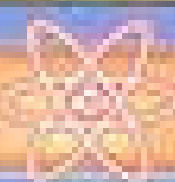


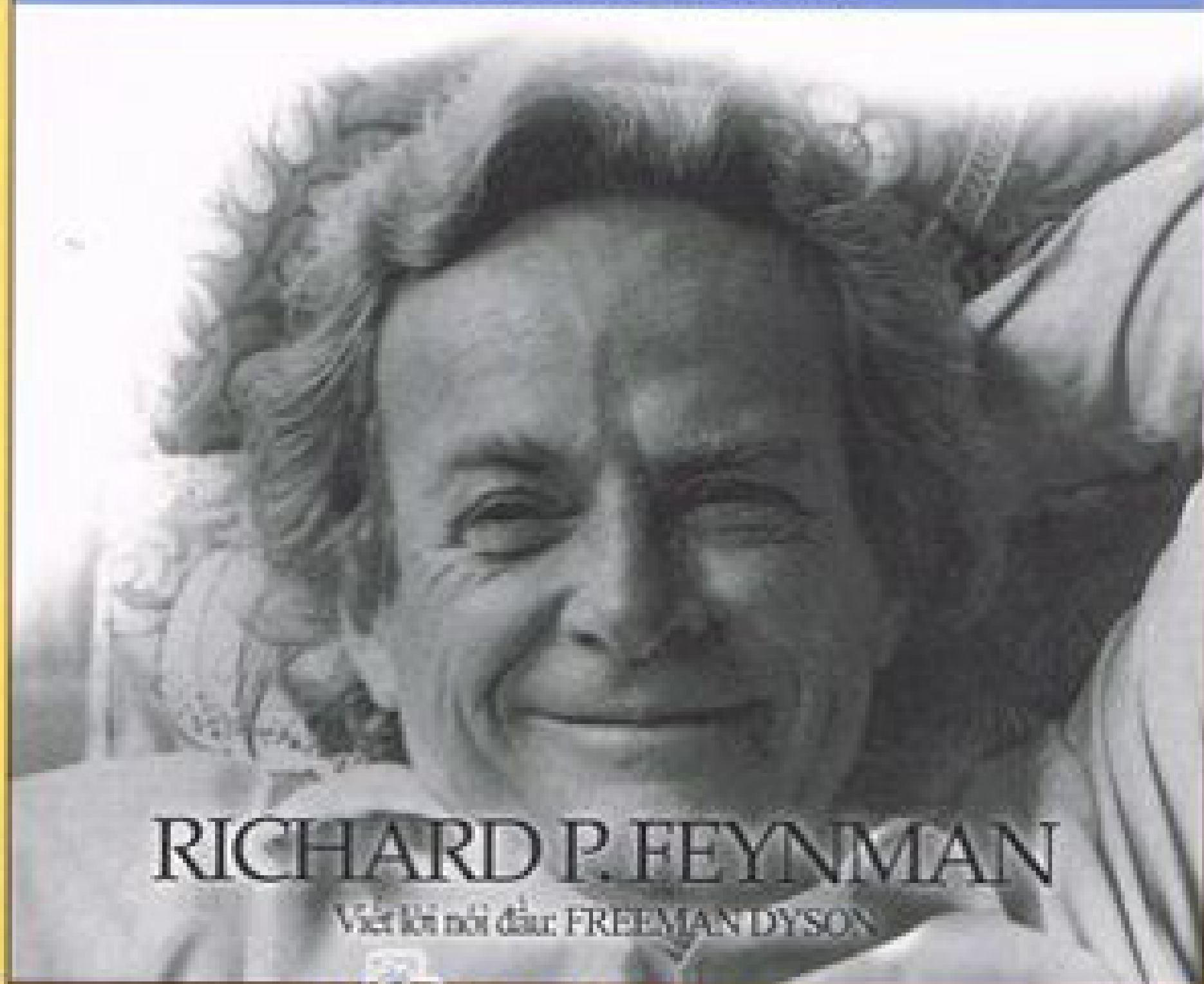
KHOA HỌC



KHÁM PHÁ

NIỀM VUI KHÁM PHÁ

TẬP HỢP NHỮNG BÀI NÓI CHUYỆN ĐẶC SẮC NHẤT
CỦA RICHARD FEYNMAN

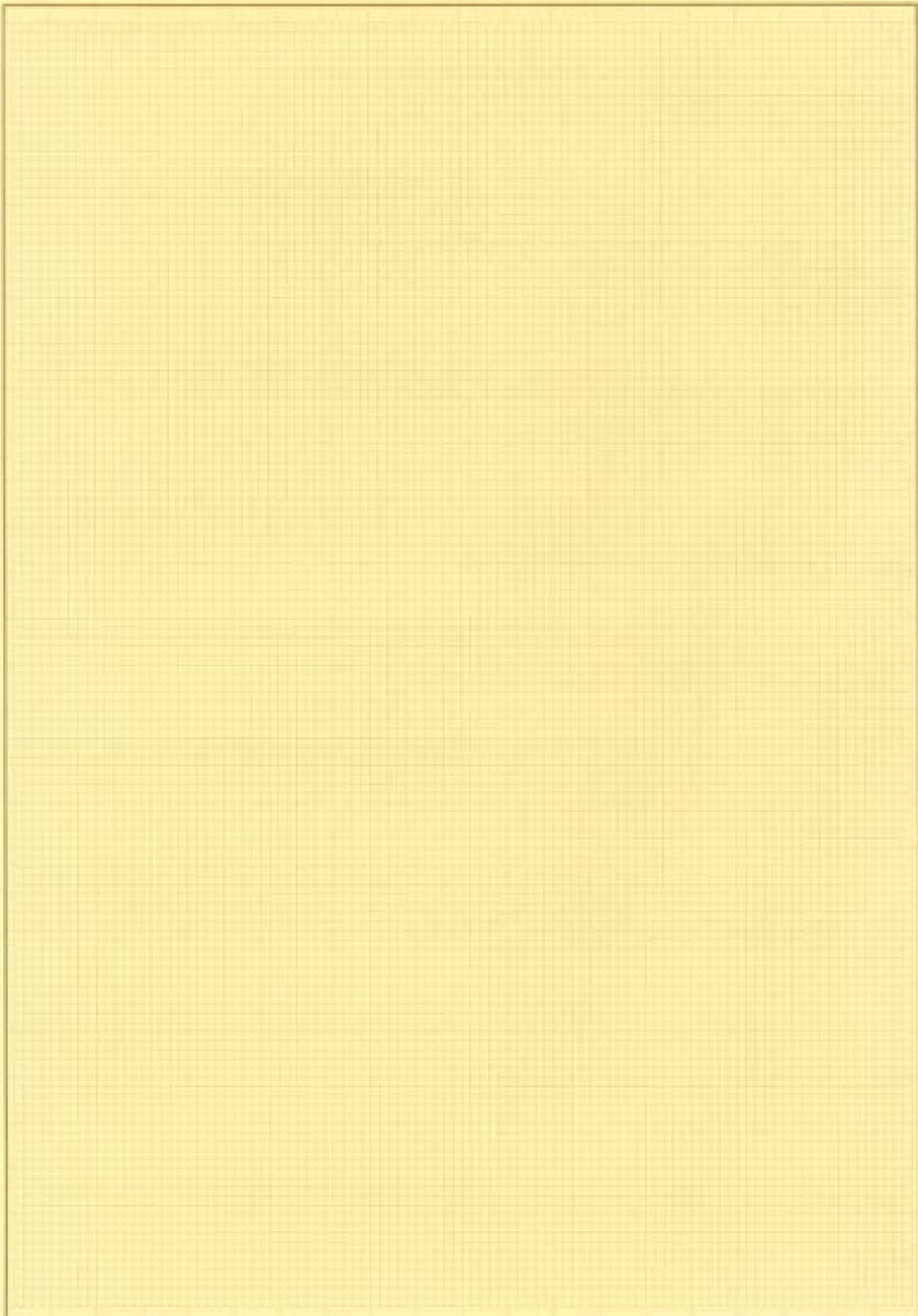


RICHARD P. FEYNMAN

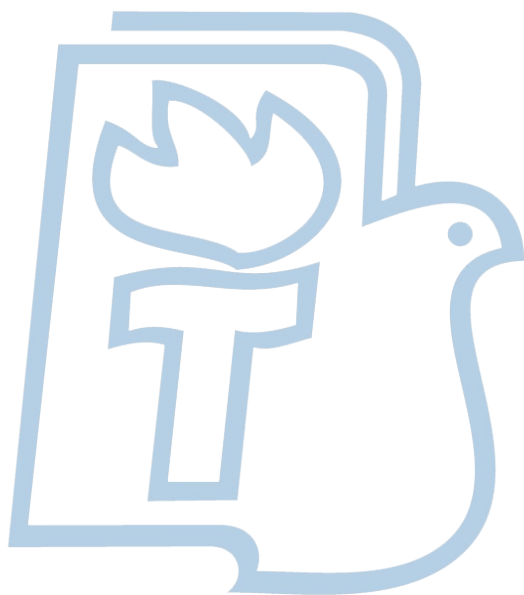
Viết lời nói của FREEMAN DYSON

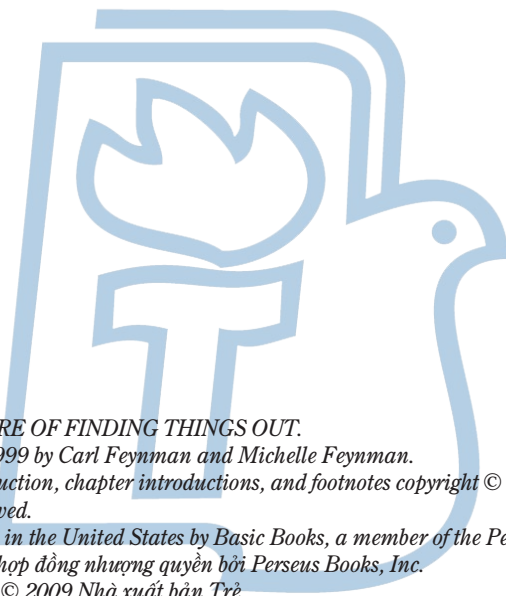


NHÀ XUẤT BẢN TRẺ



NIỀM VUI KHÁM PHÁ
THE PLEASURE OF FINDING THINGS OUT





THE PLEASURE OF FINDING THINGS OUT.

Copyright © 1999 by Carl Feynman and Michelle Feynman.

*Editor's Introduction, chapter introductions, and footnotes copyright © 1999 by Jeffrey Robbins.
All rights reserved.*

First published in the United States by Basic Books, a member of the Perseus Books Group.

Xuất bản theo hợp đồng nhượng quyền bởi Perseus Books, Inc.

Bản tiếng Việt © 2009 Nhà xuất bản Trẻ

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

Feynman, Richard P

Niềm vui khám phá / Richard P. Feynman ; ng.d. Phạm Văn Thiều, Đặng Đình Long. - T.P. Hồ Chí Minh : Trẻ, 2009.
308tr.; 21 cm. - (Khoa học và khám phá).

Nguyên bản : The pleasure of finding things out.

I. Khoa học. I. Phạm Văn Thiều d. II. Đặng Đình Long d. III. Ts: The pleasure of finding things out.

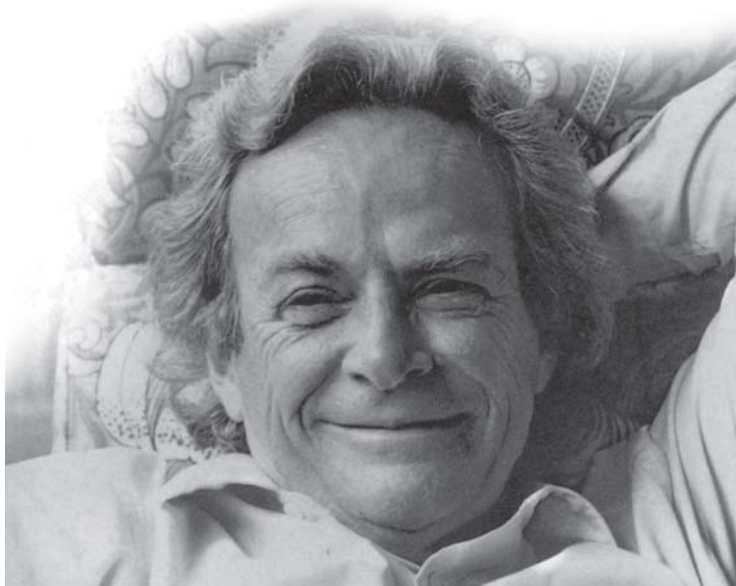
500 — dc 21

F435

NIỀM VUI KHÁM PHÁ

THE PLEASURE OF FINDING THINGS OUT

**TẬP HỢP NHỮNG BÀI NÓI CHUYỆN ĐẶC SẮC NHẤT
CỦA RICHARD FEYNMAN**



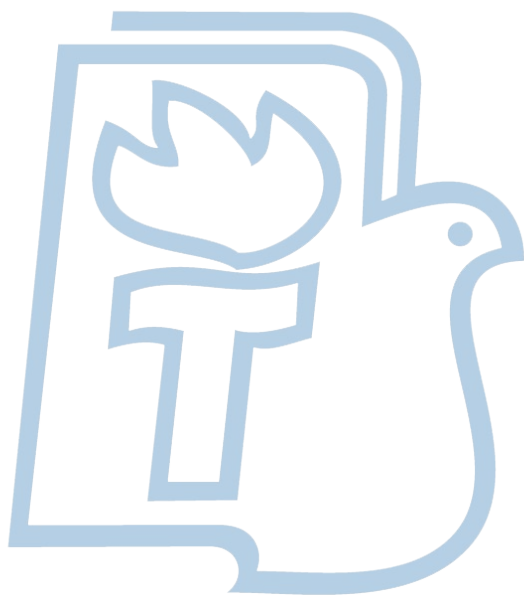
RICHARD P. FEYNMAN

Viết lời nói đầu: FREEMAN DYSON

Chủ biên: **Nguyễn Văn Liễn - Phạm Văn Thiều - Vũ Công Lập**

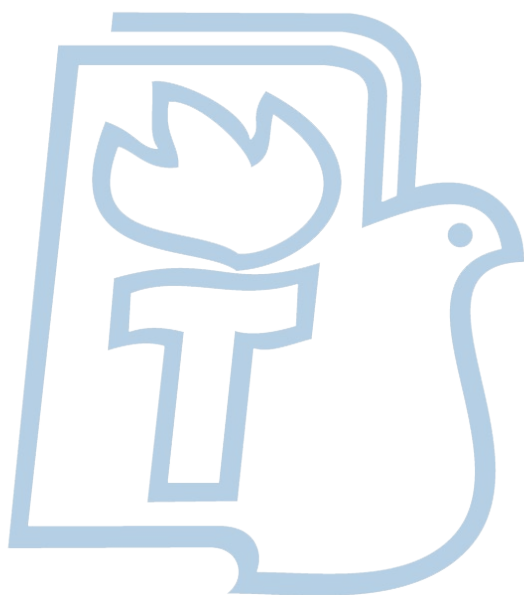
Phạm Văn Thiều và Đặng Đình Long dịch

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ



MỤC LỤC

Lời nói đầu	7
<i>Niềm vui khám phá</i>	17
<i>Máy tính trong tương lai</i>	46
<i>Los Alamos nhìn từ bên dưới</i>	76
<i>Văn hóa khoa học và vai trò của nó trong xã hội hiện đại</i>	124
<i>Kích thước các linh kiện có thể thu nhỏ nhiều hơn nữa</i>	145
<i>Giá trị của khoa học</i>	172
<i>Báo cáo của Richard P. Feynman về quá trình điều tra vụ nổ tàu con thoi Challenger1</i>	183
<i>Khoa học là gì?</i>	207
<i>Người thông minh nhất thế giới</i>	228
<i>Vài nhận xét về khoa học, giả khoa học và làm thế nào để không tự lừa dối bản thân</i>	249
<i>Đơn giản như đếm 1, 2, 3</i>	264
<i>Richard Feynman đã dựng lên một vũ trụ</i>	272
<i>Mối quan hệ giữa khoa học và tôn giáo</i>	294



Lời nói đầu

“Tôi yêu quý người đàn ông này đến mức coi ông là thần tượng của mình”, Ben Jonson¹ nhà biên kịch dưới thời Nữ hoàng Anh Elizabeth I đã viết như vậy. “Người đàn ông” ở đây chính là William Shakespeare, người bạn cũng là người thầy của Jonson. Cả hai đều là những nhà viết kịch tài ba. Jonson là một học giả có kiến thức uyên thâm còn Shakespeare là một con người phóng túng và là một thiên tài. Giữa họ không tồn tại sự đố kỵ. Shakespeare lớn hơn Jonson 9 tuổi và các vở kịch của ông đã được trình diễn trên sân khấu của London trước khi Jonson bắt đầu viết kịch. Như Jonson từng nói, Shakespeare là một người rất “trung thực, có tâm hồn phóng khoáng và rộng mở”. Shakespeare đã dành cho người bạn trẻ của mình sự hỗ trợ và khích lệ thiết thực. Một trong những hỗ trợ quan trọng mà Shakespeare đã dành cho Jonson là đóng một vai chính trong vở kịch đầu tiên của Jonson nhan đề *Mỗi người một tính nết*, được trình diễn lần đầu tiên vào năm 1598. Vở diễn đã gây được tiếng vang lớn và Jonson khởi nghiệp thành công từ đó. Vào thời điểm ấy, Jonson 25 tuổi còn Shakespeare 34 tuổi. Sau năm 1598, Jonson tiếp tục sáng tác thơ và viết kịch, rất nhiều vở kịch của Jonson đã được công ty của Shakespeare trình diễn. Jonson trở nên nổi tiếng với tư cách là một nhà thơ, nhà học giả. Và khi qua đời, ông đã có vinh dự được mai táng ở Tu viện Westminster. Tuy nhiên, ông chưa bao giờ quên món nợ với người bạn lớn. Khi Shakespeare mất, Jonson đã viết bài thơ

¹ Ben Jonson (11/6/1572 - 6/8/1637) là nhà thơ, nhà biên kịch nổi tiếng người Anh. (Chú thích của người dịch. Kể từ đây sẽ viết tắt là ND).

“Tưởng nhớ người thầy kính yêu của tôi, William Shakespeare” trong đó có những dòng nổi tiếng sau:

“Ông không thuộc thời đại này, mà là của muôn đời”

“Dẫu Người không biết gì nhiều về tiếng Latinh và Hy Lạp

Nhưng tôn vinh Người tôi chẳng cần kiếm đâu xa

Hỡi các bậc lầy lùnh: Aeschylus, Euripides, Sophocles¹

Hãy hồi sinh để nghe Người, những khúc bi ca...”

“Thiên Nhiên tự hào về mô tả của ông

Và vui sướng khoác tấm áo choàng dệt bằng những dòng văn ấy

Nhưng không phải chỉ Thiên Nhiên làm nên tất cả

Shakespeare tuyệt vời, ông xứng được dự vui.

Trong mắt nhà thơ, Thiên Nhiên vốn đẹp rồi

Nghệ thuật của nhà thơ làm nó thành khác lạ

Viết nên một dòng lung linh, bao mồ hôi vất vả...

Thi nhân phải tự rèn thành thi nhân, bên cạnh duyên trời...”

Nhưng Jonson và Shakespeare thì có mối liên hệ gì với Richard Feynman? Đơn giản là vì tôi có thể lặp lại câu nói của Jonson “Tôi yêu quý người đàn ông này đến mức coi ông như là thần tượng của mình”. Số phận đã đem đến cho tôi sự may mắn kỳ diệu khi được trở thành học trò của Feynman. Tôi là sinh viên của Đại học Cornell năm 1947 và ngay lập tức bị mê hoặc bởi tài năng xuất chúng của Feynman. Với tính kiêu ngạo của tuổi trẻ, tôi quyết định mình có thể đóng vai

¹ Aeschylus (525-456 trước CN) - nhà viết kịch Hy Lạp, được coi là cha đẻ của bi kịch Hy Lạp cổ đại, tác giả *Prometheus bị xiềng* và bộ ba *Oresteia*; Euripides (480-406 trước CN) - tác giả của các bi kịch Hy Lạp cổ đại *Medea*, *Những người đàn bà thành Troia*, *Hyppolitus* ... ; Sophocles (496-406 trước CN) - tác giả của các bi kịch Hy Lạp cổ đại *Ajax*, *Antigone*, *Oedipus Rex*, *Electra*...

của Jonson trong mối quan hệ với Feynman. Tôi không kỳ vọng được gặp lại Shakespeare dưới hình hài của một người Mỹ, nhưng tôi không gặp khó khăn để hình dung ra Shakespeare khi nhìn thấy ông.

