển lên từ văn xuôi. Văn và điệu của thơ, những hình mẫu khiến người ta dễ nhớ mọi thứ hơn, đã xuất hiện trước, và rồi chỉ sau đó mới chuyển thành văn xuôi.

Việc nhảy từ chủ đề phi thường này sang chủ đề phi thường khác trong suốt cả buổi sáng làm chúng tôi mệt phờ và không thiết tha lắm nữa và thế cũng là phải, cuối cùng đành chuyển sang bàn những chủ đề vô thường vô phạt như ý nghĩa cuộc đời. Thế nhưng hóa ra cũng là cái đáng nói. Sandra vạch ra rằng tham vọng lên kế hoạch cho cuộc đời là một tham vọng hết sức mông lung, vì những bất ngờ tự nhiên xảy đến trên đường đời - bệnh tật, ly hôn, sinh đẻ, mất việc - có những hệ quả lớn mà người ta không thể lường trước được. Phần lớn chúng ta hiểu qua trực giác rằng một đầu óc khỏe mạnh đòi hỏi phải được nếm trải những thăng giáng của cuộc đời và đối phó với chúng một cách linh hoạt, rồi qua đó tích lũy kinh nghiệm sống. Ý tưởng hợp tình hợp lý này được tóm gọn trong tựa đề quyển sách của Martin Seel *Sich Bestimmen Lassen* [*Hãy tự quyết định*]. Quan điểm chính của cuốn sách này là, trong vương quốc của

hoạt động con người (cái thực tiễn) có một số thứ không thể kiểm soát được mà phải chấp nhận cho chúng tự diễn ra.

Và lại trưa nóng rồi thì cũng chẳng ai còn đầu óc đâu mà tranh cãi, nên chúng tôi vui vẻ tận hưởng buổi ăn trưa phục vụ ngoài trời dưới ánh nắng ấm áp, cùng với vô khối rượu vang mà Sepp mang theo đến. Bữa tiệc kéo dài một cách tự nhiên, chúng tôi rót hết cốc này đến cốc khác cũng rất tự nhiên, và rồi tự nhiên là thùng rượu của Sepp đã biến cái hỗn độn của buổi sáng thành một cái gì đó mạch lạc. Thật là kỳ diệu khi thấy kế hoạch bậc thầy của Sepp diễn ra đúng như anh dự kiến.

Cũng phải mất khoảng một giờ đồng hồ để điều này xảy ra, cuộc đàm đạo tự nhiên giữa những người bạn dần dần tụ trung lại thành một nỗ lực tập thể nghiêm túc chưa từng thấy trong việc định nghĩa khái niệm “đột sinh” từ những gì được tranh cãi lúc sáng. Vì toàn là các nhà hàn lâm nên những người tham gia lúc trước đã quên mất cái nguy cơ là tiểu tiết thì có thể đúng nhưng bức tranh toàn cảnh lại sai - giống chuyện thầy bói mù xem voi, mỗi người đều cố một cách vô ích tìm hiểu xem “voi” là gì xuất phát từ những số đo của riêng mình thực hiện đối với người thì cái bụng, người thì cái chân, người thì cái vòi, v.v... Cuối cùng mọi người đi đến kết luận: Đột sinh có nghĩa là sự không thể tránh khỏi mang tính ổn định trong hành trạng của một số sự vật nhất định. Đột sinh có nghĩa là tính không thể tiên đoán được, hiểu theo nghĩa là có những sự kiện nhỏ gây ra cho những sự kiện lớn hơn những biến đổi lớn về mặt phẩm tính. Đột sinh có nghĩa là có cái gì đó về cơ bản không thể kiểm soát được. Đột sinh là định luật tự nhiên mà con người phải tuân theo. Nói cách khác, cả đám các học giả nhân văn chưa thông suốt về mặt kỹ thuật đã xác định một cách *chính xác* rằng những

nguyên lý trừu tượng mà chúng ta đã biết thông qua đo đạc có tác động trong thế giới nguyên thủy. Thật là thú vị.

Tôi thực sự không lấy làm ngạc nhiên về kết cục này, vì tôi đã cảm thấy rằng sự sống đôi này là hiển nhiên và chỉ cần có dịp thôi là lộ diện. Dù sao thì nó cũng khiến những người chứng kiến hài lòng. Chính xác nó có nghĩa gì thì bạn còn phải tranh luận lâu, nhưng cách lý giải mà tôi ưa thích nhất chỉ đơn giản là thế này: hành trạng của con người cũng giống như vạn vật thôi, vì nó là một phần của vạn vật, và bị điều khiển bởi cùng những quy luật tự nhiên như tất cả mọi thứ trên đời. Nói cách khác, chúng ta giống như những tạo vật nguyên thủy, vì chính chúng đã cấu thành nên chúng ta - không phải vì chúng ta đã đem nhân cách hóa chúng hay vì chúng ta đã dùng tâm trí mình để kiểm soát chúng. Sự tương đồng giữa tổ chức của một cuộc sống với tổ chức của các electron không phải là một sự ngẫu nhiên hay một sự tưởng tượng, mà là mang tính vật lý.

Chúng tôi đã không thảo luận một cách tường tận về một hiện tượng “đột sinh” cụ thể đặc biệt quan trọng nào, vì những người làm trong lĩnh vực hàn lâm chúng tôi đều hiểu rõ mục đích của trường đại học, là nơi để những nhóm người như chúng tôi họp lại với nhau để từ đó đẻ ra những ý tưởng mới mẻ. Ông nhạc tôi, dù lúc ngắt ngưỡng hay lúc tỉnh đều luôn thích chứng minh rằng đổ ai biết được vì sao trẻ con lại học đọc. Chúng cứ làm việc đó tự nhiên thế thôi. Cũng giống như đổ ai biết được vì sao đầu óc của một người cứ vẫn tiếp tục tiến hóa và phát triển qua cả tuổi trưởng thành cho tới khi về già. Nó cứ diễn ra tự nhiên thế thôi. Các học giả chúng ta cứ hay chắc mẫm rằng vào những năm tuổi trẻ thì trí óc người ta phát triển nhanh chóng nhất, nhưng thực ra chẳng đúng tí nào. Việc cứ định bừa ra như thế chẳng qua chỉ là một khoản mục trong bản kế

ước ký với quỹ sứ trong một học viện như học viện của tôi để sàng lọc những sinh viên ưu tú ra khỏi những sinh viên có vẻ như kém ưu tú hơn mà thôi. Khía cạnh này của công việc là cần thiết, nhưng hầu hết chúng ta chẳng ai ưa, và càng già lại càng không ưa. Chẳng có bậc phụ huynh nào lại muốn con cái mình an phận thủ thường, nhưng cha mẹ nào rồi cũng muốn con cái được thụ hưởng những gì tốt lành của cuộc đời, mà một trong số những điều đó là niềm vui lần đầu tiên hiểu ra mọi việc và khám phá thấy rằng những thứ bạn nghĩ là khác nhau lắm lắm thực ra chẳng khác nhau gì. Tôi cũng là một phụ huynh, và tôi hiểu rằng nơi chốn đích thực để sống và học tập, khác với một nơi để thể hiện mình, không phải là phòng học, mà là dưới cổng mái vòm Hy Lạp xa xưa, hay thay vào đó hiện nay chính là quanh bàn ăn trong vườn trường dưới ánh nắng mặt trời.

Đoạn kết của câu chuyện như thường lệ là một tiếng thở phào và rồi mọi người phải quay trở về tìm đến cái êm đềm thường nhật. Chúng tôi làm một cuộc du ngoạn tuyệt vời trong buổi chiều, viếng thăm trại chăn nuôi gia súc của Djerassi bên sườn dãy núi Santa Cruz gần đấy. Djerassi đã cải tạo nó thành một nơi nghỉ dưỡng cho các nghệ sĩ. Bạn tha thẩn dạo bước quanh khu vườn đầy những tác phẩm điêu khắc đắt giá để ngưỡng mộ sở thích nghệ thuật của anh, để thưởng ngoạn khung cảnh tráng lệ của rừng cây và để ngắm nhìn cảnh mặt trời lặn bên kia bờ Thái Bình Dương. Còn có cả một câu chuyện tiểu lâm về phòng tránh thai, vì tên gọi của trại nghệ sĩ này lại là trại SMIP, trùng với chữ viết tắt của một chương trình ngừa thai của hãng thuốc Syntex. Sau cuộc đi dạo, chúng tôi tụ tập lại ăn một bữa tối tuyệt diệu tại một quán ăn tên là Manresa ở Los Gatos, mà đầu bếp là một nghệ nhân, người biết bày biện những bàn tiệc bắt mắt theo phong cách mới lạ, dưới ánh sáng tỏa ra từ các ngọn nến bo-hê-miêng trong khung cảnh đầy những đồ mỹ nghệ tinh xảo

đến từ khắp nơi trên thế giới. Sepp đã trừ tính đầu ra đẩy và thuê cho chúng tôi một chiếc limosine dài để khỏi lo việc đi lại. Sau bữa tối, chúng tôi quay về khuôn viên trường đại học, trao đổi địa chỉ, chào từ biệt, rồi tôi đạp xe về nhà khi trời đã tối hẳn. Về đến nhà, tôi tìm cách giải thích những gì đã diễn ra với vợ mình và thấy cô ấy còn quan tâm đến khía cạnh nhân văn của cuộc hội thảo hơn cả tôi (đó cũng là điều thường xảy ra với những bà vợ của các nhà vật lý), nhưng rõ ràng là tôi đã kể chuyện không ra gì. Vợ tôi liền tổng tôi đi ngủ và lẩm bầm cái gì đó về một ngày xui xẻo.

