

KHOA HỌC  KHÁM PHÁ

Trịnh Xuân Thuận

DÉSIR D'INFINI

Khát vọng tới cái vô hạn

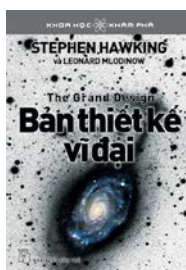
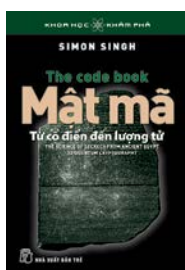
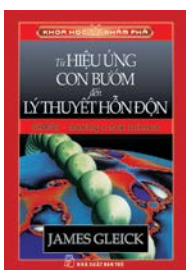
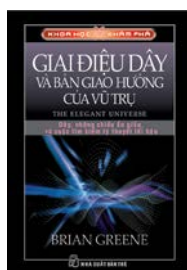
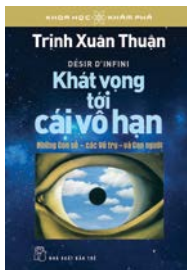
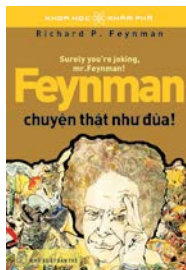
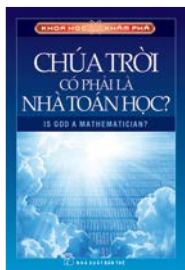
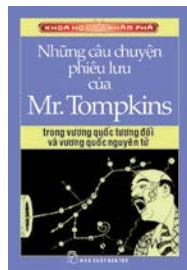
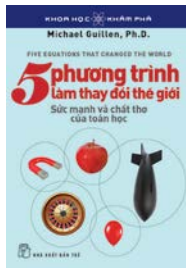
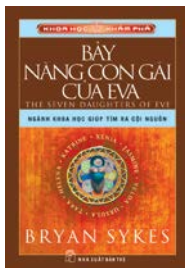
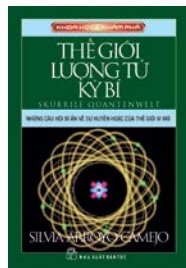
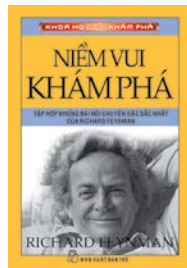
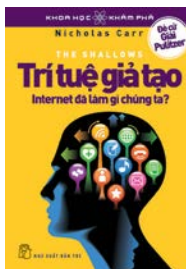
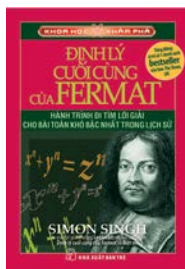
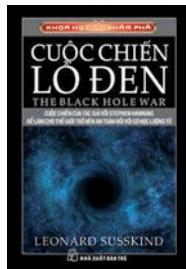
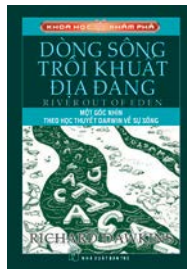
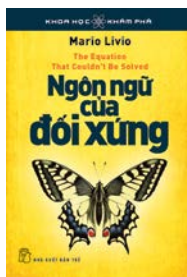
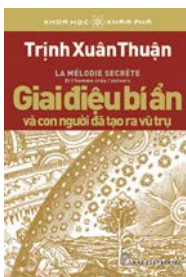
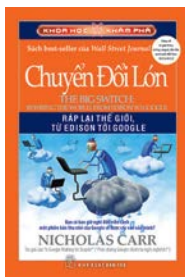
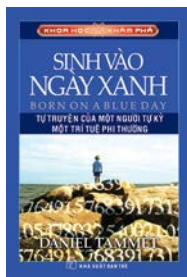
Những Con số – các Vũ trụ – và Con người



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ



NHÀ XUẤT BẢN TRI THỨC



**Khát vọng
tới
cái vô hạn**

KHOA HỌC KHÁM PHÁ

Chủ biên

PHẠM VĂN THIỂU

VŨ CÔNG LẬP

NGUYỄN VĂN LIỄN

DÉSIR D'INFINI de Trinh Xuan Thuan

© Librairie Arthème Fayard, 2013

Bản tiếng Việt © NXB Trẻ, 2014

BIỂU GHI BIÊN MỤC TRƯỚC XUẤT BẢN DO THU VIỆN KHTH TP.HCM THỰC HIỆN
General Sciences Library Cataloging-in-Publication Data

Trịnh Xuân Thuận, 1948-

Khát vọng tới cái vô hạn : sách tham khảo / Trịnh Xuân Thuận ; Phạm Văn Thiều, Phạm Nguyễn Việt Hưng dịch ; Phạm Trọng Liêm Châu biên soạn. - T.P. Hồ Chí Minh : Trẻ, 2014.

364tr. : minh họa ; 20,5cm. - (Khoa học khám phá).

I. Vũ trụ học. I. Phạm Văn Thiều. II. Phạm Nguyễn Việt Hưng. III. Phạm Trọng Liêm Châu.

523.1 -- dc 23

T833-T53

Trịnh Xuân Thuận

DÉSIR D'INFINI

Khát vọng tới cái vô hạn

Những Con số – các Vũ trụ – và Con người



Người dịch:

PHẠM VĂN THIỀU & PHẠM NGUYỄN VIỆT HƯNG

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ
NHÀ XUẤT BẢN TRI THỨC

*Dành tặng vợ tôi
và tất cả những ai
tìm kiếm cái vô hạn*

*Không phải trên bầu trời đầy sao, cũng chẳng phải trong sự
mỹ lệ của các tràng hoa với toàn bộ sự hoàn hảo của nó
sẽ làm hé lộ ra cái vô hạn trong cái hữu hạn - motif của
mọi sự sáng tạo - mà chính là ở trong tâm hồn của con người.*

Rabindrânath Tagore
Sâdhanâ

Lời tựa

Từ lâu tôi đã muốn viết một cuốn sách về cái vô hạn. Không chỉ vì đó là một chủ đề rộng lớn hơn tất cả những gì mà trí tưởng tượng có thể bao quát nổi, mà đó còn là một khái niệm, từ lâu, đã làm mê hoặc con người, bất kể họ là nghệ sĩ, triết gia hay nhà khoa học.

Cái vô hạn chạm tới nơi sâu thẳm nhất trong con người của mỗi chúng ta. Ai trong chúng ta mà chẳng có kí ức về cú sốc siêu hình đầu tiên khi chúng ta học đếm và nhận ra rằng không tồn tại một con số nào lớn hơn tất cả mọi số còn lại, và rằng luôn có một số lớn hơn số bất kỳ xuất hiện trong đầu chúng ta? Trong cuộc sống hằng ngày, thường xuyên có những tình huống khiến ta liên tưởng tới ý tưởng về sự vô hạn: bầu trời xanh thăm thẳm hút tầm mắt, sự bao la rộng lớn của bầu trời đầy sao, các hình ảnh phản chiếu qua các tấm gương, một chuỗi những con búp bê Nga, con nọ chứa con kia, hay như trong một hình “*fractal*” của những chiếc lá cây mà ở đó cùng một *motif* dường như được lặp đi lặp lại, không dừng ở những thang khác nhau...

Chương đầu tiên của cuốn sách này sẽ cho thấy các nghệ sĩ hồi giáo và những người khác, như Maurits Escher, đã cố gắng

thể hiện như thế nào cảm giác đó về sự vô hạn trong nghệ thuật của họ. Nhưng cái vô hạn liệu có thực sự bộc lộ trong thực tại vật lý, hay đó chẳng qua chỉ là một khái niệm ra đời từ trí tưởng tượng của chúng ta? Nói một cách khác, cái vô hạn là hiện thực hay chỉ là tiềm tàng? Chương này sẽ kể lại những cuộc tranh luận của hai phe, qua Thomas d'Aquin, Galilei, Pascal và Descartes rồi đến những triết gia Hi Lạp tới các nhà toán học của thế kỷ 20. Trong chừng mực mà sự vô hạn tạo ra những nghịch lý có vẻ như không thể vượt qua, như những nghịch lý của Zenon, theo đó chuyển động tỏ ra là không thể - một người chạy không bao giờ có thể tới đích, và Achilles không thể đuổi kịp một con rùa -, Aristotle đã kiên định đứng về phe cho rằng cái vô hạn chỉ là tiềm tàng.

Nhưng chính trong lĩnh vực toán học - các chuỗi vô hạn, một đa giác đều nội tiếp trong một vòng tròn có số cạnh có thể tăng vô hạn - sự vô hạn mới thể hiện hết tầm vóc của nó. Vào nửa cuối thế kỷ 19, nhà toán học Georg Cantor đã vứt bỏ vào quên lãng cái vô hạn tiềm tàng và làm cho cái vô hạn hiện thực bắt rễ vững chắc trong toán học; ông đã chứng minh một cách xuất sắc sự tồn tại của một hệ thống thứ bậc vô tận của các vô hạn, với các mức độ vô hạn khác nhau, bất chấp sự phản đối quyết liệt từ một số đồng nghiệp đã tìm đủ mọi cách để cản trở con đường sự nghiệp của ông, và điều đó đã khiến ông mắc chứng trầm cảm và phát điên. Chương thứ hai sẽ cho thấy Cantor đã chinh phục cái vô hạn như thế nào và tiết lộ một số tính chất kì lạ của nó. Chương này cũng mô tả con đường tuột dần tới địa ngục của ông khi dám thách thức điều cấm kỵ về cái vô hạn hiện thực.

Nếu như có một thực thể mà ở đó khái niệm vô hạn là khẩn thiết, thì đó chính là vũ trụ. Câu hỏi về kích thước của vũ trụ luôn được đặt ra trong mọi thời đại. Nó vô hạn hay hữu hạn? Và nếu như nó hữu hạn thì liệu nó có giới hạn không? Và nếu nó có giới hạn thì ở phía bên kia giới hạn đó sẽ là cái gì? Nếu ta ném một hòn đá vượt qua giới hạn ấy thì nó sẽ quay trở lại hay mất hút vào một vùng vô định? Chương thứ ba sẽ mô tả về những diễn biến về sự ngấp ngừng luân chuyển của vũ trụ giữa vô hạn và hữu hạn. Những người sáng lập trường phái nguyên tử luận, như Leucippe và Democritus, nghĩ rằng vũ trụ được tạo ra từ vô số các nguyên tử tiến hóa trong một không gian vô hạn. Ngược lại, Aristotle lại nghĩ rằng vũ trụ là hữu hạn với một tâm rất xác định; tư tưởng “hữu hạn luận” của ông đã thay thế cho tư tưởng “vô hạn luận” của các nhà nguyên tử luận trong suốt 2000 năm sau đó cho tới khi Thomas Digges và Giordano Bruno làm vỡ tan các giới hạn của vũ trụ. Vào thế kỷ 18, Newton đã trao cho vũ trụ vô tận một vị thế khoa học, ông cho nó một không gian phẳng và tĩnh được mô tả bởi hình học Euclid. Vào đầu thế kỷ 20, với thuyết tương đối rộng, Einstein đã giải phóng cho vũ trụ khỏi sự cứng nhắc: nhờ đó, vũ trụ trở nên động và bị uốn cong bởi vật chất, độ cong này được mô tả bởi hình học phi Euclid. Việc kính thiên văn Hubble phát hiện ra sự giãn nở của vũ trụ vào năm 1929 đã cho ra đời thuyết big bang, theo đó vũ trụ đã từng có một sự khởi đầu và sẽ tiến hóa mãi mãi. Tùy theo độ cong của không gian mà vũ trụ có thể là hữu hạn hay vô hạn.

Độ cong này phụ thuộc vào lượng vật chất và lượng năng lượng của vũ trụ. Chương thứ tư sẽ mô tả những nỗ lực kiên

cường của các nhà thiên văn để nhằm dựng nên một bảng kiểm kê các loại vật chất và năng lượng đó. Đây là một nhiệm vụ phức tạp, bởi đa số các thành phần này đều không phát ra bất kỳ một loại ánh sáng nào và vì thế chúng là vô hình. Chúng ta sống trong một vũ trụ-tảng băng trôi mà những công cụ của chúng ta không thể tiếp cận được một cách trực tiếp hầu như toàn bộ các thành phần của nó. Vật chất sáng có trong hàng trăm tỷ thiên hà của vũ trụ quan sát được, mỗi thiên hà chứa hàng trăm tỷ mặt trời, chỉ chiếm 0,5% của toàn bộ vật chất và năng lượng của vũ trụ. Phần còn lại được tạo thành từ vật chất tối và năng lượng tối, mà năng lượng tối chính là nguyên nhân gây ra sự giãn nở có gia tốc của vũ trụ. Sau những nỗ lực phi thường, các nhà nghiên cứu đã xác định được vũ trụ của chúng ta có độ cong bằng không, và thật không may là điều này đã không mang lại đáp án cuối cùng cho câu hỏi về kích thước của vũ trụ. Thực tế, tất cả còn phụ thuộc vào topo của nó, và điều này cho tới nay vẫn còn là một bí ẩn.

Giả sử rằng vũ trụ là vô hạn, chúng ta sẽ phải đối mặt với nghịch lý về sự lặp lại vô hạn được Nietzsche, cùng với nhiều người khác, đưa ra: do có một số vô hạn các vùng giống như vùng chúng ta đang sống và do số lượng hữu hạn của các hạt cơ bản trong từng vùng, các hạt này chỉ có thể được sắp xếp theo một số hữu hạn các tổ hợp. Do vậy, các điều kiện và thành phần của các vùng này tất yếu sẽ có sự trùng lặp. Nói một cách khác, mỗi chúng ta đều có vô số những nhân bản trong khắp vũ trụ. Nghịch lý lặp lại vô hạn sẽ được đề cập ở chương năm, và trong chương này ta cũng sẽ biết Borges đã sử dụng nó cùng

với “định lý chú khỉ bác học đánh máy” để tưởng tượng ra *Thư viện Babel* của ông như thế nào.

Ngay tới gần đây, từ “vũ trụ” còn mang nghĩa là “tập hợp tất cả những gì tồn tại”. Nhưng những tiến bộ đạt được của vật lý trong những thập kỷ gần đây dần dần đã buộc các nhà khoa học nghĩ tới việc thêm vào vũ trụ chúng ta những “vũ trụ song song”. Từ “vô hạn” ở đây sẽ mang một nghĩa mới: nó không chỉ nói tới vũ trụ của chúng ta mà còn tới vô số các vũ trụ khác, tất cả tạo thành một “đa vũ trụ” bao la và kỳ lạ. Chương sáu sẽ mô tả nhiều lý thuyết khoa học đề cập tới khái niệm này. Trước hết, đó là cách giải thích rất đặc biệt của cơ học lượng tử, để tránh phải nhìn thấy chú mèo bị treo lơ lửng giữa sống và chết, cho rằng vũ trụ sẽ bị tách thành hai phiên bản gần như là giống nhau mỗi khi ở thế đòi ngã phải lựa chọn hay hành động. Đó chính là lý thuyết “các vũ trụ phân đôi” - theo cách nói sung sướng của Borges. Tiếp theo, đó là kịch bản của đa vũ trụ lạm phát trong đó sự giãn nở chóng mặt của không gian trong một phần nhỏ của giây, không phải chỉ xảy ra một lần, ở một nơi, trong không gian nguyên thủy mà xảy ra vô số lần ở vô số điểm. Như vậy, vũ trụ của chúng ta chỉ là một “vũ trụ-bong bóng” trong số vô vàn các vũ trụ-bong bóng khác thuộc một siêu-vũ trụ vô cùng rộng lớn. Mặt khác, lý thuyết dây cũng đã xuất hiện và nói rằng các hạt cơ bản không phải là vật điểm mà là kết quả của những dao động của các dây vô cùng bé cỡ 10^{-33}cm . Lý thuyết này đã đưa vào vật lý không chỉ khái niệm về một đa vũ trụ rộng lớn của vô số các “vũ trụ-màng” mà còn cả khái niệm về các vũ trụ song song toàn ảnh nữa.

Chương thứ bảy xem xét tình huống đáng kinh ngạc và kỳ lạ của vũ trụ học hiện đại khi đối mặt với khái niệm “đa vũ trụ”. Thực vậy, nó đã phải chấp nhận một thiếu sót trầm trọng nhất mà ta có thể hình dung được trong khoa học, đó là không thể kiểm chứng một cách trực tiếp bằng thực nghiệm và quan sát. Mà một khái niệm không thể kiểm tra hay bác bỏ liệu có thể được xem là khoa học hay không?

Chương này cũng sẽ tìm hiểu những câu hỏi về luân lý, đạo đức và thần học không tránh khỏi được đặt ra trong một vũ trụ vô hạn. Liệu có còn động lực nào trong việc theo đuổi cái thiện trong một vũ trụ vô hạn không? Một vũ trụ như thế liệu có làm xói lở các nền tảng của đạo đức học? Thiện và ác còn có ý nghĩa gì trong một vũ trụ mà ở đó tất cả những gì có thể xảy ra sẽ xảy ra? Và giả như chúng ta có thể sống vô hạn theo thời gian thì thế giới của những người bất tử liệu sẽ ra sao? Xã hội học của sự bất tử là gì? Một cuộc sống bất tử liệu có phải là liều thuốc chữa bách bệnh? Liệu nó có đi ngược lại với một số truyền thống tâm linh nào đó không?

Tác phẩm này là dành cho những “chính nhân”, không nhất thiết phải có một hành trang kỹ thuật. Chỉ cần bạn đọc có bằng tú tài, quan tâm tới triết học, khoa học và toán học là hoàn toàn có thể đọc được. Khi viết những trang sách này, tôi đã tự ép mình, trong một chừng mực có thể, tránh viết ra những công thức cũng như các thuật ngữ khoa học chuyên sâu, nhưng vẫn giữ được tính chặt chẽ và chính xác. Tôi đặc biệt chú ý để giữ cho hình thức trong sáng và dễ đọc nhất có thể. Tôi cũng thêm vào những hình ảnh và một tập ảnh minh họa màu, không chỉ

để làm sáng tỏ thêm những điều tôi trình bày mà còn làm cho bạn đọc mãn nhãn hơn.

Tôi xin chân thành cảm ơn Claude Durand, người đã rất chịu khó đọc cẩn thận bản thảo của cuốn sách này và luôn đưa ra những bình luận xác đáng.

TRỊNH XUÂN THUẬN

Charlottesville, tháng Giêng 2013



Sự kì lạ không chịu nổi của vô hạn

Sự ám ảnh của cái vô hạn

Vô hạn đã ám ảnh trí tưởng tượng của con người ngay từ khi họ ngược mắt nhìn lên bầu trời và lặng ngắm đêm đen. Trước cảnh tượng đáng kinh ngạc của vòm trời với hàng nghìn điểm sáng lung linh, chúng ta luôn cảm thấy sự nhỏ bé và hữu hạn của mình, và có cảm giác như vũ trụ không thể có giới hạn, mà phải trải ra vô tận⁽¹⁾. “Sự im lặng vĩnh hằng của những không gian vô tận đó làm tôi sợ hãi⁽²⁾!” Pascal (1623-1662) đã phải thốt lên như thế. Cái mà triết gia này gọi là “sự lảm lạc” và “sợ hãi”

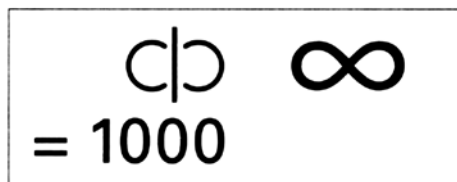
-
1. Tại một nơi không có ánh sáng nhân tạo, mắt thường có thể nhìn thấy khoảng 3000 ngôi sao. Nếu tính việc ngắm nhìn bầu trời từ cả ở phía đối diện của Trái Đất (đối xứng với nhau qua tâm) thì có thể nhìn thấy cả thấy khoảng 6000 ngôi sao có thể thấy được bằng mắt thường.
 2. Blaise Pascal, *Pensées*, Nhà xuất bản Gallimard.

của con người xuất phát từ chính sự hữu hạn và vị trí của con người giữa hai cái vô cùng, vô cùng lớn và vô cùng bé: “Con người là gì trong tự nhiên? Một hư vô đối với cái vô hạn, một tất cả đối với hư vô, một trung gian giữa không có gì và tất cả, vô cùng xa vời để hiểu rõ được hai cực hạn đó”.

Ý tưởng về vô hạn không đáp ứng cho một sự cần thiết nào của tiến hóa luận cả. Cuộc đấu tranh sinh tồn không đòi hỏi phải quan tâm tới một thực thể vô hạn nào, mà cần tới một quyết định nhanh chóng và hành động tức thời. Thế nhưng khái niệm vô hạn đã xuất hiện ngay từ khi con người biết cách sắp xếp kinh nghiệm về thực tại thành một tập hợp gắn kết chặt chẽ, ngay khi họ nhận ra rằng một số hệ thống có thể được mở rộng bằng tư duy vượt ra ngoài mọi giới hạn.

Sự vô hạn hiện diện với nhiều bộ mặt. Với những ai không phải là nhà toán học, thì đó là một “con số” lớn hơn rất nhiều những con số khác. Khi ta đếm 1, 2, 3..., chúng ta nghĩ một cách bản năng rằng sẽ không có giới hạn, sẽ không có một con số cuối cùng, bởi luôn tồn tại một con số lớn hơn đi theo sau. Đối với một số bộ lạc “nguyên thủy”, vô hạn bắt đầu từ số 3, bởi họ đều không thể hình dung được tất cả những gì lớn hơn 3. Với một nhà nhiếp ảnh, vô hạn bắt đầu từ 10m trước ống kính máy ảnh. Đối với một đứa trẻ, ta có thể hình dung rằng vô hạn sẽ là một số rất lớn, như số 1 theo sau bởi 100 chữ số không (tức 10^{100}), chẳng hạn. Cũng chính vì mong muốn khơi gợi trí tò mò của trẻ con đối với toán học mà một ngày nọ nhân chuyển thăm trường cấp một của đứa cháu trai, nhà toán học Mỹ Edward Kasner (1878-1955) đã viết lên bảng chính con số này: ông viết

100 số 0 sau chữ số 1! Và ông đã yêu cầu đứa cháu mới 9 tuổi gọi tên con số khổng lồ này. Đứa cháu đã không ngần ngại gọi luôn đó là 1 “googol”! Khi các thành viên sáng lập của công ty Google, công ty đã tạo ra công cụ tìm kiếm nổi tiếng nhất hiện nay cho phép chúng ta truy cập tới đủ mọi loại thông tin trên Web, muốn chọn tên cho doanh nghiệp của mình, họ đã nghĩ tới “googol” để gợi tới lượng thông tin gần như vô tận trên mạng. Nhưng họ lại đọc sai “googol” thành “google” - và thế là từ này đã trở thành tên của công ty. Còn với Kasner, ông không chỉ dừng lại ở đó. Ông còn nghĩ ra “googolplex” một số còn lớn hơn rất nhiều so với một googol, nó bằng 10^{googol} tức là. Để tưởng tượng ra được độ lớn và độ dài khi viết ra của số này, giả sử bạn viết sau chữ số 1 các chữ số 0 cách nhau nửa centimet, thì độ dài của số googolplex sẽ lớn hơn nhiều bán kính của vũ trụ quan sát được hiện nay (bán kính này có độ dài là 47 tỷ năm ánh sáng)! Sự vô hạn đối với nhà thiên văn học chính là toàn bộ vũ trụ. Còn về ký hiệu vô cùng, giống như số 8 nằm ngang, nó đã được nghĩ ra vào năm 1655 bởi nhà toán học người Anh John Wallis (1616-1703), lấy gợi ý từ số La Mã “rất lớn” là 1000 (xem hình).



$$\infty = 1000$$

Ký hiệu vô cùng đã được John Wallis đưa ra trong tác phẩm *De Sectionibus Conicis* (1655) lấy ý tưởng từ số La Mã 1000 đôi khi được dùng thay cho chữ M.

Với người nghệ sĩ, vô hạn là chỉ một trí tưởng tượng vô biên dùng để thể hiện thực tại: “Tôi vẽ cái vô hạn”, Vincent van Gogh (1853-1890) từng nói. Điều này đã thúc đẩy Antonin Artaud viết⁽³⁾: “Và Van Gogh đúng là đã có lý. Ta có thể sống vì vô hạn, chỉ thỏa mãn với vô hạn, trên Trái Đất và trong các lĩnh vực đều có đủ vô hạn để làm thỏa thuê hàng nghìn thiên tài vĩ đại, và nếu như Van Gogh đã không thể tự thỏa mãn ham muốn của mình tới mức phải từ bỏ cuộc sống của bản thân, thì có nghĩa là chính xã hội đã ngăn cản ông.” Tình yêu của một người phụ nữ cũng có thể đem lại cảm giác vô hạn, như Van Gogh đã viết trong bức thư gửi cho Théo, em trai của ông: “Mọi người phụ nữ ở mọi lứa tuổi, nếu được yêu và là người tốt, đều đem lại cho người đàn ông không phải sự vô hạn của chốc lát mà là chốc lát của sự vô hạn”

Gương và sự vô hạn

Ngoài sự vô hạn của không gian, có những vật thể khác trong cuộc sống thường nhật có thể đưa chúng ta tới gần ý tưởng về vô hạn. Như gương chẳng hạn. Từ xa xưa, gương đã mê hoặc trí tưởng tượng của con người. Ngay cả các loài vật cũng bị hấp dẫn bởi ảnh của chúng trong gương. Các nhà linh trường học đã nghiên cứu phản ứng của linh trường (như tinh tinh chẳng hạn) trước gương để xem chúng có ý thức về bản thân hay không.

Từ buổi bình minh của loài người, gương đã giữ vai trò rất

3. Trong *Van Gogh, le suicide de la société*, NXB Gallimard.

quan trọng trong đời sống. Người Ai Cập đặt chúng trong lăng tẩm vua chúa với hi vọng gìn giữ vẻ đẹp vĩnh hằng cho người đã mất. Ngày nay, gương thường xuyên được sử dụng trong các căn hộ, nhà hàng và các cửa hàng khác để tạo ra cảm giác về một không gian vô hạn.



Một trong những cảnh đáng nhớ nhất trong bộ phim kinh dị *Quý bà Thượng Hải* (1947) của Orson Welles, là cặp đôi Welles - Rita Hayworth có vẻ như được nhân lên vô hạn trong một mê cung gương bên trong một lâu đài đầy ảo ảnh ác mộng.

Cảm giác vô hạn không phải được sinh ra bởi một tấm gương duy nhất mà bởi nhiều tấm gương tạo ra vô số ảnh phản chiếu. Các nhà làm phim thường xuyên lợi dụng một cách có ý thức hiệu ứng huyền ảo và gây mất phương hướng do các phản chiếu dây chuyền này gây ra. Vào đoạn cuối bộ phim *Quý bà Thượng*

Hải (xem hình) của Orson Welles, một cảnh diễn ra trong một hội chợ giải trí nơi có đặt một mê cung gương. Một trận đấu súng diễn ra và ta thấy nhiều lần hình ảnh của các nhân vật bị vỡ vụn theo các mảnh gương. Một số gương trong mê cung còn có bề mặt không phẳng, mà lồi hoặc lõm. Chúng gây ra những hình ảnh biến dạng được nhân lên nhiều lần của các nhân vật chính, làm tăng thêm cảm giác mất phương hướng và tạo ra một bầu không khí nặng nề, gây bởi nỗi sợ hãi và lo lắng. Cảnh tương tự cũng đã xuất hiện để tỏ lòng kính trọng tới Orson Welles trong đoạn cuối bộ phim *Vụ giết người bí ẩn ở Manhattan* của Woody Allen.

Gương cũng được dùng để trang trí trong các cung điện rộng lớn ở châu Âu. Cảm giác về vô hạn do chúng tạo ra và khả năng mê hoặc của chúng đã khuyến khích tính phù hoa của các bậc vua chúa. Căn phòng gương nổi tiếng nhất thế giới chắc chắn là Nhà Gương (Ảnh màu 1), được xây dựng vào thế kỷ 17 bởi kiến trúc sư Jules Mansart ở lâu đài Versailles, sở dĩ được đặt tên như thế là bởi vì ở đó có tới 357 tấm gương trang trí trên 17 vòm cuốn. Hình ảnh của người tham quan sẽ được nhân bản lên vô số ở xung quanh cùng với bốn hoa và khu vườn. Chắc chắn Nhà Gương đã tạo cảm hứng cho các mê cung gương tại các hội chợ giải trí.

Nhờ vào những tấm gương, chúng ta có thể tạo ra một chút vô hạn trong ngôi nhà của mình. Chỉ cần hai chiếc gương được đặt theo một góc nào đó rồi đặt một vật vào giữa: sẽ có hai ảnh phản chiếu. Mỗi hình ảnh phản chiếu này lại có hai hình ảnh phản chiếu khác và cứ tiếp tục như thế... Và như vậy các ảnh

phản chiếu sẽ được nhân lên vô hạn. Nhưng cũng có khi xảy ra hiện tượng hai ảnh thứ cấp trùng với nhau, khi đó quá trình này sẽ bị dừng lập tức. Số ảnh phản chiếu sẽ phụ thuộc vào góc của hai gương. Chẳng hạn như nếu góc này là 60 độ sẽ chỉ có 5 ảnh phản chiếu. Cùng với vật gốc, các ảnh này tạo thành 3 cặp phân biệt là 3 đỉnh của 1 tam giác đều, dạng hình học có một độ đối xứng rất cao: nếu ta phản chiếu hình tam giác đều qua đường cao hay quay nó một góc 120, 240 hay 360 độ, ta sẽ nhận được cùng 1 tam giác.

Thực chất việc tạo ra một motif có đối xứng cao từ hình ảnh tạo bởi một vật đặt giữa 2 chiếc gương lập với nhau 1 góc nào đó chính là nguyên lý của món đồ chơi hấp dẫn trong tuổi thơ chúng ta: kính vạn hoa. Khi ghé sát mắt vào một đầu của ống tròn, ta có thể chiêm ngưỡng những ảnh phản chiếu của nhiều mẫu kính màu giữa 2 tấm gương, tạo nên những hình ảnh đối xứng cao (Ảnh màu 2). Trong kính vạn hoa, góc giữa hai chiếc gương thường là 60 độ. Nhưng nếu có thể thay đổi góc này, bạn sẽ thấy độ đối xứng bị giảm xuống và số lượng hình ảnh tăng lên. Và nếu góc này tiến về 0, số lượng ảnh sẽ tăng lên vô hạn. Nhưng sự vô hạn này không phải là hiện thực mà chỉ là tiềm tàng: bởi vì với một góc 0 độ, hai chiếc gương sẽ áp sát vào nhau và khi đó ta không thể đặt được vật thể nào vào giữa chúng và cũng chẳng thể nhìn thấy ảnh phản chiếu nào. Đó là cách mà tự nhiên ngăn cấm chúng ta đạt được cái vô hạn hiện thực!

Nhưng điều gì sẽ xảy ra khi hai chiếc gương không tạo với nhau một góc mà đặt song song với nhau? Đó là trường hợp của Nhà Gương ở lâu đài Versailles và trong một khuôn khổ khiêm

tổn hơn, ở cửa hàng cắt tóc: bạn sẽ thấy rất nhiều ảnh phản chiếu mặt và gáy của bạn xen kẽ nhau ở trong gương đặt trước mặt và gương đặt ở bức tường phía sau lưng bạn. Nhưng ngay cả trong trường hợp này, tự nhiên cũng ngăn cấm chúng ta có được cái vô hạn hiện thực: chỉ cần một sai lệch nhỏ so với sự song song tuyệt đối sẽ biến những chiếc gương này thành một kính vạn hoa khổng lồ với số lượng ảnh phản chiếu hữu hạn. Ngoài ra, còn tồn tại hai nhân tố khác hạn chế số lượng ảnh phản chiếu khả dĩ: thứ nhất, độ phản xạ của gương không phải là hoàn hảo, điều này sẽ làm cho các ảnh phản chiếu bị nhòe; thứ hai, các tia sáng không truyền trong chân không tuyệt đối mà là trong khí quyển Trái Đất, điều này làm cho quỹ đạo của chúng bị chệch đi. Cuối cùng là ánh sáng không lan truyền tức thời, mà di chuyển với vận tốc hữu hạn 300.000km/s. Như vậy, ngay cả trong điều kiện hoàn hảo, một số vô hạn ảnh sẽ cần tới một thời gian vô hạn, điều mà bạn không thể có!

Vô hạn trong nghệ thuật

Nhưng không chỉ không gian và gương mới cho ta cảm giác về vô hạn. Nghệ thuật cũng có thể đưa chúng ta tiếp cận với nó, đặc biệt là nhờ vào mẹo lặp lại vô hạn cùng một motif. Sự trống rỗng của không gian thực sự là một thách thức đối với trí tưởng tượng của người nghệ sĩ khi phải lấp đầy nó bằng các motif và hình vẽ có vẻ như không bao giờ được dừng lại. Chẳng hạn, theo dòng lịch sử từ thời Cổ đại cho tới tận bây giờ, và trong tất cả các nền văn hóa, để khóa lấp “nỗi sợ hãi chân không”, con người đã liên tục kiếm tìm cách trang trí xung quanh mình với các

motif lặp đi lặp lại theo một hoặc hai chiều không gian như trong cách trang trí tường phòng hay cách lát gạch trên một nền nhà.

Nghệ thuật trang trí cho phép khơi gợi sự vô hạn này đã được người A rập đưa tới đỉnh cao nhất. Nghệ thuật hồi giáo thực sự là nổi tiếng với tính đều đặn kỷ hà, sự lặp lại một cách tuần hoàn, tính nhịp điệu theo không gian độc nhất vô nhị. Cùng một motif, chẳng hạn như các bông hoa, đường lượn trang trí hay những hình kỷ hà của các đa giác lồng nhau, được lặp lại vô số lần (Ảnh màu 3). Do tín ngưỡng nghiêm cấm họ diễn tả Thượng đế bằng hình ảnh, các nghệ sĩ A rập đã dùng toàn bộ nghị lực của mình để tạo ra các motif kỷ hà với một vẻ đẹp vô song để khơi gợi tới Thượng đế. Màu sắc lại càng làm tôn thêm vẻ tráng lệ: vàng ca ngợi đức Allah, trong khi màu xanh lơ gắn với sự vô hạn của bầu trời. Có hai loại vô hạn xuất hiện ở đây: vô cùng lớn, được diễn tả bằng sự lặp đi lặp lại đều đặn của cùng một motif, gợi tới một sự liên tục đến vô hạn vượt ra ngoài những giới hạn vật lý; và vô cùng bé được biểu hiện bởi niềm đam mê gần như là ám ảnh với việc lấp đầy không gian dù là nhỏ nhất bằng một họa tiết trang trí. Trong khi người Hi Lạp tìm kiếm mọi cách để tránh sự vô hạn (nỗi sợ hãi sự vô hạn - *horror infiniti*), thì ngược lại, người A rập lại hứng khởi tốt cùng với nó (tình yêu sự vô hạn - *amor infiniti*) và từ đó tôn lên nghệ thuật của họ.

Trong trường hợp gương và kính vạn hoa, chúng ta đã thấy rằng sự đối xứng của các hình ảnh đã tạo ra một ấn tượng tuyệt vời về sự hài hòa và cái đẹp. Chúng ta cũng đã thấy được rằng các ảnh phản chiếu lặp đi lặp lại của một vật nằm giữa hai

gương tạo với nhau một góc nào đó có thể sinh ra các motif có độ đối xứng tuyệt vời, trong khi bản thân vật đó có thể hoàn toàn không đối xứng chút nào. Cũng chính các nguyên lý đối xứng này tạo ra vẻ đẹp của các bức tranh tường trang trí của nghệ thuật hồi giáo, mặc dù các nghệ sĩ tạo ra chúng chắc chắn là đã không quá sa đà vào toán học. Nhưng họ đã biết sử dụng những nguyên lý đối xứng đó theo bản năng và thông qua thực nghiệm để tôn lên nghệ thuật của mình⁽⁴⁾.

Họa sĩ nhà toán học bất đắc dĩ

Gần với thời đại chúng ta, có một nghệ sĩ không ngừng bị cái vô hạn quyến rũ và đã biểu thị nó bằng rất nhiều cách trong các tác phẩm của mình. Đó là Maurits Escher (1898-1972), một họa sĩ người Hà Lan. Các tác phẩm của ông thường không được trưng bày trong các viện bảo tàng lớn trên thế giới, và tên tuổi của ông cũng chẳng thường được nhắc tới trong các bộ bách khoa toàn thư hay các sách giáo khoa khác về lịch sử nghệ thuật. Thực ra, ngay khi còn sống ông đã bị cộng đồng nghệ thuật gần như không đoái hoài tới. Ngược lại, bạn lại thường xuyên có cơ hội được chiêm ngưỡng các bản sao tác phẩm của

4. Các nhà toán học đã xác định được rằng đối với chỉ một chiều không gian (như là một đường thẳng, chẳng hạn) có tồn tại cả thảy là bảy loại đối xứng. Trong số bảy loại này bao gồm các phép biến đổi cơ bản như phản xạ gương, quay và tịnh tiến. Trong không gian hai chiều (như mặt phẳng, chẳng hạn) số lượng loại đối xứng sẽ tăng lên nhưng vẫn là hữu hạn: 17 loại. Thật kinh ngạc khi thấy rằng người xưa đã phát hiện bằng thực nghiệm tất cả các loại đối xứng này. Trong nghệ thuật trang trí Ai cập, ta có thể tìm thấy những ví dụ của mỗi loại trong 17 loại đối xứng này.

ông trong sách giáo khoa... toán học hay vật lý! Không được đánh giá đúng trong cả cuộc đời của mình, tài năng của ông chỉ được biết tới sau khi ông mất⁽⁵⁾.

Escher đã bắt đầu sự nghiệp như một họa sĩ vẽ phong cảnh. Nhưng tác phẩm của ông đã có một bước ngoặt hoàn toàn mới và khác biệt sau chuyến thăm pháo đài Alhambra ở Grenada (Tây Ban Nha) vào mùa hè năm 1936. Bị mê hoặc bởi các motif kỳ hà trang trí lâu đài tuyệt vời do người Moor xây dựng ở Tây Ban Nha vào thế kỷ 14, Escher đã từ bỏ ngay phong cảnh để chuyển sang hình học (Ảnh màu 4). Rất lâu sau đó, ông kể lại chuyến thăm định mệnh tại Alhambra: “Đó là nguồn cảm hứng phong phú nhất mà tôi đã từng có được, và nó vẫn còn tiếp tục nuôi dưỡng các tác phẩm của tôi”. Sau cú sốc mỹ học này, công việc của ông ngày càng giống với hình học và nhiều khái niệm toán học - đặc biệt là khái niệm vô hạn, khái niệm đối xứng và mối quan hệ của một vật ba chiều được thể hiện trên mặt phẳng hai chiều - đã chiếm trọn vẹn tâm trí của người nghệ sĩ này. Nhưng cũng giống như các nghệ sĩ A rập, những hiểu biết về các nguyên lý toán học của ông chủ yếu đến từ trực giác, học vấn của ông về lĩnh vực này không vượt quá bậc trung học. Như chính ông tự thú nhận, ông không biết là mình đã sử dụng các nguyên lý toán học trong những tác phẩm của mình cũng tựa như Ngài Jourdain không biết rằng mình khi nói tức là đang thực hành nghệ thuật văn xuôi:

5. Tham khảo thêm những tranh luận độc đáo về tác phẩm của Escher trong cuốn sách của Douglas Hofstadter *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid*.

Tôi chưa bao giờ được điểm khá về môn toán. Điều buồn cười là tôi đã sử dụng các định lý toán học mà không biết. Trong khi tôi chỉ là một học sinh tầm tầm ở trên ghế nhà trường, thế mà bạn thử tưởng tượng xem, các nhà toán học lại sử dụng các bản in litô (in khắc đá) của tôi làm minh họa trong những cuốn sách của họ! Hơn nữa, giờ tôi còn kết giao với những người uyên bác đó, những người coi tôi như là người anh em chịu thua thiệt! Tôi chắc là họ cũng không biết là tôi chẳng biết gì về những thứ đó... Khi xem xét kỹ lưỡng những bí ẩn ở xung quanh chúng ta, rồi cân nhắc và phân tích những quan sát mà tôi đã chiêm nghiệm, tôi đã tình cờ lạc vào lãnh địa của toán học. Trong khi hoàn toàn không được đào tạo gì về những ngành khoa học chính xác, tôi lại thường có sự tương hợp với các nhà toán học hơn là các đồng nghiệp nghệ sĩ.

Escher khơi gợi cái vô hạn bằng ba cách. Đầu tiên, đó là các chu trình không có điểm dừng: bằng cách chơi với các định luật vật lý và phép phối cảnh, ông đã tạo ra những tình huống làm ta tưởng như có sự chuyển động vĩnh cửu, mặc dù đã bị cấm bởi vật lý: “Tôi không thể không chiêm chốc những điều chúng ta xác tín rằng chúng là không thể lay chuyển nhất. Tôi rất thích thú khi làm cho những khái niệm hai và ba chiều, mặt phẳng và không gian trở nên mơ hồ, và đùa giỡn với lực hấp dẫn.” (Ảnh màu 4)

Tiếp theo, bằng cách chia mặt phẳng thành các motif lặp đi lặp lại không để một khoảng trống nào, một bài học ông học được từ nghệ thuật A rập sau chuyến thăm Alhambra. Nhưng ngược với các motif A rập đã tạo cho ông biết bao cảm hứng, các motif của Escher rất hiếm khi là những thứ trừu tượng; thay

vì những đường cong uốn lượn hay những hình kỷ hà đan xen nhau, ông luôn sử dụng những motif liên quan tới cuộc sống thường nhật. Con người, cá, chim, ngựa hay thậm chí những vật vô tri đều được ông sử dụng (Ảnh màu 5). Ông nói về sự chán ghét các hình ảnh trừu tượng như sau: “Người Moor đã trở thành bậc thầy trong việc lấp đầy bề mặt bằng các hình thích hợp... Nhưng đáng tiếc thay đạo hồi lại cấm đoán việc biểu hiện bằng các hình ảnh! Vì thế mà họ phải giới hạn trong các hình kỷ hà trừu tượng... Tôi thấy rằng những cấm đoán đó là không thể chấp nhận...”

Cuối cùng và nhất là trong giai đoạn cuối đời, tức là từ năm 1955, Escher đã cố gắng thể hiện cái vô hạn bằng cách vứt bỏ cái nguyên tắc chí thánh thống trị trong tác phẩm của các nghệ sĩ A rập, theo đó một hình lặp đi lặp lại phải được giữ nguyên không chỉ hình dạng mà còn cả kích thước nữa. Bằng cách giữ nguyên hình dạng, nhưng giảm dần kích thước của các motif từ trung tâm ra biên (hoặc ngược lại), Escher đã gọi ra cái vô hạn (Ảnh màu 6). Những bức tranh sử dụng kỹ thuật in litô này được ông gọi là “các bức litô giới hạn”, có lẽ để gợi tới các chuỗi số toán học vô hạn có tổng tiến tới một giới hạn hữu hạn (trường hợp các chuỗi hội tụ) hay vô hạn (trường hợp các chuỗi phân kỳ).

Các cấu trúc fractal và cái vô hạn

Chúng ta đã thấy rằng với *nỗi sợ hãi cái vô hạn* của người Hi Lạp, người A rập đã thay bằng *nỗi sợ hãi khoảng không*. Đối

với họ, mọi không gian trống giống như một sự khiêu khích cần phải được lấp đầy bằng mọi giá. Nghệ thuật hồi giáo đã làm điều đó bằng cách sử dụng các nguyên lý đối xứng để lặp đi lặp lại cùng một motif tới vô hạn. Nhưng có một cách tinh tế hơn để lấp đầy khoảng trống. Như Escher đã nhận thấy, các *motif* không cần phải giữ nguyên kích thước khi lặp lại. Chúng có thể được giữ nguyên hình dạng, nhưng cũng có thể bé dần mỗi khi lặp lại. Khi đã có được một cơ sở toán học, những cấu trúc này được gọi là “fractal” (từ tiếng La tinh *fractus* có nghĩa là “không đều đặn, bị gãy”) bởi người nghĩ ra nó, nhà toán học Pháp-Mỹ Benoit Mandelbrot (1924-2010)⁽⁶⁾. Một vật fractal luôn có cùng hình dạng bất kể khi ta nhìn gần hay xa. Khi lại gần các chi tiết nhỏ nhất sẽ rõ nét hơn, nhưng vật vẫn có những sự không đều đặn giống như khi nhìn toàn thể từ xa. Nó có cùng hình dạng khi phóng to lên bao nhiêu lần chẳng nữa. Một motif lặp lại phía trong của cùng một motif lớn hơn, motif lớn lại ở trong một motif đồng dạng lớn hơn nữa, giống như những con búp bê Nga con nọ lồng trong con kia tới vô hạn. Sự không đều đặn cũng được lặp lại ở mọi thang. Sự lặp lại không giới hạn này của cùng một motif ở các thang bé dần cũng mở cho chúng ta cánh cửa đến cái vô hạn.

Tự nhiên dường như có vẻ rất thích các cấu trúc fractal. Chẳng hạn như khi ta chiêm ngưỡng sự phân nhánh của các cành cây, cấu trúc các lá cây (Ảnh màu 7), hình dạng các đám mây trên bầu trời đều bắt gặp các cấu trúc fractal cả. Thực ra,

6. Xem mô tả chi tiết về các hình fractal trong tác phẩm *Hỗn độn và hài hòa* của cùng tác giả, NXB Trẻ, 2013.

tự nhiên đều sử dụng fractal mỗi khi nó cần đóng gói một diện tích tối đa trong một thể tích tối thiểu. Bằng cách nhân lên sự phân nhánh, có thể mở rộng diện tích và do đó làm tăng khả năng tự làm nguội, hấp thụ thức ăn, tương tác với các cấu trúc liền kề mà không phải tăng tỉ lệ thể tích hay trọng lượng.

Các cấu trúc fractal cũng có trong cơ thể con người. Cấu trúc phân nhánh của hệ thống mạch máu từ động mạch chủ tới mao mạch đều có bản chất fractal. Các động mạch lớn phân nhánh thành các động mạch trung, các động mạch trung phân thành các động mạch con. Đó là giải pháp hiệu quả nhất mà tự nhiên tìm thấy để gói ghém một diện tích khổng lồ của các mạch máu bên trong thể tích giới hạn của cơ thể con người. Việc đóng gói này không thể hiệu quả hơn: mặc dù mạch máu chỉ chiếm 5% thể tích cơ thể, nhưng cấu trúc fractal đã cho phép trong đa số các mô không một tế bào nào nằm quá xa mạch máu.

Mạch máu không phải là cấu trúc duy nhất trong cơ thể con người có cấu trúc fractal. Các thành phần khác cũng có, vẫn là để đóng gói một diện tích lớn nhất trong một thể tích nhỏ nhất có thể. Chẳng hạn, diện tích được trải ra của phổi sẽ lớn hơn một sân tennis! Thế nhưng thật kỳ diệu, toàn bộ diện tích đó lại nằm gọn trong lồng ngực. Một lần nữa hệ thống phân nhánh lại giúp cho điều đó: phế quản phân nhánh thành các nhánh phế quản, rồi thành các phế quản con (Ảnh màu 8). Hệ bài tiết, đường dẫn mật trong gan, các sợi truyền xung điện tới cơ tim và nhiều hệ thống khác nữa đều có tổ chức fractal - cấu trúc phân nhánh thành các cấu trúc nhỏ hơn, cấu trúc nhỏ này lại phân nhánh thành các cấu trúc nhỏ hơn nữa, và cùng một

motif lặp đi lặp lại từ thang này sang thang khác. Từ sự phân nhánh của phổi tới sự phân nhánh thực vật chỉ cần một bước nhỏ để vượt qua: lần tới nếu bạn chiêm ngưỡng sự phân nhánh của cành cây, hình vẽ tinh tế của một chiếc lá hay một motif phức tạp của vỏ cây, hãy tự nhắc nhở mình rằng chính các cấu trúc fractal đó đã mở cánh cửa ra vô hạn cho bạn. Nhưng cũng cần phải biết rằng việc lặp lại vô hạn là không thể có trong tự nhiên, do đó cấu trúc fractal trong tự nhiên chỉ là gần đúng.

Các sự kiện kỳ lạ ở khách sạn Vô Hạn



Vô hạn rất khó nắm bắt. Nó làm xuất hiện đủ loại nghịch lý ngay khi ta cố nghiên cứu nó một cách chi tiết hơn. Để minh họa cho các nghịch lý thách thức logic học và nhạo báng lẽ phải thông thường, nhà toán học người Đức David Hilbert (1862-1943) (hình) đã tưởng tượng ra câu chuyện về một khách sạn nổi tiếng tên là *Vô Hạn*. Điểm đặc biệt của khách sạn này là gì?

Như tên của nó gợi lên, số phòng của nó không phải là một số hữu hạn như các khách sạn thông thường mà là vô hạn. Bạn đi nghỉ cuối tuần và bạn rất vui mừng khi phát hiện được ra khách sạn mà bạn đã nghe nhắc đến rất nhiều lần này. Nhưng bạn đã quên đặt chỗ trước. Khi tới nơi, nhân viên tiếp tân thông báo cho bạn một tin xấu: khách sạn đã đầy! Thất vọng, bạn chuẩn bị đi tìm một khách sạn khác. Nhưng đúng lúc đó người quản

lý tới nơi và giữ bạn lại: “Ngài hãy từ từ! Tôi nghĩ là tôi vẫn có thể kiếm cho ngài một phòng ngay cả khi khách sạn của chúng tôi đã đầy chật!” Dưới ánh mắt ngạc nhiên của bạn, ông ta đánh thức tất cả các khách nghỉ dậy và yêu cầu họ đổi phòng: người ở phòng số 1 sẽ sang phòng số 2, người ở phòng số 2 sang phòng số 3, người ở phòng số 3 sang phòng số 4 và cứ tiếp tục như thế. Và thế là bạn hoàn toàn có thể yên tâm vào nghỉ ở phòng số 1 vừa được giải phóng! Nhưng trước khi rơi vào vòng tay của Morpheus (*Thần ngủ*), bạn vẫn không sao thoát ra khỏi ý nghĩ đầy ám ảnh: nếu như tất cả các phòng đều có khách, thế thì làm thế nào người quản lý lại có thể giải phóng một phòng bằng cách chuyển khách từ phòng này sang phòng kia nhỉ? Thật là vô lý!

Nhưng câu chuyện không kết thúc ở đây. Người quản lý còn có thể làm hay hơn thế nữa. Bạn hài lòng với sự đón tiếp tại khách sạn *Vô Hạn* tới mức bạn quyết định quay trở lại, nhưng lần này với một số vô hạn bạn bè, để tổ chức một buổi họp mặt lớn. Lần này cũng vậy, quấy tiếp tân thông báo cho bạn biết khách sạn đã hết chỗ. Lại một lần nữa người quản lý, rất điềm tĩnh, thông báo với bạn rằng ông ta có thể thu xếp chỗ cho tất cả bạn bè và bạn, ngay cả khi đó là một số vô hạn người. Ông ta yêu cầu người ở phòng 1 chuyển sang phòng 2, người ở phòng 2 chuyển sang phòng 4, phòng 3 chuyển sang phòng 6 và cứ như thế. Như vậy, vô số phòng đánh số lẻ đã được giải phóng. Mặc dù ban đầu khách sạn đã đầy chật, người quản lý vẫn có thể tìm được phòng cho mỗi người trong nhóm của bạn, ngay cả khi nhóm của bạn cũng có vô số người. Tại sao lại có thể như thế nhỉ?

Hilbert biết rất rõ sự tồn tại của các nghịch lý vô hạn này, ông đã thể hiện cảm giác của ông qua những từ ngữ thật hùng hồn: “Sự vô hạn! Chẳng có câu hỏi nào ngoài câu hỏi về vô hạn đã hành hạ tâm trí con người; chẳng có ý tưởng nào ngoài vô hạn đã kích thích và làm phong phú trí tuệ con người; nhưng, cũng chẳng có khái niệm nào ngoài khái niệm vô hạn đòi hỏi phải được làm sáng tỏ”. Ông biết rằng phải dùng toán học để giải quyết các nghịch lý về vô hạn này. Nhưng cần phải đợi tới thế kỷ 19 khi nhà toán học thiên tài Georg Cantor (1845-1918) sắp xếp lại thế giới những vô hạn thì các nghịch lý của khách sạn *Vô hạn* mới được hiểu một cách thấu đáo!

Nghịch lý Zenon: vô hạn làm cho chuyển động trở nên không thể

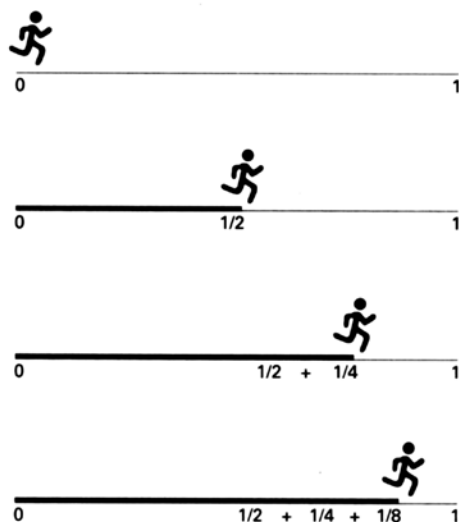
Như biết bao lĩnh vực khác của tư tưởng, vô hạn toán học đã đi vào ý thức con người nhờ người Hi Lạp ở thế kỷ 6 trước CN. Tất nhiên, tư tưởng toán học đã ra đời trước đó từ lâu, với các nền văn minh Ấn Độ, Trung Quốc, Babylon và Ai Cập. Nhưng các nền văn minh cổ đại này chủ yếu sử dụng toán học cho mục đích ứng dụng: đếm tiền, đánh giá diện tích hay thể tích (để xây dựng Kim tự tháp, chẳng hạn), cân vật hay đo thời gian. Họ không cần gì tới một khái niệm trừu tượng như sự vô hạn. Phải đợi tới khi toán học chuyển từ bình diện hoàn toàn thực tiễn sang bình diện mang tính khái niệm hơn thì khái niệm vô hạn, với vô số các nghịch lý kèm theo, mới được khai phá và thừa nhận như một khái niệm hoàn toàn riêng rẽ, trung tâm trong lĩnh vực toán học.