Trước khi gặp Feynman, tôi đã đăng một vài bài báo về toán học. Nội dung các bài báo chứa đựng rất nhiều tiểu xảo thông minh nhưng lại thiếu những nội dung có một tầm quan trọng nào đấy. Khi gặp Feynman, tôi lập tức hiểu rằng mình đang bước vào một thế giới khác. Ông không quan tâm tới việc công bố các bài báo. Ông đấu tranh một cách mãnh liệt hơn tất cả thấy những ai tôi từng biết để hiểu được tự nhiên, bằng cách xây dựng lại vật lý học từ những nền tảng căn bản nhất. Tôi đã may mắn được gặp ông vào cuối năm thứ 8 của cuộc đấu tranh ấy. Ngành vật lý mới mà ông đã từng mơ tưởng khi còn là một sinh viên của John Wheeler 7 năm trước đấy, cuối cùng, đã được hợp nhất trong cách nhìn chặt chẽ về tự nhiên mà ông gọi là “cách tiếp cận không thời gian”. Vào những năm 1947, cách nhìn đó vẫn chưa được hoàn thiện, nhiều điểm còn chưa có kết luận cuối cùng và thiếu nhất quán, nhưng tôi ngay lập tức cho rằng nó nhất định sẽ là đúng đắn. Tôi đã nắm bắt từng cơ hội để được đến nghe các buổi nói chuyện của Feynman, được học bơi trong cơn lũ những ý tưởng của ông. Ông ưa thích trò chuyện và đã chào đón tôi như một thánh giả. Và rồi, chúng tôi đã trở thành bạn bè suốt đời.

Trong suốt một năm, tôi đã chứng kiến Feynman hoàn thiện phương pháp mô tả tự nhiên bằng những bức tranh và các giản đồ cho đến khi trả lời được toàn bộ các vấn đề cũng như loại bỏ những điểm không nhất quán. Sau đó, ông bắt đầu sử dụng các giản đồ như là một công cụ để tính ra các con số. Với một tốc độ đáng kinh ngạc, ông đã tính được giá trị của các đại lượng vật lý và so sánh chúng trực tiếp với thực nghiệm. Và thực nghiệm đã rất phù hợp với các con số của ông. Vào mùa hè năm 1948, chúng tôi đã có thể nghiệm lời nói của Jonson: “Thiên Nhiên tự hào về mô tả của ông, và vui sướng khoác tấm áo choàng dệt bằng những dòng văn ấy”.

Trong cùng năm đó, khi bắt đầu đồng hành với Feynman, tôi cũng tìm hiểu về công trình của các nhà vật lý Schwinger và Tomonaga, những người đi theo các con đường thông thường hơn, nhưng cũng đã thu được các kết quả tương tự. Schwinger và Tomonaga đã gặt hái thành công một cách độc lập bằng cách sử dụng các phương pháp phức tạp và khó khăn hơn để tính ra các đại lượng tương tự như Feynman đã làm trực tiếp từ các giản đồ của mình. Tuy nhiên, Schwinger và Tomonaga đã không xây dựng lại vật lý mà họ chỉ dùng vật lý như nó sẵn có nhưng đưa vào các phương pháp toán học mới để tách chiết ra các con số từ vật lý. Khi có cơ sở rõ ràng để kết luận rằng kết quả tính toán của Schwinger và Tomonaga trùng hợp với kết quả của Feynman, tôi nhận thấy mình đã có cơ hội độc nhất vô nhị để kết hợp ba lý thuyết trên với nhau. Tôi đã viết bài báo có tiêu đề “Lý thuyết phát xạ của Tomonaga, Schwinger và Feynman” nhằm giải thích vì sao ba lý thuyết có vẻ khác biệt nhưng thực chất là tương đương với nhau. Bài báo của tôi được đăng trên tạp chí *Physical Review* năm 1949 và đã là bệ phóng cho sự nghiệp khoa học của tôi tương tự như thành công của vở kịch *Tính hài hước trong mỗi con người* đối với Jonson. Vào thời điểm đó, tôi 25 tuổi giống như Jonson và Feynman 31 tuổi, ít hơn Shakespeare 3 tuổi vào năm 1598. Tôi đã rất thận trọng bày tỏ sự tôn kính như nhau với cả ba nhân vật chính, nhưng trong thâm tâm tôi vẫn cho rằng Feynman là người vĩ đại nhất và rằng mục đích chính của bài báo của tôi là đưa ý tưởng mang tính cách mạng của ông đến với các nhà vật lý trên thế giới. Feynman đã khích lệ tôi rất nhiều trong việc công bố các ý tưởng của ông và chưa từng có bất kỳ lời phàn nàn nào về việc tôi đã đánh cắp tiếng vang của ông. Ông là diễn viên chính trong vở kịch của tôi.

Một trong những báu vật của nước Anh mà tôi mang tới Mỹ là *Những điểm nhấn trong cuộc đời Shakespeare* được viết bởi J. Dover Wilson. Đó là những bài viết ngắn về tiểu sử của Shakespeare trong đó có trích dẫn hầu hết những nhận xét của Jonson về Shakespeare mà tôi đã nêu ở trên. Cuốn sách đó của Wilson không phải là một

cuốn tiểu thuyết cũng không phải là cuốn sách về lịch sử mà là sự dung hoà của hai thể loại đó. Nó được soạn dựa trên những lời chứng trực tiếp, mắt thấy tai nghe của Jonson và những người khác, nhưng Wilson đã làm sống lại Shakespeare nhờ vào sự kết hợp giữa trí tưởng tượng của mình cùng với những tư liệu lịch sử ít ỏi ấy. Cụ thể, bằng chứng đầu tiên về việc Shakespeare tham gia đóng trong vở kịch của Jonson được trích dẫn từ một tài liệu ra đời vào năm 1709, hơn một trăm năm sau ngày vở kịch được trình diễn. Chúng ta đều biết rằng Shakespeare nổi tiếng cả với tư cách một diễn viên lẫn tư cách kịch tác gia và bởi vậy tôi không có lý do gì để nghi ngờ nội dung câu chuyện của Wilson.


May mắn thay các tài liệu cung cấp dẫn chứng về cuộc sống và sáng tạo của Feynman không phải là hiếm hoi như thế. Vì vậy, cuốn sách mà các bạn đang cầm trên tay là tập hợp của những tư liệu đem đến cho chúng ta giọng nói đích thực của Feynman được ghi lại từ những lần thuyết giảng và ghi chép tình cờ. Các tài liệu không chính thức ấy là dành cho các thính giả đại chúng thay vì cho những đồng nghiệp của ông. Qua những tài liệu này, chúng ta sẽ thấy con người Feynman như ông vốn thế, luôn luôn đùa giỡn với những ý tưởng nhưng lại luôn nghiêm túc với những gì mà ông coi là quan trọng. Đó là sự trung thực, tính độc lập, và tinh thần sẵn sàng chấp nhận sự không biết. Ông rất ghét những cái gọi là thứ bậc trong xã hội và trân trọng tình bạn của con người trên mọi nẻo đường cuộc sống. Và giống như Shakespeare, Feynman cũng là một diễn viên tài năng.

Ngoài đam mê mãnh liệt với khoa học, Feynman rất có khiếu hài hước và những vui thú như những con người bình thường. Một tuần sau khi được biết ông, tôi đã viết thư cho cha mẹ ở Anh và miêu tả về ông như sau “ông ấy một nửa là thiên tài và một nửa là chàng hề”. Giữa các cuộc đấu tranh quả cảm của mình để tìm hiểu các quy luật của tự nhiên, ông rất thích được xả hơi cùng với bạn bè, được chơi trống bongo, được làm hài lòng mọi người bằng những câu chuyện và trò tiểu xảo của mình. Về điểm này, ông cũng giống như Shakespeare.

Tôi xin được trích dẫn lời chứng của Jonson ghi trong sách của Wilson như sau: “Khi ông dự định bắt tay vào viết một vở kịch, ông có thể viết quên ngày quên đêm, ép mình vào khuôn khổ, không đếm xỉa tới bất kỳ thứ gì khác cho đến khi ngắt xiủ; nhưng khi xong việc, ông lại đắm mình trong những môn thể thao và thư giãn. Khi ấy, khó có cách nào để kéo ông trở lại với cuốn sách của mình. Nhưng một khi bắt buộc phải ngồi vào bàn làm việc, ông sẽ trở nên mạnh mẽ và nghiêm túc hơn bất kỳ lúc nào”.

Đó là Shakespeare và cũng là Feynman mà tôi từng biết, từng yêu quý và coi như thần tượng của mình.

FREEMAN J. DYSON
Viện nghiên cứu cao cấp
Princeton, New Jersey



Lời giới thiệu của chủ biên

Gần đây tôi đã tham dự một buổi thuyết giảng tại phòng thí nghiệm danh tiếng Jefferson của Đại học Havard. Diễn giả là Tiến sĩ Lene Hau đến từ Viện Rowland, người vừa tiến hành một thí nghiệm không chỉ được đăng trên *Nature*, một tạp chí khoa học danh tiếng mà còn được nhắc tới trên trang nhất của tờ *New York Times*. Trong thí nghiệm của mình, bà (cùng với nhóm nghiên cứu gồm các sinh viên và các nhà khoa học khác) đã chiếu một chùm tia laser qua một môi trường vật chất mới có tên là ngưng tụ Bose-Einstein. Nó là một trạng thái lượng tử mới lạ bao gồm rất nhiều nguyên tử được làm lạnh đến gần 0 độ tuyệt đối. Trong điều kiện ấy, các nguyên tử gần như không chuyển động, chúng cùng với nhau ứng xử như là một hạt duy nhất. Môi trường vật chất này đã làm cho tốc độ chùm sáng chậm lại tới mức không thể tin nổi, 38 dặm/giờ (~ 60,8 km/giờ - ND). Chúng ta vẫn biết là ánh sáng chuyển động trong chân không rất nhanh với tốc độ 168.000 dặm/giây (~ 300.000 km/giây). Khi ánh sáng chuyển động trong một môi trường vật chất nó sẽ bị chậm lại một chút so với tốc độ ánh sáng trong chân không (tỉ lệ với chiết suất của môi trường - ND). Tuy nhiên, nếu chúng ta làm một phép tính số học đơn giản bằng cách lấy 38 dặm/giờ chia cho 669,6 triệu dặm/giờ chúng ta sẽ được 0,00000006, tức là vận tốc đó chỉ bằng 0,000006% của tốc độ ánh sáng trong chân không. Để hình dung một cách trực quan về kết quả này, bạn hãy tưởng tượng nó giống như việc Galileo thả những viên bi của ông từ trên tháp nghiêng Pisa xuống phải mất 2 năm thì các viên bi mới chạm được đến mặt đất.

Khi ngồi nghe, tôi gần như ngừng thở (và tôi nghĩ là ngay cả Einstein có ngồi đây cũng sẽ phải có ấn tượng). Lần đầu tiên trong đời mình, tôi có thể cảm nhận được một phần nhỏ của cái mà Feynman gọi là “đột phá trong phát minh”. Một cảm nhận bất ngờ (có lẽ giống như sự kiện Chúa Giêsu ra đời, mặc dù trong trường hợp này đó là một trải nghiệm gián tiếp) khi đã nắm bắt được một ý tưởng mới tuyệt vời. Một điều mới mẻ đã xuất hiện trên thế giới và tôi đang được chứng kiến một sự kiện khoa học quan trọng. Cảm nhận đó chắc hẳn sẽ không kém phần hứng thú và mạnh mẽ như cảm giác của Newton khi ông nhận ra rằng lực bí ẩn khiến quả táo rơi xuống đầu ông cũng chính là lực đã khiến Mặt trăng xoay quanh Trái đất hoặc cảm giác của Feynman khi ông đạt được bước tiến đầu tiên trong quá trình tìm hiểu bản chất của mối liên hệ giữa ánh sáng và vật chất, công trình đã mang đến cho ông giải Nobel.

Ngồi giữa các thính giả, tôi gần như cảm nhận được rằng Feynman đang nhìn tôi từ phía sau và thì thầm vào tai tôi “Anh thấy chưa. Đó chính là lý do khiến các nhà khoa học kiên trì trong nghiên cứu cũng như khiến chúng tôi đấu tranh không mệt mỏi để tích lũy kiến thức. Chúng tôi ngồi hàng đêm để tìm kiếm lời giải đáp cho từng vấn đề, vượt qua những rào cản cam go nhất để tiến lên một nấc thang mới về hiểu biết để rồi cuối cùng chạm đến khoảnh khắc vui sướng khi tạo ra được sự đột phá trong phát minh. Đó là một phần của niềm vui khám phá”. Feynman luôn nói rằng ông nghiên cứu vật lý không phải vì danh lợi mà là để tìm kiếm niềm vui, để được thỏa mãn niềm đam mê khám phá.

Di sản của Feynman là sự đam mê mình và hiến dâng hoàn toàn cho khoa học – logic của nó, các phương pháp của nó, sự vứt bỏ những giáo điều, và khả năng vô hạn về sự hoài nghi của nó. Feynman tin và sống bởi niềm xác tín rằng khoa học một khi được sử dụng một cách có trách nhiệm sẽ không chỉ đem lại niềm vui mà còn đem lại những giá trị vô cùng to lớn không thể ước lượng hết được đối với tương lai của xã hội loài người. Tương tự như những nhà khoa học vĩ đại khác,

Feynman sẵn lòng chia sẻ những điều kỳ diệu của các định luật tự nhiên với các đồng nghiệp và bất kỳ ai. Niềm đam mê tri thức của Feynman được miêu tả một cách rõ ràng và cụ thể nhất trong cuốn sách mà các bạn đang cầm trên tay. Đó là một tập hợp những bài phát biểu ngắn của ông, ngoại trừ một bài, còn thì hầu hết đều đã được công bố. Cách tốt nhất để đánh giá đúng về Feynman đó là đọc cuốn sách này, qua đó bạn sẽ được tiếp cận rất nhiều chủ đề mà Feynman suy nghĩ và diễn giải một cách thấu đáo và đầy quyến rũ. Ở đó, các chủ đề không chỉ giới hạn ở vật lý, mà giảng dạy nó không ai có thể vượt qua được ông, mà cả tôn giáo, triết học, và những trò lố lăng trên sân khấu học thuật. Và cả tương lai của máy vi tính cũng như công nghệ nano mà ông là người đi tiên phong. Sự khiêm tốn và niềm vui trong khoa học, tương lai của khoa học, của nền văn minh nhân loại, thế giới quan của những nhà khoa học mới và những góc khuất dẫn đến thảm họa tàu con thoi Challenger với những bài tường thuật được đăng trên trang nhất đã làm cho cái tên “Feynman” trở thành từ cửa miệng.

Điều đáng nói là chỉ có rất ít các nội dung trùng lặp trong các bài nói chuyện được trích dẫn trong cuốn sách này, một vài câu chuyện mới được nhắc lại chỉ ở một vài nơi. Tôi tự cho mình quyền được xóa đi một vài nội dung trùng lặp để tránh cho người đọc phải đọc đi đọc lại một cách không cần thiết. Tôi sử dụng dấu (...) để chỉ ra rằng nội dung lặp lại đó đã được xóa bỏ.

Feynman không mấy chú tâm lắm đến vấn đề ngữ pháp. Điều này được thể hiện rõ trong hầu hết các bài được ghi lại từ các buổi nói chuyện hoặc phỏng vấn. Để giữ được đặc tính của Feynman, nhìn chung tôi sẽ không thay đổi cách sử dụng các mệnh đề không tuân theo các quy tắc ngữ pháp của ông. Tuy nhiên, ở những chỗ ghi âm tồi hoặc rời rạc làm những từ hoặc cụm từ trở nên không thể hiểu nổi thì tôi có biên tập đôi chút để các bạn dễ theo dõi hơn. Tôi tin rằng điều đó sẽ không làm ảnh hưởng đến những gì thuộc về Feynman trong khi bạn đọc vẫn có thể lĩnh hội được những gì ông muốn truyền đạt.

Được ngưỡng mộ trong suốt cuộc đời và được tôn kính ngay cả khi không còn có mặt trên thế gian này, Feynman luôn là kho tri thức cho tất cả mọi người trên mọi nẻo đường cuộc sống. Tôi hy vọng rằng, cuốn sách tập hợp những bài giảng, những cuộc phỏng vấn và những bài báo nổi tiếng nhất của Feynman sẽ khích lệ và mang lại niềm hứng thú cho các thế hệ những người hâm mộ và những người mới được biết đến bộ óc độc đáo và thường xuyên vui nhộn của Feynman.

Hãy đọc, khám phá và đôi khi đừng ngần ngại cười phá lên hoặc học lấy một vài bài học về cuộc sống. Hơn tất cả, hãy chiêm nghiệm niềm vui thích khi khám phá về một con người khác thường.

Tôi xin dành lời cảm ơn trân trọng tới Michelle và Carl Feynman vì sự giúp đỡ nhiệt thành, tới tiến sĩ Judith Goodstein, Bonnie Ludt và Shelley Erwin làm việc tại bộ phận lưu trữ của Đại học Caltech vì sự giúp đỡ không thể thiếu được và lòng hiếu khách thịnh tình, đặc biệt là giáo sư Freeman Dyson, người đã viết cho cuốn sách này *Lời nói đầu* thật là hàm súc và tao nhã.

Ngoài ra, tôi muốn bày tỏ lòng cảm ơn chân thành tới John Gribbin, Toney Hey, Melanin Jackson và Ralph Leighton vì những lời khuyên bổ ích và thường xuyên trong suốt quá trình chuẩn bị cuốn sách này.

*JEFFREY ROBBINS,
Massachusetts, 9/1999*

Chương 1

Niềm vui khám phá

Dưới đây là nội dung cuộc phỏng vấn Feynman do chương trình Horizon¹ của Đài truyền hình BBC, thực hiện năm 1981, được phát sóng tại Mỹ trong khuôn khổ chương trình truyền hình có tên NOVA². Vào thời gian này, Feynman đang sống những năm tháng cuối cùng của đời mình (ông mất năm 1988). Bởi vậy, ông có điều kiện để chiêm nghiệm cuộc sống bằng những kinh nghiệm đã tích lũy được qua nhiều năm tháng với cách nhìn mà không phải bạn trẻ nào cũng có thể có được. Cuộc nói chuyện diễn ra trong bầu không khí chân thành, cởi mở và riêng tư về nhiều chủ đề gắn liền với con người Feynman: Tại sao nếu chỉ đơn thuần biết tên gọi của một sự vật hay sự việc nào đó thì cũng đồng nghĩa với việc chẳng biết gì về sự vật/sự việc đó. Vì sao ông và các cộng sự của mình trong dự án Manhattan³ vẫn tiệp từng rôm rả vì thành công của một loại vũ khí hủy diệt trong khi ở đầu kia của thế giới, tại Hiroshima⁴, hàng nghìn người đã bị giết hoặc đang chết dần vì thứ vũ khí đó. Và tại sao Feynman vẫn có thể hài lòng cho dù có thể không được nhận giải Nobel nào đi chăng nữa.

¹ Horizon là một chương trình của hãng BBC chuyên về khoa học và các hiện tượng tự nhiên. Horizon thực hiện rất nhiều cuộc phỏng vấn với những nhà khoa học hàng đầu trong mọi lĩnh vực. (ND)

² Một chương trình truyền hình về khoa học được phát sóng ở Mỹ. (ND)

³ Dự án chế tạo bom nguyên tử của Mỹ trong thế chiến thứ II (ND)

⁴ Tên thành phố nằm ở phía Nam của Nhật Bản, bị Mỹ thả quả bom nguyên tử đầu tiên vào ngày 6 tháng 8 năm 1945. (ND)

Vẻ đẹp của một bông hoa

Tôi có một anh bạn là nghệ sĩ. Đôi khi anh ấy có những nhận định mà tôi không mấy đồng tình. Một lần, khi cầm trên tay một bông hoa, anh ấy nói: “Xem này, bông hoa mới đẹp làm sao!”. Trong thâm tâm tôi cũng có cảm nhận như vậy. Nhưng rồi anh ấy lại nói tiếp: “Cậu xem này, là một nghệ sĩ, mình nhận thấy bông hoa này mới đẹp làm sao. Còn cậu, vì là một nhà khoa học nên cứ thích mổ xẻ mọi thứ và làm cho nó trở nên xấu xí đi”. Tôi thấy bạn mình hơi thiếu cân là vì trước hết, tôi tin rằng ai cũng có thể cảm nhận được vẻ đẹp của bông hoa như anh ấy, kể cả tôi mặc dù có thể không có óc thẩm mỹ như anh ấy. Không những vậy, tôi còn nhận thấy nhiều hơn những gì anh ấy có thể cảm nhận được. Tôi có thể hình dung ra các tế bào hay những phản ứng phức tạp bên trong bông hoa với vẻ đẹp của riêng nó. Tôi muốn nói rằng ngoài vẻ đẹp ở kích thước cỡ một xentimét mà ta thường thấy, nó còn ẩn chứa một vẻ đẹp bên trong cấu trúc nội tại với kích thước nhỏ hơn rất nhiều lần. Tương tự, quá trình tạo nên màu sắc của bông hoa để thu hút côn trùng đến thụ phấn cũng rất thú vị. Điều đó có nghĩa là côn trùng cũng có thể nhận biết màu sắc. Việc này làm nảy sinh câu hỏi: Liệu khả năng cảm thụ thẩm mỹ này có tồn tại ở những loài cấp thấp hơn không? Nếu có thì vì sao? Tất cả những câu hỏi thú vị đó nói lên rằng tri thức khoa học là chất xúc tác để gia tăng sự kích thích và trí tò mò hay những thắc mắc về bông hoa. Nó có tác dụng làm tăng thêm chứ tôi chẳng thể lý giải được tại sao mà khoa học lại có thể có tác dụng ngược lại.