Tôi ngủ thiếp đi và mơ thấy một câu chuyện nổi tiếng về một ông giáo sư ngoại tình trở về nhà lúc ba giờ sáng, quần áo nhàu nát, tóc tai bù xù, cựa vạt xộc xệch,...rón rén leo lên giường. Đèn bật sáng. “Làm sao thế này hả?”, bà vợ cúi kính hỏi. “Ừ thôi” ông bẽn lèn phân trần, “Cho tôi xin. Chả là tôi ra quán uống với mấy ông bạn, rồi tôi đánh bạc và thua mất một ít tiền, và lại ở đấy còn mấy phụ nữ nữa”. “Ông đừng có lừa tôi”, bà vợ tỏ ra như mình thừa biết. “Ông ở lại nghiên cứu vật lý chứ gì”.

Tôi rút ra kết luận từ nhiều năm làm nghiên cứu cần cù rằng câu chuyện về Adam và Eve trong Kinh Thánh thực ra là sai. Không phải là con rắn đã bảo Eve ăn quả táo tri thức, rồi thì cô ăn và rủ cả Adam ăn cùng, để đến nỗi Thượng Đế trừng phạt cả hai người phải lao động cực nhọc và kết quả là phải chết. Trên thực tế là Adam và Eve đã ăn thịt con rắn trong một quán ăn Tàu gọi là quán Tri Thức rồi tráng miệng mấy quả vải với mấy cái bánh may mắn (loại bánh trong nhân chứa lời chúc may mắn). Adam bẻ cái bánh của mình ra và đọc, “Đây là các phương trình của vũ trụ. Chúc bạn gặp may trong tính toán”. Đến lượt Eve bẻ bánh của mình thì lại thấy, “Chớ tin những gì người đàn ông này nói”. Và thế giới như chúng ta biết đã bắt đầu như vậy.

CHƯƠNG 16

Thời đại đột sinh

Hãy luôn coi vũ trụ như một sinh linh, có một thể chất và một linh hồn; hãy quan sát xem muôn vật làm sao lại đều liên quan đến một năng lực tri giác, và là năng lực tri giác về cái sinh linh đó; và làm sao mà muôn vật đều hành xử theo cùng một lối vận động; và sao mà muôn vật đều cùng hợp tác với nhau để tạo ra muôn vật tồn tại trên cõi đời này; hãy quan sát cả chuyển động xoay tròn không ngừng của cuộn chỉ và sự đan dệt của lưới trời.

Marcus Aurelius

Một quy tắc hữu hiệu cơ bản để sống một cuộc đời hạnh phúc là chớ có cưỡng điệu hóa nó với những loại thời đại mới. Tôi đã đủ nhiều tuổi để nhớ được dăm ba cái kiểu thời đại mới như vậy, nhớ nhất là Thời đại Bảo Bình (Aquarius), mà thực ra nó cũng đã mất tăm từ lâu kể từ khi mà các nhà chiêm tinh bảo rằng nó khởi đầu: 17 giờ 35 phút giờ Greenwich, ngày 23 tháng Giêng năm 1997. Hứa hẹn những thời đại mới là một nét đặc trưng quen thuộc của xã hội hiện đại, phần nhiều là vì hầu hết chúng ta là những người lạc quan luôn tin tưởng vào một ngày mai tươi sáng hơn, và vì lý do đó mà cũng dễ dàng trở thành cái bia cho những trò vô liêm sỉ. Ví dụ như Thời đại Bảo Bình, nó không mang lại sự khai minh, hòa bình và tình yêu thương như chúng ta mong muốn, mà ngược lại

nó đưa đến những mối lo ngại về nghề nghiệp và những gánh nặng gia đình, đi kèm với căn bệnh AIDS, nạn thất nghiệp, sự thiếu thốn và chiến tranh sinh học.¹ Giống như một căn nhà chung cư hay một cái xe ô tô mới, một thời đại mới sau khi đã phai sơn và giảm giá đi chút ít thì bắt đầu nom cũng giống với cái cũ mà nó thay thế thôi.

Sức hấp dẫn của những thời đại mới cũng giống như sự thôi thúc tìm kiếm Chân lý Tối hậu (Chân Đế), điều mà ai trong chúng ta cũng làm không lúc này thì lúc khác. Ví dụ như đúng vào thời điểm này đây, tôi đã không chịu nổi sự cá mỗ nữa và cũng bắt đầu lướt mạng như ai. Bên cạnh những trang mạng về Thiên chúa giáo thông thường, tôi tìm được những trang liên quan đến Chân Đế và Niết Bàn, Chân Đế và đảng Quốc Xã ở Nam Mỹ, Chân lý Tối hậu và người ngoài Hành tinh, Chân lý Tối hậu và kinh Koran, Chân lý Tối hậu về nam diễn viên Cary Grant, Tạp chí Chân Đế trực tuyến, Chân lý Tối hậu trong ban nhạc Rock-and-Roll Nga, Chân lý Tối hậu trong phim người lớn, và cả Chân lý Tối hậu về Vũ trụ Giải Tâm linh Vị lợi mang màu sắc Tư bản chủ nghĩa. Sự chiêm biếm tốt đỉnh của động cơ này là bộ truyện truyền kỳ *Hitchhiker's Guide to the Galaxy* [Sách hướng dẫn du lịch Thiên hà của Hitchhiker] của Douglas Adams, trong đó cỗ máy tính có tên là Deep Thought tuyên bố rằng sau 7,5 triệu năm lao động cật lực, nó đã tìm ra đáp số cho Câu Đố Lớn về Sự sống, Vũ trụ và Vạn vật. Đáp số, nó nói, là bốn-mươi-hai.² Thế là các nhà khoa học tập hợp lại với nhau và tiếp đó

-
1. Mặc dù xuất hiện lần đầu bằng tiếng Anh năm 1635, “lessness” trên thực tế là một từ mới. Xem D. Coupland, *Generation X: Tales for an Accelerated Culture* (Nxb St. Martin's Press, New York, 1992).
 2. D. Adams, *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* (Nxb Ballantine Books, New York, 1995). Quyển sách này ban đầu xuất bản năm 1975 và được đài BBC chuyển thành phim truyền hình nhiều tập.

được Deep Thought cho biết rằng nếu đáp số chỉ có vậy thì có nghĩa là câu đố đã được đặt ra *không rõ ràng*, nên họ hướng dẫn nó thiết kế ra một máy tính còn lớn hơn, chính là Trái Đất, để tìm ra câu đố. Trái đất được dựng lên, và suy nghĩ về câu đố này trong vòng ba tỉ năm. Thật không may là chỉ năm phút trước khi sẵn sàng công bố đáp số, thì nó bị người của hành tinh Vogon phá hủy.