Zenon xứ Elea (495-435 tr. CN) là nhà tư tưởng Hi Lạp đầu tiên làm nổi bật các nghịch lý của vô hạn. Ông là thành viên của trường phái triết học do Parmenides (khoảng 515-440 tr. CN) thành lập, chủ trương tư tưởng về sự bất biến và chối bỏ mọi khái niệm tiến hóa. Theo Parmenides, thế giới đã, đang và sẽ luôn như thế: không thể có sự thay đổi nào. Mọi sự biến đổi và chuyển động chỉ là ảo giác. Trung thành với tư tưởng của thầy mình, Zenon đã tự nhận nhiệm vụ xác lập ý tưởng trên bằng hơn bốn mươi chứng minh, trong đó có hai chứng minh đặc biệt khiến trí tưởng tượng của con người phải sửng sốt và đã vượt thời gian nhiều thế kỷ.

Đa số các trước tác của Zenon xứ Elea đã bị thất lạc, tới mức ta có rất ít thông tin trực tiếp về tư tưởng của ông. Những gì chúng ta biết được là từ những bình luận của Platon (khoảng 427-347 tr. CN) và Aristotle (384-322 tr. CN). Những lập luận của đệ tử của Parmenides - cái mà sau này hậu thế gọi là các “nghịch lý Zenon” - dựa trên các bí ẩn của vô hạn. Chúng chưa bao giờ bị bắt bẻ lúc ông còn sống và vẫn luôn khiến cho trí tưởng tượng hiện đại phải sửng sốt.

Trong nghịch lý đầu tiên, Zenon dự định chứng minh rằng chuyển động là không thể. Ông tưởng tượng một người chạy từ điểm A tới điểm B. Ông phân tích chi tiết chuyển động của người chạy như sau: người này đầu tiên phải chạy hết một nửa quãng đường giữa hai điểm, rồi một nửa của quãng đường còn lại, rồi lại một nửa của quãng đường còn lại tiếp theo và cứ tiếp tục như thế *tới vô hạn*. Do người chạy phải thực hiện vô hạn các chặng, Zenon kết luận rằng người đó không thể nào chạy tới đích được, và như thế chuyển động là không thể.

Hãy lấy một ví dụ đơn giản. Giả sử rằng hai điểm A và B cách nhau 1km. Người chạy sẽ chạy hết $1/2$ km rồi ($1/2 + 1/4 =$) $3/4$ km, rồi ($3/4 + 1/8 =$) $7/8$ km... Sau khi chạy N chặng, người đó sẽ chạy được quãng đường bằng $1 - (1/2)^N$ km. Zenon suy luận rằng ngay cả khi N rất lớn, khoảng cách chạy được vẫn sẽ nhỏ hơn 1, và người chạy không thể tới được đích!



Nghịch lý Zenon đề cập tới một người chạy không bao giờ tới đích. Để đi từ điểm này tới điểm kia, người này đầu tiên phải chạy hết một nửa quãng đường giữa hai điểm, rồi một nửa của quãng đường còn lại, rồi lại một nửa của quãng đường còn lại tiếp theo và cứ tiếp tục như thế tới vô hạn. Do người chạy phải thực hiện vô hạn các bước chạy, người đó sẽ không bao giờ tới được đích.

Bằng cách sử dụng cùng kiểu lý luận như thế, chúng ta có thể kết luận được rằng ta sẽ không bao giờ băng qua được một con phố, hay một viên đạn sẽ không bao giờ tới được mục tiêu. Từ những lý lẽ đơn giản có vẻ không thể bác bỏ được như thế,

Zenon đã đi tới một kết luận vô lý! Ta đều biết rằng người chạy sẽ tới đích sau một thời gian nhất định, ta vượt qua phổ bất cứ lúc nào ta muốn, và viên đạn sẽ tới đích một cách bình thường. Bí ẩn của các nghịch lý Zenon sẽ chỉ được giải thích sau khi nghiên cứu các chuỗi vô hạn, điều mà ta sẽ thấy về sau.

Lý lẽ trong nghịch lý thứ hai của Zenon đầu tiên nghe cũng có vẻ rất thuyết phục như thế. Aristotle đã viết nó như sau: “Lý lẽ thứ hai của Zenon có tên là “Achilles và chú rùa”. Ông giải thích rằng loài chậm nhất cũng không thể bị người nhanh nhất đuổi kịp, bởi người đuổi theo cần phải tới được nơi chú rùa vừa rời khỏi, tức là chú rùa luôn ở phía trước một khoảng cách nhất định.” Bị ấn tượng bởi các nghịch lý về vô hạn, nhà văn Argentina Jorge Luis Borges (1899-1966) đã miêu tả câu chuyện của Achilles và chú rùa như sau: “Achilles chạy nhanh gấp mười lần chú rùa và cho phép chú rùa chạy trước 10m. Khi Achilles chạy hết 10m, rùa chạy thêm được 1m; Khi Achilles chạy thêm 1m, rùa chạy được 1dm; Achilles chạy được 1dm, rùa chạy được 1cm; Achilles chạy hết 1cm, rùa chạy được 1mm; Achilles nhẹ nhàng chạy 1mm, rùa chạy thêm 1/10mm; và cứ như thế tới vô hạn mà không bao giờ đuổi kịp chú rùa...” Một lần nữa, những lý lẽ có vẻ rất xác đáng lại đưa tới một kết luận vô lý.

Hãy xem một ví dụ đơn giản khác. Giả sử Achilles xuất phát từ mốc 0km và chú rùa xuất phát từ mốc 1km với tốc độ chỉ bằng 1/2 tốc độ của Achilles. Khi Achilles tới mốc 1km, rùa sẽ tới mốc $[1 + 1/2]$ km; khi Achilles tới đấy, rùa sẽ chạy tới $[1 + 1/2 + 1/4]$ km; và cứ tiếp tục như thế. Sau N chặng, Achilles sẽ chạy được quãng đường $[2 - (1/2)^N]$ km, nhưng rùa luôn ở

phía trước một chút bởi nó đã chạy được $[2 - (1/2)^{N+1}]$ km. Và chúng ta tới được một kết luận vô lý là: dù N có lớn thế nào đi nữa thì Achilles cũng không bao giờ đuổi kịp chú rùa!

Thi sĩ Pháp Paul Valéry (1871-1945) cũng bị mê hoặc bởi những phân tích của Zenon về chuyện Achilles không đuổi kịp chú rùa, hay nói một cách khác là mũi tên không bao giờ tới được đích. Trong bài thơ *Le Cimetière Marin* (1920) (Nghĩa trang trên biển), ông đã biểu lộ tình cảm của mình đối với người muốn chứng tỏ mọi chuyển động chỉ là sự bất động:

*Zenon hỡi! Zenon xứ Elea ác đức
Dùng mũi tên này xuyên thấu tim ta
Mũi tên rung, bay lại chẳng hề bay
Âm thanh sinh thành và mũi tên chết chóc
Kìa thái dương... Ở bóng rùa nào đó
Cho linh hồn Achilles bất động những bước chân!*

Aristotle và vô hạn tiềm tàng



Các nghịch lý của Zenon đã phơi bày ra những kì lạ của vô hạn. Chúng gieo vào trong trí óc của người Hi Lạp sự e dè và nghi kị, và gây ra cho họ nỗi chán ghét khi phải đối mặt với cái vô hạn. Vô hạn là điều kiêng kỵ, nó làm đảo lộn trí tưởng tượng, do vậy bằng mọi giá phải tránh xa nó. Trong tác phẩm *Physique* (Vật lý) của mình,

Aristotle (hình) đã diễn đạt một cách súc tích sự ghê tởm của người Hi Lạp khi phải vật lộn với cái vô hạn: “Sự tồn tại của vô hạn là tiềm tàng... Nó không tồn tại trong thực tế.” Theo triết gia này, vô hạn “hiện thực” không có “thực”. Nó không thể biểu hiện trong tự nhiên. Chỉ có một vô hạn “tiềm tàng” là tồn tại, mạnh mẽ trong trí tưởng tượng của con người. Các nhà vật lý và toán học dùng nó để ngoại suy, bằng tư duy, diễn tiến của một số tình huống và giải quyết một số vấn đề toán học. Chẳng hạn, khi đi, chúng ta bước một bước, rồi đến bước thứ hai, và cứ như thế. Bằng tư duy, ta biết rằng về nguyên tắc, chúng ta có thể tiếp tục đi như thế tới vô hạn, chúng ta luôn có thể đi xa hơn bằng cách tiến thêm một bước nữa. Nhưng chúng ta sẽ không bao giờ tới được tận cùng của chặng đường vô hạn đó, chúng ta chỉ có thể làm được điều đó bằng ý nghĩ: và đó chính là bản chất của vô hạn tiềm tàng.

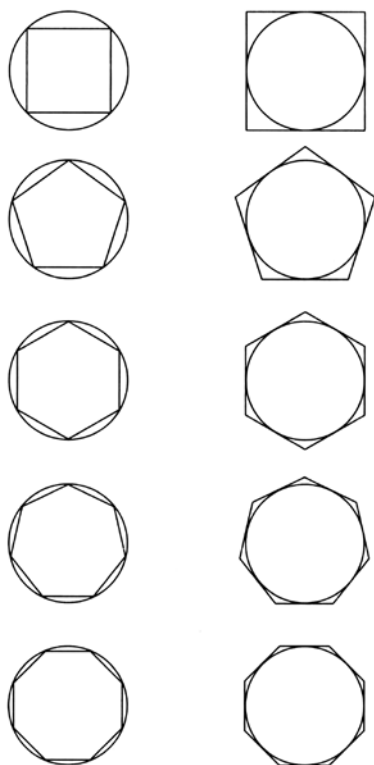
Cũng như vậy, trong toán học chúng ta đều quen với các chuỗi số không đầu không cuối. Hãy xét dãy số nguyên 1, 2, 3, 4, 5,... Không tồn tại một số nguyên nào lớn hơn tất cả các số còn lại, bởi chỉ cần đơn giản thêm 1 đơn vị vào bất kì số nào là sẽ tạo ra một số lớn hơn. Như vậy chuỗi này không có kết thúc. Cũng như vậy, chuỗi các số nguyên âm không có bắt đầu: ..., -5, -4, -3, -2, -1. Không có số nguyên nào âm hơn tất cả các số còn lại. Vô hạn “hiện thực” không phải là thực. Nó không bao giờ được thực hiện. Tuy nhiên, các chuỗi số nguyên dương và âm đều vô hạn một cách “tiềm tàng”, bởi chúng có một tiến trình (thêm hoặc trừ 1) có thể lặp lại một cách vô hạn, mặc dù mỗi lần số lượng các phép toán đã được lặp lại luôn là hữu hạn.

Archimedes và phép tính số π

Vô hạn “tiềm tàng” còn biểu hiện dưới những dạng khác nữa. Ví dụ, hãy xét một con số kì lạ mà ta biểu diễn bằng ký hiệu π , con số mà từ thừa sơ khai đã kích thích trí tò mò không chỉ các nhà toán học mà cả những kẻ ngoại đạo nữa. Chúng ta đều biết rằng π là tỉ số giữa chu vi của 1 vòng tròn với đường kính của nó. Bằng các đo đạc thực nghiệm chu vi và đường kính của các đường tròn, người xưa đã biết rằng tỉ số này xấp xỉ bằng 3. Nhưng người Hi Lạp là những người đầu tiên đề xuất ra phương pháp toán học chặt chẽ để tính, chứ không phải đơn giản chỉ bằng cách đo đạc, giá trị của π . Khi làm điều này, họ lại một lần nữa đối mặt với vô hạn.

Nhà toán học Archimedes (287-212 tr. CN) ở thành phố Syracuse, nổi tiếng với những nghiên cứu về các vật nổi (và chính ông là người đã thét lên *Eureka!* lúc đang ở trong bồn tắm khi ông phát hiện ra “lực đẩy” ngày nay mang tên ông, lực cho phép những vật có khối lượng riêng nhỏ hơn nước nổi lên) là người đã nghĩ ra phương pháp này. Hãy lấy một vòng tròn, ông giải thích, và tưởng tượng một đa giác đều nội tiếp vòng tròn đó, tức là tất cả các đỉnh của nó đều nằm trên vòng tròn và tất cả các cạnh và các góc của nó đều bằng nhau. Đa giác này có chu vi nhỏ hơn chu vi đường tròn. Nhưng khi ta càng tăng dần số cạnh của đa giác, đa giác này sẽ càng sát với đường tròn, và chu vi của đa giác sẽ tiến tới chu vi của đường tròn. Sau đó chỉ cần đo chu vi của đa giác rồi chia cho đường kính của hình tròn để nhận được giá trị của π hơi nhỏ hơn một chút so với giá trị thực. Lặp lại quá trình trên nhưng lần này đa giác không phải

là nội tiếp mà là ngoại tiếp với vòng tròn. Vòng tròn lần này nằm trong đa giác và các cạnh của đa giác tiếp xúc với đường tròn. Một lần nữa hãy làm tăng số cạnh của đa giác: và như lần trước đa giác sẽ ngày càng tiến sát tới vòng tròn. Lần này, khi ta chia chu vi của đa giác cho đường kính của vòng tròn, ta sẽ thu được một giá trị hơi lớn hơn giá trị thực của π (hình dưới). Bằng cách sử dụng một đa giác đều 96 cạnh mà ông biết rõ cách tính chu vi, Archimedes thu được giá trị thực của π phải nằm trong khoảng 3,14103 và 3,14271. Một sự gần đúng đáng kinh ngạc bởi vì giá trị thực của π như ta biết là 3,14159...



Bằng cách tăng dần số cạnh của đa giác đều nội tiếp (cột bên trái) và ngoại tiếp (cột bên phải) một vòng tròn, Archimedes đã có thể tìm chính xác khoảng giá trị của số vô tỉ π .

Nhưng ta cần phải hiểu rõ cái mới và mang tính cách mạng ở đây không phải là việc Archimedes đã có thể ước lượng được giá trị của π với độ chính xác cao hơn nhiều so với người đi trước mà chính là việc ông đã nghĩ ra phương pháp cho phép tính toán con số này với một độ chính xác lớn tùy ý, đơn giản chỉ bằng cách cố gắng làm khớp hình tròn với hình đa giác có số cạnh có thể tăng lên vô hạn. Theo ngôn ngữ toán học hiện đại, ngôn ngữ của phép tính vi phân được phát minh vào thế kỷ 19, π là giới hạn của dãy các chu vi khi số cạnh của đa giác tiến tới vô hạn. Như vậy Archimedes đã sử dụng khái niệm vô hạn tiềm tàng để giải quyết một vấn đề cơ bản, đó là việc tính số π .

Chúa và cái vô hạn

Trong hơn 2000 năm tiếp nối kỷ nguyên vàng của tư tưởng Hi Lạp, có rất ít phát hiện mới liên quan tới khái niệm vô hạn. Nhưng vẫn xảy ra những sự kiện lớn. Hi Lạp trở thành thuộc địa của Đế chế La Mã vào cuối thế kỷ thứ 2 tr. CN. Sự chói lọi của tư tưởng Hi Lạp tàn dần trong thời kỳ này. Người La Mã chẳng mấy quan tâm tới những tư biện trừu tượng. Các cuộc xâm chiếm không ngừng của các dân tộc hoang dã, Goths và Huns, từ phía đông vào thế kỷ thứ 5 và 6 đã giáng đòn quyết định vào Đế chế La Mã đang suy yếu vì suy thoái chính trị và hỗn loạn kinh tế. Tri thức Hi Lạp biến mất ở phương Tây. Song song với sự sụp đổ của Đế chế La Mã, đã nổi lên Đế chế A rập trải dài từ Tây Ban Nha tới Ấn Độ. Ngôn đức văn minh và khoa học được sang tay các khalip của Bagdad. Ngay từ năm 1000, Tây Ban Nha đã trở thành trung tâm trí tuệ lớn của thế

giới hồi giáo và qua nó, châu Âu thiên chúa giáo tái phát hiện lại tư tưởng Hi Lạp. Khái niệm về vô hạn lại nổi trở lại vào thời Trung Cổ, nhưng trong một bối cảnh mới: bối cảnh tôn giáo.

Cuộc kiếm tìm cái vô hạn thường gắn với một nghiên cứu về sự siêu việt, về những cái vượt ra khỏi kinh nghiệm thông thường, vượt ra ngoài những gì được nhìn thấy hay cảm nhận thấy trong cuộc sống hằng ngày. Sự siêu việt này thường được gắn với Chúa, và Vô hạn chính là một trong những thuộc tính quan trọng của Chúa. Và khi đó, một câu hỏi được đặt ra là: nếu như Chúa là vô hạn, liệu Ngài có thể tạo ra vô hạn hiện thực hay cũng như con người, Ngài vẫn bị giới hạn bởi vô hạn tiềm tàng?

Lại xét dãy các số nguyên. Do không có kết thúc trong tiến trình liệt kê và không tồn tại một số nguyên nào lớn hơn tất cả các số còn lại, chúng ta không thể nói tới một tổng của toàn bộ các số nguyên: một lần nữa, vô hạn chỉ là tiềm tàng chứ không phải là hiện thực. Nhưng với Chúa thì sao? Liệu Ngài có thể đạt được tới cái vô hạn hiện thực, hay cũng có giới hạn đối với tri thức của Ngài? Thánh Augustin (354 - 430) đã đưa ra một câu trả lời chắc nịch cho các vấn đề này: “Đúng là có vô hạn các con số. Nhưng liệu có phải vì chúng là vô hạn mà Chúa không thể biết hết?... Không ai có thể diễn rõ tới mức đưa ra một điều sai sự thực như thế... Không còn nghi ngờ gì nữa, Ngài đều biết tới từng con số một. Với Chúa, vô hạn trở nên hữu hạn bởi không thể có gì vượt ra khỏi tri thức của Ngài.” Với trí tuệ thần thánh, vô hạn trở nên hữu hạn và với Chúa, vô hạn không còn là tiềm tàng nữa mà là hiện thực.

Vào thời Trung Cổ, thánh Thomas d'Aquin (1225-1274) sử

dụng lập luận xâu chuỗi các nguyên nhân để chứng tỏ sự tồn tại thánh thần: mọi thứ đều có nguyên nhân, nhưng không thể có một chuỗi vô hạn các nguyên nhân được. Điều đó có nghĩa là sớm hay muộn ta phải tới được nguyên nhân đầu tiên, tức nguyên nhân của mọi thành phần trong vũ trụ. Nguyên nhân đầu tiên này chính là Chúa. Theo thánh Thomas d'Aquin, chỉ một đấng vô hạn như Chúa mới có thể nghĩ tới vô hạn hiện thực. Bất cứ ai nhắm nhẹ lĩnh hội cái vô hạn cũng sẽ mắc tội kiêu ngạo. Còn hồng y người Đức Nicolas de Cues (1401-1464), người đã nghiên cứu toán học cổ đại, đã so sánh tri thức của Chúa với vòng tròn và tri thức của con người giống như đa giác nội tiếp trong vòng tròn đó. Sử dụng lại suy luận của Archimedes, ông đã đưa ra một lập luận, theo đó tri thức của con người ngày càng tăng, số cạnh của đa giác cũng tăng lên và tiến tới vô hạn. Nhưng tri thức của con người sẽ không bao giờ bằng được với Chúa, giống như đa giác nội tiếp không bao giờ có thể trở thành vòng tròn được, ngay cả khi số cạnh của nó tiến đến vô hạn. Trong vũ trụ học, Nicolas de Cues là người bảo vệ ý tưởng về một vũ trụ vô hạn trong chuyên luận *De la docte ignorance* (1440) của ông, bởi vì Chúa không thể bị giới hạn trong các tác phẩm của Người: “Nguyên lý đủ đây” ngầm định rằng thế giới mà Ngài tạo ra không có giới hạn.

Hai cái vô hạn của Pascal và vụ cá cược

Vào thế kỷ 17, nhà toán học và triết gia người Pháp Blaise Pascal (1623-1662) (hình) đã sử dụng khái niệm vô hạn để cá cược về sự tồn tại của Chúa. Ông dựa trên một sự thật là: một

đại lượng hữu hạn, dù nhỏ thế nào chẳng nữa, khi nhân với vô hạn sẽ luôn cho kết quả là vô hạn. Là người tiên phong của lý thuyết xác suất hiện đại, Pascal, người theo giáo lý Giăng-xen nhiệt thành, rất thích sử dụng những lập luận xác suất để thuyết phục những người vô thần cá cược về sự tồn tại của Chúa. Ông suy luận như



sau: ta có hai trường hợp khả dĩ hoặc là Chúa tồn tại, hoặc là không; do lý lẽ không thể giúp chúng ta quyết định, chúng ta sẽ phải đặt cược; có hai khả năng có thể: hoặc là ta tin vào sự tồn tại của Chúa, hoặc là ta không tin. Pascal giải thích rằng tốt nhất ta nên đặt cược vào sự tồn tại của Chúa, bởi vì nếu Ngài tồn tại thì lợi ích ta sẽ có được là vô hạn, còn nếu như không tồn tại thì cái mất chỉ là hữu hạn và tối thiểu. Lựa chọn tối nhất là đặt cược cho vô thần bởi vì nếu Chúa tồn tại thì mất mát sẽ là vô hạn trong khi nếu Ngài không tồn tại thì cái ta được cũng chỉ là hữu hạn mà thôi.

Pascal cũng quan tâm tới “hai vô hạn”. Với ông, vô hạn có ở khắp nơi trên thế giới, nhưng với trí tuệ con người thì không thể hình dung được khái niệm đó: “Có sự tồn tại những tính chất chung của vạn vật, giúp ta mở cửa tâm hồn tới những thứ kỳ diệu nhất của Tự nhiên. Tính chất chính bao gồm hai vô hạn, có mặt ở mọi vật, đó là cái vô cùng lớn và cái vô cùng bé⁽⁷⁾”. Ông nghĩ rằng không gian, thời gian và chuyển động có thể tăng tới

7. Blaise Pascal, *De l'esprit géométrique* (Về trí tuệ hình học).

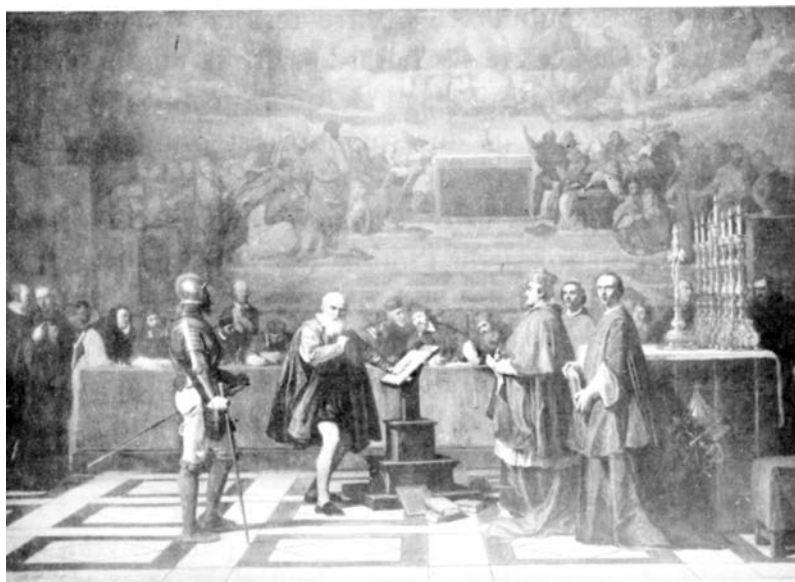
vô hạn. (Về điều này thì ông đã nhầm. Không gian không nhất thiết là vô hạn. Cũng có những mô hình về vũ trụ hữu hạn, như chúng ta sẽ thấy sau. Còn về chuyển động, thuyết tương đối của Einstein cấm mọi vật di chuyển nhanh hơn ánh sáng). Với ông, không gian và thời gian cũng có thể chia nhỏ vô hạn. (Một lần nữa các lý thuyết vật lý hiện đại gợi ý rằng điều này là không thể, rằng tồn tại một khoảng thời gian và không gian tối thiểu được gọi là thời gian Planck [10^{-43} giây] và chiều dài Planck [10^{-33} cm]). Giống như Aristotle, Pascal cho rằng hai vô hạn này không thể lĩnh hội được bằng lý trí con người, và như vậy chúng là tiềm tàng chứ không phải là hiện thực. Triết gia và nhà toán học cùng thời với ông là René Descartes (1596-1650) cũng tán đồng ý kiến này, ông khuyên nhủ loại bỏ mọi tranh luận về vô hạn hiện thực: “Vì chúng ta là hữu hạn, nên sẽ thật phi lý khi ta lại muốn tranh luận về vô hạn... Và như thế, chúng ta không nên cố trả lời những câu hỏi như: một nửa của một đường vô hạn có phải là vô hạn không, hay một số vô hạn là chẵn hay lẻ...? Theo tôi, đừng ai bận tâm đến những vấn đề đó làm gì, trừ khi trí tuệ của người đó là vô hạn⁽⁸⁾”.

Galilei và các nghịch lý của vô hạn

Cũng vào thế kỷ 17, nhà vật lý, thiên văn và toán học Galilei (1564-1642) cũng quan tâm tới câu hỏi về vô hạn. Trong các thành tựu khoa học của ông cần phải đặc biệt nhắc đến những

8. René Descartes, *Principes de la Philosophie* (Các nguyên lý triết học).

đóng góp về thiên văn: ông là người đầu tiên hướng kính thiên văn lên bầu trời vào năm 1609. Khi đó ông đã phát hiện ra rất nhiều điều kỳ thú, chẳng hạn như 4 vệ tinh lớn nhất của Mộc tinh ngày nay được biết đến dưới tên “các mặt trăng galilei”. Ông cũng thấy rằng Kim tinh, giống như Mặt Trăng, cũng có những giai đoạn từ non đến già. Tất cả các quan sát này đều phù hợp với vũ trụ nhật tâm do mục sư người Ba Lan Nicolaus Copernicus đưa ra vào năm 1543; Mặt Trời có vị trí trung tâm chứ không phải là Trái Đất. Trái Đất cũng quay xung quanh Mặt Trời như các hành tinh khác chứ không phải ngược lại. Thực vậy, sự tồn tại các vệ tinh của Sao Mộc đã gây khó cho ý tưởng Trái Đất là trung tâm của vũ trụ, và mọi thứ đều phải quay xung quanh nó. Các pha của Kim tinh, kết quả của sự chiếu sáng hành tinh này từ Mặt Trời thay đổi, chỉ có thể giải thích được khi Kim tinh quay xung quanh Mặt Trời chứ không phải Trái Đất. Galilei đã trở thành người bảo vệ cho vũ trụ nhật tâm trong tác phẩm *Dialogues sur les grands systèmes du monde* (Đối thoại về các hệ thống lớn của thế giới) xuất bản năm 1632, trong đó ông chứng minh rằng những người bảo vệ cho vũ trụ địa tâm, tức là Trái Đất là trung tâm của vũ trụ, chỉ là những kẻ “ngốc nghếch” (ông gọi những người này là Simplicio). Điều này đã trở nên quá quắt đối với Giáo hội, chúng lôi ông ra trước tòa dị giáo, đưa tác phẩm của ông vào danh sách các sách cấm (*Index Librorum Prohibitorum*) và quản thúc ông tại gia cho tới khi ông mất. Chính trong giai đoạn khó khăn này ông đã viết một tác phẩm mới *Deux nouvelles sciences* (Hai khoa học mới) trong đó Salviati, nói thay cho Galilei, giải thích cho Simplicio những bí ẩn của vô hạn.



Vào năm 1633 Galilei bị Tòa án dị giáo ép phải chối bỏ một cách công khai sự ủng hộ của ông đối với hệ thống nhật tâm của Copernicus. “Thế nhưng nó vẫn quay”, ông được cho là đã nói câu này vào lúc kết thúc phiên xử ông, về sự quay của Trái Đất xung quanh Mặt Trời. Mãi ba thế kỷ rưỡi sau đó, vào năm 1992, Giáo hội, mà đích thân là Giáo Hoàng Jean-Paul II, mới thừa nhận công khai những sai lầm của họ trong vụ Galilei.

Cuộc trao đổi giữa Salviati và Simplicio diễn ra như sau: hãy xét dãy các số nguyên dương 1, 2, 3, 4, 5... Dãy này là vô hạn vì ta luôn có thể thêm 1 vào số cuối cùng và nhận được số lớn hơn. Bây giờ hãy bình phương các số trong dãy trên, ta nhận được 1, 4, 9, 16, 25... Một lần nữa dãy này cũng là vô hạn bởi mỗi số nguyên dương được gắn kết với một số là bình phương của nó (theo ngôn ngữ toán học, ta nói có một tương ứng 1 - 1 giữa hai dãy). Nghĩa là hai dãy này phải có cùng số phần tử. Nhưng - đây chính là lúc nghịch lý xuất hiện - mỗi phần tử trong dãy

các số bình phương lại cũng thuộc dãy các số nguyên dương. Do đó, dãy các số nguyên dương phải có nhiều phần tử hơn dãy các số bình phương, bởi nó bao gồm cả những số không phải là bình phương của một số nguyên! Như vậy theo lý luận thứ nhất (có sự tương ứng 1 - 1 giữa hai dãy) chúng ta kết luận là hai dãy có cùng số phần tử, trong khi lý luận thứ hai cho thấy dãy vô hạn các số nguyên dương có nhiều phần tử hơn dãy các số bình phương. Vậy là Galilei đã phát hiện ra một tính chất kỳ lạ: với một tập hợp vô hạn, một tập con của nó cũng có thể có nhiều phần tử như toàn bộ tập ban đầu.

Làm thế nào giải thích được kết quả kỳ lạ nhạo báng mọi lẽ phải thông thường này? Galilei không dám dẫn thân mà chỉ đưa ra nhận xét: “Đối với các đại lượng vô hạn, không thể nói đại lượng này là lớn hơn hay nhỏ hơn đại lượng kia”.

Galilei đã sử dụng dãy các số bình phương để làm nổi bật các nghịch lý của vô hạn. Nhưng ông cũng hoàn toàn có thể làm điều đó bằng cách sử dụng các ví dụ khác. Chẳng hạn, ông có thể sử dụng dãy các số chẵn nhận được bằng cách nhân mỗi số nguyên dương với 2. Theo thủ tục này, một tương ứng 1 - 1 sẽ được thiết lập giữa mỗi số nguyên dương và một số chẵn: 1 tương ứng với 2, 2 với 4, 3 với 6, 4 với 8... Như vậy dãy các số chẵn cũng lớn như dãy các số nguyên dương. Nhưng dãy các số nguyên dương lại cũng bao gồm tất cả các số chẵn và các số lẻ. Lẽ phải thông thường nói với ta rằng số các số chẵn chỉ bằng một nửa số các số nguyên dương. Nhưng lập luận theo tương ứng 1 - 1 lại kết luận rằng hai dãy này có cùng số phần tử! Và một lần nữa, chúng ta lại rơi vào tình huống nghịch lý trong đó

những tập con của một tập vô hạn cũng có thể có nhiều phần tử như chính tập hợp đó! Nghĩa là toàn thể không lớn hơn bộ phận!

Lẽ phải thông thường nói với ta rằng không thể nào có chuyện này được. Chúng ta đều biết, như khi xem xét một danh sách các cặp vợ chồng chẳng hạn, số nam và nữ phải bằng nhau và số lượng các cặp này sẽ ít hơn khi ta xét một tập con! Toàn thể nhất thiết phải lớn hơn bộ phận. Điều này chắc chắn là đúng khi ta xét một tập hữu hạn, như trong các trường hợp của cuộc sống thường nhật. Nhưng điều đó sẽ không còn đúng nữa đối với các tập vô hạn: khi đó các tập con cũng “lớn” như tập ban đầu. Thế là Galilei đã phát hiện ra một vấn đề hết sức kì lạ!

Các nghịch lý vô hạn thách thức lẽ phải thông thường này khiến ta nhớ câu chuyện về khách sạn Vô Hạn của nhà toán học David Hilbert. Chắc bạn vẫn còn nhớ về khách sạn có vô số phòng này. Tất cả các phòng đều đã chật cứng khi bạn tới. Thế nhưng người quản lý bằng cách thay đổi phòng của tất cả mọi người luôn tìm ra phòng trống mà không phải đuổi bất kỳ một vị khách nào. Và ông ta không chỉ tìm được phòng cho mình bạn mà cho cả vô số bạn của bạn nữa! Hiển nhiên, đây cũng chính là nghịch lý mà Galilei đã phát hiện ra: các tập vô hạn không chỉ có thể chứa các tập con cũng là vô hạn, mà chúng còn có thể chứa vô hạn các phần tử khác.

Những tính chất kỳ lạ của các chuỗi vô hạn

Bất cứ thời kỳ nào, các dãy số vô hạn cũng đều làm mê hoặc trí tưởng tượng của các nhà toán học. Dãy được định nghĩa bởi

một quy tắc cho phép từ một phần tử xác định được phần tử tiếp sau nó. Chẳng hạn, mỗi số trong dãy số nguyên dương được xác định bằng cách lấy số trước đó cộng thêm 1. Quy tắc này không có điểm dừng, dãy số là vô hạn. Các nhà toán học khi đó đã đặt ra câu hỏi: nếu ta lấy tổng của tất cả các số trong dãy vô hạn, thì tổng này là hữu hạn hay vô hạn? Theo tiên nghiệm, bạn có thể nghĩ rằng một dãy vô hạn các số chỉ có thể có tổng là vô hạn (theo thuật ngữ toán học, tổng các phần tử của một dãy được gọi là một *chuỗi*). Nhưng như thế là bạn đã nhầm to. Thực ra tùy theo bản chất của các phần tử của dãy (chẳng hạn đó là số âm hay dương, tăng hay giảm dần), tổng của chúng có thể là vô hạn (khi đó ta nói chuỗi này là phân kỳ) hay hữu hạn (chuỗi là hội tụ). Như vậy trong một số trường hợp, hữu hạn có thể được sinh ra từ vô hạn, và chuỗi giống như một cầu nối giữa chúng vậy.

Để hiểu rõ hơn các ý tưởng này, chúng ta hãy xét một số chuỗi. Đầu tiên ta hãy xét chuỗi các số nguyên dương. Tổng của nó chắc chắn là vô hạn, bởi vì số sau luôn lớn hơn số trước (1 đơn vị). Chuỗi này phân kỳ. Bằng trực giác, bạn sẽ nghĩ rằng một chuỗi có nhiều khả năng là hội tụ nếu như các phần tử kế tiếp nhau số sau nhỏ hơn số trước thay vì tăng dần lên như trong chuỗi các số nguyên dương. Và bạn có lý! Chẳng hạn, hãy xét chuỗi gắn với nghịch lý Zenon về người chạy không bao giờ tới được đích. Khi chạy hết nửa quãng đường từ điểm đầu tới điểm đích rồi chạy tiếp nửa quãng đường còn lại, rồi lại nửa quãng đường còn lại và cứ tiếp tục như thế, người đó đã chạy được một quãng đường bằng tổng của chuỗi:

$$1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16 + 1/32 + \dots$$

Tổng vô hạn trên có một tính chất rất đặc biệt là không bao giờ đạt tới 1, dù ta có cộng bao nhiêu số hạng của nó đi chăng nữa. Nhưng ta có thể càng ngày càng tới gần giới hạn này bằng cách thêm dần các số hạng vào. Nói một cách khác, tổng trên tiến tới một giới hạn hữu hạn là 1 khi số các số hạng trong chuỗi đó tiến tới vô hạn. Chính sự tương tác giữa hữu hạn và vô hạn này là chìa khóa để giải quyết nghịch lý Zenon. Thực vậy, nếu người chạy giữ vận tốc gần như là đều, các khoảng thời gian cần thiết để chạy hết các chặng liên tiếp đó cũng được mô tả bằng chính chuỗi nói trên. Điều này có nghĩa là người đó sẽ đi hết hành trình của mình và tới được đích trong một khoảng thời gian hữu hạn chứ không phải là vô hạn như người Hi Lạp tưởng. Những nghịch lý vô hạn kiểu Zenon xuất hiện là do người Hi Lạp không nghĩ tới việc tổng của một số vô hạn các số lại có thể có một giá trị hữu hạn. Nếu ta chấp nhận rằng hữu hạn có thể được sinh ra từ vô hạn thì những nghịch lý không còn lý do để tồn tại nữa: chúng ta có thể vượt qua con phố trong một khoảng thời gian hữu hạn và Achilles có thể đuổi kịp và dễ dàng vượt qua chú rùa. Vậy là lẽ phải thông thường vẫn được bảo toàn!

Nhưng cũng không nên nghĩ rằng mọi chuỗi của các phân số giảm dần đều hội tụ về một giới hạn hữu hạn. Hữu hạn không phải bao giờ cũng sinh ra từ vô hạn. Ví dụ, hãy xét chuỗi sau, được gọi là chuỗi điều hòa, tạo từ nghịch đảo của các số nguyên dương:

$$1/1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + 1/6 + 1/7 + 1/8 + \dots$$

Nhờ vào một suy luận tài tình, mà giám mục kiêm nhà toán học Nicole Oresme (1325-1382) đã chứng minh được tổng dãy số trên là vô hạn. Ông đã suy luận như sau: bước đầu, ta hãy bỏ

qua hai số hạng đầu tiên của chuỗi; tổng 2 số tiếp sau đó ($1/3 + 1/4$) là lớn hơn $1/2$, và tổng 4 số hạng tiếp theo ($1/5 + 1/6 + 1/7 + 1/8$) cũng như thế, và rồi 8 số hạng tiếp theo, 16 số hạng tiếp theo... cứ như vậy tới vô hạn. Sau mỗi lần số các số hạng trong ngoặc (tổng con) tăng gấp đôi, và luôn cho một tổng lớn hơn $1/2$. Như vậy, tổng của chuỗi ban đầu là tổng của một số vô hạn các số lớn hơn $1/2$ và như thế tổng này phải là vô hạn. Nghĩa là chuỗi điều hòa là phân kỳ.

Các chuỗi phân kỳ có những tính chất rất kỳ lạ. Bởi vì khi liên quan tới vô hạn, mọi thứ đều không giống như vẻ ban đầu. Và như thế, tổng của một chuỗi vô hạn có thể khác nhau tùy theo cách tính! Ta hãy xét ví dụ tổng S của chuỗi vô hạn bao gồm liên tiếp các số 1 và -1 luân phiên⁽⁹⁾:

$$S = 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + \dots$$

Để tìm S ta có thể nhóm các số 1 và -1 với nhau:

$$\begin{aligned} S &= (1 - 1) + (1 - 1) + (1 - 1) + (1 - 1) + (1 - 1) + \dots = \\ &0 + 0 + 0 + 0 + 0 + \dots \end{aligned}$$

Tổng của từng cặp bằng 0, ta sẽ nhận được một chuỗi vô hạn các số 0 và như vậy $S = 0$.

Nhưng ta cũng có thể tính S bằng cách nhóm khác đi, chẳng hạn như nhóm số thứ 2 và thứ 3, thứ 4 và thứ 5...:

$$\begin{aligned} S &= 1 + (-1 + 1) + (-1 + 1) + (-1 + 1) + (-1 + 1) + \dots = \\ &1 + 0 + 0 + 0 + 0 + \dots \end{aligned}$$

9. Xem *Une brève histoire de l'infini* (Lược sử của vô hạn) của John Barrow, NXB Fayard/Pluriel, 2012.

Lần này chúng ta lại có $S = 1!$ Tức là chúng ta nhận được một kết quả phi lý: $0 = 1!$

Nhưng chưa phải đã hết. Chúng ta cũng có thể nhóm các số hạng của chuỗi S như sau:

$$S = 1 - (1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + \dots)$$

Nhưng chuỗi trong ngoặc lại chính là S . Như vậy ta có:

$$S = 1 - S$$

Tức là $S = 1/2!$ Thật là điên cái đầu! Ta vừa chứng minh được rằng tùy theo cách chúng ta nhóm các số hạng của chuỗi mà S có thể bằng 0, bằng 1 hay $1/2!$ Điều này tựa như bằng một cú vẩy đũa thần, ta có thể nhân đôi số tiền ta có trong ngân hàng, đơn giản chỉ bằng cách đếm theo một cách khác! Bí ẩn hơn nữa là ta có thể chứng minh S có thể nhận bất kỳ giá trị nào mà ta muốn. Tất nhiên, tính chất kỳ lạ đó là do chuỗi này là vô hạn. Nếu S là hữu hạn và số các số hạng là lẻ, giá trị duy nhất mà S có thể nhận là 1. Nếu số các số hạng là chẵn, S sẽ bằng 0. Chỉ khi bạn giàu vô hạn thì các nghịch lý vô hạn mới xuất hiện và số tiền bạn có sẽ tùy thuộc theo cách bạn đếm!

Vô hạn tiếp tục thách thức lẽ phải thông thường. Không gì ngạc nhiên khi trong nhiều thế kỷ, số các nhà toán học, kể cả những người xuất sắc nhất, cũng không thể chịu đựng nổi khi nghe nói về cái vô hạn. Họ đành xếp nó vào một nơi *khi ho cò gáy* của toán học, với lời cảnh báo nghiêm khắc các đồng nghiệp: nếu không muốn mất trí thì đừng có lần mò vào đó. Đối với họ, khái niệm vô hạn, nếu như để nó tung hoành một cách tự do trong toán học, có nguy cơ sẽ hủy hoại mọi logic và do đó sẽ phá hủy chính những nền tảng của toán học.

Nhà toán học Đức Karl Friedrich Gauss (1777-1855), một trong những nhà toán học sáng tạo nhất của thời kỳ đó, đã quở trách một trong những đồng nghiệp dám dấn động đến vô hạn như sau: “Tôi cần phải phản đối việc anh sử dụng vô hạn như đó là một khái niệm đã được thừa nhận. Việc sử dụng như vậy là bị cấm trong toán học. Vô hạn chỉ là một cách nói...” Khi các nhà toán học phải động tới vô hạn, như khi tính toán giới hạn hay các chuỗi vô hạn, họ luôn coi đó chỉ là vô hạn tiềm tàng. Đối với họ một đại lượng có thể tiến tới vô hạn - giống như chu vi của đa giác nội tiếp đường tròn tiến tới chu vi của đường tròn khi số cạnh của đa giác tiến đến vô hạn - nhưng nó sẽ không bao giờ đạt được. Vô hạn hiện thực cần phải tránh xa như bệnh dịch hạch.

Vứt bỏ mọi khái niệm về toàn thể và bộ phận

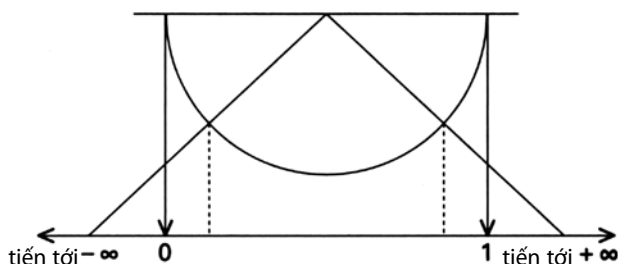
Bất chấp những lời cảnh báo nghiêm khắc, một số người có đầu óc phiêu lưu vẫn dũng cảm dấn thân tấn công thành trì của vô hạn. Đó là trường hợp của triết gia và nhà toán học người Séc Bernhard Bolzano (1781-1848) (hình). Vào thế kỷ 18, ông là người đầu tiên đã nỗ lực mang lại cho vô hạn một địa vị giống như hữu hạn trong tác phẩm *Les Paradoxes de l'infini* (Các nghịch lý của vô hạn) xuất bản năm 1851 sau khi ông mất (ông chỉ bắt đầu quan tâm tới các vấn đề về vô hạn ở tuổi 67!). Có thể nói rằng Bolzano là người đầu tiên đã vạch



đường cho vô hạn và cho phép siêu hình học của vô hạn bùng nổ trên mảnh đất toán học. Ông quyết định lấp đầy chiếc hố ngăn cách vô hạn hiện thực và vô hạn tiềm tàng với mong muốn cháy bỏng coi “các tập vô hạn như là những chỉnh thể trọn vẹn chứ không phải là các dãy liên tiếp của những cái không hữu hạn”. Ông cũng ôm ấp hi vọng có thể định lượng được vô hạn và có thể tính toán với nó giống như với các đại lượng hữu hạn.

Nhà toán học Séc này ban đầu quan tâm tới các nghịch lý vô hạn do Galilei phát hiện. Ông hiểu được rằng những nghịch lý này xảy ra chính là do chúng ta cố tình áp đặt cho vô hạn những khái niệm chỉ có giá trị đối với cái hữu hạn. Chúng sẽ không còn chỗ đứng nữa khi ta xem xét lại các khái niệm quen thuộc như “toàn thể” và “bộ phận” có liên quan tới cái vô hạn. Bolzano khấn khoản chúng ta, trong khung cảnh của vô hạn, đừng nhầm lẫn khái niệm “được chứa trong” với “có kích cỡ nhỏ hơn”. Chẳng hạn, như Galilei đã nhận xét, các số bình phương được chứa trong các số nguyên dương nhưng không có nghĩa là kích thước của tập A các số bình phương là nhỏ hơn tập B của các số nguyên dương. Điều đó sẽ đúng nếu A và B là hữu hạn, nhưng nếu A và B là vô hạn, thì A và B hoàn toàn có thể có cùng kích thước ngay cả khi A nằm trong B. Bolzano đã đi tới kết luận lạ thường này theo suy luận sau: hãy xét một nửa vòng tròn và vẽ ở bên dưới nó một đường thẳng song song với đường kính của nửa vòng tròn và có hai đầu tiến ra vô cùng. Nếu ta nối tâm của nửa vòng tròn với một điểm bất kì trên đường thẳng thì đường này luôn phải cắt nửa vòng tròn tại một điểm nào đó. Như vậy luôn tồn tại một đường thẳng nối mỗi điểm

của nửa vòng tròn với một điểm duy nhất của đường song song vô hạn (xem hình). Nói một cách khác, nửa vòng tròn cũng phải chứa vô số các điểm như đường thẳng vô hạn. Lập luận này có thể áp dụng cho bất kỳ nửa vòng tròn nào, với bán kính bất kể bằng bao nhiêu. Từ đó, Bolzano đã đi tới kết luận rằng chu vi của mọi hình tròn đều chứa một số vô hạn các điểm, và số vô hạn này là như nhau với tất cả các hình tròn, vì ta luôn có thể lập được một tương ứng 1-1 giữa một điểm bất kỳ của chu vi với một điểm nào đó trên đường thẳng vô hạn. Và ông đánh giá rằng tất cả các vô hạn này đều bằng nhau, không có vô hạn nào lớn hơn hay bé hơn vô hạn nào.



Với hình này, Bolzano đã chứng minh được rằng tồn tại một tương ứng 1 - 1 giữa các điểm trên nửa vòng tròn và các điểm trên đường thẳng vô hạn đi từ $-\infty$ tới $+\infty$. Bởi vì số các điểm trên đường thẳng là vô hạn, Bolzano đã đưa ra kết luận đúng đắn rằng số điểm trên một vòng tròn với bán kính bất kỳ cũng là vô hạn. Ông cũng đưa ra định đề rằng tất cả các vô hạn đều bằng nhau, nhưng điều này thì không đúng, như Cantor sẽ chứng minh sau này.

Nhưng về điều này thì Bolzano đã nhầm. Và phải chờ tới một nhà toán học khác người Đức Georg Cantor (1845-1918) mới chứng minh được rằng mọi vô hạn không phải là bằng nhau,

mà ngược lại, tồn tại một hệ thứ bậc đáng kinh ngạc của các vô hạn. Làm điều này, Cantor đã phát lộ ra một khung cảnh phong phú và tuyệt đẹp của vô hạn và đã đem tới trật tự và sự sáng tỏ cho những cái mà trước đó chỉ là hỗn loạn và lộn xộn. Cantor đã chiến đấu một cách kiên cường chống lại *giới cầm quyền* khoa học để áp đặt vô hạn hiện thực và nhờ ông, vô hạn cuối cùng đã trở thành một phần không thể tách rời của toán học hiện đại. Nỗi sợ cái vô hạn một cách vô lý cuối cùng cũng đã tiêu tan. Để đạt được kết quả đó, Cantor đã phải nỗ lực ghe góm, làm việc trong cô đơn và đi ngược lại xu hướng của các nhà toán học quyền uy và đẩy ảnh hưởng, tới mức mất trí.



Truy tìm vô hạn toán học

Cantor, người thuần hóa cái vô hạn

Sinh ra trong một gia đình Do Thái trung lưu (bố ông làm nghề buôn bán) nhập cư vào Đức từ Nga, chàng thanh niên Georg Cantor được học các trường trung học tư ở Frankfurt, và đã thể hiện niềm đam mê và tài năng thần đồng đối với toán học. Với sự động viên của người cha, ông đã đăng ký vào học trường Bách khoa Zurich, rồi chuyển tới Đại học Berlin, một trong những trung tâm nghiên cứu toán học của thế giới vào thời kì đó, giữa thế kỷ 19. Tại đây ông đã gặp được một trong những nhà toán học lớn nhất lúc bấy giờ là Karl Weierstrass (1815-1897), người được coi là cha đẻ của toán học giải tích hiện đại. Ông cũng được thụ giáo Leopold Kronecker (1823-1891), người mà như ta sẽ thấy, đã có một vai trò tai hại trong sự nghiệp và thậm chí cả trong cuộc đời của ông. Sau khi lấy bằng tiến

sĩ ở Berlin vào năm 1867, nhà toán học trẻ tuổi đã nhận được một vị trí giảng dạy tại trường Đại học Halle, một thành phố trung cổ nổi tiếng và là nơi đã sinh ra của nhà soạn nhạc thiên tài Georg Friedrich Haendel (1685-1759). Nằm ở giữa Göttingen và Berlin, Đại học Halle không có sự nổi tiếng cũng như tiếng vang hàn lâm như các thành phố lân cận. Cantor coi vị trí này như một cảng đỗ tạm thời, nơi nghỉ ngơi để suy tư về các vấn đề vô hạn và xác lập danh tiếng một nhà toán học, với hi vọng sẽ được mời làm giáo sư ở một trong các trường đại học uy tín hơn sau này. Nhưng lời mời không bao giờ tới, và với sự thất vọng to lớn, vị trí tạm thời đã trở thành thường trực. Toàn bộ sự nghiệp toán học của ông đã diễn ra gần như là trong bóng tối tại khoa toán của trường Đại học Halle. Thế nhưng chính trong bóng tối đó đã lộ ra ánh sáng về vô hạn.



Giống như Bolzano, bậc tiền bối của ông, Cantor (hình) đã có ý định mãnh liệt nhằm tống cái vô hạn tiềm tàng vào quên lãng và xác lập cái vô hạn hiện thực thành một thực thể hoàn toàn riêng rẽ trong khung cảnh của toán học. Tất cả các công trình của nhà toán học này về vô hạn, xét cho cùng, đều dựa trên hai khái niệm đơn giản tới không ngờ. Một tập hợp không gì khác chỉ là một sưu tập các đối tượng giống như bộ sưu tập tranh, tem hay các số nguyên. Nếu như hai bộ sưu tập đầu tiên là các tập hợp hữu hạn thì tập thứ ba là tập vô hạn. Khái niệm thứ hai là khái niệm tương ứng $1 - 1$ mà ta đã gặp. Nếu xét hai

tập hữu hạn, ta có thể nói một cách chắc chắn tuyệt đối rằng hai tập là bằng nhau, tức là chúng có cùng số lượng các phần tử, ngay khi ta có thể gán mỗi phần tử của tập thứ nhất với một phần tử duy nhất của tập thứ hai. Chẳng hạn như một tập gồm 4 nam và tập gồm 4 nữ. Ta có thể ghép 1 nữ với 1 nam để tạo thành 4 đôi. Cách ghép đôi cụ thể là hoàn toàn không quan trọng. Do có một tương ứng 1 - 1 giữa tập nam và tập nữ, hai tập này là bằng nhau. Tới đây thì chưa có gì là lạ cả.

Nhưng vấn đề sẽ rắc rối hơn đối với các tập vô hạn. Ta hãy xét 2 tập vô hạn do Galilei đưa ra, trong cuộc tranh luận giữa Salviati và Simplicio về những bí ẩn của vô hạn, trong tác phẩm *Deux nouvelles sciences* (Hai khoa học mới): tập các số nguyên và tập các số nguyên bình phương. Mỗi bình phương có thể gán với một số nguyên. Chẳng hạn, mỗi số bình phương 1, 4, 9, 16, 25,... có thể cặp đôi lần lượt với các số nguyên dương 1, 2, 3, 4, 5,... Theo tiên nghiệm, hai tập này có vẻ như bằng nhau, mặc dù dường như có nhiều số nguyên hơn là số nguyên bình phương. Thực vậy, tập các số nguyên dương không chỉ chứa các số bình phương mà còn chứa cả những số khác nữa không phải là bình phương. Nhưng trong khi Galilei chỉ dám nhấn mạnh nghịch lý đó, thì Cantor đã lật ngược lý lẽ một cách tài tình. Ông sẽ vẫn sử dụng khái niệm tương ứng 1 - 1 để định nghĩa “kích cỡ” (hay số phần tử) của một tập hợp (các nhà toán học gọi đó là “bản số” của một tập hợp). Ông đã táo bạo nói rằng khi hai tập hợp, bất kể là vô hạn hay hữu hạn, có thể xác lập một tương ứng 1 - 1 thì chúng phải có cùng số lượng các phần tử. Theo quy tắc này, số các số lẻ sẽ bằng số các số chẵn, và số

các số bình phương cũng bằng số các số nguyên. Điều này như có vẻ không hợp với lẽ phải thông thường nói rằng “toàn thể phải lớn hơn bộ phận”, nhưng những kinh nghiệm của chúng ta cần phải gói gọn trong thế giới hữu hạn mà thôi. Nó không còn là người chỉ dẫn đúng đắn nữa khi đối mặt với vô hạn. Về mặt tiên nghiệm mà nói, không có lý do gì để các tập vô hạn cũng phải tuân theo các luật của các tập hữu hạn. Chúng ta đã thấy rằng với các chuỗi vô hạn, các quy tắc thông thường của số học không còn áp dụng được nữa. Cantor đã sáng suốt nhận ra điều đó và dũng cảm tuyên bố một cách đồng dục rằng tính chất cơ bản nhất của một tập vô hạn là nó có thể có sự tương ứng 1 - 1 với chính một bộ phận của nó. Chính tính chất kỳ lạ này đã làm cho bạn luôn có phòng trống khi bạn tới khách sạn *Vô hạn*, ngay cả khi toàn bộ các phòng của nó đều có khách trước khi bạn đến!