Lảng tránh khoa học nhân văn

Tôi là một người có cái nhìn phiến diện đối với khoa học. Thời trẻ tôi chỉ chú trọng vào khoa học tự nhiên. Tôi chẳng có thời gian và cũng chẳng để mắt đến lĩnh vực mà người ta gọi là khoa học nhân văn gì đó, mặc dù đó cũng là một môn học trong chương trình đại học của tôi. Tôi đã tìm cách để trốn tránh nó. Tôi có để tâm hơn một chút đến khoa học nhân văn chỉ khi bắt đầu đã có tuổi và có nhiều thời gian rảnh rỗi hơn. Tôi đã học vẽ và đọc thêm đôi chút nhưng thật sự vẫn là một con người phiến diện và tôi chẳng biết thêm được nhiều điều. Trí tuệ của tôi chỉ có hạn và vì thế tôi chỉ có thể sử dụng nó cho một mục đích thôi.

Khủng long bạo chúa trên cửa sổ

Nhà chúng tôi có một cuốn *Bách khoa Toàn thư Britannica*. Khi còn bé, cha thường đặt tôi vào lòng và đọc cho tôi nghe những gì người ta viết trong cuốn từ điển đó. Chúng tôi cùng đọc về khủng long, có thể là loài khủng long thần sấm, khủng long ăn thịt hay một loài khủng long nào đó. Trong cuốn từ điển đó, người ta đã miêu tả các con khủng long theo cách như sau “Con này cao 25 foot và cái đầu to 6 foot¹”. “Con nhìn này” – cha tôi bắt đầu dừng lại và giải thích – “Hãy suy nghĩ xem điều đó có nghĩa gì nào. Điều đó có nghĩa là nếu nó đứng trước sân nhà ta, với chiều cao của mình, nó có thể chui đầu qua cửa sổ nhưng vì cái đầu hơi to nên khi chui qua, nó sẽ làm vỡ tung cái cửa”.

¹ 1 foot = 0,3048 mét. (ND)

Tất cả những gì chúng tôi cùng đọc với nhau đều được cha tôi mô tả bằng những ví dụ thực tế. Nhờ đó, tôi đã đúc rút ra được một bài học: khi đọc bất kỳ vấn đề nào tôi đều tìm hiểu xem thật sự nó có nghĩa gì hay nói lên điều gì khi được minh họa bằng những ví dụ thực tế. Thế đấy (Cười), tôi đã từng đọc cuốn *Bách khoa Toàn thư* khi còn là một đứa trẻ nhưng đọc bằng những minh họa thực tế. Bạn thấy đấy, chúng ta sẽ thật hào hứng và cảm thấy thú vị khi biết rằng có những con vật có kích thước khổng lồ đến vậy. Tôi sẽ không sợ hãi nếu như có một con khủng long như cha tôi mô tả chui qua cửa khi chúng tôi đang trò chuyện. Tất cả chúng đã bị tuyệt chủng mà chẳng ai biết vì sao nhưng những gì cha kể cho tôi nghe về khủng long đều vô cùng thú vị.

Chúng tôi từng có thời gian sinh sống tại khu vực gần dãy núi Catskill¹ trong thời gian ở New York. Đó là nơi mọi người thường lui tới vào mùa hè. Ở đó có rất đông người và các ông bố chỉ có mặt ở nhà vào cuối tuần vì những ngày trong tuần phải làm việc tại New York. Khi ở nhà, cha hay dẫn tôi dạo chơi trong rừng và kể cho tôi nghe rất nhiều điều thú vị mà tôi sẽ tiết lộ với các bạn ngay sau đây. Các bà mẹ khác rất thích hành động đó của cha tôi. Dĩ nhiên là họ cho rằng điều đó thật có ích cho con cái và nghĩ rằng đó là việc làm mà các ông bố khác nên học tập. Khi chưa thuyết phục được chồng mình, họ ngỏ ý nhờ cha tôi dẫn bọn trẻ cùng đi nhưng ông đã từ chối vì ông muốn duy trì thời gian đặc biệt giữa hai cha con (chúng tôi có những điểm chung rất riêng tư). Vì thế, những ông bố khác phải dẫn con họ đi chơi vào tuần kế tiếp. Khi các ông bố quay trở lại làm việc vào ngày thứ hai, lúc bọn trẻ chúng tôi đang vui chơi trên cánh đồng, một đứa đã hỏi tôi: “Hãy nhìn con chim kia, cậu có biết đó là loài chim

¹ Tên một vùng đồi núi ở phía Tây Bắc của thành phố New York. (ND)

gì không?” Tôi trả lời rằng: “Tớ chẳng quan tâm nó là loài chim nào”, rồi cậu ta nói tiếp, “Nó là chim hét cổ nâu đấy” hoặc đại loại như thế. “Bố cậu không nói cho cậu biết điều đó à?”. Thực tế hoàn toàn ngược lại, cha con tôi đã từng nói về loài chim ấy. Khi nhìn thấy nó, ông nói, “Con có biết đó là con chim gì không? Nó là con chim hét cổ nâu đấy nhưng trong tiếng Tây Ban Nha, người ta gọi nó là... trong tiếng Italia người ta gọi nó là...”. Rồi ông nói tiếp, “Trong tiếng Trung Quốc người ta gọi nó là... , trong tiếng Nhật, người ta gọi nó là...” v.v. “Giờ thì”, ông giảng giải, “con đã biết trong các ngôn ngữ khác nhau người ta gọi con chim đó như thế nào rồi đấy và khi con biết được tất cả điều đó”, ông tiếp lời, “con sẽ thấy con chim ấy không phải là một thứ tuyệt đối. Con chỉ cần biết rằng mọi người ở khắp mọi nơi gọi nó như thế nào thôi”. Rồi ông bảo “Hãy ngắm nó đi con”.

Ông đã dạy tôi để ý đến mọi vật theo cách như vậy. Một ngày kia tôi đang chơi với chiếc xe goòng tốc hành, một cái xe goòng nhỏ có đường ray chạy vòng quanh để trẻ con có thể đẩy đi xung quanh. Theo trí nhớ của tôi, nó có một quả bóng bên trong. Khi đẩy cái xe goòng đó, tôi đã chú ý đến cái cách quả bóng lăn. Tôi đã hỏi ông: “Bố ơi, con thấy thế này: Khi đẩy xe, con thấy quả bóng lăn ngược lại về phía sau nhưng khi đẩy tiếp và đột nhiên dừng lại thì quả bóng lại lăn về phía trước”. Rồi tôi tiếp tục hỏi: “Vì sao lại như thế ạ?”. Ông trả lời: “Chẳng ai biết tại sao đâu con trai” và ông tiếp lời “Nguyên lý cơ bản là những vật đang chuyển động thì sẽ chuyển động tiếp còn những vật đang đứng yên thì cứ tiếp tục đứng yên trừ khi con đẩy mạnh nó”. Ông nói: “Người ta gọi đó là quán tính nhưng chẳng ai biết tại sao lại như vậy”. Ông đã chẳng đưa cho tôi một cái tên nào. Đối với ông, điều cần biết là sự khác nhau giữa việc biết tên một sự vật hay sự việc và sự hiểu biết về chính nó. Đó chính là sự hiểu biết sâu sắc mà

tôi đã nhận thức được khi còn nhỏ qua những cuộc trò chuyện với ông. Ông nói tiếp: “Nếu quan sát kỹ hơn, con sẽ phát hiện ra quả bóng thực sự không lăn ngược lại phía sau mà là do con đẩy phần sau xe về phía quả bóng. Quả bóng vẫn đứng nguyên ở vị trí đó hoặc thực tế do ma sát, nó đã chuyển động về phía trước chứ không phải là phía sau”. Tôi chạy lại phía cái xe goòng và đặt lại quả bóng lên trên rồi đẩy từ phía dưới rồi quan sát từ bên cạnh và quả thực là cha tôi đã đúng. Quả bóng chẳng bao giờ lăn về phía sau khi tôi đẩy xe về phía trước mà là ngược lại nhưng nhìn từ bên cạnh thì quả bóng hơi lăn về phía trước một chút. Đó là vì cái xe chuyển động cùng với quả bóng. Cha đã dạy tôi theo cách như vậy đấy, thông qua việc đưa ra các ví dụ và giải thích kiểu như thế mà không tạo bất kỳ áp lực nào, chỉ đơn thuần là những cuộc trò chuyện thú vị.

ĐẠI SỐ THỰC HÀNH

Tôi có một ông anh họ lớn hơn tôi ba tuổi. Khi đang học trung học, anh ấy gặp nhiều phiền toái với môn đại số và phải thuê gia sư đến kèm cặp tại nhà. Tôi cũng được phép ngồi ở góc phòng (Cười) trong khi gia sư giảng cho anh một bài đại số đại loại như là $2x$ cộng cái gì đó. Tôi hỏi: “Anh đang làm gì vậy?”. Bạn biết không, anh ấy nói về ẩn số x theo cách như sau: “Đó nhóc biết phải làm gì với đẳng thức $2x + 7 = 15$, khi nhóc muốn tìm giá trị của x ”. Tôi nói: “bằng 4 phải không”. Anh ấy nói, “Đúng, nhưng đấy là nhóc tính theo kiểu số học, nhóc phải tính bằng đại số cơ”. Đó là lý do tại sao anh ấy chẳng biết gì về đại số cả bởi vì anh ấy chẳng hiểu mình cần phải làm gì. Đúng là bó tay. Tôi đã may mắn được học đại số mà không cần đến trường và vẫn biết cách tìm được giá trị của x . Bạn tìm ra lời giải bằng cách nào

không quan trọng, chẳng cần phải phân biệt là giải bằng số học hay đại số. Đó là một sai lầm khi bắt lũ trẻ phải học đại số để có thể vượt qua các kỳ kiểm tra. Họ nghĩ ra một đống các quy tắc mà khi áp dụng bạn sẽ tìm ra kết quả, nhưng chẳng phải suy nghĩ gì: trừ 7 ở hai vế, nhân chia ở cả hai vế, v.v... và một chuỗi các bước để thu được kết quả mà bạn chẳng hiểu là mình đang làm gì.

Có hàng đống sách về toán như *Số học thực hành* rồi *Đại số thực hành* hay *Lượng giác thực hành*. Tôi đã học Lượng giác từ một trong các cuốn sách đó nhưng lập tức quên ngay vì chẳng hiểu lắm. Nhưng hàng tá cuốn sách tương tự vẫn cứ ra đời, như quyển *Giải tích thực hành* sắp được bổ sung vào thư viện. Lần này nhờ đọc cuốn *Bách khoa Toàn thư* mà tôi biết rằng giải tích là một môn học rất quan trọng và lý thú mà tôi cần phải học. Khi lớn hơn, độ khoảng 13 tuổi, cuốn sách giải tích đó, cuối cùng, mới được phát hành và tôi đã rất hào hứng đến thư viện để hỏi mượn. Cô thủ thư nhìn tôi và nói “Này, cháu chỉ là một đứa trẻ, cháu mượn quyển sách này để làm gì, nó dành cho người lớn đấy”. Đó là một trong số ít lần trong đời tôi cảm thấy không dễ chịu lắm và tôi đã nói dối là mượn cho cha. Tôi đã học giải tích toán từ quyển sách đó. Tôi cố giải thích cho cha và ông bắt đầu đọc phần mở đầu rồi nhận thấy quyển sách đó thật khó hiểu. Phản ứng đó của cha khiến tôi thất vọng đôi chút. Tôi đâu biết rằng hiểu biết của ông chỉ có hạn. Bạn biết không, thực sự là ông không hiểu được nội dung của cuốn sách đó. Tôi cho rằng nó khá đơn giản và dễ hiểu còn ông thì ngược lại. Đó là lần đầu tiên tôi chợt nhận ra, theo một ý nghĩa nào đó, tôi biết nhiều hơn ông.

Quân hàm và Giáo hoàng

Một trong những điều mà cha dạy tôi ngoài vật lý (Cười), dù đúng hay không, đó là sự bất kính với một vài điều đáng kính... trong một số hoàn cảnh nhất định. Ví dụ, hồi tôi còn là một cậu bé, có một bức ảnh được in bằng máy in xoay¹, đó là những bức hình được in trong các tờ báo, lần đầu tiên xuất hiện trên tờ *New York Times*. Như thường lệ, cha đặt tôi vào lòng và ông chỉ cho tôi xem một tấm hình. Đó là bức hình của Giáo hoàng đang đứng và có rất nhiều người đang vây quanh ông ta. Cha tôi nói: “Hãy nhìn những người này mà xem. Một người đứng ở đây, còn tất cả những người khác đang đứng vây quanh. Sự khác nhau ở đây là gì vậy? Chỉ vì ông này là Giáo hoàng”. Ông nói vậy vì không thiện cảm lắm với Giáo hoàng. Rồi ông nói tiếp: “Sự khác nhau là ở những chiếc quân hàm”. Tất nhiên không phải là trong trường hợp này, nhưng nếu ông ta là một vị tướng thì lý do là vì bộ quân phục và cấp hàm của ông ta. “Ông ấy cũng như người bình thường thôi, cũng có nhu cầu ăn uống, tắm giặt và gặp phải những vấn đề trong cuộc sống như những người khác vì ông ấy cũng là một con người. Nhưng tại sao mọi người lại khúm núm trước ông ta như vậy? Chẳng qua là vì tên tuổi và địa vị của ông ấy, vì bộ quân phục ông ấy đang mang trên người chứ không phải vì ông ấy đã làm được điều gì đó thật đặc biệt, cũng không phải vì đức hạnh của ông ấy hay một điều gì khác tương tự thế”. Tuy nhiên, vì là người kinh doanh quân phục, nên ông biết cái gì

¹ Nguyên văn: *rotogravure*. Một kỹ thuật in bằng trống xoay. Trong khoảng từ năm 1930-1960, các tờ báo đăng tải khá ít ảnh. Chỉ trong số Chủ nhật mới có một mục riêng đăng ảnh in bằng kỹ thuật này. (ND)

là sự khác nhau giữa một người lúc mặc quân phục và lúc không mặc, đối với ông cũng chỉ là con người ấy mà thôi.

Tôi tin rằng ông hài lòng về tôi. Mặc dù vậy, trong một lần trở về nhà từ Viện Công nghệ Massachusetts (MIT), nơi tôi đã theo học được vài năm, ông nói với tôi, “Giờ con đã được học nhiều kiến thức. Bố có một câu hỏi mà cho đến nay vẫn chưa tìm ra câu trả lời và muốn con giải đáp hộ. Bố nghĩ là con đã được học về nó nên hãy giải thích cho bố nghe nhé”. Tôi hỏi ông đó là cái gì và ông nói rằng, theo như ông biết thì khi một nguyên tử chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác, nó sẽ phát xạ một hạt ánh sáng gọi là photon. Tôi nói “Đúng rồi ạ”. Ông nói tiếp “Câu hỏi của cha là photon có sẵn trong nguyên tử từ trước hay chẳng có photon nào trong nguyên tử cả”. Tôi trả lời: “Chẳng có photon nào trong nguyên tử cả, chỉ khi một electron chuyển trạng thái thì nó mới xuất hiện”. Ông hỏi tiếp: “Vậy thì nó đến từ đâu và nó đã xuất hiện như thế nào?”. Tôi đã không thể trả lời ngay được là “Ở đây số photon không bảo toàn, chúng chỉ được tạo ra nhờ chuyển động của các electron”. Tôi đã không thể thử giải thích cho ông đại khái như thế này: Cái âm thanh mà tôi bây giờ phát ra không hề có sẵn trong tôi. Hiện tượng đó không giống như hiện tượng con trai tôi khi mới tập nói, nó bất chợt nói rằng nó không thể nói một từ nào đó - ví như từ “con mèo”, vì kho từ vựng của nó không có từ “con mèo” (Cười). Như vậy, bạn chẳng có sẵn kho từ vựng nào bên trong cả, sao cho bạn sử dụng các từ khi chúng xuất hiện. Với cùng một cách hiểu như vậy, chẳng có kho chứa photon nào trong nguyên tử, khi photon phát ra nó không đến từ một nơi nào cả. Ấy vậy mà tôi đã chẳng thể giải thích được theo cách như vậy. Cha tôi không thấy thoải mái với cách giải thích không thỏa đáng của tôi (Cười). Bởi vậy, ở một chừng mực nào đó, có thể thấy cha tôi đã không thành công khi cho tôi đi

học ở tất cả các trường đại học với mục đích khám phá ra những gì mà ông chưa biết (Cười).

Lời mời tham gia dự án chế tạo bom

[Khi đang làm nghiên cứu sinh, Feynman được mời tham gia dự án phát triển bom nguyên tử]. Đó là một vấn đề hoàn toàn lạ lẫm. Điều đó có nghĩa rằng để có thời gian tham gia dự án này, tôi sẽ phải dừng vấn đề đang nghiên cứu trong khi vấn đề đó lại là ước nguyện của đời tôi. Nhưng dự án kia lại là dự án mà tôi cảm thấy mình nên tham gia để bảo vệ nền văn minh nhân loại. Bởi vậy, tôi đã phải tự đấu tranh với bản thân để đưa ra quyết định cuối cùng. Phản ứng đầu tiên của tôi là không muốn bỏ dở công việc đang theo đuổi để bắt đầu công việc lạ lẫm đó. Tiếp theo, dĩ nhiên là vì những vấn đề đạo đức liên quan đến chiến tranh. Thực ra tôi cũng chẳng phải làm gì nhiều nhưng nó khiến tôi có cảm giác sợ hãi khi biết được thứ vũ khí ấy sẽ như thế nào. Hơn nữa, việc chế tạo thành công quả bom là một việc khả thi nên nhất định phải chế tạo bằng được. Chẳng có gì đảm bảo rằng chúng tôi có thể thành công và phía địch lại thất bại. Bởi vậy, việc tham gia dự án là rất quan trọng.

[Đầu năm 1943 Feynman tham gia vào nhóm Oppenheimer¹ ở Los Alamos²]. Nhắc tới phạm trù đạo đức, tôi có vài lời muốn chia sẻ. Lý do ban đầu để khởi động dự án bắt nguồn từ mối đe dọa của quân Đức. Đó chính là lý do dẫn dắt tôi đến với dự án phát triển hệ thống chế tạo bom đầu tiên ở trường Đại học Princeton

¹ J. Robert Oppenheimer (1904-1967), là nhà vật lý lý thuyết người Mỹ, trưởng dự án Manhattan và được xem như cha đẻ của bom nguyên tử. (ND)

² Thuộc tiểu bang Mexico, phía Tây Nam nước Mỹ, nơi đặt Phòng thí nghiệm quốc gia nổi tiếng cũng mang tên Los Alamos, viết tắt là LANL. (ND)

và sau đó là Los Alamos để làm cho quả bom có thể hoạt động được. Tất cả những nỗ lực được tập trung vào việc chế tạo ra một quả bom có khả năng hủy diệt lớn hơn. Đây là một dự án mà tất cả chúng tôi đã phải làm việc cật lực và hợp tác chặt chẽ với nhau. Với những dự án kiểu này, khi đã nhúng tay vào, bạn sẽ không ngừng nỗ lực để đi đến thành công. Nhưng điều mà tôi đã làm – có thể nói là phi đạo đức – là không còn nhớ tới cái lý do ban đầu đã khiến tôi tham gia vào dự án, sao cho khi lý do đã thay đổi, vì quân Đức đã bại trận, tôi chẳng hề mảy may có ý nghĩ nào trong đầu về điều đó. Và điều này có nghĩa là bây giờ tôi không cần phải xem xét lại tại sao tôi lại tiếp tục làm chuyện đó. Đơn giản chỉ là tôi đã không suy nghĩ, có phải vậy không?

Thành công và Dẫn vật

[Vào ngày 6 tháng 8 năm 1945, quả bom nguyên tử đó đã được thả xuống Hiroshima]. Phản ứng duy nhất mà tôi có thể nhớ lại là tôi vô cùng phấn khởi và hãnh diện, rồi tiệt tùng và say khướt cùng mọi người. Có lẽ tôi đã mù quáng khi có hành động và cảm nghĩ như vậy. Điều đó đã tạo ra một sự tương phản cực kỳ thú vị giữa những gì đang diễn ra ở Los Alamos tại cùng thời điểm với ở Hiroshima. Với niềm hạnh phúc đó tôi đã uống và say cùng với mọi người, tôi đã vô cùng phấn khích ngồi đánh trống trên capô của chiếc xe Jeep, đi khắp Los Alamos trong khi những người ở Hiroshima thì đang hấp hối hay đang vật vã với cái chết.

