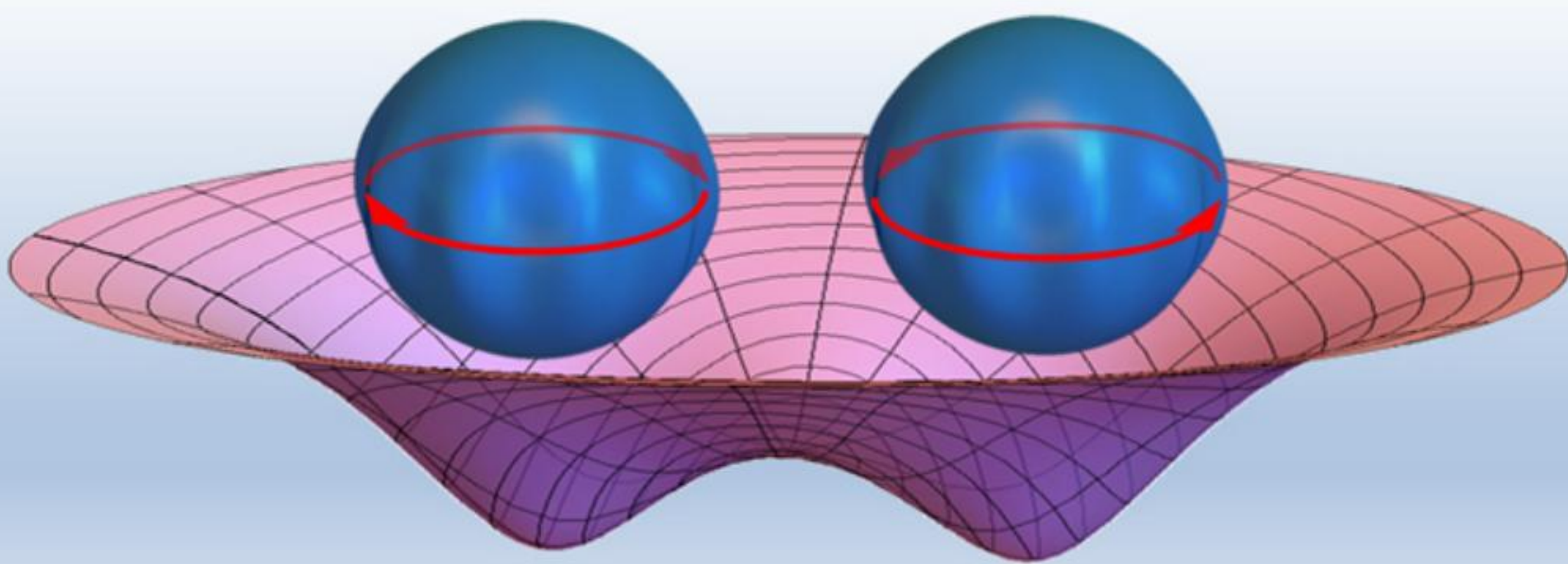


CARLO ROVELLI

7 BÀI HỌC VẬT LÝ NGẮN

Bản dịch của Trần Nghiêm



7 BÀI HỌC VẬT LÍ NGẮN

Carlo Rovelli

Trần Nghiêm dịch

Bản hiệu đính tháng 3/2019

MỤC LỤC

Lời nói đầu	1
1. Lí thuyết đẹp nhất	2
2. Lượng tử	8
3. Kiến trúc của vũ trụ	14
4. Hạt	20
5. Các hạt mầm không gian	25
6. Xác suất, thời gian và nhiệt của lỗ đen	32
7. Về chúng ta	41



LỜI NÓI ĐẦU

Những bài học này được viết cho những người biết ít hoặc không biết gì về khoa học hiện đại. Chúng cùng nhau cung cấp một cái nhìn tổng quan nhanh về những mặt hấp dẫn nhất của cuộc cách mạng vĩ đại đã xảy ra trong vật lý học thế kỷ hai mươi, và về những câu hỏi và những bí ẩn mà cuộc cách mạng này đã mở ra. Vì khoa học cho chúng ta thấy làm thế nào hiểu thế giới tốt hơn, nên nó cũng vén màn cho ta thấy phạm vi của những cái vẫn chưa được biết.

Bài học thứ nhất dành riêng cho thuyết tương đối rộng của Einstein, 'lí thuyết đẹp nhất'. Bài học thứ hai dành cho cơ học lượng tử, nơi ẩn náu của những mặt khó tiêu hóa nhất của vật lý hiện đại. Bài học thứ ba dành cho vũ trụ: kiến trúc về vũ trụ mà chúng ta cư trú; bài học thứ tư dành cho các hạt sơ cấp. Bài học thứ năm bàn tới lực hấp dẫn lượng tử: những nỗ lực đang diễn ra nhằm xây dựng một sự tổng hợp về những khám phá chính của thế kỷ hai mươi. Bài học thứ sáu nói về xác suất và nhiệt của lỗ đen. Phần cuối của cuốn sách trở lại với chính chúng ta, và đặt vấn đề làm thế nào có thể nghĩ về sự tồn tại của chúng ta trong ánh sáng của thế giới kì lạ mà vật lý học mô tả.

Các bài học là những triển khai của một loạt bài báo đã được tác giả công bố trên phụ san ngày chủ nhật của báo *Il Sole 24 Ore* của Italy. Tôi muốn đặc biệt cảm ơn Armando Massarenti, người đã mở các trang văn hóa của một tờ báo chủ nhật cho khoa học, và cho phép ánh sáng được soi rọi trên vai trò của bộ mặt thiết yếu và không thể thiếu này của nền văn hóa của chúng ta.

Carlo Rovelli



BÀI HỌC THỨ NHẤT

LÍ THUYẾT ĐẸP NHẤT

Thời trẻ, Albert Einstein đã mất một năm láng cháng chẳng làm gì. Đâu cứ phải đi đây đi đó mới là ‘lãng phí’ thời gian – thật tiếc, đây lại là cái mà các bậc phụ huynh của con trẻ có xu hướng hay quên. Einstein ở Pavia. Ở Đức, ông bị đuổi học vì không thể chịu nổi sự khắt khe của trường học, ông chuyển qua ở cùng gia đình. Đó là đầu thế kỉ hai mươi, và ở Italy đang bắt đầu cách mạng công nghiệp. Cha của ông, một kĩ sư, đang thi công lắp đặt nhà máy điện đầu tiên trên đồng bằng Paduan. Albert đang đọc về Kant và tham dự các buổi thuyết giảng thỉnh thoảng diễn ra tại Đại học Pavia: để cho vui thôi, chứ không thèm ghi danh hay phải nghĩ tới chuyện thi cử. Vâng, đây chính là cách mà các nhà khoa học thực thụ đã ra đời.

Sau năm này, ông ghi danh tại Viện Bách khoa ở Zurich, và vùi mình vào nghiên cứu vật lí. Một vài năm sau, năm 1905, ông gửi ba bài báo đến tạp chí khoa học danh giá nhất thời ấy, *Annalen der Physik* (Biên niên Vật lí học). Mỗi một bài báo này đều đáng giá Giải Nobel. Bài thứ nhất chứng minh rằng nguyên tử thật sự tồn tại. Bài thứ hai thiết lập nền tảng đầu tiên cho cơ học lượng tử, lĩnh vực tôi sẽ trình bày trong bài học tiếp theo. Bài thứ ba giới thiệu lí thuyết tương đối thứ nhất của ông (ngày nay gọi là ‘thuyết tương đối hẹp’), lí thuyết giải thích làm thế nào thời gian không trôi qua giống hệt nhau đối với mỗi người: hai anh em song sinh y chang nhau sẽ thấy khác biệt tuổi tác, nếu một trong hai người du hành ở tốc độ cao.

Einstein thoát chốc trở thành nhà khoa học danh tiếng và nhận được vô số lời mời đến làm việc từ các trường đại học. Nhưng có cái gì đó khiến ông không an yên: mặc dù được hoan nghênh nhiệt liệt, nhưng lí thuyết tương đối của ông không khớp với cái mà chúng ta đã biết về lực hấp dẫn, tức là cách vận

vật rơi xuống. Rồi ông nhận ra điều này khi đang viết một bài báo tóm tắt lí thuyết của ông, và bắt đầu tự hỏi liệu định luật ‘vạn vật hấp dẫn’ như đã được thiết lập bởi cha đẻ của vật lí học, Isaac Newton, có cần phải hiệu chỉnh để làm cho nó tương thích với khái niệm mới của thuyết tương đối hay không. Ông vùi đầu vào giải quyết vấn đề. Mất mười năm mới xong. Mười năm nghiên cứu điên cuồng, cố gắng, sai sót, lộn xộn, những bài báo lỗi, những ý tưởng sáng giá, những ý tưởng sai lầm.

Cuối cùng, tháng 11 năm 1915, ông gửi in một bài báo đưa ra lời giải đáp hoàn chỉnh: một lí thuyết mới về lực hấp dẫn, cái ông gọi là ‘Thuyết tương đối rộng’, kiệt tác của đời ông và là ‘lí thuyết đẹp nhất’, theo nhà vật lí Nga vĩ đại Lev Landau.

Có những kiệt tác tuyệt đối khiến chúng ta hứng khởi: Requiem của Mozart; Odyssey của Homer; Nhà nguyện Sistine; Vua Lear [một vở bi kịch của Shakespear-ND]. Để đánh giá đầy đủ cái thiên tài của chúng có lẽ đòi hỏi một bề dày học thuật, nhưng cái đọng lại là nét đẹp thuần mỹ – và không những vậy, chúng còn khai nhãn cho chúng ta đến một viễn cảnh mới trên thế giới. Viên ngọc quý của Einstein, thuyết tương đối rộng, là một kiệt tác thuộc tầm cỡ này.

Tôi còn nhớ cái cảm giác hào hứng của mình khi tôi bắt đầu hiểu ra chút gì đó về thuyết tương đối rộng. Đó là vào mùa hè. Tôi đang ở bãi biển Condofuri ở Calabria, tắm nắng Địa Trung Hải ở Hi Lạp, và đó là năm cuối tôi học đại học. Không bị quẫn trí bởi trường lớp, người ta nghiên cứu tốt nhất là trong các kì nghỉ. Tôi đang nghiên cứu với sự hỗ trợ của một quyển sách đã bị lũ chuột gặm rách mép, vì ban đêm tôi thường dùng nó để chặn mấy cái hang của những sinh vật tội nghiệp này trong căn nhà tênh toàng kiểu hippie trên sườn đồi Umbrian, nơi tôi thường trú ẩn để lánh cái chán ngắt của giảng đường ở Bologna. Thỉnh thoảng, mỗi khi tôi rời mắt khỏi quyển sách và nhìn ngắm biển cả lung linh: dường như tôi thật sự đang nhìn thấy sự oằn cong của không gian và thời gian mà Einstein đã tưởng tượng. Như thể thần kì: như thể một người bạn đang thì thào vào tai tôi một câu thần chú bí ẩn nào đó, bất ngờ vén màn che của thực tại để làm lộ ra một cấp độ đơn giản hơn, sâu sắc hơn. Kể từ khi chúng ta phát hiện

Trái đất tròn và quay tròn giống như con một con quay điên cuồng, ta hiểu được rằng thực tại không như nó biểu hiện trước chúng ta: mỗi khi ta nhìn vào một phương diện mới của nó, thì đó là một trải nghiệm xúc cảm sâu sắc. Một mạng che nữa đã rơi xuống.

Thế nhưng trong vô số bước nhảy vọt nhận thức của chúng ta tiếp nối nhau trong tiến trình lịch sử, thì bước nhảy của Einstein có lẽ không có ai sánh bằng. Vì sao vậy?

Trước tiên là bởi vì, một khi bạn hiểu nó vận hành như thế nào, thì lý thuyết tương đối có nét đơn giản một cách kêu gọi. Tôi sẽ tóm tắt ý tưởng.

Newton đã nỗ lực giải thích nguyên nhân vạn vật rơi xuống và hành tinh quay quanh mặt trời. Ông đã tưởng tượng ra sự tồn tại của một 'lực' hút mọi vật thể có khối lượng về phía nhau, và gọi nó là 'lực hấp dẫn'. Làm thế nào lực này tác dụng giữa các vật thể ở xa nhau, không có cái gì ở giữa chúng, thì chẳng rõ – và vị cha đẻ vĩ đại của khoa học hiện đại thậm trọng đưa ra một giả thuyết. Newton hình dung các vật thể chuyển động trong không gian, và không gian đó là một bình chứa khổng lồ trống rỗng, một cái hộp to lớn bao trùm cả vũ trụ, một cấu trúc mênh mông trong đó vạn vật chuyển động thẳng cho đến khi có lực cưỡng bức quỹ đạo của nó thành đường cong. 'Không gian' này làm bằng cái gì, tức cái bình chứa thế giới mà ông phát minh ra làm bằng cái gì, Newton không nói được. Nhưng một vài năm trước khi Einstein chào đời, hai nhà vật lý vĩ đại người Anh, Michael Faraday và James Maxwell, đã bổ sung thêm một thành phần chủ chốt cho thế giới lạnh lẽo của Newton: đó là trường điện từ. Trường này là một thực thể có thật, nó lan tỏa ở mọi nơi, truyền sóng vô tuyến, chiếm đầy không gian, có thể dao động và nhấp nhô như mặt hồ, và 'trung chuyển' lực điện. Từ thuở nhỏ Einstein đã bị mê hoặc bởi trường điện từ làm quay rô-to trong các nhà máy điện mà cha ông xây lắp, và ông sớm nhận thức được rằng lực hấp dẫn, giống như lực điện, cũng phải được trung chuyển bởi một trường: phải tồn tại 'trường hấp dẫn' tương tự như 'điện trường'. Ông tập trung tìm hiểu 'trường hấp dẫn' này hoạt động như thế nào, và tìm cách mô tả nó bằng các phương trình toán học.

Và chính lúc này một ý tưởng phi thường xảy đến với ông, một cú sét trí tuệ thuần khiết: trường hấp dẫn không lan tỏa trong không gian; mà trường hấp dẫn chính là không gian đó. Đây là ý tưởng của thuyết tương đối tổng quát. ‘Không gian’ của Newton, cái qua đó vạn vật chuyển động, và ‘trường hấp dẫn’ là một và đồng nhất với nhau.

Đó là thời khắc khai sáng. Một sự đơn giản hóa trọng yếu của thế giới: không gian không còn là cái gì đó tách biệt với vật chất, mà nó là một trong những thành phần ‘vật liệu’ của thế giới. Một thực thể lượn sóng, cong gập, uốn éo, xoắn. Chúng ta không sống trong một hạ tầng rắn chắc vô hình: chúng ta đắm mình trong một vỏ ốc mềm dẻo khổng lồ. Mặt trời làm cong không gian xung quanh nó và Trái đất không quay xung quanh mặt trời vì một lực bí ẩn mà chạy thẳng trong không gian bị nghiêng, kiểu như hòn bi lăn trong một cái phễu. Không có những lực bí ẩn phát ra tại tâm phễu; chính bản chất cong của thành phễu làm cho hòn bi lăn đi. Các hành tinh quay tròn xung quanh mặt trời, và vạn vật rơi xuống, là bởi vì không gian cong.

Làm thế nào ta có thể mô tả sự cong này của không gian? Nhà toán học lỗi lạc nhất của thế kỷ mười chín, Carl Friedrich Gauss, người được mệnh danh là ‘ông hoàng toán học’, đã viết ra các công thức toán học mô tả các mặt cong hai chiều, ví dụ như mặt đồi. Sau đó ông yêu cầu một sinh viên năng khiếu của ông khái quát hóa lý thuyết để bao hàm cả không gian ba chiều hoặc nhiều chiều hơn. Chàng sinh viên nhận nhiệm vụ, Bernhard Riemann, đã làm một luận án tiến sĩ ấn tượng thuộc loại trông như hoàn toàn chẳng có ứng dụng gì. Kết luận của luận án của Riemann là các tính chất của một không gian cong được thu tóm bởi một đối tượng toán học đặc biệt mà ngày nay chúng ta gọi là độ cong Riemann, và kí hiệu nó bằng chữ cái ‘R’. Einstein đã viết một phương trình phát biểu rằng R là tương đương với năng lượng của vật chất. Tức là nói: không gian cong nơi có vật chất. Vậy thôi. Phương trình chiếm nửa dòng, không gì thêm nữa. Một hình dung – không gian cong – trở thành một phương trình.

Nhưng chứa trong phương trình này có một vũ trụ lúc nhúc. Và ở đây sự phong phú kì diệu của lí thuyết tuần tự đưa đến những dự đoán huyền ảo tựa như những câu nói mê sảng của người điên, nhưng hóa ra tất cả đều là đúng.

Trước tiên, phương trình mô tả không gian uốn cong như thế nào xung quanh một ngôi sao. Do sự cong này, không chỉ các hành tinh quay xung quanh ngôi sao, mà cả ánh sáng cũng không còn truyền theo đường thẳng và bị lệch. Einstein dự đoán rằng mặt trời làm cho ánh sáng truyền lệch phương. Năm 1919, sự lệch phương này đã được đo, và dự đoán được xác nhận. Nhưng không phải chỉ có không gian cong; thời gian cũng cong nốt. Einstein dự đoán rằng càng lên cao khỏi mặt đất thời gian càng trôi nhanh hơn. Hiệu ứng này đã được đo và hóa ra là đúng. Nếu một người sống ở mực nước biển gặp lại người anh em song sinh sống trên núi cao, anh ta sẽ thấy người anh em của mình hơi già hơn mình một chút. Và đây mới là khởi đầu câu chuyện thôi.

Khi một ngôi sao lớn thiêu hết chất đốt (hydro) của nó, nó tàn lụi. Cái xác còn lại không còn được chống đỡ bởi áp suất nhiệt do sự cháy và co lại dưới sức nặng của riêng nó, rồi đến lúc nó bẻ cong không gian đến độ nó rơi vào một cái lỗ thật sự. Đây là những 'lỗ đen' nổi tiếng. Lúc tôi còn học đại học, lỗ đen được xem là những dự đoán rất khó tin của một lí thuyết bí truyền. Ngày nay, các nhà thiên văn đã quan sát thấy hàng trăm lỗ đen trên bầu trời, và đã nghiên cứu chúng hết sức chi tiết.