Âm nhạc và các số vô tỷ

Lập một tương ứng 1 - 1 giữa các phần tử của một tập với tập các số nguyên dương, tức là gán chúng lần lượt với các số 1, 2, 3, 4, 5,... điều đó không gì khác chính là đếm chúng. Như vậy, Cantor đã hé mở cho chúng ta thấy tập bao gồm các số chẵn, số lẻ hay các số bình phương là có thể đếm được. Lần đầu tiên trong lịch sử tư tưởng toán học, một người dám đưa ra một định nghĩa chặt chẽ và chính xác, chứ không phải một cách mơ hồ và bí ẩn, về vô hạn. Nhưng bạn có thể phản đối một cách hợp lý rằng sở dĩ các tập này là đếm được là do chúng có những “khoảng trống” lớn giữa các phần tử: các khoảng trống 1 đơn

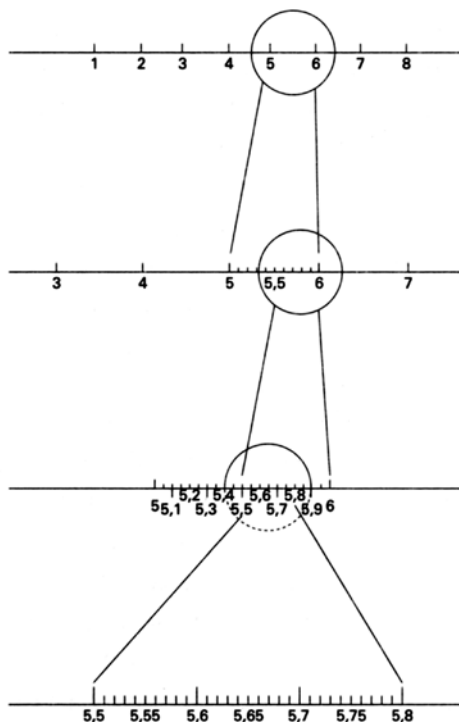
vị giữa các số nguyên, 2 đơn vị với các số chẵn hay lẻ, khoảng trống không ngừng tăng giữa các số bình phương liên tiếp. Thế nhưng, nói thế là bạn đã đi nhầm đường rồi.

Để xem bạn nhầm lẫn nặng nề như thế nào, hãy xét một tập các số “dày đặc” hơn rất nhiều, khoảng trống giữa các phần tử liên tiếp nhỏ hơn: đó là tập các “số hữu tỷ”. Các số này có thể được viết dưới dạng a/b , với a và b là các số nguyên (và b phải khác 0) như $1/2$, $4/5$ hay $7/8$, hay cũng có thể là 2 hay 5, bởi chúng có thể viết dưới dạng $2/1$ và $5/1$: các số nguyên chính là một tập con của tập các số hữu tỷ. Các phân số được con người biết tới ngay khi họ biết đếm. Thực tế, mỗi phép đo không cho kết quả là một số nguyên đều cần sử dụng tới chúng. Người Hi Lạp, đặc biệt là Pythagoras vào thế kỷ 6 tr. CN, đã nghĩ rằng mọi thứ trong tự nhiên đều có thể biểu thị bằng tỷ số của các số nguyên. Ý tưởng này rất có thể bắt nguồn từ âm nhạc. Pythagoras đã phát hiện ra rằng các nốt nhạc phát ra từ một sợi dây rung động tuân theo các tỷ số về chiều dài. Chẳng hạn, hai nốt cách nhau một quãng tám, thì một nốt tạo bởi toàn bộ sợi dây rung động, còn nốt kia tạo bởi rung động của một nửa sợi dây. Nói một cách khác, một quãng tám tương ứng với tỷ lệ 2:1 về độ dài. Các số hữu tỷ thống trị tư tưởng Hi Lạp cũng giống như lý trí thống trị triết học của họ.

Do có vô số các số nguyên nên cũng có vô số các phân số. Nhưng với một sự khác biệt cơ bản: các “khoảng trống” giữa các phân số nhỏ hơn rất nhiều so với các số nguyên. Chẳng hạn, ngay cả khi hai phân số rất gần nhau, ta cũng luôn tìm được một phân số khác nằm giữa chúng. Ví dụ, giữa hai phân

số cực kỳ gần nhau là $1/10.001$ và $1/10.000$, chỉ khác biệt một phần trăm triệu, tuy thế ta vẫn có thể đặt số $2/20.001$ vào giữa chúng. Ta có thể lặp lại quy trình này để đặt $4/40.001$ vào giữa hai số $2/20.001$ và $2/20.000$, và cứ tiếp tục như thế. Thực tế là ta có thể đặt vô số các phân số vào giữa hai phân số bất kỳ (xem hình). Các khoảng giữa hai phân số có thể được chia ra vô hạn. Ngược lại với vật chất không thể phân chia ra vô hạn (lý thuyết “chuẩn” của vật chất nói rằng vật chất không thể có các thành phần nhỏ hơn các thực thể có tên là “quark”), trong toán học không tồn tại thành phần cơ bản.

Tập các số hữu tỉ, dày đặc hơn rất nhiều và chứa các khoảng trống rất nhỏ liệu có phải là tập hợp không đếm được? Cantor trả lời là không. Vào năm 1874 ông chứng minh bằng một phương pháp tài tình rằng ta luôn có thể sắp xếp và đánh số toàn bộ các số hữu tỉ. Nói một cách khác, có thể lập một tương ứng 1 - 1 giữa tập hợp các số hữu tỷ với tập các số nguyên dương. Mặc dù có một sự khác biệt lớn về “mật độ”, nhưng hai tập này có cùng một kích cỡ. Rõ ràng là trực giác của chúng ta là người hướng dẫn tồi khi liên quan tới vô hạn! Cantor đã sử dụng ký hiệu $\aleph_0$ (Aleph 0, $\aleph$ là chữ cái đầu tiên trong bảng chữ cái Do Thái, và là biểu tượng của vô hạn trong Pháp truyền kinh thánh Do Thái).



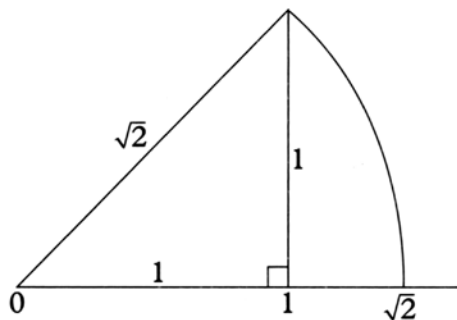
Mật độ của các số hữu tỉ (số có thể viết dưới dạng phân số; chẳng hạn như $5 = 5/1$, $5,5 = 55/10$, $5,55 = 555/100$) là rất lớn. Hình vẽ trên chỉ ra rằng giữa hai số hữu tỉ gần nhau bất kỳ, luôn có thể chen giữa chúng vô số các số hữu tỉ khác.

Các số vô tỉ có thể gieo rắc sự hoảng loạn trong dân chúng

Tới lúc này bạn có thể nghĩ như Cantor lúc đầu đã nghĩ rằng mọi tập vô hạn đều có thể đếm được. Một lần nữa bạn lại nhầm to! Ta đã thấy rằng các số hữu tỉ tạo thành một tập rất dày đặc. Nhưng liệu điều đó có nghĩa rằng mọi khoảng trống giữa hai số bất kỳ có thể lấp đầy hết bằng các số hữu tỉ hay không? Nói một cách khác, liệu mỗi điểm trên một đường thẳng vô hạn

đều tương ứng với một số hữu tỉ? Một lần nữa câu trả lời là hoàn toàn không! Mặc dù có mật độ rất lớn, các số hữu tỉ còn xa mới biểu diễn được từng điểm của một đường thẳng. Luôn có những điểm không gần được với bất kỳ một số hữu tỉ nào.

Những khoảng trống đó chỉ được lấp đầy với sự phát hiện của các nhà toán học về các số phi hữu tỉ, gọi là số “vô tỉ”. Chính việc xem xét hai vấn đề của hình học - tính đường chéo của một hình vuông có cạnh là 1 và tính chu vi của một vòng tròn - đã làm lộ ra sự tồn tại của các số kỳ lạ này và gây ra cuộc khủng hoảng nghiêm trọng đầu tiên trong lịch sử toán học. Khủng hoảng này chỉ có thể giải quyết được với việc đưa ra những thực thể mới trong toán học. Việc phát hiện số vô tỉ đầu tiên, căn bậc hai của 2 (tức $\sqrt{2}$), đã được gán cho Pythagoras. Theo định luật nổi tiếng của ông - có thể là định luật nổi tiếng nhất và được sử dụng nhiều nhất trong toán học - cạnh huyền c của một tam giác vuông cân có cạnh bằng 1 (hay tương đương với đường chéo của một hình vuông có cạnh bằng 1) thỏa mãn hệ thức $c^2 = 1^2 + 1^2 = 2$; tức là $c = \sqrt{2}$ (xem hình vẽ). Vô cùng ngạc nhiên, Pythagoras và các môn đệ của ông phát hiện ra rằng $\sqrt{2}$ không phải là một số nguyên, cũng không phải là tỉ số của hai số nguyên. Hoảng sợ, lúc đầu họ còn không dám chấp nhận $\sqrt{2}$ là một số! Truyền thuyết kể lại rằng họ choáng váng do phát hiện này đến mức họ đã thể giữ kín bí mật này, vì sợ sẽ gây hoảng loạn trong dân chúng. Tuy nhiên, một trong số họ là Hippasus, đã vi phạm và tiết lộ bí mật. Ông đã phải trả giá bằng mạng sống của mình: trong một chuyến đi biển, ông bị các đồng nghiệp quăng xuống biển.



Căn bậc hai của 2, độ dài của cạnh huyền một tam giác vuông cân có cạnh bằng 1, là một số vô tỉ, không thể biểu diễn bằng tỉ số của hai số nguyên. Hình trên là cách dựng hình của $\sqrt{2}$ bằng thước và compa.

Các môn đệ của Pythagoras rối trí bởi phát hiện của mình tới mức họ coi các số đó là “irrational” (có nghĩa thông thường là phi lý). Nhưng cần ý thức rằng đó chỉ là một cách lạm dụng từ ngữ: không nên nghĩ rằng các số vô tỉ đã tuột khỏi lý trí hay chúng hoàn toàn không có ý nghĩa gì. Thuật ngữ “vô tỉ” chỉ có nghĩa là chúng không biểu diễn được bằng tỉ số của hai số nguyên mà thôi. Nếu bạn dùng máy tính để tính $\sqrt{2}$, bạn sẽ nhận được kết quả xấp xỉ bằng 1,41421. Giá trị này chỉ có thể là xấp xỉ, bởi vì một tính chất đặc biệt của số vô tỉ chính là ta không thể viết nó bằng một số thập phân hữu hạn. Chỉ với vô hạn các chữ số sau dấu thập phân mới có thể biểu diễn giá trị “thực” của nó. Ngoài $\sqrt{2}$, còn có rất nhiều số vô tỉ khác. Thực tế là căn bậc hai của tất cả các số nguyên tố (số chỉ chia hết cho 1 và chính nó), như $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{7}$, $\sqrt{11}$, $\sqrt{13}$,... đều là các số vô tỉ. Và căn bậc hai của đa số các số không phải là số nguyên tố như $\sqrt{6}$, $\sqrt{8}$,... cũng thế.

Hai số vô tỉ nổi tiếng: π và con số vàng

Các số vô tỉ cũng xuất hiện trong toán học nhưng ở một bối cảnh khác. Lần này cũng vẫn liên quan tới vô hạn: đó là các chuỗi vô hạn, mà ta đã làm quen lúc trước. Các quy tắc đại số nói với ta rằng khi ta cộng, trừ, nhân hay chia hai phân số thì kết quả vẫn là một phân số. Nhưng điều đó chỉ đúng với tổng hay tích của một số hữu hạn các phân số. Nó sẽ không còn đúng nữa với tổng hay tích của vô số các số hữu tỉ, như trường hợp của các chuỗi vô hạn. Chẳng hạn, hãy xét chuỗi vô hạn của các số nghịch đảo của bình phương các số nguyên:

$$1/1 + 1/2^2 + 1/3^2 + 1/4^2 + \dots$$

Nhà toán học Thụy Sĩ Leonhard Euler (1707-1783) đã chứng minh được chuỗi này là hội tụ, tức là tổng của nó là một số hữu hạn. Tổng này không thể biểu diễn được bằng phân số mà qua số vô tỉ π nổi tiếng, tổng này là bằng $\pi^2/6$. Bài học rút ra ở đây là: khi vô hạn xuất hiện, π cũng sẽ xuất hiện. Số π , như ta đã biết, là tỉ số của chu vi với đường kính của một vòng tròn. Mặc dù được biết tới bởi người Babylon và Ai Cập cách đây hơn 20 thế kỷ, tính vô tỉ của nó chỉ được chứng minh vào năm 1761 bởi nhà toán học người Thụy Sĩ Joseph Heinrich Lambert (1728-1777). Ta đã biết Archimedes là người đầu tiên tính được giá trị của π bằng cách sáng tạo ra phương pháp các đa giác nội tiếp và ngoại tiếp vòng tròn. Ông đã chứng minh được rằng giá trị của π phải nằm trong khoảng $3+10/71$ và $3+1/7$. Trong suốt các thế kỷ sau đó, các nhà toán học đã phát hiện ra nhiều chuỗi vô hạn đáng chú ý khác cho phép tính ngày càng chính

xác giá trị của $\pi^{(10)}$. Chẳng hạn, nhà toán học Pháp François Viète (1540-1603) đã chứng minh được rằng π có thể được đánh giá bằng cách chỉ sử dụng số 2 trong liên tiếp vô hạn các phép cộng, nhân, chia và căn bậc hai bởi tích vô hạn sau:

$$2/\pi = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2+\sqrt{2}}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2+\sqrt{2+\sqrt{2}}}}{2} \dots$$

Nhà toán học Anh John Wallis (1616-1703) người đã nghĩ ra ký hiệu ∞ để chỉ vô hạn, đã phát hiện vào năm 1650 tích vô hạn sau:

$$\pi/2 = (2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 6 \dots)/(1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7 \dots)$$

Năm 1671, tới lượt nhà toán học người Scotland James Gregory (1638-1675) tìm ra một chuỗi vô hạn khác để tính giá trị của π :

$$\pi/4 = 1/1 - 1/3 + 1/5 - 1/7 + \dots$$

Bằng cách sử dụng các chuỗi và tích vô hạn này và đánh giá giá trị của một số ngày càng tăng các số hạng, về nguyên tắc ta có thể tính được giá trị của π với độ chính xác bất kỳ, với số chữ số thập phân như ta mong muốn. Nhưng cũng giống như trường hợp của $\sqrt{2}$, do π là một số vô tỉ, ta sẽ không bao giờ biết được giá trị “chính xác” của nó, bởi ta không thể tính toán một số vô hạn các số hạng. Tất nhiên, các máy tính hiện đại có thể tính toán một số rất lớn với tốc độ ngày càng tăng dần theo thời gian, và các nhà toán học cũng không ngần ngại nhờ đến

10. Eli Maor, *To Infinity and Beyond: A Cultural History of the Infinite* (Tới vô hạn và xa hơn: một lịch sử văn hóa của cái vô hạn), NXB Birkhäuser, 1987.

chúng. Hiện nay, các máy tính đã có thể tính được hơn mười nghìn tỷ (10^{13}) chữ số thập phân (xem hình vẽ). Đối với đại đa số các ứng dụng khoa học, việc biết tới hơn 40 chữ số thập phân của π rõ ràng là không cần thiết. Động lực chính để tính toán số chữ số thập phân ngày càng tăng chủ yếu là ham muốn luôn tiến xa hơn và phá các kỷ lục trước đó để thỏa mãn cái tôi của con người. Nhưng cũng có những động lực khoa học hơn: tính toán một số lượng lớn các chữ số thập phân của π cho phép biết được sự phân bố thống kê của chúng và xem có tồn tại hay không sự lặp lại hay các chu kỳ của các chữ số đó. Tới tận giờ không có một quy luật nào được phát hiện. Việc tính toán các chữ số thập phân của π cho phép thử nghiệm khả năng tính của các siêu máy tính và kiểm chứng độ chính xác của các thuật toán nhân. Còn với chúng ta, những người ngoại đạo, biết 5 chữ số thập phân của π (3,14159) đã là quá đủ dùng cho mọi tình huống gặp phải hàng ngày.

3,141592653589793238462643
 3832795028841971693993751
 0582097494459230781640628
 6208998628034825342117067
 9821480865132823066470938
 4460955058223172535940812
 8481117450284102701938521
 1055596446229489549303819
 6442881097566593344612847

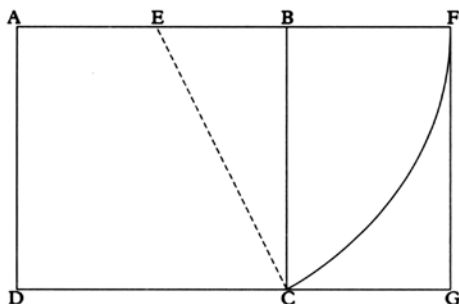
Số π , như tất cả các số vô tỉ, có vô hạn các chữ số thập phân. Hình trên chứa 224 chữ số đầu tiên.



Số vàng được coi là có một vai trò quan trọng trong việc xây dựng đền Parthenon ở Hi Lạp. Thực tế là mặt tiền của nó chính là một “hình chữ nhật vàng” (xem hình tiếp theo).

Một số vô tỉ khác cũng đã làm mê hoặc trí tưởng tượng của con người, dù họ là nhà toán học hay không, đó là “con số vàng”, được ký hiệu là φ . Được coi là số gắn với cái đẹp và sự hài hòa, và dùng để định nghĩa các kích thước chuẩn của mỹ học, nó cũng có một vai trò quan trọng trong kiến trúc Hi Lạp (xem hình trên). Người Ai Cập cũng sử dụng con số này khi xây dựng một số kim tự tháp như kim tự tháp Kheops (khoảng 2520 tr. CN). Gần đây hơn, kiến trúc sư Le Corbusier (1887-1965) đã dùng nó trong một số tác phẩm của ông. Con số vàng cũng được tìm thấy trong tự nhiên: lá của một số loại cây (như hướng dương) được xếp đặt theo con số vàng. Số này tương ứng với việc chia một đoạn thẳng có độ dài là 1 theo tỉ lệ “chuẩn”, được định nghĩa sao cho tỉ số của phần dài hơn (có độ dài là x) với phần nhỏ hơn (có độ dài là $1 - x$) bằng tỉ số của cả đoạn thẳng (có độ dài là 1) với phần dài hơn (có độ dài là x). Nói một cách khác $\varphi = x/(1-x) = 1/x$. Tương đương với phương trình $x^2 + x - 1 = 0$, phương trình này có nghiệm dương là $x = (-1 + \sqrt{5})/2$ (xem hình dưới). Từ đó ta tìm được con số vàng là $\varphi = (1 + \sqrt{5})/2$, có

giá trị xấp xỉ là 1,61803... Giống như $\sqrt{2}$, nó có vô số chữ số thập phân và trật tự không bao giờ lặp lại.



Để dựng hình số vàng φ , đầu tiên hãy vẽ một hình vuông có cạnh bằng 1. Dựng điểm E là trung điểm của đoạn AB. Lấy E làm tâm, vẽ một cung tròn bán kính EC cắt đoạn AB kéo dài tại F. Tỉ số giữa chiều dài và chiều rộng của hình chữ nhật AFGD, gọi là “hình chữ nhật vàng”, chính là số vàng $\varphi = (1 + \sqrt{5})/2$.

Các số vô tỉ như $\sqrt{2}$, π hay φ được chia làm hai loại: loại là nghiệm của một phương trình đại số, như trường hợp $\sqrt{2}$ (phương trình $x^2 - 2 = 0$) và φ (phương trình được cho ở đoạn trước) - và loại không phải là nghiệm, như π . Các số như π được gọi là các số vô tỉ “siêu việt”. Cũng giống như tên gọi vô tỉ không có ngụ ý gì về sự thiếu lý trí, từ “siêu việt” ở đây cũng không ám chỉ điều gì là siêu nhiên cả. Nó chỉ có nghĩa là những số như vậy không thể tính toán từ một phương trình.

Theo các suy ngẫm ở trên, ta có thể nói rằng có một cái gì đó vô hạn trong hình tròn (biểu hiện qua π), trong một đoạn thẳng (biểu hiện qua φ) và thực ra là trong tất cả các số vô tỉ.

Không phải tất cả các vô hạn đều bằng nhau

Ta đã thấy mặc dù các số hữu tỉ tạo thành một tập hợp lớn rất trù mật, nhưng chúng cũng không thể lấp đầy mọi khoảng trống giữa hai số bất kỳ. Nghĩa là chúng không thể biểu diễn tất cả các điểm của một đường thẳng liên tục. Giờ ta lại đã xác lập được sự tồn tại của các số vô tỉ và chúng không còn làm ta sợ hãi như ở thời Hi Lạp cổ đại nữa, vậy liệu ta có thể dùng chúng để lấp đầy tất cả các khoảng trống không? Câu trả lời là có. Nếu ta tập hợp tất cả các số hữu tỉ và vô tỉ, ta sẽ nhận được cái mà các nhà toán học gọi là tập các số thực. Nhưng, một lần nữa, ngôn ngữ thường ngày ở đây có thể gây nhầm lẫn: từ “thực” ở đây không có nghĩa là các số này có một sự tồn tại thực tế hơn các số khác! Các số thực cũng không “thực” hơn các số nguyên hay hữu tỉ.

Mọi số thực đều có thể biểu diễn bằng dãy các số thập phân, như 0,1, hay 0,124124..., hay 0,2020020002... Các dãy này được phân thành ba loại. Chúng là hữu hạn (0,1), là vô hạn tuần hoàn (0,124124...) hoặc vô hạn không tuần hoàn (trật tự các chữ số không bao giờ lặp lại). Hai loại đầu tiên gắn với các số hữu tỉ (chẳng hạn như $0,1 = 1/10$), trong khi loại thứ ba là các số vô tỉ. Như vậy, các số thực lấp đầy tất cả các khoảng trống của một đường thẳng liên tục.

Vậy tập số thực có kích cỡ như thế nào? Cantor tự hỏi. Hiển nhiên nó là vô hạn bởi vì nó chứa tập các số nguyên và số hữu tỉ, mà các tập này đều là vô hạn như ta đã biết. Hai tập vô hạn đó đều là đếm được: ta có thể lập một tương ứng 1 - 1 giữa các phần tử của chúng với tập các số nguyên - tức là đếm chúng.

Nhưng tập các số thực còn chứa cả tập các số vô tỉ. Liệu nó có đếm được không? Cần nhớ rằng “đếm” ở đây không mang nghĩa thông thường vì làm sao đếm được vô hạn? Một tập là đếm được nếu mỗi phần tử của nó có tương ứng 1 - 1 với một số nguyên. Bạn sẽ không bao giờ đi được đến cuối cùng của tiến trình này, nhưng điều quan trọng ở đây là điều đó là có thể. Cantor đã chứng minh được rằng không thể có tương ứng 1 - 1 giữa các số thực và các số nguyên: vô hạn của các số thực là vô cùng lớn hơn những vô hạn đếm được mà Cantor đặt tên cho là $\aleph_0$. Điều này có nghĩa là mọi vô hạn không phải đều bằng nhau, và một số vô hạn là có thể đếm được còn một số khác thì không!

Một mặt phẳng không chứa nhiều điểm hơn một đường thẳng

Sau khi chứng minh sự tồn tại của nhiều kiểu vô hạn khác nhau, Cantor chuyển sự quan tâm sang khái niệm chiều. Xét cho cùng thì việc xem xét các tập số với các mức độ vô hạn khác nhau cũng giống như việc xét các vật thể có chiều khác nhau. Khái niệm chiều là một khái niệm cơ bản của khoa học. Nhà toán học Hi Lạp Euclid (khoảng 330-260 tr. CN) nói rằng một điểm không có độ dài, một đường thẳng không có độ dày, và mặt phẳng không có độ sâu. Như vậy chiều của một điểm là 0, của đường thẳng là 1, của mặt phẳng là 2 và của một thể tích là 3. Einstein đã cho ta thấy rằng chúng ta tiến hóa trong một không-thời gian 4 chiều trong đó có 3 chiều không gian và 1 chiều thời gian. Lý thuyết dây (cho rằng các hạt cơ bản của vật chất không phải là điểm mà là kết quả đến từ dao động của

những sợi dây vô cùng bé) thậm chí còn đề xuất rằng không gian có 10 chiều (trong đó có 7 chiều bị tự cuộn lại và ta không thể nhận thấy chúng). Cantor đã đặt câu hỏi như sau: mức độ vô hạn của một thực thể toán học thay đổi như thế nào với chiều của nó? Chẳng hạn, mức độ vô hạn của một mặt phẳng có cao hơn một đường thẳng hay không? Lẽ phải thông thường nói với ta rằng chắc phải cao hơn bởi một mặt phẳng rộng lớn hơn rất nhiều so với một đường thẳng.

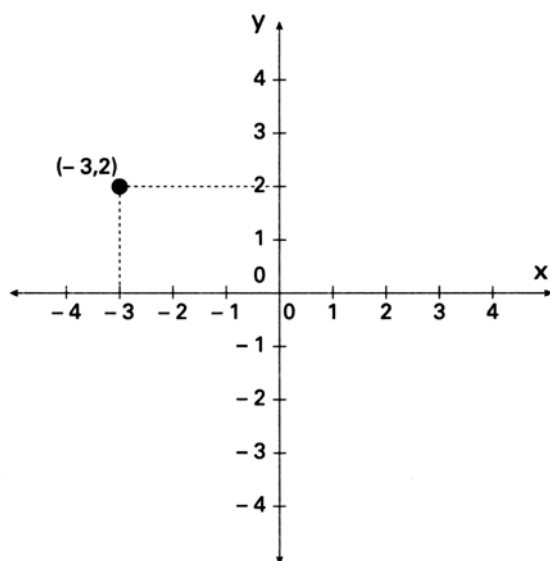
Để trả lời câu hỏi này, Cantor đã viện đến nhà toán học, vật lý và triết gia người Pháp René Descartes (1596-1650) (hình). Descartes là người đã nghĩ ra môn mà ngày nay gọi là “hình học giải tích”, được trình bày trong tác phẩm *La Géométrie*⁽¹¹⁾ (Hình học) xuất bản năm 1637 dưới dạng một phụ lục của tác phẩm nổi tiếng



Discours de la Méthode (Luận về phương thức). Trong tác phẩm này, Descartes đã thành công trong việc tổng hợp một cách tuyệt vời giữa đại số và hình học. Nói một cách khác, ông đã thiết lập được mối quan hệ giữa toán học không gian của hình học với các công thức đại số. Descartes tất nhiên không phải là người đầu tiên quan tâm tới vấn đề này. Người Hi Lạp đã biết là có tồn tại một kết nối giữa các số và các điểm trên một mặt phẳng hay của bất kỳ một hình hình học nào khác, nhưng họ chưa bao giờ thành công trong việc khai thác ý tưởng đó. Sự tài tình

11. René Descartes, *Oeuvres complète* (Toàn tập).

của Descartes là đã làm nốt phần còn lại: ông đề xuất chia một mặt phẳng (2 chiều) thành 4 phần, thiết lập cái được gọi là hệ tọa độ X-Y⁽¹²⁾. Tại gốc của hệ tọa độ này, X và Y đều có giá trị là 0. Tiến sang phải sẽ làm tăng giá trị của X, và về phía trái sẽ làm giảm nó. Cũng như vậy, tiến lên trên làm tăng Y và xuống dưới làm giảm nó. Bằng cách sử dụng hệ thống của Descartes, ngày nay được gọi là “hệ tọa độ Descartes”, ta có thể định nghĩa chính xác mỗi điểm của mặt phẳng vô hạn bằng cách đo chiều dài theo các trục X và Y, ta thu được một cặp số biểu diễn tọa độ X và Y của điểm đó (xem hình vẽ).



Trong tọa độ Descartes, vị trí của một điểm trên một mặt phẳng được xác định bởi một cặp số.

12. Quy ước do Descartes phát minh ra, theo đó các đại lượng đã biết được biểu diễn bằng các chữ cái đầu tiên của bảng chữ cái, và các biến số bởi các chữ cái ở cuối, vẫn còn được dùng tới ngày nay.

Hệ tọa độ Descartes trở nên có ích và phổ biến trong vô số các ứng dụng thực tế tới mức ta không còn nghĩ tới sự hiện diện khắp nơi của nó trong cuộc sống hằng ngày nữa. Thực vậy, các bản đồ địa lý chính là các phép chiếu của bề mặt Trái Đất lên một mặt phẳng, nhưng thay vì dùng X và Y ta dùng tọa độ Bắc-Nam và Đông-Tây. Các điểm ảnh trên màn hình máy tính hay máy ảnh được số hóa theo hệ tọa độ Descartes: các electron được bắn lên màn hình hai chiều tại các vị trí xác định bởi cặp tọa độ X và Y. Các ý tưởng của Descartes liên quan với mặt phẳng hai chiều đã được tổng quát hóa cho các vật thể ba chiều hay nhiều hơn. Chẳng hạn, một kiến trúc sư muốn nhờ máy tính để hiển thị một tòa nhà mà anh ta muốn xây, anh ta sẽ phải sử dụng một phần mềm chuyên dụng dựa trên hệ tọa độ ba chiều với tọa độ X, Y và thêm tọa độ Z nữa để thể hiện độ sâu.

Để trả lời câu hỏi: “Liệu trên mặt phẳng có nhiều điểm hơn so với một đường thẳng hay không?”, Cantor đã sử dụng tới hệ tọa độ Descartes. Descartes cho ta biết vị trí của mỗi điểm trên một mặt phẳng có thể xác định bởi một cặp số X và Y chẳng hạn như 0,4325134 và 0,8436321 (không mất tính tổng quát, Cantor đã lựa chọn tập trung vào các số giữa 0 và 1). Một cách tổng quát hơn, hai số này có dạng $0, a_1 a_2 a_3 \dots$ và $0, b_1 b_2 b_3 \dots$, với các chữ số a_n và b_n lấy các giá trị từ 0 tới 9. Cantor đã khám phá ra một cách rất tài tình để biến mỗi cặp tọa độ này thành một số duy nhất: số này bao gồm tất cả các chữ số của cả hai số ban đầu, nhưng chữ số của 2 số này sẽ đan xen nhau: $0, a_1 b_1 a_2 b_2 a_3 b_3 \dots$. Như vậy, cặp tọa độ trên sẽ gắn với số 0,48342356133241... Và như thế Cantor đã chứng minh được rằng mỗi điểm của một

mặt phẳng (xác định bởi một cặp số) tương ứng với một điểm duy nhất của một đoạn thẳng. Nói một cách khác, mặt phẳng hai chiều có số điểm đúng bằng số điểm trên một đường thẳng chỉ có một chiều!

Với lý luận tương tự, Cantor chứng minh được số điểm của không gian 3 chiều (chẳng hạn như một khối lập phương) hay của bất cứ không gian đa chiều nào cũng chỉ bằng số điểm trên một đường thẳng. Một kết quả thách thức lẽ phải thông thường: “Tôi nhìn thấy nó nhưng không dám tin vào mắt mình nữa!” ông viết như thế cho một người bạn, nhà toán học Richard Dedekind (1831-1916). Người bạn này đã chúc mừng công trình của ông, nhưng khuyên ông nên thận trọng hơn và không nên tấn công một cách quá thô bạo tới những ý tưởng đã có về các chiều, bởi ông có thể phải chuốc lấy những phiền phức từ phía những *quyền uy* của khoa học. Bất hạnh thay với Cantor, chuỗi các sự kiện tiếp theo đã chứng tỏ Dedekind quá có lý. Một số nhà toán học nổi tiếng đã chối bỏ kết quả về vô hạn của Cantor, bởi theo họ, chúng đã lật lại quá nhiều vấn đề của hình học tại thời điểm đó. Một sự từ chối gây ra nhiều hậu quả nặng nề đối với cuộc sống và sự nghiệp của Cantor, và đã dẫn ông tới loạn trí.

Chính Dedekind cuối cùng đã là người chứng minh được lý thuyết của Cantor về vô hạn hoàn toàn tương thích và nhất quán với phần còn lại của toán học. Chúng ta đã thấy đi thấy lại rằng lẽ phải thông thường không phải là một người dẫn đường tốt khi liên quan tới vô hạn! Khi ta dấn thân vào lĩnh vực này, ta không thể tin tưởng vào trực giác thông thường được nữa. Triết gia người Pháp Emmanuel Levinas đã biểu thị sự không

phù hợp của kinh nghiệm hàng ngày với sự lĩnh hội vô hạn như sau⁽¹³⁾: “Quan hệ với cái vô hạn chắc chắn không thể nói bằng kinh nghiệm - bởi vô hạn đã vượt quá tư duy nghĩ về nó”.

Borges và cuốn sách vô hạn

Các kết quả của Cantor đã tìm thấy tiếng vang trong tác phẩm của nhà văn người Argentina Jorge Louis Borges (1899-1986) (hình), tác giả thành công nhất trong việc diễn tả mối quan hệ ám ảnh giữa con người và vô hạn. Ở một trong những truyện viễn tưởng của ông, *Le livre de sable*⁽¹⁴⁾ (*El libro de arena* - *Sách cát*), ông có kể câu chuyện về một người sở hữu một cuốn sách phi thường có số trang vô hạn. Ông đã bắt đầu câu chuyện như sau:



Đường thẳng bao gồm vô số điểm; mặt phẳng có vô số đường; thể tích có vô số mặt phẳng; siêu thể tích có vô số các thể tích... Không, *hình học* hơn, hiển nhiên không phải là cách tốt nhất để bắt đầu câu chuyện của tôi.

Có thể ở đây Borges đã liên tưởng tới kết quả đầy kinh ngạc của Cantor, theo đó vô hạn của một đường thẳng cũng bằng

13. Emmanuel Levinas, *Totalité et infini. Essai sur l'extériorité* (Toàn thể và vô hạn. Luận về tính khách quan bên ngoài).

14. Jorge Louis Borges, *Le livre de sable*.

với vô hạn của một mặt phẳng hay bất kỳ một không gian đa chiều nào.

Cuốn sách này chứa toàn bộ tri thức của nhân loại. Nó là vô hạn, không có đầu cũng chẳng có cuối. Mặc dù tìm mọi cách để tới được trang đầu tiên bằng cách ấn mạnh nhất có thể ngón trỏ và ngón cái lên bìa, chủ nhân cuốn sách vẫn thấy luôn luôn còn vô hạn trang sách giữa bìa và ngón cái. Và mỗi khi lật một trang, ta sẽ không bao giờ tìm lại được nó nữa:

Người đó nói với tôi rằng cuốn sách tên là *Sách cát*, bởi vì nó cũng giống như cát, không có đầu cũng không có cuối.

Ông yêu cầu tôi tìm tới trang đầu tiên.

Tôi đặt tay trái lên bìa và dùng ngón cái và ngón trỏ ép sát nhau để mở cuốn sách. Tôi đã cố gắng một cách vô ích: vẫn luôn có các trang sách nằm giữa bìa và ngón cái. Có vẻ như chúng được nẩy ra từ cuốn sách.

- Giờ hãy tìm tới trang cuối đi.

Mọi cố gắng của tôi cũng thất bại như thế; tôi thắng thốt lấp bấp bằng một giọng nói không còn là của mình nữa:

- Điều này là không thể.

Vẫn với giọng thì thầm, người bán kính thánh nói với tôi:

- Điều này là không thể thế nhưng nó lại như thế. Số trang của cuốn sách này chính xác là vô hạn. Không có trang đầu cũng không có trang cuối. Tôi không biết tại sao chúng lại được đánh số trang như thế. Có thể là để cho ta hiểu rằng các phần tử của một chuỗi vô hạn có thể đánh số theo một cách nào đó.

Rồi như ý nghĩ của ông phát ra lời, ông ta nói thêm:

- Nếu không gian là vô hạn, chúng ta đang ở một điểm bất kỳ nào đó trong không gian. Nếu thời gian là vô hạn, ta đang ở một thời điểm bất kỳ nào đó.

Chắc chắn là Borges đã biết những tính chất của các chuỗi vô hạn và kết quả của Cantor về các số thực: giữa hai số thực bất kỳ, biểu thị bằng vô số các chữ số sau dấu phẩy, tồn tại vô số các số thực khác. Vô hạn của các số thực vô cùng lớn hơn vô hạn của các số nguyên hay hữu tỉ.

Người đàn ông hiểu rằng “cuốn sách đó rất quái gở”, và đó là “một vật của ác mộng, một thứ tục tĩu phỉ báng và làm bại hoại thực tại”. Ông ta muốn vứt bỏ nó nhưng lại có một vấn đề: đốt một cuốn sách vô hạn liệu có kéo theo vô hạn các hậu quả về ô nhiễm môi trường cho Trái Đất? Hay tốt hơn hết là “bỏ quên” nó đâu đó trên một giá sách của Thư viện Quốc gia nơi ông ta làm việc?

Tôi đã nghĩ tới lửa, nhưng tôi sợ rằng đốt một cuốn sách vô hạn cũng sẽ cháy vô hạn và khói của nó sẽ làm ngạt thở cả hành tinh.

Tôi nhớ ra đã đọc ở đâu đó rằng nơi tốt nhất để giấu một chiếc lá chính là khu rừng. Trước khi nghỉ hưu, tôi đã làm việc ở Thư viện Quốc gia, nơi có 900 nghìn cuốn sách; tôi biết rằng bên phải tiền sảnh có một cầu thang xoắn ốc đi xuống tầng hầm, nơi lưu trữ các tạp chí và bản đồ. Tôi đã lợi dụng phút lơ đãng của các nhân viên để giấu cuốn Sách cát trên một trong những giá sách âm thấp. Tôi cố không nhìn giá đó ở độ cao nào và cách cửa bao xa.

Vô hạn ở đây có dáng vẻ một cơn ác mộng...

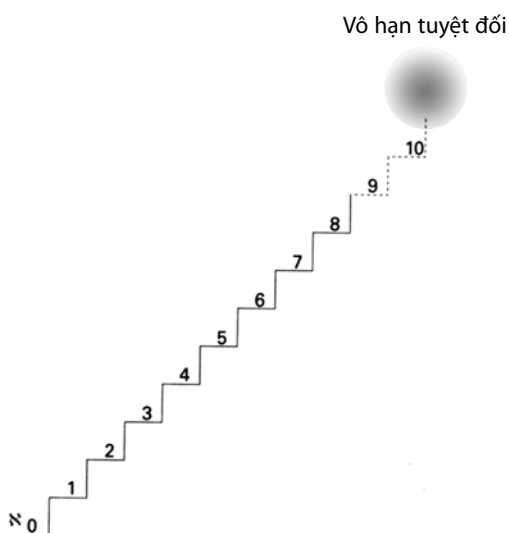
Một hệ thứ bậc vô hạn của các vô hạn

Cantor đã chứng minh được số điểm của mọi không gian đa chiều cũng bằng với số điểm của một đường thẳng, rằng số điểm này là vô hạn và vô hạn đó là không đếm được. Nhưng nhà toán học không dừng lại trên con đường tuyệt vời đó. Ông không chỉ chứng minh được sự tồn tại của vô hạn không đếm được mà còn đi đến kết luận có một hệ thứ bậc vô hạn của các vô hạn, và không thể có một vô hạn lớn hơn tất cả các vô hạn khác, có khả năng chứa được tất cả các vô hạn đó.

Để đi tới kết quả lạ lùng ấy, Cantor lần này đã sử dụng tới lý thuyết tập hợp. Hãy nhớ rằng, một tập hợp là một sưu tập các cá nhân hay đồ vật gọi là các “phần tử”. Vào những năm 1870, Cantor đã chứng minh rằng đối với mỗi tập hợp, có thể tạo ra từ đó một tập hợp lớn hơn, bao gồm các tập con của tập ban đầu. Chẳng hạn, với tập hợp ba người Bob, Alice và Françoise, kích cỡ (hay lực lượng) của tập này là 3. Từ đó, ta có thể tạo được cả thảy 8 tập con khác nhau: tập rỗng không chứa ai, ba tập con mỗi tập chứa một người, ba tập con chứa từng cặp (Bob và Alice, Alice và Françoise, Bob và Françoise) và tập con bằng với tập ba người. Nói một cách khác, kích cỡ của tập chứa các tập con của tập 3 người có kích cỡ bằng 2 mũ 3 ($2^3 = 2 \times 2 \times 2$) tức là 8. Tổng quát hơn, Cantor đã chứng minh được rằng tập các tập con của một tập kích cỡ N (bất kể vô hạn hay không) sẽ luôn có kích cỡ lớn hơn và bằng 2^N .

Ta biết rằng tập các số nguyên có kích cỡ vô hạn. Cantor đã gán cho vô hạn đó ký hiệu Aleph 0 ($\aleph_0$), mà ta có thể coi là cấp thứ nhất của vô hạn. Dựa trên lý thuyết tập hợp và kết quả trước,

Cantor đã xây dựng được một hệ thứ bậc vô hạn của các vô hạn ngày càng lớn dần. Xuất phát từ tập vô hạn đầu tiên $\aleph_0$, tương ứng với tập các số nguyên (hay các số nguyên bình phương), ông xét tập tiếp theo ký hiệu là $P(\aleph_0)$ chứa các tập con của tập các số nguyên, tập này có kích cỡ là $2^{\aleph_0}$, lớn hơn $\aleph_0$ rất nhiều. Ông lặp lại tiến trình này với tập $P(\aleph_0)$, tạo ra tập hợp chứa các tập con của $P(\aleph_0)$ với kích cỡ vô cùng lớn bằng $2^{2^{\aleph_0}}$, và cứ tiếp tục như thế tới vô cùng. Bằng cách đó, Cantor đã thu được một hệ thứ bậc vô hạn của các vô hạn: $\aleph_0, 2^{\aleph_0}, 2^{2^{\aleph_0}}, \dots$, mở toang cánh cửa vào khu vườn kì diệu của các vô hạn. Cũng giống như tồn tại một hệ thứ bậc trong mọi tổ chức xã hội, trong thế giới các vô hạn cũng tồn tại một hệ thứ bậc và hệ này cũng là vô hạn (xem hình vẽ).



Hệ thứ bậc vô hạn của các vô hạn của Georg Cantor.

Giả thuyết continuum

Nhưng nhà toán học này vẫn không dừng lại tại đây. Mặc dù đã chứng minh được sự dồi dào vô tận của các vô hạn và mở ra một gương mặt hoàn toàn mới của toán học, ông vẫn chưa hài lòng. Một câu hỏi vẫn ám ảnh ông: liệu việc thống kê các vô hạn bằng phương pháp tập các tập con có phải là đã vét hết toàn bộ hay còn nấp đâu đó trong bóng tối những kiểu vô hạn khác mà phương pháp của ông không thể liệt kê ra hết? Ta thấy ông đã chứng minh được cấp độ vô hạn của các số thực là vô cùng lớn hơn cấp độ vô hạn của các số nguyên. Thực ra, ông đã chứng minh được tập hợp các số thực có kích cỡ chính xác bằng $2^{\aleph_0}$. Nói một cách khác, tập của tất cả các tập con của các số nguyên có cùng số phần tử với tập các số thực. Câu hỏi đặt ra là: liệu có tập hợp vô hạn nào có độ vô hạn nằm trung gian giữa $\aleph_0$ và $2^{\aleph_0}$?

Để hiểu rõ hơn vấn đề này, hãy xét một tình huống tương tự, nhưng liên quan tới các tập hữu hạn, mà ở đó trực giác của chúng ta được coi là đáng tin cậy hơn. Hãy xét một tập có hai phần tử. Các tập chứa các tập con sẽ lần lượt có kích cỡ là $2^2 = 4$, $2^4 = 16$, $2^{16} = 65.536...$ Trong trường hợp này, ta thấy rõ là không thể chen vào giữa dãy này các tập có 3, 4, 5... phần tử. Và như thế khi liệt kê sẽ bị thiếu. Đương nhiên, tập các tập con chỉ là một phần nhỏ trong các tập hợp hữu hạn. Lúc đầu Cantor đã nghĩ rằng tình huống tương tự cũng sẽ xảy ra với các tập vô hạn, rằng có các tập có kích cỡ trung gian giữa $\aleph_0$ và $2^{\aleph_0}$. Nhưng mọi cố gắng của ông để tìm ra chúng đều vô ích. Sau nhiều năm miệt mài tìm kiếm không có kết quả, ông đã đổi ý

và cho rằng tập vô hạn có kích cỡ trung gian giữa $\aleph_0$ và $2^{\aleph_0}$ là không tồn tại. Nói một cách khác, các tập với kích cỡ $\aleph_0$ và $2^{\aleph_0}$ là liên tiếp nhau và không có “khoảng trống” hay gián đoạn giữa chúng. Đó chính là cái mà các nhà toán học gọi là “giả thuyết *continuum*” của Cantor.

Sau khi đưa ra giả thuyết *continuum*, Cantor cố gắng chứng minh nó. Ông vốn là người đã thám hiểm rất sâu rộng trong vùng đất của vô hạn, nên ta có thể nghĩ rằng việc đạt tới mục tiêu cuối cùng đó, đối với ông là chuyện chẳng khó khăn gì. Nhưng thực tế không phải như vậy. Sứ mạng này quả là một cơn ác mộng. Trong nhiều năm ròng, Cantor luôn dao động giữa mừng vui và ủ rũ: vui mừng khi sau hàng tuần lễ làm việc cực nhọc, ông nghĩ rằng đã tóm được chứng minh tưởng như không thể nắm bắt được về giả thuyết *continuum*; ủ rũ sau khi kiểm tra lại kết quả, ông tìm thấy những sai lầm nghiêm trọng trong chứng minh của mình và nhìn thấy nó tuột dần khỏi tay. Chính đặc tính khó nhằn này của giả thuyết *continuum*, cùng với sự tấn công ngày càng cay độc của các đồng nghiệp nhiều ảnh hưởng đã đẩy ông dần dần tới loạn trí.

Khi suy ngẫm về điều bất khả tưởng đã dẫn tới loạn trí

Cantor đã chứng minh rằng các độ vô hạn tăng không có giới hạn. Kết quả này làm ta liên tưởng tới những tranh cãi về bản chất vô hạn và không thể định nghĩa được của Chúa trong thần học và triết học. Nên không có gì đáng ngạc nhiên khi công trình của Cantor về vô hạn đã được đón tiếp tương đối tốt trong

giới này. Nhưng, bất hạnh thay cho ông, điều đó lại không đúng đối với một số đồng nghiệp của ông. Đặc biệt kẻ thù khốc liệt nhất trên con đường của Cantor lại chính là một thầy giáo cũ của ông ở Berlin, Leopold Kronecker, người đã làm mọi thứ để ngăn cản con đường sự nghiệp của ông.

Thế nhưng sự đối kháng này không phải lúc nào cũng diễn ra. Trước năm 1871, quan hệ của họ vẫn tương đối tốt, và chính nhờ vào sự giúp đỡ của Kronecker mà nhà toán học trẻ tuổi mới có thể viết được các bài báo đầu tiên và nhận được chân giảng dạy ở Đại học Halle. Nhưng ngay khi Cantor bắt đầu nghiên cứu về vô hạn, thái độ của Kronecker thay đổi hẳn. Hôm trước hôm sau, trong mắt của Kronecker, Cantor đã trở thành “kẻ làm hư hỏng lớp trẻ”. Kronecker là người bệnh vực và người bảo vệ của cái được gọi là trào lưu “hữu hạn luận” trong toán học: theo đó, mọi định nghĩa và chứng minh toán học đều phải được xác lập trong một số hữu hạn các bước; các chứng minh về sự tồn tại của một thực thể toán học cần phải cho phép tính được nó một cách chính xác; vô hạn, do không thể tính toán được một cách tường minh, nên cần phải loại bỏ khỏi toán học. Kronecker đã theo đúng tư tưởng của Aristotle: vô hạn chỉ có thể là tiềm tàng mà thôi. Thế nhưng, nhờ các công trình của Cantor, nó đã trở thành quá “hiện thực” đối với vị giáo sư người Berlin này. Lại có kẻ dám làm những tính toán với vô hạn và sử dụng nó để chứng minh sự tồn tại của cả một hệ thống thứ bậc của các vô hạn! Thật là quá quắt! Kronecker đã đồng dục tuyên bố: “Chúa chỉ tạo ra các số nguyên. Phần còn lại chỉ là sản phẩm của con người!” Với sự chống đối mạnh mẽ đối với vô hạn hiện

thực, ông ta sẵn sàng chối bỏ sự tồn tại các số vô tỉ như $\sqrt{2}$ hay π , tức là chối bỏ mọi tiến bộ đạt được trong toán học từ thời Pythagoras! Những cuộc tấn công kịch liệt này của Kronecker chống lại Cantor không hẳn luôn bị thúc đẩy bởi các lý do học thuật; chắc chắn nó còn xuất phát từ sự ghen tị của một vị giáo sư với người học trò cũ đã dám vượt qua mặt thầy.

Với sự phản đối gay gắt này cùng với tầm ảnh hưởng lớn của Kronecker, hi vọng trở thành giáo sư tại Đại học Berlin hay Göttingen của Cantor đã tan thành mây khói. Mỗi khi tên ông được đề xuất như là một ứng viên cho một vị trí giáo sư tại một trong hai trường đó, Kronecker lại lên tiếng phản đối. Vô cùng thất vọng, Cantor đã bị chặn lại ở một trường đại học hạng hai là trường Halle trong suốt 44 năm sự nghiệp, không có một chút hi vọng nào được thăng tiến vào một trường đại học nổi tiếng hơn. Thậm chí ông đã phải kêu cứu tới bộ trưởng bộ Giáo dục, như ông đã kể với một người bạn cũng là một nhà toán học: “Bổn phận của tôi là phải báo lên bộ trưởng. Tôi biết chính xác hậu quả hành động của mình: Kronecker sẽ nhảy dựng lên vì tức giận như là ông ta bị bỏ cạo cấn vậy và với đám lâu la, ông ta sẽ la hét ầm ĩ tới mức người ta tưởng như Berlin đã bị chuyển tới sa mạc Châu Phi giữa đám sư tử, hổ báo và linh cẩu vậy.”

Nhưng câu chuyện không dừng lại ở đó: là thành viên nhiều ảnh hưởng của hội đồng biên tập của nhiều tạp chí toán học có uy tín, Kronecker tìm mọi cách để cản trở hoặc làm chậm đăng một số bài báo của người học trò về vô hạn. Bất chấp rào cản mạnh mẽ này, Cantor vẫn công bố thành công các công trình quan trọng nhất của mình được thực hiện trong khoảng từ

năm 1874 tới năm 1884. Các ý tưởng về vô hạn của ông đã lan truyền như lửa rừng trong cộng đồng toán học, nhất là với các đồng nghiệp trẻ, và đôi khi gây nên những tranh luận và bàn cãi sôi nổi. Chỉ tới những năm 1900, rất lâu sau khi ông đã ngừng nghiên cứu, sự quan trọng của chúng mới được công nhận và các giải thưởng toán học cùng các phần thưởng khác mới bắt đầu cảm mốc cho hành trình của ông. Nhưng sự công nhận này tới chủ yếu là từ nước ngoài, Cantor đã phải than phiền vào năm 1908 rằng “các nhà toán học Đức có vẻ như không biết tôi trong khi tôi sống và làm việc với họ trong suốt 52 năm!”

Bị công kích bởi Kronecker, thất vọng do thất bại liên tiếp với giả thiết *continuum*, Cantor bị lâm vào trầm cảm theo từng cơn bắt đầu từ năm 1884, ngay sau ngày sinh nhật lần thứ 39 của ông. Những năm tiếp sau, các cơn trầm cảm của ông ngày càng một mau hơn, cùng với thời gian điều trị ngày càng dài hơn. Khi đó ông đã kết thúc việc giảng dạy tại đại học Halle. Những khi tỉnh táo, ông chuyển sang nghiên cứu lịch sử (ông có ý tưởng kỳ cục rằng chính triết gia người Anh Francis Bacon mới là tác giả đích thực các vở kịch của Shakespear và tìm cách chứng minh điều đó) và thần học. Cantor còn nghĩ rằng những công trình toán học của ông có thể giúp cho Giáo hội hoàn thiện các luận thuyết về vô hạn: “Tôi đã mang lại cho triết học thiên chúa một lý thuyết thực sự về vô hạn... Sự hoàn hảo tuyệt đối của Thiên Chúa cho phép tạo ra được một tập hợp vô hạn, và lòng nhân từ vô hạn của Người đã dẫn dắt Người tạo ra nó”. Ông thậm chí còn cố xin chuyển từ khoa toán sang khoa triết học của đại học Halle, nhưng đã bị từ chối. Thế nhưng ông không bao giờ từ bỏ

vấn đề *continuum*, ngay cả khi nếu tiếp tục nghiên cứu nó sẽ không tránh khỏi rơi vào trầm cảm. Số phận tiếp tục đầy đọa ông: vào năm 1899, ông mất người con trai út 13 tuổi. Cantor mất vào năm 1918 trong một bệnh viện tâm thần, 27 năm sau Kronecker, kẻ đã hành hạ ông.