Tôi đã có phản ứng mãnh liệt sau cuộc chiến tàn khốc này. Phản ứng đó có thể xuất phát từ hậu quả của quả bom kia, cũng có thể vì một vài lý do tâm lý do vợ tôi vừa qua đời hoặc vì lý do nào đó khác. Ngay sau khi quả bom phát nổ, tôi còn nhớ lúc đó đang ngồi với mẹ tại một nhà hàng ở New York và nghĩ về New

York. Tôi biết sức công phá của quả bom thả xuống Hiroshima và tôi hiểu nó sẽ bao phủ một vùng rộng lớn ra sao, v.v và v.v. Tôi nhắm tính trong đầu, từ nơi tôi đang ngồi, hình như ở đường 59 thì phải, nếu quả bom được thả ở đường 34¹ thì nó sẽ có thể gây ảnh hưởng đến tận chỗ tôi đang ngồi và tất cả những người ngồi kia sẽ bị giết chết và mọi thứ sẽ bị hủy diệt hết. Mà không chỉ có một quả đầu vì khá dễ dàng để chế tạo ra nhiều quả khác. Vì thế hậu quả của nó giống như một viễn cảnh tận thế cứ ám ảnh trong tôi. Những ý nghĩ đó xuất hiện trong tôi từ rất sớm, sớm hơn những người lạ quan khác. Sẽ chẳng có gì thay đổi trong mối quan hệ giữa các quốc gia và cách mọi người đối xử với nhau so với thời gian trước đây và rồi chiến tranh sẽ lại xảy ra. Tôi tin chắc rằng những quả bom sẽ lại được sử dụng trong các cuộc chiến đó. Bởi vậy, tôi cảm thấy vô cùng bức rứt, dằn vặt và thực sự thấu hiểu rằng những gì mình đã làm thật ngu ngốc. Khi nhìn thấy người ta đang xây các cây cầu, tôi muốn thốt lên rằng “họ chẳng hiểu gì hết”. Tôi đã thực sự tin rằng xây dựng bất kỳ thứ gì đều là vô nghĩa, bởi vì chúng có thể sẽ sớm bị phá hủy, nhưng họ lại chẳng hiểu được điều đó. Tôi đã có cách nhìn kỳ cục này mỗi khi nhìn thấy bất kỳ công trình nào. Tôi nghĩ rằng họ mới ngu xuẩn làm sao khi cứ cố gắng xây dựng những công trình đó. Vì thế tôi đã thực sự lâm vào tình trạng trầm cảm.

¹ Ở Mỹ đường phố được xây dựng theo kiểu ô bàn cờ, tên đường thường được đặt theo số thứ tự. (ND)

*“Tôi chẳng phải cố gắng làm cho tốt
chỉ vì người ta nghĩ tôi sẽ làm tốt”*

[Sau chiến tranh, Feynman tham gia vào nhóm nghiên cứu của Hans Bethe¹ làm việc tại trường Đại học Cornell². Ông từ chối lời mời làm việc tại Viện nghiên cứu cấp cao ở Princeton]. Ông bộc bạch: Họ chắc hẳn phải kỳ vọng vào tôi rất nhiều khi mời tôi về làm ở đó trong khi tôi chẳng xuất sắc đến vậy. Vì thế tôi nhận ra một nguyên lý mới, đó là chẳng việc gì phải chịu trách nhiệm với những gì mà người ta kỳ vọng vào bản thân mình. Tôi chẳng phải cố gắng làm cho tốt chỉ vì người ta nghĩ là tôi sẽ làm tốt. Bằng cách này hay cách khác, tôi có thể cảm thấy thư thái vì điều này. Tôi ngẫm rằng bản thân mình chưa làm được điều gì quan trọng và tôi cũng sẽ chẳng bao giờ định làm một việc gì quan trọng cả. Nhưng tôi đã từng thực sự yêu thích vật lý và toán học và bởi vì tôi đã từng vui đùa với chúng, nên việc tôi tìm ra những gì mang lại cho tôi giải Nobel sau này thật sự nhẹ nhàng³.

¹ Hans Bethe (1906-) - giải thưởng Nobel về vật lý năm 1967 do những đóng góp của ông trong lý thuyết các phản ứng hạt nhân, đặc biệt là những phát hiện liên quan đến việc tạo ra năng lượng trong các vì sao.

² Một trường đại học tư danh tiếng ở thành phố New York. (ND)

³ Năm 1965, Richard Feynman cùng chia sẻ giải Nobel về vật lý với Julian Schwinger và Sin-Itiro Tomnaga do những đóng góp trong Điện động lực học lượng tử và những hệ quả sâu sắc của nó đối với vật lý các hạt cơ bản. CT

Giải Nobel có giá trị như thế nào?

[Feynman được trao giải Nobel cho công trình nghiên cứu về Điện động lực học lượng tử]. Về cơ bản những gì tôi làm và cũng được nghiên cứu độc lập bởi hai người khác là [Sinitiro] Tomanaga ở Nhật và [Julian] Schwinger đó là tìm cách kiểm soát, phân tích và thảo luận lý thuyết lượng tử về điện học và từ học đã được đề cập đến lần đầu tiên vào năm 1928. Làm thế nào để giải thích nó mà tránh được các phân kỳ, để tính ra các kết quả nhạy cảm nhưng hóa ra lại phù hợp chính xác với mọi thực nghiệm đã được thực hiện cho tới lúc đó, khiến cho Điện động lực học lượng tử trùng khớp với thực nghiệm trong mọi chi tiết ở bất cứ đâu có thể áp dụng được - ví dụ không có sự tham gia của các lực hạt nhân - và đó là công trình tôi thực hiện năm 1947 và công trình đó đã mang lại cho tôi giải Nobel.

[BBC: *Giá trị của giải Nobel là gì vậy?*] Như là... (Cười) Tôi chẳng có khái niệm nào về giải Nobel cả, tôi cũng chẳng hiểu rốt cuộc thì nó mang lại điều gì hay nó có giá trị như thế nào. Nếu những người ở Viện Hàn lâm Thụy Điển quyết định ông X, Y hay Z nào đó được trao giải thì thực tế sẽ là như vậy. Tôi chẳng biết làm gì với giải Nobel cả... thật phiền phức. Tôi không coi trọng danh tiếng. Tôi ghi nhận giải Nobel là dành cho những gì mình làm và những ai đánh giá cao nó. Tôi được biết rằng rất nhiều nhà vật lý đã sử dụng kết quả nghiên cứu của mình và tôi chẳng mong đợi gì hơn điều đó. Ngoài những mục đích vừa nêu, tôi không thấy giải Nobel có thêm ý nghĩa nào khác. Mặc dù là người được trao giải Nobel, tôi không đánh giá việc một vài người ở Viện Hàn lâm Thụy Điển quyết định một công trình nào đó xứng đáng được trao giải là có

ý nghĩa. Phần thưởng đích thực chính là niềm vui khám phá, là sự đột phá trong phát minh và chứng kiến kết quả nghiên cứu của mình được nhiều người sử dụng. Với tôi thanh danh chỉ là phù phiếm. Tôi không cần danh tiếng bởi đó là nỗi phiền toái đối với tôi, danh tiếng chỉ là hình thức và vỏ bọc bên ngoài. Cha tôi đã dạy tôi điều đó. Tôi không thể chịu đựng được và nó làm tổn thương tôi.

Trong thời gian học ở trường trung học, một trong vinh dự đầu tiên mà tôi có được đó là trở thành thành viên của nhóm Arista, nhóm những học sinh có kết quả học tập cao. Ai cũng muốn trở thành thành viên của nhóm này. Khi gia nhập nhóm, tôi phát hiện ra rằng cái mà họ làm trong những cuộc họp là để thảo luận xem ai là người xứng đáng được kết nạp vào nhóm. Chúng tôi ngồi thảo luận để quyết định lựa chọn ai. Việc đó đã gây tác động tới tâm lý của tôi vì lý do này hay lý do khác. Cá nhân tôi không thể hiểu được thế nào là danh giá và kể từ thời điểm đó, nó luôn là nỗi phiền toái đối với tôi. Ngay sau khi trở thành viện sĩ của Viện Hàn lâm Khoa học Quốc gia (Mỹ), tôi đã quyết định rời bỏ tổ chức đó. Lý do là vì đó cũng chỉ là một tổ chức mà thời gian chủ yếu dành cho việc xem xét, lựa chọn những người đủ xuất sắc để trở thành hoặc được phép trở thành thành viên của Viện với hàng loạt các vấn đề được đưa ra đơn giản là (phải chăng) những nhà vật lý chúng ta cần hợp lực lại vì có rất nhiều nhà hóa học xuất sắc đang cố gắng để trở thành viện sĩ của Viện trong khi chúng ta lại không có nhiều chỗ, v.v và v.v.. Nhiều nhà hóa học thì có vấn đề gì chứ? Mọi thứ cứ quay cuồng bởi vì mục đích chính chỉ là quyết định xem ai có thể đạt được vinh dự đó? Danh giá với tôi chẳng có giá trị gì.

Những qui tắc của cuộc chơi

[Từ năm 1950 đến năm 1988, Feynman là giáo sư vật lý lý thuyết tại Viện Công nghệ California¹]. Có một điều thú vị giống như khi chúng ta thử khám phá tự nhiên. Bằng cách nào đó, bạn hãy thử tưởng tượng rằng các đấng tối cao đang chơi một vài trò chơi thú vị như cờ vua chẳng hạn, trong khi bạn thì chẳng biết luật chơi. Bạn được phép quan sát bàn cờ, ít nhất là lúc này hay lúc khác, từ một góc nhỏ nào đó. Từ những quan sát đó, bạn cố gắng tìm ra luật chơi là gì, qui tắc dịch chuyển những quân cờ ra sao. Ví dụ, sau một lúc quan sát, bạn có thể phát hiện rằng con tượng chỉ có thể di chuyển trên các ô có cùng màu trên bàn cờ. Tiếp đó, bạn có thể biết thêm con tượng chỉ di chuyển trên các đường chéo của bàn cờ. Điều này giải thích tại sao nó chỉ đi trên những ô chéo có cùng màu khác nhau mà bạn đã nhận biết được trước đó. Những phát hiện này tương tự như việc bạn tìm ra qui tắc của trò chơi rồi sau sẽ hiểu về nó kĩ hơn. Mọi việc tiếp diễn một cách suôn sẻ và bạn nắm được tất cả các qui tắc. Có vẻ khá dễ dàng nhưng đột nhiên xuất hiện một vài cách thức lạ lẫm mà bạn không lường trước khiến bạn lại phải bắt đầu tìm hiểu. Nhân đây, tôi muốn đề cập một chút về vật lý. Trong vật lý cơ bản, chúng ta luôn cố gắng tìm ra những thứ mà chúng ta chẳng thể đi đến kết luận được. Chỉ sau khi kiểm chứng một cách đầy đủ, chúng ta mới cảm thấy hài lòng.

Điều không ăn khớp là điều thú vị nhất, nó chính là phần không

¹ Được biết đến với cái tên Caltech viết tắt của California Institute of Technology, là một trường đại học danh tiếng của Mỹ, đặt tại Pasadena, bang California, dọc duyên hải phía Tây nước Mỹ. (ND)

phù hợp với điều bạn đã kỳ vọng hoặc không như trông đợi của bạn. Ví dụ, chúng ta có thể tạo ra những cuộc cách mạng trong vật lý theo cách như thế này: Sau khi bạn đã quan sát thấy con tượng chỉ di chuyển trên các ô cùng màu, theo các đường chéo và coi đó là điều không phải bàn cãi nữa, thì đột nhiên bạn phát hiện ra rằng con tượng không di chuyển theo màu trước kia nữa mà di chuyển trên các ô cờ có màu khác. Chỉ khi đó bạn mới hiểu rằng có một khả năng khác xảy ra. Đó là khi một con tượng bị ăn còn một con tốt di chuyển xuống hết bàn cờ phía bên đối phương để hóa thành con tượng, điều này có thể xảy ra nhưng trước đó bạn không biết đến. Nó cũng tương tự như những định luật vật lý của chúng ta: Đôi khi những định luật có vẻ như là khả dĩ, nó vận hành tốt nhưng đột nhiên có một phát hiện nhỏ cho thấy định luật kia không còn phù hợp nữa. Thế là chúng ta lại phải nghiên cứu xem những điều kiện nào cho phép con tượng di chuyển trên các ô cờ có màu khác với trước và v.v. Nhờ vậy chúng ta biết thêm một qui tắc mới có thể giải thích hiện tượng đó một cách cặn kẽ hơn. Tuy vậy, không giống như một ván cờ, trong đó càng tìm hiểu thì các quy tắc càng trở nên phức tạp hơn, trong vật lý, khi bạn tìm ra những hiện tượng mới nó nhìn đơn giản hơn. Nhưng trên tổng thể mà nói, chính vì chúng ta tích lũy được nhiều kinh nghiệm hơn, chúng ta biết được nhiều hạt hơn và nhiều điều mới mẻ hơn nên các định luật xem ra ngày càng trở nên phức tạp hơn. Tuy nhiên, nếu bạn nhận thấy tất cả những điều tuyệt vời đó và ngày càng mở rộng tầm hiểu biết của mình thì đến một lúc nào đó, chúng ta có thể sẽ gắn kết những hiểu biết và kinh nghiệm đó thành một thể thống nhất, thì sự việc lại trở nên đơn giản hơn.

Nếu bạn quan tâm đến đặc tính tối hậu của thế giới vật lý hoặc của toàn bộ thế giới và hiện tại chúng ta chỉ có một cách duy

nhất để hiểu được nó là thông qua loại suy luận toán học, thì tôi không nghĩ rằng có ai đó không biết gì về toán học lại có thể hiểu được một cách đầy đủ hay phần lớn những diện mạo của thế giới, chiều sâu của đặc tính phổ quát của các định luật, các mối liên hệ giữa các sự vật. Tôi cho là chúng ta cũng chẳng có cách nào khác để mô tả thế giới một cách chính xác... hay để thấy được những mối quan hệ tương hỗ mà không có sự trợ giúp của toán học. Tuy nhiên, để mọi người không hiểu nhầm những gì đã nói, tôi muốn giải thích thêm một chút. Có rất nhiều khía cạnh của thế giới không cần đến toán học như tình yêu chẳng hạn. Sự bí hiểm và đầy kinh ngạc của tình yêu thật thú vị và tuyệt vời khi chúng ta đánh giá cũng như cảm nhận nó. Tôi không có ý cho rằng trên đời này chỉ có vật lý mà chỉ đơn giản muốn nói là nếu bạn đã và đang nói về vật lý nhưng lại không biết đến toán học thì đó là hạn chế rất lớn khi tìm hiểu thế giới đấy.

Nghiên cứu các nguyên tử

Hiện nay tôi đang nghiên cứu về một vấn đề đặc biệt trong vật lý mà chúng ta sẽ quay trở lại sau và mô tả về nó một cách cụ thể hơn. Bạn biết đấy, mọi thứ được hình thành từ các nguyên tử. Đó là một thực tế mà ai cũng biết. Nguyên tử có một hạt nhân với các electron chuyển động xung quanh. Chuyển động của các electron xung quanh hạt nhân đã được người ta biết rõ. Người ta cũng đã hiểu rõ các định luật về nó trong khuôn khổ của Điện động lực học lượng tử, như tôi đã trao đổi với các bạn. Và sau những gì đã làm được, thì câu hỏi đặt ra bây giờ là các hạt nhân hoạt động như thế nào, các hạt (trong hạt nhân) tương tác với nhau ra sao và làm thế nào mà chúng có kết được với nhau? Một trong những kết quả thu được từ các nghiên cứu là phát hiện về

sự phân hạch và chế tạo bom hạt nhân. Thế nhưng việc nghiên cứu các lực để giữ được các hạt tạo nên hạt nhân với nhau là một nhiệm vụ lâu dài. Ban đầu người ta cho rằng, đó là do sự trao đổi của một loại hạt bên trong gọi là các hạt pion¹ (phát hiện của Yukawa²). Người ta đã tiên đoán rằng nếu bắn các proton vào một hạt nhân (proton là một trong những hạt cấu tạo nên hạt nhân) thì chắc chắn chúng sẽ đánh bật được các pion và những hạt này sẽ bay ra.

Nhưng không chỉ có các pion bật ra mà còn có nhiều hạt khác đến mức chúng ta không còn tên để đặt cho chúng nữa, nào là kaon, sigma hay lamda, v.v. Ngày nay chúng đều được gọi là các hadron³. Càng gia tăng năng lượng của phản ứng, chúng ta càng thu được nhiều loại hạt đến khi số lượng các loại hạt khác nhau lên đến hàng trăm. Lẽ dĩ nhiên vấn đề được đặt ra khi đó – tức là trong khoảng thời gian từ năm 1940 đến 1950 và cho đến tận bây giờ – là làm thế nào để tìm được hình mẫu ẩn sau các hạt đó. Đường như có rất nhiều mối liên hệ và hình mẫu thú vị giữa các hạt. Nhưng phải mãi đến khi xuất hiện một lý thuyết giải thích được những hình mẫu này thì người ta mới biết được rằng tất cả các hạt nói trên đều được tạo nên từ các hạt gọi là các quark⁴, ví dụ ba hạt quark sẽ tạo thành proton. Proton là một trong những hạt cấu thành hạt nhân, ngoài ra còn có neutron. Thực tế, có rất nhiều loại quark, nhưng đầu tiên chỉ có ba loại được sử dụng để

¹ Viết tắt của từ *pi meson*, là tên chung cho ba hạt kích thước nhỏ hơn nguyên tử: π^0 , π^+ , π^- . Các pion có vai trò quan trọng trong việc giải thích các tính chất vật lý ở vùng năng lượng thấp của lực hạt nhân mạnh. (ND)

² Hideki Yukawa (1907-1981) - nhà vật lý lý thuyết người Nhật Bản đầu tiên nhận được giải Nobel năm 1949 cho công trình về lực hạt nhân và tiên đoán sự tồn tại của các hạt meson. (ND)

³ Tên chung cho các hạt cơ bản, bao gồm baryon và meson. (ND)

⁴ Tên loại hạt được cho là thành phần cơ bản nhất cấu tạo nên vật chất (ND)

giải thích cho hàng trăm hạt kia, đó là quark-u (trên), quark-d (dưới), quark-s (lạ)¹. Proton được cấu tạo từ hai quark-u và một quark-d, còn neutron lại được cấu tạo từ hai quark-d và một quark-u. Khi đó vấn đề được nảy sinh là: thực sự các quark tương tác với nhau như thế nào và cái gì đã liên kết chúng lại với nhau. Người ta đã nghĩ đến một lý thuyết rất đơn giản để giải quyết vấn đề này, gần tương tự như Điện động lực học lượng tử, nhưng chỉ gần giống thôi. Theo lý thuyết này, các quark được liên kết với nhau bởi các hạt gọi là gluon². Các gluon có vai trò giống như các photon truyền qua lại giữa các electron và nhờ đó mà các electron tương tác được với nhau. Về mặt toán học thì hai lý thuyết trên tương tự nhau, nhưng chúng có vài điểm khác biệt. Sự khác biệt dưới dạng các phương trình mà ta có thể phỏng đoán được dựa trên các nguyên lý về sự đẹp và tính đơn giản, chứ không hề tùy tiện mà rất xác định. Cái tùy tiện ở đây là có bao nhiêu loại quark chứ không phải là đặc tính của lực tương tác giữa chúng.

Trong điện động lực học, hai electron bị đẩy ra xa nhau bao nhiêu cũng được³ mặc dù khi khoảng cách càng xa thì lực tương tác giữa chúng càng yếu. Nếu điều này cũng đúng với các hạt quark thì bạn sẽ kỳ vọng rằng khi tác động đủ mạnh vào một loại hạt khác (hadron⁴) thì các hạt quark sẽ xuất hiện. Nhưng thực tế khi làm thí nghiệm với năng lượng đủ lớn để các quark có thể bật ra, thì thay vì thu được các quark, bạn lại thu được một tia lớn. Đó là vì tất cả các hạt cùng chuyển động theo hướng của

¹ Xuất phát từ tên tiếng Anh: *up* (u) là lên, *down* (d) là xuống, *strange* (s) là lạ. Tổng cộng có 6 loại *quark*, ba loại còn lại lần lượt là: *charm* (c) là duyên, *top* (t) là đỉnh và *bottom* là đáy. (ND)

² Là hạt cơ bản gây ra tương tác giữa các quark. (ND)

³ Lực tương tác giữa các electron là lực Coulomb, là lực có tầm tương tác xa đến vô cùng. (ND)

⁴ Hạt có cấu tạo từ các quark. (ND)

các hạt hadron ban đầu, chứ chẳng có hạt quark nào bật ra cả. Theo lý thuyết, rõ ràng khi các hạt quark bắn ra, nó sẽ tạo thành các cặp quark mới, chúng bắn ra theo các nhóm nhỏ và tạo thành các hạt hadron.