Chân lý Tối hậu rất dễ bị mang ra đàm tiếu, vì đó là một khái niệm mà hầu hết chúng ta ai cũng coi là cốt tủy của cuộc sinh tồn, nhưng lại cũng khá vô dụng trong thực tiễn. Kẻ bị Chân lý Tối hậu ám ảnh là kẻ không muốn bị tiền bạc phiền nhiễu - một kiểu người rất cuộc sẽ bị vở kịch *Candide* của Voltaire hút hồn. Nghĩa của cụm từ này rất mơ hồ. Ví dụ, đôi khi nó được hiểu là một lời giáo huấn về đạo đức với tư cách là Khuôn Vàng Thước Ngọc, được áp dụng khi mà những quy tắc của chủ nghĩa thực dụng theo lẽ thường không còn áp dụng được nữa, và do vậy nó quyết định cái giá trị luân lý căn bản của một người. Nếu xét thế thì rõ ràng nó là có ích, nhưng lại phải đương đầu với những ý kiến phê phán cho rằng nó là phần mềm nằm trong đầu người ta, và vì vậy vẫn phải tuân theo những chân lý tối hậu của hóa học và của vật lý làm nền tảng cho nó. Trong những hoàn cảnh khác thì Chân lý Tối hậu lại được hiểu là một sự việc thường xảy ra và có nghĩa, thể như là việc chỗ đậu xe chỉ trống khi mà bạn không cần đến nó. Những lúc khác thì nó lại có nghĩa là những định luật bí ẩn nhất của tự nhiên mà từ đó phát sinh ra mọi thứ khác - sự mơ hồ của nó cùng với những quy tắc sống đã khiến nảy sinh những điều phi lý như kiểu con số bốn-mươi-hai. Vậy là cái khuynh hướng tự thân muốn tìm đến với chân lý tối hậu chính là bản tính tự nhiên của mỗi con người chúng ta, nhưng ta lại luôn bị nhầm lẫn và mâu thuẫn không biết chính xác nó là cái gì.

Một trong những đóng góp quan thiết nhất của khoa học cho tư duy là việc phát hiện ra rằng một sự mâu thuẫn tương tự như vậy cũng xảy ra trong tự nhiên ở những cấp độ sơ khai. Ta có thể lập luận được rằng khoa học phải làm như vậy mới hợp lý, nhưng tính đơn giản của một số hệ thống nhất định cho phép ta đi xa hơn nữa và chứng minh rằng chúng thực sự làm như vậy. Mặc dù trong bất kỳ tình huống nào cũng khó lòng thẳng thừng bác bỏ sự can thiệp mang tính siêu nhiên, nhưng chúng ta biết chắc rằng ở cấp độ này thì không cần tính đến nó, và rằng mọi hành trạng kỳ lạ đều có thể được cắt nghĩa như là những hiện tượng bộc phát có tổ chức phát sinh từ định luật cơ bản. Ta cũng biết rằng dù một định luật đơn giản và tuyệt đối chẳng hạn như định luật thủy động lực học có tiến hóa từ những định luật nền tảng đi nữa, thì chúng đồng thời cũng độc lập với những định luật ấy, và rằng chúng có lẽ sẽ không đổi kể cả khi những định luật cơ bản hơn thay đổi.

Suy xét thấu đáo những hiệu ứng trên khiến người ta đặt câu hỏi liệu định luật nào là định luật tối hậu hơn cả, những chi tiết nào mà xuất phát từ đó mọi thứ đã bắt nguồn, hay định luật siêu việt, đột sinh nào đã phát sinh ra từ chúng. Câu hỏi này mang tính ngữ nghĩa nên không có được câu trả lời tuyệt đối nào, nhưng rõ ràng đó là một phiên bản nguyên thủy của câu hỏi nan giải về đạo lý được đặt ra khi người ta phải miễn cưỡng cho rằng những định luật của sự sống bị chi phối bởi những định luật hóa học và vật lý. Nó vạch cho thấy một cách bóng gió tại sao một người có thể dễ dàng nắm biết một thứ nhưng lại chẳng biết chút gì về các thứ khác. Rào cản tri thức luận không mang tính thần bí mà mang tính vật lý.

Mâu thuẫn giữa hai quan niệm về cái tối hậu này - những định luật về các bộ phận hay những định luật tập thể - là một mâu thuẫn

có từ xa xưa và không thể được giải quyết chỉ trong vài phút suy tư hay trong một cuộc đàm đạo ngẫu hứng. Người ta có thể nói nó đại diện cho sự đối đầu giữa hai thái cực trong tư duy, vốn là kim chỉ nam cho quá trình nhận thức thế giới này, tương tự như sự đối nghịch giữa âm chủ và âm át là kim chỉ nam cho một bản sonat cổ điển. Vào bất kỳ thời điểm nào trong lịch sử, một thái cực có thể mạnh hơn thái cực kia, nhưng sự ưu trội của nó chỉ là tạm thời, vì bản chất của sự việc lại chính là bản thân tình trạng mâu thuẫn.

Dù chẳng thích chút nào ý niệm về các thời đại, nhưng tôi nghĩ cũng hoàn toàn được nếu nói rằng khoa học hiện nay đã chuyển từ Thời Đại Quy Giản Luận sang Thời Đại Đột Sinh, một thời kỳ mà việc tìm kiếm những nguyên nhân tối hậu của vạn vật chuyển từ hành trạng của các bộ phận sang hành trạng của tập thể. Khó mà xác định thời điểm cụ thể của việc chuyển tiếp này, vì nó diễn ra từ từ, và phần nào bị che khuất bởi sự dai dẳng của những huyền thoại, nhưng có một điều chắc chắn là, tính tổ chức chính là mẫu hình chủ đạo hiện nay. Đó là lý do vì sao, chẳng hạn, sinh viên ngành điện không còn bắt buộc phải học các định luật về điện - vốn rất đẹp và mang tính gợi mở nhưng không phù hợp với việc lập trình cho máy tính. Đó là lý do vì sao các tế bào gốc xuất hiện trong các bản tin thời sự, còn những chức năng của enzym chỉ được in chữ nhỏ trên hộp xà phòng. Đó là lý do vì sao mà những bộ phim về Marie Curie và về Rutherford bị quên lãng, trong khi những bộ phim như *Công viên Kỷ Jura* và *Cơn Lốc Xoáy* lại được chào đón. Các nhân vật chính trong những bộ phim mới toanh này không quan tâm đến những nguyên nhân vi mô, mà chỉ quan tâm đến những hiện tượng thất thường mang tính tổ chức - như trong trò game “Hừ hừ hừ! Nó chạy thẳng đến chỗ chúng ta!”

Điều trở trêu là chính thành công của quy giản luận lại lót đường cho sự lu mờ của nó. Theo thời gian, việc nghiên cứu lượng tính một cách cẩn trọng về những bộ phận cấu thành vi mô cho thấy rằng ít nhất ở cấp độ sơ khai, những nguyên lý tập thể không chỉ là một nét biểu hiện hay hay là lạ mà chúng chính là *tất cả* - là nguồn gốc thực sự của quy luật vật lý, bao gồm có lẽ cả những định luật cơ bản nhất mà ta biết. Sự chính xác của những phép đo do ta thực hiện cho phép ta tuyên bố một cách đầy tự tin rằng cuộc truy tìm một chân lý tối hậu duy nhất đã kết thúc - nhưng đồng thời cũng đã thất bại, vì tự nhiên không bao giờ biểu lộ nó là một cái tháp các tầng chân lý, mỗi tầng đều là con đẻ của tầng cha mẹ nằm dưới và lại vượt qua cha mẹ nó khi mà thang đo tăng dần. Giống như Columbus hay Marco Polo, ta ra đi tìm một vùng quê mới nhưng hóa ra lại tìm thấy một thế giới mới.

Bước quá độ chuyển sang Thời đại Đột sinh đã dẫn đến sự cáo chung của cái huyền thoại về quyền lực tối thượng của toán học. Đáng tiếc là cái huyền thoại ấy vẫn bám riết lấy nền giáo hóa của chúng ta, được thể hiện hằng ngày hàng giờ trên báo chí và các ấn phẩm đại chúng qua việc quảng bá cho cuộc truy tìm những quy luật tối hậu và coi đó như một hoạt động khoa học duy nhất đáng theo đuổi, bất chấp hằng hà sa số bằng chứng thực nghiệm chứng tỏ rằng ngược lại như thế mới là đúng. Ta có thể phủ bác huyền thoại quy giản luận bằng cách chứng minh rằng các quy tắc là đúng rồi sau đó thách thức những người cực kỳ thông minh áp dụng chúng để tiên đoán mọi việc. Việc họ không thể tiên đoán được cũng giống như khó khăn mà *Phù thủy xứ Oz* vấp phải trong việc đưa cô gái mồ côi Dorothy Gale từ vương quốc của ông trở về quê hương Kansas của cô. Về nguyên tắc thì phù thủy có thể làm được việc đó, nhưng trước hết phải giải quyết được một vài chi tiết phép thuật

rầy rà. Người ta phải tạm thời bằng lòng với những lời khen ngợi và những tiếng vỗ tay sáo rỗng mà không cần để tâm đến người chỉ đạo đứng sau cánh gà. Vấn đề thực sự nằm ở chỗ vương quốc Oz là một vũ trụ khác hẳn với vùng quê Kansas, và việc đi từ thế giới này sang thế giới kia là vô nghĩa. Xét như một vấn đề thực tiễn thì cái huyền thoại cho rằng hành trạng tập thể phải xuất phát từ quy luật hoàn toàn là một bước lùi. Thay vì thế, quy luật phải được phát sinh từ hành trạng tập thể, cũng giống như mọi việc đều phát sinh từ hành trạng ấy, không khác gì trong toán học và logic học. Lý do khiến tâm trí ta dự đoán và làm chủ được những cái mà thế giới vật chất làm không phải vì ta đẩy tài năng, mà vì tự nhiên tạo điều kiện cho ta nhận hiểu bằng việc nó tự tổ chức và phát sinh ra quy luật.