Không ai đuổi chúng ta ra khỏi thiên đường

Ngày nay, Cantor được coi là người đã thuần phục được vô hạn. Những quan niệm của ông đã xâm nhập vào tất cả các nhánh của toán học; đa số các nhà toán học đã bị chinh phục bởi sự giàu có và màu mỡ của chúng, và nếu thiếu sự hiện diện của vô hạn, lĩnh vực nghiên cứu của họ sẽ nghèo nàn đi đáng kể. Kỹ sư và họa sĩ Leonardo Sinisgalli (1908-1981) đã tóm tắt một cách tuyệt vời sự đóng góp to lớn của Cantor trong tác phẩm *Horror vacui*⁽¹⁵⁾ (Nỗi sợ khoảng không) như sau: “Chính nhờ Georg Cantor mà chúng ta cảm nhận được độ dày, mật độ, sức mạnh của *continuum*, đo được vô hạn, trật tự của tập các số. Con đường đi tới sự thống nhất, từ thống nhất tới đa dạng, tới tận Chúa, nhờ thế mà ngày hôm nay, lần đầu tiên, chúng ta có thể đi hết con đường mà không gặp phải ổ gà hay hố tử thần nào. Không có con số nào mà ta không biết. Cantor đã tìm thấy vị trí phù hợp cho mỗi con số. Ông đã sắp xếp các điểm của một đoạn thẳng, một đường thẳng, của mặt phẳng, không

15. Leonardo Sinisgalli, *Horror vacui*, 1945.

gian và ông đã tìm ra cách đo đạc và so sánh các vô hạn này qua sự tương ứng.”

Hãy nghe thêm một vài nhà toán học lớn nữa bày tỏ lòng kính trọng với Cantor sau khi ông mất. Bertrand Russell (1872-1970) tuyên bố rằng “việc giải quyết những khó khăn gắn với các vô hạn toán học có thể coi là thành tựu vĩ đại nhất của thời đại chúng ta”, và David Hilbert (1862-1943) (hình trang 32) đã nói lời từ tận trái tim: “Không ai có thể đuổi chúng ta ra khỏi thiên đường mà Cantor đã tạo ra cho chúng ta!” Và ông còn nói thêm: “Không câu hỏi nào khác ngoài câu hỏi về vô hạn đã luôn ám ảnh cảm giác của con người; không một ý tưởng nào ngoài ý tưởng về vô hạn đã kích thích và làm màu mỡ lý trí của họ; không một khái niệm nào ngoài khái niệm về vô hạn là cần thiết phải được làm sáng tỏ.”

Trong một hội thảo nổi tiếng tổ chức ở Đại hội Toán học quốc tế tại Paris vào năm 1900, Hilbert, để đánh dấu thế kỷ mới và “vén lên tấm màn che phủ tương lai để dự đoán các tiến bộ toán học cho các thế kỷ sau”, đã liệt kê 23 vấn đề mà ông coi là quan trọng nhất đối với toán học. Việc chứng minh giả thuyết *continuum* do Cantor đặt ra là đúng hay sai đứng đầu trong danh sách đó. Nó vẫn tiếp tục ám ảnh trí não của các nhà toán học suốt 60 năm sau đó, giống như một đám mây đen báo hiệu cơn bão trên bầu trời xanh toán học. Vấn đề này mãi đến năm 1963 mới được giải quyết một cách đầy kinh ngạc. Nó chỉ ra rằng giả thuyết *continuum* không thể chứng minh được bởi vì nó vừa là đúng vừa là sai tùy theo cách ta đặt vấn đề. Phát hiện bất ngờ này đã truyền lan trong thế giới

toán học một sóng xung kích mà hiệu ứng của nó đến bây giờ vẫn còn cảm nhận được.

Gödel và các giới hạn của tư duy

Việc chứng tỏ giả thuyết *continuum* là không thể chứng minh, hay nói một cách tổng quát hơn là tư duy lý tính và suy luận logic đều có giới hạn, là do nhà toán học thiên tài người Áo Kurt Gödel (1906-1978) thực hiện. Ông làm điều đó là để trả lời cho một vấn đề khác - vấn đề đúng thứ hai trong danh sách - được Hilbert nêu ra trong bài phát biểu ở Paris vào đầu thế kỷ: chứng minh sự nhất quán của toán học. Thách thức do Hilbert đặt ra cho các đồng nghiệp là tìm ra một thủ tục tổng quát cho phép khẳng định mọi mệnh đề số học là đúng hay sai, và một khi làm được điều này, toàn bộ toán học sẽ được đặt lên một bộ logic chặt chẽ. Khẩu hiệu của Hilbert - ông đã cho khắc câu này lên trên bia mộ của mình - là: “Chúng ta phải biết! Và chúng ta sẽ biết!”

Chàng thanh niên Gödel đã chấp nhận thách thức của Hilbert một cách xuất sắc. Nhưng không theo nghĩa mà Hilbert mong muốn! Thay vì tìm một thủ tục tổng quát để chứng minh sự đúng đắn của mọi mệnh đề toán học, Gödel lại đi chứng minh rằng không thể tồn tại cái thủ tục tổng quát đó. Năm 1931, ông đã đưa ra một định lý có lẽ là lạ lùng và thần kỳ nhất của toàn bộ nền toán học, và thường được coi là phát minh logic quan trọng nhất của thế kỷ 20. Ông chứng minh rằng một hệ số học nhất quán và phi mâu thuẫn nhưng không tránh khỏi chứa chấp những

mệnh đề “không thể quyết định được”, tức là những mệnh đề toán học mà người không thể nói chúng là đúng hay sai, nếu chỉ dựa vào suy luận logic thuần túy. Mặt khác, ông cũng xác lập được rằng ta không thể chứng minh một hệ là nhất quán và phi mâu thuẫn nếu chỉ dựa trên các tiên đề (các mệnh đề cơ sở coi là đúng không cần chứng minh) của nó; để làm được điều này, cần phải ra ngoài hệ và áp đặt thêm một hoặc nhiều tiên đề phụ ở bên ngoài, điều này có nghĩa là hệ đó tự bản thân nó đã là không đầy đủ. Đó là tại sao định lý Gödel thường được gọi là “định lý bất toàn”.

Mặc dù Gödel chỉ chứng minh được kết quả này đối với một hệ số học, nhưng các hệ quả của tiếng sấm giữa bầu trời tĩnh lặng của toán học này là rất to lớn. Vượt ra ngoài toán học, ngày nay chúng ảnh hưởng tới cả những lĩnh vực tư duy rất khác nhau như triết học hay tin học: trong triết học bởi vì định lý này chứng minh rằng sức mạnh của tư duy lý tính không phải là không có giới hạn; còn trong tin học bởi vì nó phát lộ sự tồn tại của các vấn đề toán học không bao giờ có thể giải được bằng máy tính.

Giải thuyết continuum không thể chứng minh được

Sau khi đã xác lập được rằng trong toán học một số kết quả không bao giờ có thể được chứng minh, Gödel bắt đầu suy nghĩ tới vấn đề đã ám ảnh Cantor và đã khiến ông tới loạn trí: đó là giải thiết *continuum*. Liệu có tồn tại các vô hạn có kích cỡ nằm giữa $\aleph_0$ và $2^{\aleph_0}$ không? Nhưng ngay sau đó, cũng giống như Cantor vài thập kỷ trước, Gödel bắt đầu có những dấu hiệu tâm thần

mất cân bằng. Vậy là một lần nữa, việc nghiêng ngả về vô hạn hiện thực dường như lại dẫn tới con đường điên loạn. Nhưng khác với Cantor, Gödel không có kẻ thù mạnh như Kronecker để truy hại ông. Bị đau dạ dày và chứng khó thở (thực sự hay do tâm lý) ông mắc chứng cuồng ám lạ lùng, luôn tưởng tượng có kẻ thù muốn hạ độc mình và từ chối ăn thức ăn không được vợ kiểm tra trước. Mặc cảm này trầm trọng dần theo năm tháng và Gödel càng ngày càng ăn ít đi tới mức gần như là chết vì đói gần nửa thế kỷ sau đó!

Mặc dù có những thời kỳ bị trầm cảm, Gödel vẫn đạt được những tiến bộ trong việc giải bài toán *continuum*. Ông không chứng minh được giả thiết *continuum* là đúng, nhưng vào năm 1937, ông đã chứng minh thành công rằng cũng không thể chứng minh nó là sai. Nói một cách khác, nếu bạn giả định rằng giả thiết này là đúng, thì nó cũng sẽ không làm phương hại gì và không mâu thuẫn gì với lý thuyết tập hợp mà Cantor sử dụng để xây dựng nên giả thuyết của mình. Để hoàn tất công trình của Gödel, một nhà toán học trẻ người Mỹ tên là Paul Cohen, làm việc tại Đại học Stanford, đã chứng minh vào năm 1963 rằng việc kiểm tra tính đúng đắn của giả thiết *continuum* cũng là một nhiệm vụ bất khả thi! Vậy là vòng lặp đã được hoàn tất: giả thuyết *continuum* là mệnh đề “không thể quyết định được” - nó có thể vừa đúng vừa sai, ta không bao giờ có thể quyết định được một cách dứt khoát cả. Điều này có nghĩa là nó hoàn toàn độc lập với các tiên đề của lý thuyết tập hợp: ta có thể chấp nhận nó hoặc phủ định nó mà không hề mâu thuẫn gì với lý thuyết này.



Kurt Gödel và Albert Einstein (vào năm 1950) là đồng nghiệp và là bạn tại Viện nghiên cứu cao cấp ở Princeton, Mỹ. Hai người ưa thích bàn luận về khoa học và triết học trong những buổi đi dạo dài.

Chạy trốn sự tàn bạo của Đức Quốc xã, năm 1940, Gödel đã rời bỏ Vienne sang Mỹ, nơi ông ở cho tới cuối đời. Ông làm việc tại Viện nghiên cứu cao cấp ở Princeton, và kết bạn với Albert Einstein (hình). Sức khỏe tâm thần của ông tiếp tục tồi tệ dần. Giống như Cantor ngày trước, cảm thấy việc giải bài

toán *continuum* tuột dần khỏi tay, ông từ bỏ mọi công việc liên quan tới nó (bài báo khoa học cuối cùng của ông công bố năm 1958, trong khi mãi tới năm 1978, ông mới qua đời) và chuyển một cách đầy ám ảnh sang các vấn đề khác. Cũng giống như Cantor những năm cuối đời cố gắng chứng minh một cách vô vọng Shakespeare không phải là tác giả của những tác phẩm mà người ta gán cho ông, Gödel có một ý tưởng kỳ cục là triết gia và nhà toán học Gottfried Leibniz (1646-1716) là tác giả của các công trình mà sau này người ta cho là không phải, và Gödel nhận thấy mình có nhiệm vụ cần phải chứng minh và xác lập lại chân lý lịch sử. Gödel còn quan tâm tới vấn đề chứng minh sự tồn tại của Chúa, giống như Cantor hướng về các phương diện thần học của vô hạn lúc cuối đời. Ông nghĩ rằng, chỉ bằng logic thôi, có thể chứng minh sự tồn tại của Chúa một cách toán học. Không phải nói, mặc dù ông đã lao tâm khổ tứ trong nhiều năm dài, nhưng những nỗ lực của ông đã chẳng đi tới đâu. Vào dịp ông nhập quốc tịch Mỹ, năm 1948, ông thậm chí còn tuyên bố rằng mình đã phát hiện ra một lỗi logic trong hiến pháp của nước Mỹ, và lỗi này có thể tạo điều kiện dựng nên một chế độ độc tài ở nước ông nhập cư này! Với sự vô cùng lo lắng của Einstein, một trong những người bảo hộ, ông đã không ngần ngại trình bày một cách chi tiết lỗi logic này cho quan tòa, người sẽ quyết định có cho phép ông nhập quốc tịch hay không. May mắn thay viên quan tòa không để ý điều này và cuối cùng ông cũng đã được nhập quốc tịch Mỹ!

Trong nhiều buổi trò chuyện với Einstein, Gödel đã tỏ ra quan tâm sâu sắc tới thuyết tương đối của bạn mình. Dựa trên

các phương trình của Einstein, ông đã công bố vào năm 1949 một mô hình vũ trụ tĩnh (tức là không có sự giãn nở về mặt không gian) và quay. Mô hình này chủ yếu chỉ có ý nghĩa hàn lâm, bởi vì ngày nay ta đã biết rằng nó không giống với vũ trụ quan sát được đang giãn nở và không hề quay.

Như vậy, các thiên tài như Archimedes, Galilei, và nhất là Cantor đã hé mở được cánh cửa vào thiên đường của các vô hạn và bước vào trong đó. Họ đã phát lộ một số tính chất kì quái và lạ lùng của nó. Nhưng bởi vì Gödel đã chứng minh cho chúng ta thấy rằng sự tồn tại những giới hạn của tư duy lý tính, rằng chỉ với suy luận logic thôi thì không thể dẫn ta tới đích được, bản chất cơ bản của vô hạn sẽ mãi mãi nằm ngoài tầm với của chúng ta. Như nhà toán học Mỹ gốc Pháp André Weil (1906-1998) đã nói: “Chúa tồn tại, bởi vì cấu trúc của toán học là chặt chẽ; nhưng Quỷ cũng tồn tại bởi ta không thể chứng minh được nó!” Cantor đã dẫn ta vào khu vườn của những vô hạn toán học. Ông đã thuyết phục chúng ta rằng vô hạn không phải là tiềm tàng mà là hiện thực. Nhưng vô hạn hiện thực này liệu có chỉ tồn tại trong tư duy của các nhà toán học hay còn có cả vô hạn vật lý nữa?

Khi nói tới vô hạn vật lý, ta luôn nghĩ ngay tới thực thể lớn nhất và chứa đựng tất cả: đó là vũ trụ. Và bây giờ chúng ta sẽ hướng sự quan tâm của mình tới nó.



Điệu valse ngập ngừng của vũ trụ giữa hữu hạn và vô hạn

Nỗi hoang mang trước không gian vô hạn

Từ khi ngược mắt nhìn lên bầu trời đêm để quan sát vòm trời sao với vô vàn chấm sáng lấp lánh, con người đã cảm nhận thấy sự bao la của vũ trụ. Để làm giảm nỗi hoang mang khi đối diện với không gian vô hạn, họ đã không ngừng tổ chức thế giới xung quanh thành một sơ đồ chặt chẽ và thống nhất. Thực tế, tự nhiên không cảm lạnh: nó không ngừng gửi tới chúng ta những nốt nhạc rời rạc. Nhưng lại thiếu mất giai điệu thống nhất chúng lại. Nhiệm vụ của chúng ta là phải khám phá ra những bí ẩn của giai điệu bí mật này để có thể thưởng thức bản nhạc đó với toàn bộ vẻ đẹp rực rỡ của nó.

Khi cố gắng dựng lại giai điệu của vũ trụ, con người không

ngừng vấp phải câu hỏi về hữu hạn và vô hạn. Câu hỏi về kích thước của vũ trụ thực tế luôn được đặt ra: liệu vũ trụ là hữu hạn hay vô hạn? Liệu nó có giới hạn không, và nếu có thì giới hạn này trải ra tới đâu? Hay là nó không giới hạn mà trải ra vô cùng theo mọi hướng? Mỗi khả năng này đều dẫn tới những câu hỏi khác và khiến chúng ta phải lật lại những khái niệm quen thuộc về không gian và thời gian. Nếu vũ trụ có giới hạn, thì có gì ở phía bên kia? Không gian trống rỗng chẳng? Không gì cả chẳng? Những khả năng này cũng làm thay đổi cái nhìn về vị trí của chúng ta trong vũ trụ. Nếu vũ trụ là vô hạn theo không gian và thời gian, thì phải chăng địa vị của con người trong vũ trụ sẽ bị thu lại thành hư vô? Vũ trụ sẽ chả bận tâm gì tới sự có mặt của chúng ta? Phải chăng con người xuất hiện một cách ngẫu nhiên trong một vũ trụ hoàn toàn dừng đứng với nó?

Cũng như nhiều lĩnh vực khác của tư duy, chính người Hi Lạp đã có những bước đi đầu tiên. Họ chính là những người đã đưa vũ trụ khoa học vào vũ trụ học. Thay vì mù quáng tin vào các vị thần và bằng lòng với những quan sát mà không hiểu các hiện tượng tự nhiên như tổ tiên của họ ở thời kỳ thần thoại trước đó, người Hi Lạp đã có trực giác mang tính cách mạng rằng thế giới có thể phân thành các thành phần khác nhau và lý trí của con người có thể hiểu được các định luật chi phối hành vi và sự tương tác giữa các thành phần đó. Và như thế, tự nhiên cũng có thể là đối tượng để suy ngẫm và phán đoán. Việc hiểu các định luật tự nhiên, vốn chỉ dành cho thần thánh trong vũ trụ thần thoại, nay đã được chia sẻ với con người trong vũ trụ khoa học. Bắt đầu từ thế kỷ 6 trước CN, và trong suốt 7 thế kỷ

tiếp theo, rất nhiều mô hình của vũ trụ (hay các vũ trụ học) đã được nghĩ ra, và ngày càng tinh vi hơn. Cuối cùng, chúng đã đi tới vũ trụ của Ptolemy (khoảng 90-168), mô hình thống trị trong suốt 15 thế kỷ sau đó, tới tận thời kỳ Phục hưng ở Châu Âu.

Một thế giới vô hạn tạo thành từ các nguyên tử

Nền tảng của phương pháp khoa học đã dần dần được thiết đặt. Trong khi các vũ trụ học đầu tiên chủ yếu dựa vào các tư biện thuần túy triết học, thì những ràng buộc được áp đặt từ những quan sát về chuyển động của các hành tinh ngày càng trở nên quan trọng khi xây dựng các lý thuyết. Qua nhiều thế kỷ, việc biểu diễn thế giới cứ dao động giữa ý tưởng về một vũ trụ mở và vô hạn với một vũ trụ đóng hữu hạn. Các vũ trụ học đầu tiên vẫn còn mang âm hưởng của thần thoại và mô tả một vũ trụ vô hạn. Chẳng hạn, đối với nhà toán học và triết gia Thales (khoảng 624-548 tr. CN) nước là nguyên tố nguyên thủy tạo nên toàn bộ thế giới. Trái Đất, thế giới của các hiện tượng mà giác quan của chúng ta cảm nhận được là phẳng và hữu hạn. Nhưng thế giới hữu hạn này lại nổi trên một đại dương nguyên thủy được che phủ bởi một bầu trời hơi nước, cả hai đều là vô hạn. Các thiên thể như Mặt Trời, Mặt Trăng, các hành tinh, các ngôi sao cố định treo ở trên trời sẽ quay xung quanh Trái Đất mỗi 24 giờ. Anaximander (khoảng 610-546 tr. CN), một học trò của Thales, đã loại bỏ ý tưởng về một nguyên tố nguyên thủy duy nhất. Theo ông, thế giới là kết quả của sự tương tác và pha trộn giữa các đối lập: nóng và lạnh, ánh sáng và bóng tối, một ý tưởng rất gần với khái niệm âm dương của Trung Quốc. Trái

Đất có hình dạng như một chiếc cột bị đập dẹt nổi trên các vòng lửa liên tiếp là Mặt Trời, Mặt Trăng và các hành tinh. Một lần nữa, thế giới các hiện tượng vẫn là hữu hạn, nhưng nằm trong lòng một môi trường vô hạn.

Một trào lưu tư tưởng khác, thuyết nguyên tử, cũng tuyên bố mạnh mẽ ý tưởng về một vũ trụ vô hạn. Đối với Leucippus và Democritus (khoảng 470-380 tr. CN), những người sáng lập ra trường phái nguyên tử luận, các “viên gạch” cơ bản của vũ trụ là nguyên tử (tiếng Hi Lạp là *atomos* có nghĩa là không thể chia nhỏ), các hạt vật chất không thể chia nhỏ hơn. Vũ trụ được tạo thành từ vô số các nguyên tử này tiến hóa trong một không gian vô hạn và không có giới hạn. Do các nguyên tử khác nhau về kích cỡ và hình dạng này có thể tổ hợp với nhau theo vô số cách, các nhà nguyên tử luận dự đoán sẽ có một số vô hạn các thế giới tương ứng với tất cả các tổ hợp khả dĩ. Epicurus (341-270 tr. CN), một trong những người bảo vệ nhiệt thành cho nguyên tử luận, đã mô tả về sự vô hạn của vũ trụ như sau: “Có tồn tại vô số các thế giới, vừa giống lại vừa khác với thế giới chúng ta. Bởi các nguyên tử, là vô hạn về số lượng, được kéo ra xa trong không gian. Do bản chất của chúng là có sứ mệnh tạo ra hay nhào nặn các thế giới, chúng không thể cạn kiệt chỉ với một thế giới hay một số hữu hạn các thế giới... Sao cho chẳng có cản trở nào để có một số vô hạn các thế giới”. Và vì vũ trụ là vô hạn, nên phải tồn tại một số vô hạn các thế giới khác ngoài Trái Đất.

Ý tưởng về đa thế giới này, cùng với những suy tư về các trí tuệ ngoài Trái Đất, đã được ca tụng một cách tuyệt vời ba thế

kỷ sau đó bởi nhà thơ La Mã Lucretius (khoảng 98-55 tr. CN), người nổi tiếng về việc phổ biến thuyết nguyên tử trong bài thơ vũ trụ *De natura rerum* (Về bản chất của vạn vật): “Đầu tiên, không ở đâu, không theo hướng nào, chẳng phải cũng chẳng trái, chẳng trên cũng chẳng dưới, vũ trụ không có giới hạn; ta đã chỉ cho người, bằng chứng hiển nhiên, hiển hiện trong tự nhiên kể cả từ khoảng không. Nếu như khắp nơi trải ra một không gian tự do không giới hạn, nếu các hạt giống vô số nhân lên vô hạn bay khắp nơi và vĩnh viễn, liệu có thể tin rằng địa cầu và bầu trời của chúng ta là duy nhất, và ngoài xa kia chỉ là sự nhàn rỗi dành cho các nguyên tử?... Nếu như các lực là như nhau và cùng một tự nhiên tồn tại để tập hợp chúng ở mọi nơi và cũng theo cùng một trật tự như các nguyên tử của thế giới chúng ta, cần phải công nhận rằng các vùng khác của không gian cũng sẽ có địa cầu, con người và các động vật hoang dã của chúng⁽¹⁶⁾.” Nhưng do thiếu các bằng chứng thực nghiệm (sự tồn tại của các nguyên tử chỉ được khẳng định 25 thế kỷ sau đó) tư tưởng nguyên tử luận đã không được áp đặt. Nó bị chỉ trích bởi chính Plato (khoảng 424-348 tr. CN) và Aristotle (384-322 tr. CN), họ đề xuất ra một mô hình vũ trụ khác trong đó các thiên thể được cố định trên các mặt cầu đồng tâm bao quanh một Trái Đất cố định. Vứt bỏ giả thuyết về một vũ trụ vô hạn, Aristotle lại nghĩ rằng nó là hữu hạn, chứa một lượng hữu hạn vật chất, với một tâm và một đối xứng. Đối với ông, một vũ trụ

16. Lucretius, *De natura rerum*, bản dịch ra tiếng Pháp của Henri Clouard, NXB Flammarion, 1964.

vô hạn với vô hạn các hành tinh như Trái Đất không thể có sự cân bằng như vũ trụ có duy nhất một tâm. Tư tưởng “hữu hạn” của Aristotle sẽ loại bỏ tư tưởng “vô hạn” của các nhà nguyên tử luận trong suốt 2000 năm sau đó.

Mặt cầu ngoài của các ngôi sao và giới hạn của vũ trụ

Vào thế kỷ 6 trước CN, Pythagoras (khoảng 570-480) đã đưa sự chặt chẽ của toán học vào tư tưởng về vũ trụ. Theo ông, Trái Đất có được hình dạng toán học “hoàn hảo nhất” đó là hình cầu. Trái với các mô hình vũ trụ địa tâm sau này, với Trái Đất bất động nằm ở vị trí trung tâm, vũ trụ của Pythagoras đặt ở trung tâm một ngọn lửa lớn vô hình, và quay xung quanh là đối-Trái Đất, Trái Đất, Mặt Trăng, Mặt Trời và 5 hành tinh được biết tới lúc đó là Thủy tinh, Kim tinh, Hỏa tinh, Thổ tinh và Mộc tinh cùng với các ngôi sao khảm trên một tinh cầu (chúng phải trong suốt để các thiên thể có thể nhìn thấy được), vẽ lên các hình tròn hoàn hảo. Hoàn toàn hài hòa như âm nhạc, chuyển động của chúng tạo nên “giai điệu của các tinh cầu”. Phải thừa nhận sự tồn tại của một phản-Trái Đất, nhằm bảo vệ Trái Đất khỏi cái nóng khủng khiếp của ngọn lửa ở trung tâm, cốt là để tổng các đối tượng trên đủ là 10, một con số hoàn hảo.



Các vũ trụ sau này lấy lại một phần các ý tưởng của Pythagoras. Vào thế kỷ 6 trước CN, Plato (hình) đã đề xuất một vũ trụ với Trái Đất, có dạng hình cầu, nằm ở tâm một mặt cầu khổng lồ bên ngoài trên đó khảm các hành tinh và các ngôi sao. Mặt cầu này,

có chuyển động quay thường nhật để giải thích chuyển động của các thiên thể, chính là giới hạn của vũ trụ, và như vậy vũ trụ là hữu hạn. Nhưng vũ trụ hai hình cầu này không giải thích được chuyển động đặc biệt của các hành tinh so với các ngôi sao. Thực vậy, khi ta nhìn thấy được các hành tinh, chúng chuyển động ngang qua bầu trời từ đông sang tây vào ban đêm như tất cả các ngôi sao. Nhưng hết đêm này sang đêm khác, chúng thay đổi vị trí của mình so với các ngôi sao, rồi dần dần chuyển động từ tây sang đông, vì thế mà chúng có tên là “hành tinh” (theo tiếng Hi Lạp có nghĩa là kẻ “lang thang”). Trong khi đó, các ngôi sao lại là cố định đối với nhau. Điều kỳ lạ hơn nữa là đôi khi các hành tinh có vẻ như dừng hẳn rồi quay ngược lại so với các ngôi sao; khi đó chuyển động của chúng được gọi là “lùi” từ đông sang tây trong một khoảng thời gian, rồi lại trở lại như bình thường từ tây sang đông.

Để giải thích chuyển động của các hành tinh và “giữ thể diện” bằng mọi giá, Eudoxus (khoảng 406-355 tr. CN), đồng thời với Plato, đã biến vũ trụ hai hình cầu của Plato thành một vũ trụ đa hình cầu. Đối với Trái Đất bất động ở tâm, và mặt cầu các ngôi sao bên ngoài là biên của vũ trụ, ông thêm vào các mặt cầu đồng tâm khác cho mỗi hành tinh. Sau đó dựa trên nguyên tắc mọi chuyển động đều có thể giải thích bằng cách chồng chập các chuyển động tròn đều, và để giải quyết vấn đề chuyển động lùi của các hành tinh, Eudoxus đã cho rằng sự quay của các mặt cầu hành tinh phải kèm theo sự quay của các mặt cầu phụ gắn với mặt cầu hành tinh và có trục quay nghiêng. Tổng cộng Eudoxus cần tới 33 mặt cầu để giải thích các quan sát vào thời đó.

Bước tiếp theo được Aristotle hoàn tất để thể hiện lại những quan sát ngày càng chính xác hơn về chuyển động của các hành tinh, và ông phải cần tới 55 mặt cầu. Vũ trụ của Plato và Aristotle đã đạt tới đỉnh cao nhất hai thế kỷ sau đó với nhà thiên văn Ptolemy, ông đã tổng hợp các tri thức của các thế kỷ trước và dựng nên một vũ trụ địa tâm được chấp nhận tuyệt đối trong suốt 1500 năm sau đó.



Trong vũ trụ địa tâm của Aristotle và Ptolemy, Mặt Trăng, Thủy tinh, Kim tinh, Mặt Trời, Hỏa tinh, Mộc tinh và Thổ tinh (cùng với Trái Đất, chỉ có 5 hành tinh được biết tới vào thời đó) và tinh cầu của các ngôi sao cố định quay đồng tâm, với tâm là Trái Đất bất động.

Ptolemy giữ lại trong mô hình của ông ba tính chất chính của các mô hình vũ trụ trước đó: Trái Đất là tâm của tất cả, chuyển động của các hành tinh là tròn đều, mặt cầu phía ngoài của các ngôi sao là giới hạn của vũ trụ, và như vậy vũ trụ là hữu hạn. Thế bán kính của mặt cầu bên ngoài này là bao nhiêu?

Nói chung, người Hi Lạp không tìm cách đánh giá độ lớn của vũ trụ. Một số bộ óc dũng cảm đã cố gắng làm việc này, nhưng họ đưa ra những kết quả nhỏ hơn rất nhiều so với kích thước thực! Chẳng hạn như Empedocles (khoảng 490-430 tr. CN) đã đánh giá bán kính này chỉ lớn gấp ba lần khoảng cách từ Mặt Trăng tới Trái Đất! Một vũ trụ nhỏ như thế chỉ có thể chứa các thiên thể còn bé hơn nữa! Heraclitus (kh 540-474 tr. CN) nghĩ rằng Mặt Trời chỉ có đường kính là 30cm, một điều thậm vô lý! Sau đó, Aristarch (khoảng 320-250 tr. CN) sửa lại kết quả này và cho nó một giá trị hợp lý hơn rất nhiều: khoảng bảy lần đường kính của Trái Đất, tức là 90.000km, nhưng vẫn nhỏ hơn giá trị thật 16 lần!

Nghịch lý của vũ trụ hữu hạn, hay liệu ta có thể phóng lao vượt ra khỏi mặt cầu bên ngoài của các ngôi sao?

Đặt ra một giới hạn cho vũ trụ sẽ làm nảy sinh vấn đề và làm xuất hiện các nghịch lý: những người Hi Lạp theo chủ nghĩa “hữu hạn” cũng đã ý thức được điều đó. Vào thế kỷ 4 trước CN, triết gia Architas xứ Tarentum (428-347 tr. CN) đã đưa ra nghịch lý của vũ trụ hữu hạn như sau: “Giả sử vũ trụ có biên. Nếu tôi đứng gần biên đó, liệu tôi có thể thò tay qua đó được không? Và sẽ thật vô lý để nghĩ rằng điều đó là không thể. Còn nếu có thể, thì nghĩa là phải có một không gian ở phía bên kia giới hạn đó của vũ trụ. Như vậy là phải tồn tại một không gian mới ở phía bên kia mặt bên ngoài của các ngôi sao. Và nếu luôn tồn tại một không gian mới phía bên kia biên, thì không gian sẽ cần phải trải rộng ra vô hạn”. Do đó vũ trụ phải là vô

hạn. Nó không thể có biên nếu như không muốn có nghịch lý (Ảnh màu 9).

Nghịch lý này được dùng lại sau đó bởi nhiều tác giả khác, nhưng thay vì bàn tay, họ dùng ngọn lao hay hòn đá được ném từ biên là mặt cầu bên ngoài của các ngôi sao. Liệu ngọn lao có quay trở lại vũ trụ hay mất hút sang phía bên kia? Nghịch lý này không được giải quyết cho tới tận thế kỷ 19 với sự xuất hiện của hình học được gọi là phi Euclide.

Tiếp sau sự huy hoàng của tư tưởng Hi Lạp là 15 thế kỷ đầy ắp những sự kiện: sự sáp nhập của Hi Lạp vào đế chế La Mã vào thế kỷ 2 trước CN, sự lên ngôi của Thiên Chúa giáo thành tôn giáo chính thức của đế chế vào khoảng năm 300, sự sụp đổ của đế chế La Mã vào thế kỷ thứ 6, sự tiếp nối ngọn đuốc văn minh và khoa học của thế giới A rập hồi giáo, việc dịch các tác phẩm lớn của Hi Lạp sang tiếng A rập trong khoảng từ năm 750 tới 1000, việc tái phát hiện tư tưởng Hi Lạp ở ngay năm 1000 của phương Tây. Trong thế giới trung cổ, tri thức chuyển vào tay Giáo hội. Lo lắng lớn của Giáo hội chính là dung hòa vũ trụ Hi Lạp cổ đại với vũ trụ Thiên Chúa giáo. Với Aristotle, Chúa không xuất hiện một cách tường minh. Một khi được tạo ra và chuyển động, các hành tinh sẽ quay mãi mãi. Không có khởi đầu cũng chẳng có kết thúc. Mặc dù vũ trụ của Aristotle là hữu hạn về mặt không gian (phù hợp với nỗi sợ hãi vô hạn hiện thực), nhưng nó lại là vô hạn theo thời gian. Theo quan niệm của Aristotle, thời gian, cũng như chuyển động, không có khởi đầu cũng chẳng có kết thúc. Điều này không phải là không gây ra những khó khăn về mặt thần học trong vũ trụ

Thiên Chúa giáo, bởi vì ở đây vai trò của Chúa rõ ràng hơn rất nhiều: “Chúa tạo ra trời và đất.” Do đó, vũ trụ là có khởi đầu. Nó không phải là vĩnh hằng.

Trước năm 1000, các nhà tư tưởng A rập như Al Kindi (khoảng 800-870) hay Avicenna (980-1037) đã chống lại tư tưởng Aristotle về sự vĩnh hằng của thế giới: nếu không gian là hữu hạn, thế tại sao thời gian lại không phải như thế? Tại sao lại không có sự khởi đầu của vũ trụ?

Việc tổng hợp vũ trụ của Aristotle với vũ trụ của Thiên Chúa giáo đã được hoàn thành vào thế kỷ 13 do một tu sĩ dòng Dominic là Thomas d'Aquin (1225-1274). Trái Đất vẫn là tâm của vạn vật. Mặt Trăng, Mặt Trời, các hành tinh và các ngôi sao vẫn tiếp tục quay quanh nó, và nằm trên các tinh cầu. Ngoài ra, người A rập đưa vào một mặt cầu phụ nữa nằm bên ngoài mặt cầu các vì sao, được gọi là mặt cầu nguyên thủy, được Chúa cho ban cho một chuyển động quay không đổi. Chúa thực sự hiện diện và thống trị cõi trời, vùng linh thiêng của các ngọn lửa vĩnh hằng bên ngoài mặt cầu nguyên thủy. Nhưng trong vũ trụ của thánh Thomas d'Aquin, cõi trời vẫn còn ở một khoảng cách giới hạn, tức vũ trụ là hữu hạn. Trong cách hình dung này về thế giới, nghịch lý ném lao từ biên của vũ trụ đã được giải quyết theo cách sau: hoặc là ngọn lao do được tạo thành từ các phần tử thuộc Trái Đất nên sẽ không vượt qua được ranh giới của thế giới vật chất và sẽ rơi trở lại Trái Đất, nơi đã sinh ra nó; hoặc là nó sẽ vượt qua biên giới của thế giới vật chất và thế giới linh thiêng, trường hợp này nó không còn là vật chất nữa mà sẽ biến thành phần tử linh thiêng.

Nếu Chúa là vô hạn, tại sao vũ trụ lại không phải như thế?

Thật nghịch lý là chính việc đưa trở lại tôn giáo vào vũ trụ học đã làm phát triển yếu tố khoa học trong các mô hình vũ trụ sau đó. Thần học Thiên Chúa giáo đã làm vỡ tan các biên giới của một vũ trụ hữu hạn để lại một lần nữa làm nghiêng cán cân về phía vũ trụ vô hạn. Các nhân vật của Giáo hội - đặc biệt là Etienne Tempier, giám mục Paris vào thế kỉ 13 - đã xem xét vũ trụ của Thomas d'Aquin và dần dần tìm thấy ở đó những yếu tố trực tiếp đối lập với thần học hiện hành. Vũ trụ của thánh Thomas d'Aquin là hữu hạn và bị giới hạn bởi cõi trời, nơi ngự của các thánh thần. Nhưng Chúa của tôn giáo này, là vô hạn và hiện diện ở khắp nơi, ngự ở mọi nơi. Hạn chế Ngài chỉ ở một chỗ cũng chẳng khác gì nghi ngờ quyền năng vô hạn của Ngài. Nếu Chúa là vô hạn, thì tại sao chính vũ trụ lại không phải là vô hạn? Mặt khác, liệu có phải là quá tự phụ khi con người cho rằng mình là trung tâm của thế giới? Tại sao Chúa, người ngự ở khắp mọi nơi, lại không chiếm vị trí trung tâm?



Hay hơn nữa, hồng y người Đức Nicolas de Cues (1401-1464) (hình), vào thế kỷ 15, đã đưa ra lý lẽ sau: do Chúa là vô hạn, hiện diện ở mọi nơi, và là trung tâm của mọi nơi, mọi nơi trong vũ trụ đều phải là trung tâm. Trong tiểu luận *De docta ignorantia* (Về bất tri khoa học) xuất bản năm 1440⁽¹⁷⁾, ông viết: “Thế giới

17. Nicolas de Cues, *De docta ignorantia*, Rivages, 2008.

có tâm ở khắp nơi và chu vi của nó không ở đâu cả.” Nhưng do tất cả đều là tâm, nên chẳng có gì là tâm: vòm trời sao phải là như nhau từ mọi điểm quan sát trong vũ trụ. Ý tưởng cho rằng không có nơi nào là đặc biệt trong vũ trụ và các tính chất về trung bình là như nhau ở mọi nơi, hiện nay được biết đến dưới tên “nguyên lý vũ trụ học”. Nó sẽ được Einstein và các nhà vũ trụ học khác sử dụng 5 thế kỷ sau đó để xây dựng các mô hình vũ trụ và được xác nhận bằng thực nghiệm trong nửa sau của thế kỷ 20 bởi các quan sát chính xác về bức xạ hóa thạch tràn ngập toàn bộ vũ trụ.

Nicolas de Cues cũng là người bảo vệ cho sự vô hạn của vũ trụ và đa thế giới: Chúa không thể bị hạn chế trong hành động của Ngài; “nguyên lý đủ đầy” muốn rằng cả sự sáng tạo của Ngài cũng không bị hạn chế. Như vậy, các vấn đề được lật lại không phải chỉ là vị trí trung tâm của Trái Đất mà cả ý tưởng về sự bất động của nó, mà cho tới lúc đó vẫn còn là bất khả xâm phạm. Liệu có phải là báng bổ không khi tin rằng Chúa, với các quyền năng vô hạn của mình, không thể thắng được sự bất động của Trái Đất và làm cho nó quay? Xét cho cùng thì vị giám mục người Pháp Nicole Oresme (khoảng 1320-1382) chẳng phải là đã đưa ra một nhận xét rất chính xác rằng mọi chuyển động đều là tương đối sao? Chuyển động của các thiên thể trên bầu trời cũng có thể là do chúng quay xung quanh Trái Đất đứng yên hoặc do Trái Đất quay xung quanh chúng. Một thủy thủ trên một con tàu xuôi dòng trông thấy hai bờ chạy hai bên sẽ có cảm giác nhầm lẫn rằng con tàu bất động và hai bờ song song đang chuyển động. Vậy thì liệu ta có bị nhầm lẫn như người thủy thủ

trên con tàu kia không? Nicole Oresme hỏi. Và nếu như Trái Đất quay chứ không phải là các ngôi sao?

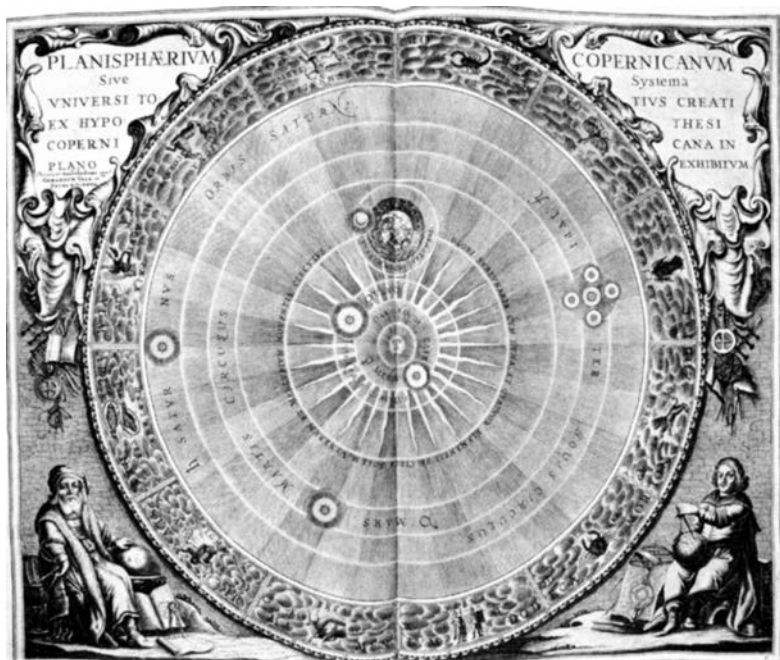
Người đưa Trái Đất ra khỏi vị trí trung tâm của vũ trụ



Chính một nhân vật khác của Giáo hội, phụ tá giám mục người Ba Lan Nicolas Copernicus (1473-1543) (hình), đã đưa Trái Đất ra khỏi vị trí trung tâm của vũ trụ và đẩy nó chuyển động, đồng thời phát động một cuộc cách mạng trí tuệ mà chúng ta vẫn còn thấy ảnh hưởng cho tới tận ngày nay. Trong vũ trụ nhật tâm của Copernicus, Mặt Trời chiếm vị trí trung tâm của vũ trụ, và Trái Đất chỉ còn là một hành tinh bình thường quay xung quanh nó giống như các hành tinh khác (xem hình dưới). Do Trái Đất chuyển động, chuyển động lùi của các hành tinh có thể được giải thích một cách tự nhiên: đó là kết quả của việc ta quan sát các hành tinh ở một nơi, trên Trái Đất, cũng chuyển động. Chuyển động lùi của các hành tinh xảy ra mỗi khi Trái Đất bị một hành tinh khác vượt qua hoặc vượt qua một hành tinh khác. Những chuyển động này chỉ là biểu kiến, còn các hành tinh thực sự không hề chuyển động lùi.

Tuy nhiên, Copernicus không thể loại bỏ hoàn toàn các khái niệm của Aristotle. Quỹ đạo của các hành tinh vẫn có dạng đường tròn hoàn hảo mà người Hi Lạp ưa chuộng, đồng thời chuyển động của chúng cũng là đều hoàn hảo. Vũ trụ nhật tâm đã giáng một đòn nặng nề vào tâm lý con người. Con người đã

mất đi vị trí trung tâm của nó trong vũ trụ, và vũ trụ không phải được tạo ra vì lợi ích của họ và để cho họ sử dụng. Mặt khác, trong vũ trụ mới, Trái Đất trở thành một thiên thể như các hành tinh khác.

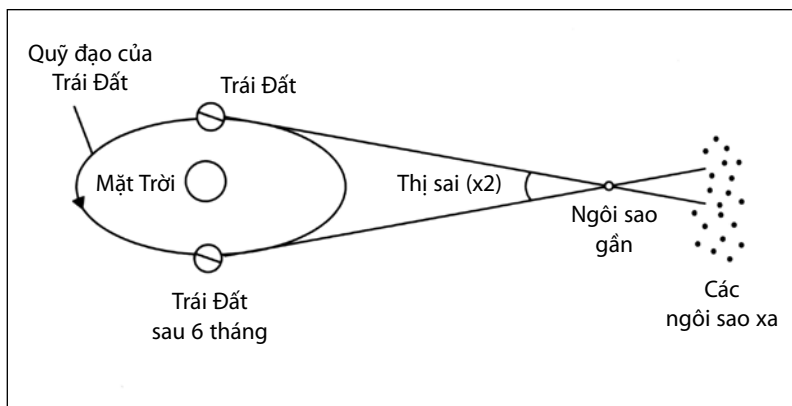


Trong vũ trụ nhật tâm của Copernicus, một số khái niệm của Aristotle vẫn tồn tại. Các hành tinh vẫn nằm trên các “tinh cầu” được các thiên thần đẩy đi. Chúng vẫn có quỹ đạo là các đường tròn hoàn hảo (dạng “hình học hoàn hảo”) và các chuyển động đều hoàn hảo (“chuyển động hoàn hảo”).

Theo Aristotle, tất cả những gì thuộc về lĩnh vực thiên thể đều phải là hoàn hảo, bất biến, vĩnh hằng, trái ngược với các vật thể trên Trái Đất, không hoàn hảo, phù du, và vô thường. Niềm tin vào sự hoàn hảo này của vòm trời đang bị lung lay nghiêm trọng.

Đòn cuối cùng giáng vào ý thức con người: vũ trụ đã to lên đáng kể, đồng thời làm suy giảm nhiều tầm quan trọng của Trái Đất đối với phần còn lại của vũ trụ. Tại sao Copernicus lại thấy cần phải tăng kích thước của vũ trụ? Giống như Nicole Oresme đã tiên cảm, chuyển động biểu kiến của các ngôi sao không phải là do sự quay của bầu trời xung quanh Trái Đất mà là do sự tự quay quanh nó hàng ngày của Trái Đất. Mặt cầu bên ngoài của các vì sao, trong vũ trụ của Aristotle, chỉ lớn hơn một chút so với mặt cầu Thổ tinh. Nhưng ngay cả với khoảng cách khiêm tốn như vậy cũng có một vấn đề đặt ra: chu vi của đường tròn trên mặt cầu bên ngoài lớn tới mức các ngôi sao phải quay với một tốc độ điên rồ mới đi hết được một vòng chỉ trong một ngày. Copernicus giải quyết vấn đề này bằng cách cho Trái Đất chuyển động và các ngôi sao đứng yên. Nhưng khi đó, ông bắt buộc phải đẩy mặt cầu bên ngoài của các ngôi sao ra rất xa Trái Đất, vượt xa khỏi mặt cầu của các hành tinh. Nếu như các ngôi sao vẫn bước bình cố định đối với nhau bất chấp chuyển động quay xung quanh Mặt Trời của Trái Đất thì chẳng qua bởi vì chúng ở rất xa. Thực vậy, nếu một ngôi sao nằm tương đối gần, và nếu quan sát nó từ Trái Đất ở hai vị trí khác nhau (như cách nhau 6 tháng, chẳng hạn) thì trong chu kì hàng năm nó dường như phải thay đổi vị trí so với các ngôi sao xa hơn (xem hình vẽ), giống như được chứng tỏ trong thí nghiệm đơn giản sau: bạn hãy trở ngón tay với cánh tay giơ thẳng ra phía trước, hãy nhìn ngón tay chỉ bằng một mắt rồi bằng mắt kia, và nháy nhanh hai mắt. Bạn sẽ thấy ngón tay mình dường như thay đổi một góc nhỏ (gọi là “thị sai”) so với các vật nằm xa hơn. Hiện tượng này

xảy ra là do hai mắt của bạn nằm cách nhau một đoạn, giống như vị trí của Trái Đất tại hai thời điểm quan sát cũng cách nhau một khoảng nào đó (với quãng thời gian 6 tháng, khoảng cách này bằng với đường kính của quỹ đạo của Trái Đất quay xung quanh Mặt Trời). Góc này càng nhỏ khi khoảng cách tới ngôi sao càng xa. Do các ngôi sao có thị sai quá bé để có thể đo được, Copernicus suy ra rằng chúng phải ở rất xa. Khi tăng kích cỡ của vũ trụ lên khoảng 2000 lần so với kích thước của vũ trụ của Ptolemy, ông đã thu nhỏ hệ Mặt Trời, vốn đến lúc đó được coi như chiếm gần hết không gian vũ trụ, nay chỉ còn là một vùng nhỏ bé của nó. Nhưng vũ trụ của Copernicus vẫn chỉ là hữu hạn, bị giới hạn bởi mặt cầu bên ngoài của các ngôi sao, cứng nhắc và bất động.



Vị trí của một ngôi sao gần so với các ngôi sao xa thay đổi khi quan sát nó tại các thời điểm khác nhau của năm. Sự thay đổi này không phải là do chuyển động thật của ngôi sao mà do một hiệu ứng quang học gây ra bởi sự thay đổi phối cảnh do chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời trong năm. Thị sai là một nửa góc ứng với sự thay đổi vị trí của ngôi sao sau mỗi 6 tháng, khi Trái Đất nằm đối xứng với vị trí ban đầu so với Mặt Trời.

Các tinh cầu chỉ nằm trong trí tưởng tượng của con người

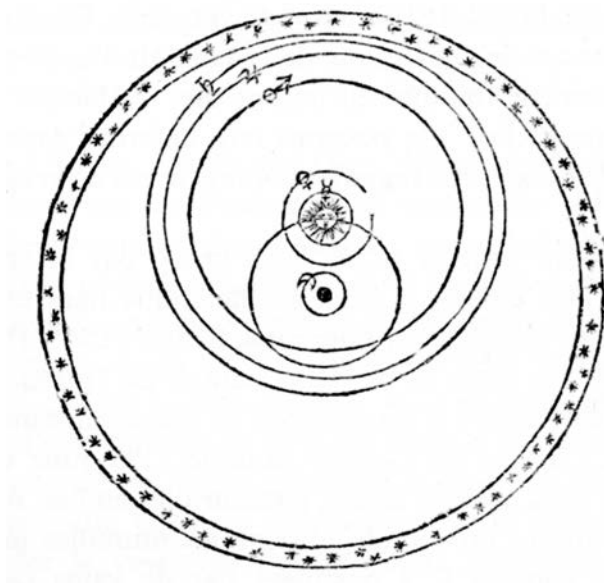


Hạt giống gieo bởi Copernicus đã bắt đầu nảy mầm những năm sau đó. Khi đẩy lùi xa mặt cầu phía ngoài của các vì sao, ông đã bước những bước đi đầu tiên trong quá trình mở rộng vũ trụ, nhưng nó vẫn còn là hữu hạn. Ý tưởng cho rằng các hành tinh được cố định trên các tinh cầu cũng sẽ bị lật lại.

Một trong những đòn quyết định giáng vào ý tưởng này được đưa ra bởi nhà thiên văn Đan Mạch Tycho Brahe (1546-1601) (hình). Là cha đẻ của thiên văn học quan sát hiện đại, ông đã đưa độ chính xác của các quan sát thiên văn tới mức cao nhất có thể khi kính thiên văn còn chưa ra đời. Trước ông, tư tưởng thống trị là của Plato cho rằng thế giới cảm tính chỉ là những phản chiếu không hoàn hảo của một thế giới lý tưởng hoàn hảo, và thế giới này chỉ có thể hiểu được bằng tư duy thuần túy. Brahe là nhà khoa học đầu tiên hiểu rằng chỉ với những quan sát vũ trụ với độ chính xác cực đại mới cho phép chúng ta thấy được bản chất thực của vũ trụ, và vũ trụ là không thể hiểu được bằng tư duy thuần túy.

Những quan sát của ông đối với một sao chổi lớn vào năm 1577 đã gây cho ông những nghi ngờ về sự tồn tại của các tinh cầu. Trước thời điểm đó, các sao chổi được coi như là những hiện tượng khí quyển của Trái Đất, giống như cầu vồng vậy. Brahe đã chứng tỏ rằng thực tế không phải như vậy. Sao chổi thay đổi vị trí so với các ngôi sao cố định ở xa, nghĩa là nó ở

gần Trái Đất hơn rất nhiều. Nhưng dịch chuyển này nhỏ hơn so với chuyển động của Mặt Trăng tới mức sao chổi phải ở cách xa Trái Đất hơn rất nhiều so với Mặt Trăng. Nó chuyển động đầu đó trong vùng các tinh cầu hành tinh (hình). Brahe đã xác định được quỹ đạo của nó: đó là một đường hình bầu dục xuyên qua các tinh cầu của các hành tinh, một điều không thể nếu các mặt cầu pha lê này thực sự tồn tại. Nhà khoa học Đan Mạch bắt buộc phải đi tới kết luận rằng những tinh cầu ấy chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng của con người.



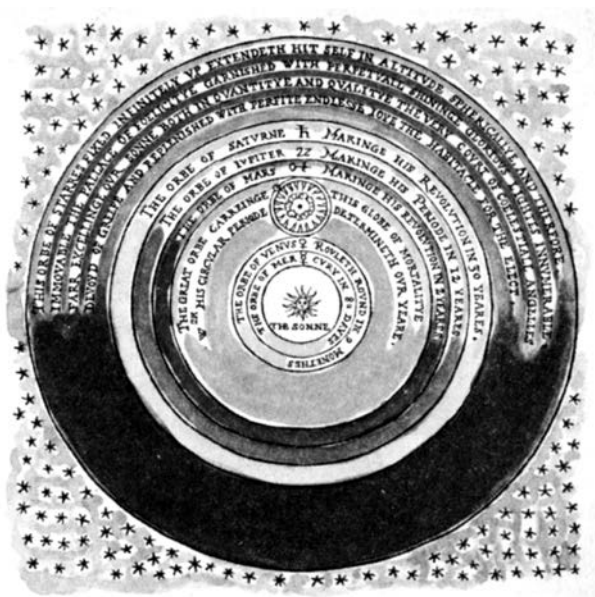
Vũ trụ của Brahe là một sự thỏa hiệp giữa vũ trụ nhật tâm của Copernicus và vũ trụ địa tâm của Ptolemy: các hành tinh quay xung quanh Mặt Trời, nhưng Mặt Trời và các hành tinh của nó lại quay xung quanh Trái Đất giống như Mặt Trăng vậy.