Câu hỏi đặt ra là tại sao lý thuyết này lại khác với Điện động lực học đến như vậy. Vì sao chỉ có các số hạng khác biệt nhỏ trong phương trình, mà lại có thể tạo ra những hiệu ứng khác nhau, thậm chí hoàn toàn khác nhau đến như vậy? Thực tế này đã gây không ít ngạc nhiên cho nhiều người khi được nêu ra lần đầu tiên. Trước tiên bạn cho rằng lý thuyết đó không đúng, nhưng càng nghiên cứu thì người ta lại càng thấy những số hạng khác biệt đó lại có khả năng tạo nên các hiệu ứng khác hẳn. Và vì thế chúng ta đang ở một thời điểm đặc biệt của lịch sử vật lý, hoàn toàn khác biệt với quá khứ. Chúng ta có một lý thuyết, một lý thuyết hoàn chỉnh và xác định cho các hadron đó, kèm theo cả tá những thí nghiệm vô cùng chi tiết, tỉ mỉ. Nhưng tại sao chúng ta không thể kiểm tra ngay lý thuyết để xem nó đúng hay sai? Bởi vì chúng ta phải tính toán lý thuyết để tìm ra những hệ quả của nó trước. Nếu lý thuyết này đúng, thì điều gì sẽ xảy ra hoặc đã xảy ra chưa? Tại thời điểm này thì khó khăn đó là ở bước thứ nhất. Thật khó để hình dung ra điều gì sẽ xảy ra nếu lý thuyết này là đúng. Toán học cần thiết để hình dung ra hệ quả của lý thuyết này là gì, ở thời điểm này, hóa ra lại là một khó khăn tưởng như không thể vượt qua nổi. Lưu ý là chỉ tại thời điểm này thôi đấy nhé. Vì vậy, việc mà tôi cần làm là bằng cách nào đó khi sử dụng lý thuyết này có thể đưa ra được những con số để kiểm chứng một cách tỉ mỉ, không chỉ định tính, mà tìm hiểu xem liệu nó có cho ra những kết quả định lượng đúng hay không.

Tôi đã mất vài năm trong việc cố gắng tìm ra những công cụ toán học cho phép giải các phương trình đó nhưng chẳng đi đến

đâu. Và rồi tôi quyết định rằng để làm được điều đó, việc đầu tiên tôi phải hiểu được là đáp số nhìn đại khái sẽ như thế nào. Thật là khó mà giải thích được điều này một cách thật rõ ràng, nhưng tôi cần phải có được một ý niệm định tính về hiện tượng đó diễn ra như thế nào trước khi tôi có một ý niệm tốt một cách định lượng. Nói một cách khác, thậm chí khi mọi người còn chưa hiểu (một cách thô sơ) hiện tượng đó diễn ra như thế nào thì tôi đã dành một hoặc hai năm để tìm hiểu hiện tượng đó cơ bản diễn ra thế nào (một cách thô sơ) nhưng chưa phải là định lượng với hy vọng trong tương lai những hiểu biết sơ bộ đó sẽ được chính xác hóa bằng các công cụ toán học chính xác hay giải thuật để tìm ra các hạt này từ lý thuyết. Bạn thấy đấy, chúng ta đang lâm vào tình huống thật trở trêu, những gì chúng ta đang làm không phải là tìm ra một lý thuyết vì nó đã tồn tại, thậm chí là rất hoàn hảo. Chúng ta đang tiến hành những hoạt động khoa học cần thiết để so sánh lý thuyết với thực nghiệm, bằng cách kiểm chứng những hệ quả cần có của lý thuyết. Chúng ta bị mắc kẹt trong việc tìm hiểu xem hệ quả là gì: mục đích của tôi, ước vọng của tôi là tìm hiểu xem liệu mình có thể tìm ra cách để xác định hệ quả của lý thuyết này là gì (Cười). Đúng là một tình huống trở trêu khi tồn tại một lý thuyết mà bạn không thể xác định được hệ quả của nó là gì. Thực tế đó khiến tôi cảm thấy bứt rứt, nhất định tôi sẽ phải tìm ra nó, trong một ngày nào đó.

“Hãy để George làm đi”

Để nghiên cứu vật lý đỉnh cao, chắc chắn bạn phải cần một khoảng thời gian dài cố gắng không ngừng nghỉ để tập hợp những ý tưởng không rõ ràng và khó nhớ. Điều đó cũng giống như bạn xây một ngôi nhà bằng các quân bài eo oặt, chỉ cần quên một

tầm thì toàn bộ công trình sẽ đi tong. Nếu bạn bị ngắt quãng hay đại loại là chỉ cần quên một nửa chứ chưa nói là toàn bộ cách thức để liên kết các quân bài với nhau, bạn sẽ không biết tiếp tục như thế nào và chỉ có cách là bắt đầu lại từ đầu. Các quân bài cũng giống như các phần khác nhau của ý tưởng, phải liên kết các ý tưởng khác nhau lại mới có thể hình thành nên ý tưởng chính. Vấn đề chính là khi bạn tập hợp mọi thứ lại với nhau, kiểu như xây một tòa tháp thì chúng rất dễ bị đổ sụp xuống. Vì vậy, đòi hỏi bạn phải rất tập trung, phải duy trì việc suy nghĩ trong một khoảng thời gian liên tục. Nếu công việc của bạn liên quan đến quản lý thì bạn không có thời gian liên tục dành cho việc đó. Đó là quan điểm cá nhân và tôi không chịu trách nhiệm về quan điểm này đâu nhé. Tôi nói với mọi người là tôi chẳng làm gì cả. Nếu có ai đề nghị tôi tham gia một hội đồng xét duyệt nào đó, tôi sẽ từ chối lấy cớ là vì không có trách nhiệm nên sẽ tôi sẽ không quan tâm đến việc đánh giá sinh viên. Dĩ nhiên là tôi không để mặc họ vì tôi biết sẽ có ai đó làm thay tôi và tôi quan niệm là “Hãy để George làm đi”. Bạn đừng học tập tôi ở điểm này nhé vì nó không tốt. Còn tôi sẽ vẫn làm như thế vì tôi yêu thích nghiên cứu vật lý hơn và tôi muốn xem liệu mình còn làm được vật lý nữa hay không. Như thế xem ra có vẻ là ích kỉ nhưng tôi chỉ muốn gắn bó với vật lý thôi.

Tê nhạt do lịch sử

Sinh viên đã có mặt đầy đủ trong giảng đường: Bạn hỏi tôi nên dạy họ bằng phương pháp nào là tốt nhất ư? Tôi nên bắt đầu từ quan điểm của lịch sử khoa học hay từ những áp dụng thực tiễn? Theo tôi, phương pháp giảng dạy tốt nhất là không dùng triết lý. Nó khiến người ta dễ bị lẫn lộn và nhầm lẫn khi phải tìm mọi

cách có thể để sử dụng nó. Đó là cách duy nhất tôi nhận thấy để có thể đáp ứng được sở thích của sinh viên này hay sinh viên kia trong cả tiết học, bởi vì một sinh viên thích Lịch sử sẽ cảm thấy nhàm chán với các lý thuyết Toán học và ngược lại. Nếu tránh được kiểu dạy triết lý, bạn sẽ khiến sinh viên không cảm thấy tẻ nhạt và nếu luôn làm được như vậy, có lẽ khả năng giảng dạy của bạn đã được cải thiện. Nhưng tôi thực sự không biết cách để đạt được điều đó. Tôi không có câu trả lời cho tất cả câu hỏi từ những cái đầu khác nhau với những mối quan tâm khác nhau: điều gì thu hút họ khiến họ quan tâm và làm sao để họ cảm thấy hứng thú. Có một phương pháp là sử dụng mệnh lệnh, yêu cầu họ phải thi đỗ môn này, phải làm bài kiểm tra kia. Đó là cách rất hiệu quả, rất nhiều người đã sử dụng phương pháp đó. Tôi rất tiếc là sau rất nhiều năm giảng dạy, thử nghiệm rất nhiều phương pháp tôi thực sự không tìm ra được phương pháp nào phù hợp nhất.

Giỏ nhà ai, quai nhà ấy

Khi còn là một cậu bé, cha đã tạo cho tôi nhiều hứng thú từ những cuộc trò chuyện với ông. Bởi vậy, tôi cố gắng kể cho con trai tôi nghe về những điều tuyệt diệu của thế giới này. Khi cháu còn rất bé, tôi thường kể chuyện cho nó nghe trong mỗi lần đưa nó đi ngủ. Tôi đã bịa ra một câu chuyện về những người tí hon cao bằng tầm này (điệu bộ tay - ND), đang đi lại, có thể là đi picnic và v.v, họ sống trong các máy thông gió và đi qua những cánh rừng với những vật màu xanh da trời to lớn giống như cây cối nhưng không có lá mà chỉ có thân thôi. Họ phải đi giữa những thứ này và v.v. Dần dà cháu cũng đoán ra đó là một tấm thảm màu xanh da trời, có phần tấm bị xù lên. Cháu thích trò chơi này vì tôi mô tả mọi thứ theo một cách khác lạ. Cháu rất hứng thú

với những câu chuyện đó và chúng tôi đã có những khoảng thời gian tuyệt vời. Thậm chí cháu còn được phiêu lưu vào một cái hang ẩm ướt có gió thổi ra thổi vào trong câu chuyện của tôi, lúc gió thổi vào thì ấm thổi ra thì lạnh và v.v. Đó chính là cái mũi của con chó. Dĩ nhiên sau đó tôi có thể nói với cháu về các chức năng sinh lý theo cùng một cách như vậy v.v. Cu cậu rất hứng thú bởi vậy tôi đã kể cho cháu nghe rất nhiều chuyện. Tôi cũng thích thú vì được nói về những điều mình yêu thích và rất thú vị khi nghe cu cậu đoán già đoán non. Sau này, tôi có thêm một cô công chúa nữa và cũng làm những điều tương tự như đã từng làm với con trai trước kia. Tuy nhiên, con gái tôi lại có sở thích khác, cô bé không thích các câu chuyện kiểu đó, mà chỉ thích nghe đi nghe lại các câu chuyện trong sách thôi. Cô bé thích tôi đọc các câu chuyện đó, chứ không phải các câu chuyện do tôi sáng tác, đó là sự khác biệt về cá tính. Vậy đây, tôi đang nói về một phương pháp tốt để dạy trẻ về khoa học thông qua việc hư cấu các câu chuyện về những người tí hon nhưng nó chẳng phù hợp với con gái tôi mà chỉ thích hợp với con trai tôi mà thôi.

“Khoa học không phải là khoa học...”

Tôi cho rằng đã có khoa học thực sự thì cũng có giả khoa học. Như khoa học xã hội là một ví dụ của kiểu khoa học mà không phải là khoa học. Họ không nghiên cứu một cách khoa học mà chỉ sử dụng những hình mẫu có sẵn. Họ tập hợp dữ liệu rồi tiến hành việc này việc kia nhưng chẳng đưa ra được định luật nào và chẳng tìm ra được kết quả gì. Họ chẳng đi đến đâu cả (có lẽ vào một ngày nào đó chẳng?) và những việc họ làm không được cải thiện gì, thậm chí còn tệ hại hơn. Chúng ta có các chuyên gia trong mọi lĩnh vực, nghe thì có vẻ họ (những nhà khoa học

xã hội) là những nhà khoa học thực thụ. Nhưng thực tế không phải như vậy. Họ ngồi trước một cái máy đánh chữ và tưởng tượng ra một vài thứ đại loại như là: Cây lương thực lớn lên bằng phân bón hữu cơ thì tốt hơn là phân bón vô cơ. Có thể nhận định này đúng, có thể sai, chẳng ai chứng minh được. Thế rồi với chiếc máy đánh chữ, họ dựng lên tất cả những nhận định như thế rất mang tính khoa học và sau đó họ trở thành chuyên gia về thực phẩm hữu cơ, và v.v. Sự hoang tưởng và giả khoa học kiểu này tồn tại ở khắp mọi nơi.

Có thể tôi sai vì có thể họ hiểu biết về những thứ đó nhưng tôi không nghĩ mình sai. Bạn thấy đấy, dù khó khăn nhưng tôi có nhiều lợi thế hơn khi so sánh với họ. Khi khám phá và để thực sự hiểu được một điều gì đó, bạn cần phải kiểm tra các thí nghiệm một cách cẩn trọng vì rất dễ mắc sai lầm hay dễ đánh lừa bản thân. Do đó, khi chứng kiến cách họ làm, tôi không thể tin là họ đạt đến mức độ hiểu biết đấy: họ không làm tỉ mỉ, không có sự kiểm tra kỹ lưỡng và sự cẩn trọng cần thiết. Tôi rất ngờ là họ chẳng hiểu gì và họ đang hù dọa mọi người... Tôi cho là như vậy, tôi chẳng biết hết mọi thứ trên đời nhưng đó là suy nghĩ của tôi.

Nghi ngờ và bất định

Nếu bạn đã từng kỳ vọng rằng khoa học có thể trả lời được mọi câu hỏi thú vị như chúng ta là ai, chúng ta đang đi đến đâu, ý nghĩa của sự tồn tại của vũ trụ này là gì v.v và v.v thì tôi cho rằng bạn có thể dễ bị vỡ mộng đấy. Có thể sau đó bạn sẽ cố gắng tìm một câu trả lời có tính chất thần bí nào đó cho những câu hỏi này. Tôi không thể hiểu nổi bằng cách nào mà một nhà khoa học có thể đưa ra một câu trả lời có tính chất thần bí. Điều đó thật ra chẳng quan trọng vì suy cho cùng cũng chỉ là hiểu được

điều đó mà thôi nhưng dẫu sao tôi cũng không thể hiểu nổi điều đó. Dù thế nào đi nữa, nếu bạn nghĩ về nó thì việc đặt câu hỏi mình đang làm gì cũng đồng nghĩa với việc bạn đang tìm kiếm câu trả lời cho vấn đề đó và cố gắng hết sức để tìm hiểu càng nhiều càng tốt về thế giới này. Mọi người hỏi tôi: “Ông đang tìm kiếm những định luật tối hậu của vật lý à?” Không, tôi không làm việc đó, tôi chỉ đang tìm hiểu nhiều hơn nữa về thế giới mà thôi, và nếu hóa ra có tồn tại một định luật tối hậu đơn giản có thể giải thích được tất cả mọi thứ thì sẽ thật tuyệt diệu để phát minh ra nó.

Nếu kết quả tìm ra giống như một củ hành với hàng triệu lớp vỏ mà chúng ta phải nhìn một cách chán ngắt và mệt mỏi thì thực tế buộc chúng ta phải chấp nhận như vậy. Dù theo cách nào đi nữa thì khi bản chất đã xuất hiện, thì kết quả tất yếu phải là như vậy. Do đó khi chúng ta khảo sát một vấn đề gì, chúng ta không nên phán trước là chúng ta đang thử làm việc gì, ngoại trừ mục đích cố gắng tìm hiểu thêm về điều đó. Bởi vì, nếu có thể nói trước đó là vấn đề là gì thì tại sao bạn còn cần phải tìm hiểu thêm nữa. Còn nếu bạn nghĩ là mình đang tìm hiểu thêm về vấn đề đó để có một câu trả lời cho một vấn đề mang tính triết lý sâu xa nào đó, bạn có thể mắc sai lầm. Có thể bạn sẽ không nhận được câu trả lời cho một câu hỏi cụ thể đó chỉ bằng cách tìm hiểu thêm về đặc tính của tự nhiên. Nhưng tôi thì không nhìn nhận vấn đề theo cách đó, mối quan tâm của tôi trong khoa học đơn giản chỉ là khám phá thế giới, khám phá được càng nhiều càng tốt.

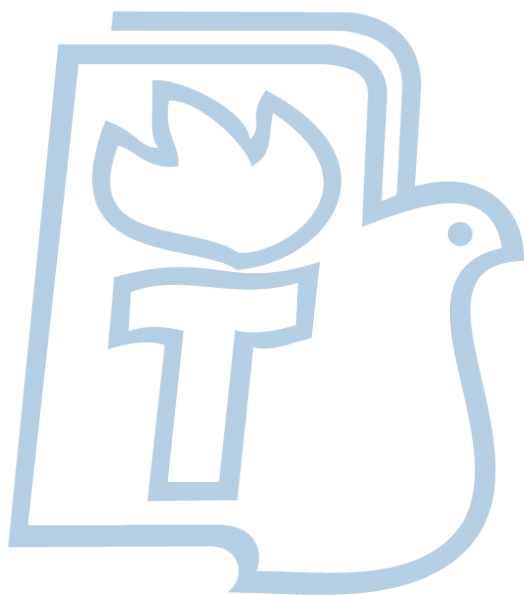
Có nhiều điều khá bí ẩn xung quanh khả năng con người có thể làm được nhiều việc hơn những loài động vật khác hay những vấn đề tương tự. Tuy nhiên, đó là những bí ẩn tôi muốn khám phá mà không biết trước câu trả lời. Tôi hoàn toàn không tin vào những câu chuyện kỳ lạ được thêu dệt về mối liên hệ của chúng

ta với vũ trụ ở quy mô lớn vì chúng dường như quá đơn giản, liên hệ quá mật thiết, quá cục bộ và quá vụn vặt. Trái đất, Giêsu, một hiện thân của Chúa Trời, hạ giới xuống Trái đất. Tuy nhiên, hãy nhìn ra ngoài kia, ông ấy chẳng thể so sánh được với sự tuyệt diệu và vô biên của vạn vật. Tuy nhiên, đó không phải vấn đề để tranh luận và tôi cũng chẳng thể tranh luận được. Tôi chỉ muốn nói với bạn rằng tại sao những quan điểm khoa học trong tôi đã có một ảnh hưởng nhất định đến niềm tin của tôi. Một vấn đề khác cần được quan tâm là làm thế nào để xác định được một việc gì đó là đúng và nếu như các tôn giáo khác nhau có những luận thuyết hoàn toàn khác nhau về một điều gì đó thì bạn sẽ thấy băn khoăn. Khi bắt đầu ngỡ vực, bạn hỏi tôi phải chăng khoa học là chính xác. Không phải như vậy, chúng ta chẳng biết cái gì là chính xác cả. Chúng ta chỉ đang cố gắng tìm hiểu và tất cả đều có khả năng sai.

Để hiểu về tôn giáo, trước tiên bạn phải cho rằng mọi thứ đều có khả năng sai. (Tức là phải nghĩ đến cả khả năng các lời giáo huấn cũng có thể sai chứ không chỉ tuân theo chúng khi xem chúng như là các chân lý). Chúng ta hãy cùng xem nhé. Ngay khi bạn làm điều đó, bạn sẽ bắt đầu trượt xuống tới một ranh giới khó mà quay lại được, v.v. Với một cách nhìn khoa học, như cách nhìn của cha tôi chẳng hạn, chúng ta nên tìm hiểu xem cái gì là đúng, cái gì có thể đúng, hoặc cái gì có thể không đúng. Một khi tôi bắt đầu ngỡ vực và tìm hiểu thì lòng tin của tôi bị giảm bớt đi một chút. Tôi thậm chí nghĩ đó là một phần căn bản trong linh hồn tôi.

Bạn thấy đấy, tôi có thể sống chung với sự nghi ngờ hay bất định và chẳng biết gì hết. Tôi cho rằng sống mà không biết hết mọi điều sẽ thú vị hơn việc đi tìm những câu trả lời có thể không chính xác. Tôi có những câu trả lời gần chính xác, những niềm

tin có thể xảy ra và nhiều cung bậc khác nhau về sự chắc chắn của các vấn đề khác nhau. Nhưng tôi không tuyệt đối tin chắc vào bất cứ điều gì và có rất nhiều điều tôi coi như mình chẳng biết tí gì cả, ví dụ như tại sao chúng ta ở đây và ý nghĩa của câu hỏi đó. Tôi có thể nghĩ về nó đôi chút nhưng nếu không có câu trả lời, tôi sẽ chuyển sang làm việc khác. Tôi chẳng cần biết câu trả lời, tôi không hề run sợ khi không biết hết mọi thứ hay bị lạc vào một vũ trụ kỳ bí mà không có mục đích gì. Đó là thực tế tất yếu phải xảy ra. Nó chẳng khiến tôi sợ hãi.



Chương 2

Máy tính trong tương lai

Bốn mươi năm sau vụ ném bom nguyên tử ở Nagasaki, cựu chiến binh Feynman, người đã từng tham gia dự án Manhattan, đã có buổi nói chuyện tại Nhật nhưng là chủ đề hoà bình về một vấn đề mà những cái đầu thông minh nhất thời đại vẫn đang quan tâm đó là tương lai của máy tính. Chủ đề liên quan đến giới hạn cuối cùng của kích thước máy tính dường như đã biến Feynman thành một Nostradamus¹ của khoa học máy tính. Với một vài độc giả, nội dung của chương này có thể khó hiểu nhưng đây là một phần đóng góp vô cùng quan trọng cho khoa học của Feynman. Bởi vậy, tôi hy vọng rằng các độc giả sẽ dành thời gian đọc nó mặc dù đôi khi phải bỏ qua một vài chi tiết mang tính kỹ thuật. Chương này kết thúc bằng một thảo luận ngắn gọn về một trong những ý tưởng của Feynman đã làm nên cuộc cách mạng trong công nghệ nano ngày nay.