Giữa thời đại ngày nay và thời đại vừa mới qua có một sự khác nhau quan trọng, đó là việc người ta đang ý thức được rằng có cả những định luật xấu lẫn những định luật tốt. Những định luật tốt, thể như tính rắn hoặc thủy động lực học lượng tử, tạo ra khả năng tiên đoán về mặt toán học thông qua cơ chế bảo vệ, đó là tính không nhạy cảm của một số đại lượng đo được đối với những khiếm khuyết của mẫu hay đối với những sai sót trong tính toán. Nếu thế giới là một cõi giới vui tươi chỉ gồm toàn những định luật tốt thì đúng là toán học hẳn phải luôn có khả năng tiên đoán và việc làm chủ tự nhiên phải luôn được hiểu là việc bằng mọi cách có được những cỗ máy tính đủ lớn và đủ mạnh. Cơ chế bảo vệ hẳn sẽ hàn gắn mọi sai sót. Nhưng trong thế giới thực sự chúng ta đang sống có nhan nhản những định luật hắc ám, chúng phá hủy khả năng tiên đoán bằng cách làm cho các sai sót trở nên trầm trọng thêm và khiến cho những đại lượng đo được trở nên rất nhạy bén đối với những tác nhân bên ngoài không nằm trong tầm kiểm soát. Cái căn bản trong Thời đại Đột sinh là phải canh chừng những định luật hắc

ám và khéo léo lánh xa chúng ra, vì nếu không ta sẽ bị dẫn dụ vào những cạm bẫy của sự ảo tưởng. Một loại cạm bẫy kiểu như vậy là việc sơ sển vượt qua Rào Cản Quan Yếu, và do đó tạo ra hàng loạt lỗi mòn có vẻ như logic xuất phát từ những tiền đề gần giống hệt nhau để rồi đi đến những kết luận khác nhau một trời một vực. Khi tác động này xảy ra, nó chính trị hóa cuộc thảo luận bằng việc tạo ra những cách “kiến giải” loại trừ lẫn nhau đối với những thứ vốn không thể phân biệt được với nhau bằng thực nghiệm. Một cạm bẫy khác nữa là việc săn đuổi con Gà Tây Đánh Lạc Hướng, cái định luật ảo luôn tìm cách lẫn ra ngoài tầm nhìn và tầm tay với, dù công nghệ đo đạc có được cải tiến đến mức nào đi chăng nữa. Những sự mập mờ do định luật hắc ám sinh ra còn tạo điều kiện cho tính dối trá, ở chỗ chúng cho phép dán nhãn định lượng và nhãn khoa học vào một thứ trong khi thứ đó trên thực tế lại quá nhạy đối với sự thay đổi thất thường của người tiến hành thí nghiệm tới mức thực ra nó chỉ là một quan kiến riêng mà thôi.

Các vị thần Hy Lạp đã ra đời thông qua một loạt những dàn xếp chính trị, qua đó một bộ lạc hay một nhóm khi giành được ưu thế trong chiến tranh với một bộ lạc khác thường áp đặt quyền lực của mình không phải bằng cách xóa sạch những vị thần của những kẻ thua trận, là một việc rất khó, mà bằng cách đặt các vị thần này dưới trướng những vị thần của mình.¹ Thần thoại Hy Lạp cổ đại như vậy là những phúng dụ của những sự kiện lịch sử diễn ra trong buổi đầu của công cuộc củng cố nền văn minh Hy Lạp. “Thí nghiệm” trong trường hợp này là chiến tranh và “chân lý” mà nó biểu hiện là một số thực tiễn chính trị nào đó, còn những yếu tố tâm lý góp phần phát minh ra những định luật huyền thoại thì cũng lại giống hệt như

1. R. Graves, *The Greek Myths*, Vol 1 (Nxb Penguin Books, Baltimore, MD, 1961), trang 31.

những yếu tố ta sử dụng ngày nay để xác định những định luật vật lý. Bạn có thể cảm thấy cả hai đều là những hành trạng mang tính bệnh lý của con người, còn tôi thiên về cách nhìn vấn đề từ góc độ vật lý hơn là từ góc độ chính trị, và vì vậy tôi cho rằng do xã hội loài người nói chung phát triển từ tự nhiên nên nó hẳn là những phiên bản cấp cao thực sự phức tạp của những hiện tượng vật lý sơ khai. Nói cách khác, chính trị là một phúng dụ của vật lý, chứ không phải ngược lại. Tuy nhiên, nhìn từ góc độ nào đi nữa thì sự giống nhau giữa hai cái cũng nhắc nhở ta rằng một khi khoa học bắt đầu mang màu sắc chính trị thì nó cũng chẳng khác gì tôn giáo nhà nước. Trong một hệ thống chân lý được xây dựng dựa trên sự đồng thuận thì người ta có quyền hy vọng rằng các vị thần giả tạo phải được tôn lên ngay một cách có hệ thống trong thánh đường và coi đó như một việc đã được kinh nghiệm chứng thực, còn thuyết về nguồn gốc vũ trụ mỗi khi có nhu cầu đều phải được coi là mang tính hư cấu, đúng như những gì đã xảy đến với xã hội Hy Lạp cổ đại, cùng với những lý do như nhau.

Theo những câu chuyện thần thoại về sáng thế của Hy Lạp thì nhiều thứ trong thế giới hiện đại, nhất là các lý thuyết vũ trụ học, đều chỉ là trò cười. Những gì nổ tung, tí như thuốc nổ hay Big Bang, là những thứ không ổn định. Những lý thuyết về các vụ nổ, bao gồm cả việc nói về những giây đầu tiên của vụ nổ lớn Big Bang, là những lý thuyết đã vượt qua Rào Cản Quan Yếu, và do đó chúng vốn là những lý thuyết không có cách gì chứng minh là sai được, bất chấp vô số “bằng chứng” được đưa ra, chẳng hạn như sự phong phú của các đồng vị trên bề mặt các ngôi sao và sự bất đẳng hướng của bức xạ vũ trụ nền. Người ta cũng hoàn toàn có thể đưa ra yêu sách muốn tìm cách từ những thiệt hại gây bởi một cơn cuồng phong để suy ra các đặc tính của nguyên tử. Bên kia Big Bang, chúng ta có

những khái niệm thực sự không có cách chứng minh là sai được, đó là những khái niệm về sự nảy nở của những vũ trụ tí hon với những đặc tính khác nhau diễn ra chắc chắn là trước thời kỳ lạm phát, mà về cơ bản ta không dò được vì chúng xảy ra ở phía bên kia chân trời ánh sáng. Thậm chí sâu xa hơn nữa, ta còn có nguyên lý vị nhân - cách “giải thích” cho rằng vũ trụ mà ta nhìn thấy được có những đặc tính như nó có là vì ta đang hiện diện trong đó. Giá xưa kia Voltaire cũng khai thác chủ đề này thì vui biết mấy. Trong bộ phim khoa học viễn tưởng *Cuộc Gặp (Contact)*, nhân vật nữ do Jodie Foster sắm vai đã gợi ý cho người yêu của cô hiểu rằng có lẽ Thượng Đế tạo ra loài người để bù đắp lại cảm giác cô đơn và yếu ớt trong vũ trụ bao la này. Hẳn cô sẽ bị công kích dữ dội hơn nếu nói về những lý thuyết không thể chứng minh là sai về nguồn gốc của vũ trụ. Động cơ chính trị của những thứ lý thuyết kiểu này và của những lý thuyết do những người Hy Lạp cổ xưa đưa ra chẳng qua chỉ là một.