Sự ám ảnh của vô hạn

Có hai người lấy lại vũ trụ đã rất rộng lớn của Copernicus và làm nổ tung các biên giới của nó. Vào năm 1576, trong tác phẩm *A Perfit Description of the Coelestial Orbes* (Một mô tả hoàn hảo các quỹ đạo thiên thể), nhà thiên văn học người Anh Thomas Digges (1546-1595) vẫn giữ mô hình các tinh cầu của các hành tinh nhưng lần đầu tiên đã xóa bỏ hoàn toàn biên giới vũ trụ là mặt cầu ngoài cùng của các ngôi sao: các ngôi sao không còn được khảm trên mặt cầu cao nhất này trong vũ trụ nữa, mà nằm rải rác trong cõi trời, lãnh thổ của Chúa, mà bản thân nó đã là vô hạn (hình). Vốn là bạn của Thomas Digges, William Sheakespear (1564-1616), người đã biết tới những tranh luận về kích thước của vũ trụ, đã say sưa trước một vũ trụ vô hạn và diễn giải điều đó một cách tuyệt vời khi cho Hamlet nói câu bất hủ sau: “Tôi có thể bị giam cầm trong một vỏ hạt dẻ và thấy mình như một ông vua của không gian vô hạn...”.

Ý tưởng về một vũ trụ vô hạn, không bị giới hạn bởi mặt cầu ngoài cùng của các ngôi sao, cũng được một tu sĩ dòng Dominican là Giordano Bruno (1548-1600) bảo vệ mạnh mẽ. Ông đã phải trả giá đắt bằng mạng sống của mình cho sự ám ảnh về vô hạn. Vốn là một con người sôi nổi và ý nhị, tự miêu tả mình trong tác phẩm *Le Souper des Cendres*⁽¹⁸⁾ như “một người đã bay trong không trung, vượt qua bầu trời, du hành giữa các vì sao, vượt qua các ngưỡng của thế giới, đập bỏ các bức tường

18. Giordano Bruno, *Oeuvre completes* (Toàn tập).



Trong vũ trụ vô hạn của Thomas Digges, các tinh cầu của các hành tinh trong vũ trụ Copernicus vẫn tồn tại, nhưng mặt cầu ngoài cùng của các vì sao đã bị loại bỏ. Các ngôi sao được phân bố trong một không gian vô hạn.

tưởng tượng là các tinh cầu [...] được đưa ra bởi những phép tính toán học vô ích hay bởi một triết học nông cạn mù quáng”, Bruno lý luận rằng Chúa, với quyền năng vô hạn, không thể chỉ là tác giả của một vũ trụ hữu hạn được. “Tại sao chúng ta lại muốn hay phải nghĩ rằng hiệu năng của đấng thần thánh chỉ nhân rồi vậy sao?” - ông phản nản trong tác phẩm *De l’infini, de l’univers et des mondes* (Về vô hạn, vũ trụ và các thế giới) xuất bản năm 1584. Sau khi đập tan “bức tường tưởng tượng” là mặt cầu ngoài cùng của các ngôi sao, ông không dừng lại ở đó, mà còn cho vũ trụ vô hạn này chứa đầy vô số các thế giới chứa vô số các dạng sống, tất cả chỉ nhằm sáng danh Chúa. Với Giáo



Bức tượng Giordano Bruno ở Campo dei Fiori, Roma, nơi ông bị hỏa thiêu do bảo vệ ý tưởng một vũ trụ vô hạn chứa vô hạn các thế giới có vô hạn các dạng sống.

hội đây chính là giọt nước làm tràn ly, bởi vì sự tồn tại của các nền văn minh ngoài Trái Đất sẽ đặt ra nhiều câu hỏi thần học gai góc cho học thuyết Thiên Chúa giáo. Theo học thuyết này, con người phải gánh chịu “tội tổ tông” của Adam và Eva; một loài người ngoài hành tinh phát triển một cách độc lập ở một nơi khác sẽ không có di sản đó: liệu họ có phải là vô tội? Hơn nữa, Chúa đã gửi con của người là Jesus-Christ xuống Trái Đất để cứu rỗi loài người. Liệu có các Jesus-Christ ngoài hành tinh tới thăm tất cả các hành tinh có sự sống để cứu rỗi các sinh vật

sống ở đó không? Câu hỏi thoát nghe có vẻ như phi lý, nhưng các nhà thần học vẫn phải đối mặt với nó! Điều này quả là quá quắt đối với Giáo hội và họ đã kết án ông vào tội dị giáo và xử hỏa thiêu ông vào năm 1600 tại Campo dei Fiori (Quảng trường Hoa) ở Roma. Tượng ông ngày nay được dựng ở chính giữa quảng trường, nhắc nhở chúng ta về sự kiện bi thảm này.

Bí ẩn của đêm đen

Hai nhà khoa học tiếp theo suy tư về kích thước của vũ trụ là Johannes Kepler người Đức (1571-1630) (hình) và Galilei người Ý (1564-1642). Dựa trên cả một kho tàng các số liệu quan sát, với một độ chính xác chưa từng có, được thu thập trong hàng chục năm nhọc nhằn của Tycho Brahe,



Kepler đã đột phá thành công bí mật về chuyển động của các hành tinh. Đi ngược với chính niềm tin siêu hình của mình (ông tin rằng Chúa là nhà hình học và vũ trụ bị chi phối bởi toán học), ông đã làm sụp đổ các pháo đài Aristotle cuối cùng về chuyển động “hoàn hảo”, tức là các quỹ đạo tròn và chuyển động đều của các hành tinh. Kepler phát hiện ra rằng các quỹ đạo này không phải là các đường tròn mà đường elip với Mặt Trời không phải ở tâm mà ở một trong hai tiêu điểm của hình elip đó. Chúng cũng không chuyển động với vận tốc không đổi (chuyển động đều) mà tăng tốc khi tới gần Mặt Trời và giảm tốc khi ra xa nó. Ngược lại, Kepler lại tỏ ra rất thận trọng với câu

hỏi về tính vô hạn của vũ trụ. Ông nghĩ rằng vô hạn không hợp với quan sát. Do vậy, sự vô hạn của vũ trụ vẫn phải còn là một khái niệm siêu hình, khoa học không thể tiếp cận được vì khoa học dựa trên sự kiểm chứng bằng thực nghiệm. Do không thể đo đạc được nên vô hạn là bất khả tư nghị. Ta thấy đây vẫn là những hơi hướng của tư tưởng Aristotle theo đó vô hạn là tiềm tàng chứ không phải là hiện thực. Đối với Kepler, “một thực thể vô hạn không thể hiểu được bằng trí tuệ. Thực tế, các ý tưởng về vô hạn gợi ra trong trí tuệ con người hoặc là nghĩa của từ “vô hạn” hoặc là cái gì đó vượt ra ngoài mọi độ đo bằng số, có thể nghiệm thấy bằng thị giác hoặc xúc giác; tức là một cái gì đó không thực sự là vô hạn do việc đo đạc vô hạn là không thể⁽¹⁹⁾”. Và để biện bạch cho việc ngả theo vũ trụ hữu hạn, ông đã đưa ra một lập luận khoa học mới về thực tế ban đêm là tối đen.

Ta luôn thấy sự nối tiếp nhau của ngày và đêm là chuyện bình thường, do Trái Đất tự quay quanh mình nó, theo nhịp hoạt động và ngủ nghỉ của chúng ta. Thế nhưng thực tế ban đêm có màu đen lại đặt ra vấn đề. Nếu vũ trụ là vô hạn, Kepler lý luận, bầu trời đêm khi Mặt Trời chiếu sáng phía bên kia của Trái Đất, cũng sẽ phải sáng như ban ngày. Ta sẽ không có sự nối tiếp giữa ngày và đêm vì sẽ chỉ có ban ngày. Thực vậy, một vũ trụ vô hạn phải chứa vô hạn các ngôi sao sáng như Mặt Trời. Nếu quả thật như vậy ta sẽ chẳng khác gì một người rơi vào hoàn cảnh đứng giữa một khu rừng rậm rạp và tầm nhìn luôn bị một thân cây nào đó chặn lại. Cũng như thế, từ Trái Đất, khi chúng ta nhìn

19. Johannes Kepler, *De stella nova* (Về ngôi sao mới), 1606.

lên trời sẽ luôn nhìn thấy một ngôi sao trong “rừng sao” của một vũ trụ vô hạn, và bầu trời đêm sẽ luôn có độ sáng như dưới ánh Mặt Trời vậy (Ảnh màu 10 và 11). Thế nhưng thực tế đêm lại tối đen. Từ đó Kepler suy ra rằng vũ trụ không phải là vô hạn và không chứa một số vô hạn các vì sao. Các sự kiện đơn giản nhất thường chứa nhiều các thông tin nhất, miễn là ta nhìn ra chúng.

Cũng giống với đồng nghiệp cùng thời Kepler, Galilei tỏ ra rất thận trọng với câu hỏi về sự vô hạn của vũ trụ. Ta đã thấy rằng, khi suy ngẫm về vô hạn toán học, ông đã phát hiện ra những dãy vô hạn các số (như tập các số nguyên, chẳng hạn) có tính chất kỳ lạ là các tập con (như dãy các số bình phương) cũng “lớn” như tập mẹ. Còn với vô hạn không gian, trong cuốn *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*⁽²⁰⁾ (Đối thoại về hai hệ thống lớn của thế giới), Galilei đã quay trở lại với hai khả năng của vũ trụ hoặc là hữu hạn hoặc là vô hạn. Salvatini (đại diện cho quan điểm của Galilei) giải thích cho Simplicio: “Giờ ta làm gì với các ngôi sao cố định hã ngài Simplicio? Liệu ta rải chúng trong thăm thẳm vũ trụ tại các điểm xác định bất kỳ hay đặt chúng trên cùng một mặt cầu có tâm cố định, khi đó tất cả sẽ cách đều tâm đó?” Như Kepler, Galilei nghĩ rằng điều này thuộc phạm trù siêu hình không thể giải quyết được bằng khoa học của con người: “Ngài có biết chẳng còn chưa quyết định được (và tôi tin sẽ vĩnh viễn là như thế đối với khoa học) vũ trụ là hữu hạn hay vô hạn?”

20. Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, NXB Le Seuil, 1992, bản dịch tiếng Pháp của René Fréreau.

Hấp dẫn và vũ trụ vô hạn của Newton



Nếu như Kepler đã mô tả được chuyển động của các hành tinh nhờ các định luật toán học, thì vẫn chưa có một lý thuyết vật lý nào giải thích được các hành vi của chúng. Hàng loạt các câu hỏi vẫn còn treo lơ lửng đó sau khi Tycho Brahe đã xóa bỏ các tinh cầu. Nếu như các hành tinh không được gắn trên các tinh cầu, vậy thì cái gì đã giữ chúng trên các quỹ đạo elip? Tại sao chúng lại không rơi về phía Mặt Trời? Cái gì đã làm cho chúng chuyển động, nếu như không có các thiên thần đẩy các tinh cầu này, như trong mô hình vũ trụ của thánh Thomas d'Aquin? Tại sao chúng lại tăng tốc khi ở gần Mặt Trời và giảm tốc khi ở xa? Chính Isaac Newton (1642-1727) (hình) là người, dựa vào lý thuyết vạn vật hấp dẫn - một công trình bậc thầy - của mình, đã tổng hợp được các tri thức có được từ Kepler và Galilei. Và khi làm điều này ông đã chôn vùi vĩnh viễn quan niệm của Aristotle về vũ trụ, trong đó trời và đất được chi phối bởi các định luật tự nhiên khác nhau, chuyển động tròn trên trời và thẳng trên mặt đất. Với Newton, sự rơi của quả táo trên cỏ và chuyển động của Mặt Trăng xung quanh Trái Đất đều do cùng một lực hấp dẫn gây ra: cả hai đều “rơi” về phía Trái Đất.

Nhưng tại sao quả táo ném lên không trung lại rơi xuống mặt đất sau một khoảng thời gian trong khi Mặt Trăng lại không ngừng quay xung quanh Trái Đất? Đó là bởi vì quả táo, khi bị ném lên, không nhận được một lực đủ mạnh. Nếu như

nó được ném càng ngày càng mạnh, nó sẽ ngày càng ở trên không lâu hơn và rơi xuống đất ở điểm ngày càng xa hơn, cho tới khi khoảng cách của điểm rơi lớn hơn đường kính của Trái Đất. Khi đó, cũng như Mặt Trăng, trái táo sẽ tiếp tục quay vô hạn xung quanh Trái Đất theo một quỹ đạo elip. Giống như các hành tinh, quả táo không cần phải được gắn trên một mặt cầu pha lê có các thiên thần đẩy phía sau để tiếp tục chuyển động! Lực vạn vật hấp dẫn làm cho mọi vật hút lẫn nhau bằng một lực tỉ lệ thuận với tích các khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Một hành tinh ở gần Mặt Trời sẽ chịu một lực hút mạnh hơn và chuyển động của nó được tăng tốc. Trái lại, khi đi ra xa, nó bị lực hút hấp dẫn của Mặt Trời phanh lại và bị giảm tốc. Nhờ vào lý thuyết hấp dẫn, Newton đã suy ra được các định luật chi phối chuyển động của các hành tinh của Kepler.

Vũ trụ vô hạn, cả về cảnh giới triết học lẫn thần học nhờ Thomas Digges và Giordano Bruno, đã đạt được vị trí khoa học nhờ Newton. Phạm vi tác dụng của lực hấp dẫn là vô hạn vì vậy vũ trụ cũng phải là vô hạn. Nếu vũ trụ có giới hạn, Newton lý luận, thì trong đó sẽ tồn tại một vị trí trung tâm được ưu tiên. Lực hấp dẫn hút mọi thứ sẽ làm cho tất cả các phần của vũ trụ co sập về tâm này, tạo ra ở đó một tập trung khối tâm khổng lồ, điều này hoàn toàn không phù hợp với vũ trụ quan sát được. Thực ra Newton nghĩ rằng các ngôi sao và các hành tinh chỉ được phân bố trong một vùng hữu hạn, nhưng vùng này được bao quanh bởi một không gian trống rỗng vô hạn, không chứa bất kỳ vật chất nào. Và như thế ông nghĩ khác với người đồng

nghiệp cùng thời là René Descartes, người cho rằng không gian không thể tồn tại nếu thiếu sự có mặt của vật chất. Nhưng nhà vật lý sùng tín người Anh lại luôn tin rằng Chúa với pháp lực vô biên của mình dễ dàng tạo ra một không gian, “một cơ quan nhạy cảm của Chúa”, không chứa bất kỳ một vật chất nào. Tuy nhiên, vẫn tồn tại một vấn đề: do lực hấp dẫn là hút và các thiên thể hút lẫn nhau, nên một hệ thống như thế là rất không ổn định: tất cả mọi vật đều có nguy cơ bất cứ lúc nào cũng có thể rơi về phía tâm duy nhất khi có một nhiễu loạn nhỏ nhất hoặc khi có một chuyển động nhỏ nhất. Để có thể tồn tại lâu dài theo thời gian thì không gian của Newton cần phải cố định và cứng rắn.

Với Newton, quyết định luận là có hiệu lực. Mọi chuyển động trên Trái Đất và các thiên thể được quyết định bởi các định luật toán học chặt chẽ và chính xác. Một khi đã vận hành, các chuyển động không cần một sự can thiệp nào, dù là thần thánh hay không. Tất cả đều đã được quyết định sẵn từ trước.

Vào cuối thế kỷ 17, con người thấy mình lạc trong một vũ trụ vô hạn, chứa đầy các ngôi sao được phân bố đều và mình không còn là trung tâm nữa. Neo đậu trên một hành tinh bé tí hon, họ sống trong một thế giới tất định và cơ giới chứa đầy các vật vô tri tuân theo các định luật được xác định một cách chặt chẽ mà lý trí con người có thể phát hiện được. Chúa luôn có mặt, nhưng ở xa cách hơn. Sau khi tạo ra vũ trụ và “lên dây cót” cho nó, Ngài theo dõi từ xa quá trình tiến hóa của nó và không tham dự vào các công việc của con người nữa. Nỗi sợ hãi cái vô hạn tràn vào tâm trí một số người. Blaise Pascal (1623-1662) đã phải thốt ra tiếng kêu từ trong tâm khảm: “Sự im lặng

vĩnh hằng của các không gian vô hạn khiến tôi sợ hãi!” Nhà văn người Argentina Jorge Louis Borges đã tóm tắt sự tiến hóa của quan điểm về thế giới này như sau: “Không gian tuyệt đối đã gây cảm hứng cho những câu thơ lục ngôn của Lucrecius, đã giải thoát cho Bruno, là mê cung và vực thẳm đối với Pascal⁽²¹⁾.” Nhưng đối với phần lớn những người có học thức, ý tưởng cho rằng lý trí con người có thể xuyên thấu bí mật của Chúa và hiểu được các định luật chi phối vũ trụ là điều rất đáng phấn khởi.

Hình học không gian và phối cảnh trong nghệ thuật

Như vậy là khoảng 20 thế kỷ sau khi Archytas đưa ra nghịch lý của một vũ trụ hữu hạn, Thomas Digges, Giordano Bruno và Newton đã đưa ra được câu trả lời duy nhất khả dĩ có ý nghĩa. Tình huống mô tả bởi triết gia Hi Lạp này là không thể xảy ra. Vũ trụ không thể có giới hạn. Nó không thể có biên giới và cũng không thể có phía bên kia, và mọi ngọn lao phóng ra tất yếu sẽ ở trong vũ trụ nơi mà chuyển động của nó được mô tả. Nhưng liệu một vũ trụ không có giới hạn có nhất thiết phải là một vũ trụ vô hạn, như Digges, Bruno và Newton nghĩ không? Câu hỏi này phức tạp hơn ta tưởng lúc đầu. Nó liên quan tới cái được gọi là hình học của không gian.

Hình học nghiên cứu về các hình dạng, các mối quan hệ giữa các điểm, đường thẳng, mặt phẳng và các hình khối. Ta sử dụng hình học khi quan sát các hình như tam giác hay hình vuông,

21. Jorge Louis Borges, *Inquisiciones* (Điều tra), NXB Gallimard, 1992.

các vật đặc như khối lập phương hay hình cầu. Các hình và các vật đặc này có kích thước, diện tích và thể tích hữu hạn. Về tiên nghiệm mà nói, bạn nghĩ rằng hình học chẳng liên quan gì tới vô hạn; nhưng bạn lầm to! Chỉ cần xem xét hình đơn giản nhất của hình học: đường thẳng. Nó kéo dài ra vô hạn theo hai hướng. Sau đó là tới đường tròn, đây là hình có kích thước hữu hạn nhưng ta có thể đi dọc theo nó tùy thích, mãi mãi đi theo cùng một con đường mà không bao giờ gặp giới hạn cả. Khái niệm “không giới hạn” không nhất thiết phải tương đương với vô hạn.

Thế hình học của vũ trụ là gì? Newton đã xây dựng vũ trụ vô hạn của mình trong khuôn khổ hình học Euclid. Vào thế kỷ 3



trước CN, nhà toán học người Hi Lạp Euclid (khoảng 300 tr. CN) (hình) đã tập hợp toàn bộ tri thức hình học đã biết trong kiệt tác *Éléments* (Cơ sở). Tác phẩm đồ sộ này - tác phẩm sẽ thống trị tư tưởng hình học trong suốt 20 thế kỷ sau đó - dựa hoàn toàn trên 10 tiên đề phát biểu ở đầu bộ

sách. Một tiên đề là một mệnh đề được coi là hiển nhiên đúng. Mười tiên đề của Euclid được công nhận là đúng và không được đụng chạm tới trong suốt 2000 năm. Điều này đặc biệt liên quan tới tiên đề thứ năm của Euclid mà chúng ta rất quen thuộc khi còn ngồi trên ghế nhà trường: qua một điểm chỉ có thể vẽ một và chỉ một đường thẳng song song với một đường thẳng cho trước không đi qua điểm đó. Thật đáng ngạc nhiên là chính sự phát triển xuất hiện không phải trong khoa học mà là trong

nghệ thuật lần đầu tiên đã gieo trong tâm trí mỗi nghi ngờ về sự đúng đắn của tiên đề này. Đó là vấn đề phối cảnh trong hội họa - nói một cách khác, là cách biểu diễn một không gian ba chiều trên mặt vải hai chiều có tính đến luật xa gần và vị trí của các vật so với người quan sát. Vấn đề này đã ám ảnh các họa sĩ trong mọi thời đại.

Cách đây khoảng 15.000 năm, những bức tranh tuyệt vời trên vách hang Lascaux ở Dordogne đã minh chứng cho sự quan tâm tới chiều sâu. Các động vật được vẽ giao nhau, những con bò mộng xa nhất bị khuất một phần bởi những con ở gần hơn (Ảnh màu 12). Như hiện nay ta biết, phối cảnh hoàn toàn không có trong nghệ thuật Ai Cập cách đây 5000 năm. Các nghệ sĩ của Ai Cập cổ đại sử dụng các đường vuông góc, thẳng đứng và nằm ngang, để tạo thành lưới ô vuông và nhờ đó có được tỷ lệ như ý. Nghệ thuật Ai Cập, đặc trưng bởi tính trật tự, trước tiên là để thể hiện tôn ti xã hội, chính trị và tôn giáo. Chẳng hạn, kích thước của các nhân vật ít được xác định bởi khoảng cách tới người quan sát mà bởi thứ bậc của họ trong xã hội: các nhân vật lớn nhất không nhất thiết là ở gần nhất mà là có thứ bậc cao nhất trong hệ thống tôn ti. Các pharaon luôn nổi trội về chiều cao so với những người khác. Phụ nữ và những người đại diện của các dân tộc bị chinh phục luôn có kích thước nhỏ hơn. Các vị thần oai vệ nhiều hay ít là tùy theo quyền năng của họ (Ảnh màu 13). Mỗi người (hay vật) không phải được mô tả từ một điểm quan sát duy nhất mà mô tả cốt làm sao cho nổi bật lên và có thể dễ dàng nhận ra nhất. Nghĩa là không tồn tại sự thống nhất về cách nhìn. Mặc dù không có phối cảnh, nhưng

nghệ thuật Ai Cập vẫn rất có tính hiện thực, các nghệ sĩ thể hiện một sự hoàn hảo tới tận các chi tiết với sự hiểu biết sâu sắc về giải phẫu người. Các động vật là biểu tượng của thần thánh cũng được thể hiện rất phong phú.

Các thế kỷ tiếp theo trong thời kỳ Hi - La, kỹ thuật tạo cảm giác về chiều sâu không tiến triển nhiều mặc dù có những đóng góp của người Hi Lạp (như Euclid) về hình học. Chiều sâu tiếp tục được thể hiện theo phương pháp giống như với các bức tranh trên vách hang Lascaux: vật càng xa, được biểu diễn càng nhỏ⁽²²⁾.

Việc thiếu một điểm nhìn duy nhất trong nghệ thuật Ai Cập cũng xuất hiện trong nghệ thuật phương Đông. Các nghệ sĩ phương Đông chưa bao giờ phát triển phối cảnh tuyến tính chí thánh áp dụng chặt chẽ như ở phương Tây. Điều này không có nghĩa là họ không có một bố cục chặt chẽ về mặt không gian, nhưng thay vì tách bạch người quan sát chủ quan với thế giới khách quan như nghệ thuật phương Tây, nghệ thuật phương Đông cố gắng đặt người quan sát vào ngay phong cảnh được quan sát, hòa con người với thiên nhiên để chủ thể và đối tượng chỉ tạo nên một tổng thể duy nhất. Thay vì dựng nên một điểm quan sát từ bên ngoài đầu đó ở phía trước bức tranh, điểm trung tâm trong nghệ thuật phương Đông nằm ở ngay trong khung cảnh được quan sát. Các bức tranh phong cảnh của Trung Quốc hay Nhật Bản không có các chỉ dấu báo hiệu cho ta biết vị trí của người quan sát bởi vì chúng không cần tới điều đó. Người

22. Độ lớn góc của một vật giảm tỉ lệ với nghịch đảo khoảng cách tới người quan sát. Như vậy một ở vật xa hơn 10 lần nhìn dường như sẽ nhỏ hơn 10 lần.

nghệ sĩ cũng như người xem tranh đều có mặt trong đó. Việc đưa người quan sát vào trong thiên nhiên cho phép người nghệ sĩ không cần phải thể hiện với một điểm quan sát duy nhất (điểm quan sát của họa sĩ và người quan sát bất động trước một cảnh tĩnh) mà với nhiều điểm quan sát cùng một lúc. Chẳng hạn, các bức họa Trung Quốc và Nhật Bản thường kết hợp một cái nhìn từ trên cao xuống toàn bộ phong cảnh và các tòa nhà với cái nhìn ngang của các nhân vật. Việc dùng nhiều điểm quan sát cũng mang lại nhiều lợi thế: chẳng hạn, nó cho phép biểu diễn núi non ở phía trên bức tranh mà không làm ngợp phần tranh bên dưới (Ảnh màu 14).

Các đường song song hội tụ

Nếu như hội họa Ai Cập và phương Đông thể hiện đa điểm quan sát thì chính điểm quan sát duy nhất lại là cơ sở cho phối cảnh “tuyến tính” hay “trung tâm” ở phương Tây⁽²³⁾. Nó xuất hiện vào thời Phục hưng. Kiến trúc sư, kỹ sư và nhà điêu khắc xứ Florence Filippo Brunelleschi (1377-1446) là người đầu tiên chứng minh các nguyên tắc phối cảnh trong một thí nghiệm nổi tiếng thực hiện vào năm 1415 tại quảng trường San Giovanni ở Florence trước nhà rửa tội cùng tên. Thí nghiệm này đã làm thay đổi dòng chảy lịch sử của nghệ thuật và là khởi nguồn cho cuộc cách mạng mỹ học trong nghệ thuật tạo hình phương Tây. Nó cũng góp phần tạo ra những nghi ngờ về sự đúng đắn tuyệt

23. Từ “phối cảnh” theo tiếng Latinh là *perspicere* nghĩa là “nhìn xuyên qua”.

đối của tiên đề về các đường song song của Euclid. Đứng cạnh cửa chính của nhà thờ ở Florence, quay lưng lại gian giữa và đối mặt với nhà rửa tội, nhà kiến trúc, một tay cầm một chiếc gương và tay kia áp vào mắt một tấm ván nhỏ mà ở phía trước của nó có gắn một bức tranh nhỏ của nhà rửa tội San Giovanni, được tái tạo một cách chính xác theo các luật về phối cảnh bằng cách sử dụng đường chân trời, điểm trung tâm và các đường thẳng hội tụ. Tấm ván được khoét một lỗ nhỏ, “không lớn hơn một cái mắt kính”, cho phép ông nhìn thấy ảnh của bức tranh nhà rửa tội phản xạ trong gương. Brunelleschi chứng minh rằng, nếu ông đứng ở một vị trí nhất định, ông có thể chồng một cách chính xác ảnh phản chiếu bức tranh của ông với nhà rửa tội thực, và tạo ra được một ảo giác hoàn hảo của thực tế. Phối cảnh tuyến tính cho phép tạo ra một độ chính xác khoa học của ảo giác về độ sâu. Nó cho phép biểu diễn thế giới trên một mặt phẳng hoàn toàn giống như được quan sát bằng mắt. Brunelleschi phát hiện ra rằng để có thể có sự trùng khớp giữa tranh và hiện thực, ông phải đứng tại một điểm duy nhất, chính là nơi thực hiện bức vẽ về nhà rửa tội. Như vậy là chỉ có một điểm quan sát duy nhất mà thôi.

Phối cảnh “tuyến tính” (được gọi như thế bởi vì nó dựa trên việc ánh sáng truyền theo đường thẳng) hay phối cảnh “trung tâm” (vì có một điểm quan sát duy nhất) cũng được gọi là phối cảnh “hình học”. Thực tế nó dựa trên sự hình học hóa không gian, trong đó chấp nhận rằng các đường thẳng song song trong thực tế hội tụ về một điểm tụ trên bản vẽ, và có mối liên quan mật thiết giữa điểm này với điểm quan sát duy nhất và trung tâm của người xem.

Nhưng Brunelleschi không sa đà vào toán học và một kiến trúc sư Florence khác là Léon Alberti (1404-1472) đã viết một chuyên luận đầu tiên về phối cảnh vào năm 1435 nhan đề *Della pittura* (Về hội họa) trong đó trình bày các cơ sở hình học và toán học của phối cảnh. Alberti giải thích rằng phối cảnh biến con người chỉ còn một con mắt, và con mắt này chỉ ở một điểm quan sát duy nhất. Từ điểm quan sát này, một kim tự tháp thị giác được xây dựng với con mắt ở đỉnh và mặt phẳng của bức tranh nơi hình ảnh xuất hiện là đáy. “Bức tranh là một mặt cắt của kim tự tháp thị giác” Alberti viết. Ông xây dựng cái ông gọi là *contruzione legittima*, phương thức để xác định và vẽ tất cả các giao điểm của tia nhìn với mặt phẳng của bức tranh, điều này cho phép thực hiện phối cảnh của bất kỳ một phong cảnh hay đối tượng nào một cách chặt chẽ.

Phối cảnh tuyến tính là thành tựu của những tiến bộ đạt được trong việc tìm hiểu các định luật quang học chi phối hành vi của ánh sáng và quan điểm gán cho con người vị trí trung tâm của vũ trụ. Vũ trụ địa tâm thống trị vào thế kỷ 15 và chỉ được thay thế bởi vũ trụ nhật tâm của Copernicus vào năm 1543. Với sự ra đời của phối cảnh, thế giới không còn được coi chỉ đơn giản là ảnh phản chiếu của tư tưởng thánh thần, mà trở thành một thế giới vật lý, có một không gian thực và nhân văn, chi phối bởi các định luật duy lý của quang học. Phối cảnh đem lại sự ổn định cho trải nghiệm thị giác; nó thay thế sự hỗn độn bằng trật tự và gắn kết. Chưa từng bao giờ có một công cụ mạnh mẽ như thế dành để lập lại trật tự trong trải nghiệm thị giác bằng một ảo giác. Nó gần như ma thuật: hãy áp dụng phương pháp

phối cảnh trung tâm và thế là ảo giác về thực tại sẽ xuất hiện trên vải vẽ giống như cú vẩy của chiếc đu thần vậy!

Một không gian không giới hạn không nhất thiết là một không gian vô hạn

Việc chiếu thực tại ba chiều lên mặt phẳng vải vẽ hai chiều đã làm dấy lên nỗi nghi ngờ trong tâm trí về tính đúng đắn của tiên đề về các đường song song của Euclid: hai đường song song không còn là như thế khi chiếu lên một mặt phẳng. Trên một bức tranh ta biểu diễn hai đường ray song song bởi hai đường thẳng gặp nhau ở chân trời.



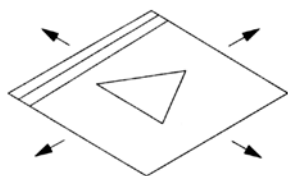
Hiệu ứng phối cảnh làm cho hai đường song song trong không gian (ở đây là hai đường ray) có vẻ như gặp nhau ở chân trời khi chúng được chiếu lên một mặt phẳng.

Vào cuối thế kỷ 17, một số nhà toán học bắt đầu nghi rằng tiên đề các đường thẳng song song là dư thừa và rằng nó có thể được suy ra từ 9 tiên đề còn lại. Trong suốt thế kỷ sau đó, rất nhiều cố gắng đã thực hiện để kiểm tra giả thuyết này nhưng vô ích: tiên đề các đường thẳng song song không thể chứng minh được từ các tiên đề Euclid còn lại. Thất bại này đã dẫn nhà toán học Carl Gauss (1777-1855) tới phỏng đoán rằng tiên đề các đường thẳng song song là độc lập với các tiên đề còn lại. Nhưng trong trường hợp như thế, ta có thể thay thế nó bằng một tiên đề khác trái ngược với nó mà vẫn có một hệ thống hình học nhất quán về mặt logic. Và các hạt giống dẫn tới sự ra đời của hình học không gian phi Euclid đã được gieo mầm như thế.

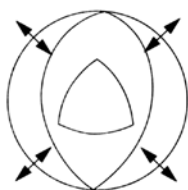
Vinh dự xây dựng nên những hình học phi Euclid đầu tiên thuộc về bộ tam tiên phong táo bạo: nhà toán học người Nga Nicolai Lobachevski (1793-1856), nhà toán học người Hung Janos Bolyai (1802-1860) và nhà toán học người Đức Bernhard Riemann (1826-1866). Thay vì tiên đề 5 của Euclid (“từ một điểm chỉ kẻ được một và chỉ một đường thẳng song song với đường thẳng cho trước không đi qua điểm đó”) (hình a), Lobachevski và Bolyai đưa ra tiên đề: “Từ một điểm, có thể vẽ được vô số các đường thẳng song song với một đường thẳng cho trước”, tạo thành cái mà ngày nay gọi là hình học Lobachevski-Bolyai, thế nhưng Riemann lại đưa ra tiên đề sau: “Từ một điểm, ta không thể vẽ bất kỳ đường thẳng nào song song với một đường thẳng cho trước”, để tạo nên hình học ngày nay mang tên ông. Đặc biệt hơn nữa, ông đã chứng minh được rằng một không gian không giới hạn không nhất thiết phải là vô hạn. Trong cuốn *Oeuvres*

mathématiques (Các công trình toán học) ông viết: “Tính chất không giới hạn của không gian có một sự chắc chắn về kinh nghiệm lớn hơn tất cả những dữ liệu khác ở bên ngoài kinh nghiệm. Nhưng sự vô hạn của không gian lại hoàn toàn không phải là hệ quả của nó; ngược lại, nếu ta gán cho không gian một độ cong không đổi, không gian nhất thiết sẽ là hữu hạn ngay khi độ cong này là dương, dù là nhỏ tới đâu chăng nữa.”

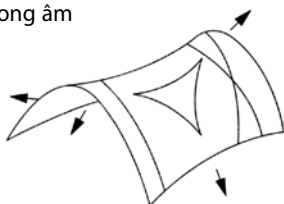
a) Độ cong bằng 0



b) Độ cong dương



c) Độ cong âm



Sơ đồ này minh họa, bằng phép tương tự, ba kiểu cong khả dĩ của vũ trụ. Sự tương tự ở đây là không hoàn hảo bởi vì không gian là ba chiều được minh họa trên mặt phẳng hai chiều. Hình (a) minh họa hình học Euclid của một vũ trụ có độ cong bằng 0 bằng một mặt phẳng: qua một điểm, ta chỉ có thể kẻ một đường thẳng song song với đường thẳng cho trước và tổng các góc của một tam giác là 180° . Hình (b) minh họa hình học Riemann của một vũ trụ có độ cong dương bằng một mặt cầu: không thể kẻ được một đường thẳng song song nào vì tất cả các đường thẳng đều gặp nhau ở hai cực, và tổng các góc của một tam giác là lớn hơn 180° . Hình (c) minh họa hình học Lobachevski -Bolyai của một vũ trụ có độ cong âm bằng bề mặt của chiếc yên ngựa: qua một điểm ta có thể kẻ được vô số đường thẳng song song với một đường thẳng (đường song song được định nghĩa là đường không bao giờ cắt đường thẳng cho trước), và tổng các góc của tam giác nhỏ hơn 180° .

Cuối cùng, đã xuất hiện thuật ngữ này: “độ cong của không gian”. Chính với khái niệm này, chúng ta có thể hiểu được làm

thế nào mà vũ trụ có thể không có giới hạn hay không có biên nhưng vẫn hoàn toàn là hữu hạn. Nếu như theo tiên nghiệm bạn nghĩ rằng điều này là không thể, thì hãy thử tưởng tượng mình là Magellan hay Philias Fogg đi vòng quanh Trái Đất nhiều lần. Bạn có thể đi bao nhiêu vòng tùy thích, và sẽ không bao giờ gặp phải giới hạn cả. Không bao giờ có một bức tường hay biên giới nào cản đường bạn! Và mặc dù thế, bề mặt của Trái Đất chỉ là hữu hạn. Điều này có thể là do Trái Đất không phẳng mà cong. Euclid không giúp được gì khi ta gặp phải không gian cong; cần phải nhờ tới Lobachevski, Bolyai và Riemann. Trên Trái Đất, các đường thẳng có vẻ như song song, như các đường kinh tuyến chỉ kinh độ, sẽ hội tụ và gặp nhau ở hai cực Bắc và Nam. Như vậy, không tồn tại các đường song song “thực”. Trái Đất có độ cong được gọi là “dương” hay Riemann (hình b). Độ cong này không phải là đặc trưng cho tất cả các bề mặt. Bề mặt của đèo hay yên ngựa có một độ cong gọi là “âm”. Trên một bề mặt như thế, các đường song song phân kì và không bao giờ gặp nhau: và có vô số đường như thế. Hình học này được gọi là hình học Lobachevski-Bolyai (hình c).

Các kết quả này cũng áp dụng cho không gian ba chiều. Vũ trụ có thể là phẳng hay không có độ cong, nhưng nó cũng có thể có độ cong dương hoặc âm. Vào ban đêm, giả sử bạn chiếu một chùm sáng với cường độ vô cùng mạnh. Nếu bạn ở trong một vũ trụ phẳng, chùm sáng sẽ biến mất ở vô hạn nếu vũ trụ là vô hạn hoặc nó sẽ quay trở lại nếu vũ trụ là hữu hạn. Nếu bạn ở trong một vũ trụ có độ cong dương, bạn sẽ thấy nó quay trở lại với bạn sau khi đã đi một vòng quanh vũ trụ giống như

Magellan trở lại điểm xuất phát sau khi đi vòng quanh Trái Đất; trong trường hợp này vũ trụ là hữu hạn hay còn gọi là “đóng”. Nếu vũ trụ của bạn có độ cong âm, chòm sáng sẽ biến mất ở vô hạn; trong trường hợp này vũ trụ là vô hạn hay “mở”. Trong cả ba trường hợp trên, vũ trụ đều không có giới hạn, nghịch lý về biên vũ trụ không còn tồn tại nữa, và Archytas có thể thanh thản yên nghỉ.

Vũ trụ động của Einstein

Với tư cách là nhà toán học, Riemann, Lobachevski và Bolyai không quan tâm trực tiếp tới câu hỏi: những hình học mới mà họ nghĩ ra khi thay đổi tiên đề của Euclid có tương ứng với thực tại vật lý hay không. Họ chỉ muốn biết với tiên đề mới này kết hợp với 9 tiên đề còn lại của Euclid họ có thể xây dựng một cấu trúc toán học logic và chặt chẽ hay không mà thôi. Nói một cách khác, họ đi tìm kiếm chân lý logic chứ không phải vật lý. Nhưng, như vốn thường xảy ra đối với những thứ có liên quan tới hành vi của tự nhiên, tư tưởng toán học đã đi trước tư tưởng vật lý. Vào những năm 1920, khi một nhà vật lý trẻ tuổi có tên là Albert Einstein (1879-1955) phát hiện ra rằng lực hấp dẫn làm cong không gian, ông không thể dựa vào hình học Euclid được nữa, vì hình học này chỉ dùng được với một không gian phẳng. Lúc đó ông đã rất vui mừng khi phát hiện ra các hình học phi Euclid. Khả năng mô tả thực tại một cách đáng kinh ngạc của toán học là một trong những bí ẩn sâu xa nhất. Đó chính là cái mà nhà toán học Mỹ gốc Hung Eugene Wigner đã gọi là “sự hiệu quả đến phi lý của toán học” khi mô tả thế giới.

Trong vũ trụ của Newton, không gian không chỉ là phẳng mà còn là tĩnh và bất động, cứng nhắc và vĩnh hằng. Chứa đầy một chất vô hình gọi là “ether” để truyền lực hấp dẫn vạn vật, không gian chỉ là một sân khấu trên đó diễn ra vở kịch vũ trụ với diễn viên là các hành tinh, ngôi sao và thiên hà. Trong vũ trụ của Einstein, không gian đã từ bỏ vai trò thụ động. Từ vai trò là khán giả, nó đã chuyển hành diễn viên của vở kịch vũ trụ. Từ tĩnh nó đã chuyển thành động.

Làm thế nào Einstein đã phát động được cuộc cách mạng về khái niệm này? Vào mùa hè năm 1900, ông tốt nghiệp khoa vật lý của trường Polytechnicum (Bách Khoa) Zurich, Thụy Sĩ, nhưng chỉ có thể kiếm được một chân trợ giảng ở trường đại học này, nơi các giáo sư không thích phong cách tự do, không chịu theo khuôn khổ của ông. Ông sống lay lắt dựa vào các công việc tạm bợ như dạy phụ đạo tại các trường không mấy tiếng tăm ở Thụy Sĩ. Sau này ông đã viết: “Ở ngưỡng cửa cuộc đời, tôi cảm thấy mình như một kẻ vất vưởng bên lề, bị tất cả ghẻ lạnh và bỏ rơi”. Vào năm 1902, nhờ vào sự can thiệp của cha một người bạn, ông được nhận vào làm “chuyên viên kỹ thuật hạng ba” tại Văn phòng cấp bằng sáng chế Thụy Sĩ ở Bern. Chính thời gian làm việc tại đây, cách biệt hoàn toàn với môi trường đại học, cách xa hàng vạn dặm với các mệnh lệnh phải tuân theo những tư tưởng đã được chấp nhận và các lý thuyết thời thượng trong môi trường hàn lâm để có thể thăng tiến trong sự nghiệp, Einstein, một kẻ nổi loạn và cách mạng, đã đột phát bộc lộ thiên tài của mình. Vào năm 1905, ông làm thay đổi bộ mặt của thế giới bằng bốn bài báo cơ bản mà mỗi bài cũng đủ để đưa ông lên hàng các danh

nhân của vật lý học và đỉnh cao của vinh quang. Trong một bài báo thuộc số đó⁽²⁴⁾, ông đưa ra một lý thuyết mới về thời gian và không gian, đó là thuyết tương đối được gọi là “hẹp” bởi nó chỉ liên quan tới các chuyển động đều, không có tăng tốc cũng như giảm tốc. Trong bài báo này, ông đã phá bỏ giáo điều của Newton về một không gian và thời gian phổ quát và tuyệt đối, và là như nhau với tất cả mọi người. Thời gian và không gian bây giờ trở nên co giãn và mềm dẻo. Cả hai đều có thể giãn ra, co lại, dài ra và ngắn lại tùy theo chuyển động của người quan sát. Thời gian và không gian không còn tách rời nhau như trong vũ trụ của Newton nữa, mà giờ đây chúng tạo thành một cặp đôi thống nhất. Vũ trụ từ nay có bốn chiều: ngoài ba chiều không gian còn có thêm chiều thời gian. Để xác định tọa độ của bạn trong vũ trụ, thì chỉ ra vị trí của bạn thôi là chưa đủ, còn cần phải đưa thêm thời gian đo được ở vị trí đó.

Sau khi đưa ra thuyết tương đối hẹp vào năm 1905, Einstein nhận ra nó chưa đầy đủ, ít nhất là ở hai điểm. Trước hết, nó mâu thuẫn với lý thuyết của Newton theo đó hấp dẫn là lực tác dụng tức thời giữa hai vật; nói cách khác, lực này dường như có vận tốc truyền là vô hạn, nhưng điều này lại mâu thuẫn với thuyết tương đối hẹp, theo đó không một tương tác vật lý nào có thể truyền nhanh hơn tốc độ ánh sáng. Thứ hai, thuyết tương đối hẹp chỉ áp dụng cho các chuyển động đều. Trong khoảng 10 năm sau đó, Einstein đã tiến hành tổng quát hóa lý thuyết của

24. Các bài báo khác nói về chuyển động của nguyên tử, bản chất lượng tử của ánh sáng và sự tương đương của vật chất và năng lượng.

ông để tạo thành thuyết tương đối rộng, áp dụng được cả với các chuyển động có gia tốc. Trong lý thuyết mới này, nhà vật lý trẻ đã đưa vào một ngôn ngữ mới - ngôn ngữ hình học- để mô tả cặp đôi không-thời gian sẽ làm đảo lộn hoàn toàn nhận thức của chúng ta về hấp dẫn. Để xây dựng lý thuyết của mình, ông không coi bất cứ điều gì là sẵn có và không ngần ngại tư duy lại ngay cả những cơ sở của vật lý học. Ông muốn bắt đầu lại từ những nguyên lý đầu tiên. “Ban đầu là các nguyên lý” ông nói. Chính chúng tạo ra sự gắn kết và hài hòa của thế giới. Vì vậy chúng sẽ dẫn ta tới chân lý.

Einstein đặt ra một câu hỏi ban đầu tưởng như rất đơn giản: lực hấp dẫn hoạt động thế nào? Hàng tháng, Mặt Trăng quay được một vòng quanh Trái Đất ở khoảng cách trung bình 384.000km và liên kết với Trái Đất chúng ta bằng lực hấp dẫn. Thế nhưng không tồn tại một xiềng xích hay dây trói nào ràng buộc hai thiên thể này! Vào năm 1915, Einstein đã đưa ra một giải pháp mang tính cách mạng cho vấn đề này. Ông đưa ra ý tưởng cho rằng chính không gian cho phép lực hấp dẫn tạo ra ảnh hưởng của nó.

Để hiểu kỹ hơn, ta hãy xét quỹ đạo của một viên bi trên một tấm khăn trải bàn. Nếu khăn được là kỹ, sẽ không có vết gấp hay bất kỳ chỗ bất thường nào và chỉ với một cái gậy nhẹ sẽ làm cho viên bi chạy theo đường thẳng. Ngược lại, nếu khăn bị nhàu, với các vết gấp đây đó, quỹ đạo của viên bi sẽ không thẳng nữa mà theo đường viên bi lượn qua các vết gấp. Nói một cách khác, quỹ đạo của viên bi được xác định bởi hình dạng của khăn trải bàn. Einstein gợi ý rằng cơ chế này cũng đúng với không gian.

Một không gian trống rỗng không có vật chất sẽ có hình học là phẳng, và đường ngắn nhất giữa hai điểm trong không gian này sẽ là đường thẳng. Trái lại, ngay khi có các đối tượng vật chất, chúng sẽ làm biến dạng không gian, tạo ra “các vết gấp và các điểm bất thường” làm thay đổi quỹ đạo của vật. Như vậy, Trái Đất làm cong không gian xung quanh nó và Mặt Trăng đi theo con đường ngắn nhất trong không gian cong này và đó chính là đường elip.

Quan điểm của Newton và Einstein như vậy là hoàn toàn khác biệt nhau. Theo Newton, Mặt Trăng quay trên quỹ đạo xung quanh Trái Đất một cách hiền lành là do lực hấp dẫn liên kết chúng với nhau. Vũ trụ của Newton là một thế giới các lực được truyền bởi một chất huyền bí gọi là ether, chứa đầy trong không gian thụ động. Trong thế giới của Einstein, các lực này không có quyền được nói tới nữa và ether bị vứt vào quên lãng; chính không gian, giờ đã trở nên chủ động, mới là kẻ nắm quyền điều khiển và chi phối các chuyển động. Mặt Trăng đi theo quỹ đạo elip bởi vì đó là đường đi ngắn nhất (các nhà vật lý gọi nó là đường trắc địa) trong không gian bị uốn cong bởi Trái Đất. Như vậy là Einstein đã giải phóng không gian khỏi sự cứng nhắc. Không gian trở nên co giãn, có thể kéo dài, co ngắn, biến dạng và xoắn vặn tùy theo lực hấp dẫn. Chính hình dạng cuối cùng của không gian này sẽ chi phối chuyển động của các vật thể hay ánh sáng đi qua nó. Nhà vật lý người Mỹ John Wheeler (1911-2008) đã tóm tắt thuyết tương đối rộng như sau: “Vật chất chi phối độ cong của không gian và không gian chi phối chuyển động của vật chất”.

Ví dụ cực đoan nhất của không gian bị uốn cong chính là lỗ đen. Lỗ đen là kết quả của việc co sập lại của một ngôi sao lớn (gấp khoảng 10 lần khối lượng của Mặt Trời hoặc nhiều hơn) khi từ bán kính vài trăm triệu km co lại thành bán kính khoảng 30km. Trường hấp dẫn của nó lớn đến nỗi không gian tự gấp lại, ngăn cản ánh sáng thoát ra, và tạo thành một cái “hố” trong không gian.

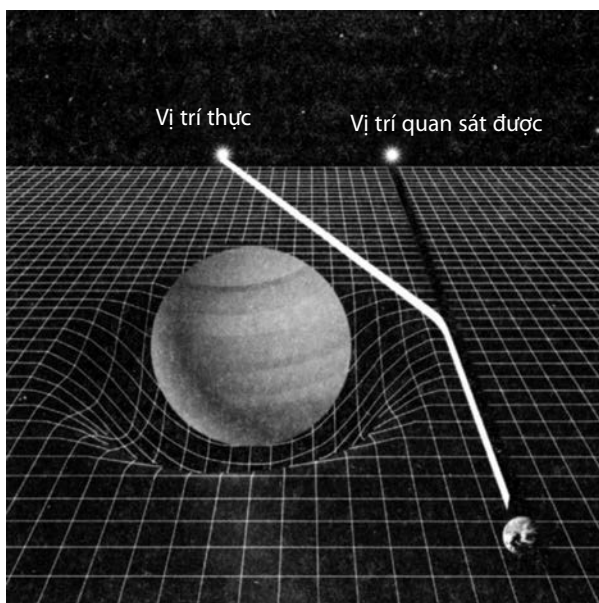
Einstein và điện thoại di động của bạn

Vật chất uốn cong không gian: đây là một tiên đoán của thuyết tương đối rộng và cũng là một thách thức đối với lẽ phải thông thường. Thế nhưng, nó đã được kiểm chứng ngay từ năm 1919 trong một chuyến thám hiểm do nhà thiên văn học người Anh Arthur Eddington (1882-1944) dẫn đầu (hình) với mục



tiêu quan sát nhật thực và trở thành nổi tiếng trong lịch sử vật lý. Ý tưởng, được đưa ra bởi chính Einstein, là lợi dụng sự biến mất của ánh sáng Mặt Trời, do bị Mặt Trăng che khuất trong nhật thực, để chụp ảnh các ngôi sao ở xa có vị trí khi chiếu lên bầu trời rất gần với Mặt Trời. Nếu không gian xung quanh Mặt Trời bị uốn cong bởi trường hấp dẫn của nó, quỹ đạo của ánh sáng sẽ bị bẻ cong theo khi nó đi qua gần Mặt Trời (xem hình vẽ). Sự bẻ cong này thể hiện ở chỗ vị trí biểu kiến của ngôi sao này dịch chuyển một góc nhỏ so với vị trí vẫn của ngôi sao đó chụp sáu tháng sau khi Trái Đất ở phía bên kia Mặt Trời và ánh

sáng của ngôi sao này, khi tới chúng ta, không phải đi qua trường hấp dẫn của Mặt Trời. Góc dịch chuyển do Einstein tiên đoán là rất nhỏ (thế nhưng vẫn lớn gấp đôi tiên đoán của Newton), nó bằng với góc nhìn ngón cái của tay bạn khi nó được đặt cách bạn 1km. Nhưng người ta vẫn có thể đo được góc đó và thấy hoàn toàn phù hợp với tiên đoán của thuyết tương đối.



Do lực hấp dẫn của một thiên thể làm cong không gian xung quanh nó (độ cong được minh họa bởi độ lõm trong không gian phẳng) và đường đi của ánh sáng bị lệch do độ cong này, vị trí quan sát được của một ngôi sao hay thiên hà bị dịch nhẹ so với vị trí thực.

Sự kiểm chứng tuyệt vời này của lý thuyết Einstein đã rầm rộ xuất hiện trên trang nhất của các báo trên khắp thế giới. Một thế giới đau thương vừa trải qua một cuộc xung đột thế giới

tàn bạo, đã chán nghe về các thứ chủ nghĩa, về các thiệt hại của chiến tranh, nạn đói, đã bị chinh phục bởi khoa học mới này. Einstein đã được đưa lên tột đỉnh của vinh quang.

Từ đó đến nay, sự bẻ cong của ánh sáng bởi Mặt Trời đã được đo lại nhiều lần, với độ chính xác ngày càng cao, và lần nào thuyết tương đối cũng tỏ ra hoàn toàn chính xác. Vào năm 2003, quỹ đạo của sóng radio đi qua gần Mặt Trời đã được đo bởi tàu thăm dò Cassini-Huygens, và các kết quả cho thấy là phù hợp với các tiên đoán của thuyết tương đối với độ chính xác tới 0,002%. Gần với chúng ta hơn là điện thoại di động, cho phép ta kết nối ngay tắp lự với thế giới hay hệ thống GPS giúp ta biết được vị trí của ô tô trên bất cứ con đường nào, đã ra đời làm giàu thêm (hay làm phiền phức thêm theo một số người) cuộc sống hàng ngày của chúng ta. Và để các máy móc này hoạt động được, phải cần tới các vệ tinh viễn thông trên quỹ đạo xung quanh Trái Đất, và điện thoại di động hay thiết bị GPS của bạn được kết nối bằng sóng radio cần phải tính tới quỹ đạo cong của các sóng này do trường hấp dẫn của hành tinh chúng ta. Nói cách khác, một lý thuyết mang tính cách mạng của không-thời gian đưa ra vào đầu thế kỷ 20 đã góp phần tạo ra những máy móc hiện đang nằm trong túi hay trên tay của bạn!