¹ Michel de Nostredame (1503-1566) - nhà chiêm tinh học người Pháp, tác giả quyển *Những Thế kỷ* (Les-Centuries) gồm những lời tiên tri về các sự kiện xảy ra trong một thế kỷ, xuất bản lần đầu tiên năm 1555. (ND)

Giới thiệu

Tôi rất lấy làm vinh dự và hân hạnh có mặt tại buổi trò chuyện ngày hôm nay để tưởng nhớ đến giáo sư Nishina¹, một người mà tôi vô cùng kính trọng và ngưỡng mộ. Đến Nhật để trò chuyện về máy tính chẳng khác nào giảng đạo trước đức Phật. Tuy nhiên, tôi xin mạnh dạn trao đổi về chủ đề máy tính, một chủ đề mà tôi rất quan tâm và đó cũng là chủ đề duy nhất xuất hiện trong đầu khi tôi được mời tham dự buổi trò chuyện này.

Đầu tiên là tôi muốn nói về những cái mà tôi sẽ không định nói tới. Tôi muốn nói về tương lai của máy tính. Nhưng tôi sẽ không nói về những phát triển khả dĩ quan trọng nhất của máy tính trong tương lai. Ví dụ, có rất nhiều nỗ lực trong việc cố gắng phát triển những chiếc máy tính thông minh hơn có quan hệ tốt hơn với con người với mục đích có thể xử lý các số liệu đầu vào và đầu ra đơn giản hơn so với việc phải tiến hành lập trình một cách phức tạp như ngày nay. Người ta thường gọi đó là trí tuệ nhân tạo nhưng tôi không thích khái niệm đó. Có lẽ những chiếc máy tính không thông minh thậm chí lại có thể làm việc tốt hơn những chiếc máy thông minh.

Một vấn đề khác là việc chuẩn hóa ngôn ngữ lập trình. Ngày nay xuất hiện quá nhiều ngôn ngữ lập trình và bởi vậy sẽ là một ý hay là cần lựa chọn lấy một ngôn ngữ làm chuẩn mực. (Tôi rất lưỡng lự khi nói ra điều này ở Nhật vì như vậy đơn giản sẽ xuất hiện thêm nhiều ngôn ngữ chuẩn hơn. Hiện tại, các bạn đã có

¹ Yoshio Nishina (1890-1951) - nhà vật lý người Nhật Bản, được đặt tên cho một công thức trong vật lý, công thức Klein-Nishina. Từng là người đứng đầu các dự án nguyên tử của Nhật Bản. (ND)

đến bốn ngôn ngữ và dường như những nỗ lực chuẩn hóa ở đây lại sẽ tạo ra nhiều chuẩn hơn chứ không phải ít hơn!)

Một vấn đề khá thú vị khác của tương lai cần được tập trung nghiên cứu, nhưng tôi sẽ không đề cập tới ở đây, đó là chương trình sửa lỗi lập trình tự động. Sửa lỗi lập trình ở đây nghĩa là khắc phục những khiếm khuyết của một chương trình hoặc của một chiếc máy tính. Tuy vậy, việc sửa lỗi các chương trình lại gặp phải khó khăn vì các chương trình ngày càng trở nên phức tạp hơn.

Một hướng cải tiến khác là chế tạo những cỗ máy vật lý ba chiều thay vì làm mọi thứ trên bề mặt con chip (hai chiều - ND) như hiện nay. Việc này có thể được thực hiện thông qua nhiều công đoạn thay vì một công đoạn. Ví dụ bạn có thể làm một vài lớp vật liệu trước rồi bổ sung thêm nhiều lớp vào sau. Chúng ta cũng cần có một thiết bị khác với khả năng tự động xác định được các linh kiện bị khuyết tật trên một con chip máy tính. Sau đó, con chip này sẽ tự nối dây lại để tránh các linh kiện bị khiếm khuyết. Tại thời điểm hiện nay, trong khi cố gắng chế tạo các con chip có dung lượng lớn, chúng ta thường phải vứt bỏ toàn bộ con chip khi xuất hiện những sai hỏng hay vết hàn tồi. Sẽ hiệu quả hơn nhiều nếu chúng ta có thể sử dụng được những phần không bị lỗi trong con chip. Nhắc tới những chuyện này là tôi muốn nói với các bạn rằng tôi hoàn toàn ý thức được những vấn đề thực sự của máy tính trong tương lai. Nhưng điều mà tôi muốn nói với các bạn lại rất đơn giản, ít mang yếu tố kỹ thuật và chỉ tập trung vào các yếu tố mang tính nguyên tắc trong khuôn khổ của các định luật vật lý. Nói một cách khác, tôi sẽ thảo luận về cách cấu tạo của máy chứ không đi sâu vào cách sử dụng máy.

Tôi sẽ trao đổi về một vài khả năng mang tính kỹ thuật trong việc chế tạo những chiếc máy tính đó. Tôi sẽ đề cập đến ba chủ đề. Một là, máy tính xử lý song song sẽ xuất hiện trong tương lai

gần, loại máy này sắp xuất hiện trong thời gian không xa vì người ta đang nghiên cứu để chế tạo rồi. Tương lai xa hơn là vấn đề tiêu thụ năng lượng của máy tính, một vấn đề được xem là hạn chế ở thời điểm này nhưng nếu xem xét kỹ lưỡng thì không hẳn là như vậy. Cuối cùng, tôi sẽ nói về kích thước của máy tính. Sẽ tốt hơn nếu chúng ta có thể chế tạo được những chiếc máy tính có kích thước nhỏ hơn nhưng vấn đề đặt ra là: về nguyên tắc có thể tạo ra những chiếc máy tính có kích thước nhỏ đến giới hạn nào trong khuôn khổ của các định luật của tự nhiên? Tôi sẽ không thảo luận về loại máy tính nào hay kiểu máy tính nào sẽ xuất hiện trong tương lai. Điều này phụ thuộc vào thực trạng kinh tế và xã hội nên tôi không có ý định phỏng đoán về các vấn đề đó.

Máy tính song song

Chủ đề đầu tiên tôi muốn trao đổi là về máy tính song song. Hầu hết những chiếc máy tính thông thường hiện nay làm việc theo một sơ đồ hay một cấu trúc do Neumann¹ phát minh ra. Đó là một bộ nhớ rất lớn có thể lưu trữ tất cả thông tin và bộ phận trung tâm có chức năng làm những phép tính đơn giản. Chúng ta lấy một con số từ vị trí này của bộ nhớ và một con số khác từ vị trí khác rồi gửi hai con số đó đến đơn vị xử lý số học trung tâm để thực hiện phép cộng, sau đó gửi kết quả đến một vị trí khác của bộ nhớ. Vì vậy, trong khi bộ xử lý trung tâm có thể hoạt động với tốc độ rất lớn và cường độ cao thì toàn bộ hệ thống nhớ chỉ giống như một cái tủ lưu trữ thông tin rất ít được sử dụng.

¹ John von Neumann (1903-1957) - nhà toán học người Mỹ, sinh tại Hungary có nhiều đóng góp quan trọng đối với rất nhiều lĩnh vực trong toán học. Ông còn được coi là một trong những cha đẻ của máy tính.

Rõ ràng là chúng ta có thể thực hiện các phép tính với tốc độ lớn hơn nếu có nhiều bộ xử lý cùng làm việc tại một thời điểm. Nhưng vấn đề là ở chỗ khi một người sử dụng một bộ xử lý, anh ta có thể dùng một số thông tin từ bộ nhớ mà người khác cũng đang cần và vì thế rất dễ bị nhầm lẫn. Chính vì lý do này mà người ta cho rằng rất khó sử dụng nhiều bộ xử lý có thể làm việc song song.

Một số bước cải tiến theo hướng đó đã được thực hiện đối với các máy tính thông thường lớn hơn gọi là “các bộ xử lý vector”. Đôi lúc, bạn muốn thực hiện cùng một thao tác nào đó trên nhiều hạng mục khác nhau, bạn có thể thực hiện chúng một cách đồng thời. Hy vọng là các chương trình chính quy sẽ có thể được viết theo cách thông thường, sau đó chương trình dịch sẽ tự động nhận biết khi nào nên dùng khả năng vector này. Ý tưởng đó đã được ứng dụng trong hệ máy tính Cray¹ và trong các “siêu máy tính” ở Nhật Bản. Một ý tưởng khác là kết nối một lượng lớn các máy tính đơn giản (nhưng không quá thô sơ) lại với nhau theo một kiểu hình nào đó. Nhờ đó, chúng có thể cùng làm việc trên một phần của bài toán. Mỗi một máy tính thực sự là một máy độc lập, nhưng chúng sẽ truyền thông tin cho nhau, khi máy này hay máy khác cần tới thông tin đó. Đơn cử, loại sơ đồ này đã được ứng dụng cho hệ máy tính song song đặt tại Caltech có tên Cosmic Cube. Nó chỉ là một trong rất nhiều khả năng. Rất nhiều nhóm đang chế tạo ra các hệ máy tính có cơ chế vận hành tương tự. Có một cách khác là người ta tìm cách phân bố một số lượng lớn các bộ xử lý trung tâm đơn giản trên khắp bộ nhớ. Mỗi bộ xử lý trung tâm chỉ làm việc với một phần nhỏ của bộ nhớ và giữa chúng có một hệ thống kết nối lẫn nhau phức hợp. Một ví dụ của loại

¹ Hệ máy tính nổi tiếng được ra mắt lần đầu tiên năm 1976 bởi công ty sản xuất siêu máy tính có trụ sở đặt tại Seattle, bang Washington, Mỹ. (ND)

máy tính kiểu này là hệ máy Connection Machine chế tạo ở MIT. Nó có 64000 bộ xử lý và một hệ thống phân nhánh trong đó cứ 16 bộ xử lý có thể liên hệ được với 16 bộ khác và như vậy sẽ có 4000 khả năng liên hệ theo kiểu phân nhánh.

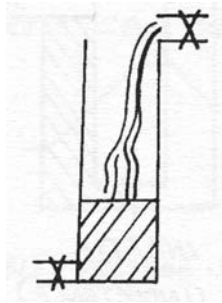
Hóa ra những vấn đề khoa học như sự truyền sóng trong một vật liệu nào đó lại có thể được xử lý rất dễ dàng bởi các quá trình song song. Đó là do cái xảy ra trong một phần đã cho của không gian ở một thời điểm bất kỳ đã cho được tạo ra một cách cục bộ và chỉ có áp suất và ứng suất ở những vùng lân cận là cần phải biết. Việc này có thể được thực hiện đồng thời cho mỗi thể tích và các điều kiện biên thông giữa các thể tích khác nhau. Điều đó giải thích vì sao thiết kế này sẽ giải quyết được vấn đề. Hóa ra có một số rất lớn các bài toán thuộc đủ các loại có thể được giải quyết nhờ quá trình xử lý song song. Chừng nào bài toán là đủ lớn đòi hỏi phải thực hiện rất nhiều phép tính thì quá trình tính song song có thể làm giảm thời gian tính toán đi một cách đáng kể và nguyên tắc này không chỉ áp dụng cho các bài toán khoa học.

Cách đây hai năm đã có những định kiến cho rằng việc lập trình song song là rất khó. Người ta đã nhận ra rằng sở dĩ họ gặp phải khó khăn, thậm chí không thể vượt qua là vì họ sử dụng chương trình thông thường cho những tính toán song song mà không tiến hành thay đổi bất kỳ điều gì. Thay vì, chúng ta cần bắt đầu lại hoàn toàn từ việc đánh giá khả năng thực hiện tính toán song song đến việc viết lại toàn bộ chương trình theo cách hiểu mới về cơ chế bên trong của máy tính. Quả là không thể sử dụng một cách hiệu quả những chương trình cũ và nhất thiết phải viết lại chúng. Yêu cầu phải viết lại các chương trình mới là một bất lợi lớn cho hầu hết các ứng dụng công nghiệp và gặp phải rất nhiều lực cản lớn. Tuy nhiên, các nhà khoa học hoặc những người lập trình thông minh không chính quy, những người yêu thích khoa

học máy tính, thường sử dụng các chương trình lớn. Họ sẵn sàng bắt đầu lại từ đầu và viết lại chương trình để các chương trình chạy hiệu quả hơn. Vì vậy, những chương trình phức tạp và có quy mô lớn lại chính là những chương trình đầu tiên được lập trình lại bởi các chuyên gia theo phương thức mới. Sau đó, việc này sẽ khiến mọi người dần thay đổi quan điểm và ngày càng có nhiều chương trình sẽ được lập ra theo cùng phương thức như vậy và các lập trình viên chỉ phải học cách viết ra chúng.

Giảm thiểu thất thoát năng lượng

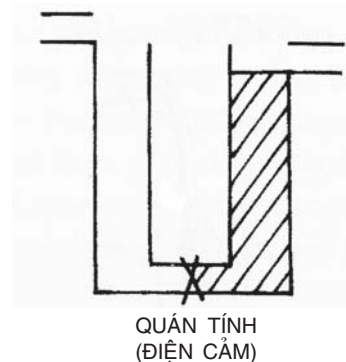
Chủ đề thứ hai tôi muốn đề cập đến đó là thất thoát năng lượng khi sử dụng máy tính. Một hạn chế rõ ràng của các máy tính có kích thước lớn đó là vấn đề làm mát máy tính. Người ta đã mất rất nhiều công sức để giải quyết vấn đề này. Theo tôi, đó đơn giản chỉ là chuyện yếu kém về kỹ thuật chứ không phải là vấn đề có tính cơ bản. Bên trong máy tính, một bit thông tin được điều khiển bởi một dây dẫn có thể nhận hai giá trị điện áp. Chúng ta phải thay đổi điện áp của dây dẫn từ mức này sang mức khác hay nói cách khác là đưa điện tích vào hoặc lấy điện tích ra để đặc trưng cho một bit. Ta hãy lấy một ví dụ tương tự với nước. Chúng ta đổ nước vào một cái bình để có một mức nước nào đó. Nếu trút hết nước ra chúng ta sẽ có một mức khác (chỉ có hai mức là có và không có nước). Ví dụ này chỉ là một sự tương tự, nhưng nếu bạn thích điện hơn, bạn có thể tưởng tượng ra những sơ đồ điện chính xác hơn. Những gì chúng ta lấy ví dụ với nước ở đây chỉ mang tính tương tự đó là đổ nước vào bình từ miệng bình (Hình 1) và bằng một cái van ở đáy bình chúng ta có thể làm cho nước chảy ra hết. Trong cả hai trường hợp đều có sự thất thoát năng lượng do sự giảm đột ngột mực nước thông qua chiều



Hình 1. Hình minh họa việc đổ nước vào bình.

cao từ miệng bình khi nước chảy vào đến đáy bình. Khi bạn đổ nước lại vào bình thì cũng có sự thất thoát năng lượng. Trường hợp của điện áp và điện tích cũng như vậy.

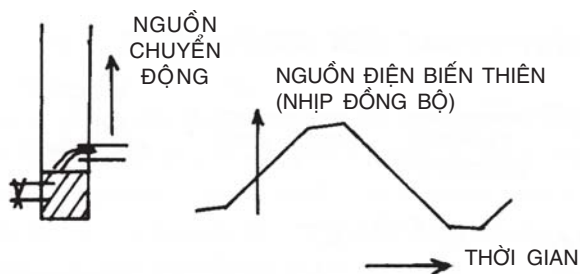
Như ngài Bennett đã giải thích, điều này giống như điều khiển một chiếc ô tô, chúng ta cần bật máy để khởi động và đạp phanh khi dừng lại. Mỗi lần bật máy hay đạp phanh, bạn đều mất năng lượng. Có một cách thu xếp khác chuyện này cho một chiếc ô tô đó là kết nối bánh xe với các bánh đà. Khi chiếc xe này dừng lại, chúng ta sẽ tiết kiệm được năng lượng nếu bánh đà vẫn quay và các bánh đà đó lại có thể được kết nối lại để khởi động chiếc xe. Ví dụ tương tự với nước là một cái ống hình chữ U có van ở chính giữa đáy của nó, nối hai nhánh của ống chữ U (H. 2). Chúng ta đóng van và bắt đầu đổ đầy nước ở nhánh bên phải và để trống ở nhánh bên trái. Nếu chúng ta mở van thì nước sẽ chảy sang nhánh bên kia. Chúng ta đóng ngay van lại đúng vào thời điểm nước chảy hết về phía bên trái. Sau đó, nếu chúng ta lại muốn nước chảy lại sang nhánh bên phải thì chúng ta lại mở van ra và đóng van kịp thời khi nước chảy hết sang nhánh bên phải. Ở đây nước bị thất thoát một chút, mực nước không đạt được độ cao



Hình 2. Ống hình chữ U, minh họa việc sử dụng quản tính của nước.

như trước đây nhưng chúng ta chỉ việc đổ thêm một chút nước vào để bù lại phần nước đã mất - một sự mất mát năng lượng nhỏ hơn rất nhiều phương pháp đổ đầy ngay. Thủ thuật ở đây là sử dụng quản tính của nước hay dùng một đại lượng tương đương trong điện tử học là độ tự cảm. Tuy nhiên, các transistor silic trong các con chip ngày nay rất khó để cải tiến. Vì vậy, với công nghệ hiện nay, phương pháp này là không khả thi cho lắm.

Một cách khác để đổ đầy bình là sử dụng một nguồn nước đặt trên mực nước một chút, bằng cách nâng nguồn nước theo thời gian cùng với quá trình đổ nước vào bình (H. 3) để sự rơi xuống của nước luôn luôn là nhỏ trong quá trình đó. Tương tự, ta có thể sử dụng một ống thoát để hạ mức nước trong bình. Tuy nhiên, chúng ta chỉ lấy đi phần nước ở gần mặt nước và thấp hơn ống dẫn vào để lượng nhiệt mất mát không xảy ra tại chỗ phân nhánh hoặc nếu có thì rất ít. Phần năng lượng bị mất mát phụ thuộc vào độ cao giữa nguồn nước và bề mặt của mức nước khi chúng ta đổ vào. Cách làm này tương đương với việc thay đổi nguồn điện áp theo thời gian. Vì vậy, phương pháp này sẽ là khả thi



$$\text{NĂNG LƯỢNG THẤT THOÁT} \times \text{THỜI GIAN} = \text{HẰNG SỐ}$$

Hình 3. Minh họa việc đổ đầy bình bằng nguồn nước, tương đương với ý tưởng sử dụng một nguồn điện biến thiên theo thời gian đặt vào mạch điện.

nếu chúng ta sử dụng một nguồn điện áp biến thiên theo thời gian. Dĩ nhiên chúng ta vẫn bị mất mát năng lượng nhưng tất cả chỉ xảy ra ở một chỗ nhưng đó là cách đơn giản để tạo ra một độ tự cảm lớn. Sơ đồ hoạt động kiểu này gọi là “chuyển nhịp đồng bộ”¹ bởi vì nguồn điện áp hoạt động đồng thời còn như một đồng hồ xác định thời gian của tất cả. Thêm vào đó, chúng ta không cần có một tín hiệu đồng hồ bổ sung để xác định thời gian trong các mạch như chúng ta vẫn làm với những thiết kế thông thường.

Hai thiết bị vừa được đề cập ở trên sử dụng ít năng lượng hơn nếu chúng chạy chậm hơn. Nếu tôi dịch chuyển nguồn nước quá nhanh thì mực nước trong ống không theo kịp, kết quả là mực nước trong ống bị tụt mạnh. Vì vậy, để làm cho thiết bị hoạt động, tôi phải vận hành với tốc độ từ từ. Tương tự như vậy, sơ đồ ống hình chữ U sẽ không làm việc trừ khi van ở giữa có thể mở ra và

¹ Nguyên văn: *hot clocking*. Khái niệm này dùng để chỉ quá trình chuyển mạch (tín hiệu) được thực hiện đủ chậm, gần như tĩnh để giảm thiểu tối đa năng lượng thất thoát, nghĩa là gần như đoạn nhiệt. (ND)

đóng lại nhanh hơn thời gian nước chảy qua chảy lại trong ống. Nếu làm chậm được thiết bị đó, tôi sẽ tiết kiệm năng lượng. Thực tế, năng lượng mất mát nhân với thời gian hoạt động của mạch là một hằng số. Tuy nhiên, điều này là rất khả thi vì thời gian đồng hồ thường lớn hơn nhiều so với thời gian trong mạch đối với các transistor. Do vậy, chúng ta có thể sử dụng cách đó để giảm thiểu thất thoát năng lượng. Nếu chúng ta làm chậm hơn 3 lần so với tính toán thì chúng ta có thể dùng 1/3 năng lượng trong thời gian lâu hơn đến 3 lần, nghĩa là năng lượng bị tiêu tán ít hơn 9 lần. Chúng ta có thể dùng lâu hơn lúc vận hành ở vận tốc mạch cực đại một chút bằng cách sử dụng các tính toán song song hoặc các thiết bị khác để thiết kế lại, nhằm tạo ra một chiếc máy tính lớn hơn mà vẫn giảm được năng lượng mất mát.

Năng lượng thất thoát trong một transistor nhân với thời gian mà nó làm việc phụ thuộc vào một vài yếu tố sau (H. 4):

1. Nhiệt năng tỉ lệ với nhiệt độ, kT .
2. Chiều dài của transistor, giữa cực phát và cực thu, chia cho vận tốc của các electron chạy bên trong (vận tốc của chuyển động nhiệt ($\sqrt{3kT/m}$)).
3. Chiều dài transistor tính bằng đơn vị quãng đường tự do trung bình đối với các va chạm giữa các electron bên trong transistor.
4. Tổng số electron trong transistor khi đang hoạt động.