Nhưng chưa hết. Toàn bộ không gian có thể giãn ra và co lại. Hơn nữa, phương trình Einstein cho thấy không gian không thể tĩnh lặng; nó phải đang giãn nở. Năm 1930, sự giãn nở của vũ trụ thật sự được quan sát thấy. Phương trình Einstein dự đoán sự giãn nở đó phải được kích hoạt bởi sự nổ của một vũ trụ non trẻ, cực kì nhỏ và cực kì nóng: cái ngày nay chúng ta gọi là 'Big Bang' (Vụ nổ Lớn). Lại một lần nữa, thoát đầu chẳng ai tin điều này, nhưng bằng chứng tích góp dần cho đến khi bức xạ nền vũ trụ – ánh le lói khuếch tán còn lại từ nhiệt phát sinh bởi vụ nổ ban đầu – thật sự được quan sát thấy trên bầu trời. Dự đoán phát sinh từ phương trình Einstein hóa ra là đúng. Và còn nữa, lí thuyết tương đối cam chắc rằng không gian chuyển động giống như mặt biển. Hiệu ứng

‘sóng hấp dẫn’ này đã được quan sát thấy trên bầu trời ở các sao đôi, và khớp với dự đoán của lý thuyết đến độ chuẩn xác lạ lùng là một phần triệu tỉ. Và còn nữa.

Tóm lại, lý thuyết tương đối mô tả một thời gian đầy màu sắc và bất ngờ trong đó vũ trụ bùng nổ, không gian co lại thành những cái lỗ không đáy, thời gian chùng lại và chậm đi ở gần một hành tinh, và những khoảng không vô tận giữa các sao thì gợn sóng và nhấp nhô giống như mặt biển... Và toàn bộ những điều này, chúng dần dần hiện ra từ quyển sách bị chuột gặm của tôi, không phải là câu chuyện thêu dệt của một thằng ngốc mất trí, chẳng phải ảo giác do cái nắng Địa Trung Hải như thiêu như đốt và mặt biển chói lóa vùng Calabria. Nó là thực tại.

Hay tốt hơn, là một thoáng của thực tại, nó ít nhiều sáng tỏ hơn cái nhìn hằng ngày mờ mờ ảo ảo và vô vị của chúng ta. Một thực tại dường như được làm bằng cùng chất liệu như chất liệu của những giấc mơ, tuy vậy nó lại có thật hơn thế giới mơ mê sáng lờ mờ của chúng ta.

Toàn bộ điều này là kết quả của một trực giác cơ bản: rằng không gian và trường hấp dẫn là cùng một thứ. Và của một phương trình đơn giản mà tôi không thể không viết ra đây, mặc dù bạn hầu như chắc chắn sẽ không thể giải mã được nó. Có lẽ bất cứ ai đang đọc quyển sách này đều có thể thưởng thức nét đẹp tuyệt vời của nó:

$$R_{ab} - \frac{1}{2} R g_{ab} = T_{ab}$$

Thế thôi.

Tất nhiên, bạn sẽ cần nghiên cứu và tiêu hóa toán học Riemann để làm chủ kỹ thuật đọc và sử dụng phương trình này. Nó cần một chút tận tâm và nỗ lực. Nhưng dẫu cho không biết nhạc lý, bạn vẫn có thể thưởng thức cái đẹp của khúc tấu Beethoven. Trong cả hai trường hợp, phần thưởng là cái đẹp thuần mỹ, và đôi mắt mới để nhìn ngắm thế giới.



BÀI HỌC THỨ HAI

LƯỢNG TỬ

Hai trụ cột của vật lý học thế kỷ hai mươi – thuyết tương đối rộng, cái tôi vừa nói ở bài học trước và cơ học lượng tử, cái tôi đang nói ở đây – chẳng thể khác biệt nhau hơn được nữa. Cả hai lý thuyết dạy ta rằng cấu trúc tinh tế của tự nhiên là tinh vi hơn nó biểu hiện. Song thuyết tương đối rộng là một viên ngọc quý nhỏ gọn: được thành hình bởi một trí tuệ, của Albert Einstein, nó là một cái nhìn đơn giản và kết hợp về lực hấp dẫn, không gian và thời gian. Mặt khác, cơ học lượng tử, hay ‘thuyết lượng tử’, có được sự thành công thực nghiệm không gì sánh nổi và đưa đến những ứng dụng đã làm thay đổi cuộc sống thường ngày của chúng ta (máy vi tính mà tôi đang viết, chẳng hạn); nhưng đã hơn một thế kỷ sau khi ra đời nó vẫn bị bao phủ trong sự bí ẩn và khó lĩnh hội.

Người ta nói rằng cơ học lượng tử ra đời chính xác vào năm 1900, mở ra một thế kỷ tư duy tích cực. Nhà vật lý Đức Max Planck đã tính được điện trường cân bằng trong một cái hộp nóng. Để làm vậy, ông sử dụng một thủ thuật: ông tưởng tượng năng lượng của trường được phân bố trong các ‘lượng tử’, tức là trong từng gói hay từng cục năng lượng. Thủ thuật trên đưa đến kết quả tái tạo hoàn hảo cái người ta đã đo được (và do đó phải là hướng đi đúng) nhưng lại xung đột với mọi thứ đã biết khi ấy. Năng lượng được xem là cái gì đó biến đổi liên tục, và chẳng có lý do gì để xem nó được làm bằng những viên gạch cấu trúc nhỏ. Đối với Planck, việc xem năng lượng gồm những gói hữu hạn như thế chỉ là một thủ thuật tính toán, chứ bản thân ông không hiểu hết vì sao nó lại hiệu nghiệm như vậy. Một lần nữa, 5 năm sau, chính Einstein là người hiểu rằng ‘các gói năng lượng’ là có thật.

Einstein chứng minh rằng ánh sáng gồm các gói nhỏ: các hạt ánh sáng. Ngày nay chúng ta gọi chúng là 'photon'. Ông viết, trong phần giới thiệu bài báo của ông:

Theo tôi thấy thì các quan sát gắn liền với bức xạ vật đen, sự huỳnh quang, sự tạo thành tia ca-tôt bởi bức xạ tử ngoại, và những hiện tượng liên quan khác có liên hệ với sự phát xạ hay biến đổi ánh sáng là dễ hiểu hơn nếu người ta giả sử năng lượng của ánh sáng phân bố gián đoạn trong không gian. Theo giả thuyết được xét ở đây, năng lượng của một tia sáng tỏa ra từ một nguồn điểm không phân bố liên tục theo không gian rộng dần mà gồm một số hữu hạn 'lượng tử năng lượng' định xứ tại các điểm trong không gian, chúng dịch chuyển mà không phân chia, và chúng chỉ có thể được tạo ra và hấp thụ dưới dạng từng đơn vị rời rạc.

Những dòng đơn giản và rõ ràng này là giấy khai sinh đích thực của thuyết lượng tử. Lưu ý cụm từ mở đầu 'theo tôi thấy thì...', làm liên tưởng tới 'tôi nghĩ...' mà Darwin mào đầu trong sổ ghi chép của ông về ý tưởng vĩ đại rằng các loài tiến hóa, hay ngôn từ 'lập cập' của Faraday khi lần đầu tiên giới thiệu ý tưởng mang tính cách mạng về từ trường. Sự ngập ngừng thiên tài.

Công trình của Einstein thoát đầu được các đồng nghiệp xem là tác phẩm tào lao của một thanh niên đặc biệt xuất sắc. Về sau, cũng nhờ công trình trên mà ông nhận về Giải Nobel. Nếu Planck là cha đẻ của thuyết lượng tử, thì Einstein là bậc sinh thành nuôi dưỡng nó.

Nhưng giống như mọi đứa con khác, thuyết lượng tử có con đường phát triển của riêng nó, bản thân Einstein cũng chẳng nhận ra. Trong thập niên thứ hai và thứ ba của thế kỷ hai mươi, chính Niels Bohr người Đan Mạch là người đi tiên phong phát triển của nó. Bohr là người hiểu rằng năng lượng của các electron trong nguyên tử chỉ có thể nhận những giá trị nhất định, giống như năng lượng của ánh sáng, và quan trọng là các electron chỉ có thể 'nhảy' giữa một quỹ đạo nguyên tử này với một quỹ đạo khác có năng lượng nhất định, khi chúng nhảy thì phát xạ hoặc hấp thụ một photon. Đây chính là những 'bước

nhảy lượng tử' nổi tiếng. Và chính tại viện nghiên cứu của Bohr ở Copenhagen, những tài năng trẻ lỗi lạc nhất của thế kỉ đã tụ họp với nhau để nghiên cứu và cố gắng thiết lập trật tự cho những mặt khó này về hành trạng trong thế giới nguyên tử, và nhằm xây dựng từ nó một lí thuyết kết hợp. Năm 1925, các phương trình của lí thuyết cuối cùng đã xuất hiện, thế chỗ cho toàn bộ cơ học Newton.

Thật khó tưởng tượng một thành tựu nào to lớn hơn nữa. Trong phút chốc, mọi thứ trở nên rõ nghĩa, và bạn có thể tính toán mọi thứ. Lấy một thí dụ: bạn có nhớ bảng tuần hoàn các nguyên tố, do Mendeleev nghĩ ra, nó liệt kê toàn bộ các chất cơ bản khả dĩ cấu tạo nên vũ trụ, từ hydrogen đến uranium, và là cái được treo trên tường ở nhiều lớp học? Tại sao các nguyên tố này được lập danh sách chính xác vào chỗ đấy, và tại sao bảng tuần hoàn có cấu trúc đặc biệt này, với những chu kì này, và với các nguyên tố có các tính chất đặc trưng này? Câu trả lời là mỗi nguyên tố ứng với một nghiệm của phương trình chính của cơ học lượng tử. Toàn bộ nền hóa học hiện ra từ một phương trình.

Người đầu tiên viết ra các phương trình của lí thuyết mới, xây dựng chúng trên các ý tưởng chóng mặt, là một thanh niên trẻ tuổi thiên tài người Đức, Werner Heisenberg.

Heisenberg tưởng tượng rằng các electron không phải luôn tồn tại. Chúng chỉ tồn tại khi ai đó hoặc cái gì đó quan sát chúng, hay nói tốt hơn, khi chúng đang tương tác với cái gì đó khác. Chúng hiện ra ở một nơi nào đó, với một xác suất có thể tính được, khi va chạm với một cái gì khác. Các 'bước nhảy lượng tử' từ quỹ đạo này sang quỹ đạo khác là phương tiện duy nhất mà chúng có để là 'có thật': một electron là một tập hợp bước nhảy từ tương tác này với tương tác khác. Khi không có gì làm nhiễu loạn nó, nó không ở bất kì nơi nào chính xác. Nó chẳng ở một 'nơi' nào cả.

Cứ như thể Chúa không thiết kế thực tại bằng một đường liền nét kéo đậm, mà chỉ phác chấm chấm nó với một diện mạo mờ nhạt.

Trong cơ học lượng tử, không một đối tượng nào có một vị trí rõ ràng, ngoại trừ khi va chạm trực diện với một đối tượng khác. Để mô tả nó trong lúc bay tự do, giữa một tương tác này và một tương tác khác, ta sử dụng một công thức toán học trừu tượng không tồn tại trong không gian thực mà chỉ có trong không gian toán học trừu tượng. Nhưng còn điều tồi tệ này nữa: những bước nhảy tương tác này, để một đối tượng đi từ nơi này đến nơi khác, không xảy ra theo một kiểu có thể dự đoán mà rất là ngẫu nhiên. Không thể dự đoán một electron sẽ xuất hiện ở đâu, mà chỉ tính được xác suất nó sẽ hiện ra ở đây đó thôi. Câu hỏi xác suất đi thẳng vào trái tim vật lý học, nơi mọi thứ dường như được điều hòa bởi những định luật chắc nịch mang tính vạn vật và không thể hủy bỏ.

Thế trông có vô lý không? Einstein cũng cảm thấy vô lý. Một mặt, ông đề xuất Heisenberg cho Giải Nobel, công nhận anh ta đã hiểu cái gì đó cơ bản về thế giới; mặt khác, ông không bỏ lỡ dịp nào để có là cần nhấn rằng lý thuyết này không có ý nghĩa gì nhiều.

Những chú sư tử non thuộc nhóm Copenhagen bị nhụt chí: thế là thế nào, sao Einstein lại nghĩ như vậy? Cha đẻ tinh thần của họ, người đã khích lệ họ nghĩ tới những cái không dám nghĩ, nay chuyển qua xét lại và do dự trước bước nhảy mới này vào thế giới chưa biết mà chính ông đã khởi xướng. Chính Einstein đã chứng minh rằng thời gian không mang tính vạn vật và không gian cong nay lại đi nói thế giới không thể nào kì lạ thế này được.

Bohr kiên nhẫn giải thích các ý tưởng mới cho Einstein. Nhưng Einstein gạt đi. Ông nghĩ ra những thí nghiệm giả tưởng chứng minh các ý tưởng mới đó là mâu thuẫn: 'Hãy tưởng tượng một cái hộp chứa đầy ánh sáng, từ đó ta cho phép mỗi khắc thoát ra một photon độc thân...' Thế là bắt đầu một trong những thí dụ nổi tiếng của ông, thí nghiệm giả tưởng 'hộp ánh sáng'. Về cuối Bohr luôn tìm được câu trả lời vặn lại những phản bác này. Họ liên tục đối thoại với nhau trong nhiều năm thông qua thuyết giảng, thư từ, báo chí... Trong tiến trình trao đổi, cả hai nhân vật lớn đều có bước lùi, thay đổi suy nghĩ của họ. Einstein phải thừa nhận rằng thật ra chẳng có mâu thuẫn nào bên trong những ý tưởng mới

đó. Bohr phải công nhận rằng mọi thứ không đơn giản và rõ ràng như lúc đầu ông nghĩ. Einstein không muốn nhượng bộ với cái ông cho là vấn đề then chốt: rằng có một thực tại khách quan độc lập với người tương tác. Bohr thì không nhượng bộ với tính giá trị của phương pháp mới sáng giá trong đó thực tại được quan niệm theo lý thuyết mới. Cuối cùng, Einstein chịu thừa nhận rằng thuyết lượng tử là một bước đại nhảy vọt trong nhận thức của chúng ta về thế giới, nhưng vẫn khẳng định rằng vạn vật có thể không kì lạ như thuyết lượng tử đề xuất – ‘ẩn sau’ nó phải còn một lý giải sâu xa hơn, hợp lý hơn.

Một thế kỉ sau, chúng ta đi tới kết luận tương tự. Các phương trình của cơ học lượng tử và các hệ quả của chúng được sử dụng mỗi ngày trong nhiều lĩnh vực đa dạng: bởi các nhà vật lí, các kĩ sư, nhà hóa học và nhà sinh vật học. Chúng cực kì hữu ích trong mọi công nghệ đương thời. Không có cơ học lượng tử sẽ không có transistor. Song chúng vẫn còn bí ẩn. Vì chúng không mô tả cái xảy ra với một hệ vật chất, mà chỉ cho biết một hệ vật chất ảnh hưởng đến một hệ vật chất khác như thế nào thôi.

Điều này có ý nghĩa gì? Phải chăng thực tại thiết yếu của một hệ là không mô tả được? Phải chăng như thế là ta còn thiếu một mảnh ghép của câu đố? Hay, theo tôi thấy, phải chăng chúng ta phải chấp nhận quan niệm rằng thực tại là tương tác duy nhất? Kiến thức của chúng ta phát triển dần, theo các điều kiện thực tiễn. Nó cho phép chúng ta làm những điều mới mẻ mà trước đây thậm chí ta không tưởng tượng đến. Nhưng sự phát triển đó đã đặt ra những câu hỏi mới. Những bí ẩn mới. Trong phòng thí nghiệm, người ta tiếp tục sử dụng các phương trình của thuyết lượng tử một cách bất chấp, nhưng trong các bài báo và các hội nghị tăng dần về số lượng trong những năm gần đây, các nhà vật lí và nhà triết học vẫn tiếp tục tìm kiếm. Sau một thế kỉ ra đời, thuyết lượng tử là gì? Là một sự đào sâu cực kì vào bản chất của thực tại chăng? Hay là một ngớ ngẩn tình cờ hoạt động tốt? Một bộ phận của một câu đố chưa hoàn chỉnh? Hay là một manh mối dẫn tới cái gì đó sáng giá về cấu trúc của thế giới mà chúng ta chưa từng tiêu hóa đúng cách?

Khi Einstein qua đời, Bohr, đối thủ số một của ông đã dành cho ông những lời ca tụng đẹp đẽ. Rồi vài năm sau đến lượt Bohr qua đời, ai đó đã chụp ảnh cái bảng đen trong phòng nghiên cứu của ông. Có một hình vẽ về nó. Một hình vẽ về 'cái hộp chứa đầy ánh sáng' trong thí nghiệm giả tưởng của Einstein. Cho đến phút chót, vẫn là khát vọng thách thức bản thân và nhận thức sâu xa hơn. Cho đến phút chót: vẫn ngò vực không thôi.