Bản chất chính trị của các lý thuyết vũ trụ học cho thấy làm thế nào chúng có thể hợp nhất một cách dễ dàng với lý thuyết dây, một bộ máy toán học mà thật ra có rất ít điểm chung với chúng. Lý thuyết dây là một lý thuyết nghiên cứu một dạng vật chất ảo, được làm từ những đối tượng có quăng tính, mà cụ thể là các dây, chứ không phải từ các điểm hạt như tất cả các dạng vật chất ta vẫn biết xưa nay - bao gồm cả vật chất hạt nhân nóng - vốn được chứng minh bằng thực nghiệm. Lý thuyết dây rất hay và đáng để suy nghĩ, vì quá nhiều mối liên hệ nội tại của nó đơn giản và đẹp đến bất ngờ. Tuy nhiên, nó chưa có ứng dụng thực tiễn nào ngoài việc duy trì huyền thoại về một lý thuyết tối hậu. Chưa có bằng chứng thực nghiệm nào chứng tỏ sự tồn tại của các dây trong tự nhiên, và cũng chưa có cơ sở toán học đặc biệt nào về lý thuyết dây cho phép tính

toán hay tiên đoán một cách dễ dàng hơn hành trạng thực nghiệm đã được biết. Hơn nữa, những đặc tính phổ học phức tạp của phần không gian mà những máy gia tốc lớn hiện nay có thể khảo sát được lại chỉ được lý thuyết dây giải thích là “hiện tượng luận năng lượng thấp” - một thuật ngữ mang tính miệt thị đối với những đặc tính đột sinh vượt lên của vật chất không thể tính toán được trên cơ sở những nguyên lý ban đầu. Trên thực tế, lý thuyết dây là một trường hợp kinh điển của con Gà tây Đánh Lạc Hướng, một tập hợp tuyệt đẹp các ý niệm luôn sẽ nằm ngoài tầm tay. Nó chẳng hề là một niềm hy vọng tuyệt vời về mặt công nghệ cho một ngày mai vĩ đại, mà thay vào đó nó lại là hệ quả bi đát của một hệ thống tín hiệu đã lỗi thời - trong đó hiện tượng đột sinh không đóng vai trò gì cả, và định luật hắc ám cũng không tồn tại.

Sự giống nhau với tôn giáo Hy Lạp còn được áp dụng cho một hình ảnh tồi tệ hơn của nghiên cứu, trong đó việc các nhà khoa học tranh chấp nhau xem vị thần đột sinh của ai mạnh hơn là một thực tế diễn ra hằng ngày. Hiện tượng bán dẫn thông thường có thể coi là một ví dụ minh họa. Khi còn là sinh viên, tôi có nghe người ta đồn rằng bộ lạc các nhà khoa học nghiên cứu bán dẫn sống yên lành ở Thung lũng Silicon và đang thờ phụng đặc tính kết tinh, mà những cô con gái của tính kết tinh này là những nữ thần của vùng hóa trị và vùng dẫn, những vị thần mang lại hoạt động và sự thịnh vượng của tranzito. Nhưng rồi họ bị bộ lạc thù địch xâm lược, đó là bộ lạc các nhà hóa học, những người không thờ phụng tinh thể mà lại thờ phụng phân tử và tin rằng con cái của vị thần phân tử này - quỹ đạo phân tử thấp nhất chưa bị chiếm chỗ và quỹ đạo phân tử cao nhất đã bị chiếm chỗ - mới là nguyên nhân thực sự khiến cho tranzito hoạt động, và rằng những tín đồ của các vị thần cũ là thấp hèn và nhơ bẩn. Hai bộ lạc lao vào một cuộc chiến tương tàn - chiến đấu

với vũ khí là những thông tin giả mạo, những mưu mẹo, là sự từ chối gọi tên những vị thần của bộ lạc kia - mỗi phe đều hy vọng làm cho đối phương đói nguồn kinh phí nghiên cứu để phải đi đến chỗ bị hủy diệt. Cuộc chiến đi đến bế tắc và để lại dấu tích cho đến tận ngày nay. Như những gì vẫn thường xảy ra trong các cuộc xung đột kiểu như vậy, chiến tranh không nhằm vào những vấn đề quan niệm chút nào, mà nhằm vào tiền bạc, vì các vị thần tham chiến là một, chỉ khác nhau ở tên gọi mà thôi. Những cuộc chiến tương tự như vậy diễn ra thường xuyên trong ngành sinh học, mặc dù chúng tàn độc hơn rất nhiều do liên quan đến những nguồn lợi lớn hơn.

Bước quá độ chuyển sang Thời đại Đột sinh còn được đặc trưng bởi sự gia tăng mối đe dọa của các phản lý thuyết, những khối tư tưởng lớn có nguy cơ chặn đứng hoạt động nghiên cứu và do đó sẽ cản trở công cuộc khám phá. Những loại phản lý thuyết hiện là một mối đe dọa lớn hơn, vì để ra chúng thì chẳng tốn kém mấy nhưng để tiêu diệt được chúng thì lại tốn kém vô cùng chứ không dễ dàng như trước kia, một phần cũng là vì nhu cầu viện đến chúng ngày lại càng tăng. Một thế giới đầy những định luật đang sinh sôi nảy nở, một số là những thiên thần, một số khác lại là quỷ dữ, được coi là ít quyến rũ hơn hẳn so với một thế giới ngự trị bởi một quy luật thiện tâm ưu tú, thể như thuyết tiến hóa, khiến cho người ta thấy chẳng cần gì phải tìm hiểu thêm nhiều. Phản lý thuyết chính yếu của thời đại này là ý niệm cho rằng không còn lại điều gì cơ bản cần khám phá nữa, do đó cái thế giới ta đang sinh sống chỉ là một lô một lốc chi tiết chẳng thuộc về ai, và có thể được sử dụng một cách hợp lệ thông qua những chiến thuật kinh doanh - quản lý tài nguyên, cạnh tranh bằng quảng cáo, thích nghi thì sống còn, v.v.... Một hệ luận được chấp nhận là không làm gì có chân lý tuyệt đối, chỉ có các loại sản phẩm như những cái áo phông hay những chiếc

bánh hamburger mà người ta sẽ quăng đi khi chúng hết giá trị sử dụng. Các phản lý thuyết là những hệ ý niệm nguy hiểm, không chỉ vì chúng cản trở nghiên cứu, mà còn vì chúng ru ngủ khiến người ta lơ là trước mối đe dọa là địch thủ sẽ lợi dụng chúng để kiếm lời.

Trong Thời đại Đột sinh, những hệ ý niệm lỏng lẻo dễ dàng hơn nhiều so với trong quá khứ. Nguyên do của việc này nằm ở chỗ những định luật kế thừa rất tinh tế và do đó để chứng minh chúng một cách chính xác sẽ rất tốn kém, cộng vào đó là tất cả chúng ta ai cũng có những động cơ kinh tế mạnh mẽ để nhìn những định luật này dưới ánh sáng có lợi nhất cho bản thân mình, kể cả nếu chúng có không chính xác. Phải tự kiểm chế ghê lắm mới chế ngự được những tham vọng ấy, nhất là khi kế sinh nhai bị đe dọa. Người bình thường không thể cứ làm thế mãi được. Kết quả dẫn đến là, một bộ phận lớn cơ sở tri thức đã được xác lập của khoa học hiện đại cũng chẳng đúng gì hơn so với trường hợp của Thời đại Quy giản luận, điều buộc ta phải nhìn khoa học với con mắt hoài nghi hơn, và đánh giá sự đồng thuận thấp hơn.

Đầu năm rồi tôi được đến Thượng Hải lần đầu. Đó là nơi mà chúng tôi tổ chức một cuộc gặp mặt nhỏ hàng năm với một nhóm đồng nghiệp xuất sắc người Nhật mà tôi gọi riêng cho mình là “Bộ thất Vĩ đại”.¹ Những người này hay đến mức mà việc trao đổi ý kiến với họ đã cập nhật cho tôi thông tin về tất cả những thứ quan trọng trong lĩnh vực của mình và họ lại còn cố tránh tối đa cho tôi việc đi lại. Chúng tôi thường gặp nhau ở Hawaii, nhưng năm nay chúng tôi tổ chức ở Trung Quốc, cũng là một cách hỗ trợ bạn bè ở đó và

1. Bộ thất vĩ đại gồm có T. Ando, Hiroshi Eisaki, Atsushi Fujimori, Naoto Nagaosa, Tajima, Yoshi Tokura, và Shen-ichi Uchida. Họ thực tế gồm 8 người nếu tính cả đến Sadamichi Maekawa, người từng là thành viên của nhóm.