Nguyên lý vũ trụ học

Thuyết tương đối rộng không chỉ làm đảo lộn toàn bộ nhận thức của chúng ta về không-thời gian, mà còn cho phép Einstein và các đồng nghiệp vật lý của ông, lần đầu tiên trong lịch sử

nhân loại, mô tả được quá trình tiến hóa của vũ trụ trong tổng thể của nó, bằng các phương trình toán học, tức là xây dựng được cái gọi là các “mô hình vũ trụ”. Nhưng làm thế nào ta có thể mô tả được tổng thể vũ trụ chỉ với vài phương trình toán học? Bạn chắc đang nghĩ là đó là một nhiệm vụ bất khả thi! Nhưng không phải như thế, bởi vì nghệ thuật của các nhà vật lý lớn chính là biết làm thế nào để đơn giản hóa và bỏ qua tất cả những gì không cần thiết. Rõ ràng là trong thực tế, ta không thể liệt kê tất cả mọi thành phần của *toàn bộ* vũ trụ: mất nhiều đời cũng không thể làm được điều đó. Einstein đã nhận thấy ông cần phải sử dụng một nguyên lý tối giản hóa để làm đơn giản vấn đề đi. Vào năm 1543, mục sư người Ba Lan Nicolas Copernicus đã cho chúng ta hiểu rằng mình không có một vị trí đặc biệt gì trong vũ trụ cả: Trái Đất không phải là tâm của hệ Mặt Trời. Từ đó đến nay, bóng ma của ông không ngừng ám ảnh chúng ta. Trái Đất, Mặt Trời, dải Ngân Hà hay Cụm thiên hà địa phương (cụm thiên hà bao gồm dải Ngân Hà và thiên hà đồng hành Andromeda) đều không nằm ở một vị trí đặc biệt nào. Có hàng tỷ các cấu trúc giống như thế đã được sinh ra trong sự vô hạn của vũ trụ. Cái xớ xĩnh của chúng ta trong vũ trụ bao la chẳng có gì là đặc biệt hết. Thế thì can có gì mà không đánh cược rằng mọi xớ xĩnh khác cũng đều như thế cả? Bằng một ý tưởng thiên tài, Einstein đã đưa ra tiên đề mà các nhà vũ trụ học gọi là “nguyên lý vũ trụ học”: vũ trụ là như nhau ở mọi nơi (thuần nhất) và theo mọi hướng (đẳng hướng).

Sau khi đưa ra nguyên lý vũ trụ học, sự tiến hóa của vũ trụ chỉ còn phụ thuộc vào các thành phần vật chất và năng lượng,

hay chính xác hơn là mật độ (hay khối lượng trên một đơn vị thể tích) của nó. Có tất cả mười phương trình của thuyết tương đối rộng mô tả mật độ này tiến hóa như thế nào theo thời gian. Các phương trình này liên kết với nhau một cách rất phức tạp, tới mức không thể giải được một cách dễ dàng. Điều này giống như ta đối mặt với một nút thắt nan giải mà không biết cách tháo gỡ. Nguyên lý vũ trụ học là thanh gươm có thể cắt bỏ nút thắt này. Như có phép thần, khi nguyên lý này ra đời, nó đã làm giảm số phương trình từ mười xuống còn một, và cho phép ta giải được phương trình này.

Làm thế nào giải thích được trò ảo thuật này? Hãy tưởng tượng một bãi cát cạnh bờ biển. Nếu tôi muốn bạn mô tả bờ biển một cách chi tiết nhất, một đụn cát nhỏ ở đây, một mấp mô ở kia, bạn sẽ rất khó có thể miêu tả hết được. Nhưng nếu tôi chỉ muốn biết những tính chất trung bình của bãi biển này (chẳng hạn như màu sắc, lượng cát trong một mét khối, phạm vi của nó...) nhiệm vụ sẽ dễ dàng hơn nhiều. Cũng như thế, do Einstein chỉ muốn biết những thuộc tính trung bình của vũ trụ (và nguyên lý vũ trụ học nói rằng vũ trụ về trung bình là bằng nhau ở mọi nơi), ông đã có thể giải các phương trình của mình.

Vào thời kỳ mà ông đưa ra nguyên lý vũ trụ học, chưa hề tồn tại bằng chứng quan sát nào về sự đồng đều của vũ trụ cả. Sau đó, sự phát hiện ra bức xạ hóa thạch vào năm 1965 trong khắp vũ trụ - ánh sáng này sinh ra từ thời điểm vũ trụ được tạo ra - đã làm thay đổi toàn bộ. Những quan sát của các vệ tinh COBE và WMAP và Planck đã chỉ ra rằng trong toàn bộ vũ trụ, nhiệt độ của bức xạ này ($-270,3$ độ C) là hoàn toàn đồng đều,

và nếu có biến thiên thì cũng không quá 0,001%. Điều này đã khẳng định một cách ấn tượng trực giác thiên tài của Einstein.

Cần phải đo được điều mà Einstein đem lại là lớn lao đến mức nào. Con người đã đặt ra những câu hỏi về cấu trúc của vũ trụ từ thời xa xưa. Các mô tả về vũ trụ cứ nối tiếp nhau và mang nhiều dáng dấp qua các thời kỳ. Vũ trụ đầu tiên xuất hiện cách đây vài trăm nghìn năm, cùng thời kỳ với ngôn ngữ. Các vũ trụ thần linh và huyền thoại xuất hiện tiếp sau đó, thường là núp dưới bóng tôn giáo, nghệ thuật hay dân tộc chủ nghĩa. Vũ trụ khoa học được khai sinh bởi với người Hi Lạp cách đây khoảng 20 thế kỷ. Nó được tiếp tục phát triển theo thời gian, được thúc đẩy bởi các khám phá tuyệt vời như thuyết vạn vật hấp dẫn của Newton. Nhưng chỉ tới thế kỷ 20, lần đầu tiên trong lịch sử tư tưởng loài người, Einstein đã cho chúng ta những phương tiện để xây dựng các mô hình toán học của toàn bộ các vũ trụ khoa học khả dĩ, tuân theo các định luật vật lý đã biết, và cho phép chúng ta vừa tái hiện lại được quá khứ, vừa dự đoán được tương lai.

Một lực đẩy trong vũ trụ

Sau khi đã gỡ bỏ nút thắt nan giải của các phương trình thuyết tương đối rộng, Einstein đã có con đường rộng mở để xây dựng một mô hình về sự tiến hóa của vũ trụ. Khi làm điều này, ông đã phải đối mặt với một bất ngờ lớn: mô hình vũ trụ nhận được không phải là tĩnh như ông mong đợi mà lại là động. Mô hình này nói rằng vũ trụ phải hoặc là đang giãn nở hoặc

là đang tự co sập lại, giống như một quả bóng ném lên không trung nhất định phải bay lên hay rơi xuống. Nói về một vũ trụ tĩnh cũng giống như nói rằng quả bóng có thể nằm bất động lơ lửng trên không. Không gian của vũ trụ không còn là thụ động mà là chủ động; nó có chuyển động và trở thành động. Trong khi mọi quan sát trong vũ trụ vào thời điểm đó đều chỉ ra vũ trụ là tĩnh. Einstein đã không đủ niềm tin vào thuyết tương đối của chính mình để tuyên bố rằng các quan sát là sai và vũ trụ phải là động chứ không phải tĩnh: ông đã bị khuất phục trước ý kiến của đám đông và năm 1917, ông đã sửa các phương trình của mình bằng cách thêm một số hạng nữa gọi là “hằng số vũ trụ”, biểu diễn một kiểu lực đẩy cho phép cân bằng với lực hút của vật chất, và điều này cho phép ông xây dựng được một vũ trụ tĩnh.

Einstein chưa bao giờ chỉ rõ nguồn gốc của lực đẩy này, ngoại trừ nói rằng nó không thể là sản phẩm của vật chất hay ánh sáng. Sự tồn tại của một lực đẩy như vậy không bị loại trừ bởi các phương trình của thuyết tương đối rộng. Thực vậy, trong lý thuyết của Einstein, hấp dẫn không chỉ phụ thuộc vào khối lượng của vật chất, hay một cách tương đương, vào mật độ của nó (mật độ bằng khối lượng của vũ trụ chia cho thể tích của nó), mà còn phụ thuộc vào cả áp suất nữa. Mà nếu tồn tại trong vũ trụ một áp suất âm lớn hơn mật độ của vật chất, thì sẽ xuất hiện tình huống trong đó lực hấp dẫn âm, tức là nó sẽ đẩy thay vì hút. Nhưng làm thế nào để tạo ra một áp suất âm lớn tới mức như thế? Einstein cũng không biết gì hơn. Do hằng số vũ trụ không được giải thích một cách rõ ràng về mặt vật lý, nên ông đã rất sung sướng khi có thể gạch bỏ nó ra khỏi

các phương trình của mình vào năm 1929 khi nhà thiên văn người Mỹ Edwin Hubble (1889-1953) thông báo đã phát hiện ra sự giãn nở của vũ trụ - một thiên hà chạy càng nhanh ra xa một thiên hà khác, nếu khoảng cách giữa chúng càng lớn -, và như thế vũ trụ tĩnh không còn chỗ đứng nữa. Einstein thậm chí còn nói việc đưa vào hằng số vũ trụ là “sai lầm lớn nhất trong cuộc đời ông”. Ông hối tiếc là đã không đủ niềm tin vào thuyết tương đối của mình, nếu không ông đã có thêm một danh hiệu vẻ vang nữa trong bộ sưu tập của mình: danh hiệu “người phát hiện” ra sự giãn nở của vũ trụ. Nhưng, như ta sẽ thấy, lịch sử của hằng số vũ trụ còn chưa kết thúc ở đây và nó sẽ còn biết tới nhiều đột khởi nữa.



Edwin Hubble, người đã làm sáng tỏ bản chất các thiên hà và phát hiện ra sự giãn nở của vũ trụ, thường được coi là cha đẻ của vũ trụ học quan sát hiện đại.

Vũ trụ xuất phát từ hư vô?

Nếu như, trong những năm tiếp sau sự xuất hiện của thuyết tương đối vào năm 1915, Einstein muốn tìm mọi cách để xây

dựng một mô hình vũ trụ tĩnh, thì trái lại, các nhà khoa học khác lại không ngần ngại sử dụng lý thuyết của ông để xây dựng các mô hình vũ trụ động trong đó không gian sẽ bị nở ra hay co lại theo thời gian. Người đầu tiên trong danh sách này là nhà toán học và khí tượng học người Nga Alexandre Friedmann (1888-1925) (hình). Bị mê hoặc bởi các phương trình của thuyết tương đối rộng, ông bắt đầu tìm kiếm các nghiệm chính xác trong trường hợp vũ trụ là đồng nhất và đẳng hướng. Năm 1922, ông đã phát hiện ra các phương trình Einstein cho phép mô tả một vũ trụ không tĩnh, đang giãn nở hay co lại. Trong tác phẩm của ông với nhan đề *Thế giới trong không gian và thời gian*, Friedmann ngoại suy hành vi của vũ trụ theo thời gian, về quá khứ và tới tương lai, bằng cách tưởng tượng ra một vũ trụ tuần hoàn, có một chuỗi vô hạn các chu trình giãn nở và co lại. Ông viết: “Tồn tại những trường hợp trong đó bán kính cong của vũ trụ thay đổi một cách tuần hoàn. Vũ trụ sẽ co lại thành một điểm, rồi bán kính của nó lại tăng dần, rồi lại co lại, và cứ tiếp tục như thế. Ta không thể không nghĩ tới vũ trụ tuần hoàn trong thần thoại của người Hindu. Cũng tồn tại khả năng vũ trụ xuất phát từ hư vô. Nhưng tất cả những điều này hiện nay mới chỉ là một sự tò mò phỏng đoán không thể kiểm chứng được bằng các quan sát thiên văn hiện đại”.



Khi biết tới các kết quả của Friedmann, phản ứng đầu tiên của Einstein là nói rằng Friedmann đã nhầm lẫn ở đâu đó trong

các tính toán. Nhưng vào năm 1923, ông chấp nhận rằng chính ông mới là người nhầm lẫn và rằng “ngoài các mô hình vũ trụ tĩnh, các phương trình của thuyết tương đối cũng cho phép xây dựng các mô hình vũ trụ tiến hóa theo thời gian”. Mất vào năm mới 37 tuổi do mắc bệnh thương hàn, cha đẻ của vũ trụ học không tĩnh không bao giờ có hạnh phúc được thấy công trình của mình được khẳng định một cách ấn tượng bởi phát hiện ra vũ trụ giãn nở của Edwin Hubble vào năm 1929. Nhưng dấu sao thì sự quan tâm của Friedmann với vũ trụ vẫn ở trong cảnh giới toán học nhiều hơn là thiên văn học: “Nhiệm vụ của tôi là tìm ra các nghiệm khả dĩ của các phương trình của Einstein. Sau đó, các nhà vật lý có thể làm bất cứ gì họ muốn”.

Linh mục phụ tá người Bỉ và nguyên tử nguyên thủy

Người thứ hai xây dựng vũ trụ không tĩnh là linh mục phụ tá thiên chúa giáo và nhà vật lý thiên văn người Bỉ Georges Lemaître (1894-1966). Được đào tạo tại Đại học Thiên Chúa Giáo Louvain và các trường đại học lớn nhất của Anh (ông đã từng làm việc với Arthur Eddington tại Cambridge) và Mỹ (Harvard và MIT), Lemaître đã biết tới các công trình của Einstein về vũ trụ tĩnh. Làm việc tại đài thiên văn của Đại học Harvard, ông cũng đã quen thuộc với những kết quả của nhà thiên văn Mỹ Vesto Slipher, người đã phát hiện ra vào năm 1923 một sự kiện lạ: ánh sáng của một số thiên hà gần mà ông nghiên cứu có vẻ như bị dịch về phía đỏ một cách có hệ thống.

Việc hóa đỏ này có thể hiểu được là do chuyển động ra xa nhau của các thiên hà, nhờ một phát hiện của nhà vật lý người

Áo Johann Christian Doppler (1803-1853): vào năm 1842, ông nhận thấy âm thanh do một vật chuyển động phát ra nghe chói hơn khi vật đó tiến gần người quan sát và trầm hơn khi đi ra xa. Mỗi chúng ta chắc đã từng cảm nhận thấy “hiệu ứng Doppler” khi đứng trên vỉa hè nghe tiếng còi hú của xe cứu thương: nó chói hơn khi xe cứu thương tiến lại gần và trầm hơn khi nó đi ra xa. Cũng giống như âm thanh, ánh sáng cũng chịu một “hiệu ứng Doppler” tương tự. Khi một vật sáng dịch chuyển ra xa chúng ta, ánh sáng của nó sẽ bị “trầm” hơn, nó mất năng lượng và bị dịch về phía đỏ, trong khi nếu vật sáng tiến lại gần chúng ta, ánh sáng của nó sẽ trở nên “chói” hơn, nó thu được năng lượng và bị dịch về phía xanh. Sự thay đổi màu sắc càng lớn khi tốc độ dịch chuyển lại gần hay ra xa càng lớn. Lemaître hiểu rằng chuyển động dịch ra xa nhau của các thiên hà có thể giải thích được một cách dễ dàng với một vũ trụ giãn nở.

Được phong linh mục dòng Tên vào năm 1923, Lemaître đã cho công bố vào năm 1927 một bài báo bậc thầy trong đó ông không chỉ là người đầu tiên giới thiệu các mô hình toán học của vũ trụ đang giãn nở, phù hợp với các phương trình của thuyết tương đối rộng, giống như Friedmann đã làm (Lemaître không hề biết tới các công trình của Friedmann), mà còn tích hợp các kết quả quan sát thiên văn của Slipher về chuyển động dịch ra xa nhau của các thiên hà, điều mà cả Einstein và Friedmann đều chưa từng làm. Lý luận của ông thật mạch lạc: nếu vũ trụ hiện tại đang giãn nở và không gian của nó không ngừng bị pha loãng, thì nó phải bắt đầu sự tồn tại của mình ở một trạng thái cực kỳ bé, nóng và đặc, cái mà Lemaître gọi là “nguyên tử

nguyên thủy”. Từ đó vũ trụ không ngừng lớn lên, bớt nóng và loãng dần do giãn nở cho tới khi trở thành một vũ trụ rộng lớn như ta thấy ngày nay.

Trong bài báo này, Lemaître cũng là người đầu tiên mô tả chuyển động giãn nở của vũ trụ. Thực vậy, ông nhận thấy rằng nếu như vũ trụ xuất phát từ một trạng thái rất bé, rất nóng và rất đặc, thì chuyển động dịch ra xa nhau của các thiên hà không thể là ngẫu nhiên được. Nó phải làm sao để vận tốc dịch ra xa của một thiên hà tỷ lệ thuận với khoảng cách. Chẳng hạn, một thiên hà ở xa dải Ngân Hà hơn 20 lần so với một thiên hà khác thì nó phải dịch chuyển ra xa nhanh hơn 20 lần so với thiên hà ở gần. Hệ quả cơ bản của tính tỷ lệ thuận này giữa khoảng cách và vận tốc: đó là mỗi thiên hà đã mất cùng một khoảng thời gian để di chuyển từ vị trí gốc ban đầu tới vị trí hiện tại, bởi vì thời gian này đúng bằng tỷ số giữa khoảng cách và vận tốc. Giờ ta hãy đảo ngược lại các sự kiện đã xảy ra. Mọi thiên hà đều ở cùng một nơi tại cùng một thời điểm: từ đó xuất hiện ý tưởng về một trạng thái gốc cực kỳ đặc và một sự bùng nổ không gian, vụ “big bang” nổi tiếng, khai sinh ra vũ trụ và hậu quả vẫn còn duy trì cho tới ngày nay thông qua chuyển động giãn nở làm cho các thiên hà dịch chuyển ra xa nhau⁽²⁵⁾.

25. Thuật ngữ “big bang” chỉ được phát minh ra sau đó rất lâu, vào những năm 1950, bởi nhà thiên văn học người Anh Fred Hoyle (1915–2001), trong một buổi phỏng vấn của đài BBC. Là tác giả của một lý thuyết cạnh tranh, thuyết “vũ trụ tĩnh”, cho rằng vũ trụ là không đổi theo thời gian. Ông tạo ra thuật ngữ này là để chế nhạo ý tưởng vụ nổ nguyên thủy. Nhưng không ngờ thuật ngữ này lại tạo ra ấn tượng mạnh với các nhà khoa học và dân chúng tới mức nó đã trở thành một thuật ngữ chính thức.

Khi Einstein biết tới các kết quả của Lemaître, nhà phát minh ra thuyết tương đối, khi đó vẫn còn tin vào một vũ trụ tĩnh, một lần nữa lại tỏ ra lưỡng lự. Ở hội nghị Solvay lần thứ 5, họp vào năm 1927 tại Brussel (Solvay là tên của một nhà công nghiệp Bỉ tài trợ cho các hội nghị tập hợp các nhà vật lý và hóa học hàng đầu thế giới), Einstein đã thổ lộ với Lemaître: “Toán học của ông rất tuyệt vời nhưng vật lý của ông thì thật là khủng khiếp!”, những lời mà chắc hẳn sau đó ông sẽ phải hối tiếc, ngay khi Hubble công bố phát hiện của mình vào năm 1929 rằng vận tốc dịch ra xa của một thiên hà thay đổi tùy thuộc vào khoảng cách của nó tới dải Ngân Hà⁽²⁶⁾.

Hai con đường của Einstein và Lemaître lại cắt nhau một lần nữa 5 năm sau lần gặp mặt đầu tiên ở hội nghị Solvay. Lần này cuộc gặp gỡ diễn ra tại phòng họp của đài thiên văn trên núi Wilson, ở California, nơi Hubble thực hiện các quan sát dẫn tới phát hiện vĩ đại của mình. Lemaître thuyết trình về lý thuyết “nguyên tử nguyên thủy” và Einstein cũng có mặt ở đó. Vào cuối buổi thuyết trình của linh mục người Bỉ, cha đẻ của thuyết tương đối đã đứng dậy và tuyên bố rằng lý thuyết của Lemaître là “sự giải thích về Sáng thế đẹp đẽ nhất và cũng thỏa đáng nhất mà ông đã từng nghe”. Mặc dù không được nhiều người biết tới như Einstein, nhưng ngày nay Lemaître vẫn được cộng đồng khoa học coi là cha đẻ của lý thuyết big bang.

26. Tính tỉ lệ giữa khoảng cách một thiên hà với vận tốc dịch chuyển ra xa này ngày nay được gọi là “định luật Hubble”.



Linh mục Georges Lemaître (trong ảnh đứng cạnh Einstein vào năm 1932, ở Pasadena, California), cùng với Alexandre Friedmann, là những người tiên phong phát triển mô hình vũ trụ giãn nở. Ông thường được coi là cha đẻ của ý tưởng cho rằng vũ trụ xuất phát từ một trạng thái ban đầu cực kỳ bé, nóng và đặc mà ông gọi là “nguyên tử nguyên thủy”.

Giáo hoàng và big bang

Việc phát hiện ra vũ trụ không phải là tĩnh mà đang giãn nở, và sự giãn nở này ngụ ý có một sự khởi đầu trong quá khứ, không thể không có những ảnh hưởng sâu sắc về triết học và thần học. Ý tưởng về một sự khởi đầu của thời gian dễ khiến

người ta liên tưởng tới Sáng thế (“*Fiat lux!*” - Phải có ánh sáng!) như mô tả trong sách Sáng thế. Là một linh mục thiên chúa giáo, Lemaître thường bị kết tội là theo “thuyết phù hợp”, tức là bị ảnh hưởng bởi niềm tin tôn giáo của mình khi làm khoa học. Nhưng hoàn toàn không phải như thế, như Lemaître đã từng nói rõ: “Trong chùng mực mà tôi có thể phân định, thì lý thuyết [big bang] nằm ngoài mọi vấn đề siêu hình hay tôn giáo”. Đối với ông, thiên chức của vũ trụ học nói riêng hay khoa học nói chung không phải là để khẳng định hay phủ định những vấn đề của tôn giáo hay triết học. Nó chỉ đưa ra một kịch bản chặt chẽ, là kết quả của một phương pháp tiến hành đã được thiết lập mà người ta gọi là “phương pháp khoa học”, cho phép mô tả một cách chặt chẽ tập hợp các quan sát về vũ trụ mà ta có tại thời điểm đó.

Thế nhưng không cần phải chờ quá lâu, Giáo hội đã lợi dụng lý thuyết vũ trụ học này để biện minh về mặt khoa học cho sách Sáng thế. Vào năm 1951, rất lâu trước khi cộng đồng khoa học chấp nhận lý thuyết big bang (nó chỉ được chấp nhận vào năm 1965, sau khi phát hiện ra bức xạ hóa thạch tràn ngập toàn bộ vũ trụ), Giáo hoàng Pius XII (1876-1958) đã có một bài phát biểu nổi tiếng tại Viện hàn lâm giáo hoàng về Khoa học, dưới cái tên rất tường minh: *Les preuves de l'existence de la science actuelle de la nature* (Các bằng chứng về sự tồn tại của Chúa dưới ánh sáng của khoa học tự nhiên hiện tại). Trong bài phát biểu này, Giáo hoàng đã điểm lại những phát hiện mới nhất của vật lý thiên văn, vật lý hạt nhân và vũ trụ học: “Quả thực, có vẻ như khoa học ngày nay có thể lần ngược trở lại hàng triệu

thể kỷ, đã thành công trong việc chứng thực sự kiện *Fiat lux* ban đầu, về thời điểm xuất hiện từ hư vô, với vật chất, một đại dương ánh sáng và bức xạ, trong khi các hạt của các nguyên tố hóa học tách ra và hợp lại thành hàng triệu thiên hà”. Rồi Giáo hoàng kết luận một cách hết sức rõ ràng: “Vậy là, có Sáng thế trong thời gian; và để làm điều đó, có một Đấng sáng thế; và do đó có Chúa!”.

Bị sốc trước sự diễn giải như thế về các phát minh khoa học mà ông trực tiếp có dính líu, Lemaître đã xin gặp Giáo hoàng Pius XII để nói về quan điểm của ông theo đó khoa học và đức tin không được lẫn lộn với nhau. Có vẻ như Pius XII đã nghe ông, bởi năm sau, trong một diễn thuyết trước các nhà thiên văn, giáo hoàng đã không đề cập gì tới sự sáng tạo ra vũ trụ, và chỉ mời các nhà bác học để “đạt được một sự hoàn hảo sâu sắc hơn nữa về hình ảnh thiên văn của vũ trụ”.

Tôi hoàn toàn đồng tình với quan điểm của Lemaître. Khoa học và đức tin là những lĩnh vực hoàn toàn khác nhau và nhất thiết không nên trộn lẫn chúng và chứng minh cho “thuyết phù hợp”. Khoa học hoạt động hoàn toàn tốt và đạt được mục tiêu mà nó đề ra - tri thức về các hiện tượng, phát hiện ra các định luật vật lý chi phối tiến trình của chúng - mà không cần tới những trợ giúp của triết học hay tâm linh. Còn các tôn giáo lại không cần tới khoa học để tồn tại và thịnh vượng. Tuy nhiên, tôi vẫn nghĩ rằng khoa học và tôn giáo⁽²⁷⁾ là những cửa sổ khác nhau và

27. Là người theo truyền thống Phật giáo nên tôi thích từ “tâm linh” hơn là “tôn giáo”, bởi khái niệm về một Chúa sáng thế không tồn tại trong Phật giáo!

bổ sung cho nhau để từ đó quan sát thực tế tối thượng. Bởi cả hai đều truy tìm chân lý, nên cách chúng xem xét thực tại không thể dẫn tới một sự mâu thuẫn không thể giải quyết mà ngược lại, sẽ có tính bổ sung hài hòa. Giống như nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg (1901-1976) đã viết: “Tôi coi tham vọng vượt qua các mâu thuẫn, bao gồm sự tổng hợp bao quát cả hiểu biết lý tính với các kinh nghiệm thần bí của cá nhân, là *mythos*, tức là sự tìm kiếm, dù có nói ra hay không, của thời đại chúng ta⁽²⁸⁾”.

Vũ trụ không có trung tâm

Trước khi đi xa hơn, chúng ta cần thanh toán dứt điểm một huyền thuyết dai dẳng về lý thuyết big bang. Thuật ngữ “big bang” gợi ra khái niệm về một sự “bùng nổ”, nhưng đó là một sai lầm: ở đây ta nghĩ ngay tới sự nổ tung của một quả cầu vật chất rất nhỏ và rất đặc ở trong một không gian đã tồn tại từ trước, và các thiên hà giống như những mảnh vật chất bay ra từ tâm vụ nổ, điều này không tránh khỏi dẫn ta tới một câu hỏi: “Thế tâm của vũ trụ ở đâu?” Thực ra, cụm từ “vũ trụ đang giãn nở” hoàn toàn không có nghĩa là tồn tại hàng tỉ thiên hà đang lao hết tốc lực trong một không gian trống rỗng, bất động và bất biến, vẫn luôn tồn tại trong suốt thời gian và đã hiện diện từ trước big bang. Thực tế, chúng ta cần nhớ rằng trong vũ trụ của Einstein không gian không còn là tĩnh, bất động hay thụ động như là vũ trụ của Newton nữa. Nó trở nên động, có thể co

28. Werner Heisenberg, *Across the Frontiers* (Vượt qua các biên giới), chương 3 “Wolfgang Pauli’s Philosophical Outlook” (Quan điểm triết học của Wolfgang Pauli)

giãn và chủ động. Trong vũ trụ big bang không phải là các thiên hà chuyển động trong một không gian tĩnh mà là một không gian đang giãn nở kéo theo các thiên hà đứng yên chuyển động cùng với nó.

Hãy tưởng tượng bạn đang nướng bánh gatô có rắc nho. Khi bột càng nở, bề mặt của bánh càng to ra, và nho rắc trong bánh cũng dịch chuyển ra xa nhau. Hay khi ta thổi một quả bóng bay có dán trang trí các ngôi sao bằng giấy. Bề mặt của quả bóng khi bị thổi tăng lên và toàn bộ các ngôi sao dán trên đó sẽ dịch chuyển ra xa nhau. Cũng giống như bề mặt của chiếc bánh gatô hay quả bóng bay tăng lên, không gian mới liên tục được tạo thêm trong vũ trụ, và khoảng cách giữa các thiên hà cũng tăng dần lên theo thời gian. Chẳng khác gì những quả nho bất động trong bánh hay các ngôi sao được dán cố định trên bề mặt quả bóng, các thiên hà cũng bất động trong không gian. Mọi chuyển động ở đây là từ bề mặt bánh gatô hay quả bóng, cũng giống như chính không gian đang giãn nở vậy. Cũng như vận tốc của các thiên hà tăng tỉ lệ với khoảng cách của chúng đối với nhau, quả nho hay các ngôi sao giấy cũng thấy đồng loại của mình chuyển động ra xa nhau càng nhanh khi càng ở xa nhau.

Như vậy, các thiên hà không hề “chạy trốn” ra xa dải Ngân Hà. Mà là chúng chạy trốn lẫn nhau. Chuyển động giãn nở của vũ trụ làm cho những sinh vật ở trên mỗi thiên hà, nếu họ tồn tại, đều thấy cùng một khung cảnh giống như chúng ta. Họ cũng sẽ thấy các thiên hà chuyển dịch ra xa, và họ cũng có ảo giác mình là trung tâm của thế giới. Bởi vì mọi nơi đều là tâm, nên chẳng nơi nào là tâm cả! Nếu như big bang thật sự là một

sự tập trung của vật chất đã bùng nổ từ một tâm, thì hẳn nhiên sẽ có những thiên hà ở gần tâm và những thiên hà khác ở gần biên. Một người ở trên thiên hà gần biên sẽ thấy một bầu trời khác hẳn nhau tùy theo hướng của kính thiên văn: theo hướng tới tâm, người đó sẽ thấy một mật độ lớn của các thiên hà, và theo hướng ngược lại, sẽ hoàn toàn là khoảng trống. Mà điều này hoàn toàn trái với những gì trên trời: vũ trụ là như nhau theo mọi hướng ta nhìn. Như vậy, không nên hỏi sẽ tìm thấy ở đâu cái “điểm” nổi tiếng, nơi bắt đầu của tất cả, nơi đã diễn ra vụ nổ nguyên thủy. Câu hỏi đó là hoàn toàn vô nghĩa.

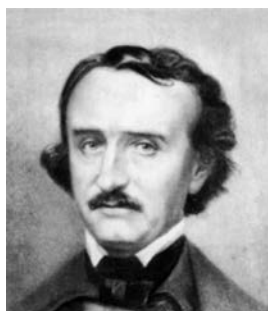
Cha đẻ của tiểu thuyết trinh thám và nghịch lý đêm đen

Sự đăng quang của thuyết big bang cũng cung cấp chìa khóa cho nghịch lý mà ta đã gặp ở trên, nghịch lý đã ám ảnh con người từ nhiều thế kỷ trước: nghịch lý đêm đen.

Ta đã thấy rằng, vào năm 1610, chính do đêm là đen nên Kepler đã chọn một vũ trụ hữu hạn, bất chấp nghịch lý xảy ra với ý tưởng về “biên” của một vũ trụ hữu hạn (các hình học phi Euclid với các không gian cong cho phép giải được nghịch lý này nhưng lúc đó còn chưa xuất hiện). Nếu như nhà thiên văn học Đức chối bỏ giả thuyết về vũ trụ vô hạn thì đó là bởi vì ông đã suy luận một cách rất đúng đắn rằng một vũ trụ như thế sẽ chứa vô số các ngôi sao đều sáng như Mặt Trời. Và khi nhìn lên bầu trời theo bất cứ hướng nào, thì cái nhìn của chúng ta cũng đều bắt gặp bề mặt của một ngôi sao, hệt như cái nhìn của chúng ta chắc chắn sẽ bị một thân cây nào đó chặn lại khi

ta ở giữa một khu rừng (Ảnh màu 10 - 11). Như vậy thì bầu trời ban đêm phải sáng như ban ngày. Mà thực tế lại không phải như thế nên vũ trụ phải là hữu hạn.

Vấn đề vũ trụ vô hạn lại xuất hiện vào năm 1687 với Newton, khi ông tìm cách tránh một hệ quả nan giải trong lý thuyết của ông: lực vạn vật hấp dẫn làm cho mọi thành phần của vũ trụ co sập vào nhau tạo thành một khối lớn ở trung tâm. Điều này lại đặt nghịch lý đêm đen lên bàn trở lại. Nhiều giải thích đã được đưa ra để giải thích tại sao đêm lại không sáng như ngày. Trong số đó, bác sĩ và nhà thiên văn học nghiệp dư người Đức Heinrich Olbers (1758-1840) đã lấy lại ý tưởng của Jean-Philippe de Chéseaux người Thụy Sĩ và gợi ý vào năm 1823 rằng ánh sáng của các ngôi sao đã bị hấp thụ trong quá trình di chuyển trong không gian. Bầu trời là đen bởi vì ánh sáng của các ngôi sao đã bị làm yếu đi. Giải thích này cũng không ổn bởi vì mọi thứ bị hấp thụ đều phải được phát ra trở lại; ánh sáng không tự mất đi. Câu đố này ngày nay được biết đến dưới cái tên “nghịch lý Olbers”, vẫn còn là một bí ẩn chưa giải đáp.



Vào năm 1848, nhà văn kiêm thi sĩ người Mỹ Edgar Allan Poe (1809-1849) (hình), cha đẻ của truyện trinh thám, có một trực giác cực kỳ nhạy bén. Trong bài thơ *Eurêka*, ông đưa ra một giải pháp hoàn toàn mới cho nghịch lý đêm đen. Đêm không sáng như ban ngày không phải bởi vì vũ trụ bị giới hạn trong không gian, như Kepler nghĩ, mà bởi vì nó bị giới hạn

theo thời gian. Nói một cách khác, nó không phải là vĩnh hằng mà có điểm bắt đầu trong quá khứ. Và bởi vì nó bị giới hạn trong thời gian, nên ánh sáng của các thiên thể ở xa nhất chưa có đủ thời gian để đến được với chúng ta, và ta chỉ có thể thấy được không gian tối đen ở hướng của chúng. “Cách duy nhất để giải thích cho các khoảng trống mà các kính thiên văn đã tìm thấy ở rất nhiều hướng là cho rằng cái nền vô hình đó ở một khoảng cách lớn tới mức không một tia sáng nào có thể tới được chúng ta”, Poe viết. Thi sĩ đã hiểu được rằng ánh sáng, dù di chuyển với vận tốc lớn nhất có thể trong vũ trụ - 300.000km/s -, cũng vẫn mất thời gian để tới chúng ta, và rằng chúng ta luôn nhìn thấy các thiên thể muộn hơn so với thực tế. Chẳng hạn, ánh sáng từ thiên hà Andromeda, bạn đồng hành của dải Ngân Hà, tới ta hiện nay đã xuất phát từ hơn hai triệu năm trước, vào thời điểm mà những người đầu tiên vẫn còn dò bước qua những bụi rậm ở Châu Phi. Như vậy là Poe đã tìm ra chìa khóa cho câu đố về đêm đen. Nhưng các nhà khoa học không có thói quen lấy cảm hứng từ các nhà thơ để xây dựng nên các lý thuyết, và đề nghị của nhà văn vẫn chỉ là những con chữ chết.

Cần phải đợi tới sự đăng quang của thuyết big bang vào năm 1965. Thuyết này đưa ra một khởi đầu cho vũ trụ và chống lưng cho trực giác mang tính dự báo của Poe bằng một cơ sở khoa học chắc chắn. Đêm là đen bởi vì không có đủ các ngôi sao để lấp kín bầu trời. Số các ngôi sao bị hạn chế, không phải là do vũ trụ bị giới hạn về không gian, mà bởi vì ta không nhìn thấy hết toàn bộ vũ trụ. Do vũ trụ đã có một khởi đầu và ánh sáng lan truyền một cách không tức thì, nên chỉ có ánh sáng tới từ

các ngôi sao và thiên hà ở trong một mặt cầu chân trời nhất định mới tới được chúng ta. Giống như một thủy thủ trên một con tàu không nhìn thấy gì ở bên kia chân trời, các nhà thiên văn học cũng không nhìn thấy gì ở bên ngoài một khoảng cách nhất định. Hơn nữa, số lượng các ngôi sao là hữu hạn, bởi vì chúng không phải là vĩnh hằng. Cuộc sống của một ngôi sao sáng là ngắn ngủi so với tuổi của vũ trụ. Chỉ vài tỷ năm ánh sáng, thậm chí vài triệu năm ánh sáng là chúng sẽ ra đi! Và cuối cùng sự giãn nở của vũ trụ cũng đóng góp một phần nhỏ: càng ngày khoảng cách giữa các thiên hà càng xa, ánh sáng càng ngày càng mất nhiều năng lượng để tới được với chúng ta, làm cho các thiên hà sáng yếu đi. Năng lượng sáng trong hình cầu chân trời giảm xuống, độ dày đặc của đêm đen tăng lên. Như vậy là ta có thể chiêm ngưỡng thấy bầu trời đêm lấp lánh các vì sao là nhờ vào vũ trụ có một khởi đầu và các vì sao không phải là vĩnh hằng.

Thế bán kính của hình cầu chân trời mà vượt qua đó ánh sáng không đủ thời gian để tới với chúng ta là bao nhiêu? Do tuổi của vũ trụ là 13,7 tỷ năm, ta có thể nghĩ là bán kính này bằng 13,7 tỷ năm ánh sáng. Thực tế, khoảng cách của một thiên thể ở gần, tính bằng năm ánh sáng, là bằng với thời gian để ánh sáng của nó tới được với chúng ta. Như vậy ánh sáng mà ta nhận được hôm nay của một thiên hà cách chúng ta 20 triệu năm ánh sáng đã xuất phát từ thiên hà đó cách đây 20 triệu năm. Nhưng quan hệ này chỉ chính xác đối với vũ trụ tĩnh. Nó không còn đúng đối với một vũ trụ đang giãn nở, như vũ trụ chúng ta. Đối với một thiên hà nằm cách 20 triệu năm ánh sáng, độ sai khác là rất

thấp, theo nghĩa là khoảng cách mà nó dịch chuyển do vũ trụ giãn nở là có thể bỏ qua, 20 triệu năm là một khoảng tương đối ngắn so với tuổi của vũ trụ. Nhưng với các thiên thể nằm cách xa hơn 200 triệu năm ánh sáng, thì cần phải tính thêm khoảng cách tăng do vũ trụ giãn nở. Điều này làm cho ánh sáng của một thiên hà ngày nay ở cách Trái Đất 47 tỉ năm ánh sáng đã phát ra khi nó ở cách chúng ta 13,7 tỷ năm ánh sáng, khoảng cách tối đa mà ánh sáng có thể đi được trong thời gian tồn tại của vũ trụ. Ánh sáng của các ngôi sao và các thiên hà xa hơn, không có đủ thời gian để tới với chúng ta. Như vậy bán kính của vũ trụ quan sát được chính là 47 tỉ năm ánh sáng.

IV

Sự vô hạn của vũ trụ phụ thuộc các thành phần của nó: vật chất sáng, vật chất tối và năng lượng tối

Độ cong của vũ trụ và số phận của nó

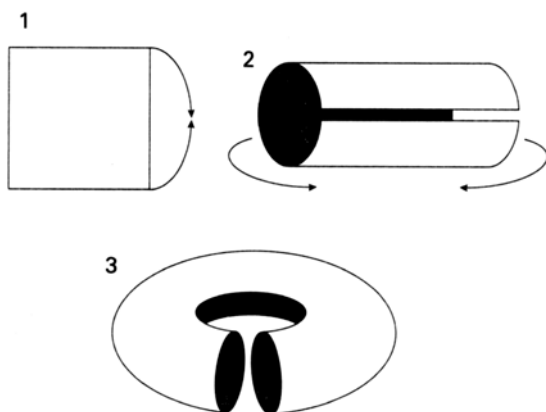
Sau khi xác định được vũ trụ có một khởi đầu về thời gian, và thời gian này là hữu hạn và đo được, nói một cách khác, vũ trụ có một quá khứ không phải là vô hạn, lẽ đương nhiên là ta sẽ quan tâm tới tương lai của nó. Liệu tương lai này là vô hạn hay hữu hạn? Vũ trụ sẽ là vĩnh hằng hay sẽ có một hồi kết? Và nếu như có hồi kết, thì nó sẽ như thế nào? Liệu vũ trụ sẽ chết trong một hỏa ngục hay trong giá băng lạnh lẽo?

Như ta đã thấy, nguyên lý vũ trụ học đã loại trừ khá nhiều

loại vũ trụ khả dĩ - những vũ trụ không đồng nhất và không đẳng hướng. Mặc dù đã đơn giản hóa lớn như thế, nhưng vẫn còn nhiều kịch bản khả dĩ của vũ trụ. Tất cả đều đặc trưng bởi một vũ trụ giãn nở từ một trạng thái ban đầu cực bé, nóng và đặc. Tuy nhiên, chúng khác nhau ở độ cong của không gian.

Khi dạo chơi trong thế giới các hình học phi Euclid, ta đã làm quen với những dạng khác nhau có thể có của không gian. Hãy nhớ lại là vũ trụ có thể có độ cong dương, như bề mặt hình cầu (sự tương tự này là không hoàn toàn chính xác bởi vì mặt cầu chỉ có hai chiều, trong khi không gian lại là ba chiều, nhưng nó giúp trực giác của ta hiểu được), còn độ cong âm giống như hình yên ngựa hay bằng 0 giống như bề mặt của khăn trải bàn. Câu trả lời cho câu hỏi ban đầu - vũ trụ là hữu hạn hay vô hạn? - sẽ rất đơn giản và trực tiếp nếu như vũ trụ có độ cong dương: một vũ trụ có độ cong dương (được mô tả bằng hình học Riemann) là hữu hạn, giống như bề mặt của một hình cầu là hữu hạn. Ngược lại, câu trả lời cho một vũ trụ có độ cong âm (được mô tả bằng hình học Lobachevski-Bolyai) hay bằng 0 (mô tả bằng hình học Euclid) lại không đơn giản như thế. Trong các trường hợp này, có hai câu trả lời khả dĩ. Chẳng hạn, một vũ trụ có độ cong bằng 0 có thể là vô hạn, giống như chiếc khăn trải bàn kéo dài ra vô hạn theo mọi hướng. Nhưng nó cũng có thể là hữu hạn. Để hiểu được, hãy tưởng tượng ta nối hai đầu của chiếc khăn trải bàn. Khi này khăn có dạng một mặt trụ. Khi thực hiện phép biến đổi này, ta hoàn toàn không làm thay đổi độ cong của chiếc khăn, ta chỉ làm thay đổi “topo” của nó, tức là làm cho nó thay đổi từ dạng này sang dạng khác mà không phải cắt hay xé. Thực vậy, bề mặt của hình trụ cũng

có hình học Euclid, tức là có độ cong bằng 0, giống như các mặt phẳng. Ta có thể tiếp tục làm thay đổi hình dạng của mặt trụ, chẳng hạn bằng cách nối hai đầu ống với nhau, ta sẽ thu được một “hình xuyên”, giống hình một cái săm ô tô, hình này cũng có độ cong bằng 0. Bề mặt của hình xuyên là hữu hạn thể nhưng nó không có biên. Một chú kiến đi vòng quanh hình xuyên sẽ quay lại điểm xuất phát, điều này cũng có nghĩa là một độ cong bằng 0 cũng có thể là hữu hạn. Bài học rút ra ở đây là: một vũ trụ với độ cong âm hay bằng 0 có thể là vô hạn hoặc hữu hạn, tùy theo topo của nó⁽²⁹⁾.



Một tờ giấy phẳng có độ cong là 0, và bề mặt của nó có thể kéo dài ra vô hạn. (1) Ta hãy dán hai cạnh đối diện nhau. (2) Ta thu được một ống hình trụ, có topo khác, nhưng vẫn có độ cong bằng 0. (3) Giờ ta lại nối hai đầu của ống với nhau; ta được một hình xuyên, lại có topo khác nữa, nhưng vẫn luôn có độ cong bằng 0. Mặc dù không có giới hạn, nhưng bề mặt của hình xuyên là hữu hạn. Cũng như thế, một vũ trụ có độ cong là 0 có thể là vô hạn như mặt phẳng hay hữu hạn như một hình xuyên: tất cả đều phụ thuộc topo của nó.

29. Jean-Pierre Luminet và Marc Lachièze, *De l'infini... mystères et limites de l'univers* (Từ vô hạn... các bí ẩn và giới hạn của vũ trụ), NXB Dunod, 2005.

Số phận của vũ trụ chứa chủ yếu là vật chất sẽ không nằm trên các quân bài hay quả cầu thủy tinh của các thầy bói. Mà nó gắn liền với độ cong của vũ trụ.

Thuyết tương đối rộng nói rõ với chúng ta rằng một vũ trụ đóng, có độ cong dương với mật độ chủ yếu là vật chất sẽ có sự giãn nở ngày càng giảm dần theo thời gian. Một ngày nào đó nó sẽ đạt tới bán kính tối đa sau đó sẽ tự co lại. Khi co lại, vũ trụ sẽ càng ngày càng nóng và đặc. Các thiên hà thay vì dịch chuyển ra xa nhau sẽ ngày càng tiến lại gần nhau, rồi hòa nhập và mất đi bản sắc riêng. Các ngôi sao sẽ bay hơi thành các chùm proton, neutron, electron và photon. Vũ trụ sẽ gần như tìm thấy lại thuở ấu thơ của mình: một đại dương của ánh sáng và các hạt, như trong những ngày quá khứ xa xăm, nhưng rải rác có thêm nhiều các lỗ đen, xác của các ngôi sao năm xưa. Vũ trụ sẽ giãy chết trong một hỏa ngục, một kiểu như big bang ngược hay còn được gọi là “big crunch” (vụ co lớn).

Ngược lại, một vũ trụ mở, với độ cong âm sẽ vĩnh viễn giãn nở: nó tiếp tục loãng ra và ngày càng lạnh đi, tất cả các ngôi sao đều sẽ tắt và vũ trụ sẽ chết trong bóng tối lạnh lẽo. Thay vì sự chiến thắng huy hoàng của ánh sáng, cái nóng và hỏa ngục của một vũ trụ đóng sẽ là sự lạnh lẽo cô đơn của một vũ trụ mở.

Cuối cùng, một vũ trụ phẳng, với độ cong bằng 0, sẽ là trung gian giữa vũ trụ đóng và vũ trụ mở: sự giãn nở sẽ giảm dần và chỉ dừng lại hẳn sau một khoảng thời gian vô hạn. Vũ trụ này cũng sẽ chết trong cái lạnh băng giá.

Đó là hình mẫu (chuẩn thức) ngự trị vũ trụ học cho tới năm 1988, khi một tiếng sấm vang lên làm chấn động bầu trời vũ

trụ học: người ta phát hiện ra rằng sự giãn nở của vũ trụ đang tăng tốc và khoảng 70% thành phần của nó không phải là vật chất và ánh sáng thông thường mà là một loại “năng lượng tối” bí ẩn, và ta hoàn toàn chưa biết gì về bản chất của nó. Về sau tôi sẽ mô tả các kết luận trước sẽ bị phát hiện đáng kinh ngạc đó làm cho thay đổi thế nào.

Liệt kê các thành phần của vũ trụ

Nhưng bây giờ ta hãy tiếp tục theo dòng lịch sử. Người ta nghĩ rằng để biết được số phận của vũ trụ cần đo được độ cong của không gian. Nhưng làm thế nào để đo được nó? Các phương trình của thuyết tương đối rộng lại cứu giúp chúng ta. Chúng cho ta biết rằng độ cong của không gian phụ thuộc vào toàn bộ các thành phần vật chất và năng lượng của vũ trụ. Chúng phát lộ cho ta biết rằng tồn tại một mật độ tới hạn của vật chất và năng lượng bằng khoảng khối lượng của năm nguyên tử hydrogen, tức là chỉ 10^{-23} gram trên mét khối, mật độ này phân định các loại vũ trụ khác nhau. Mật độ tới hạn này là cực nhỏ. Nó nhỏ hơn mật độ của nước hàng trăm tỷ tỷ lần. Bạn sẽ có được mật độ này nếu bạn phân phối đều lượng vật chất của một giọt nước trong một thể tích bằng cả Trái Đất! Như vậy, thuyết tương đối rộng cho ta biết rằng chỉ cần một vũ trụ chứa trung bình nhiều hơn 5 nguyên tử trong một mét khối là đã có độ cong dương. Nếu chứa ít hơn nó sẽ có độ cong âm. Và nếu có mật độ bằng đúng mật độ tới hạn thì độ cong sẽ bằng không.

Chắc bạn nghĩ rằng với hàng trăm tỷ thiên hà trong vũ trụ quan sát được, mỗi thiên hà chứa hàng trăm tỷ mặt trời, vũ trụ

ắt hẳn phải chứa trung bình nhiều hơn 5 nguyên tử trong một mét khối, và như thế nó phải có độ cong dương và là hữu hạn. Nhưng câu trả lời không dễ dàng như thế, bởi vì kể cả với lượng vật chất sáng mà ta phát hiện được bằng các kính thiên văn là rất lớn đi nữa, nhưng thể tích của không gian vũ trụ cũng lại cực kỳ lớn!

Để biết chắc chắn, ta cần liệt kê một cách kỹ lưỡng danh sách chi tiết các thành phần của vũ trụ. Nếu ta phải đếm từng ngôi sao và thiên hà thì nhiều đời cũng không xong. May mắn là nguyên lý vũ trụ học sẽ cứu giúp chúng ta. Do vũ trụ là đồng đều nên chỉ cần liệt kê khối lượng và đo mật độ trung bình của vật chất ở xung quanh chúng ta. Cả Trái Đất, Mặt Trời, cũng như dải Ngân Hà hay Cụm thiên hà địa phương (bao gồm dải Ngân Hà, thiên hà Andromeda và khoảng 40 thiên hà lùn) đều không phải là những nơi được ưu ái hay đặc biệt gì. Những cấu trúc giống như thế có tới hàng tỷ trong mông mênh vũ trụ. Cái xớ xĩnh vũ trụ của chúng ta chẳng có gì là đặc biệt cả. Mật độ trung bình của vật chất trong phần còn lại của vũ trụ hẳn cũng bằng mật độ trong vùng lân cận chúng ta. Nhưng dù sao cũng cần phải liệt kê các thành phần của một thể tích đáng kể để có thể đại diện cho phần còn lại của vũ trụ, một thể tích có thể trải rộng tới hàng triệu năm ánh sáng.

Một cái gì đó tối trong vũ trụ

Vào một đêm quang đãng, ở một vùng quê yên bình, xa những tiếng ồn và sự huyên náo của con người và sự ô nhiễm

ánh sáng ở thành thị, bạn hãy nằm dài trên một thảm cỏ êm đềm và hướng mắt lên bầu trời. Bạn sẽ bị choáng ngợp trước một cảnh tượng tuyệt vời. Hàng nghìn điểm sáng lấp lánh trên vòm trời đen như mực. Bạn có cảm tưởng như vũ trụ chứa đầy những vật chất sáng. Thế nhưng, sự thật không phải như thế! Khi nghiên cứu sự chuyển động của các ngôi sao và các thiên hà, các nhà vật lý thiên văn đã phát hiện ra mặt trái của ánh sáng: bóng tối. Họ nhận thấy rằng vật chất sáng chỉ chiếm một phần nhỏ bé trong toàn bộ khối lượng và năng lượng của vũ trụ, và như vậy có nghĩa là chúng ta đang sống trong một vũ trụ thống trị bởi bóng tối. Họ chứng minh được rằng chúng ta sống trên một “vũ trụ tảng băng trôi” với phần nổi chỉ chiếm một phần rất nhỏ của toàn thể.

Ta hãy bắt đầu bằng việc liệt kê thành phần vật chất sáng của vũ trụ. Đầu tiên là các ngôi sao và các thiên hà tạo thành từ vật chất bình thường tức là từ proton, neutron và electron, như các bạn và tôi vậy. Chúng rất dễ kiểm kê, bởi ta có thể thấy chúng bằng mắt hay nhờ các kính thiên văn. Vũ trụ quan sát được chứa khoảng 400 tỷ thiên hà, mỗi thiên hà chứa hàng trăm tỷ mặt trời. Bất chấp những con số khủng đó, vật chất sáng của các ngôi sao và thiên hà chỉ chiếm một phần rất nhỏ tương đương với 0,5% mật độ tới hạn của vũ trụ (tương ứng với một vũ trụ có độ cong bằng 0)! Điều này có nghĩa là vũ trụ là mở và không có đủ vật chất để lực hấp dẫn hãm lại sự giãn nở và làm cho vũ trụ tự co lại? Thực ra, tình huống lại không đơn giản như thế bởi vì các nhà thiên văn học đã phát hiện ra có tồn tại nhiều vật chất hơn những gì ta nhìn thấy!

Câu chuyện bắt đầu vào năm 1933 khi nhà thiên văn học người Mỹ gốc Thụy Sĩ Fritz Zwicky (1898-1974) (hình) làm việc



tại Viện Công nghệ California (Caltech) bắt đầu quan tâm nghiên cứu chuyển động của các thiên hà trong đám thiên hà Coma (Ảnh màu 15), một tập hợp hơn một nghìn thiên hà gắn kết với nhau bởi lực

hấp dẫn. Ở tâm đám thiên hà này, các thiên hà di chuyển với vận tốc 1000km mỗi giây, và Zwicky nhận thấy các chuyển động này sớm muộn sẽ làm cho các thiên hà phân tán trong không gian giữa các thiên hà và đám thiên hà sẽ sớm bị tan rã, nếu như ngoài khối lượng sáng của các thiên hà, không có một nguồn hấp dẫn nào nữa gây bởi các khối lượng tối với bản chất lạ, không phát ra bất kỳ một ánh sáng nhìn thấy được nào, nhưng lại giúp giữ được các thiên hà ở lại trong đám.