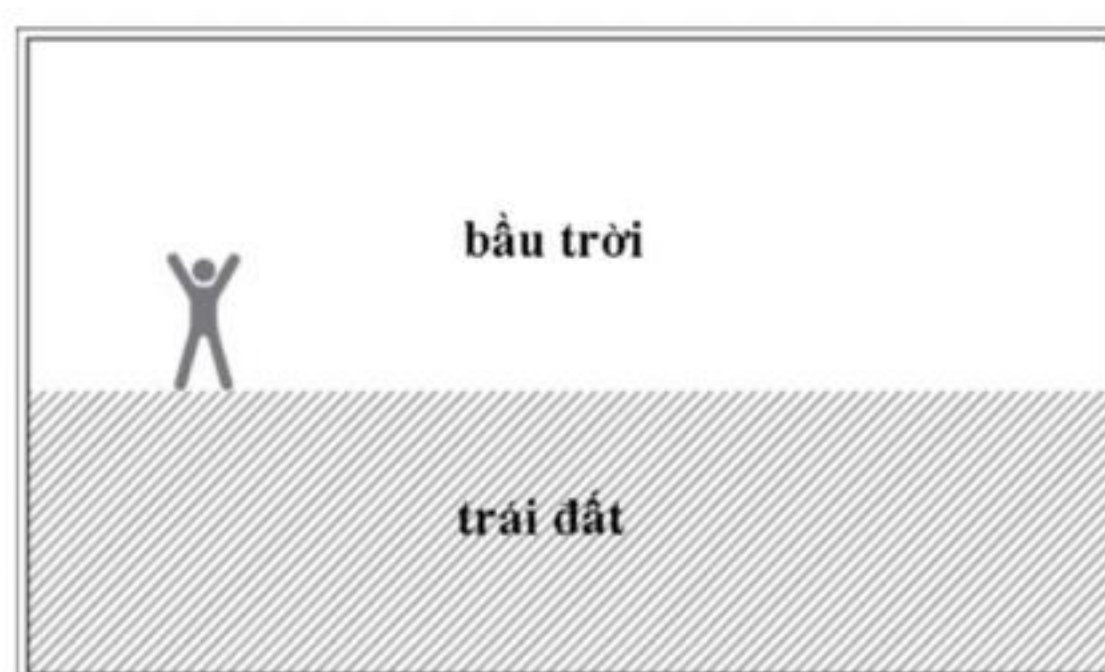


BÀI HỌC THỨ BA

KIẾN TRÚC CỦA VŨ TRỤ

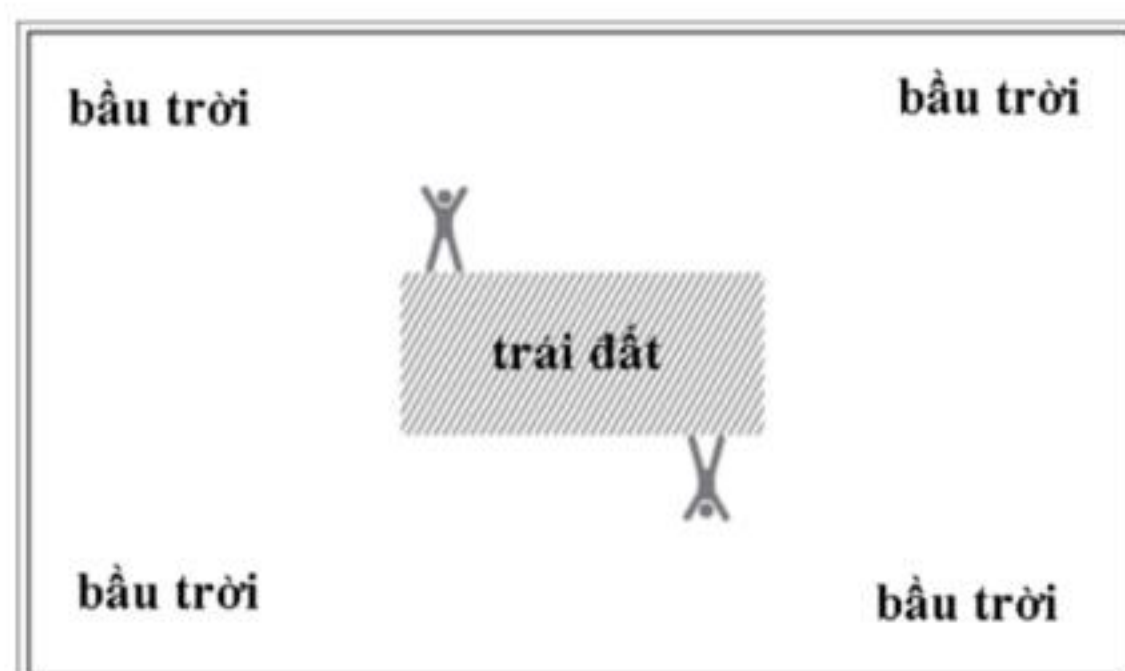
Vào nửa đầu thế kỉ hai mươi, Einstein mô tả sự vận hành của không gian và thời gian, trong khi Niels Bohr và các đồng nghiệp trẻ của ông thâm tó m vào các phương trình bản chất lượng tử kì lạ của vật chất. Vào nửa sau thế kỉ hai mươi, các nhà vật lí xây dựng trên những nền tảng này, áp dụng hai lí thuyết cho nhiều lĩnh vực tự nhiên rộng rãi: từ cấu trúc vĩ mô của vũ trụ cho đến thế giới vi mô của các hạt sơ cấp. Trong bài học này, tôi đề cập đến nội dung thứ nhất, còn nội dung thứ hai sẽ được nói đến ở bài học tiếp theo.

Bài học này chủ yếu gồm những hình vẽ đơn giản. Nguyên do bởi vì trước khi có thí nghiệm, đo lường, toán học và suy luận chặt chẽ, khoa học trên hết là về cái nhìn. Khoa học bắt đầu với cái nhìn. Tư duy khoa học được nuôi dưỡng bởi khả năng ‘nhìn thấy’ những cái khác với chúng đã được thấy trước đó. Tôi muốn trình bày ở đây một phác họa ngắn gọn, khiêm tốn của hành trình giữa các cái nhìn.

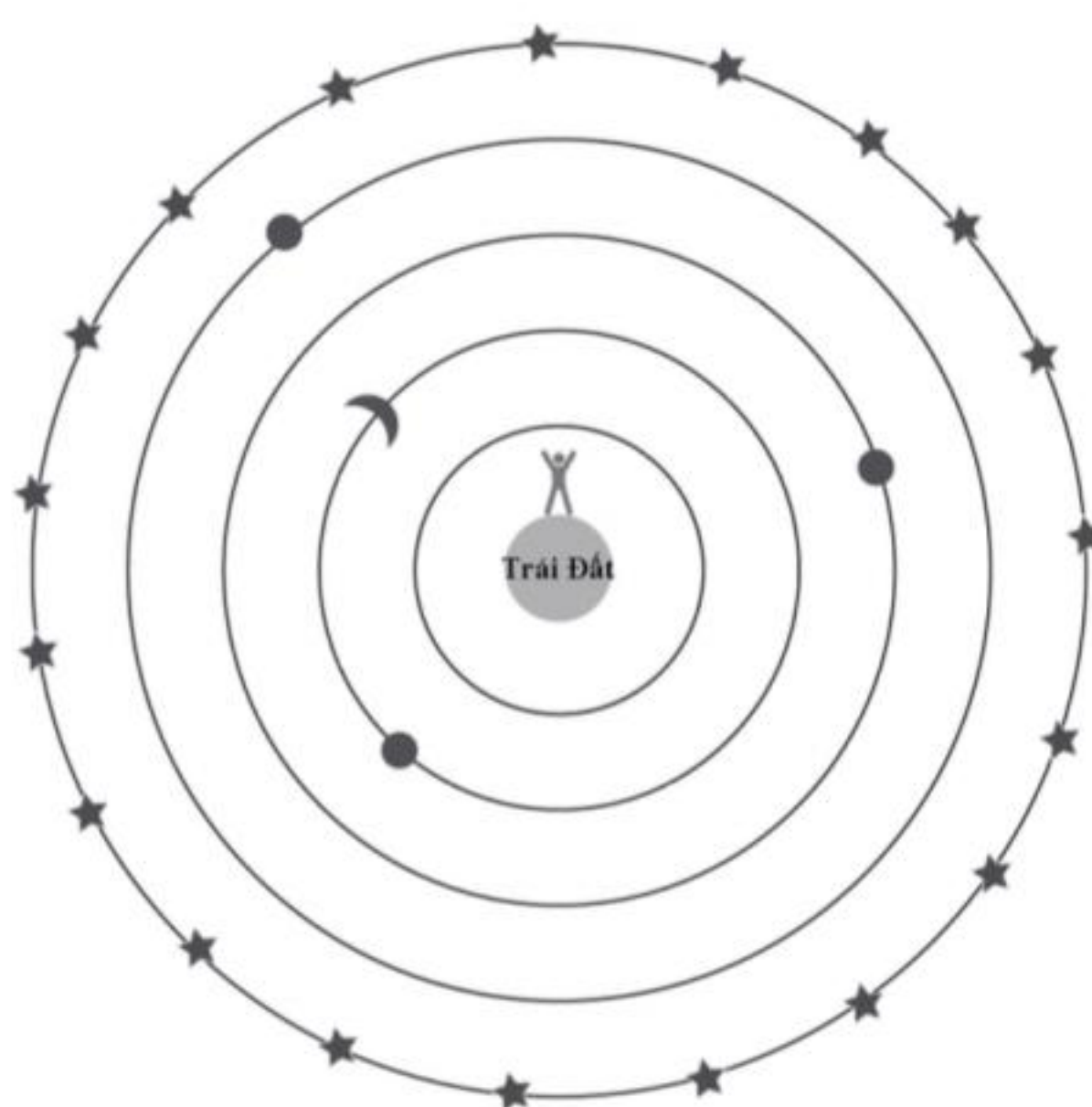


Hình vẽ này thể hiện vũ trụ được hình dung như thế nào trong cả thiên niên kỉ: Trái đất bên dưới, bầu trời bên trên. Cuộc cách mạng khoa học vĩ đại đầu tiên, được hoàn thành bởi Anaximander cách nay hai mươi sáu thế kỉ khi

ông cố gắng lí giải làm thế nào mặt trời, mặt trăng và các sao quay xung quanh chúng ta, thay thế cho hình ảnh vũ trụ bên trên bằng hình ảnh sau:

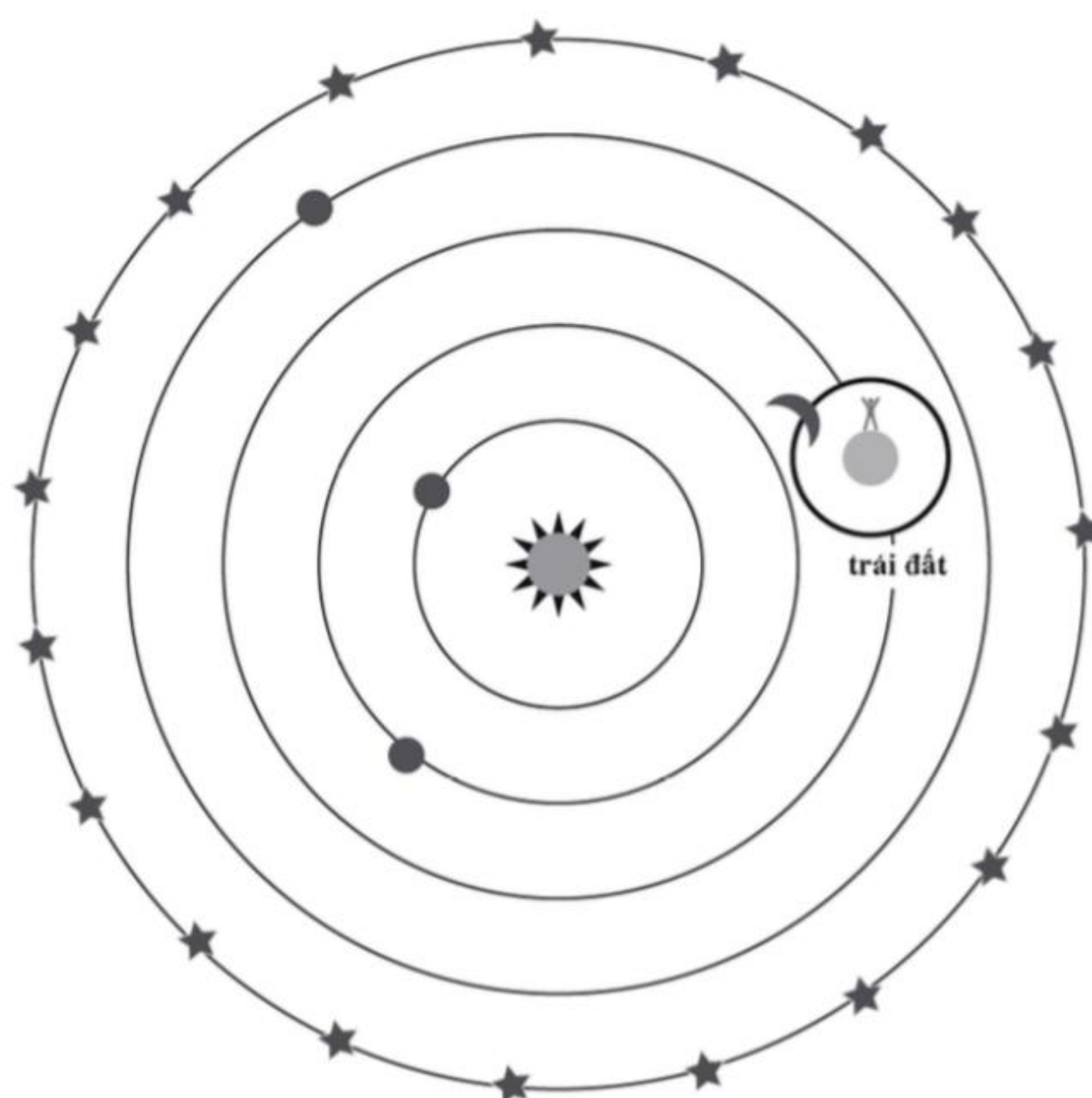


Bây giờ bầu trời vây toàn bộ xung quanh Trái đất, chứ không chỉ ở phía trên nó, và Trái đất là một khối đá lớn trôi nổi lơ lửng trong không gian mà không rơi. Không lâu sau, một ai đó (có lẽ Parmenides hoặc Pythagoras) nhận thấy hình cầu là hình dạng hợp lí nhất cho Trái đất bay nổi này để cho mọi hướng mới là như nhau – và Aristotle đã nghĩ ra những lập luận khoa học có sức thuyết phục để xác nhận bản chất hình cầu của Trái đất lẫn bầu trời xung quanh nó nơi các thiên thể thực hiện hành trình của chúng. Đây là hình ảnh thu được của vũ trụ:



Và vũ trụ này, như Aristotle mô tả trong tác phẩm Bàn về Bầu trời của ông, vẫn là hình ảnh thế giới đặc trưng của các nền văn minh Địa Trung Hải mãi cho đến cuối Thời Trung cổ. Nó là hình ảnh thế giới mà Dante và Shakespear đã học ở trường.

Bước nhảy vọt tiếp theo được hoàn thiện bởi Copernicus, mở đầu cái gọi là cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật vĩ đại. Thế giới, theo Copernicus, không khác lắm so với thế giới của Aristotle:



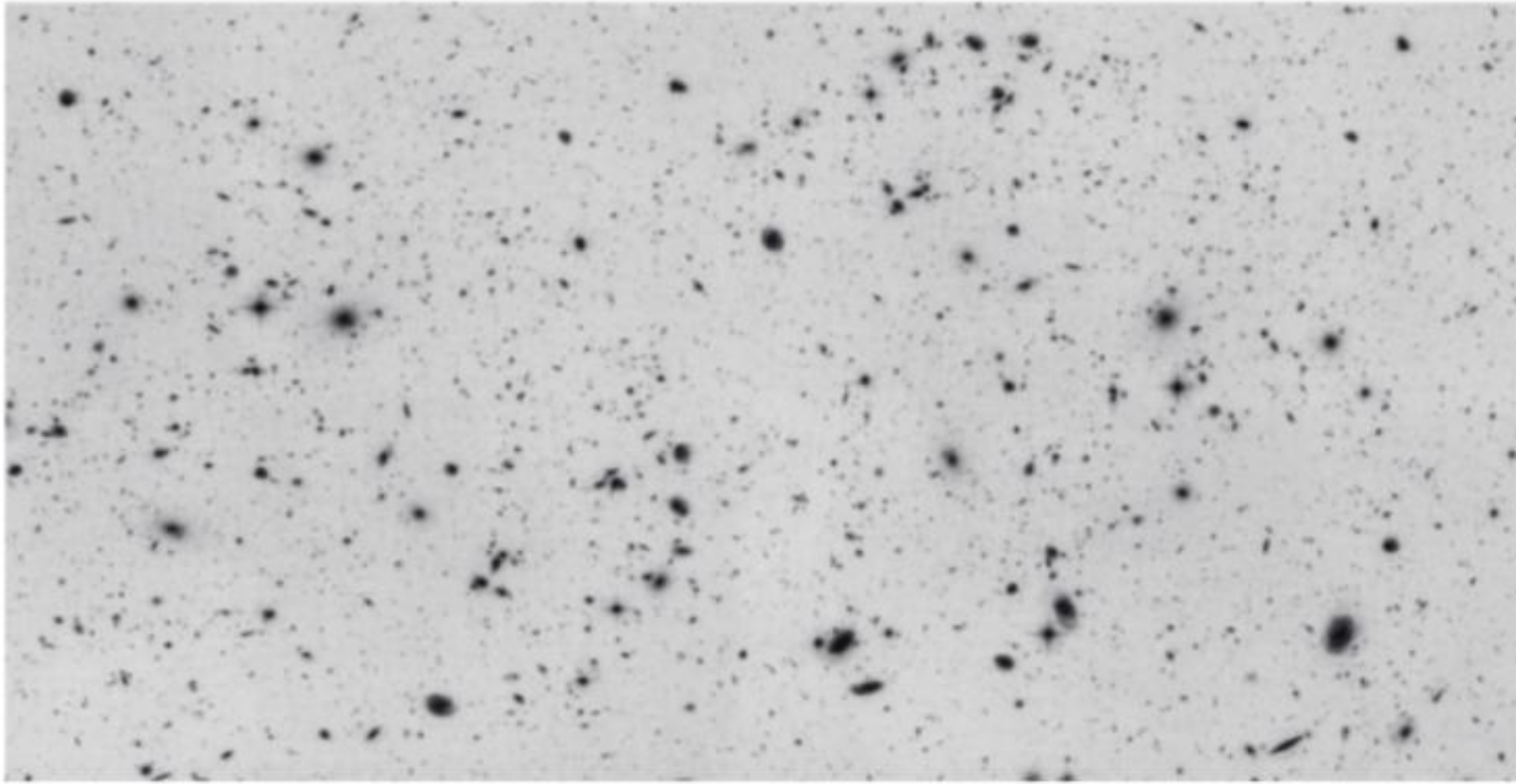
Nhưng thật sự có một khác biệt chủ chốt. Lấy một quan niệm bị xem là dị giáo, Copernicus đã hiểu và chứng minh rằng Trái đất không nằm tại tâm của điệu vũ của các hành tinh, mà thay vậy mặt trời mới là tâm. Hành tinh của chúng ta trở thành một trong số các hành tinh, quay tròn ở tốc độ cao xung quanh trục của nó và xung quanh mặt trời.