để giảm bớt chi phí. Sự bùng phát dịch SARS lần thứ nhất, lúc đó vừa bắt đầu, là nguyên nhân cho việc cắt giảm kinh phí lần này. Thật đáng sợ, nhưng không đến nỗi làm chúng tôi quá mệt mỏi. Chúng tôi đeo khẩu trang những lúc cần thiết. Việc thăm viếng đất nước Trung Hoa đa sắc tộc là một dịp để người phương Tây tăng cân, vì Trung Hoa ngang điểm với Pháp trong việc được xem như kinh đô ẩm thực của thế giới. Trong nền văn hóa này, việc mời khách ăn “vừa đủ” được coi là vô lễ với khách. Thức ăn bao giờ cũng thừa mứa, mà lại toàn đồ ngon nữa chứ. Và thế là trong khách sạn Golden Temple, cạnh thác nước giả, với hình chụp các yếu nhân như Tổng thống Clinton treo trên tường, là cả một đám rước dài vô tận những sủi cảo, há cảo, thịt heo kho dầu hào, cải bẹ nấu tôm, gà cay đặc biệt của Hồ Nam, và bao nhiêu món khác nữa, cùng với bia địa phương ngon tuyệt. Một vài người trong đoàn chúng tôi đến xem một câu lạc bộ nhạc Jazz sau bữa tối hôm đó, còn tôi thì mệt nhoài, và quyết định cùng đoàn quay về khách sạn. Con đường đèn treo đầy đèn cacbon sáng trưng như trong phim Hollywood, và có rất nhiều cặp trai gái đi dạo chơi tối. Mọi thứ cứ thế diễn ra đến khoảng mười một giờ khuya, khi đèn bắt đầu tắt như mọi đêm và loa phóng thanh nhắc nhở mọi người trở về nhà. Trung Quốc là một đất nước bị hệ tư tưởng dày vò khổ sở và giờ đây đang dần tách ra khỏi những ảnh hưởng của nó, phần nào nhờ vào lượng vốn lớn từ Singapore, Hồng Kông, và Đài Loan đổ vào. Quốc gia này đã và đang phải đi một chặng đường rất dài, và trên con đường ấy, người bản xứ vẫn còn ngượng ngùng vì quá khứ của mình và không muốn người ngoài nhìn thấy nó - dù rằng những người ngoài cuộc như chúng tôi hiểu rất rõ, bởi bản thân chúng tôi cũng đã từng trải qua những tình huống như vậy.

Kết quả là Thượng Hải phần nào chân thực, và phần nào chỉ là một màn kịch đầy ấn tượng với một sự hào nhoáng nhiều hơn bình thường ngoài bề mặt. Nhưng đó cũng là một lời ghi nhận: tôi đã bỏ lại sau lưng hệ tư tưởng của mình, và đó là cái mà tôi hướng tới.

Những người như chúng tôi sống ở những quốc gia công nghiệp tân tiến hiểu rằng điều đó thật không dễ dàng, và tôi ngờ rằng sẽ có nhiều trắc trở chờ đợi ở phía trước đối với những con người này khi mà sự thật phũ phàng của những nền kinh tế thị trường tự do cuối cùng sẽ chạm trán với hệ thống xã hội chủ nghĩa bao cấp. Nhưng dù thế nào thì cảm nghĩ của họ lúc này vẫn là một cảm nghĩ can đảm và sáng suốt. Khi còn ở Thượng Hải, tôi đã đề cập ý tưởng này với một đồng nghiệp của mình, một người sâu sắc, nông hậu từng sống nhiều năm ở Trieste, công tác tại Trung tâm Vật lý Lý thuyết Quốc tế và giờ quay về lại Bắc Kinh. Anh suy nghĩ một thoáng rồi nhận xét rằng quan sát của tôi rất đậm chất Mỹ. Anh ấy có ý coi đó như một lời khen, và tôi cũng nhận lấy lời khen ấy.

Những âm hưởng đau đớn của Hy Lạp cổ đại trong khoa học hiện đại minh họa vì sao chúng ta không thể sống với cái không chắc chắn của Thời đại Đột sinh, ít nhất là không thể sống lâu dài với nó. Người ta thường nghe rằng ta phải chấp nhận nó, vì những định luật tổng thể thì không quan trọng, còn những định luật phụ trợ nhỏ thì lại quá tốn kém để bới tìm chúng, nhưng luận cứ này đã thật sự lạc hậu. Trong những giai đoạn mà sự mơ hồ đang gia tăng, người ta cần có *nhều* những phép đo mang tính định lượng cao hơn, chứ không phải ít hơn. Một phép đo mà không thể thực hiện chính xác, hay không thể lặp lại được ngay cả khi nó chính xác đi nữa, thì không bao giờ có thể tách rời khỏi chính trị, và từ chỗ đó sẽ sản sinh ra các huyền thoại. Càng nhiều những cách hiểu mông

lung bao nhiêu thì những luận bàn lại càng mang ít tính khoa học bấy nhiêu. Hiểu theo nghĩa này thì phép đo chính xác chính là định luật khoa học, và là một môi trường mà trong đó người ta không được phép nghĩ đến việc đo lường thiếu chính xác.

Nhu cầu về sự chính xác, đến lượt nó, làm tăng gấp bội nhu cầu về một truyền thống Hy Lạp khác, đó là việc bàn luận cởi mở về các ý tưởng và liên tục tách bạch những thứ có nghĩa khỏi những thứ vô nghĩa. Riêng một mình sự chính xác không đảm bảo cho định luật tốt. Hiệu ứng phụ của việc cung cấp tài chính cho các hoạt động thực tiễn trong Thời đại Đột sinh là làm loãng nội dung một chất phụ gia, sinh ra câu chuyện tiểu lâm nổi tiếng kể rằng tờ *Tạp chí Physical Review* hiện nay dày đến mức nếu xếp thành chồng, số này tiếp số kia thì sẽ tạo ra được một bề mặt chuyển động nhanh hơn vận tốc ánh sáng - mặc dù nó không vi phạm nguyên lý tương đối vì *Tạp chí Physical Review* không chứa thông tin nào hết. Vấn đề không chỉ nảy sinh riêng trong địa hạt vật lý; nó nảy sinh là do những trung tâm thí nghiệm lớn không thể liên tục xin được tiền tài trợ nếu không bảo vệ được công việc của họ trước những lời chỉ trích; họ thường làm việc đó bằng cách tạo ra những quy chế độc quyền nhằm tự đánh giá xem đâu là những ý tưởng, những tư duy quan trọng, dù thực ra chúng chẳng quan trọng gì. Trong những trường hợp quá khích, người ta có thể đưa ra cả một mạng lưới phức hợp các phép đo rắc rối chẳng phục vụ bất kỳ một mục đích nào ngoài việc làm dày thêm các tạp chí và vỗ béo nhanh chóng các tài khoản. Để có được tiến bộ thực sự, người ta cần phải pha trộn thêm vào công nghệ của mình một chút ít nguyên nhân hủy diệt có tính sáng tạo. Người ta phải viện đến cả thuyết âm dương như một ẩn dụ về sự hiệp thông mang tính sáng tạo này, nhưng tôi thì thích đổi cái biểu tượng hiệp thông này thành ra bờ trái và bờ phải

của con sông Seine. Bờ phải là chính quyền và phép đo, bờ trái là tình trạng vô chính phủ và nghệ thuật, và sự đụng độ giữa chúng chính là thành phố Paris. Một trong những người bạn đồng nghiệp Pháp của tôi còn nói hay hơn: “Quả vậy”, anh nháy mắt nói, “tôi đã từng ở bờ bên phải”.

Quay trở lại tháng Mười Một năm 1998, một tháng sau khi giải Nobel cho chúng tôi được công bố, tất cả những người nhận giải và vợ chồng của họ được mời tới dự một bữa tiệc trang trọng tại nhà của đại sứ Thụy Điển tại Washington. Đó đúng là một động thái khôn ngoan của ngài đại sứ, vì ông đã lợi dụng bọn tôi làm mối để nhử sân khấu chính trị Washington đi vào nhà mình. Việc đó đã thành công mỹ mãn.