Từ phát hiện của Zwicky, vật chất tối không ngừng bộc lộ trong mọi cấu trúc đã biết của vũ trụ. Ta gặp nó ở các thiên hà lùn còi cọc, ở dải Ngân Hà hay các đám thiên hà. Sự hiện diện khắp nơi của nó đã ám ảnh các nhà vật lý thiên văn. Lý do của sự hiện diện này chỉ có một: nó cần phải tồn tại để ngăn cản sự tan rã của các cấu trúc hùng vĩ trong vũ trụ như các thiên hà hay đám thiên hà. Chẳng hạn, ở các thiên hà xoắn ốc, các ngôi sao và đám khí quay nhanh (hơn 200km một giây) trong mặt phẳng thiên hà, và lực ly tâm đáng ra phải làm cho chúng bắn ra và làm tan rã thiên hà. Nhưng các thiên hà xoắn ốc vẫn tiếp tục

tô điểm cho vòm trời và làm mê hoặc chúng ta. Vậy là phải cần tới vật chất tối, thứ vật chất không phát ra bất kỳ bức xạ nào và chỉ thể hiện thông qua lực hấp dẫn của nó, để giữ cho các ngôi sao ở lại trong thiên hà. Cũng như vậy, sự có mặt của vật chất tối là cần thiết để các đám thiên hà không bị tan rã. Để giữ cho các thiên hà và đám thiên hà không bị tan rã, lượng vật chất tối cần có phải lớn gấp 50 lần lượng vật chất sáng!

Các ảo tượng vũ trụ và một vũ trụ thống trị bởi vật chất tối

Nhưng vật chất tối liệu có giới hạn ở trong các thiên hà có đường kính 100.000 năm ánh sáng và các đám thiên hà với đường kính hàng chục triệu năm ánh sáng? Liệu nó có tồn tại ở những thang lớn hơn? Các cấu trúc vật chất lớn nhất của vũ trụ liên kết với nhau bằng hấp dẫn là các siêu đám thiên hà, chứa hàng chục nghìn thiên hà và có đường kính tới hàng trăm triệu năm ánh sáng. Đa số các thiên hà đều nằm trong các siêu đám thiên hà này. Chẳng hạn, dải Ngân Hà của chúng ta nằm trong siêu đám thiên hà Virgo, có tâm cách chúng ta khoảng 60 triệu năm ánh sáng. Làm thế nào phát hiện được vật chất tối ở những thang lớn như thế? Thuyết tương đối lại cứu chúng ta một lần nữa.

Một trong những phát hiện đáng kinh ngạc của thuyết tương đối của Einstein chính là vật chất làm cong không gian. Einstein đã nhận ra ngay từ năm 1936 rằng nếu ánh sáng đi theo sự cong của không gian, và sự cong này được tạo bởi trường hấp dẫn của các thiên thể, như các ngôi sao chẳng hạn, thì phải tồn tại

các “ảo tượng hấp dẫn”: ông chứng minh rằng nếu hai ngôi sao nằm thẳng hàng với Trái Đất, ánh sáng của ngôi sao xa hơn để tới được chúng ta phải vượt qua trường hấp dẫn của ngôi sao gần hơn, tức là đi qua không gian cong xung quanh ngôi sao đó; và vì thế ánh sáng sẽ bị lệch hướng. Sự lệch hướng này sẽ làm xuất hiện nhiều ảnh của ngôi sao ở xa hơn: ngoài ảnh quen thuộc của điểm sáng, còn tồn tại một ảnh thứ hai dưới dạng một vành sáng bao quanh điểm sáng này. Ảnh thứ hai là một kiểu ảo tượng của ảnh “thật” đầu tiên, giống như một ốc đảo đẹp đẽ mà người lữ hành khát nước hi vọng sẽ giải được cơn khát, nhưng anh ta đã vô cùng thất vọng, vì đó chỉ là ảo tượng của một ốc đảo cách xa đó hàng trăm km. Vành sáng đó thực tế là không tồn tại. Giống như ảo tượng của ốc đảo là kết quả của sự làm lệch ánh sáng tới từ ốc đảo thực bởi không khí nóng phía trên sa mạc, ảo tượng vành sáng là kết quả của sự làm lệch ánh sáng tới từ ngôi sao xa bởi trường hấp dẫn của ngôi sao gần hơn vì thế nó được gọi là “ảo tượng hấp dẫn”. Ngôi sao gần là một “thấu kính hấp dẫn”: giống như kính của bạn, nó làm cong và hội tụ ánh sáng.

Einstein đã cho rằng sự thẳng hàng như thế của hai ngôi sao với Trái Đất là quá hiếm hoi, và các ảo tượng hấp dẫn chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng phong phú của ông và chúng sẽ vĩnh viễn chỉ là các thực thể thuần túy lý thuyết. Thế nhưng người ta đã quên mất sự sáng tạo tuyệt vời của tự nhiên. Vào năm 1937, Fritz Zwicky, vẫn là ông ta, nhận ra rằng các thiên hà và đám thiên hà tạo thành các thấu kính hấp dẫn tốt hơn các ngôi sao nhiều, vì hai lý do. Thứ nhất do chúng rộng lớn hơn rất nhiều, ánh sáng của các thiên thể ở xa hơn có nhiều khả năng bị chúng

chặn và làm lệch. Mặt khác, do chúng nặng hơn (các thiên hà có khối lượng cỡ vài nghìn tỷ khối lượng Mặt Trời, nếu tính cả khối lượng tối và các đám thiên hà thì còn lớn hơn gấp nghìn lần), trường hấp dẫn của chúng mạnh hơn nhiều so với một ngôi sao. Không gian sẽ bị cong mạnh hơn và ánh sáng cũng bị lệch nhiều hơn.

Zwicky đã đi đúng hướng. Ngày nay các nhà thiên văn đã thống kê được rất nhiều ảo tượng vũ trụ của nhiều đối tượng trong không gian, với các thiên hà và các đám thiên hà làm thấu kính hấp dẫn (Ảnh màu 16-17). Trực giác của Einstein đã tỏ ra là đúng. Hiện nay, nghiên cứu về các thấu kính hấp dẫn đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu rất sôi nổi của vật lý thiên văn. Phát hiện đó đã thúc đẩy mạnh mẽ việc tìm kiếm khối lượng tối ở thang rất lớn. Do quỹ đạo của ánh sáng tới từ các thiên thể xa xôi chịu ảnh hưởng không chỉ của trường hấp dẫn của thấu kính mà còn của toàn bộ vật chất liên thiên hà vô hình một phần nằm giữa thiên thể đó và thấu kính và một phần nằm giữa thấu kính và Trái Đất. Bằng cách sử dụng các phương pháp thống kê để phân tích hình dạng của hàng chục nghìn các thiên hà xa xôi, các nhà vật lý thiên văn đã có thể khẳng định rằng vật chất nhìn thấy và không nhìn thấy được của vũ trụ được phân bố thành một mạng lưới vũ trụ khổng lồ có cấu trúc khung dưới dạng bánh xèo, hình sợi và những bức tường tạo bởi các thiên hà trải dài hàng trăm triệu năm ánh sáng và bao quanh những không gian trống rỗng cũng rộng lớn không kém. Một lần nữa, đáp án là rất dứt khoát: vật chất tối có nhiều hơn vật chất sáng khoảng 50 lần. Nó chiếm khoảng 28,5% mật độ tới hạn, tức là một phần rất lớn (khoảng 98%) thành phần vật chất của vũ trụ.

Vậy là Fritz Zwicky đã tìm ra một bí mật tuyệt vời! Tôi biết Zwicky khi tôi học đại học ở Caltech vào cuối những năm 1960. Tất nhiên, ông là một nhà khoa học có trình độ rất cao, với các công trình có ảnh hưởng rất lớn tới thiên văn học. Ngoài việc phát hiện ra khối lượng tối, vào năm 1933, ông (cùng với nhà thiên văn Đức-Mỹ Walter Baade) đã thông báo về sự tồn tại của các sao neutron, mà mãi tới năm 1967 mới được tìm thấy dưới dạng các pulsar, hay về việc phát hiện ra nhiều sao siêu mới (cái chết bùng nổ của các ngôi sao lớn) và các thiên hà (đặc biệt là các thiên hà lùn xanh nhỏ đặc hiện đang là chủ đề nghiên cứu chính của tôi). Ông cũng là người lập dị với tính cách khó gần. Ông rất thô bạo với sinh viên, và tôi đã từng chứng kiến ông làm mất mặt các đồng nghiệp trước đám đông bằng những từ ngữ nảy lửa (và ông cũng không ngần ngại tấn công dữ dội họ trên giấy), khẳng định một cách kiên quyết rằng các công trình của họ là vô giá trị và họ chỉ thu thập hay sao chép chính các công trình của ông! Điều này khiến cho ông không được các đồng nghiệp và sinh viên yêu mến: ông bị dời xuống một phòng làm việc ở tầng hầm thấp nhất của tòa nhà của Khoa thiên văn ở Caltech, cách xa nhất có thể các giáo sư khác. Zwicky cũng đáp trả không kém: ông thích gọi các đồng nghiệp của mình là “bọn khốn nạn”, họ luôn là “khốn nạn” dù người ta nhìn dưới bất kỳ góc độ nào!

Vật chất tối thông thường

Chúng ta sống trong một vũ trụ tẻ nhạt mà các dụng cụ của chúng ta không thể tiếp cận trực tiếp gần như toàn bộ

vật chất của nó. Nhưng có một khác biệt căn bản giữa vũ trụ và tảng băng trôi: chúng ta hiểu rõ vật chất tạo nên tảng băng trôi là gì, trong khi bản chất của vật chất tối vẫn còn là một thách thức to lớn đối với trí tuệ con người. Sau khi đã đỡ chóng mặt, chúng ta cần phải bình tĩnh lại để cố gắng biết thêm nữa về cái chất tối bí ẩn này.

Tìm hiểu bản chất của khối lượng tối chắc chắn không phải là việc dễ dàng gì. Bị tước mất ánh sáng, các nhà thiên văn thực sự là ở... trong bóng tối! May mà tự nhiên đã cho chúng ta một cách hoàn toàn độc lập để đo các thành phần vật chất thông thường của vũ trụ, vật chất tạo từ proton và neutron và tạo nên con người, cánh hoa hồng và các bức tranh tuyệt vời của Monet. Trong ba phút tồn tại đầu tiên, vũ trụ đã dùng proton và neutron làm những viên gạch cơ bản của vật chất để tạo ra hạt nhân của ba nguyên tố nhẹ nhất vũ trụ: hạt nhân của hydrogen gồm một proton, hạt nhân của deuterium gồm một proton và một neutron và hạt nhân của helium (loại khí làm cho những quả bóng bay của trẻ em bay lên trời và nếu bị hít phải nó sẽ làm cho bạn có giọng mũi) gồm hai proton và hai neutron. Chỉ cần đo được tổng lượng deuterium và helium so với lượng hydrogen là có thể biết được tổng lượng vật chất thông thường có trong vũ trụ. Giống như khi bạn làm món ốp lét: từ kích thước của ốp lét (trong trường hợp của chúng ta là lượng nguyên tố nhẹ) ta có thể suy luận được lượng trứng (ở đây là lượng proton và neutron) cần thiết để tạo ra nó. Tôi đã trải qua nhiều năm trời trong sự nghiệp của mình để xác định lượng helium nguyên thủy. Việc đo lượng các nguyên tố nhẹ sinh ra ở những phút

đầu tiên của vũ trụ đã cho ta thấy vật chất “thông thường” - tạo từ proton và neutron - tổng cộng chỉ chiếm cả thảy khoảng 5% mật độ tới hạn. Mà ta đã thấy rằng vật chất sáng ở các ngôi sao và các thiên hà chỉ góp có 0,5%. Vậy 4,5% còn lại nữa là gì đây?

Các nhà vật lý thiên văn đã phát hiện ra rằng không gian giữa các thiên hà được tập hợp lại thành cụm khoảng hàng chục hoặc thành đám hàng ngàn thiên hà chứa đầy khí (chủ yếu là hydrogen và helium) nóng, với nhiệt độ lên tới hàng triệu độ và bức xạ ra rất nhiều tia X (Ảnh màu 18). Ngoài các cụm và đám thiên hà ra, còn có nhiều đám khí hydrogen và helium ở không gian liên thiên hà, lạnh hơn rất nhiều, có nhiệt độ bằng giá khoảng âm 170 độ C. Khi tính tổng toàn bộ khí nóng và lạnh trong các cụm và đám thiên hà, ta có được một tổng số đúng bằng 4,5% của vật chất tối bình thường.

Vật chất tối ngoại lai

Số lượng các nguyên tố nhẹ nói với chúng ta rằng vật chất thông thường - tạo từ proton và neutron - chỉ chiếm 5% lượng vật chất trong vũ trụ. Điều này đặt ra một vấn đề. Thực tế, chuyển động của các thiên hà ở tâm các đám thiên hà và các ảo tượng vũ trụ nói với ta rằng vật chất (nhìn thấy và không nhìn thấy) không phải chiếm 5% mà là $(0,5\% + 28,5\% =)$ 29% tổng các thành phần của vũ trụ! Làm thế nào để dung hòa hai kết quả trái ngược nhau như thế? Chúng ta bắt buộc phải dùng tới một giải pháp triệt để: cần phải thừa nhận rằng 24% các thành phần của vũ trụ không phải là vật chất thông thường, tức là vật chất ta có thể phát hiện bằng các dụng cụ hiện có, mà là một dạng vật

chất mới - được gọi là “ngoại lai” - chưa bao giờ được phát hiện bằng các dụng cụ này. Thứ vật chất ngoại lai này không tồn tại trong bạn, trong tôi, trong chậu hoa, trong quyển sách bạn đang cầm trên tay, hay trong bất cứ thứ gì của cuộc sống. Nó không tham gia vào việc tạo nên hydrogen, helium hay deuterium, và không ảnh hưởng gì tới số lượng nguyên thủy của chúng.

Hiện tại chúng ta không có ý tưởng gì về bản chất chính xác của loại vật chất tối ngoại lai này. Thế nhưng, không phải các nhà thiên văn học hoàn toàn không có thông tin gì về nó. Dù sao họ cũng đã tìm ra được một số thuộc tính của thứ vật chất bí ẩn này. Và đó là nhờ việc xây dựng các vũ trụ ảo trên máy tính. Họ nhận thấy rằng để tái tạo lại kiến trúc vũ trụ - các bức tường thiên hà trải dài hàng trăm triệu năm ánh sáng, và bao quanh một không gian trống rỗng cũng lớn không kém - các vũ trụ ảo cần phải chứa vật chất tối ngoại lai dưới dạng các hạt hạ nguyên tử rất nặng, di chuyển chậm (người ta gọi đó là vật chất “lạnh”, do nhiệt độ liên quan tới chuyển động), tương tác rất yếu với vật chất thông thường và hoàn toàn không tương tác với ánh sáng. Các nhà vật lý gọi các hạt giả định này với những cái tên kỳ lạ và đậm chất thơ: axion, squark, photino, neutralino, zino, higgsino... Chúng được gọi dưới cái tên chung là WIMP (*Weakly Interacting Massive Particles* - các hạt nặng tương tác yếu). Theo một số lý thuyết có tên là “thống nhất lớn”, - các lý thuyết có mục đích thống nhất bốn lực cơ bản của tự nhiên thành một lực duy nhất, - thì các hạt này được sinh ra ở ngay những khoảnh khắc đầu tiên sau big bang. Chúng có mặt ở khắp nơi trong vũ trụ, ngay cả trong căn phòng bạn đang đọc cuốn sách này hay trong những không gian liên thiên hà rộng lớn.

Các nhà vật lý đã nỗ lực hết mình để tìm kiếm các hạt này. Họ đã xây dựng các máy dò lắp đặt sâu dưới lòng đất, trong các hầm mỏ hay đường hầm. Tại sao lại ở dưới lòng đất? Để lọc các tia vũ trụ chứa proton và neutron tới từ Mặt Trời và các thiên thể khác, liên tục bắn phá Trái Đất và gây khó khăn cho việc phát hiện các hạt WIMP. Các tia vũ trụ này bị lớp vỏ Trái Đất hấp thụ, trong khi các hạt WIMP do ít tương tác với vật chất thông thường, nên có thể xuyên qua một cách dễ dàng.

Thật đáng tiếc là tới tận bây giờ những nỗ lực đó vẫn chưa mang lại kết quả và chưa hạt WIMP nào được tìm thấy mặc dù họ đã rất miệt mài làm việc. Hiện các hạt WIMP chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng phong phú của các nhà vật lý. Nhưng có một tia hi vọng le lói ở chân trời: máy gia tốc hạt lớn nhất và mạnh nhất thế giới hiện nay, máy Large Hadron Collider (LHC) ở Geneva đã bắt đầu được đưa vào hoạt động từ năm 2009 (Ảnh màu 19-20); khi nó hoạt động với công suất lớn nhất, nó có thể tạo ra năng lượng khổng lồ của vũ trụ ở thời điểm một phần nghìn tỷ giây (10^{-12}) sau big bang. Vì năng lượng lớn tương đương với khối lượng lớn (theo công thức $E = mc^2$ của Einstein), máy LHC có thể sẽ phát hiện ra các hạt WIMP siêu nặng, nếu chúng tồn tại, và sẽ làm tan biến sự bí ẩn của vật chất tối ngoại lai.

Còn về danh sách các thành phần vật chất của vũ trụ chúng ta, đã đến lúc cần phải tổng kết lại: ta sống trong một thế giới có vật chất sáng của các ngôi sao và các thiên hà đóng góp 0,5% cho mật độ tới hạn; vật chất tối thông thường, tạo từ proton và neutron, đóng góp 4,5%; vật chất tối ngoại lai, mà bản chất vẫn còn chưa biết, đóng góp 24%. Tổng các thành phần này là 29%,

tức là vẫn nhỏ hơn một phần ba mật độ tới hạn. Điều này có vẻ như là tổng lượng vật chất trong vũ trụ còn lâu mới đủ để lực hấp dẫn của nó có thể làm đảo ngược sự giãn nở vũ trụ. Vậy vũ trụ của chúng ta chắc phải là mở, và sẽ không có một vụ big crunch nào trong tương lai. Sự giãn nở sẽ là vĩnh viễn và vũ trụ là vô hạn.

Đó là tình huống quan sát được vào đầu những năm 1990. Các nhà vũ trụ học có vẻ như cuối cùng đã khám phá được bí mật về số phận của vũ trụ và xác định tính vô hạn của nó.

Nhưng liệu có phải đúng như thế không? Thực ra câu trả lời không chắc chắn như họ muốn nói. Thực vậy, làm thế nào có thể biết chắc chắn việc liệt kê vật chất trong vũ trụ đã là đầy đủ hay chưa? Để liệt kê vật chất sáng và tối ta vẫn cần dùng tới ánh sáng của các ngôi sao và các thiên hà. Ánh sáng này không chỉ cho phép ta đếm số lượng của chúng, và từ đó tính được lượng vật chất sáng, mà còn để đo chuyển động của các ngôi sao và các thiên hà, và nghiên cứu hình dạng và độ sáng của các ảo tượng vũ trụ để suy ra lượng vật chất tối. Nhưng nếu như chúng ta bị các thiên hà đánh lừa thì sao? Nếu như tồn tại một thành phần nặng, vô hình, phân bố đều trong vũ trụ, không theo sự phân bố của các thiên hà và thoát khỏi mọi phương pháp sử dụng chuyển động của các thiên hà để tính ra khối lượng? Chúng ta tựa như rơi vào hoàn cảnh của một người, khi một đêm bị mất chìa khóa ở đâu đó ngoài phố, nhưng vẫn bướng bỉnh chỉ tìm dưới chân các cột đèn vì đó là những nơi duy nhất được chiếu sáng!

Tại sao vũ trụ lại đồng nhất đến thế?

Đó là chưa kể tới những đám mây đen ở chân trời làm tối sầm bầu trời vũ trụ học và hắt bóng tối nghi ngờ lên tính đúng đắn của lý thuyết big bang.

Đám mây đen đầu tiên liên quan tới một tính chất đặc biệt của vũ trụ: đó là sự cực kỳ đồng nhất của nó. Tính chất này, như ta đã thấy, chính là cơ sở của nguyên lý vũ trụ học. Dù bạn nhìn theo bất kỳ hướng nào, trên dưới, phải trái hay trước sau, thì các tính chất của vũ trụ, mà đặc biệt là nhiệt độ của nó, đều như nhau. Sở dĩ ta biết điều này là bởi vì sự tồn tại một bức xạ hóa thạch xuất hiện khi vũ trụ vẫn còn rất trẻ (chỉ mới được 380.000 năm) và tràn ngập trong toàn vũ trụ. Nó tựa như một thứ nhiệt còn lại của ngọn lửa nguyên thủy. Bức xạ hóa thạch này cho chúng ta biết các tính chất của vũ trụ thuở ban đầu. Ngày nay nó có nhiệt độ rất lạnh là 3 độ K (độ Kelvin)⁽³⁰⁾, tức khoảng -270 độ C. Các quan sát cho thấy nhiệt độ này là cực kỳ đồng đều. Từ điểm này sang điểm khác của bầu trời, sự khác biệt không quá 0,001%. Vậy làm thế nào giải thích được sự đồng nhất khác thường như thế của vũ trụ ở những thời điểm đầu tiên?

Để có sự đồng đều về nhiệt độ, các vùng khác nhau của vũ trụ phải trao đổi thông tin với nhau thông qua ánh sáng, phương tiện truyền thông nhanh nhất có thể của vũ trụ. Nhưng vấn đề là ở chỗ có một mặt cầu chân trời mà ta không thể truyền tin tới một vùng khác ở ngoài mặt cầu đó, giống như một thủy thủ đứng trên cầu tàu không thể nhìn quá chân trời trên đại dương.

30. Giá trị chính xác là 2.725 K.

Bán kính của mặt cầu chân trời này bằng khoảng cách mà ánh sáng có đủ thời gian đi được từ khi nó được phát ra. Nói một cách khác, từ thời điểm sinh ra của bức xạ hóa thạch, vào năm 380.000, chỉ những vùng cách nhau ít hơn 380.000 năm ánh sáng mới có thể trao đổi thông tin với nhau và đồng nhất hóa nhiệt độ của chúng với nhau. Nhưng đó chính lại là vấn đề, vì tại thời điểm đó có những vùng chắc chắn là cách nhau xa hơn 380.000 năm ánh sáng, thế mà nhiệt độ của chúng vẫn đồng nhất! Làm thế nào để những vùng cách nhau xa như thế lại có thể đồng nhất hóa nhiệt độ mà không trao đổi tín hiệu ánh sáng nào với nhau? Lý thuyết big bang trong phiên bản đầu tiên của nó đã không đưa ra một giải thích khả dĩ nào. Đó chính là cái mà người ta gọi là vấn đề về tính đồng nhất của vũ trụ hay chân trời vũ trụ.

Tại sao vũ trụ lại “phẳng” như thế?

Đám mây đen thứ hai tràn tới bầu trời vũ trụ học liên quan tới hình học của vũ trụ. Danh sách liệt kê các thành phần vật chất của vũ trụ của chúng ta đã chỉ ra rằng khi tính tổng vật chất sáng, vật chất tối thông thường và vật chất tối ngoại lai chỉ thu được 29% mật độ tới hạn. Nói một cách khác, chỉ cần vũ trụ chứa thêm khoảng 3,5 lần vật chất nữa là nó có hình học phẳng. Chính thừa số 3,5 này đã gây ra vấn đề: nó không hẳn là bé cũng không phải là lớn, nhưng lại khá gần với 1. Thật ra, vũ trụ có thể có mật độ hàng triệu hay hàng tỷ lần lớn hơn hay nhỏ hơn mật độ tới hạn. Thế nhưng không! Rõ ràng là mật độ của nó khá gần với mật độ tới hạn. Nghĩa là chúng ta sống trong một vũ trụ gần như là phẳng.

Tại sao điều này lại thành vấn đề? Chính thuyết tương đối rộng nói với chúng ta rằng nếu như mật độ vật chất của vũ trụ lúc ban đầu đúng bằng mật độ tới hạn, thì sự bằng nhau này sẽ được giữ trong suốt quá trình giãn nở của vũ trụ, hai mật độ sẽ giảm với cùng một nhịp độ. Ngược lại, nếu như có một sự khác biệt, dù nhỏ thế nào chẳng nữa, thì sự khác biệt đó sẽ được khuếch đại lên nhanh chóng bởi sự giãn nở của vũ trụ theo những tỷ lệ khổng lồ. Một vũ trụ không phải là phẳng tuyệt đối sẽ trở nên càng ngày càng ít phẳng hơn theo mức độ giãn nở của nó.

Ta hãy xét một ví dụ minh họa: nếu như mật độ của vũ trụ lúc đầu nhỏ hơn mật độ tới hạn một chút, chẳng hạn, nó chỉ bằng 99,99%, thì sự khác biệt giữa hai mật độ này sẽ tăng nhanh đến nỗi, chỉ sau một giây giãn nở, mật độ của vũ trụ chỉ còn bằng 0,000000001% (10^{-11}) mật độ tới hạn. Ngược lại, nếu nó lớn hơn mật độ tới hạn một chút, thì sự giãn nở sẽ khuếch đại nó lên và chỉ sau một ít thời gian, nó sẽ lớn gấp hàng tỷ lần mật độ tới hạn. Sự cân bằng như vậy là cực kỳ mong manh, chẳng khác gì người làm xiếc đi trên dây vậy. Chỉ cần người đó nghiêng quá sang một bên là sẽ bị ngã ngay lập tức!

Vậy, làm thế nào vũ trụ có thể giữ được kì tích cân bằng này? Làm thế nào nó có thể điều chỉnh một cách chính xác như thế mật độ ban đầu để cho mật độ hiện tại gần mật độ tới hạn đến như thế? Một lần nữa, thuyết big bang cơ bản không có lời giải thích. Nhà vật lý thiên văn giơ tay lên trời và thú nhận sự bất tri của mình. Đó là cái mà người ta gọi là vấn đề phẳng của vũ trụ.

Tại sao vũ trụ lại giàu cấu trúc đến như thế?

Đám mây thứ ba làm tối bầu trời của các nhà khoa học, có thể nói, là cặp đôi với vấn đề về tính đồng nhất của vũ trụ. Thay vì tự hỏi tại sao vũ trụ lại đồng nhất như thế, nhà vật lý thiên văn tự hỏi tại sao nó lại giàu cấu trúc đến như thế. Giống như bức điểm họa khổng lồ của Georges Seurat, vũ trụ trình hiện trước mắt chúng ta một cách khác nhau tùy theo khoảng cách đến chỗ đứng của chúng ta. Từ xa ta nhìn thấy tổng thể bức tranh của Seurat với các màu sắc, chủ đề và các *motif* - những người tắm ở Asnière, người đi dạo vào ngày chủ nhật trên đảo Grande-Jatte. Nhưng khi tiến lại gần ta mới nhìn thấy các nhân vật và phong cảnh biến thành nhiều điểm đa màu sắc. Cũng như vậy, ở thang rất lớn, với những vùng vũ trụ trải dài hàng tỉ năm ánh sáng, vũ trụ nhìn cực kỳ đồng đều, như các quan sát về bức xạ hóa thạch đã cho chúng ta thấy. Mọi chi tiết đều bị xóa bỏ. Chỉ khi xem xét vũ trụ ở các thang nhỏ hơn ta mới thấy sự đa dạng của các cấu trúc. May mắn thay cho chúng ta bởi một vũ trụ hoàn toàn đồng nhất sẽ chán cỗi, không thể chứa sự sống và ý thức, và chúng ta sẽ không có mặt ở đây để nói về điều này!

Giống như bức tranh của Seurat, khi tiến lại càng gần ta sẽ thấy khung cảnh vũ trụ sẽ tách thành những chi tiết ngày càng tinh tế hơn. Ban đầu xuất hiện là một tấm thảm vũ trụ khổng lồ làm từ các bức tường thiên hà trải dài hàng trăm triệu năm ánh sáng và bao quanh các không gian trống cũng rộng lớn không kém (Ảnh màu 21). Các bức tường thiên hà chia nhỏ thành các đám thiên hà hàng chục triệu năm ánh sáng, rồi thành hàng nghìn thiên hà với đường kính hàng trăm nghìn năm ánh

sáng. Các thiên hà lại phân thành hàng trăm tỷ các ngôi sao với đường kính hàng triệu km. Mỗi ngôi sao lại ngự trị ở giữa một hệ hành tinh có đường kính hàng chục tỷ km.

Làm thế nào mà vũ trụ có thể phát triển một cấu trúc phong phú đến như thế ở thang nhỏ, với một trạng thái ban đầu đồng nhất đến như thế ở thang lớn? Làm thế nào để phức tạp được đột sinh từ đơn giản? Một lần nữa, thuyết big bang ở phiên bản đơn giản nhất đã bất lực không đưa được ra lời giải thích nào. Đây chính là cái được gọi là “vấn đề cấu trúc” của vũ trụ.

Sự lạm phát đến chóng mặt của vũ trụ

Như vậy là vào đầu những năm 1970, bị dẫn vào những phòng tuyến cuối cùng, phiên bản chuẩn của thuyết big bang bắt đầu lộ ra những điểm yếu đe dọa sẽ làm sụp đổ toàn bộ. Một giải pháp đã được tìm ra vào năm 1981 nhờ cảm hứng chói sáng của một nhà vật lý trẻ tuổi người Mỹ làm việc tại đại học Stanford tên là Alan Guth (sinh năm 1947). Ông hiểu rằng các vấn đề đang vấp phải của lý thuyết big bang có thể được giải quyết nếu như vũ trụ, ở những phần của giây đầu tiên tồn tại của mình, phải chịu một sự giãn nở đến chóng mặt mà ông gọi là “lạm phát”. Cũng giống như lạm phát kinh tế của một đất nước kéo theo sự mất giá của đồng tiền và sự tăng giá không phanh trong một thời gian nhất định, lạm phát của vũ trụ kéo theo một sự giãn nở về thể tích đáng kinh ngạc trong một khoảng thời gian vô cùng ngắn. Theo Guth, trong giai đoạn lạm phát kéo dài chỉ một phần rất nhỏ của một giây - cụ thể là từ 10^{-34} đến 10^{-32} giây - cứ mỗi 10^{-34} giây, vũ trụ lại nhân đôi kích

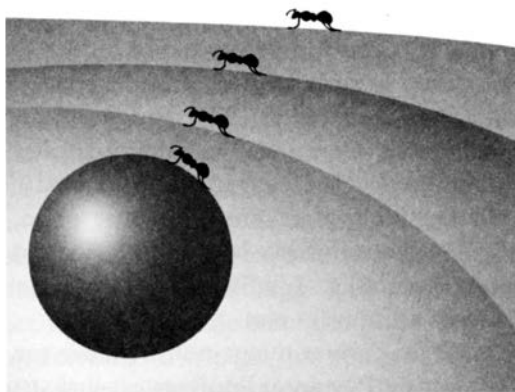
thước của mình. Do có 100 khoảng 10^{-34} trong 10^{-32} giây, nên mỗi vùng của vũ trụ sẽ nhân đôi kích thước 100 lần liên tiếp. Nhân $2 \times 2 \times 2 \times \dots$ một trăm lần, và khi đó bạn sẽ nhận được kết quả là vũ trụ có kích thước tăng lên một số lần lớn kinh khủng, cỡ 10^{30} lần (và thể tích của nó, vì tỉ lệ với lập phương của bán kính, nên sẽ tăng lên khoảng 10^{90} lần; các con số chính xác phụ thuộc vào những giá trị chính xác của các điều kiện đầu, hiện tại vẫn chưa được biết rõ).

Nói một cách khác, kích thước của vũ trụ tăng theo hàm số mũ với thời gian. Chỉ trong một phần rất nhỏ của giây ($1,1 \times 10^{-32}$ giây), kích thước của vũ trụ từ vô cùng bé (nhỏ hơn một proton 10^{20} lần) đã tăng lên thành một quả cầu đường kính khoảng 10cm. Trong pha lạm phát này, vận tốc giãn nở của vũ trụ vượt qua tốc độ ánh sáng. Thực ra, lý thuyết của Einstein nói rằng không gì có thể di chuyển *trong không gian* nhanh hơn ánh sáng, nhưng trong một vũ trụ đang giãn nở, như ta đã thấy, chính không gian đang di chuyển, và không có gì trong thuyết tương đối ngăn cấm không gian có vận tốc giãn nở nhanh hơn vận tốc ánh sáng. Khi đã loãng dần, không gian này kéo theo các thiên hà, vốn bất động so với nó, và làm cho chúng dịch chuyển ra xa nhau.

Lạm phát xua tan những đám mây đen của big bang

Như vậy chiếc đĩa thần, lạm phát đã làm tan biến những đám mây đen làm u ám khung cảnh của big bang và trả lại cho nó sự hiển hách ban đầu. Ta hãy xem điều đó đã được làm như thế nào?

Tại sao vũ trụ lại đồng đều đến như thế? Ở đầu của pha lạm phát, tại thời điểm 10^{-34} giây, vũ trụ còn vô cùng bé, chỉ cỡ 10^{-33} cm, tức là hàng chục triệu tỷ tỷ lần bé hơn một nguyên tử. Mọi vùng trong đó đều có thể liên lạc dễ dàng với nhau bằng ánh sáng, và phối hợp để các thuộc tính của chúng giống hệt nhau. Điều này là có thể bởi vì mặt cầu chân trời ở thời điểm đó có bán kính là 3×10^{-24} cm⁽³¹⁾, lớn hơn nhiều kích thước của vũ trụ. Vào cuối pha lạm phát, khi đồng hồ vũ trụ điểm $1,1 \times 10^{-32}$ giây, vũ trụ đã giãn nở lớn lên 10^{34} lần và đạt tới kích thước 10cm. Từ 10^{-35} giây tới $1,1 \times 10^{-32}$ giây, vũ trụ đã già đi 1100 lần, điều này có nghĩa là mặt cầu chân trời cũng tăng lên 1100 lần, tức là $3,3 \times 10^{-21}$ cm. Bán kính này nhỏ hơn rất nhiều (hàng nghìn tỷ tỷ [10^{21}] lần) kích thước của vũ trụ tại thời điểm $1,1 \times 10^{-32}$ giây. Các vùng khác nhau của vũ trụ không còn tiếp xúc được với nhau nữa và do đó không thể phối hợp các thuộc tính với nhau. Nhưng chúng đã từng làm được điều đó trước đây và vẫn còn nhớ!



Theo mức độ quả bóng càng được bơm phồng lên, bề mặt của nó ngày càng phẳng hơn đối với con kiến ở trên bề mặt quả bóng. Cũng tương tự như vậy, lạm phát vũ trụ, khi làm tăng thể tích của vũ trụ một cách quá mức, sẽ làm cho nó có một hình học phẳng.

31. Bán kính này tính được bằng cách nhân vận tốc ánh sáng (3×10^{10} cm trên giây) với tuổi của vũ trụ lúc đó (10^{-34} giây).

Tại sao vũ trụ lại phẳng như thế? Tại sao vũ trụ lại có thể giữ được sự cân bằng quá ư tinh tế đến như thế: nó có độ cong không âm cũng không dương, mà gần bằng 0? Một lần nữa lạm phát giúp ta giải thích điều này. Để hiểu rõ tại sao, ta hãy xem lại sự tương tự của vũ trụ ba chiều với bề mặt hai chiều của quả bóng. Giống như một vùng nhỏ của bề mặt quả bóng sẽ phẳng dần khi ta bơm nó phồng lên, hình học của không gian cũng phẳng dần trong thời gian lạm phát. Ta biết rằng độ cong của hình cầu - dạng của quả bóng - càng nhỏ khi bán kính của nó càng lớn (xem hình trên). Ta cảm nhận thấy độ cong của quả bóng bởi vì bán kính của nó nhỏ (chỉ vài chục cm). Nhưng sẽ khó thấy hơn nhiều với các hình cầu rất lớn như Trái Đất của chúng ta, có bán kính tới 6.378km ở xích đạo: ở quy mô địa phương, ở những khoảng cách ngắn, mặt đất trông như là phẳng. Điều đó giải thích tại sao, trong một thời gian rất lâu, con người lại nghĩ rằng mình sống trên một Trái Đất phẳng, cho tới khi triết gia và nhà vật lý người Hy Lạp Eratosthenes (276-194 tr CN) chứng minh được rằng điều đó là không đúng. Cũng tương tự như thế, khi nhân kích thước của vũ trụ với một thừa số lớn khủng khiếp là 10^{30} lần, hay lớn hơn, lạm phát đã cho nó một hình học phẳng. Bất kể độ cong ban đầu của nó thế nào, độ cong cuối của vũ trụ phải là 0. Lạm phát nhất thiết phải dẫn tới một vũ trụ phẳng.

Thế còn đám mây đen cuối cùng lơ lửng trên bầu trời big bang thì sao? Tại sao vũ trụ lại giàu cấu trúc đến như thế? Ở đây cũng vậy, lạm phát đã xuất hiện như một phép thần mang lại cho chúng ta chìa khóa để hiểu được tại sao vũ trụ lại không hoàn

toàn đồng đều mà lại chứa các cấu trúc ở các thang nhỏ: thiên hà, ngôi sao và các hành tinh. Nó giải thích cho chúng ta hiểu tại sao, giống như một bức điểm họa, vũ trụ được phân thành vô số các điểm sáng khi chúng ta nhìn nó gần hơn. Để tạo ra được một vũ trụ vừa đồng đều ở thang rất lớn, vừa có cấu trúc ở các thang nhỏ, lạm phát phải hợp tác với một đồng minh có hạng: đó là nguyên lý bất định của nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg (1901-1976). Nguyên lý này chi phối thế giới lượng tử, thế giới của các vô cùng bé. Về căn bản, nó nói với chúng ta rằng tồn tại một hạn chế cơ bản đối với tri thức của chúng ta về thế giới vật lý nguyên tử và hạ nguyên tử, và chúng ta phải từ bỏ cái giấc mơ đã cũ về tri thức tuyệt đối. Chúng ta sẽ không bao giờ đo được chính xác đồng thời vị trí và vận tốc của một hạt cơ bản. Ta luôn phải đưa ra lựa chọn: hoặc là xác định chính xác vị trí của hạt, và phải chấp nhận sự bất định trong việc xác định vận tốc của nó; hoặc là ta đo chính xác vận tốc và từ bỏ mong muốn biết chính xác vị trí của hạt. Đó chính là cái được gọi là “sự nhòe lượng tử”.

Sự nhòe lượng tử không chỉ ngăn cản chúng ta biết chính xác đồng thời vị trí và vận tốc của một hạt cơ bản, mà nó còn làm nhòe cả năng lượng của hạt. Và sự nhòe này phụ thuộc vào thời gian sống của hạt: khoảng thời gian này càng ngắn thì năng lượng của hạt càng bất định. Sự nhòe năng lượng này cho phép thế giới nguyên tử và hạ nguyên tử vi phạm nguyên lý bảo toàn năng lượng thống trị trong thế giới vĩ mô. Ta có thể tóm tắt nguyên lý này như sau: “Không có gì là cho không, mọi thứ đều phải trả giá cả” hay “Không thể có gì nếu không có gì”. Trong thế giới lượng tử, nhờ có sự nhòe lượng tử mà tự nhiên,

trái lại, có thể tạo ra các hạt từ không có gì. Nó có thể cho vay năng lượng mà không đòi hỏi gì cả, và năng lượng cho không này tạo ra một hạt cơ bản (theo công thức nổi tiếng của Einstein $E = mc^2$, biểu thị sự tương ứng giữa khối lượng và năng lượng). Nhưng hoạt động của “Ngân hàng Tự nhiên” được quy định chặt chẽ bởi nguyên lý bất định. Mọi sự cho vay năng lượng đều sớm hay muộn phải được trả lại, và lượng năng lượng vay càng lớn thì thời gian phải trả càng ngắn. Khi điều này xảy ra, “Ngân hàng Tự nhiên” thu lại năng lượng của mình, cân bằng các tài khoản của mình và hạt đó cũng biến mất. Các hạt sinh ra từ sự nhòe lượng tử như thế tồn tại trong thời gian rất ngắn. Một sự xuất hiện ngắn ngủi và lên lút rồi biến mất. Người ta gọi chúng là các “hạt ảo”.

Như vậy, không gian không phải là trống rỗng, trơn lỳ và trơn mà là một loại bọt lượng tử không ngừng thăng giáng. Trong không gian của căn phòng bạn đang đọc cuốn sách này, vô số các hạt ảo xuất hiện và biến mất theo các chu kì sinh tử vô cùng ngắn ngủi (khoảng 10^{-43} giây). Chỉ có điều là bạn không biết tới chúng, bởi vì các hoạt động náo nhiệt này xảy ra ở những thang vô cùng bé, khoảng 10^{-33} cm.

Thế nhưng, lạm phát lại có vai trò ở chính lúc đó. Khi làm không gian nở ra với một thừa số khổng lồ là 10^{34} lần, nó cũng đồng thời đã làm cho các thăng giáng lượng tử nhỏ cỡ 10^{-33} cm của không gian lớn lên tới kích thước cỡ 10cm. Khi làm như thế, lạm phát cho phép các thăng giáng lượng tử già từ thế giới hạ nguyên tử để bước vào thế giới vĩ mô. Các thăng giáng này trong cấu trúc của không gian được khuếch đại bởi lạm phát đã

được phát hiện nhờ những quan sát về bức xạ hóa thạch - ánh sáng còn sót lại của vũ trụ nguyên thủy phát ra cách đây 380.000 năm sau big bang - bởi hai vệ tinh của NASA: COBE (Cosmic Background Explorer - *Tàu vũ trụ thăm dò bức xạ hóa thạch*) phóng năm 1990 và WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe - *Tàu vũ trụ Wilkinson thăm dò tính bất đẳng hướng của bức xạ vi ba*, được đặt theo tên của nhà vật lý người Mỹ David Wilkinson) phóng lên quỹ đạo năm 2001, ngoài ra còn có tàu thăm dò Planck, phóng năm 2009 bởi ESA (European Space Agency - *Cơ quan vũ trụ châu Âu*). Các thăng giáng này thể hiện qua những thăng giáng nhiệt độ cực nhỏ của bức xạ hóa thạch, khoảng vài phần trăm nghìn (10^{-5}) độ Kelvin. Những thăng giáng nói trên đóng một vai trò cực kỳ quan trọng trong lịch sử vũ trụ: chúng giống như những hạt giống của thiên hà. Trong suốt hàng trăm triệu năm sau đó, các hạt giống này, bằng cách hút vật chất xung quanh nhờ lực hấp dẫn, sẽ tăng dần khối lượng và “nảy mầm” để cho ra đời hàng trăm tỷ thiên hà của vũ trụ quan sát được, một hệ thống sinh thái tráng lệ với hàng trăm tỷ mặt trời, gắn kết với nhau bởi lực hấp dẫn, hiện đang trang trí lộng lẫy cho vòm trời của chúng ta.

Lần tới, khi bạn đắm đuối chiêm ngưỡng cấu trúc xoắn của một thiên hà đẹp, hãy nhớ rằng nó đã ra đời từ một thăng giáng lượng tử vi mô của không gian vũ trụ lúc khởi đầu. Hãy nhớ rằng nó chính là đứa con đến từ cuộc hôn nhân giữa cái vô cùng bé và cái vô cùng lớn, là kết quả của sự kết hợp giữa nhoe lượng tử và lạm phát. Chính nhờ các thăng giáng lượng tử mà các thiên hà và các ngôi sao mới có thể ra đời, và chúng mới có thể hoàn thành sứ mệnh giả kim thuật hạt nhân để tạo ra các

nguyên tố nặng mà sự sống và ý thức cần tới để xuất hiện. Nói một cách khác, chúng ta không chỉ là cháu chắt của các vì sao mà còn là hậu duệ của các thăng giáng lượng tử nguyên thủy!

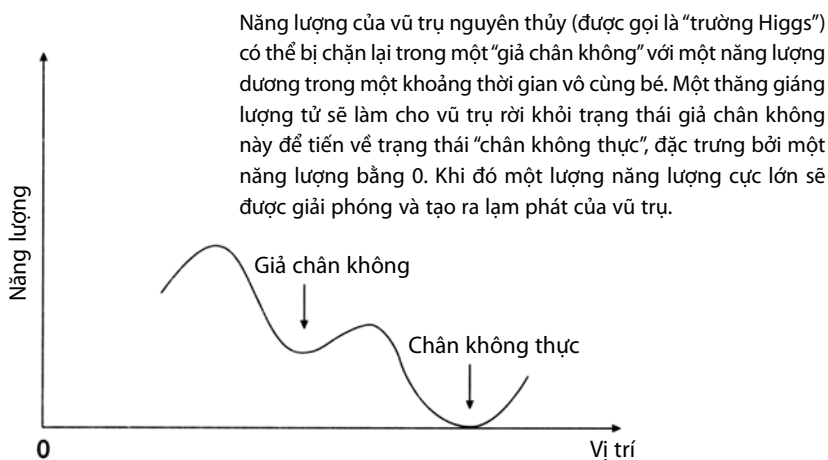
Năng lượng của chân không

Lạm phát đã làm được những điều kì diệu, và mọi lý thuyết vũ trụ hiện đại đều phải tích hợp nó, nếu không muốn các đám mây đen quay trở lại làm u ám quang cảnh của big bang. Nhưng liệu pháp thần kỳ này từ đâu tới? Nguồn gốc của sự lạm phát đến chóng mặt này là gì?

Cần biết rằng lúc ban đầu vũ trụ là chân không. Vật chất và ánh sáng còn chưa xuất hiện. Hành tinh, sao và các thiên hà còn mãi xa tít trong tương lai. Nhưng đó không phải là một chân không tĩnh lặng, không có chất gì hay hoạt động nào như chúng ta đều nghĩ; đó là một chân không lượng tử sống động, sôi sục năng lượng. Vũ trụ tằm trong một trường năng lượng mà các nhà vật lý gọi là “trường Higgs”, theo tên nhà vật lý người Scotland Peter Higgs (sinh năm 1929), một trong các nhà nghiên cứu đã đưa ra khái niệm này. Ở nhiệt độ ban đầu cao không thể tưởng tượng được (10^{32} độ Kelvin), trường này phải chịu những thăng giáng mãnh liệt, giống như bề mặt của nước khi sôi nổi sóng, chứa đầy những chuyển động hỗn độn và rối ren. Nhưng trong lúc giãn nở, khi vũ trụ lớn lên và nguội dần đi, các gợn sóng của trường Higgs giảm dần cường độ, giống như mặt nước sôi tĩnh lặng và phẳng dần khi nguội đi. Trong quá trình nguội dần của vũ trụ, năng lượng trung bình của trường năng lượng tiến về 0, giá trị mà ta thường gán một cách trực giác cho khái

niệm chân không, khi lấy trung bình của các thăng giáng nhỏ xung quanh 0.

Nếu như trong quá trình nguội dần của vũ trụ từ sau big bang, trường Higgs tiến triển một cách liên tục về 0 thì sẽ chẳng có gì đặc biệt xảy ra. Vũ trụ sẽ tiếp tục con đường của nó một cách bình lặng, tiếp tục giãn nở trong yên ả và thanh bình. Thế nhưng người đã nghĩ ra lạm phát, Alan Guth, bỗng đột nhiên có một lóe sáng trong đầu. Ông nảy ra ý tưởng rằng nếu như trong quá trình nguội dần, trường Higgs bị chặn lại trong một khoảnh khắc rất ngắn ở một năng lượng hơi dương, thì sẽ có những hệ quả rất to lớn đối với sự tiến triển của vũ trụ sau này. Tình huống này cũng giống như một hòn đá, trên đỉnh núi, thay vì lăn dốc một mạch tới chân núi, nơi năng lượng của nó sẽ bằng 0, lại tạm thời bị chặn lại khi nó lăn qua một vùng cao nguyên nào đó, nơi nó vẫn còn có năng lượng dương. Các nhà vật lý gọi trạng thái năng lượng dương tạm thời này của vũ trụ là một “giả chân không” (hình).



Điều gì sẽ xảy ra nếu như vũ trụ bị chặn lại ở một trạng thái giả chân không? Guth tự hỏi. Sự nhòe lượng tử sẽ làm cho năng lượng của trường Higgs không ngừng tăng giáng. Một thăng giáng lớn hơn các thăng giáng khác một chút sẽ làm cho trường Higgs, sau khoảng thời gian ngắn ngủi là 10^{-35} giây, ra khỏi trạng thái giả chân không và làm cho nó tiếp tục rơi xuống tới năng lượng bằng 0, đặc trưng của “chân không thực”. Năng lượng của “giả chân không” sẽ được giải phóng trong một khoảng thời gian vô cùng ngắn, khoảng 10^{-32} giây (một chớp của flash máy ảnh cũng dài hơn khoảng vài trăm nghìn tỷ tỷ lần). Chính năng lượng được giải phóng này đã tạo ra sự giãn nở điên cuồng của vũ trụ trong giai đoạn lạm phát. Khi năng lượng của trường Higgs trở thành 0 ở 10^{-32} giây, sự giãn nở bùng nổ của vũ trụ sẽ bị dừng lập tức để nhường chỗ cho một sự giãn nở từ từ hơn.

Sự giãn nở mãnh liệt của vũ trụ ở những thời điểm đầu tiên sẽ nhường chỗ cho sự giãn nở “uể oải đơn điệu” hiện nay: trong khi vũ trụ tăng thể tích của nó lên 10^{30} lần trong giai đoạn lạm phát, giữa 10^{-34} và 10^{-32} giây, thì nó chỉ tăng được 1000 lần trong suốt 13,7 tỷ năm sau đó⁽³²⁾.

Vũ trụ sau quá trình lạm phát phát triển điên cuồng và giai đoạn tĩnh lặng hơn sau đó đã trở nên rộng lớn đến mức ngay cả khi ta có những kính thiên văn mạnh nhất trên Trái Đất và trong không gian, ta cũng chỉ có thể thấy một phần nhỏ bé của nó. Bán kính

32. Thay vì nở ra theo hàm số mũ như những giai đoạn đầu tiên, tiếp theo vũ trụ giãn nở tỷ lệ với căn bậc hai của thời gian trong 380.000 năm sau đó, rồi với lũy thừa 2/3 của thời gian. Xem thêm ghi chú định lượng số 5 trong cuốn *Giai điệu bí ẩn (La mélodie secrète)* của cùng tác giả, NXB Trẻ, 2013.

hiện nay của vũ trụ là 10^{53} cm, nhưng phần lớn của vũ trụ này chúng ta không thể tiếp cận được. Thực vậy, bán kính của vũ trụ quan sát được - phần của vũ trụ mà trong đó ánh sáng của các thiên thể có đủ thời gian đến được với chúng ta trong 13,7 tỷ năm tồn tại của vũ trụ và các kính thiên văn của chúng ta có thể quan sát thấy - chỉ là 47 tỷ năm ánh sáng như ta đã biết, tức là $4,7 \times 10^{28}$ cm. Nói một cách khác, vũ trụ quan sát thấy có bán kính nhỏ hơn bán kính của vũ trụ hai triệu tỷ tỷ (2×10^{24}) lần. Nếu ví vũ trụ là Trái Đất thì phần quan sát được sẽ nhỏ hơn 200 lần kích thước của một proton! Phần lớn vũ trụ vẫn còn là điều bí ẩn đối với chúng ta.

Hạt Higgs

Quá trình lạm phát của vũ trụ, như ta đã thấy, phụ thuộc vào sự tồn tại của trường năng lượng được gọi là “trường Higgs”. Trường này còn có một vai trò cơ bản nữa: nó chịu trách nhiệm cung cấp khối lượng cho các hạt cơ bản. Thực tế, khối lượng của các hạt hạ nguyên tử tạo nên các vật trong vũ trụ, từ các thiên hà vĩ đại đến cánh hoa hồng, đa dạng một cách đáng kinh ngạc. Các proton nặng hơn các electron gấp khoảng 2000 lần, các electron lại nặng hơn rất nhiều các neutrino. Photon không có khối lượng. Trong lý thuyết chuẩn của các hạt cơ bản, trường Higgs tràn ngập khắp nơi, nó có vai trò như một thứ sương mù vũ trụ tương tác với các loại hạt khác nhau trong vũ trụ. Sự tương tác này tạo cho mỗi hạt một khối lượng, các hạt nặng hơn tương tác mạnh hơn, và photon hoàn toàn không có tương tác gì.

Liệu có tồn tại một bằng chứng thực nghiệm nào về sự tồn tại của trường Higgs này hay nó chỉ nằm trong trí tưởng tượng phóng túng của các nhà vật lý hạt? Nên biết rằng mọi trường năng lượng đều liên quan tới một hạt nào đó. Chẳng hạn, trường của các sóng ánh sáng (hay trường điện từ) gắn với hạt photon, tức hạt ánh sáng. Cũng như vậy, trường Higgs được gắn với một hạt mà nhà vật lý người Mỹ Leon Lederman gọi một cách hơi quá đà là “hạt của Chúa”, bởi vì hạt này chịu trách nhiệm về khối lượng cho các ngôi sao, các hành tinh, con người, hoa lá và mọi vật khác có mặt trong vũ trụ, tạo nên vẻ đẹp và sự phức tạp của thế giới. Các nhà vật lý tìm kiếm hạt Higgs từ hơn 45 năm nay. Nó chắc hẳn là khá nặng. Mà cái gì “nặng” cũng có nghĩa

là “năng lượng cao”. Điều này có nghĩa là chúng ta phải có một máy gia tốc hạt cực kỳ mạnh, có thể đạt tới những năng lượng khổng lồ mới có thể hi vọng phát hiện ra hạt Higgs. Máy gia tốc hạt lớn có chu vi dài 27km ở sâu dưới biên giới Pháp-Thụy Sĩ, Large Hadron Collider (LHC), đã được CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire - *Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân Châu Âu*) ở Geneva đưa vào hoạt động từ năm 2009 đã đáp ứng được vấn đề này (Ảnh màu 19). Bằng cách cho va chạm trực diện hai chùm hạt hạ nguyên tử thuộc họ hadron (cụ thể ở đây là các proton), máy LHC, khi nó hoạt động ở mức tối đa, có thể tạo ra một năng lượng khổng lồ tương đương với năng lượng của vũ trụ ở một phần nghìn tỷ (10^{-12}) của giây đầu tiên sau big bang (Ảnh màu 12). Các kết quả đầu tiên được tuyên bố một cách rùm beng vào tháng bảy năm 2012 dường như khẳng định sự tồn tại của một hạt có các đặc điểm giống như hạt Higgs được tiên đoán bởi lý thuyết chuẩn, với khối lượng lớn gấp khoảng 130 lần khối lượng của proton, tức là ứng với năng lượng khoảng 125 tỷ eV (Ảnh màu 22). Đây có thể coi là một thắng lợi vẻ vang của lý thuyết chuẩn của các hạt cơ bản. Nhưng ta cũng nên thận trọng: vẫn cần tới các nghiên cứu bổ sung khác để khẳng định liệu hạt này có đúng là đã mang đủ tập hợp các đặc tính được tiên đoán cho hạt Higgs hay không. Vẫn cần phải tiếp tục nghiên cứu thí nghiệm trong nhiều năm nữa trước khi có thể khẳng định một cách chắc chắn.