Hiểu biết của chúng ta tiếp tục được phát triển, và với những thiết bị cải tiến người ta sớm biết được rằng bản thân hệ mặt trời chỉ là một trong vô số hệ mặt trời, và mặt trời chẳng gì hơn là một ngôi sao như các ngôi sao khác. Một chấm vô cùng nhỏ trong đám mây mênh mông gồm một trăm tỉ sao – tức Thiên hà của chúng ta:

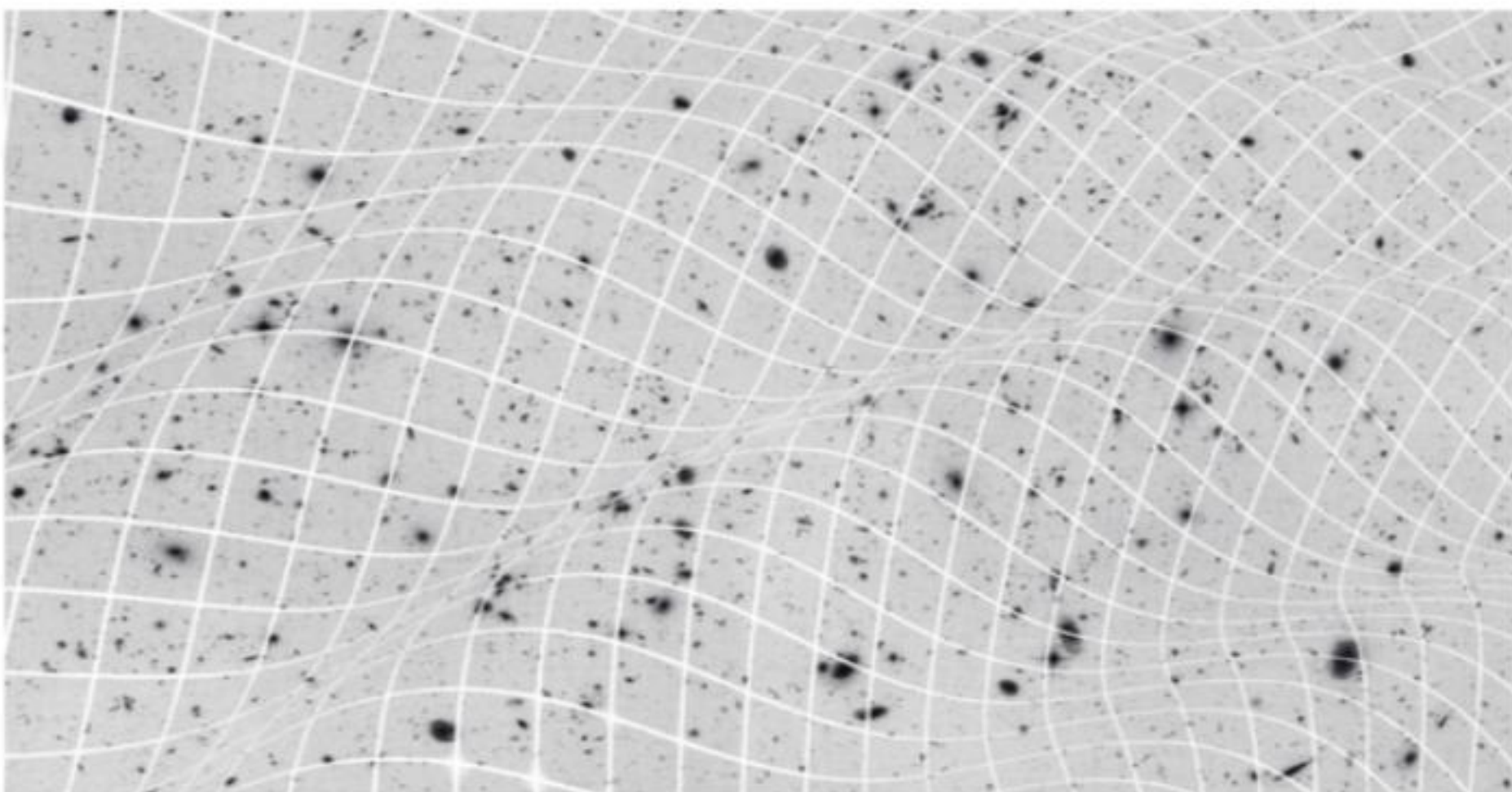


Tuy nhiên, vào thập niên 1930, các phép đo chính xác do các nhà thiên văn học tiến hành về sao siêu mới – những đám mây nhỏ trắng trắng nằm giữa các sao – cho thấy bản thân Thiên hà là một đám bụi trong một đám thiên hà khổng lồ, nó trải rộng xa đến phạm vi mắt có thể nhìn thấy qua những chiếc kính thiên văn mạnh nhất của chúng ta. Thế giới bây giờ trở nên đồng đều và dẫn ra vô hạn.

Hình minh họa bên dưới không phải là một hình vẽ; nó là ảnh chụp được thực hiện bởi kính thiên văn Hubble trên quỹ đạo, cho thấy một góc ảnh của bầu trời sâu hơn bất kì ảnh nào được thấy trước đây với những kính thiên văn mạnh nhất của chúng ta: nhìn với mắt trần thì nó chỉ là một đốm nhỏ của bầu trời cực kì tối đen. Nhìn qua kính thiên văn Hubble, rải rác hiện ra các đốm xa mênh mông. Mỗi chấm đen trong hình là một thiên hà chứa một trăm tỉ mặt trời tương tự như mặt trời của chúng ta. Vì thế, trong vũ trụ có hàng nghìn tỉ hành tinh như Trái đất. Và trong mỗi hướng mà ta nhìn, đây là cái xuất hiện:

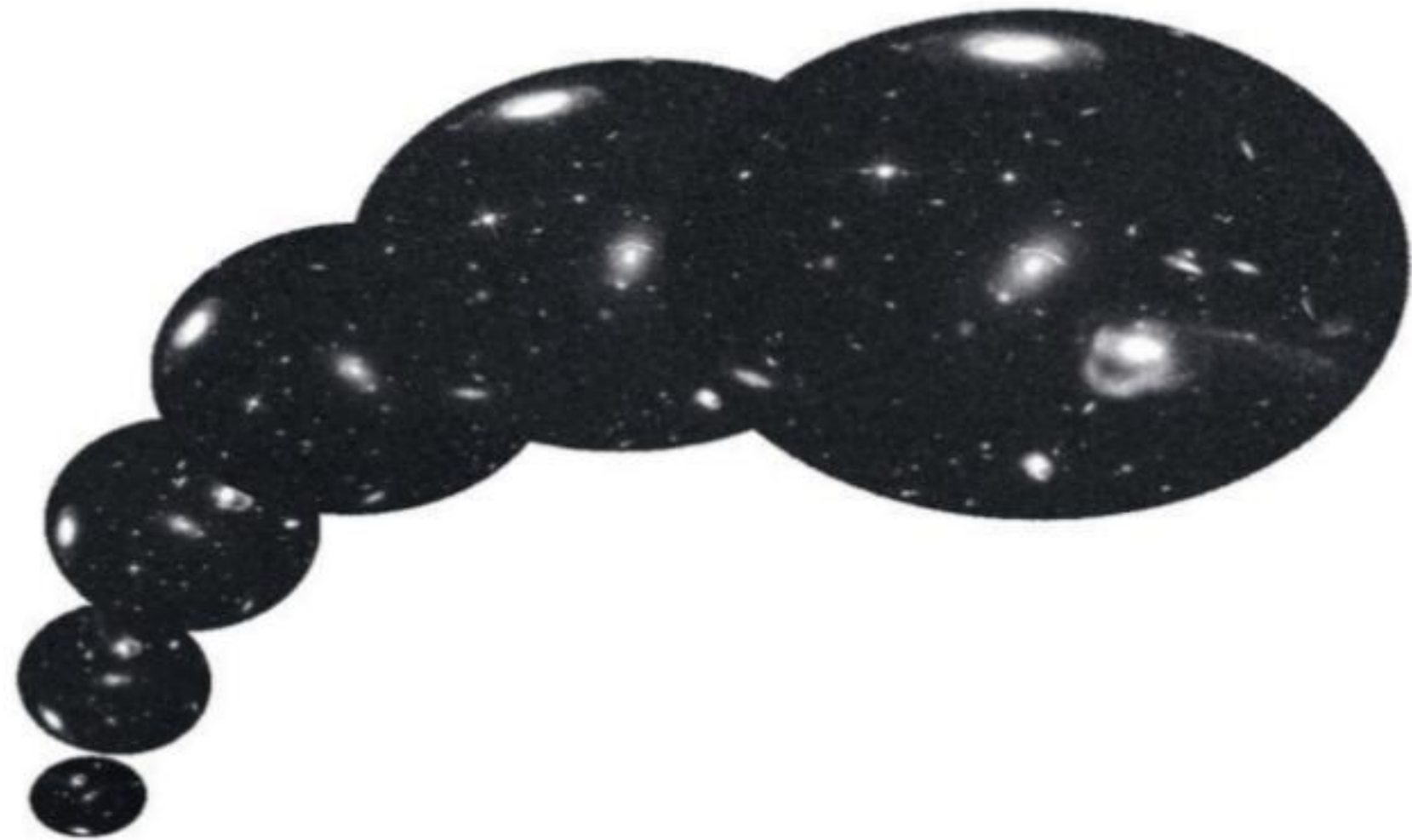


Nhưng sự đồng đều vô tận này hóa ra không phải như vẻ ngoài của nó. Như tôi đã giải thích ở bài học thứ nhất, không gian không phải phẳng mà là cong. Ta phải tưởng tượng kết cấu của vũ trụ, cùng với các vật thiên hà của nó, đang chuyển động theo những con sóng tương tự như sóng biển, thỉnh thoảng xao động đến mức tạo ra những khoảng trống là các lỗ đen. Vậy nên ta hãy trở lại với một hình vẽ, để biểu diễn vũ trụ bị cày xới bởi những con sóng vĩ đại ấy:



Và cuối cùng, ngày nay chúng ta biết rằng vũ trụ mênh mông, co dãn này, với rải rác các thiên hà và mười lăm tỉ năm kiến tạo, đã hiện ra từ một đám mây

nhỏ cực kì nóng và cực kì đặc. Để biểu diễn cái nhìn này, ta không cần vẽ vũ trụ nữa mà vẽ lịch sử toàn bộ của nó. Hình vẽ như thế này:



Vũ trụ đã ra đời là một quả cầu nhỏ rồi sau đó nổ thành các chiều kích khổng lồ hiện nay của nó. Đây là hình ảnh hiện nay của chúng ta về vũ trụ, ở cấp độ lớn nhất mà chúng ta biết.

Còn cái gì khác nữa hay không? Có cái gì trước đó nữa không? Có lẽ là có. Tôi sẽ nói về nó sau hai bài học nữa. Có tồn tại những vũ trụ khác tương tự vũ trụ của chúng ta, hoặc khác biệt với vũ trụ của chúng ta hay không? Chúng ta không biết.



BÀI HỌC THỨ TƯ

HẠT

Bên trong vũ trụ đã mô tả ở bài học trước, ánh sáng và vạn vật biến dịch. Ánh sáng gồm các photon, các hạt ánh sáng mà Einstein đã trực giác hình dung. Vạn vật mà ta thấy được làm bởi các nguyên tử. Mỗi nguyên tử gồm một hạt nhân được vây xung quanh bởi các electron. Mỗi hạt nhân gồm các proton và neutron được đóng gói chặt. Cả proton và neutron đều được làm bằng những hạt còn nhỏ hơn mà nhà vật lý Mỹ Murray Gell-Mann đặt tên là 'quark', lấy cảm hứng bởi một từ tưởng chừng vô nghĩa trong một cụm từ vô nghĩa trong tác phẩm *Finnegans Wake* của James Joyce: 'Ba quark cho Muster Mark!' Mỗi thứ mà chúng ta chạm vào, do đó, được làm bởi các electron và các quark này.

Lực 'kết dính' các quark bên trong proton và neutron được sinh ra bởi các hạt mà các nhà vật lý, với chút ít ngữ nghĩa khôi hài, gọi là 'gluon'.

Electron, quark, photon và gluon là các thành phần của vạn vật chiếm lĩnh không gian xung quanh chúng ta. Chúng là các 'hạt sơ cấp' đã được nghiên cứu trong ngành vật lý hạt. Có một vài hạt khác được bổ sung thêm vào những hạt này, ví dụ như các neutrino tràn ngập vũ trụ nhưng ít tương tác với chúng ta, và 'boson Higgs' mới được phát hiện gần đây tại Máy Va chạm Hadron Lớn của CERN ở Geneva. Nhưng không có nhiều hạt thế này, thật ra là có chưa tới mười chủng loại. Một nhóm thành phần sơ cấp tác dụng như những viên gạch trong một bộ ghép hình Lego khổng lồ, và với chúng toàn bộ thực tại vật chất xung quanh chúng ta được xây dựng nên.

Bản chất của những hạt này, và cách chúng chuyển động, được mô tả bởi cơ học lượng tử. Các hạt này không có một thực tại kiểu đá cuội mà là 'lượng tử' của những trường tương ứng, giống hệt như các photon là 'lượng tử' của trường điện từ. Chúng là các kích thích sơ cấp của một thể nền đang chuyển động tương

tự như trường của Faraday và Maxwell. Các gợn sóng lan truyền nhỏ xíu. Chúng biến mất và xuất hiện trở lại theo các định luật kì lạ của cơ học lượng tử, trong đó mọi thứ tồn tại không bao giờ bền vững, và mọi thứ chẳng là gì ngoài một bước nhảy từ tương tác này sang tương tác khác.

Cho dù chúng ta quan sát một vùng trống không nhỏ xíu của không gian, trong đó chẳng có nguyên tử nào, chúng ta vẫn phát hiện một bầy đàn bé nhỏ của những hạt này. Không có cái đại loại là một khoảng trống đích thực, một khoảng không hoàn toàn trống rỗng. Giống như mặt biển lặng gió nhìn gần vẫn thấy các nhấp nhô và xao động, tuy là hơi nhẹ, các trường tạo nên thế giới cũng chịu những thăng giáng nhỏ, và ta có thể tưởng tượng các hạt cơ bản của nó có sinh tồn ngắn ngủi và phù du, liên tục được sinh ra và phân hủy bởi những chuyển động này.

Đây là thế giới được mô tả bởi cơ học lượng tử và lí thuyết hạt. Chúng ta đã tiến rất xa khỏi thế giới cơ học của Newton và Laplace, trong đó những viên cuội nhỏ lạnh lẽo chuyển động vĩnh hằng trên những quỹ đạo dài chính xác trong không gian hình học bất biến. Cơ học lượng tử và các thí nghiệm hạt cho chúng ta biết rằng thế giới là một bầy đàn liên tục, không ngừng nghỉ của các thứ; một sự xuất hiện và biến mất liên tục của những thực thể phù du. Một tập hợp dao động, như thế trong thế giới hippy rộ lên hồi thập niên 1960. Một thế giới của cái xảy ra, không phải thế giới của các thứ.

Các chi tiết của lí thuyết hạt được xây dựng dần trong các thập niên 1950, 1960 và 1970, bởi một số nhà vật lí vĩ đại nhất của thế kỉ như Richard Feynman và Gell-Mann. Công trường xây dựng này đưa đến một lí thuyết khó hiểu, được xây dựng trên cơ học lượng tử và mang tiêu đề không lãng mạn gì cho lắm là ‘các hạt sơ cấp của Mô hình Chuẩn’. ‘Mô hình Chuẩn’ được hoàn tất vào thập niên 1970, sau một chuỗi dài thí nghiệm xác nhận hết các tiên đoán. Sự xác nhận cuối cùng của nó diễn ra vào năm 2013 với việc khám phá boson Higgs.

Nhưng bất chấp hàng loạt thí nghiệm thành công, Mô hình Chuẩn vẫn chưa từng được các nhà vật lí xem xét nghiêm túc. Nó là một lí thuyết trông

manh mún, vá chằng vá đụp, ít ra thoát nhìn là như thế. Nó gồm các mảnh và các phương trình được lắp ghép mà không có bất cứ một trật tự rõ ràng nào. Một số nhất định trường (nhưng tại sao lại chính xác số lượng này?) đang tương tác với những lực nhất định (nhưng tại sao lại là những lực này?) mà mỗi tương tác được xác định bởi những hằng số nhất định (tại sao lại chính xác những giá trị này?) cho thấy những đối xứng nhất định (một lần nữa, tại sao lại là những đối xứng này?) Chúng ta đã tiến xa khỏi cái đơn giản của các phương trình thuyết tương đối rộng, và các phương trình của cơ học lượng tử.

Cách mà các phương trình của Mô hình Chuẩn đưa ra các tiên đoán về thế giới cũng hết sức vô lí. Được sử dụng trực tiếp, các phương trình này đưa đến những tiên đoán vô nghĩa trong đó mỗi đại lượng được tính hóa ra là lớn vô hạn. Để thu được kết quả có nghĩa cần phải tưởng tượng bản thân các tham số tham gia vào chúng là lớn vô hạn, để triệt tiêu với các kết quả vô lí và làm cho chúng hợp lí. Thủ tục rắc rối và kì cục này được đặt cho cái tên chuyên môn là ‘tái chuẩn hóa’. Trong những năm cuối của đời ông, nhà khoa học vĩ đại của thế kỉ hai mươi hậu Einstein, Paul Dirac, vị kiến trúc sư vĩ đại của cơ học lượng tử, tác giả của những phương trình đầu tiên và phương trình chủ đạo của Mô hình Chuẩn, nhiều lần thể hiện sự bất mãn của ông trước tình trạng này, ông kết luận rằng ‘chúng ta chưa từng giải quyết được vấn đề đó’.