Một trong số thực khách ngồi cùng bàn với tôi hôm đó có tấm danh thiếp ghi tên “Safire” đặt trước mặt, nhưng ông này có vẻ đậm người hơn và e dè hơn người phụ trách chuyên mục trên báo tên là William Safire mà tôi vẫn ngờ. Tôi quay sang thắc mắc hỏi ông và được ông cho biết ông chính là nhà báo nổi danh ấy. Cặp vợ chồng ngồi bên phải tôi lấy làm rất thú vị về chuyện này và thì thầm giải thích với vợ chồng tôi rằng không hẳn bất kỳ thứ gì ông ta nói ta đều cần đồng tình, nhưng được nói chuyện với ông ta thì thật tuyệt. Hóa ra cái ngài Safire này biết vô khối chuyện hay, và thật thú vị là bao gồm cả những chuyện về vật lý học. Ông ấy từng học cùng lớp với Leon Cooper, người nhận giải Nobel cho lý thuyết siêu dẫn cùng với John Bardeen và Bob Schrieffer, và vẫn thường xuyên gặp gỡ nói chuyện với ông này. Rồi bỗng anh ta tung ra một quả bom tấn: Leon tin rằng vật lý học đã chết rồi. Ông nghĩ rằng chẳng còn gì quan trọng đáng để làm nữa, và đã chuyển sang nghiên cứu xử lý mô phỏng các đường tín hiệu của bộ não.

Tối lúc đó thì ở giữa phòng thấy mọi người xôn xao và có thông báo sau bữa ăn sẽ là một trò vui, trong đó những người mới nhận giải Nobel sẽ đứng trước micro nhận các câu hỏi từ phía khán giả để trả lời, thông qua sự chọn lọc câu hỏi của người chủ lễ sao cho phù hợp. Và thế là trong khi mọi người sốt sắng viết các câu hỏi vào những mảnh giấy nhỏ thì Dan, Horst và tôi xin phép mọi người bước lên bục. Cuối cùng, đến phiên chúng tôi nói thì hóa ra phần lớn chỉ là các câu hỏi thông thường, thể như công trình nghiên cứu của chúng tôi có ích lợi gì, và chúng tôi sẽ sử dụng tiền thưởng như thế nào. Horst lại nhận được một câu hỏi hóc búa: liệu lý thuyết của Einstein có còn thích hợp nữa không? Tôi chắc mẩm rằng câu này do Safire hỏi, dựa trên những gì chúng tôi vừa nói chuyện, nhưng dù sao đi chăng nữa, đây cũng là một câu hỏi mà nhiều người quan tâm. Horst hơi run và gượng gạo trả lời rằng anh ấy không phải là nhà vật lý “kiểu như thế” nên không đủ kiến thức chuyên môn để trả lời. Đó chính là kiểu trả lời đầy chất xã giao trong các cuộc họp bàn về hiện tượng bán dẫn, nơi mà một phần của tư cách nghề nghiệp đòi hỏi phải có thái độ bảo thủ cục đoan và thái độ tỏ vẻ thờ ơ đối với những chuyện như vậy, nhưng điều đó lại không thích hợp chút nào với một nhóm thính giả như hôm nay. Và nó cũng không được trung thực, vì nói cho cùng thì tất cả chúng tôi đều là những nhà vật lý “kiểu như thế” cả. Nên tôi đã xin phép dùng micro chốc lát để trả lời câu hỏi theo cách của tôi. Tôi nói rằng những ý tưởng của Einstein *chắc chắn* là đúng đắn, và hằng ngày người ta có thể nhìn thấy bằng chứng, nhưng ý tứ sâu xa của câu hỏi không hẳn là nằm ở chỗ liệu thuyết tương đối có đúng đắn hay không, mà là liệu những thứ cơ bản có còn cần quan tâm nữa không và liệu có còn điều gì cơ bản để khám phá nữa không. Tôi giải thích rằng trong những chuyến công du vòng quanh thế giới tôi đã phải nghe

đi nghe lại mãi chuyện này và rồi nhận thấy đó là một sự ngạo mạn về mặt công nghệ - giống như cái đề xuất vào năm 1900 cho rằng chắc phòng phát bằng sáng chế nên đóng cửa sớm thôi, vì mọi thứ đều đã được phát minh hết sạch rồi. Hãy nhìn xung quanh quý vị mà xem, tôi nói. Ngay trong căn phòng này thôi cũng còn vô khối những thứ chúng ta không hiểu. Chỉ có những ai học hành quá nhiều đến mụ cả đầu mới không nhận ra điều ấy. Ý niệm cho rằng cuộc vật lộn để nhận thức thế giới tự nhiên đã chấm dứt không chỉ sai, mà sai một cách lỗ bịch. Bao quanh chúng ta là vật chất đầy những phép màu bí hiểm, và nhiệm vụ không ngừng nghỉ của khoa học là làm sáng tỏ những phép màu ấy. Căn phòng lặng xuống trong một khoảnh khắc sau khi tôi kết thúc, rồi tiếp đến là một tràng vỗ tay rầm rộ - một sự bác bỏ xứng đáng đối với thứ phản lý thuyết cho rằng khoa học đã chết. Tôi quay về bàn, trong lòng khoan khoái với kết quả câu trả lời và cảm thấy vui khi Safire sau đó khuyên tôi nên viết một cuốn sách.

Tràng vỗ tay ở buổi tiệc tại nhà ông đại sứ không có gì lạ thường như ta tưởng, vì tôi đã từng phát biểu một cách mạnh mẽ như thế ở khắp mọi nơi và cũng từng nhận được những đáp trả y như thế. Lần đầu tiên không phải ở Hoa Kỳ mà là ở Nhật Bản. Tôi hồi đó cứ ngỡ vì Nhật là một đất nước theo đạo Phật, nhưng tôi đã nhầm. Tôi đã lặp lại bài phát biểu ở Amsterdam và kết quả cũng gần như vậy, cũng ngắn ấy bàn tay giơ lên xin đặt câu hỏi, và cũng chính những câu hỏi ấy. Hà Lan là một quốc gia chắc chắn không theo đạo Phật. Sau đó tôi đã thử ở Göteborg, Montreal, và Seoul, kết quả bao giờ cũng giống nhau. Việc người ta hứng thú với vật lý học đến như vậy ở mọi ngõ ngách trên trái đất này hẳn không có gì đáng ngạc nhiên. Điều bất ngờ thực sự là nó diễn ra giống hệt nhau ở hết quốc gia này

đến quốc gia khác. Thế giới dường như có một nguồn dự trữ dồi dào những con người sâu sắc, làm đủ mọi ngành nghề: kinh doanh, dược, chính quyền, kỹ nghệ, nông nghiệp; họ là những người yêu thích khoa học và bằng vào trực giác hiểu được rằng còn nhiều, rất nhiều điều mới mẻ trong tương lai.

Khi chuyển sang Thời đại Đột sinh ta phải học cách chấp nhận lương năng thông thường, mà quên đi và bỏ lại phía sau thói quen xem thường những kỳ quan có tính tổ chức của tự nhiên, và chấp nhận rằng sự tổ chức này rất quan trọng trong bản thân nó và đối với bản thân nó - thậm chí còn là điều quan trọng *bậc nhất*. Những định luật cơ học lượng tử, những định luật hóa học, những định luật trao đổi chất, và những định luật của máy chủ thỏ đang chạy trốn lũ cáo trong vườn trường đại học của tôi, tất cả những định luật ấy đều là từ định luật này mà nảy sinh ra định luật kia, nhưng tập hợp sau chót là những định luật quan thiết đến con thỏ.

Điều đó cũng đúng với cả chúng ta. Ai không chịu tin thì xin mời đi với tôi lên vùng cao nguyên vào tháng Bảy, lúc chẳng ai vội cần đến cơ học lượng tử và các hạt cơ bản làm gì. Chẳng có gì cực nhọc lắm. Ta sẽ thức dậy thật sớm vào một buổi sáng lạnh giá, bật bếp ga của tôi lên để hâm cacao. May là ban đêm không có con gấu nào mò đến, nhưng chẳng phải vì ta đã khôn ngoan giấu kín đồ ăn, mà là vì lũ gấu thông minh chẳng dại gì bén mảng đến những khu cắm trại đông người. Chúng ta ngồi lên phiến đá hoa cương lạnh toát chiếm ngưỡng những đốm mica lấp lánh li ti đủ kích cỡ và hình dạng, nhấm nháp một ngậm cacao nóng hổi và ngắm nhìn những tia nắng rực rỡ nhuộm vàng đỉnh núi đang lan dần xuống thấp. Một luồng hơi nước nóng lụp bụp suốt đêm len qua những bụi cây quả gai cách ta chỉ vài bước chân, như đang cùng đồng hành