Đặt các giá trị phù hợp của tất cả các thông số vào công thức trên ta có thể thấy rằng năng lượng được dùng trong các transistor ngày nay cỡ từ 1 tỉ đến 10 tỉ lần nhiệt năng, kT , hoặc nhiều hơn. Điều đó cho thấy chúng ta cần khá nhiều năng lượng. Vì thế, rõ ràng ý tưởng giảm kích thước của transistor là một ý tưởng hay.

TRONG MỘT TRANSITOR:

NĂNG LƯỢNG X THỜI GIAN

$$= KT \cdot \frac{\text{CHIỀU DÀI}}{\text{VẬN TỐC}} \cdot \frac{\text{CHIỀU DÀI}}{\text{QUẢNG ĐƯỜNG TỰ DO TRUNG BÌNH}} \cdot \text{SỐ ELECTRON}$$

$$\text{NĂNG LƯỢNG} \sim 10^{9-11} KT$$

**GIẢM KÍCH THƯỚC : NHANH HƠN
TỐN ÍT NĂNG LƯỢNG HƠN**

Hình 4. Minh họa sự phụ thuộc của năng lượng nhân với thời gian vào một vài đại lượng vật lý.

Chúng ta giảm chiều dài giữa cực phát và cực thu để giảm số lượng electron nên năng lượng sử dụng sẽ ít hơn. Điều này cũng cho thấy transistor nhỏ hơn sẽ chạy nhanh hơn bởi vì các electron có thể đi từ cực phát sang cực thu nhanh hơn và làm cho những quyết định chuyển mạch của chúng cũng nhanh hơn. Tóm lại, người ta đang cố gắng chế tạo transistor có kích thước nhỏ hơn vì đó là một ý tưởng hay xét trên mọi góc độ.

Tuy nhiên, giả sử chúng ta gặp tình huống như sau: nếu quãng đường tự do trung bình dài hơn kích thước transistor thì transistor không còn hoạt động một cách phù hợp theo những hiểu biết của chúng ta được nữa. Chính điều này đã làm tôi nhớ đến cái được gọi là hàng rào âm thanh vài năm trước đây. Người ta từng cho rằng máy bay không thể bay nhanh hơn vận tốc của âm thanh. Bởi vì, nếu thiết kế theo cách thông thường rồi sau đó đặt vận tốc âm vào các phương trình thì cánh quạt sẽ không làm việc và cánh máy bay sẽ không nâng được lên, đồng nghĩa với việc máy

bay không hoạt động. Ấy vậy mà các máy bay vẫn có thể bay nhanh hơn vận tốc âm thanh. Chỉ cần bạn xác định chính xác các định luật áp dụng cho từng hoàn cảnh cụ thể và thiết kế các thiết bị phù hợp với các định luật đó. Bạn đừng kỳ vọng rằng các thiết kế cũ có thể thích ứng với các hoàn cảnh mới. Nhưng các thiết kế mới có thể hoạt động trong các hoàn cảnh mới. Tôi có thể khẳng định rằng chúng ta hoàn toàn có thể tạo ra một hệ thống transistor, hay chính xác hơn là một hệ thống chuyển mạch cùng các thiết bị tính toán có kích thước theo các chiều nhỏ hơn quãng đường tự do trung bình. Dĩ nhiên tôi chỉ có thể đưa ra nhận định đó xét trên khía cạnh “nguyên lý” chứ không phải trên khía cạnh sản xuất thực tiễn. Bởi vậy, chúng ta hãy thảo luận điều gì sẽ xảy ra nếu chúng ta có thể chế tạo các thiết bị có kích thước nhỏ nhất có thể.

Giảm kích thước con chip

Chủ đề thứ ba của tôi liên quan đến kích thước của các phần tử tính toán và những gì tôi trao đổi hôm nay chỉ thuần túy mang tính lý thuyết. Khi mọi thứ được chế tạo ở kích thước rất nhỏ thì vấn đề đầu tiên mà bạn nên quan tâm đó là chuyển động Brown. Sở dĩ như vậy vì tất cả mọi thứ sẽ bị rối tung lên và không ở nguyên một vị trí nữa. Vậy thì làm thế nào để có thể điều khiển các mạch? Hơn thế, nếu một mạch điện đang hoạt động, thì liệu nó có cơ may đột nhiên đảo lại mạch không? Chẳng hạn, nếu chúng ta dùng 2V cho năng lượng của mạch điện này ($H = 5$), tức là tương đương với 80 lần nhiệt năng ở nhiệt độ phòng ($kT = 1/40$ V). Khả năng một sự kiện nào đó quay trở lại trạng thái ban đầu dưới điện áp bằng 80 lần nhiệt năng ở nhiệt độ phòng là e^{-80} hay là 10^{-43} . Điều này có nghĩa gì? Nó có nghĩa là nếu chúng ta

có 1 tỉ transistor trong một chiếc máy tính (dĩ nhiên hiện tại vẫn chưa chế tạo được), tất cả chúng chuyển mạch trong 10^{-10} giây (thời gian chuyển mạch bằng 1/10 của một nano giây-ns), giả thiết là quá trình chuyển liên tục trong 10^9 giây (khoảng 30 năm) thì tổng số lần chuyển mạch trong chiếc máy tính đó sẽ là 10^{28} . Cơ hội để một trong các transistor quay trở lại trạng thái ban đầu chỉ là 10^{-43} , nên sẽ không có bất kỳ lỗi tính toán nào gây ra bởi các dao động nhiệt trong vòng 30 năm liền. Nếu bạn không muốn thì có thể sử dụng nguồn 2,5 V và như vậy thì xác suất gây ra lỗi thậm chí còn nhỏ hơn. May chăng sự sai lệch thực sự xảy ra khi một tia vũ trụ bất thần xuyên qua transistor mà chúng ta thì chẳng cần hoàn hảo hơn thế.

Tuy nhiên, thực tế còn có nhiều khả năng hơn và tôi muốn giới thiệu với các bạn một bài báo đăng trong số mới đây nhất của tạp chí *Scientific American* của tác giả C. H. Bennett và R. Landauer có nhan đề “Giới hạn vật lý cơ bản của tính toán”¹. Chúng ta hoàn toàn có thể chế tạo một chiếc máy tính trong đó các phần tử và các transistor hoạt động theo chiều thuận và hy hữu lắm mới bị đảo ngược nhưng máy tính vẫn vận hành một cách bình thường. Tất cả các thao tác trong máy tính đều có tiến và thoái. Quá trình tính toán được thực hiện trong giây lát theo một chiều, sau đó tự ngừng, “không tính” nữa, rồi lại tiếp tục tính, v. v. Chúng ta chỉ cần đẩy đi một chút là có thể khiến cho chiếc máy tính đó hoạt động và hoàn thành việc tính toán bằng cách thực hiện quá trình tiến nhiều hơn quá trình thoái một chút.

Chúng ta đều biết rằng tất cả các tính toán có thể thực hiện bằng cách kết hợp một vài phần tử đơn giản lại với nhau ví như các transistor hoặc theo kiểu ngôn ngữ logic máy tính được gọi

¹ Đăng trên tạp chí, *Sci. Am.* tháng 7 năm 1985

CHUYỂN ĐỘNG BROWN

$$2 \text{ VÒN} = 80 \text{ kT}$$

$$\text{XS GẬP LỎI} \quad e^{-90} = 10^{-43}$$

$$10^9 \text{ TRANSISTORS}$$

$$10^{10} \text{ THAY ĐỔI / GIÂY}$$

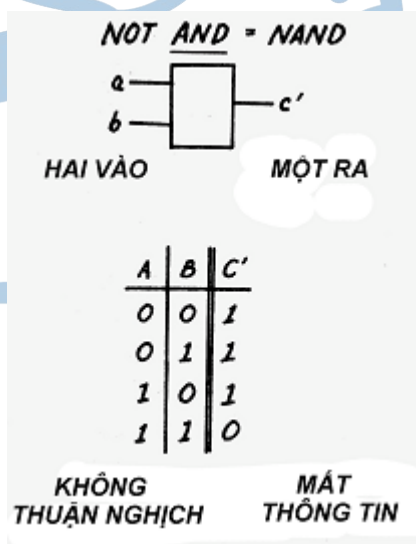
$$10^9 \text{ GIÂY (30 NĂM)}$$

$$10^{18}$$

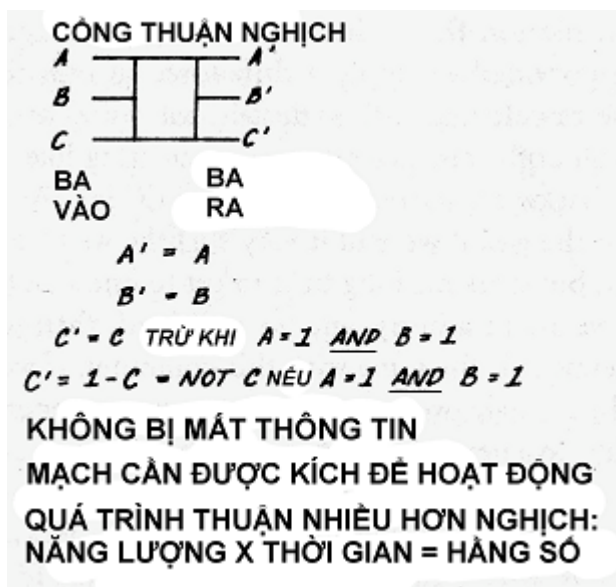
Hình 5. Minh họa một vài đặc trưng của mạch hoạt động với nguồn điện 2V.

là cổng NAND (NAND có nghĩa là NOT-AND). Một cổng NAND có hai “đầu” vào và một đầu ra (H. 6). Hãy tạm bỏ qua ý nghĩa của NOT để hiểu thế nào là cổng AND trước đã. Một cổng AND có đầu ra là 1 khi và chỉ khi cả hai đầu vào là 1, trái lại nó sẽ có giá trị 0. NOT-AND có nghĩa ngược lại. Vì vậy đầu ra của nó luôn là 1 (mức điện thế sẽ có giá trị tương đương với mức 1 này) trừ khi cả hai đầu vào là 1. Nếu cả hai đầu vào là 1 thì đầu ra sẽ là 0 (mức điện thế sẽ có giá trị tương đương với mức 0 này). Hình 6 là bảng giá trị các đầu vào và đầu ra cho một cổng NAND. A và B là các đầu vào, C' là đầu ra. Nếu cả A và B có giá trị 1 thì đầu ra có giá trị 0, các trường hợp còn lại sẽ có giá trị 1. Tuy vậy, một thiết bị như thế hoạt động không thuận nghịch và sẽ dẫn đến việc mất thông tin. Nếu chỉ biết đầu ra, tôi sẽ không thể suy lại được giá trị đầu vào. Thiết bị này không thể hoạt động theo chiều

thuận rồi lại theo chiều nghịch mà vẫn tính toán đúng được. Ví dụ, nếu chúng ta biết rằng đầu ra là 1, thì chúng ta không biết đó là do $A = 0, B = 1$ hay là $A = 1, B = 0$, hay là do $A = 0, B = 0$, vì thế không thể tính ngược lại được. Thiết bị này là cổng không thuận nghịch. Phát hiện tuyệt vời, độc lập nhau của Bennett và Fredkin về khả năng tính toán của một loại cổng cơ bản khác gọi là cổng thuận nghịch. Tôi sẽ minh họa ý tưởng của họ nhờ một linh kiện gọi là cổng NAND thuận nghịch. Nó có ba đầu vào và ba đầu ra (H. 7). Hai đầu ra A' và B' giống hệt như hai đầu vào A và B , nhưng đầu thứ ba thì hoạt động như sau. C' sẽ giống hệt như C trừ phi A và B cùng có giá trị 1, trong trường hợp này nó sẽ đổi giá trị của cổng C bất kể lúc đó giá trị của nó thế nào. Ví



Hình 6. Sơ đồ và bảng giá trị của một cổng logic không thuận nghịch.



Hình 7. Sơ đồ một cổng logic thuận nghịch và những ưu điểm của nó.

dụ, nếu cổng C có giá trị 1, thì nó sẽ bị đổi thành giá trị 0, còn nếu cổng C có giá trị 0 nó sẽ bị đổi thành giá trị 1 - nhưng sự thay đổi này chỉ xảy ra nếu cả hai cổng A và B đều có giá trị 1.

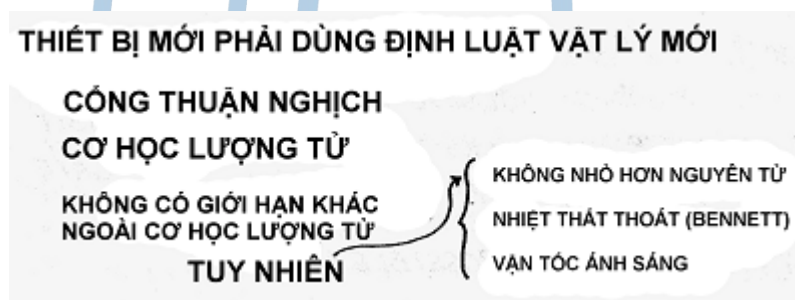
Nếu bạn đặt liên tiếp hai cổng này, bạn sẽ thấy A và B sẽ đi qua không thay đổi, còn nếu cổng C không bị thay đổi giá trị trong cả hai trường hợp, nó sẽ giữ nguyên giá trị. Còn nếu cổng C bị đổi giá trị, thì nó sẽ bị đổi hai lần và do đó vẫn giữ nguyên giá trị. Vì vậy, cổng này có thể tự đảo ngược mà thông tin không bị mất đi. Chúng ta có thể suy được đầu vào nếu bạn biết đầu ra.

Một thiết bị được chế tạo hoàn toàn bởi các cổng loại này sẽ làm được tính toán nếu tất cả đều hoạt động theo chiều thuận. Thiết bị đó vẫn hoạt động đúng ngay cả khi đôi lúc có quá trình

nhảy đi nhảy lại nhưng cuối cùng vẫn hoạt động đủ theo chiều thuận. Nếu một vài quá trình bị nhảy ngược lại nhưng cuối cùng vẫn thực hiện theo chiều thuận thì phép tính vẫn đúng. Điều này rất giống với một hạt ở trong một khối khí bị bắn phá bởi các nguyên tử xung quanh. Những hạt như thế thường đứng tại chỗ, nhưng chỉ đẩy một chút, một chút theo chủ ý sẽ làm cho hạt di chuyển theo một hướng này thay vì hướng khác. Nó sẽ chậm chậm tiến về phía trước và di chuyển từ đầu này sang đầu kia, thay vì chuyển động Brown hỗn loạn như trước đây. Vì thế, máy tính sẽ làm việc khi chúng ta đặt một lực để kích hoạt quá trình tính toán. Mặc dù nó sẽ không thực hiện các tính toán một cách trơn tru, nhưng bằng cách tính đi tính lại, cuối cùng nó cũng sẽ hoàn thành công việc. Giống như một hạt trong không khí: nếu ta đẩy nhẹ nó, chúng ta sẽ tốn rất ít năng lượng nhưng lại mất thời gian để đẩy nó từ đầu này sang đầu kia. Nếu chúng ta vội vàng đẩy mạnh nó thì ta sẽ mất rất nhiều năng lượng. Nguyên lý này cũng đã được áp dụng cho chiếc máy tính mà tôi đã đề cập ở trên. Nếu chúng ta kiên nhẫn và tiến hành một cách từ từ, chúng ta có thể làm cho nó hoạt động mà không mất năng lượng là bao, thậm chí năng lượng mất đi trong mỗi bước tính còn nhỏ hơn kT, một lượng nhỏ tùy ý như bạn mong muốn nếu bạn có đủ kiên nhẫn. Nhưng nếu nóng vội, bạn sẽ tiêu tốn năng lượng và sự thực là năng lượng dùng để thực hiện các tính toán theo chiều thuận nhân với thời gian mà bạn thực hiện tính toán luôn là một hằng số.

Với các khả năng này, hãy tưởng tượng xem liệu chúng ta có thể chế tạo một chiếc máy tính với kích thước nhỏ như thế nào? Một con số lớn cỡ nào? Chúng ta đều biết có thể viết các số theo cơ số 2 như một chuỗi các “bit”, mỗi bit là số 1 hoặc 0. Nguyên tử tiếp theo có thể xem là 1 hoặc 0, vì thế một chuỗi nhỏ các nguyên tử sẽ đủ để biểu diễn một số, mỗi nguyên tử chỉ một bit. (Thực

tế, vì một nguyên tử có thể có nhiều hơn 2 trạng thái nên thậm chí chúng ta chỉ cần dùng vài nguyên tử thôi, nhưng một nguyên tử trên một bit là đủ rồi!). Coi như một trò tiêu khiển trí tuệ, chúng ta hãy thử xét xem có chế tạo được chẳng một chiếc máy tính, trong đó việc viết các bit có kích cỡ nguyên tử, chẳng hạn, khi spin hướng lên tương ứng với bit 1, còn spin hướng xuống tương ứng với bit 0. Và khi đó, “transistor” của chúng ta hoạt động theo cơ chế thay đổi các bit ở những nơi khác nhau sẽ tương ứng với cơ chế thay đổi trạng thái của các nguyên tử thông qua tương tác giữa chúng. Một ví dụ đơn giản nhất là tương tác giữa ba nguyên tử có thể được xem là phần tử cơ bản hoặc một cổng trong một chiếc máy tính như vậy. Nhưng phải một lần nữa nhắc lại rằng, thiết bị này sẽ không làm việc nếu chúng ta thiết kế nó theo các định luật áp dụng cho các đối tượng có kích thước lớn. Chúng ta phải sử dụng các định luật vật lý mới, các định luật cơ học lượng tử, các định luật chi phối chuyển động ở mức độ nguyên tử (H. 8).



Hình 8. Một vài yếu tố mà một cổng logic thuận nghịch phải tuân theo.

Chúng ta phải tự hỏi xem liệu các nguyên lý của cơ học lượng tử có cho phép sắp xếp một lượng nhỏ các nguyên tử chỉ bằng vài lần số cổng logic trong máy tính mà vẫn hoạt động được như một chiếc máy tính hay không. Vấn đề này đã được nghiên cứu về mặt lý thuyết và qua đó người ta đã tìm ra một sự sắp xếp theo cách như vậy. Vì các định luật của cơ học lượng tử là thuận nghịch nên chúng ta phải dùng những phát kiến về cổng logic thuận nghịch của Bennett và Fredkin. Khi vấn đề có tính lượng tử này được đưa ra, người ta thấy rằng cơ học lượng tử không tạo ra giới hạn nào ngoài những gì mà Bennett đã thảo luận trên quan điểm nhiệt động lực học. Dĩ nhiên là có một giới hạn về mặt thực tiễn, đó là các bit phải có kích thước của một nguyên tử và một transistor gồm ba hoặc bốn nguyên tử. Cổng logic hoạt động theo nguyên lý lượng tử như tôi đã nói sẽ có ba nguyên tử. (Tôi sẽ không cố mô tả các bit bằng các hạt nhân mà sẽ đợi cho đến khi công nghệ đạt đến kích thước nguyên tử trước khi tôi đưa vấn đề đi xa hơn). Như vậy chúng ta chỉ cần giải quyết các vấn đề sau: (a) các giới hạn về kích thước đến khi đạt được kích thước cỡ nguyên tử; (b) năng lượng cần thiết phụ thuộc vào thời gian như Bennett đã phát hiện; và (c) một đặc điểm mà tôi chưa đề cập liên quan đến tốc độ của ánh sáng vì chúng ta không thể gửi các tín hiệu nhanh hơn tốc độ ánh sáng. Những vấn đề này là những giới hạn vật lý của các máy tính theo hiểu biết của tôi.

Nếu bằng cách nào đó chúng ta có thể chế tạo một chiếc máy tính có kích thước cỡ nguyên tử, có nghĩa là kích thước dài của nó nhỏ hơn kích thước của các con chip ngày nay từ 1000 đến 10000 lần (H. 9). Điều đó có nghĩa là thể tích của nó tương đương cỡ một phần 100 tỉ hoặc 10^{-11} lần kích thước của máy tính ngày nay, bởi vì thể tích của một “transistor” loại này nhỏ hơn transistor ngày nay 100 tỉ lần. Năng lượng cần thiết cho một lần

10^{-3} - 10^{-4}	THEO CHIỀU TUYẾN TÍNH	} KHẢ NĂNG GIẢM CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CỦA MỘT CÔNG
10^{-11}	THEO THỂ TÍCH	
10^{-11}	THEO NĂNG LƯỢNG	
$10^{-4.5}$	THEO THỜI GIAN	

KHẢ THI VỀ MẶT LÝ THUYẾT !