Ngoài ra, một hạn chế nổi bật của Mô hình Chuẩn mới xuất hiện trong những năm gần đây. Xung quanh mỗi thiên hà các nhà thiên văn quan sát thấy một đám mây lớn vật liệu biểu lộ sự tồn tại của nó thông qua lực hút hấp dẫn mà nó tác dụng lên các sao, và bởi cách nó làm lệch hướng ánh sáng. Nhưng đám mây to lớn này, nhờ đó chúng ta quan sát thấy các hiệu ứng hấp dẫn, không thể nhìn thấy trực tiếp được và chúng ta không biết nó làm bằng cái gì. Vô số giả thuyết đã được đề xuất, nhưng chưa có lí thuyết nào tỏ ra suôn sẻ. Rõ ràng có cái gì đó ở ngoài kia, nhưng chúng ta không biết nó là cái gì. Ngày nay, nó được gọi là ‘vật chất tối’. Bằng chứng chỉ dấu rằng nó là thứ không được mô tả bởi Mô hình Chuẩn, bằng không chúng ta sẽ nhìn thấy nó. Cái gì đó ngoài các nguyên tử, neutrino hay photon...

Thật quá bất ngờ rằng có nhiều thứ ở trên trời và trên Trái đất, các bạn độc giả thân mến ạ, nhiều hơn cả trong triết lí của chúng ta – hay trong vật lí học của chúng ta. Chúng ta thậm chí chẳng nghi ngờ sự tồn tại của sóng vô tuyến và neutrino, chúng choán đầy vũ trụ, mãi cho đến gần đây. Mô hình Chuẩn vẫn là cái tốt nhất mà ta có hiện nay khi nói về thế giới vạn vật, các dự đoán của nó đều đã được xác nhận; và ngoài vật chất tối – và lực hấp dẫn như mô tả trong thuyết tương đối tổng quát là sự cong của không-thời gian – nó mô tả tốt mọi mặt của thế giới mà ta nhận thức được.

Các lí thuyết thay thế đã được đề xuất, chúng chỉ bị đánh đổ bởi các thí nghiệm. Thí dụ, một lí thuyết đẹp được đề xuất hồi thập niên 1970, và được đặt tên chuyên môn là SU5, thay thế các phương trình lộn xộn của Mô hình Chuẩn bằng một cấu trúc đơn giản và tao nhã hơn nhiều. Lí thuyết ấy dự đoán rằng một proton có thể phân hủy, với một xác suất nhất định, biến đổi thành electron và quark. Những cỗ máy lớn đã được xây dựng nhằm quan sát các proton phân hủy. Các nhà vật lí đã dành trọn đời họ để tìm kiếm một phân hủy proton có thể quan sát được. (Bạn không nên nhìn vào một photon mỗi lúc, vì mất rất lâu thì nó mới phân hủy. Bạn lấy hàng tấn nước và đặt xung quanh nó những detector nhạy để quan sát các hiệu ứng của sự phân hủy.) Nhưng, lạ Chúa, chưa có proton nào từng được chứng kiến phân hủy. Lí thuyết đẹp đẽ SU5, bất chấp nét đẹp tao nhã đáng kể của nó, không phải là món khoái khẩu của Chúa.

Câu chuyện có lẽ đang tự lặp lại vào lúc này với một nhóm lí thuyết gọi là ‘siêu đối xứng’, chúng dự đoán sự tồn tại của một họ hạt mới. Trong quãng đời nghiên cứu của mình, tôi nghe nói các đồng nghiệp đang chờ đợi với đầy lòng nhiệt huyết sự xuất hiện sắp tới của những hạt này. Hàng ngày, hàng tháng, hàng năm và hàng thập kỉ đã trôi qua – nhưng các hạt siêu đối xứng vẫn chưa chịu lộ diện. Vật lí học không chỉ là một lịch sử của những thành công.

Vậy cho nên, chúng ta phải tạm dừng lại với Mô hình Chuẩn. Có thể nó không tao nhã lắm, nhưng nó hoạt động tốt ở việc mô tả thế giới xung quanh chúng ta. Và ai biết được chứ? Có lẽ khi xem xét gần hơn, nó không phải là mô hình thiếu tao nhã. Có lẽ nó là cái mà chúng ta chưa biết cách nhìn nhận đúng

từ góc nhìn thích hợp; một góc nhìn sẽ làm sáng tỏ cái đơn giản tiềm ẩn của nó. Hiện nay, đây là cái chúng ta biết về vật chất:

Một vài loại hạt sơ cấp, chúng dao động và thăng giáng liên tục giữa sinh tồn và không hiện hữu và chiếm ngự không gian kể cả khi trông như chẳng có gì ở đó, kết hợp với nhau đến vô hạn như các kí tự của một bảng chữ cái vũ trụ cho biết lịch sử mệnh mang của các thiên hà, của vô số sao không đếm xuể, của ánh sáng mặt trời, của núi non, rừng rậm và các cánh đồng ngũ cốc, của những gương mặt tươi cười của lớp trẻ tại buổi dạ tiệc, và của bầu trời đêm khảm sao lấp lánh.



BÀI HỌC THỨ NĂM

CÁC HẠT MẦM KHÔNG GIAN

Bất chấp những nhập nhằng, bất hạnh nhất định và những câu hỏi vẫn chưa được trả lời, nền vật lý học mà tôi vừa phác thảo mang lại một mô tả về thế giới tốt hơn cái chúng ta từng có trước đây. Vì thế chúng ta nên có chút hài lòng. Nhưng chúng ta chẳng hề hài lòng.

Có một nghịch lý nằm tại trung tâm nhận thức của chúng ta về thế giới vật chất. Thế kỷ hai mươi đã mang lại cho chúng ta hai viên ngọc quý mà tôi vừa trình bày: thuyết tương đối rộng và cơ học lượng tử. Từ thuyết tương đối rộng, vũ trụ học phát triển, cũng như thiên văn vật lý, nghiên cứu sóng hấp dẫn, lỗ đen và nhiều lĩnh vực khác. Cơ học lượng tử cung cấp nền tảng cho vật lý nguyên tử, vật lý hạt nhân, vật lý hạt sơ cấp, vật lý vật chất ngưng tụ, và nhiều, nhiều lĩnh vực khác nữa. Hai lý thuyết, nồng cuồng phân phát thành quả của chúng, là cơ sở của công nghệ ngày nay và đã làm chuyển biến lối sống của chúng ta. Tuy nhiên, hai lý thuyết không thể đều đúng được, ít nhất là ở dạng thức hiện nay của chúng, bởi vì chúng mâu thuẫn nhau.

Một sinh viên đại học lên lớp nghe giảng về thuyết tương đối rộng vào buổi sáng và nghe giảng về cơ học lượng tử vào buổi chiều có thể được tha thứ vì dám kết luận rằng các vị giáo sư của anh là kẻ ngốc, hoặc đã không nói chuyện với nhau chí ít là một thế kỷ rồi. Vào buổi sáng thế giới là không gian cong trong đó vạn vật là liên tục; thì vào buổi chiều thế giới là không gian phẳng trong đó các lượng tử năng lượng nhảy nhót.

Nghịch lý là ở chỗ cả hai lý thuyết đều hoạt động suôn sẻ. Tự nhiên đang hành xử với chúng ta theo kiểu tựa như vị giáo sĩ lăm cẩm phân giải hai người đang tranh luận. Sau khi nghe người thứ nhất nói, vị giáo sĩ bảo: “Cậu đúng.” Người thứ hai khẳng khẳng phản đối, vị giáo sĩ lắng nghe anh ta nói rồi bảo:

“Cậu cũng đúng.” Bỗng có tiếng vợ vị giáo sĩ từ phòng bên kia nói sang: “Nhưng họ không thể cùng đúng được!” Vị giáo sĩ trầm ngâm và gật gù rồi kết luận: “Bà cũng đúng nữa.”

Một nhóm nhà vật lý lý thuyết rải rác trên khắp năm lục địa đang cần mẫn cố gắng phân giải vấn đề trên. Lĩnh vực nghiên cứu của họ được gọi là ‘lực hấp dẫn lượng tử’: mục tiêu của nó là tìm kiếm một lý thuyết, tức là một tập hợp phương trình – nhưng trên hết thấy là một cái nhìn kết hợp về thế giới – để phân giải tình trạng phân liệt hiện nay.

Đây không phải lần đầu tiên vật lý học tự đối mặt với hai lý thuyết thành công vang dội nhưng mâu thuẫn nhau thấy rõ. Nỗ lực tổng hợp trước đây đã được đền đáp với những bước sỏi dài trên con đường chúng ta nhận thức thế giới. Newton khám phá lực vạn vật hấp dẫn bằng cách kết hợp các parabol của Galileo với các elip của Kepler. Maxwell thiết lập các phương trình điện từ học bằng cách kết hợp các lý thuyết điện và lý thuyết từ. Einstein khám phá sự tương đối trên đường giải quyết một mâu thuẫn hiển hiện giữa điện từ học và cơ học. Nhà vật lý chỉ hết sức phấn khởi khi anh ta tìm thấy một mâu thuẫn thuộc loại này giữa các lý thuyết thành công: nó là một cơ hội ngàn vàng. Liệu chúng ta có thể xây dựng một khuôn khổ khái niệm để nghĩ về thế giới mà tương thích với cái chúng ta đã biết về nó từ cả hai lý thuyết hay không?

Tại đây, ở tiền phương, vượt ngoài biên giới của kiến thức, khoa học còn trở nên lộng lẫy hơn nữa – sự chói sáng trong ngọn lửa tôi luyện của những ý tưởng mới sinh, của trực giác, của nỗ lực. Của những con đường đã đi và bị bỏ hoang, của sự nhiệt tình. Trong nỗ lực hình dung ra cái chưa từng được hình dung.

Hai mươi năm trước, sương mù giăng dày đặc. Ngày nay, các lối đi hiện ra đầy hăng hái và lạc quan. Có nhiều hơn một lối đi, thành ra không thể nói rằng vấn đề đã được giải quyết. Nhiều thành ra gây tranh cãi, và tranh cãi là tốt: cho đến lúc sương mù hoàn toàn tan biến, điều tốt là có những cái nhìn phê bình và đối nghịch. Một trong những nỗ lực chính nhằm giải quyết vấn đề là một

hướng nghiên cứu gọi là ‘lực hấp dẫn lượng tử vòng’, được theo đuổi bởi một êkip đông đảo các nhà nghiên cứu làm việc ở nhiều quốc gia.

Lực hấp dẫn lượng tử vòng là một nỗ lực nhằm kết hợp thuyết tương đối rộng và cơ học lượng tử. Nó là một nỗ lực cần trọng vì nó chỉ sử dụng các giả thuyết có sẵn trong những lý thuyết này, viết lại hợp lý để cho chúng tương thích. Nhưng các hệ quả của nó là triệt để: một biến thể nổi bật hơn của cách chúng ta nhìn vào cấu trúc của thực tại.

Ý tưởng thì đơn giản. Thuyết tương đối tổng quát dạy ta rằng không gian chẳng phải một cái hộp trống rỗng, mà là cái gì đó mang tính chất động: một loại vỏ ốc di động, bao la mà chúng ta được chứa bên trong – một cấu trúc có thể bị nén và bị xoắn. Mặt khác, cơ học lượng tử dạy ta rằng mỗi trường thuộc loại này ‘được làm bằng các lượng tử’ và có một cấu trúc tinh tế, dạng hạt. Cái dễ dàng suy ra tiếp là không gian vật chất cũng ‘được làm bằng các lượng tử’.

Thật vậy, kết quả trọng tâm của lý thuyết hấp dẫn lượng tử vòng là rằng không gian không liên tục, nó không phải được phân chia vô hạn mà được làm bằng các hạt mầm hay ‘các nguyên tử không gian’. Các hạt này cực kỳ nhỏ bé: một tỉ tỉ lần nhỏ hơn hạt nhân nguyên tử nhỏ nhất. Lý thuyết mô tả các ‘nguyên tử không gian’ này ở dạng toán học, và cung cấp các phương trình xác định sự tiến hóa của chúng. Chúng được gọi là ‘vòng’, bởi vì chúng liên kết với nhau, tạo thành một mạng lưới các liên hệ dệt nên kết cấu của không gian, giống như những vòng nhỏ của một áo giáp chuỗi xích mênh mông được dệt mịn.

Các lượng tử này của không gian nằm ở đâu? Chẳng ở đâu cả. Chúng không ở trong không gian bởi vì bản thân chúng là không gian. Không gian được tạo ra bằng cách liên kết từng lượng tử này của lực hấp dẫn. Một lần nữa thế giới dường như ít liên quan với các vật hơn là với các liên hệ tương tác.

Nhưng chính hệ quả thứ hai của lý thuyết trên mới cực đoan nhất. Giống hệt như ý tưởng không gian liên tục chứa vạn vật biến mất, ý tưởng ‘thời gian’ sơ cấp và nguyên sơ trôi đi bất chấp vạn vật cũng không còn. Các phương trình mô tả các hạt mầm không gian và vật chất không còn chứa biến ‘thời gian’. Điều

này không có nghĩa rằng vạn vật là tĩnh tại và bất biến. Trái lại, nó có nghĩa là sự biến đổi hiện diện khắp nơi nơi – nhưng các quá trình sơ cấp không thể được xếp thứ tự theo một chuỗi ‘thời khắc’ chung nữa. Ở cấp độ nhỏ xíu của các hạt mầm không gian, vũ điệu của tự nhiên không diễn ra theo nhịp gậy chỉ huy của một nhạc trưởng, theo một nhịp độ: mỗi quá trình khiêu vũ độc lập với các lóng giềng của nó, với nhịp điệu riêng của nó. Sự trôi qua của thời gian là nội tại của thế giới, được sinh ra trong chính thế giới đó theo mối liên hệ giữa các sự kiện lượng tử tạo nên thế giới và tự chúng là nguồn gốc của thời gian.

Thế giới mô tả bởi lí thuyết trên khác xa với thế giới mà chúng ta quen thuộc. Không còn không gian ‘chứa’ thế giới, và không còn thời gian ‘trong đó’ các sự kiện xảy ra. Chỉ có các quá trình sơ cấp trong đó các lượng tử của không gian và vật chất liên tục tương tác với nhau. Ảo giác về không gian và thời gian liên tục xung quanh chúng ta là một cái nhìn lu mờ của nhưng nhúc nhích những quá trình sơ cấp này, giống như hồ Alpine tĩnh lặng, trong veo chứa trong thực tại của những vũ điệu cuồng nhiệt của vô số phân tử nước nhỏ bé.

Nhìn cực kì cận cảnh qua một kính lúp cực khủng, thì hình ảnh cuối cùng trong bài học thứ năm của chúng ta sẽ cho thấy cấu trúc dạng hạt của không gian:



Liệu ta có thể xác nhận lí thuyết này bằng thực nghiệm không? Chúng ta đang suy nghĩ, đang cố gắng, nhưng cho đến nay chưa có xác nhận thực nghiệm nào. Tuy nhiên, có một số nỗ lực khác.

Một trong số này có xuất xứ từ nghiên cứu lỗ đen. Trên bầu trời ngày nay chúng ta có thể quan sát các lỗ đen được hình thành bởi các ngôi sao suy sụp. Bị nén ép bởi sức nặng của riêng nó, vật chất của những ngôi sao này tự ép lên chính nó và biến mất khỏi tầm nhìn của chúng ta. Nhưng nó biến đi đâu? Nếu lí thuyết lực hấp dẫn lượng tử vòng là đúng, thì vật chất thật sự không thể co sụp đến một điểm nhỏ vô hạn, bởi vì các điểm nhỏ vô hạn thật sự không hề tồn tại – mà chỉ có những lát không gian hữu hạn thôi. Co sụp dưới sức nặng riêng của nó, vật chất phải trở nên đặc dần, cho đến mức tại đó cơ học lượng tử phải tác dụng một áp suất ngược lại, làm cân bằng.

Giai đoạn giả thuyết cuối cùng này trong cuộc đời của một ngôi sao, trong đó các thăng giáng lượng tử của không-thời gian cân bằng với sức nặng của vật chất, là cái được gọi là ‘sao Planck’. Nếu mặt trời ngừng cháy sáng và tạo thành một lỗ đen thì nó sẽ có đường kính chừng 1,5 kilo-mét. Bên trong lỗ đen này, vật chất của mặt trời sẽ tiếp tục co lại, cuối cùng trở thành một sao Planck như thế. Các chiều kích của nó khi ấy sẽ tương tự các chiều kích của một nguyên tử. Toàn bộ vật chất của mặt trời cô đặc lại vào không gian của một nguyên tử: mỗi sao Planck được cấu thành bởi trạng thái cực độ này của vật chất.

Sao Planck không bền: một khi bị nén tối đa nó bật ra và bắt đầu dãn nở trở lại. Điều này đưa đến sự nổ của lỗ đen. Quá trình này, khi nhìn bởi một nhà quan sát giả định ngồi trong lỗ đen trên sao Planck, sẽ là một cú bật xảy ra ở tốc độ cao. Nhưng thời gian trôi qua đối với cô ta khác với thời gian đối với những ai ở ngoài lỗ đen, giống như thời gian trên núi cao trôi qua nhanh hơn thời gian ở mực nước biển. Ngoại trừ là đối với cô ta, do các điều kiện cực đoan, sự chênh lệch trong dòng chảy thời gian là rất lớn, và đối với nhà quan sát ở trên ngôi sao cái trông như một cú bật cực nhanh, thì nhìn từ bên ngoài, nó xảy ra trong một thời gian rất dài. Đây là lí do chúng ta quan sát thấy các lỗ đen vẫn như cũ trong

những khoảng thời gian dài: mỗi lỗ đen là một ngôi sao đang hồi phục nhìn trong chuyển động cực chậm.