với ta. Những viên cuội xám nằm la liệt khắp nơi trên các phiến đá hoa cương hoặc trên đất, đôi chỗ được che phủ bởi một tấm thảm lá thông. Mọi người khác vẫn còn ngủ. Ngọn gió lạnh thổi qua khe núi một lúc và ngớt dần để rồi đổi ngược hướng vào buổi sáng. Ánh nắng lan tỏa chiếu sáng lần lượt từng thân cây, rồi cuối cùng ngập tràn mặt đất, làm mấy người đang ngủ lều bàu chút tỉnh, và hiểu ngay rằng họ sẽ bị nướng chín nếu tiếp tục nằm trong túi ngủ. Rồi thì những lời cầu nhau cũng nhường chỗ cho tiếng ủng lộp cộp, tiếng xoong chảo nhôm va chạm xúng xoảng, và mấy câu chuyện không đầu vào đầu về việc ai thắng ván bài hôm qua, ai là người phụ trách cháo bột yến mạch cho bữa sáng, và ai để lẫn đâu mất mấy cuộn giấy vệ sinh. Vậy là hoạt động mang tính tổ chức đã diễn ra, trong đó cái nhếch nhác từ từ chuyển thành cái tươi tắn và có mục đích, đồ dùng cá nhân linh tinh từ từ tự chúng được sắp xếp vào từng túi, và mặt đất lại trở lại sạch sẽ đâu ra đấy đến mức mấy chú sóc chuột và chim giẻ cùi ngơ ngác chẳng hiểu có chuyện gì xảy ra. Chúng ta bắt đầu khởi hành xuyên rừng hướng lên đỉnh núi. Chẳng có ai chuyện trò gì mấy, vì đường lầy lội và nhiều bụi cỏ chôn làm vướng chân hơn chúng ta tưởng, và lại leo núi ở bìa rừng đòi hỏi người ta phải tập trung. Thường ở vùng cao, leo ngoài trời nắng thì nóng ran, nhưng chui vào bóng râm lại lạnh toát, đó là bóng của những vĩa đá hoa cương rải rác đây đó với những cây thông mọc ngang thẳng ra từ giữa phiến đá, chẳng hiểu vì lý do gì. Sau khi bò xuống một con dốc dài cheo leo, chúng ta tới chân núi và ngạc nhiên phát hiện ra rằng hóa ra ở bên này núi là một cao nguyên thấp mà con lạch của chúng tôi giờ đã thành con suối thấp thoáng trong những lùm cây đậu lupin tím sậm, chảy uốn éo như một con rắn len lỏi qua những tảng đá cuội lớn chảy về phía một đồng cỏ rộng mênh mông trải đầy hoa dại màu hồng. Những con

ong nghệ vui vẻ hút mật của nhau, lại cả một con hươu đực lớn, giật mình nhảy vọt đi khi chúng tôi lại gần. Chúng ta băng qua đồng cỏ đến đầu một cái hồ nhỏ để lấy nước vào đầy bi đông, ăn vội vài cái bánh mì kẹp bơ lạc và mơ khô, rồi vượt qua chòm núi thứ hai, lạnh hơn, theo một con đường mòn bụi bặm hình thành bởi nhiều vết vó ngựa. Mặt trời đã đứng bóng, và vì giờ này chúng ta cũng đã bắt đầu thèm được tự thưởng cho mình món bit tết đang chờ đợi phía dưới kia, nên cả đoàn cố nhanh chân để đến được trạm nghỉ trước khi trời tối. Mấy dặm đường bằng phẳng cắt ngang qua đồng cỏ khô cằn giữa hai lần đá cuội chuyển thành một con dốc dựng đứng đến chóng mặt nằm giữa khe nứt của một khối đá ba-zan nguyên khối mà từ hai bên thành tuôn ra những khe nước không biết xuất phát từ đâu như một phép màu, rồi đổ xuống, sủi bọt, tóit tận thung lũng ở phía dưới. Lê bước đi xuống xuyên qua rừng cây linh sam đỏ phủ đầy mùn xộp và dương xỉ, dọc theo những bãi đá chói chang, chúng ta cuối cùng sẽ đến một biển cây ngải đắng, bốn xung quanh được bao bọc bởi những dãy núi sừng sững, ngọn núi xa nhất ở phía tây đổ bóng dài, báo hiệu trời đã về chiều. Chúng ta đi theo dòng nước, giờ đã là một con sông lớn, qua một hẻm núi đầy mùi thơm của tuyết tùng và thông Jeffrey, trèo ngược lên sườn đá của thung lũng, quyết tâm về đến nơi thật nhanh, đến nỗi chỉ còn thoáng nhận ra ánh chiều hôm đang chiếu xuống con sông mà giờ đây đi qua rất khó. Xuống đến cuối vực đá, con sông găm lên như một thác nước, đi qua một cây cầu cao bắc qua dòng nước đang chảy cuộn cuộn phía dưới, rất khó nhìn vì trời tối, vấp ngã dúi dụi trong bóng đêm, lần theo những con đường mòn được thợ tìm vàng làm ra bằng cách đục xuyên qua núi đá, chúng ta cuối cùng cũng đến được đồng cỏ, rồi một bãi quây súc vật lớn với một bầy súc vật thổ mẹt mội, thỏa mãn, rồi đến trạm. Trời đã tối đen. Tôi sẽ dẫn

bạn lách qua cánh cửa cọt kẹt vào quán ăn, rồi mua cho bạn một miếng bít tết. Đó ắt hẳn sẽ là thứ sơn hào hải vị tuyệt diệu nhất mà bạn chưa được nếm thử bao giờ.

Chúng ta không phải đang sống ở cuối đường của công cuộc khám phá, mà là ở điểm tận cùng của quy giản luận, một thời điểm mà hệ ý niệm sai lầm của con người muốn làm chủ vạn vật thông qua thế giới vi mô đang bị lý tính và những sự kiện quét đi. Điều đó không phải để nói rằng định luật vi mô là sai, hay không hữu ích, mà chỉ muốn nói rằng trong rất nhiều hoàn cảnh nó không còn quan yếu nữa đối với con cái và với con cái của con cái của nó nữa, tức là đối với những định luật mang tính tổ chức ở cấp độ cao hơn về thế giới.

MỘT VŨ TRỤ LẠ THƯỜNG

PHÁT MINH LẠI MÔN VẬT LÝ THEO CHIỀU NGƯỢC

Robert B. Laughlin

Chu Lan Đình - Nguyễn Tất Đạt - Nguyễn Văn Đức dịch

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc - Tổng biên tập NGUYỄN MINH NHỰT

Chịu trách nhiệm nội dung:

Phó giám đốc - Phó tổng biên tập NGUYỄN THẾ TRUẬT

Biên tập: NGUYỄN THỊ HẢI VÂN

Biên tập tái bản: TRẦN NGỌC NGÂN HÀ

Bìa: BUI NAM

Sửa bản in: TRẦN NGỌC NGÂN HÀ

Trình bày: ĐỖ VẠN HẠNH

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

161B Lý Chính Thắng - Quận 3 - Thành phố Hồ Chí Minh

ĐT: 39316289 - 39316211 - 38465595 - 38465596 - 39350973

Fax: 84.8.8437450 - E-mail: hophubandoc@nxbtre.com.vn

Website: <http://www.nxbtre.com.vn>

CHI NHÁNH NHÀ XUẤT BẢN TRẺ TẠI HÀ NỘI

Số 21, dãy A11, khu Đầm Trấu, p. Bạch Đằng,

q. Hai Bà Trưng, Hà Nội

ĐT: (04)37734544 - Fax: (04)35123395

E-mail: chinhanh@nxbtre.com.vn

Công ty TNHH Sách điện tử Trẻ (YBOOK)

161B Lý Chính Thắng, P.7, Q.3, Tp. HCM

ĐT: 08 35261001 – Fax: 08 38437450

Email: info@ybook.vn

Website: www.ybook.vn

Trong kỷ nguyên của lý thuyết dây và vũ trụ Big Bang, chúng ta thường suy nghĩ về những điều bí ẩn, hoàn toàn xa lạ đối với cuộc sống hằng ngày. Nhưng trong **Một vũ trụ lạ thường**, nhà khoa học được giải Nobel Robert Laughlin khẳng định rằng biên giới khoa học ở trong lòng bàn tay chúng ta. Thay vì tìm kiếm lý thuyết tối hậu, ông cho rằng thế giới của các đặc tính, như độ cứng và hình dạng của tinh thể, là kết quả từ việc tổ chức của một lượng lớn các nguyên tử, và cho thấy cách vận hành của các định luật nền tảng của vật lý. **Một vũ trụ lạ thường** cho chúng ta biết lý do vì sao chúng ta phải thay đổi cách suy nghĩ về những định luật này.



www.ybook.vn/ebook

nxbtre.com.vn