Hình 9: Minh họa các khả năng giảm về mặt lý thuyết của các đại lượng đặc trưng cho một cổng logic.

chuyển mạch nhỏ hơn khoảng 11 bậc so với năng lượng cần thiết để chuyển mạch trong một chiếc transistor ngày nay. Thời gian cần thiết cho một lần chuyển mạch trong mỗi bước tính toán sẽ nhanh hơn ít nhất là 10 nghìn lần. Vì vậy, có rất nhiều điều cần cải tiến bên trong chiếc máy tính và tôi để dành cho các bạn, những người thực sự đang làm việc với máy tính, như một cái đích để vươn tới. Tôi không chắc sẽ mất bao lâu để ngài Ezawa có thể dịch hết những gì tôi đã trao đổi nhưng đến đây tôi xin kết thúc bài nói chuyện của mình. Cảm ơn các bạn! Và sau tôi xin được trả lời các câu hỏi của các bạn.

Hỏi và đáp

► **Hỏi:** Giáo sư đã nói rằng một bit thông tin có thể được lưu trữ bởi một nguyên tử. Tôi băn khoăn xin hỏi liệu giáo sư có thể lưu giữ một lượng thông tin như thế bởi một quark không?

* **Đáp:** Được chứ. Nhưng chúng ta không thể điều khiển được các quark và điều đó thực sự là không thực tế. Bạn có thể cho rằng những gì tôi đang nói là không thực tế nhưng tôi không nghĩ vậy. Khi tôi nói về các nguyên tử, tôi tin rằng một ngày nào đó chúng ta có thể nắm bắt và điều khiển được từng nguyên tử. Còn năng lượng liên quan đến tương tác của các quark thì rất lớn. Điều này sẽ trở nên rất nguy hiểm khi điều khiển chúng vì lý do phóng xạ, v. v. Tuy nhiên, các mức năng lượng nguyên tử mà tôi đang nói đến là những dải năng lượng mà chúng ta rất quen thuộc như năng lượng hóa học, năng lượng điện học, và đó là những con số rất thực tế. Tuy nhiên, vào lúc này có thể niềm tin của tôi chưa có cơ sở.

► **Hỏi:** Giáo sư nói rằng các phân tử tính toán càng nhỏ bao nhiêu thì càng tốt bấy nhiêu. Tuy nhiên tôi nghĩ rằng kích thước của các thiết bị sẽ lớn hơn bởi vì...

* **Đáp:** Có phải bạn cho rằng ngón tay bạn quá to để bấm nút?

► **Hỏi:** Đúng là như vậy.

* **Đáp:** Dĩ nhiên là bạn đúng. Tôi đang nói về phần tính toán bên trong, có lẽ trong các robot hoặc các thiết bị nào đó. Tôi chưa thảo luận về đầu ra và đầu vào như thế nào, có thể đầu vào có

được thông qua việc quan sát hình ảnh, lắng nghe giọng nói hoặc là bấm nút. Tôi đang nói về mặt nguyên lý tính toán được thực hiện như thế nào mà không thảo luận về đặc điểm của đầu ra. Chắc chắn là đầu ra và đầu vào trong hầu hết các trường hợp không thể thu nhỏ lại quá kích cỡ của các bộ phận của con người. Hiện tại, việc thao tác máy tính bằng tay thực sự là khó khăn do kích thước của ngón tay. Tuy vậy, những vấn đề tính toán phức tạp đòi hỏi rất nhiều thời gian mới có thể thực hiện xong có thể được giải quyết rất nhanh nhờ các máy tính có kích thước rất nhỏ với năng lượng tiêu thụ thấp. Đó là loại máy tính mà tôi đã nói đến. Không phải là các ứng dụng đơn giản như phép cộng hai con số mà là các tính toán rất phức tạp.

► **Hỏi:** Tôi muốn biết phương pháp của giáo sư để chuyển thông tin từ một phần tử có kích thước nguyên tử này sang một phần tử khác. Nếu giáo sư sử dụng tương tác tự nhiên hoặc tương tác tuân theo cơ học lượng tử giữa hai phần tử thì một thiết bị như vậy sẽ trở nên rất gần với chính bản thân Tự nhiên. Ví dụ, nếu chúng ta thực hiện một mô phỏng trên máy tính, chẳng hạn như mô phỏng Monte Carlo của một nam châm để nghiên cứu hiện tượng chuyển pha thì máy tính kích thước nguyên tử của giáo sư sẽ rất giống chiếc nam châm này. Giáo sư nghĩ thế nào về việc này?

* **Đáp:** Đúng vậy. Tất cả mọi thứ chúng ta chế tạo đều là Tự nhiên. Chỉ khác một điểm là chúng ta sắp xếp nó theo cách phù hợp với mục đích của chúng ta để thực hiện một phép tính toán cho một mục đích nào đó. Trong một chiếc nam châm có loại quan hệ nào đó; ở đó cũng đang diễn ra một loại tính toán nào đó giống như trong hệ Mặt Trời. Nhưng đó không phải là những phép tính mà chúng ta mong muốn thực hiện. Điều chúng ta cần làm là chế tạo ra một thiết bị, rồi chúng ta thay đổi các chương trình

cho nó và để cho nó tính các bài toán mà chúng ta muốn giải quyết. Điều này khác với việc chiếc nam châm chỉ có thể giải quyết những vấn đề của chính bản thân nó mà thôi. Tôi không thể dùng hệ Mặt Trời như một chiếc máy tính trừ khi ai đó đặt cho tôi bài toán tìm ra chuyển động của các hành tinh. Nếu thế tôi chỉ việc quan sát là có câu trả lời. Đã từng có một bài báo vui viết như trò đùa. Rất xa trong tương lai, “bài báo” xuất hiện thảo luận về một phương pháp mới nhằm thực hiện các phép tính liên quan đến khí động lực học như sau: Thay vì sử dụng các máy tính tinh xảo của thời đó, tác giả này phát minh ra một thiết bị đơn giản để thổi không khí qua một cánh máy bay. (Anh ta phát minh lại đường hầm gió!).

► **Hỏi:** Tôi vừa đọc một bài báo có nội dung liên quan đến hoạt động của hệ thần kinh trong não chậm hơn rất nhiều so với máy tính ngày nay, trong khi đơn vị của hệ thần kinh nhỏ hơn rất nhiều. Ngài có cho rằng chiếc máy tính mà ngài đề cập đến có những điểm chung so với hệ thần kinh của não không?

* **Đáp:** Có sự tương đồng giữa não bộ và máy tính. Ở đó có vẻ như các phần tử có thể bật tắt nhờ vào sự điều khiển của những phần tử khác. Các xung thần kinh điều khiển hoặc kích thích các dây thần kinh khác, theo một cách nào đó thường phụ thuộc vào việc có hay không nhiều hơn một xung gửi đến, giống như cổng AND hoặc là các biến thể của nó. Năng lượng cần thiết cho một trong những chuyển dịch của một tế bào não bằng bao nhiêu? Tôi không có câu trả lời cho câu hỏi này. Thời gian để nó thực hiện một lần chuyển xung trong não thậm chí là lâu hơn rất nhiều so với các máy tính hiện nay. Hệ thống đa liên kết của não vẫn tinh vi hơn nhiều so với máy tính cho dù tương lai của lĩnh vực kinh doanh máy tính sẽ phát triển đến đâu đi chăng nữa. Mỗi

dây thần kinh được nối với hàng nghìn dây thần kinh khác, trong khi chúng ta chỉ kết nối transistor với hai hoặc ba transistor khác là tối đa.

Ai đó quan sát hoạt động của bộ não và nhận thấy rằng nó vượt trội hơn máy tính ngày nay ở nhiều khía cạnh. Nhưng ở những khía cạnh khác thì máy tính lại vượt trội hơn. Đây là động lực để người ta chế tạo ra những chiếc máy tính có nhiều tính năng hơn. Điều thường xảy ra là một kĩ sư có một ý niệm nào đó về sự vận hành của bộ não (theo quan niệm của anh ta) và sau đó anh ta thiết kế ra chiếc máy hoạt động theo cách đó. Có thể chiếc máy tính đó hoạt động rất tốt trên thực tế nhưng tôi muốn lưu ý rằng điều đó không có nghĩa là chiếc máy tính đã cung cấp cho chúng ta về hoạt động của não bộ cũng như chúng ta không nhất thiết phải biết chính xác về hoạt động của não bộ để có thể thiết kế ra một chiếc máy tính thực sự có nhiều tính năng. Tương tự, để chế tạo máy bay chúng ta không nhất thiết phải biết cách vỗ cánh của các loài chim cũng như cấu trúc lông của chúng. Chúng ta cũng không nhất thiết phải có hiểu biết về hệ thống đòn bẩy bên trong chân của một con báo gêta (là một loài động vật chạy rất nhanh) để chế tạo ra động cơ tự động với những bánh xe có vận tốc lớn. Vì vậy không cần thiết phải bắt chước sự vận động của tự nhiên đến từng chi tiết trong việc thiết kế ra một thiết bị có các tính năng vượt trội khả năng của tự nhiên ở nhiều mặt. Đây là một vấn đề rất thú vị và đó là lý do tôi muốn trao đổi về nó.

Bộ não của bạn rất kém khi so sánh với một chiếc máy tính. Tôi đưa cho bạn một dãy số 1, 3, 7... Hoặc là dãy ichi, san, shichi, san, ni, go, ni, go, ichi, hachi, ichi, ni, ku, san, go. Giờ tôi đố bạn nhắc lại những dãy tôi vừa nói. Thế mà, một chiếc máy tính có thể tiếp nhận 10 nghìn con số và nhắc lại được những con số vừa tiếp nhận hoặc lấy tổng các con số đó hoặc làm rất nhiều

việc khác mà chúng ta không thể thực hiện được. Nhưng trái lại, nếu nhìn thoáng qua một khuôn mặt, tôi có thể nói ngay đó là ai nếu tôi đã biết người đó hay nói ngay tôi không biết người đó. Chúng ta chưa thể chế tạo ra một hệ máy tính sao cho nếu chúng ta cung cấp cho nó hình mẫu của một khuôn mặt thì nó có thể cho ta biết những thông tin như vậy, mặc dù chúng đã được tiếp xúc với nhiều khuôn mặt và chúng ta đã cố gắng dạy dỗ cho nó làm chuyện đó.

Một ví dụ thú vị khác là các máy tính chơi cờ vua. Thật là ngạc nhiên khi chúng ta có thể chế tạo được một máy tính chơi cờ tốt hơn bất cứ một ai có mặt trong căn phòng này. Nó có được khả năng như vậy là do người ta đã lập trình cho nó tính thử rất nhiều tình huống khác nhau. Nếu anh đi nước này, tôi có thể đi nước này, nếu anh đi nước kia, tôi có thể đi nước kia, v.v và v.v. Máy tính xem xét từng khả năng và chọn nước đi tốt nhất. Các máy tính xem xét hàng triệu khả năng, nhưng một cao thủ cờ vua, một con người, lại làm theo cách khác. Anh ta nhận dạng ra các thế cờ. Anh ta chỉ tính toán 30 hay 40 nước đi trước khi quyết định sẽ đi nước cờ nào. Một ví dụ khác là mặc dù quy tắc của Cờ vây đơn giản hơn nhưng các máy tính lại chơi không tốt lắm. Lý do là vì tại mỗi thế cờ có quá nhiều lựa chọn cho các nước đi và cần kiểm tra quá nhiều dữ liệu. Nhưng máy tính thì không thể tính toán các nước đi một cách sâu xa đến vậy. Vì thế, hiện nay các kỹ sư máy tính (họ thích tự gọi mình là các nhà khoa học máy tính) đang gặp rất nhiều khó khăn trong việc giải quyết vấn đề nhận dạng và xử lý tình huống sau khi nhận dạng. Đó chắc chắn là một trong những vấn đề quan trọng cần giải quyết trong quá trình thiết kế các máy tính của tương lai, có lẽ còn quan trọng hơn cả những gì tôi đã trao đổi ở trên. Vậy hãy chế tạo một chiếc máy chơi Cờ vây hiệu quả đi.

► *Hỏi:* Tôi cho rằng mọi phương pháp tính toán sẽ không mang lại thành quả gì nếu chúng không thể cung cấp cho ta cách tạo ra các thiết bị hoặc các chương trình. Tôi đã nghĩ rằng bài báo của Fredkin về cổng logic bảo toàn là rất hấp dẫn, nhưng một lần tôi nảy ra ý nghĩ viết một chương trình đơn giản để sử dụng thiết bị đó thì tôi đã phải dừng lại vì việc nghĩ ra một chương trình như vậy còn phức tạp hơn rất nhiều so với chính bản thân chương trình đó. Tôi nghĩ chúng ta có thể dễ dàng vướng vào một kiểu hồi quy vô hạn bởi vì quá trình viết ra một chương trình nào đó sẽ phức tạp hơn tự bản thân nó và trong việc chạy thử chương trình một cách tự động hóa, chương trình đó sẽ lại trở nên phức tạp hơn nhiều và cứ tiếp tục như vậy, đặc biệt trong trường hợp này chương trình là thuộc phần cứng chứ không phải được tách riêng ra như một phần mềm. Tôi nghĩ đó là vấn đề cơ bản của quá trình nghiên cứu chế tạo.

* *Đáp:* Ở đây không có sự hồi quy vô hạn: Một chương trình sẽ dừng lại ở một mức độ phức tạp nhất định. Chiếc máy tính mà Fredkin đề cập và chiếc máy tính mà tôi đang trao đổi liên quan đến trường hợp cơ học lượng tử là những chiếc máy tính mang tính phổ quát theo nghĩa chúng có thể được lập trình để làm được nhiều công việc khác nhau. Đó không phải là một chương trình phần cứng. Chương trình này không thuộc phần cứng nhiều hơn những chiếc máy tính thông thường mà bạn có thể đưa thông tin vào – chương trình này là một bộ phận của đầu vào – và máy sẽ giải quyết vấn đề mà nó được giao phó. Nó là thuộc phần cứng nhưng lại là phổ quát giống như một máy tính thông thường. Những điều này còn rất bất định nhưng tôi đã tìm ra một thuật toán. Nếu bạn có một chương trình thông dụng viết cho một máy tính không thuận nghịch, thì tôi có thể chuyển đổi chương trình đó sang chương trình có thể sử dụng

cho máy tính thuận nghịch bằng một sơ đồ phiên dịch trực tiếp sử dụng nhiều bước hơn và rất kém hiệu quả. Tuy nhiên, trong các tình huống thực tế, số bước có thể ít hơn nhiều. Nhưng ít nhất tôi biết rằng mình có thể lấy một chương trình không thuận nghịch gồm $2n$ bước để chuyển đổi nó sang $3n$ bước trong máy tính thuận nghịch. Có quá nhiều bước phải thực hiện. Nó không hiệu quả vì tôi đã không cố gắng tìm cách đơn giản hóa mà chỉ có mục đích là tìm ra phương pháp để chuyển đổi mà thôi. Tôi không nghĩ là mình sẽ gặp phải vấn đề hồi quy mà bạn nói đến, nhưng cũng có thể bạn đúng. Tôi cũng không chắc lắm.

► *Hỏi:* Liệu chúng ta có phải hy sinh nhiều tính ưu việt của những thiết bị mà chúng ta đang kỳ vọng vì các máy tính thuận nghịch đó chạy với tốc độ rất chậm? Tôi rất bị quan về điểm này.

* *Đáp:* Chúng chạy chậm hơn nhưng chúng sẽ nhỏ hơn rất nhiều. Tôi sẽ không làm cho nó thành thuận nghịch nếu tôi không cần phải làm như vậy. Chẳng có lý do gì để chế tạo một chiếc máy tính thuận nghịch trừ khi bạn đang rất nỗ lực để làm giảm thiểu một lượng lớn năng lượng bị tiêu hao bởi vì một chiếc máy tính bất thuận nghịch hoạt động cực kỳ hoàn hảo chỉ với năng lượng bằng 80 lần kT. Nó nhỏ hơn năng lượng dùng trong máy tính ngày nay khoảng 10^9 hoặc 10^{10} kT, nghĩa là tôi đã cải thiện được 10^7 lần về mặt năng lượng và tôi vẫn còn làm điều đó với các máy tính bất thuận nghịch! Hiện tại, đó là một hướng đúng đắn để nghiên cứu. Tôi đã thử tiêu khiển cho vui bằng cách tự hỏi xem về mặt nguyên lý, chứ không phải về mặt thực tiễn, chúng ta có thể tiến xa đến cỡ nào (trong việc chế tạo máy tính), và tôi đã phát hiện ra là chúng ta có thể đạt được tới năng lượng chỉ cỡ một phần của kT và làm ra được những máy tính có kích thước cực nhỏ cỡ nguyên tử. Nhưng để làm được điều đó, tôi phải sử

dụng các định luật vật lý thuận nghịch. Hiện tượng không thuận nghịch xuất phát từ việc nhiệt bị truyền bớt cho một lượng lớn các nguyên tử mà không thể thu hồi lại được. Khi chế tạo một chiếc máy tính có kích thước rất nhỏ, tôi buộc phải chế tạo theo cơ chế thuận nghịch trừ khi có thể cho rất nhiều nguyên tử vào một hộp lạnh. Thực tế, có thể chẳng bao giờ đến được thời khắc ấy, chúng ta chưa sẵn sàng cho việc đạt được một cái máy tính nhỏ đến kích thước một miếng chì chứa 10^{10} nguyên tử, để làm nó hoạt động không thuận nghịch một cách hiệu quả. Vì vậy, tôi đồng ý với bạn là trên thực tế, chúng ta phải mất thời gian dài hoặc có thể mãi mãi phải dùng các cổng không thuận nghịch. Mặt khác, dấn thân vào nghiên cứu theo hướng này là một phần thám hiểm trong khoa học để tìm ra một giới hạn và mở rộng trí tưởng tượng của loài người ra mọi lĩnh vực có thể. Mặc dù ở mỗi giai đoạn nhất định, nó bị coi là một việc làm ngu ngốc và vô dụng nhưng thường thì hóa ra nó lại không vô dụng chút nào.

► *Hỏi:* Có những giới hạn nào trong nguyên lý bất định? Có giới hạn cơ bản nào về năng lượng và thời gian cho sơ đồ máy tính thuận nghịch của ngài không?

* *Đáp:* Đây là ý kiến chính xác của tôi. Không có giới hạn nào ngoài giới hạn cơ lượng tử. Người ta phải cẩn thận khi phân biệt giữa năng lượng bị mất hay tiêu tốn không thuận nghịch hay nhiệt tạo ra trong các thao tác máy tính và năng lượng chứa trong các phần chuyển động mà chúng có thể bị giải phóng ra. Có một mối liên hệ giữa thời gian và năng lượng bị giải phóng. Nhưng năng lượng có thể bị giải phóng thêm đó không quan trọng và không đáng lo ngại. Nó cũng giống như việc thắc mắc xem chúng ta có nên thêm vào một năng lượng mc^2 (năng lượng nghỉ của các nguyên tử trong một thiết bị) hay không. Ý tôi là không có giới hạn nào

khi nói đến năng lượng thất thoát nhân với thời gian. Tuy nhiên, thực sự là nếu bạn muốn làm một tính toán với máy tính ở một tốc độ rất cao, bạn phải cung cấp thêm cho các phần của máy chuyển động nhanh và có năng lượng. Nhưng năng lượng đó lại không nhất thiết bị mất đi ở mỗi bước tính toán.

* *Đáp* (Không có câu hỏi): Tôi muốn nói thêm một chút rằng tôi có thể nói gì với câu hỏi về các ý tưởng vô dụng. Tôi đã đợi nếu có ai đó hỏi nhưng chẳng có ai nên tôi sẽ trả lời nó. Chúng ta sẽ làm thế nào với một cái máy tính nhỏ đến nỗi chúng ta phải đặt nó vào một chỗ đặc biệt? Ngày nay, chúng ta chẳng có thiết bị chứa các bộ phận dịch chuyển có kích thước vô cùng nhỏ cỡ kích thước của các nguyên tử hoặc thậm chí vài trăm nguyên tử. Nhưng thực tế chẳng có giới hạn vật lý nào trong hướng nghiên cứu đó cả. Chẳng có lý do gì để các mảnh vật liệu silíc ngày nay lại không được làm thành các cụm nhỏ linh động. Chúng ta có thể sắp xếp các ống nhỏ để phụt các hóa chất khác nhau đến các vị trí xác định. Chúng ta có thể tạo ra những cái máy rất nhỏ. Những cái máy đó sẽ dễ dàng được điều khiển bởi cùng một kiểu mạch máy tính như chúng ta thường làm. Cuối cùng, để tiêu khiển, chúng ta có thể tưởng tượng ra những cỗ máy cỡ vài micro mét chiều ngang, với các bánh xe và cáp nối được kết nối với nhau bởi dây dẫn silíc sao cho một vật như toàn bộ, tức là một cái máy lớn, có thể chuyển động một cách trơn tru như cỗ một con thiên nga chứ không phải như là chuyển động giật cục của những đồ chơi cứng nhắc hiện nay. Cái máy lớn đó, xét cho cùng, bao gồm rất nhiều thiết bị nhỏ, những tế bào đó được kết nối với nhau và được điều khiển một cách trơn tru. Tại sao chúng ta lại không thể làm được điều đó nhỉ?