Có khả năng là trong lò luyện của những thời khắc đầu tiên của vũ trụ, các lỗ đen đã ra đời, và một số trong số này hiện nay đang nổ. Nếu đúng như vậy, thì có lẽ chúng ta có thể quan sát các tín hiệu mà chúng phát ra khi nổ, ở dạng các tia vũ trụ năng lượng cao đến từ bầu trời, nhờ đó cho phép chúng ta quan sát và đo một tác dụng trực tiếp của một hiện tượng bị chi phối bởi lực hấp dẫn lượng tử. Đó là một ý tưởng táo bạo – nó có thể không hoạt động, chẳng hạn, nếu trong vũ trụ nguyên thủy không có đủ lỗ đen ra đời để cho phép chúng ta ngày nay phát hiện sự nổ của chúng. Nhưng việc tìm kiếm các tín hiệu như thế đã bắt đầu. Rồi chúng ta sẽ thấy.

Một hệ quả khác của lý thuyết trên, và là một trong những hệ quả đẹp mắt nhất, là về nguồn gốc của vũ trụ. Chúng ta biết làm thế nào tái dựng lịch sử của hành tinh chúng ta ngược đến thời kì ban đầu khi nó có kích cỡ nhỏ xíu. Nhưng còn trước đó thì sao? Vâng, các phương trình của lý thuyết vòng cho phép chúng ta tiến ngược dòng xa hơn trong việc tái dựng lịch sử đó.

Cái chúng ta tìm thấy là khi vũ trụ cực kì nén đặc thì thuyết lượng tử tạo ra một lực đẩy, với kết quả là vụ nổ lớn hay 'Big Bang' thật ra có thể là 'Vụ Co Lớn'. Thế giới của chúng ta thật sự có khả năng đã ra đời từ một vũ trụ trước đó đã co lại dưới sức nặng của riêng nó cho đến khi nó nén vào một không gian nhỏ xíu rồi 'bật ra' và bắt đầu giãn nở trở lại, từ đó trở thành vũ trụ giãn nở mà chúng ta quan sát thấy xung quanh mình.

Thời khắc bật ra này, khi vũ trụ co lại thành một vỏ hạt, là vương quốc thật sự của lực hấp dẫn lượng tử: thời gian và không gian cùng nhau biến mất, và thế giới hòa tan thành một đám mây xác suất mà tuy vậy các phương trình vẫn có thể mô tả. Và hình ảnh cuối cùng của bài học thứ năm biến thành như sau:



Vũ trụ của chúng ta có lẽ đã ra đời từ một sự bật lại trong một pha trước đó, trải qua một pha trung gian trong đó không có không gian chẳng có thời gian.

Vật lí học mở ra những cánh cửa để chúng ta nhìn xa trông rộng. Cái chúng ta nhìn thấy không lúc nào khiến chúng ta hết bất ngờ. Chúng ta nhận ra rằng chúng ta quá thiên kiến và hình ảnh trực giác của chúng ta về thế giới là cục bộ, thiếu cặn, không thỏa đáng. Trái đất không phẳng, nó không tĩnh tại. Thế giới liên tục thay đổi trước mắt chúng ta khi chúng ta dần dần nhìn nó một cách bao quát hơn và rõ ràng hơn. Nếu chúng ta cố gom lại toàn bộ những cái chúng ta đã biết trong thế kỉ hai mươi về thế giới vật chất, thì các manh mối hướng đến cái gì đó khác hẳn với nhận thức bản năng của chúng ta về vật chất, không gian và thời gian. Lực hấp dẫn lượng tử vòng là một nỗ lực giải mã những manh mối này, và nhìn xa hơn chút nữa vào cái khôn cùng.



BÀI HỌC THỨ SÁU

XÁC SUẤT, THỜI GIAN VÀ NHIỆT CỦA LỖ ĐEN

Cùng với những lí thuyết chính mà tôi vừa trình bày và những lí thuyết mô tả các thành phần sơ cấp của thế giới, còn có một pháo đài đồ sộ của vật lí học hơi khác với các lí thuyết khác. Một câu hỏi đặt ra bất ngờ cho nó là: ‘Nhiệt là gì?’

Cho đến giữa thế kỉ mười chín, các nhà vật lí đã cố gắng tìm hiểu nhiệt bằng cách nghĩ nó là một loại chất lỏng, gọi là ‘chất nhiệt’; hoặc hai chất lỏng, một nóng và một lạnh. Quan niệm đó hóa ra là sai. Cuối cùng James Maxwell và nhà vật lí người Áo Ludwig Boltzmann hiểu ra vấn đề. Và cái họ hiểu rất đẹp, lạ lẫm và nổi bật – nó đưa chúng ta vào những vùng đất mà phần lớn vẫn chưa được khai phá.

Cái họ hiểu ra là một chất nóng không phải là chất chứa chất lỏng nhiệt. Chất nóng là chất trong đó các nguyên tử chuyển động nhanh hơn. Các nguyên tử và phân tử, những đám nhỏ nguyên tử liên kết với nhau, luôn luôn chuyển động không ngừng. Chúng chạy, dao động, dội ngược và vân vân. Không khí lạnh là không khí trong đó các nguyên tử, hay đúng hơn là các phân tử, chuyển động chậm hơn. Không khí nóng là không khí trong đó các phân tử chuyển động nhanh hơn. Thật đơn giản mà đẹp. Nhưng vấn đề chưa dừng lại ở đó.

Nhiệt, như chúng ta biết, luôn truyền từ vật nóng sang vật lạnh. Một cái thìa lạnh đặt trong tách trà nóng cũng trở nên nóng. Nếu ta không ăn mặc hợp lí vào một ngày giá lạnh, ta sẽ nhanh chóng mất nhiệt cơ thể và trở nên run rẩy. Tại sao nhiệt truyền từ vật nóng sang vật lạnh chứ không truyền ngược lại?

Đó là một câu hỏi trọng yếu, vì nó liên hệ với bản chất của thời gian. Trong mỗi trường hợp trong đó sự trao đổi nhiệt không xảy ra, hoặc khi nhiệt trao đổi là không đáng kể, chúng ta thấy tương lai hành xử y hệt như quá khứ.

Chẳng hạn, đối với chuyển động của các hành tinh thuộc hệ mặt trời thì nhiệt hầu như không liên quan, và thật vậy chuyển động này có thể xảy ra theo chiều ngược lại mà không có định luật vật lý nào bị vi phạm. Tuy nhiên, hễ khi có nhiệt thì tương lai khác với quá khứ. Trong khi không có ma sát, chẳng hạn, thì một con lắc có thể dao động mãi mãi. Nếu ta quay phim nó và cho chiếu phim ngược ta sẽ thấy chuyển động như thế hoàn toàn là có thể. Nhưng nếu có ma sát thì con lắc từ từ làm nóng các bộ phận treo của nó, tiêu hao năng lượng và chuyển động chậm dần. Ma sát sinh ra nhiệt. Và lập tức ta có thể phân biệt tương lai (phía con lắc chuyển động chậm) với quá khứ. Ta chưa từng thấy một con lắc bắt đầu đong đưa từ một vị trí đứng yên, với chuyển động của nó được kích thích bởi năng lượng thu nhận bằng cách hấp thụ nhiệt từ các điểm treo của nó. Sự khác biệt giữa quá khứ và tương lai chỉ tồn tại khi có nhiệt. Hiện tượng cơ bản phân biệt tương lai với quá khứ là thực tế nhiệt truyền từ vật nóng hơn sang vật lạnh hơn.

Vì vậy, một lần nữa, tại sao, khi thời gian trôi qua, nhiệt truyền từ vật nóng sang vật lạnh chứ không truyền theo cách nào khác?

Nguyên nhân được khám phá bởi Boltzmann, và đơn giản đến bất ngờ: đó là tình cờ.

Ý tưởng của Boltzmann không dễ mô tả, và nó dùng đến khái niệm xác suất. Nhiệt không truyền từ vật nóng sang vật lạnh do một định luật tuyệt đối: nó chỉ làm thế với một xác suất lớn mà thôi. Nguyên nhân là vì về mặt thống kê khả năng một nguyên tử chuyển động nhanh của chất nóng va chạm với một nguyên tử lạnh để truyền sang nó một ít năng lượng thì cao hơn ngược lại. Năng lượng được bảo toàn trong các va chạm, nhưng có xu hướng được phân bố thành những phần ít nhiều ngang nhau khi có nhiều va chạm. Bằng cách này, nhiệt độ của các vật tiếp xúc với nhau có xu hướng bằng nhau. Không phải không có khả năng cho một vật nóng trở nên nóng hơn qua việc tiếp xúc với một vật lạnh hơn: nhưng khả năng đó là cực kì nhỏ.

Việc đưa xác suất vào trái tim vật lý học, và sử dụng nó để giải thích các nền tảng động lực học của nhiệt, ban đầu bị xem là lỗi bịch. Như chuyện thường xảy ra, chẳng ai xem Boltzmann là nghiêm túc. Vào ngày 5 tháng 9 năm 1906, ở Duino gần Trieste, ông đã treo cổ tự vẫn mà chưa từng chứng kiến sự công nhận rộng rãi sau đó về tính giá trị của những ý tưởng của ông.

Ở bài học thứ hai, tôi đã liên hệ làm thế nào cơ học lượng tử dự đoán chuyển động của mỗi thứ nhỏ bé xảy ra do tình cờ. Lí thuyết này cũng đưa xác suất vào cuộc chơi. Nhưng xác suất mà Boltzmann xét, xác suất tại gốc rễ của nhiệt, có một bản chất khác, và độc lập với cơ học lượng tử. Xác suất có mặt trong nhiệt học theo một nghĩa nhất định ràng buộc với sự hiểu biết không trọn vẹn của chúng ta.

Tôi không thể biết cái gì đó chắc chắn, nhưng tôi vẫn có thể gán một mức xác suất lớn hay nhỏ cho một cái gì đó. Chẳng hạn, tôi không biết liệu ngày mai ở Marseilles đây trời có mưa hay không, hay là trời nắng hay sẽ có tuyết rơi, nhưng xác suất để ngày mai có tuyết rơi ở đây – ở Marseilles, tháng tám – là thấp. Tương tự đối với đa số các đối tượng vật chất: chúng ta biết đôi điều chứ không biết hết về trạng thái của chúng, và ta chỉ có thể đưa ra các dự đoán dựa trên xác suất. Hãy nghĩ tới một quả bóng chứa đầy không khí. Tôi có thể đo nó: đo hình dạng của nó, thể tích của nó, áp suất của nó, nhiệt độ của nó... Nhưng các phân tử không khí bên trong quả bóng đang chuyển động nhanh bên trong nó, và tôi không thể biết vị trí chính xác của mỗi phân tử. Điều này ngăn tôi dự đoán chính xác quả bóng sẽ hành xử như thế nào. Chẳng hạn, nếu tôi mở nút dây bịt kín nó và buông nó ra thì nó sẽ xì hơi ầm ỉ, tung chỗ này đập chỗ kia theo một kiểu mà tôi không thể dự đoán được. Không thể, bởi vì tôi chỉ biết hình dạng, thể tích, áp suất và nhiệt độ của nó. Chuyển động nhảy tung chỗ này chỗ kia của quả bóng phụ thuộc vào chi tiết vị trí của các phân tử bên trong nó, cái tôi không biết. Nhưng cho dù tôi không thể dự đoán mọi thứ một cách chính xác, tôi vẫn có thể dự đoán xác suất để chuyện này chuyện kia sẽ xảy ra. Ví dụ, sẽ rất không có khả năng để quả bóng bay ra khỏi cửa sổ, lượn tròn quanh ngọn hải đăng ở xa ngoài kia rồi bay về đập lên tay tôi, tại điểm nó được buông ra.

Một hành trạng nào đó có khả năng cao hơn, còn hành trạng kia thì ít có khả năng hơn.

Theo ngữ nghĩa này, người ta có thể tính xác suất để khi các phân tử va chạm nhiệt truyền từ vật nóng hơn sang vật lạnh hơn, và kết quả hóa ra lớn hơn nhiều so với xác suất để nhiệt truyền sang vật nóng hơn.

Ngành khoa học làm sáng tỏ những điều này được gọi là vật lý thống kê, và một trong những thành tựu của nó, bắt đầu với Boltzmann, là hiểu được bản chất xác suất của nhiệt độ, tức là nói nhiệt động lực học.

Thoạt đầu, quan điểm cho rằng sự thiếu hiểu biết của chúng ta hàm ý cái gì đó về hành trạng của thế giới trông như phi lý: cái thìa lạnh nóng lên trong tách trà và quả bóng bay lòng vòng khi được thả ra bất chấp cái tôi biết hay không biết. Cái ta biết hay không biết phải làm gì với các định luật chi phối thế giới? Câu trả lời trên là chính đáng; câu trả lời cho nó là tinh tế.

Cái thìa và quả bóng hành xử vì chúng phải như thế, tuân theo các định luật vật lý trong sự độc lập hoàn toàn với cái chúng ta biết hay không biết về chúng. Khả năng dự đoán hay bất dự đoán hành trạng của chúng không gắn liền với điều kiện chính xác của chúng; nó gắn liền với tập hợp giới hạn các tính chất của chúng mà chúng ta tương tác. Tập hợp này của các tính chất phụ thuộc vào cách riêng của chúng ta tương tác với cái thìa hay quả bóng. Xác suất không ám chỉ sự diễn tiến của vật chất tự nó. Nó liên hệ với sự diễn tiến của những đại lượng riêng mà chúng ta tương tác. Một lần nữa, xuất hiện bản chất liên hệ thấy rõ của các khái niệm mà chúng ta sử dụng để tổ chức thế giới.

Cái thìa lạnh nóng lên trong trà nóng bởi vì trà và thìa tương tác với chúng ta thông qua một số hạn chế biến số trong vô số biến số đặc trưng cho trạng thái vi mô của chúng. Giá trị của những biến này không đủ để dự đoán hành trạng tương lai một cách chính xác (nhìn tận mắt quả bóng), nhưng đủ để dự đoán với xác suất tối ưu cái thìa sẽ nóng lên.

Tôi hi vọng không đánh mất sự chú ý của quý độc giả với những phân biệt tinh vi này...

Lúc này, trong hành trình của thế kỉ hai mươi, nhiệt động lực học (tức là nhiệt học) và cơ học thống kê (tức là khoa học xác suất của các chuyển động) đã được mở rộng sang các hiện tượng điện từ và các hiện tượng lượng tử. Tuy nhiên, sự mở rộng để bao gộp trường hấp dẫn tỏ ra hết sức khó khăn. Trường hấp dẫn hành xử như thế nào khi nó nóng lên vẫn là một bài toán chưa có lời giải.

Chúng ta biết cái xảy ra với một trường điện từ nóng lên: trong lò vi sóng, chẳng hạn, có bức xạ điện từ nóng làm chín bánh nướng, và chúng ta biết cách mô tả hiện tượng này. Sóng điện từ dao động, năng lượng chia sẻ ngẫu nhiên, và chúng ta có thể tưởng tượng tổng thể như một khí photon chuyển động giống các phân tử trong một quả bóng nóng. Nhưng còn một trường hấp dẫn nóng thì sao?

Trường hấp dẫn, như ta đã thấy ở bài học thứ nhất, là bản thân không gian, nói chung là không-thời gian. Do đó, khi nhiệt khuếch tán vào trường hấp dẫn, thì bản thân thời gian và không gian phải dao động... Nhưng chúng ta vẫn chưa biết làm thế nào mô tả hiện tượng này cho tốt. Chúng ta không có các phương trình mô tả các dao động nhiệt của một không-thời gian nóng. Thế nào là một thời gian đang dao động?

Những vấn đề như thế đưa chúng ta đến tâm điểm của vấn đề thời gian: chính xác thì dòng thời gian là gì?

Vấn đề trên đã có mặt trong vật lí cổ điển, và đã được các nhà triết học nêu bật vào các thế kỉ mười chín và hai mươi – nhưng nó trở nên sắc sảo hơn rất nhiều trong vật lí hiện đại. Vật lí mô tả thế giới bằng phương tiện công thức cho biết các thứ biến đổi như thế nào theo một hàm của ‘thời gian’. Nhưng chúng ta có thể viết các công thức cho chúng ta biết các thứ biến đổi như thế nào trong liên hệ với ‘vị trí’ của chúng, hay mùi vị món risotto biến đổi như thế nào theo một hàm của ‘biến số lượng bơ’. Thời gian có vẻ ‘trôi’, trong khi lượng bơ hay vị trí trong không gian thì không ‘trôi’. Vậy sự khác biệt là do đâu?

Một cách đặt vấn đề khác là tự hỏi: ‘hiện tại’ là gì? Chúng ta nói duy chỉ có những thứ của hiện tại là tồn tại: quá khứ không còn tồn tại và tương lai thì chưa tồn tại. Nhưng trong vật lí học không có cái gì tương ứng với khái niệm ‘hiện tại’. Hãy so sánh ‘hiện tại’ với ‘ở đây’. ‘Ở đây’ dùng để chỉ chỗ mà người nói đang ở: với hai người khác nhau thì ‘ở đây’ ám chỉ hai nơi khác nhau. Như vậy, ‘ở đây’ là một từ có ý nghĩa tùy thuộc vào nơi nó được phát biểu. Thuật ngữ chuyên môn cho loại phát biểu này là ‘chỉ mục’. ‘Hiện tại’ cũng hướng đến thời khắc mà từ được nêu ra, và cũng được liệt vào nhóm ‘chỉ mục’. Nhưng chẳng ai nằm mơ mà nói các thứ ‘ở đây’ tồn tại, còn các thứ không ‘ở đây’ thì không tồn tại. Vậy thì tại sao chúng ta nói các thứ ‘hiện tại’ tồn tại và mọi thứ khác thì không? Phải chăng hiện tại là cái gì đó khách quan trong thế giới, nó ‘trôi’ và làm cho các thứ ‘tồn tại’ nối tiếp nhau, hay nó chỉ mang tính chủ quan, giống như ‘ở đây’?

Câu hỏi này trông như một vấn đề trí tuệ thâm sâu. Nhưng vật lí hiện đại đã biến nó thành một vấn đề nóng bỏng, bởi vì thuyết tương đối hẹp đã chứng minh rằng khái niệm ‘hiện tại’ cũng mang tính chủ quan. Các nhà vật lí và nhà triết học đã đi đến kết luận rằng ý tưởng hiện tại là cái chung cho toàn vũ trụ là một ảo giác, và rằng ‘sự trôi’ phổ quát của thời gian là một sự khái quát hóa không hoạt động. Khi ông bạn người Ý Michele Besso qua đời, Einstein đã viết một lá thư chia buồn gửi đến em gái của Michele: ‘Michele đã từ giã thế giới này trước tôi một chút. Điều này chẳng sao cả. Những người giống như chúng tôi, những kẻ tin tưởng vào vật lí học, đều biết rằng sự phân biệt giữa quá khứ, hiện tại và tương lai chẳng gì hơn là một thứ ảo giác cố hữu, khó chữa.’

Dù có là ảo giác hay không, cái gì giải thích được thực tế với chúng ta là thời gian ‘chảy’, ‘trôi’, ‘đi qua’? Sự trôi qua của thời gian là rõ ràng với tất cả chúng ta: suy nghĩ của chúng ta và lời nói của chúng ta tồn tại trong thời gian; cấu trúc tinh vi của ngôn ngữ của chúng ta đòi hỏi thời gian – một thứ ‘là’ hay ‘đã là’ hay ‘sẽ là’. Người ta có thể tưởng tượng một thế giới không có màu sắc, không có vật chất, thậm chí không có không gian, nhưng khó mà tưởng tượng một thế giới không có thời gian. Triết gia người Đức Martin Heidegger nhấn

mạnh 'sự trú ngụ của chúng ta trong thời gian'. Liệu có khả năng rằng sự trôi chảy của thời gian mà Heidegger xem là cái cốt lõi lại không có mặt trong các mô tả về thế giới?

Một số nhà triết học, nhất là những người theo phe Heidegger, kết luận rằng vật lí học không có khả năng mô tả các phương diện căn bản nhất của thực tại, và xem nó là một dạng sai lầm của kiến thức. Nhưng trong quá khứ nhiều lần ta đã nhận thấy rằng các trực giác trước mắt của chúng ta là không chính xác: nếu ta vẫn giữ những trực giác này thì ta vẫn sẽ tin rằng Trái đất là phẳng và mặt trời quay xung quanh nó. Trực giác của chúng ta phát triển trên cơ sở trải nghiệm hạn chế của chúng ta. Khi ta nhìn xa hơn một chút về phía trước ta phát hiện thấy thế giới không phải như nó xuất hiện trước mắt chúng ta: Trái đất tròn, và ở Cape Town chân người ta ở trên còn đầu người ta ở dưới. Tin vào trực giác trước mắt hơn là khảo sát tập thể một cách lí trí, thận trọng và thông minh, thì không phải khôn ngoan: đó là suy đoán của một già làng không muốn tin vào thế giới to lớn bên ngoài ngôi làng của ông có chút khác biệt nào với ngôi làng mà ông luôn biết tường tận.

Sinh động xuất hiện trước mắt chúng ta, kinh nghiệm của chúng ta về sự trôi qua của thời gian không cần phản ánh một phương diện cơ bản của thực tại. Nhưng nếu nó không phải cơ bản, thì nó xuất xứ từ đâu, cái kinh nghiệm sống động của chúng ta về sự trôi qua của thời gian ấy?

Tôi nghĩ câu trả lời nằm ở mối liên hệ mật thiết giữa thời gian và nhiệt. Sự khác biệt có thể phát hiện được giữa quá khứ và tương lai chỉ có mặt khi có dòng chảy của nhiệt. Nhiệt liên hệ với xác suất; và đến lượt xác suất liên hệ với thực tế là các tương tác của chúng ta với phần còn lại của thế giới không biểu lộ các chi tiết tinh tế của thực tại. Do vậy, dòng chảy của thời gian xuất hiện từ vật lí, chứ không xuất hiện trong khuôn khổ mô tả chính xác các thứ như chúng vốn như thế. Thay vậy, nó xuất hiện trong khuôn khổ thống kê và nhiệt động lực học. Đây có thể là hòm chìa khóa để giải câu đố thời gian. 'Hiện tại' không tồn tại theo nghĩa khách quan hơn chút nào so với 'ở đây' tồn tại khách quan, nhưng các tương tác vi mô bên trong thế giới thúc đẩy sự xuất hiện của những hiện

tượng tạm thời bên trong một hệ (chẳng hạn, bản thân chúng ta) chỉ tương tác qua môi trường của vô số biến.

Trí nhớ và ý thức của chúng ta được xây dựng trên những hiện tượng thống kê này. Đối với một sinh vật siêu giác quan như giả thuyết sẽ không có ‘dòng chảy’ của thời gian: vũ trụ sẽ chỉ là một thớ quá khứ, hiện tại và tương lai. Nhưng do các hạn chế về nhận thức của chúng ta, chúng ta chỉ cảm nhận một hình ảnh mờ mờ về thế giới, và sống trong thời gian. Mượn lời của biên tập viên người Italia của tôi, ‘cái không hiển hiện thì mờ nhạt hơn nhiều so với cái hiển hiện’. Từ góc nhìn hạn chế, mờ mờ này mà chúng ta có được sự cảm nhận sự trôi qua của thời gian. Cảm nhận đó có rõ ràng không? Không, không hề. Vẫn có quá nhiều thứ để hiểu.

Thời gian nằm tại trung tâm của mớ lộn xộn phát sinh bởi sự đan xen của lực hấp dẫn, cơ học lượng tử và nhiệt động lực học. Một mớ lộn xộn trong đó chúng ta vẫn ở trong bóng tối. Nếu có cái gì đó mà có lẽ chúng ta bắt đầu hiểu được về lực hấp dẫn lượng tử, lý thuyết kết hợp hai trong ba mảnh của câu đố trên, thì chúng ta vẫn chưa có một lý thuyết có khả năng kết hợp toàn bộ ba mảnh kiến thức cơ bản của chúng ta về thế giới.

Một manh mối nhỏ hướng đến lời giải đáp có từ một phép tính được hoàn tất bởi Stephen Hawking, nhà vật lý nổi tiếng vì liên tục có những thành tựu vật lý xuất sắc bất chấp tình trạng sức khỏe khiến ông bị dính chặt với chiếc xe đẩy và không nói chuyện được nếu không có máy trợ nói.

Sử dụng cơ học lượng tử, Hawking đã chứng minh thành công rằng các lỗ đen luôn luôn ‘nóng’. Chúng phát ra nhiệt giống như lò sưởi.

Nó là chỉ dấu cụ thể đầu tiên về bản chất của ‘không gian nóng’. Chưa ai từng quan sát thấy nhiệt này bởi vì nó yếu ở những lỗ đen thực tế đã được quan sát từ trước đến nay – nhưng tính toán của Hawking có sức thuyết phục, nó đã được lặp lại theo nhiều cách khác, và thực tế nhiệt của lỗ đen được chấp nhận rộng rãi.

Nhiệt của lỗ đen là một hiệu ứng lượng tử trên một vật, lỗ đen, có bản chất hấp dẫn. Nó là từng lượng tử của không gian, những hạt mầm sơ cấp của không gian, 'các phân tử' dao động làm nóng bề mặt của lỗ đen và phát ra nhiệt lỗ đen. Hiện tượng này bao hàm cả ba mặt của vấn đề trên: cơ học lượng tử, thuyết tương đối tổng quát và nhiệt học. Nhiệt của lỗ đen tựa như Hòn đá Rosetta của vật lý học, được viết ở một dạng kết hợp của ba ngôn ngữ – Lượng tử, Hấp dẫn và Nhiệt động lực học – vẫn đang chờ giải mã để làm sáng tỏ bản chất đích thực của thời gian.



KHÉP LẠI

VỀ CHÚNG TA

Sau chặng hành trình cho đến nay, từ cấu trúc của không gian sâu thẳm cho đến đường ranh của vũ trụ đã biết, trước khi khép lại loạt bài học này, tôi muốn trở lại với chủ đề chúng ta.

Chúng ta có vai trò gì với tư cách loài người biết cảm nhận, biết đưa ra quyết định, biết cười và biết khóc, trong bức bích họa vĩ đại này của thế giới như vật lí học đương đại mô tả? Nếu thế giới là một đám nhung nhúc các lượng tử phù du của không gian và vật chất, một trò chơi ghép hình vĩ đại của không gian và các hạt sơ cấp, thì chúng ta là gì? Có phải chúng ta cũng bao gồm các lượng tử và các hạt hay không? Nếu vậy thì từ đâu mà ta có được cảm nhận sự tồn tại cá nhân và bản ngã vô song mà hết thảy chúng ta đều có thể chứng thực? Và rồi giá trị của chúng ta là gì, các giấc mơ của chúng ta, cảm xúc của chúng ta, kiến thức riêng của chúng ta thì sao? Chúng ta là gì, trong cái thế giới rục rĩ và không biên giới này?

Tôi thậm chí không thể tưởng tượng việc cố gắng trả lời thật sự một câu hỏi như thế trong những trang đơn giản này. Nó là một câu hỏi dai dẳng. Trong bức tranh to lớn của khoa học đương đại, có nhiều thứ chúng ta chưa hiểu, và một trong những thứ mà chúng ta hiểu ít nhất là về bản thân chúng ta. Nhưng việc tránh né câu hỏi này hoặc phớt lờ nó, theo tôi, là không nhận thấy cái cơ bản thiết yếu. Tôi đã trình bày thế giới trông như thế nào dưới ánh sáng khoa học, và chúng ta cũng là một bộ phận của thế giới đó.

‘Chúng ta’, loài người, là chủ thể đầu tiên và trên hết thật sự quan sát thế giới này; những người thợ tập thể của bức ảnh thực tại mà tôi đã cố gắng phác họa. Chúng ta là các nút mạng trong một mạng lưới trao đổi (quyển sách hiện

tại này là một ví dụ) thông qua đó chúng ta truyền đi hình ảnh, công cụ, thông tin và kiến thức.

Nhưng chúng ta cũng là một bộ phận không thể thiếu của thế giới mà chúng ta cảm nhận; chúng ta không phải là những nhà quan sát từ bên ngoài. Chúng ta ở vào tình thế bên trong nó. Cái nhìn của chúng ta về thế giới là nhìn từ bên trong. Chúng ta được làm bằng các nguyên tử và các tín hiệu ánh sáng giống như cái trao đổi giữa các cây thông trên ngọn núi và các ngôi sao trong thiên hà.

Khi kiến thức của chúng ta phát triển, chúng ta biết được rằng giống loài của chúng ta chỉ là một bộ phận của vũ trụ, và là một bộ phận nhỏ mà thôi.

Vấn đề này ngày càng rõ dần qua các thế kỉ, nhưng đặc biệt là trong thế kỉ vừa qua. Chúng ta từng tin rằng chúng ta ở trên một hành tinh nằm tại trung tâm của vũ trụ, và rồi chúng ta không còn tin như thế. Chúng ta từng nghĩ rằng chúng ta là giống loài độc tôn, một loài khác với họ hàng động vật và thực vật, và rồi chúng ta phát hiện rằng chúng ta là hậu duệ của những tổ tiên chung với mọi sinh vật sinh sống xung quanh ta. Chúng ta có tổ tiên chung với con bướm và cây thông. Chúng ta giống như những đứa trẻ trưởng thành nhận thấy thế giới không còn quay xung quanh chúng nữa, như chúng từng nghĩ khi còn nhỏ. Chúng phải học cách trở thành một người trong muôn người. Được soi rọi bởi những người khác, và bởi những thứ khác, chúng ta biết được chúng ta là ai.

Vào thời kì hoàng kim của chủ nghĩa lí tưởng Đức, Schelling có thể đã nghĩ rằng loài người đại diện cho chóp đỉnh của tự nhiên, điểm cao nhất, nơi thực tại trở thành ý thức của tự nó. Ngày nay, từ góc nhìn được cung cấp bởi kiến thức hiện nay của chúng ta về thế giới tự nhiên, quan điểm này khiến người ta buồn cười. Nếu chúng ta là đặc biệt, chúng ta chỉ đặc biệt ở chỗ là mỗi người cảm nhận được bản thân mình ra sao, như mỗi người mẹ biết mình là mẹ của bọn trẻ. Chắc chắn điều đó không đúng với phần còn lại của tự nhiên.

Trong đại dương mênh mông của các thiên hà và các sao, chúng ta sống ở một góc khuất xa xôi; giữa các đường nét vô hạn của các dạng thức cấu tạo nên thực tại, chúng ta chỉ là một nét trong vô vàn nét như thế mà thôi.

Hình ảnh mà chúng ta xây dựng về vũ trụ tồn tại bên trong chúng ta, trong không gian tư duy của chúng ta. Giữa những hình ảnh này – giữa cái chúng ta tái dựng và tìm hiểu với các phương tiện hạn chế của chúng ta – và thực tại mà chúng ta là một bộ phận trong đó, tồn tại vô số bộ lọc: sự thiếu hiểu biết của chúng ta, các hạn chế của các giác quan của chúng ta và của trí thông minh của chúng ta. Tự nhiên xung quanh chúng ta cũng là đối tượng của những điều kiện này, và là các đối tượng đặc biệt, chịu áp đặt trên kinh nghiệm.

Tuy nhiên, những điều kiện này không phải là phổ quát, như Kant từng hình dung – suy luận từ đây (với sai sót thấy rõ) thì bản chất của không gian Euclid và thậm chí của cơ học Newton, do đó, phải là một tiền tố đích thực. Chúng là một hậu tố cho sự tiến hóa trí tuệ của giống loài của chúng ta, và chúng nằm trong sự tiến hóa liên tục. Chúng ta không những học được, mà còn học cách thay đổi dần khuôn khổ nhận thức của chúng ta và làm thích nghi nó với cái chúng ta học được. Và cái chúng ta đang học cách công nhận, dù có chậm và không quyết liệt lắm, là bản chất của thế giới thực tế mà chúng ta là một bộ phận trong đó. Những hình ảnh mà chúng ta xây dựng về vũ trụ có thể nằm bên trong chúng ta, trong không gian nhận thức; nhưng chúng cũng mô tả đúng ít nhiều về thế giới thực tế mà chúng ta thuộc về. Chúng ta đi theo các chỉ dẫn để mô tả tốt hơn thế giới này.

Khi ta nói về Big Bang hay kết cấu của vũ trụ, cái ta đang làm không phải là sự kế tục của những câu chuyện phù phiếm và kì diệu mà con người đã kể nhau nghe hằng đêm quanh các đống lửa trong hàng trăm nghìn năm trời. Nó là sự kế tục của một cái khác: của cái nhìn của nhân loại thời xa xưa vào vết tích để lại của đàn linh dương trong bụi mờ của hoang mạc – rà soát và suy luận từ các chi tiết của thực tại để theo đuổi cái chúng ta không thể nhìn thấy trực tiếp mà chỉ có thể lần theo vết tích của chúng. Trong nhận thức rằng chúng ta luôn luôn có thể sai, và do đó mỗi thời khắc luôn sẵn sàng đổi hướng đi nếu một vết

tích mới xuất hiện; nhưng việc biết chúng ta có đủ tốt hay không chúng ta sẽ sửa cho đúng và sẽ tìm thấy cái chúng ta đang tìm kiếm. Đó là bản chất của khoa học.

Sự nhập nhằng giữa hai hoạt động khác biệt này của con người – phát minh ra các câu chuyện và lần theo các vết tích để tìm kiếm cái gì đó – là nguồn gốc của sự thiếu hiểu biết và thiếu tin cậy khoa học thể hiện bởi một bộ phận đáng kể thuộc nền văn hóa đương đại của chúng ta. Sự phân biệt là khá tinh vi: con linh dương săn được vào lúc bình minh không khác biệt gì mấy với thần linh dương trong câu chuyện kể lúc về đêm.

Đường biên giới ấy có nhiều lỗ thủng. Thần thoại nuôi dưỡng khoa học, và khoa học nuôi dưỡng thần thoại. Nhưng giá trị của kiến thức thì được lưu truyền. Nếu ta tìm thấy con linh dương ấy thì ta có cái để ăn.

Như vậy, kiến thức của chúng ta phản ánh thế giới. Nó làm việc này ít nhiều tốt, nhưng nó phản ánh thế giới mà ta trú ngụ. Sự giao tiếp này giữa chúng ta và thế giới không phải là cái phân biệt chúng ta với phần còn lại của tự nhiên. Mọi vật liên tục tương tác với nhau, và trong khi ấy mỗi vật tạo ra các vết tích của cái mà nó đã tương tác: và hiểu theo nghĩa này thì vạn vật liên tục trao đổi thông tin với nhau.

Thông tin mà một hệ vật lí có về một hệ khác chẳng có gì tâm linh hay chủ quan về nó: nó chỉ là liên hệ mà vật lí xác định giữa trạng thái của một cái gì đó và trạng thái của một cái khác. Một giọt nước mưa chứa thông tin về sự có mặt của một đám mây trên bầu trời; một tia sáng chứa thông tin về màu sắc của chất từ nơi nó đến; một cái đồng hồ có thông tin về thời gian trong ngày; gió mang thông tin về cơn bão đang ập đến; một con virus lạnh lẽo có thông tin về tính dễ tổn thương của chiếc mũi của tôi; ADN trong các tế bào của chúng ta chứa toàn bộ thông tin về mã di truyền của chúng ta (nhờ đó mà tôi giống bố mẹ tôi); và não tôi tràn ngập thông tin tích lũy từ kinh nghiệm của tôi. Chất liệu căn bản của tư duy của chúng ta là sự thu thập cực kì phong phú các thông tin đã tích lũy, trao đổi và liên tục trau dồi.

Thậm chí bộ điều nhiệt trong hệ thống sưởi của nhà tôi cũng ‘cảm nhận’ và ‘biết’ nhiệt độ xung quanh trong nhà tôi, có thông tin về nó và tự tắt khi đủ ấm. Vậy thì đâu là sự khác biệt giữa ‘sự cảm nhận’ và ‘sự biết’ của bộ điều nhiệt và của tôi rằng trời ấm và quyết định có tắt lò sưởi hay không – và ‘biết’ rằng tôi tồn tại? Làm thế nào sự trao đổi thông tin liên tục trong tự nhiên tạo ra chúng ta, và tư duy của chúng ta?

Vấn đề là nhìn cho thoáng, với vô số đáp số hiện đang được thảo luận. Tôi tin đây là một trong những tiền tuyến hấp dẫn nhất của khoa học, nơi sự tiến bộ chính sắp xảy ra. Ngày nay, các công cụ mới cho phép chúng ta quan sát hoạt động của bộ não đang làm việc, và lập bản đồ mạng lưới hết sức tinh vi của nó với độ chính xác ấn tượng. Và mới năm 2014 đây tin tức loan báo người ta đã lập được bản đồ chi tiết hoàn chỉnh (tầng giữa) đầu tiên của cấu trúc não của một động vật có vú. Các ý tưởng đặc biệt về dạng thức toán học của các cấu trúc có thể tương ứng như thế nào với sự trải nghiệm chủ quan của ý thức hiện đang được thảo luận, không chỉ riêng bởi các nhà triết học mà còn bởi các nhà thần kinh học.

Chẳng hạn, một ý tưởng nổi bật là lí thuyết toán học được phát triển bởi Giulio Tononi – một nhà khoa học người Italia làm việc ở Mỹ. Nó được gọi là ‘lí thuyết thông tin tích hợp’, và là một nỗ lực nhằm mô tả đặc trưng định lượng cấu trúc mà một hệ phải có để có ý thức: chẳng hạn, một cách mô tả cái thật sự biến đổi trên mặt vật chất giữa khi chúng ta tỉnh táo (có ý thức) và khi chúng ta ngủ mà không mơ (vô thức). Nó vẫn đang ở giai đoạn phát triển. Chúng ta vẫn chưa bị thuyết phục và đưa ra được lời giải đáp cho vấn đề ý thức của chúng ta được hình thành như thế nào. Nhưng đối với tôi làn sương mờ đang bắt đầu tan dần.

Có một vấn đề đặc biệt về chính chúng ta thường khiến chúng ta bối rối: việc tư duy đưa ra quyết định của chúng ta có ý nghĩa gì nếu như hành trạng của chúng ta thật sự chẳng là gì ngoài việc tuân theo các định luật tất định của tự nhiên? Có hay không một sự mâu thuẫn có lẽ giữa cảm giác tự do của chúng ta và sự khắc nghiệt, như chúng ta hiểu về nó, mà với nó các vật hoạt động trong

thế giới? Phải chăng có lẽ có cái gì đó trong chúng ta thoát khỏi sự quy cũ của tự nhiên, và cho phép chúng ta tránh né và đi lệch khỏi nó thông qua sức mạnh của việc chúng ta tự do suy nghĩ?

À, không, chẳng có gì về chúng ta có thể thoát khỏi các quy tắc của tự nhiên. Nếu cái gì đó trong chúng ta có thể vi phạm các định luật của tự nhiên thì lúc này chúng ta đã phát hiện ra nó rồi. Chẳng có gì trong chúng ta vi phạm hành trạng tự nhiên của vạn vật. Toàn bộ khoa học hiện đại – từ vật lí học đến hóa học, và từ sinh học đến thần kinh học – chẳng làm gì ngoài việc xác nhận quan sát này.

Đáp số cho sự nhập nhằng trên nằm ở nơi khác. Khi chúng ta nói chúng ta tự do, và đúng là chúng ta có thể tự do, điều này nghĩa là cách chúng ta hành xử được xác định bởi cái xảy ra bên trong chúng ta, bên trong bộ não, và không phải bởi các yếu tố bên ngoài. Để tự do không có nghĩa là hành trạng của chúng ta không được xác định bởi các định luật của tự nhiên. Nó có nghĩa là nó được xác định bởi các định luật của tự nhiên diễn ra trong não của chúng ta.

Các quyết định tự do của chúng ta được xác định tự do bởi kết quả của các tương tác phong phú và phù du giữa hàng tỉ neuron trong não của chúng ta: chúng tự do trong chừng mực mà sự tương tác của những neuron này cho phép và xác định. Phải chăng điều này có nghĩa là khi tôi đưa ra một quyết định thì ‘tôi’ là người quyết định? Vâng, tất nhiên, bởi vì sẽ thật vô lí nếu hỏi liệu ‘tôi’ có thể làm gì khác với cái mà toàn bộ phức hợp neuron của tôi đã quyết định: hai thứ, như nhà triết học Hà Lan Baruch Spinoza đã hiểu hết sức rõ ràng hồi thế kỉ mười bảy, là như nhau.

Không có ‘tôi’ và ‘các neuron trong não của tôi’. Chúng là cùng một thứ. Mỗi cá nhân là một quá trình: phức tạp, tích hợp sít sao.

Khi chúng ta nói hành trạng con người là không thể dự đoán trước, chúng ta đúng, bởi vì nó quá phức tạp để mà dự đoán, đặc biệt bởi chính chúng ta. Sự cảm nhận mạnh mẽ của sự tự do nội tại của chúng ta, như Spinoza đã nhìn thấy sâu sắc, xuất phát từ thực tế là các ý tưởng và các hình ảnh mà chúng ta có về

chính chúng ta là thô sơ hơn và sơ sài hơn so với sự phức tạp chi li của cái đang xảy ra bên trong chúng ta. Chúng ta là nguồn gốc của sự kinh ngạc trong mắt của chúng ta.

Chúng ta có hàng trăm tỉ neuron trong não bộ của chúng ta, nhiều như số ngôi sao trong một thiên hà, với số lượng còn nhiều hơn nữa của các liên kết và các kết hợp có khả năng mà qua đó chúng có thể tương tác. Chúng ta không ý thức được toàn bộ chuyện này. ‘Chúng ta’ là quá trình được hình thành bởi toàn bộ sự phức tạp này, chứ không chỉ bởi một ít của nó mà chúng ta ý thức.

‘Tôi’ người quyết định cũng là ‘tôi’ được hình thành (theo một kiểu chắc chắn vẫn chưa rõ ràng lắm, nhưng chúng ta đã bắt đầu thoáng thấy) từ những phản ánh trên tự nó; thông qua các tự thể hiện trong thế giới; từ việc hiểu tự nó là một góc nhìn có giá trị đặt trong ngữ cảnh thế giới; từ đó cấu trúc ẩn tượng trên xử lý thông tin và xây dựng các thể hiện là não bộ của chúng ta. Khi chúng ta có cảm giác rằng ‘đó là tôi’ người quyết định thì chúng ta không thể chính xác hơn được. Còn có ai khác chứ?

Theo quan điểm Spinoza, tôi là cơ thể của tôi và cái xảy ra trong não bộ và trái tim của tôi, cùng với sự phức tạp khôn cùng và nan giải của chúng – đối với tôi.

Bức tranh khoa học của thế giới mà tôi vừa liên hệ ở những trang này chẳng hề xung đột với sự cảm nhận bản ngã của chúng ta. Nó không xung đột với suy nghĩ của chúng ta theo ngôn ngữ tinh thần và tâm lí, hoặc với những xúc cảm và cảm nhận của chúng ta. Thế giới thật phức tạp, và chúng ta thu nhận nó với những ngôn ngữ khác nhau, mỗi ngôn ngữ thích hợp cho quá trình mà chúng ta đang mô tả. Mỗi quá trình phức tạp có thể được xử lý và được hiểu theo những ngôn ngữ khác nhau và ở những mức độ khác nhau. Các ngôn ngữ đa dạng này giao thoa, hòa quyện và tăng cường tương hỗ cho nhau, giống như bản thân các quá trình. Nghiên cứu tâm lí học của chúng ta trở nên phức tạp hơn thông qua việc chúng ta hiểu rõ cơ chế hóa sinh của bộ não. Nghiên cứu vật lí lí

thuyết được ấp ủ bởi những đam mê và xúc cảm tạo sinh khí cho cuộc sống của chúng ta.

Các giá trị đạo đức của chúng ta, cảm xúc của chúng ta, tình yêu của chúng ta không hề kém thực tế vì là một bộ phận của tự nhiên, vì được chia sẻ với thế giới động vật, hoặc vì được xác định bởi sự tiến hóa mà giống loài của chúng ta đã trải qua trong hàng triệu năm trời. Thay vậy, chúng có giá trị hơn vì là kết quả của điều này: chúng là có thật. Chúng là thực tại phức tạp của cái làm nên chúng ta. Thực tại của chúng ta là nước mắt và tiếng cười, sự biết ơn và vị tha, trung thành và phản bội, là quá khứ ám ảnh chúng ta và sự thanh thản. Thực tại của chúng ta được làm bởi xã hội của chúng ta, bởi sự xúc cảm được âm nhạc truyền cảm hứng, của những mạng lưới hòa quyện phong phú của kiến thức chung mà chúng ta đã xây dựng cùng nhau. Toàn bộ là bộ phận của 'tự nhiên' y hệt mà chúng ta đang mô tả. Chúng ta là một bộ phận nội tại của tự nhiên; chúng ta là tự nhiên, ở một trong vô số biểu hiện vô cùng có giá trị của nó. Đây là cái chúng ta học được từ kiến thức ngày càng nhiều thêm của chúng ta về vạn vật trong thế giới này.

Cái làm cho loài người chúng ta đặc biệt không có nghĩa là sự tách biệt của chúng ta với tự nhiên; nó là một bộ phận của tự nhiên y hệt đó. Nó là một dạng mà tự nhiên đã chọn trên hành tinh chúng ta đây, trong trò chơi vô tận của những kết hợp của nó, thông qua sự ảnh hưởng tương hỗ và trao đổi các tương quan và thông tin giữa các bộ phận của nó. Ai mà biết có bao nhiêu cái phức tạp tồn tại và đâu là những cái phức tạp đặc biệt, ở những dạng có lẽ không thể cho chúng ta tưởng tượng, trong không gian vô tận của vũ trụ... Không gian ngoài kia mênh mông đến mức sẽ thật trẻ con nếu nghĩ rằng tại góc rìa của một thiên hà bình thường lại có cái gì đó hết sức đặc biệt. Sự sống trên Trái đất chỉ đem lại một hương vị nhỏ của cái có thể xảy ra trong vũ trụ. Linh hồn bé bỏng của chúng ta chỉ là một cái nhỏ nhỏ như thế.

Chúng ta là giống loài được phát triển tự nhiên bởi sự hiếu kì, giống loài duy nhất còn sót lại của một nhóm (họ Homo) gồm khoảng một tá giống loài hiếu kì không kém. Các giống loài khác trong nhóm đã tuyệt chủng; một số, như

người Neanderthals, biến mất gần đây hơn, chừng ba vạn năm trước. Đó là một nhóm loài tiến hóa ở châu Phi, giống như loài tinh tinh vốn có tôn ti và dễ cáu – và thậm chí còn giống hơn với loài bonobo, loài tinh tinh nhỏ con, ưa hòa bình, bình đẳng và tạp chủng [loài tinh tinh mặt đen, lông đen, sinh sống ở vùng rừng rậm Congo-ND]. Một nhóm loài đã lần lượt đi khỏi châu Phi để thám hiểm những thế giới mới, và đi xa dần: xa đến tận Patagonia – và cuối cùng, xa đến tận mặt trăng.

Không phải chống loại tự nhiên là hiếu kì: mà là hiếu kì trong tự nhiên của chúng ta.

Một trăm nghìn năm trước, giống loài của chúng ta đã rời châu Phi, có lẽ thôi thúc bởi chính sự hiếu kì này, học cách nhìn xa hơn ngoài đồng không. Bay trên bầu trời châu Phi lúc đêm về, tôi tự hỏi liệu một trong những tổ tiên xa xôi này trên đường tiến về những không gian rộng mở ở phương Bắc có thể ngược mắt ngắm bầu trời đêm và tưởng tượng một hậu duệ xa xăm đang bay trên đấy, suy tư về bản chất của vạn vật, và vẫn bị chi phối bởi chính sự hiếu kì ấy hay không.

Tôi tin rằng giống loài của chúng ta sẽ không tồn tại lâu. Không phải được làm bằng loại vật liệu đặc biệt mà cho phép loài rùa, chẳng hạn, tiếp tục tồn tại ít nhiều bất biến trong hàng trăm triệu năm; tức là lâu hơn hàng trăm lần so với giống loài chúng ta tồn tại. Chúng ta thuộc về một chủng loài đoản thọ. Toàn bộ họ hàng giống loài của chúng ta đã diệt vong. Ngoài ra, chúng ta tàn phá tự nhiên. Khí hậu khắc nghiệt và các biến đổi môi trường do chúng ta gây ra không có khả năng dung tha cho chúng ta. Đối với Trái đất, chúng có thể chỉ là một vết nhỏ chẳng liên can gì, nhưng tôi không nghĩ chúng ta sẽ sống lâu hơn mà vô hại – đặc biệt vì quan điểm của công chúng và giới làm chính trị cứ thích phốt lờ các hiểm họa mà chúng ta đang đương đầu, thích vùi đầu vào trong cát. Có lẽ chúng ta là giống loài duy nhất trên Trái đất có ý thức về sự không thể tránh khỏi của cái chết của từng cá nhân chúng ta. Tôi e rằng rồi đây chúng ta sẽ sớm phải trở thành giống loài duy nhất sẽ chứng kiến có chủ ý sự diệt vong dần dần của giống loài, hay ít nhất sự diệt vong của nền văn minh của chúng ta.

Khi chúng ta biết rõ ít nhiều cách đương đầu với cái chết của mỗi cá nhân, chúng ta cũng sẽ biết cách đương đầu với sự sụp đổ của nền văn minh của chúng ta. Nó không khác gì lắm. Và chắc chắn đó không phải lần đầu tiên chuyện này xảy ra. Người Maya và người Cretans, trong số nhiều tộc người khác, đã trải nghiệm điều này. Chúng ta sinh ra và chết đi giống như các ngôi sao ra đời và tàn lụi, vừa cá lẻ vừa tập thể. Đây là thực tại của chúng ta. Sự sống quý giá đối với chúng ta bởi vì nó sớm nở tối tàn. Và như Lucretius đã viết: ‘chúng ta ham sống như là đói ăn, chúng ta thèm sống đến vô độ’. Nhưng chìm trong tự nhiên này, cái tạo nên chúng ta và dẫn lối chúng ta, chúng ta không phải là giống loài vô gia cư bị lơ lửng giữa hai thế giới, những bộ phận không chỉ một phần thuộc về tự nhiên, cùng với sự ham muốn cái gì đó. Không: chúng ta đang ở nhà.

Tự nhiên là nhà của chúng ta, và trong tự nhiên chúng ta đang ở nhà của mình. Thế giới kì lạ, nhiều màu sắc và đáng kinh ngạc này mà chúng ta thám hiểm – nơi không gian có dạng hạt, thời gian không tồn tại và vạn vật chẳng ở nơi đâu – không phải là cái khiến chúng ta xa lạ với bản ngã đích thực của mình, vì đây là cái duy nhất mà sự hiểu kì tự nhiên của chúng ta vén màn cho chúng ta thấy về vị thế của chỗ cư ngụ của chúng ta. Về vật chất mà bản thân chúng ta được làm nên. Chúng ta được làm bằng bụi sao giống như vạn vật được làm nên, và khi chúng ta đắm mình trong đau đớn hoặc khi chúng ta trải nghiệm thú vui tốt cùng, chúng ta chẳng là cái gì khác ngoài cái chúng ta không thể giúp mà là: một bộ phận của thế giới của chúng ta.

Lucretius diễn đạt điều này, cực hay:

*...chúng ta đều sinh ra từ một hạt mầm thiên thể;
toàn thể chúng ta có vị cha chung,
từ trái đất, mẹ nuôi dưỡng ta,
hứng những giọt nước mưa trong,
mọc lên đồng lúa mì xanh mướt và cây cối sum sê,
và nhân loại,
và các loài thú nuôi,*

*cấp thực phẩm nuôi dưỡng mọi cơ thể,
đem đến cuộc sống ngọt ngào
và sinh con đẻ cái...*

Đó là một bộ phận của tự nhiên của chúng ta để mà yêu thương và thành thực. Đó là một bộ phận của tự nhiên của chúng ta cần thời gian dài để hiểu rõ hơn, và để tiếp tục tìm hiểu. Kiến thức của chúng ta về thế giới liên tục phát triển.

Có những tiền tuyến nơi chúng ta đang tìm hiểu và khát vọng kiến thức của chúng ta bùng cháy. Chúng ở trong tầm với nhỏ bé nhất của kết cấu không gian, tại nguồn gốc của vũ trụ, trong bản chất của thời gian, trong hiện tượng lỗ đen, và sự vận hành của các quá trình tư duy của riêng chúng ta. Tại đây, trên rìa cùng của cái chúng ta biết, tiếp xúc với đại dương cái chưa biết, soi sáng bí ẩn và nét đẹp của thế giới. Và thật ngoạn mục.



TÁC GIẢ

Carlo Rovelli là nhà vật lý lý thuyết đã có những đóng góp đáng kể cho lĩnh vực vật lý không gian và thời gian. Ông làm việc ở Italy và ở Mỹ, và hiện đang lãnh đạo nhóm nghiên cứu lực hấp dẫn lượng tử của Trung tâm Vật lý Lý thuyết ở Marseille, Pháp. *Bảy Bài học Vật lý Ngắn* là một quyển sách bán chạy hàng đầu ở Italy và đã được dịch ra hai mươi bốn thứ tiếng.

Tập sách này được chia sẻ miễn phí tại trang web
<http://thuvienvatly.com>



Bản dịch của Trần Nghiêm.

Tập sách được chia sẻ vì lòng đam mê khoa học thuần túy. Các bạn vui lòng không sử dụng vào các mục đích thương mại.