Những cảm giác của tôi trước phát hiện kỳ vĩ này khá là phân vân. Một mặt, tôi rất khâm phục trước sự cộng tác quốc tế tuyệt vời của hàng nghìn nhà nghiên cứu từ khắp nơi trên thế giới đã

cho phép xây dựng được một máy gia tốc hạt lớn như thế, và kiểm chứng được bằng thực nghiệm lý thuyết chuẩn của vật lý các hạt cơ bản, được xây dựng từ những năm 1960, và không ngừng được cải thiện từ đó đến nay. Nếu như hạt Higgs không được tìm thấy, lý thuyết này sẽ không đứng vững được nữa và phải làm lại tất cả. Việc tìm ra sự tồn tại của nó là rất cần thiết và tôi bày tỏ lòng kính trọng tới trí tưởng tượng đầy sáng tạo và sự làm việc hăng say của các nhà vật lý đã cho phép xây dựng nên một lý thuyết phù hợp được với các lắt léo của tự nhiên đến như thế. Nhưng mặt khác, tôi nghĩ rằng nếu như mọi tiên đoán đều trở thành hiện thực, nếu như không có bất cứ sự bất ngờ nào, nếu như ta không phát hiện ra bất cứ cái gì không phù hợp với lý thuyết hiện có, khoa học sẽ không thể phát triển được. Vì thế tôi mong muốn việc nghiên cứu các tính chất của hạt Higgs sẽ mang lại cho ta những bất ngờ, cho phép thúc đẩy vật lý hạt cơ bản vượt qua mô hình chuẩn, và dọn đường cho một vật lý mới.

Ánh sáng của thời xa xưa

Chúng ta đã thấy rằng “phép thần” của lạm phát, tung ra bởi một trường Higgs, đã chữa lành đa số các căn bệnh của lý thuyết big bang. Chúng ta cũng đã thấy vào đầu những năm 1990, các nhà vũ trụ học khi liệt kê các thành phần của vũ trụ đều nghĩ rằng vũ trụ là mở: mật độ toàn phần của vật chất chỉ ít hơn một phần ba mật độ tới hạn. Như thế là không đủ vật chất để lực hấp dẫn phanh lại sự giãn nở của vũ trụ. Vũ trụ sẽ là vĩnh hằng, sẽ không có vụ co lớn (big crunch), và vũ trụ là vô hạn. Mọi thứ xem ra đều tốt đẹp cả.

Nhưng liệu thực tế có đúng như thế? Thực ra, ở đây đã có một sự mâu thuẫn hiển nhiên giữa hai cách tiếp cận. Hãy nhớ rằng, lạm phát chắc chắn sẽ tạo ra một vũ trụ phẳng có độ cong bằng 0, tức là một vũ trụ với đúng mật độ tới hạn là năm nguyên tử hydrogen trong mỗi mét khối. Nhưng đây chính là vấn đề! Thực vậy, danh sách các thành phần của vũ trụ của chúng ta - vật chất sáng, vật chất tối thông thường và vật chất tối ngoại lai - chỉ chiếm cả thảy có 29% của mật độ tới hạn. Vậy 71% còn lại ở đâu? Mặc dù với các thành tích vẻ vang đã có của lý thuyết lạm phát, nhưng sự bất đồng với lượng vật chất thống kê được đã gây ra những nghi ngờ về tính đúng đắn của nó. Tình huống đang dừng lại ở đó thì những quan sát thiên văn mới đã làm thay đổi hẳn tất cả.

Các quan sát này liên quan tới bức xạ hóa thạch của vũ trụ, bức xạ tới từ thời xa xưa, khi vũ trụ mới được 380.000 năm tuổi, và tràn ngập khắp mọi nơi trong vũ trụ. Cùng với sự giãn nở của vũ trụ, ánh sáng hóa thạch này tạo thành một trong hai nền tảng của lý thuyết big bang. Chính phát hiện này đã thuyết phục đa số các nhà khoa học tán thành ý tưởng về một vụ nổ nguyên thủy của vũ trụ từ một trạng thái cực bé, cực nóng và cực đặc. Đó cũng là bãi đá ngầm làm đắm biết bao lý thuyết vũ trụ khác. Bức xạ hóa thạch của vũ trụ là ánh sáng xa nhất trong quá khứ mà ta có thể bắt được nhờ các kính thiên văn. Chúng thực sự là một máy thời gian: cho phép nhìn thấy những ánh sáng yếu ớt, tức là cho ta nhìn thấy xa hơn. Và thấy xa hơn, tức là nhìn thấy sớm hơn bởi ánh sáng phải mất một thời gian mới tới được chúng ta. Mặc dù vận tốc ánh sáng là lớn nhất có thể trong vũ

trụ (300.000km/s), nhưng ta luôn nhìn thấy vũ trụ với một độ trễ nhất định. Độ trễ này càng lớn khi thiên thể càng ở xa. Ví dụ, ánh sáng Mặt Trăng tới chúng ta sau khoảng 1 giây; của Mặt Trời sau 8 phút; của ngôi sao gần nhất, Proxima Centauri, sau 4,3 năm; từ Andromeda, thiên hà gần nhất giống với dải Ngân Hà, sau 2,3 triệu năm... Vậy phải chăng chỉ cần xây dựng một kính thiên văn đủ mạnh là có thể quay ngược thời gian về big bang để xem trực tiếp sự ra đời của vũ trụ? Không! Bởi vì trước chúng ta đã dựng nên một bức màn mờ đục, ngăn không cho phép chúng ta quay trở lại thời điểm ban đầu. Nhưng tại sao lại có bức màn mờ đục này?

Đó là vì vào năm 380.000, vũ trụ quá nóng để các nguyên tử có thể tồn tại. Ánh sáng xung quanh, sinh ra từ những khoảnh khắc của giây đầu tiên của vũ trụ được tích nhiều năng lượng tới mức nó phá vỡ các nguyên tử hydrogen và helium (đây là các nguyên tử duy nhất được tạo ra trong big bang cùng với một nhóm các nguyên tử deuterium và lithium) ngay khi chúng vừa được tạo thành, giải phóng ra các proton và neutron - những hạt cấu thành nên hạt nhân nguyên tử - và các electron. Vũ trụ nguyên thủy chỉ là một món súp khổng lồ của các hạt cơ bản. Các electron tự do tạo thành một đám dày đặc mà ánh sáng không thể xuyên qua, và chính điều này làm cho vũ trụ trở thành không trong suốt, giống như bị chìm trong sương mù không thể nhìn thấy được gì. Để vũ trụ trở thành trong suốt, các electron phải bị nhốt trong các nguyên tử và không còn cản trở sự di chuyển của các hạt ánh sáng nữa. Nhưng làm thế nào để giam chúng lại? Ta chỉ cần kiên nhẫn và chờ đợi. Thực vậy,

khi giãn nở, vũ trụ sẽ loãng dần và nguội đi liên tục. Khi đồng hồ vũ trụ điểm 380.000 năm, vũ trụ đã đủ nguội (khoảng 3000 độ Kelvin, tức là gần bằng với nhiệt độ trên bề mặt Mặt Trời) để các photon không còn đủ năng lượng phá vỡ các nguyên tử nữa. Dưới tác dụng của lực điện từ, electron kết hợp với hạt nhân nguyên tử để tạo thành các nguyên tử hydrogen và helium, và các nguyên tử này cuối cùng đã có thể xuất hiện một cách bền vững trên sân khấu vũ trụ. Do electron bị giam giữ trong các nhà tù nguyên tử, nên không còn gì ngăn cản sự di chuyển tự do của các photon nữa: sương mù đã tan và vũ trụ trở nên trong suốt. Ánh sáng và vật chất, tới lúc đó vốn vẫn hòa trộn với nhau rất thân thiết, nay được phân tách ra và tồn tại một cách riêng rẽ. Các photon tới được với chúng ta trực tiếp từ những khoảnh khắc của giây đầu tiên của vũ trụ và có sự tương tác lần cuối cùng với vật chất vào năm 380.000 tạo thành “bức xạ hóa thạch” nổi tiếng được hai nhà thiên văn vô tuyến người Mỹ là Arno Penzias (sinh năm 1933) và Robert Wilson (sinh năm 1936) phát hiện ra vào năm 1965 (Ảnh màu 23). Cũng giống như các hóa thạch cho phép các nhà cổ sinh vật học quay ngược trở lại thời gian và tái tạo lại lịch sử sự sống trên Trái Đất, ánh sáng hóa thạch cũng cho phép các nhà thiên văn tái tạo lại lịch sử vũ trụ ở buổi ban đầu của nó.

Như vậy bản đồ bức xạ hóa thạch là hình ảnh cũ nhất mà ta có thể nhận được từ vũ trụ: nó cho phép ta nhìn thấy thuở niên thiếu của vũ trụ. Theo thời gian, ánh sáng hóa thạch vốn có năng lượng rất cao lúc ban đầu, sẽ yếu dần do sự giãn nở và nguội đi của vũ trụ. Xuất phát ở dạng tia gamma lúc ban đầu,

nó chuyển thành tia X, tia cực tím rồi thành ánh sáng nhìn thấy được vào năm 380.000. Ngày nay, sau sự giãn nở khoảng 13,7 tỷ năm, ánh sáng hóa thạch lạnh đi và nhiệt độ của nó chỉ còn bằng 3 độ Kelvin tức là -270 độ C⁽³³⁾, và nó ở dạng sóng cùng bản chất với sóng phát ra từ lò vi sóng của nhà bạn. Ánh sáng này trở nên không nhìn thấy được và chỉ có thể phát hiện bằng các dụng cụ cho phép bắt sóng radio, giống như các kính thiên văn vô tuyến hay... ti vi của nhà bạn. Để bắt được các photon của ánh sáng hóa thạch, hãy bật tivi sau khi các chương trình đã được ngừng phát sóng: bạn sẽ thấy các chấm trắng nhảy nhót trên màn hình. Khoảng 1% các nhiễu này do bức xạ hóa thạch gây ra! Như vậy, bạn có thể trông thấy trên màn hình ti vi nhà mình biểu hiện của những hạt ánh sáng xa xưa nhất mà ta có thể bắt được trên Trái Đất. Khi quan sát chúng là bạn đã nhảy một cú nhảy dài về quá khứ 13,7 tỷ năm!

Các bức xạ hóa thạch đã mở ra kỷ nguyên chính xác trong vũ trụ học

NASA quả là đã không nhầm: để nghiên cứu được ánh sáng của những khoảnh khắc đầu tiên trong toàn bộ sự vinh quang của nó, cơ quan này đã chế tạo và đưa các kính thiên văn vô tuyến lên không gian, bởi vì khí quyển của Trái Đất hấp thụ phần lớn ánh sáng hóa thạch. Những quan sát sơ bộ đã được thực hiện với các kính thiên văn đặt trên khí cầu, nhưng phải

33. Để chuyển từ độ Kelvin sang độ C, chỉ cần trừ đi 273.

đội tới 25 năm sau phát hiện của Penzias và Wilson, tức là vào năm 1990, vệ tinh COBE (Cosmic Background Explorer), mang theo một kính thiên văn vô tuyến dùng sóng vi ba (Ảnh màu 24), mới lập được một bản đồ chi tiết và đầy đủ của ánh sáng tới từ những thời điểm đầu tiên của vũ trụ này.

Những quan sát của COBE, công bố vào năm 1992, đã cho thấy sự phân bố năng lượng của bức xạ hóa thạch chính là của một vũ trụ có một khởi đầu cực nóng và cực đặc. Dù nhìn vào bất cứ đâu, nhiệt độ 2,7 độ Kelvin của nó là cực kỳ đồng đều ở khắp mọi nơi. Mỗi mét khối không gian chứa khoảng 400 triệu các hạt ánh sáng nguyên thủy. Bằng cách đổi năng lượng thành khối lượng theo công thức $E = mc^2$ của Einstein, khối lượng toàn phần của bức xạ này bằng $5 \times 10^{-31} \text{ kg/m}^3$. Đó chính là nguồn năng lượng sáng lớn nhất hiện trong vũ trụ. Mặc dù các photon của bức xạ hóa thạch đã mất đi rất nhiều năng lượng do vũ trụ giãn nở, và năng lượng xưa kia của chúng đã giảm đi nhiều, năng lượng toàn phần của bức xạ hóa thạch ngày nay vẫn còn lớn hơn khoảng 10 lần tổng năng lượng ánh sáng được phát ra từ các ngôi sao và thiên hà trong vũ trụ quan sát được! Lý do là bức xạ nguyên thủy có mặt ở khắp mọi nơi trong vũ trụ trong khi các ngôi sao và thiên hà chỉ chiếm một phần nhỏ không gian. Các photon cũng chiếm một tỷ lệ áp đảo so với các hạt có mặt trong không gian. Cứ mỗi proton có mặt trong vũ trụ, tồn tại 1 tỷ photon của bức xạ hóa thạch.

Bức xạ hóa thạch là cực kỳ đồng đều, nhưng như ta đã thấy, điều đó không phải là tuyệt đối. Thật may mắn thay cho chúng ta, bởi vì nếu vũ trụ là tuyệt đối đồng đều, thì chúng ta sẽ không

có mặt để nói về nó! Một vũ trụ phi cấu trúc sẽ giống như một sa mạc không ốc đảo: sự sống sẽ không thể hình thành được. Một vũ trụ tuyệt đối đồng đều sẽ là một vũ trụ cần cỗi. Trong vũ trụ đó sẽ không có tiếng hót véo von của chim sơn ca, hay mùi thơm ngát của hoa hồng. Nụ cười trẻ thơ cũng sẽ vắng bóng. Với sự vui mừng tột độ của các nhà vật lý thiên văn, COBE đã phát hiện ra những thăng giáng nhỏ về nhiệt độ của bức xạ hóa thạch - ngày nay ta biết rằng, từ vùng này sang vùng khác của bầu trời, những thăng giáng đó vào khoảng vài phần trăm nghìn độ Kelvin. Các thăng giáng về nhiệt độ này tương ứng với các thăng giáng về mật độ của vật chất tạo bởi proton, neutron và các hạt nặng vô hình khác. Ở những nơi có mật độ hơi cao hơn một chút, lực hấp dẫn ở đó sẽ hơi mạnh hơn, các photon của bức xạ hóa thạch sẽ mất nhiều năng lượng hơn một chút để thoát khỏi lực hấp dẫn đó, và do đó có nhiệt độ cũng hơi thấp hơn một chút. Ngược lại, ở những nơi có mật độ thấp hơn, lực hấp dẫn cũng yếu hơn và các photon bị mất ít năng lượng hơn để thoát ra và nhiệt độ của chúng sẽ cao hơn một chút. Những thăng giáng mật độ này cũng tựa như các hạt giống dưới sự chăm sóc của người làm vườn Hấp dẫn sẽ lớn dần lên theo thời gian và nảy mầm thành các thiên hà, ngôi sao và các hành tinh và trong đó có ít nhất một hành tinh sẽ là cái nôi của sự sống. Như ta đã thấy, người ta nghĩ rằng các hạt giống thiên hà là kết quả của các thăng giáng lượng tử cực nhỏ của vũ trụ nguyên thủy, được khuếch đại bởi các quá trình vật lý ở những khoảnh khắc của giây đầu tiên của vũ trụ trong trường hợp lạm phát.

Những quan sát của COBE đã đánh dấu bước ngoặt quyết

định trong nghiên cứu vũ trụ học. Trước đó, các quan sát về vũ trụ nguyên thủy chỉ đếm được trên đầu ngón tay và rất thiếu chính xác. Các nhà lý thuyết đã phải huy động hết cỡ trí tưởng tượng phong phú của mình để đưa ra một số lượng lớn các kịch bản vũ trụ (thường là trong khuôn khổ của lý thuyết big bang). Nhưng do thiếu các quan sát, nên các lý thuyết khác nhau này không thể được kiểm chứng và các nhà vật lý không có khả năng phân biệt được hạt mảy với hạt lép. Nhưng COBE (và tất cả các khí cầu và vệ tinh sau đó) đã làm thay đổi tất cả. Bằng cách cho chúng ta một cái nhìn rõ ràng và chính xác hơn về vũ trụ nguyên thủy, nó đã đặt ra những đòi hỏi rất cao và mở ra một kỷ nguyên mới trong đó vũ trụ học trở thành một khoa học thực sự và các kịch bản khác nhau sẽ được kiểm tra với một độ chính xác rất cao. Những người lãnh đạo các nhóm của COBE đã được đền đáp xứng đáng bằng giải Nobel vật lý năm 2006.

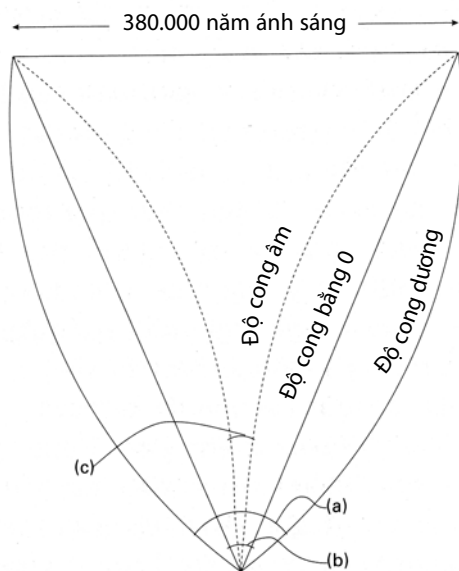
Bức xạ hóa thạch và độ cong của vũ trụ

Nhưng NASA đã không dừng lại ở đó. Năm 2001, cơ quan này đã đưa lên quỹ đạo vệ tinh kế tục COBE, có tên là WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) (Ảnh màu 25), cho phép nghiên cứu các thăng giáng nhiệt độ của bức xạ hóa thạch với độ chính xác và độ nhạy lớn gấp 40 lần vệ tinh tiền nhiệm. Nhiệm vụ của nó là đo với độ chính xác cao nhất có thể kích thước góc của các vùng lạnh và nóng của ánh sáng nguyên thủy. Thực tế, chính là nhờ sự xác lập phân bố của các kích thước này mà các nhà vật lý có thể xác định được độ cong của vũ trụ,

cũng có nghĩa là xác định được số phận của nó. Ta hãy xem xét họ làm điều đó thế nào.

Cần biết rằng bức xạ hóa thạch mang theo nó dấu ấn của thời gian. Do nó có từ năm 380.000 và Einstein nói với chúng ta rằng không một thông tin nào có thể du hành trong không gian với một vận tốc lớn hơn ánh sáng, nên không một tín hiệu nào, vào thời kỳ xa xưa đó, có thể đi được một quãng đường dài hơn 380.000 năm ánh sáng. Nói một cách khác, một kết tập vật chất có kích thước nhỏ hơn 380.000 năm ánh sáng đã có thể bắt đầu co sập lại vào năm 380.000 dưới tác dụng của lực hấp dẫn. Ngược lại, một kết tập có kích thước lớn hơn thế thì không thể, bởi vì nó không “biết” làm thế nào: các điểm nằm ở hai biên của kết tập này không có đủ thời gian để trao đổi và phối hợp chuyển động của chúng. Nó chỉ “quyết định được” việc co sập dưới tác dụng của lực hấp dẫn khi vũ trụ có đủ tuổi để tất cả các thành phần của nó có thể trao đổi thông tin với nhau bằng ánh sáng. Như vậy, vào năm 380.000, những kết tập lớn nhất của vật chất, tức là các bất thường lớn nhất thấy được trên bản đồ bức xạ hóa thạch, bắt đầu co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn sẽ có kích thước là 380.000 năm ánh sáng. Với một người quan sát từ Trái Đất, kích thước này tương ứng với một góc gần 1 độ trên bầu trời (tức là khoảng gấp đôi kích thước góc của trăng tròn). Việc góc này lớn hơn, bằng hay nhỏ hơn 1 độ phụ thuộc vào độ cong của vũ trụ. Thực vậy, ta hãy nhớ lại rằng ánh sáng di chuyển theo độ cong của không gian. Trong một vũ trụ phẳng, với độ cong bằng 0, nó sẽ đi thẳng, và góc tương ứng bởi các bất thường lớn nhất sẽ là khoảng 1 độ. Ngược lại, trong một vũ trụ

mở với độ cong âm, đường đi của các chùm sáng sẽ phân kỳ khi đi ngược thời gian và góc trương bởi các cấu trúc lớn nhất sẽ nhỏ hơn 1 độ. Còn trong một vũ trụ đóng với độ cong dương, đường đi của ánh sáng sẽ hội tụ khi đi ngược thời gian và kích thước góc của các cấu trúc lớn sẽ lớn hơn 1 độ. Nói một cách khác, chỉ cần đo kích thước góc của các bất thường lớn nhất trên bản đồ bức xạ hóa thạch và mọi thứ sẽ ô-kê! Độ cong và do đó cả hình học nữa của vũ trụ sẽ được lộ ra!



Để xác định độ cong của vũ trụ, ta đo kích thước góc của các cấu trúc lớn nhất trên bản đồ bức xạ hóa thạch. Góc này bằng khoảng 1 độ trong trường hợp vũ trụ có độ cong bằng 0 (góc b), lớn hơn trong trường hợp vũ trụ có độ cong dương (góc a) hay nhỏ hơn trong trường hợp vũ trụ có độ cong âm (góc c). Việc phân tích bản đồ của WMAP đã chỉ ra các cấu trúc lớn nhất có kích thước góc khoảng 1 độ, điều này có nghĩa vũ trụ là phẳng, với độ cong bằng 0.

Các nhà vật lý thiên văn đã hăng hái phân tích bản đồ bức xạ hóa thạch thu được từ WMAP. Và kết quả là không còn bàn cãi: kích thước của cấu trúc lớn nhất trên bản đồ này là khoảng 1 độ. Điều này có nghĩa là chúng ta sống trong một vũ trụ phẳng: một vũ trụ đã phải trải qua một thời kỳ lạm phát bởi chính lạm phát đã tạo ra một vũ trụ phẳng. ESA (Cơ quan hàng không vũ trụ châu Âu) cũng đã góp phần của mình. Vào năm 2009, cơ quan này đã phóng vệ tinh Planck (Ảnh màu 26) (đặt theo tên nhà vật lý người Đức Max Planck, một trong những cha đẻ của cơ học lượng tử), để vẽ bản đồ bức xạ hóa thạch với một độ chính xác còn cao hơn nữa. Nhờ vào độ nhạy lớn gấp ba lần WMAP, Planck đã có thể phát hiện ra các thăng giáng về nhiệt độ của bức xạ hóa thạch nhỏ tới một phần triệu độ Kelvin. Bản đồ bức xạ hóa thạch do vệ tinh Planck lập (Ảnh màu 28) chi tiết hơn nhiều so với các bản đồ trước đó của COBE và WMAP (Ảnh màu 27). Nó cũng chỉ ra rằng vũ trụ lúc ban đầu đã trải qua một giai đoạn lạm phát và rằng hình học của nó là phẳng. Nhưng nếu đúng như vậy, thì nó phải có mật độ đúng bằng mật độ tới hạn, tức là 5 nguyên tử trong một mét khối. Thế nhưng - đây chính là điểm rắc rối - trong danh mục vật chất sáng và tối, ta chỉ kiểm kê được 29% lượng vật chất cần thiết để vũ trụ đạt được mật độ tới hạn. Vậy 71% còn lại ở đâu? Làm thế nào để giải quyết sự mâu thuẫn giữa hình học của vũ trụ thu được bằng cách đo khối lượng của các thiên hà và đám thiên hà với việc đo độ cong của vũ trụ qua quan sát các thăng giáng về nhiệt độ của bức xạ hóa thạch? Lời giải cho câu đố này chỉ xuất hiện vào năm 1998 nhờ một phát hiện tuyệt vời và hoàn toàn bất ngờ: đó là sự tăng tốc của vũ trụ.

Các đèn pha vũ trụ để đo độ giảm tốc của vũ trụ

Vào những năm 1990, hai nhóm các nhà thiên văn quốc tế - một nhóm do nhà vật lý người Mỹ là Saul Perlmutter (sinh năm 1959) của phòng thí nghiệm Lawrence Berkeley National Laboratory ở California lãnh đạo, và nhóm kia do nhà thiên văn người Úc Brian Schmidt (sinh năm 1967) làm việc tại trường Australian National University ở Canberra, Úc, và nhà thiên văn người Mỹ Adam Riess (sinh năm 1969) của viện Space Telescope Science Institute ở Baltimore, Maryland lãnh đạo - đã tiến hành đo sự giảm tốc độ giãn nở của vũ trụ. Lập luận của họ như sau: sự tiến triển của vũ trụ, về nguyên tắc, phụ thuộc vào kết quả của sự vật lộn giữa hai gã khổng lồ là lực giãn nở nguyên thủy và lực hấp dẫn gây ra bởi toàn bộ các thành phần vật chất của vũ trụ. Do lực hấp dẫn là lực hút nên nó sẽ làm cho sự giãn nở chậm lại. Nói một cách khác là vũ trụ sẽ giảm tốc. Khối lượng (hay mật độ) vật chất của vũ trụ càng lớn lực hấp dẫn sẽ càng lớn và sự giảm tốc sẽ càng nhanh. Một đo đạc chính xác tỉ lệ giảm tốc sẽ giúp chúng ta tách bạch được tổng thành phần vật chất của vũ trụ dù vật chất đó là thấy được hay không. Nó cho phép ta xác nhận hay phủ định kết quả thu được từ việc tính tổng khối lượng của các thiên hà và đám thiên hà. Đây là vấn đề đã ám ảnh các nhà thiên văn từ hàng thập kỷ. Tôi cũng đã nghiên cứu vấn đề này khi làm nghiên cứu sau tiến sĩ ở Caltech vào giữa những năm 1970⁽³⁴⁾.

34. Xem Trịnh Xuân Thuận, Vũ trụ và Hoa sen, bản dịch tiếng Việt của Phạm Văn Thiều và Phạm Nguyễn Việt Hưng, NXB Tri Thức, 2013.

Nhưng đo bằng cách nào đây? Nếu muốn đo sự giảm tốc của ô tô khi ta phanh, chỉ cần đo tốc độ xe tại hai thời điểm phân biệt. Sự giảm tốc sẽ bằng hiệu của hai tốc độ chia cho khoảng thời gian giữa hai thời điểm đó. Cũng tương tự như vậy, để đo sự giảm tốc của vũ trụ, nhà vật lý thiên văn cần phải đo vận tốc giãn nở ở hai thời điểm khác nhau. Tất nhiên, trăm năm của một cuộc đời, một chục nghìn năm của nền văn minh nhân loại hay thậm chí bốn hay năm triệu năm từ khi loài người xuất hiện ở Châu Phi đều là những khoảng thời gian quá ngắn ngủi để sự giảm tốc của vũ trụ có thể cảm nhận và đo đạc được. Vậy chúng ta cần phải quan sát sự giảm tốc độ giãn nở của vũ trụ trên một khoảng thời gian kéo dài ít nhất vài tỷ năm. Điều này có nghĩa là ta phải nhìn rất xa về quá khứ. Liệu điều đó có khả thi không? Có, bởi vì ta có những cỗ máy thời gian là các kính thiên văn, và áp dụng nguyên tắc theo đó “nhìn được xa trong không gian tức là nhìn được sớm theo thời gian”. Để thu được tốc độ giãn nở của vũ trụ tại những thời điểm khác nhau từ khi tồn tại, chỉ cần đo vận tốc dịch chuyển của các thiên thể nằm ở các khoảng cách khác nhau đối với Trái Đất. Vận tốc của thiên thể ở xa cho ta biết tốc độ giãn nở của vũ trụ thời trẻ, và các thiên thể ở gần cho ta biết tốc độ giãn nở hiện tại. Nếu như vũ trụ đang giảm tốc, vận tốc thứ hai phải nhỏ hơn vận tốc đầu.

Vậy phải chọn thiên thể nào làm mốc để đo sự thay đổi tốc độ giãn nở của vũ trụ theo thời gian? Để được chọn làm mốc, thiên thể phải cho chúng ta hai thông tin: tốc độ dịch chuyển ra xa và khoảng cách. Đại lượng đầu tiên, tốc độ dịch chuyển ra xa, chính là tốc độ giãn nở của vũ trụ. Đo tốc độ này là dễ

dàng: hiệu ứng Doppler làm cho ánh sáng do thiên thể chạy ra xa phát ra bị dịch về phía đỏ, độ dịch này tỉ lệ với tốc độ của thiên thể. Chỉ cần dùng một kính quang phổ phân tích phổ ánh sáng của thiên thể theo các thành phần có màu sắc khác nhau và đo độ dịch về phía đỏ ta sẽ suy ra tốc độ dịch chuyển của thiên thể đó. Với đại lượng thứ hai, tức khoảng cách tới thiên thể, thì tình hình hoàn toàn khác! Nhưng nó lại rất cần thiết bởi vì chỉ cần một phép chia khoảng cách này cho vận tốc là ta sẽ nhận được khoảng thời gian mà ta có thể quay ngược trở lại quá khứ của vũ trụ và do đó biết được tuổi của vũ trụ tương ứng với tốc độ giãn nở đo được.

Việc đo khoảng cách tới các mốc không phải là dễ dàng. Tất cả các thiên thể đều được phóng chiếu lộn xộn lên vòm trời mà ta có cảm tưởng như hai chiều. Nó giống như một bức tranh khổng lồ mà người họa sĩ đã vẽ mà không tuân theo các quy tắc về phối cảnh. Nhà thiên văn cần phải dựng lại chiều thứ ba: độ sâu của vũ trụ. Để xác định khoảng cách giữa các mốc, nhà thiên văn phải làm giống như người họa tiêu khi ước lượng khoảng cách con tàu của mình với bờ, so sánh độ sáng biểu kiến của ngọn hải đăng với độ sáng thực (hay độ sáng “nội tại”), tức độ sáng của ánh sáng mà người đó nhìn thấy khi ở ngay bên cạnh (độ sáng biểu kiến biến thiên như độ sáng nội tại chia cho bình phương khoảng cách; việc biết độ sáng biểu kiến và độ sáng nội tại sẽ cho phép tính ra khoảng cách). Cũng tương tự như vậy, để biết khoảng cách tới một thiên thể, nhà thiên văn cần phải biết được độ sáng nội tại của nó; việc đo độ sáng biểu kiến sau đó sẽ cho phép suy ra khoảng cách. Chiến lược sẽ là xác định

một lớp các thiên thể có độ sáng nội tại không thay đổi theo thời gian và trong không gian (trong ngôn ngữ chuyên môn của thiên văn học người ta gọi chúng là các “ngọn nến chuẩn”). Việc tìm ra một lớp các thiên thể có độ sáng nội tại không thay đổi không phải là dễ dàng, bởi đa số các thiên thể đều có xu hướng tiến hóa, tức là sẽ thay đổi độ sáng trong cuộc đời của mình. Tuy nhiên, với sự kiên trì và miệt mài, các nhà thiên văn đã tìm ra một số lớp thiên thể có độ sáng nội tại thay đổi tương đối ít. Các ngọn hải đăng vũ trụ thời thượng hiện nay là các “sao siêu mới kiểu Ia”. Chúng là những vụ nổ của xác các ngôi sao - sao lùn trắng - tự hủy thành các sự kiện nhiệt hạch khổng lồ (Ảnh màu 29-30).

Vũ trụ đang tăng tốc và năng lượng tối

Hai nhóm các nhà thiên văn nói trên đã miệt mài tìm kiếm các sao siêu mới kiểu Ia và sử dụng chúng như các ngọn hải đăng vũ trụ để đo tỉ lệ giảm tốc của vũ trụ. Vào năm 1998, độc lập nhau, họ đã đi tới một kết luận làm kinh ngạc tất cả (hay gần như tất cả) mọi người: vũ trụ đúng là đã giảm tốc nhưng chỉ trong bảy tỷ năm đầu tiên; sau đó sự giãn nở của vũ trụ thay vì giảm tốc lại tăng tốc, và tiếp tục tăng tốc cho đến ngày nay! Phát hiện đáng kinh ngạc này đã được đền đáp bằng giải Nobel vật lý năm 2011.

Nhưng làm thế nào mà vũ trụ lại chuyển từ giảm tốc sang tăng tốc? Nếu như nó chỉ chứa vật chất, dù là sáng hay tối, thì chắc chắn sẽ tạo ra lực hấp dẫn hút, và vũ trụ sẽ phải luôn giảm

tốc. Để giải thích sự tăng tốc, ta buộc phải thừa nhận sự tồn tại của một cái gì đó không phải là vật chất hay ánh sáng, tạo ra lực đẩy mạnh hơn lực hút của vật chất.

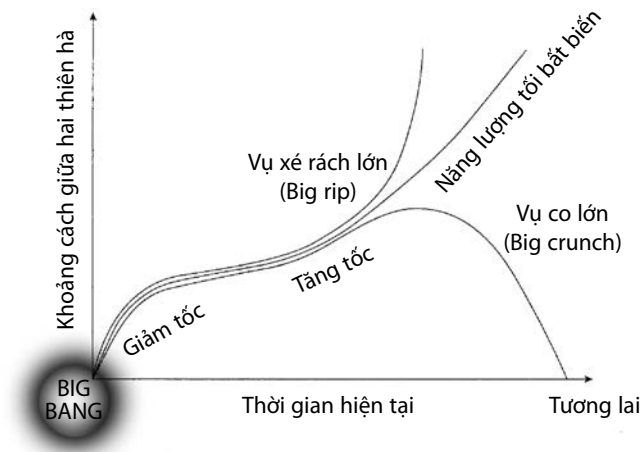
Trong các chuyến viễn du trước ta đã gặp khái niệm lực đẩy. Hãy nhớ lại nó đã từng được Einstein đưa ra lần đầu tiên vào năm 1917, dưới cái tên là “hằng số vũ trụ” để xây dựng một mô hình vũ trụ tĩnh, không có giãn nở, dựa vào các phương trình của thuyết tương đối rộng, mô hình đã được cổ vũ bởi các quan sát thiên văn thời đó. Nhưng vào năm 1929, ngay khi Edwin Hubble tuyên bố đã tìm ra sự giãn nở của vũ trụ, Einstein đã loại bỏ hằng số vũ trụ ra khỏi các phương trình của mình. Thế nhưng việc phát hiện ra sự tăng tốc của vũ trụ đã làm sống lại hằng số nổi tiếng này, và các nhà vũ trụ học đã khai quật nó từ nghĩa địa các khái niệm đã chết 80 năm sau khi nó ra đời! Lực đẩy hay “năng lượng tối” (được gọi như thế bởi vì, giống vật chất tối ngoại lai, chúng ta cũng hoàn toàn chưa biết về bản chất của nó), gắn với hằng số vũ trụ tái sinh, tất nhiên là phải lớn hơn nhiều so với giá trị tính được của Einstein. Thực tế, lần này không phải là xây dựng một vũ trụ tĩnh mà là một vũ trụ đang tăng tốc giãn nở. Những quan sát các sao siêu mới kiểu Ia chỉ ra rằng để tạo ra sự tăng tốc quan sát được 7 tỉ năm sau big bang, năng lượng tối phải đóng góp khoảng... 71% thành phần khối lượng và năng lượng của vũ trụ: đúng bằng lượng còn thiếu trong danh sách các thành phần của vũ trụ mà ta đã tính toán ở trên để vũ trụ đạt được mật độ tới hạn và có hình học phẳng! Mọi thứ đều đã ăn khớp...

Tuy nhiên, có một câu hỏi đặt ra: tại sao sự tăng tốc của vũ

trụ chỉ bắt đầu khoảng 7 tỷ năm sau big bang? Tại sao năng lượng tối lại không thể hiện ảnh hưởng của nó trước đó? Thực tế, lực đẩy do năng lượng tối vẫn luôn tồn tại, và thu mình trong bóng tối, nhưng trong suốt 7 tỷ năm đầu tiên sau big bang, nó còn quá bé để đấu lại với lực hút hấp dẫn gây ra bởi vật chất (thông thường hay ngoại lai) và năng lượng của vũ trụ. Khi đó lực hút là chủ đạo, và nó làm giảm tốc độ giãn nở của vũ trụ. Tuy nhiên, thời gian lại ưu ái lực đẩy. Hàng tỷ năm trôi qua, vũ trụ bị pha loãng, khoảng cách giữa các thiên hà tăng dần và do đó lực hấp dẫn tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa các thiên hà cũng giảm dần cường độ. Ngược lại, cường độ của lực đẩy vẫn không thay đổi. Theo thời gian, lực đẩy này càng ngày càng trở nên đáng kể so với lực hấp dẫn. Và việc chuyển giao quyền lực đã xảy ra vào thời điểm đồng hồ vũ trụ điểm 7 tỷ năm. Khi đó, lực đẩy trở thành lực mạnh hơn, chiếm ưu thế và từ đây liên tục gia tăng sự giãn nở bằng cách gia tốc nó.

Vậy sự có mặt của năng lượng tối bí ẩn này sẽ làm thay đổi số phận của vũ trụ như thế nào? Hãy quay trở lại với ba kịch bản khả dĩ: vũ trụ có thể là đóng, mở hay phẳng. Một vũ trụ đóng với độ cong dương và mật độ vật chất và năng lượng lớn hơn mật độ tới hạn không nhất thiết sẽ kết thúc sự tồn tại của nó bằng một “big crunch”. Thực ra, nếu như nó có một lượng năng lượng tối đủ lớn, sự giãn nở của vũ trụ sẽ có thể tiếp tục tới vô hạn. Vũ trụ thay vì sẽ kết thúc trong một hỏa ngục sẽ tiếp tục bị pha loãng và lạnh dần và nó sẽ chết trong bóng đêm tăm tối và lạnh giá. Còn với một vũ trụ mở, với độ cong âm và mật độ nhỏ hơn mật độ tới hạn, thì sự tăng tốc giãn nở sẽ kéo theo

sự pha loãng càng nhanh và vũ trụ cũng sẽ kết thúc trong lạnh lẽo hiu quạnh. Cũng có thể sự tăng tốc gây ra bởi năng lượng tối trở nên mạnh tới mức các lực hấp dẫn, điện từ và hạt nhân mạnh vốn đều là các lực hút - liên kết các thiên hà, các ngôi sao, các hành tinh và con người, và cho chúng một cấu trúc -, không thể chống lại lực đẩy khổng lồ tạo ra bởi sự giãn nở tăng tốc. Mọi cấu trúc sẽ bị “xé rách”. Khi đó, ngay cả các nguyên tử cũng không thể tồn tại bởi vì lực đẩy còn lớn hơn cả lực điện từ liên kết các electron với hạt nhân nguyên tử và lực hạt nhân mạnh liên kết các proton với các neutron trong hạt nhân. Chỉ còn các hạt cơ bản tồn tại cuốn theo sự giãn nở của vũ trụ, chia tách bởi các khoảng cách ngày một lớn. Đó chính là một “big rip” (vụ xé rách lớn) (xem hình dưới). Đó sẽ là hồi kết cho mọi cấu trúc và sự sống. Còn vũ trụ phẳng, có độ cong bằng 0 và với một mật độ đúng bằng mật độ tới hạn có vẻ như được ưu ái bởi các quan sát thì sao? Nếu không có năng lượng tối, như ta đã thấy, vũ trụ này sẽ giãn nở mãi mãi và giảm tốc liên tục với tốc độ giãn nở tiệm cận tới 0. Nhưng khi có mật năng lượng tối, sau một giai đoạn giảm tốc trong 7 tỷ năm đầu tiên, vũ trụ sẽ tăng tốc, ngày càng pha loãng và nguội đi. Và số phận cuối cùng của nó cũng sẽ giống như số phận của một vũ trụ mở.



Vũ trụ khởi đầu từ một trạng thái cực nhỏ, nóng và đặc. Sau big bang, kích thước của nó không ngừng tăng lên. Chuyển động giãn nở của vũ trụ bị giảm tốc trong 7 tỷ năm đầu tiên rồi từ đó tăng tốc, dưới tác dụng của lực đẩy của năng lượng tối. Số phận của nó sẽ như thế nào? Nó sẽ không kết thúc sự tồn tại trong hỏa ngục của một big crunch (vụ co lớn). Mà có hai khả năng: trong trường hợp năng lượng tối bất biến, nó sẽ bị pha loãng tới vô hạn và kết thúc sự tồn tại trong lạnh lẽo và tăm tối; còn nếu như năng lượng tối không phải là bất biến mà tăng theo thời gian, thì mọi thiên hà, ngôi sao và hành tinh sẽ bị “xé rách”: đó chính là big rip.

Vũ trụ kỳ lạ và tuyệt vời

Như vậy, ba con đường nghiên cứu hoàn toàn khác nhau - lạm phát, bức xạ hóa thạch và gia tốc của vũ trụ - đều đưa chúng ta tới cùng một kết luận: vũ trụ có mật độ đúng bằng mật độ tới hạn, hình học của nó là phẳng và độ cong của nó bằng 0. Sự hội tụ đáng kinh ngạc này không thể là một sự ngẫu nhiên.

Tôi còn nhớ vào năm 1981, khi Guth đưa ra lý thuyết lạm phát, tôi đã không tin lắm; thực vậy, danh sách các thành phần vật chất sáng và tối của vũ trụ chỉ rõ rằng không có đủ vật chất

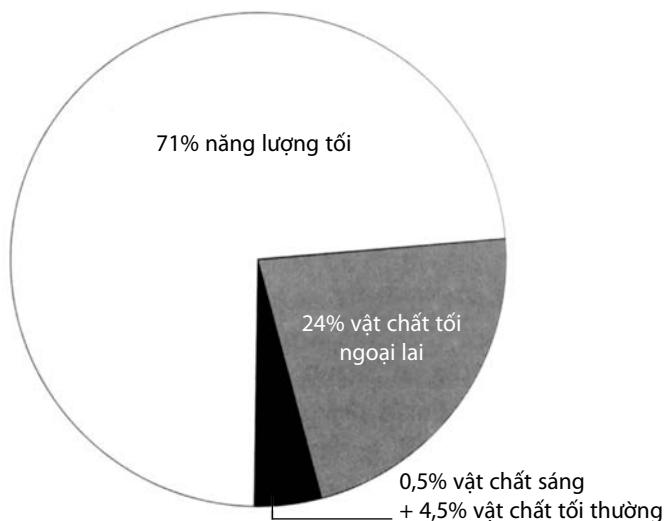
để vũ trụ đạt được mật độ tới hạn của một vũ trụ phẳng. Điều này là hoàn toàn mâu thuẫn với lý thuyết lạm phát, bởi vì lý thuyết này chắc chắn phải dẫn tới một vũ trụ phẳng có độ cong bằng 0. Tương tự, vào năm 1998, khi nghe tuyên bố phát hiện ra sự tăng tốc của vũ trụ, tôi - giống như nhiều đồng nghiệp khác - đã không tin lắm. Tôi nghi ngờ về độ tin cậy của các sao siêu mới kiểu Ia khi được dùng như các cột mốc trong quá khứ của vũ trụ. Chính sự khẳng định một cách bất ngờ về một vũ trụ phẳng của vệ tinh WMAP, nhờ vào bản đồ chi tiết về bức xạ hóa thạch của nó, đã buộc tôi chấp nhận ý tưởng về một vũ trụ đã trải qua lạm phát vào buổi ban đầu và hiện đang tăng tốc.

Ở buổi bình minh của thế kỷ 21, đây là những gì ta có thể khẳng định về vũ trụ tuyệt vời và kỳ lạ của chúng ta: mọi thứ ta thấy lấp lánh trên trời - vật chất sáng trong hàng trăm tỷ các thiên hà của vũ trụ nhìn thấy được, chứa trong chúng hàng trăm tỷ mặt trời - chỉ chiếm một phần rất nhỏ (0,5%) trong tổng các thành phần của vũ trụ. Vật chất “thông thường”, tạo từ các nguyên tử, chỉ chiếm 5%, trong đó 0,5% là vật chất sáng và 4,5% là vật chất tối - nhiều khả năng là hydrogen lạnh trong không gian liên thiên hà và hydrogen nóng trong các đám thiên hà. Phần còn lại không phát ra bất cứ ánh sáng nào là vật chất tối “ngoại lai” (24%) có bản chất chưa biết và đa số là năng lượng tối (71%) cũng có bản chất đầy bí ẩn. Các nhà vật lý đưa ra giả thuyết rằng vật chất tối ngoại lai bao gồm các hạt nặng sinh ra ở ngay những khoảnh khắc của giây đầu tiên của big bang. Có thể máy LHC, máy gia tốc hạt khổng lồ ở Geneva, sẽ phát hiện được một vài hạt trong số chúng. Dù sao chẳng nữa, hiện tại

ta không có ý tưởng gì về 95% thành phần của vũ trụ! Con cáo của Saint-Exupéry chắc cũng không nghĩ rằng mình nói đúng đến như thế khi tâm sự với Hoàng tử bé: “Cái cốt yếu thì con mắt lại không nhìn thấy”.

Do lực đẩy của năng lượng tối, vũ trụ sẽ giãn nở vô hạn. Tương lai của con người - nếu như họ có thể kéo dài thêm hàng tỷ năm nữa, mà điều này thì không chắc chắn lắm - sẽ thoát khỏi chúng sợ chỗ kín gây ra bởi một vũ trụ đóng bị co lại dưới tác dụng của chính trọng lượng của mình và dần dần thu hẹp lại. Các thể hệ sau của chúng ta sẽ không nhìn thấy các ngôi sao và các thiên hà tiến lại gần nhau, hòa nhập với nhau, mất đi danh tính và biến mất thành ánh sáng và các hạt trong các vụ nổ hạt nhân. Chúng cũng sẽ không thấy đêm bị biến mất, bị thay thế bởi ánh sáng chói lòa của một vũ trụ quá nóng và đặc. Và chúng sẽ không bị tiêu hủy trong vòng xiết của hỏa ngục... Ngược lại, vũ trụ sẽ ngày càng bị pha loãng do sự tăng tốc vũ trụ. Không gian sẽ nở rộng ra nhanh tới mức không một hạt nào có thể kết hợp với một hạt khác, và không có cấu trúc nào được hình thành. Khi đồng hồ vũ trụ điểm vài chục tỷ năm (nhớ lại rằng tuổi của vũ trụ hiện nay là 13,7 tỷ), dải Ngân Hà sẽ chỉ còn là một hòn đảo trôi trong khoảng không bao la của vũ trụ. Hàng trăm tỷ thiên hà ta nhìn thấy hiện nay qua kính thiên văn sẽ ở xa tới mức không thể nhìn thấy được nữa. Chỉ còn vài trăm thiên hà thuộc siêu đám thiên hà Virgo, chứa dải Ngân Hà, là còn có thể nhìn thấy. Những nghiên cứu vũ trụ học của con cháu xa xôi của chúng ta sẽ cực kỳ bị hạn chế do có rất ít thiên thể để quan sát trên bầu trời. Tôi tự thấy mình quả là may mắn khi được sống

ở một thời kỳ mà sự giãn nở của vũ trụ còn chưa đẩy đa số các thiên hà ra quá xa, khi vẫn còn nhiều bí ẩn và nhất là có thể sử dụng các thiết bị tinh vi và hiệu quả cho phép ta khám phá chúng!



Ta sống trong một vũ trụ-tảng băng trôi, chỉ biết được bản chất 5% các thành phần của vũ trụ (0,5% là vật chất sáng và 4,5% vật chất tối thường). Bản chất của 95% còn lại (24% vật chất tối ngoại lai và 71% năng lượng tối) là hoàn toàn là bí ẩn đối với chúng ta.

Một vũ trụ hữu hạn hay vô hạn?

Hãy quay trở lại với câu hỏi ban đầu: vũ trụ là hữu hạn hay vô hạn? Bất chấp mọi cố gắng của chúng ta, ta vẫn còn chưa biết. Vũ trụ có độ cong bằng 0. Điều này có nghĩa là tùy theo topo của mình, nó có thể là vô hạn (trong trường hợp của khăn trải bàn) hay hữu hạn (giống như một “hình xoắn”). Hai khả năng này đều tương thích với tri thức của chúng ta về vũ trụ. Các phương trình của thuyết tương đối không nói gì với ta về

topo của vũ trụ. Einstein đã nói một cách hài hước như sau về sự vô minh của chúng ta về kích thước của vũ trụ: “Có hai thứ vô hạn: vũ trụ và sự ngu ngốc của loài người; nhưng tôi không chắc lắm về sự vô hạn của vũ trụ”.

Vậy liệu một khi nào đó chúng ta sẽ biết? Về nguyên tắc, nếu như vũ trụ là hữu hạn, ánh sáng của một số thiên hà hay ngôi sao có thể sẽ đi nhiều vòng quanh vũ trụ trước khi tới kính thiên văn của chúng ta. Và như thế ta sẽ thấy nhiều hình ảnh lặp lại của các thiên thể. Nhưng các nhà thiên văn học chưa bao giờ nhìn thấy các hình ảnh lặp lại như thế cả (ngoài các ảo tượng vũ trụ tạo bởi các thấu kính hấp dẫn, một hiện tượng hoàn toàn khác). Nhưng ngay cả nếu như ta không quan sát thấy các hình ảnh lặp lại, ta cũng không thể khẳng định rằng vũ trụ là vô hạn. Thực tế, một vũ trụ hữu hạn cũng có thể rộng lớn tới mức trong 13,7 tỷ năm tồn tại, ánh sáng vẫn chưa kịp đi đủ một vòng. Trong trường hợp này, ta có thể nhầm nó với một vũ trụ vô hạn!

Chỉ dựa vào việc không có các hình ảnh lặp lại, ta không thể quyết định được vũ trụ là vô hạn hay hữu hạn. Tối lúc này, bạn hẳn sẽ nghĩ rằng câu hỏi về tầm vóc của vũ trụ chỉ có tính hàn lâm mà thôi. Xét cho cùng thì không gian là vô cùng rộng lớn và ta chỉ biết được một phần rất nhỏ của nó dựa vào các kính thiên văn; vậy tại sao chúng ta cứ phải lao tâm khổ tứ tìm biết vũ trụ có trải ra vô hạn hay không, ở bên ngoài chân trời vũ trụ của chúng ta?

Nếu điều đó là cần thiết thì là bởi vì việc vũ trụ là vô hạn hay hữu hạn sẽ quyết định chính bản chất của thực tại, như chúng ta sẽ thấy.



Vô hạn và sự lặp lại không ngừng (vô hạn)

Sự lặp lại không ngừng (vô hạn)

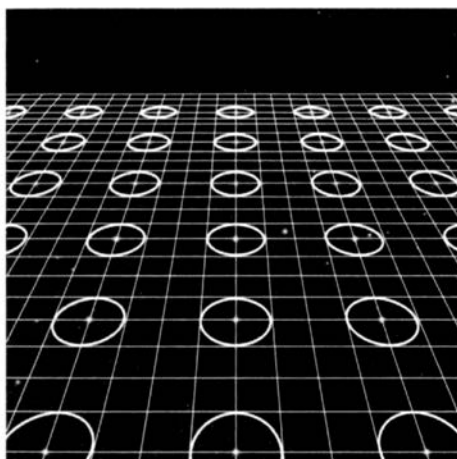
Mặc dù hiện nay ta không biết vũ trụ là hữu hạn hay vô hạn, nhưng ở đây chúng ta sẽ quan tâm tới trường hợp vũ trụ là vô hạn. Bởi vì giả thuyết này sẽ dẫn ta đến xem xét một thực tại vừa kì lạ vừa tuyệt vời liên quan tới cái được gọi là “nghịch lý lặp lại vô hạn” hay “nghịch lý lặp lại không ngừng”.

Để hiểu được nghịch lý này, ta hãy tưởng tượng một tình huống trong đó nhân vật là nhà tạo mẫu Coco Chanel. Là một nhà tạo mẫu và là người quyền uy trong việc thẩm định thời trang phụ nữ, Chanel có một tủ quần áo rất lớn chứa hàng nghìn bộ váy và đôi giày. Cực kỳ tinh tế nên bà không bao giờ mặc cùng một bộ váy với một đôi giày quá một lần trong đời. Vì thế bà luôn thay đồ hàng ngày. Với tủ quần áo của mình, tổng số tổ hợp khả dĩ là $1000 \times 1000 =$ một triệu. Như vậy Coco Chanel

có thể sử dụng tổ hợp váy và giày khác nhau trong một triệu ngày, tức là 2740 năm. Các tổ hợp này chỉ lặp lại nếu bà sống hơn 2740 năm, và điều này thì rất khó xảy ra! Nhưng hãy giả sử bà đã tìm ra bí mật của sự bất tử và sống vĩnh viễn. Sau 2740 năm, bà sẽ phải bắt đầu sử dụng lại mỗi tổ hợp khả dĩ, và điều đó sẽ diễn ra vô hạn lần. Bài học rút ra từ ví dụ này là: một số vô hạn các sự kiện (ở đây là việc sử dụng tổ hợp váy và giày của Coco Chanel) gắn liền với một số hữu hạn các tổ hợp vật thể (ở đây là váy và giày của bà) sẽ phải dẫn tới một sự lặp lại vô hạn.

Hãy áp dụng bài học này vào vũ trụ. Giả sử rằng nó là vô hạn. Ta đã thấy rằng ta không thể nhìn vượt quá một chân trời vũ trụ rộng 47 tỷ năm ánh sáng, vì ánh sáng của các vùng xa hơn không có đủ thời gian để tới được chúng ta. Ngược lại, ánh sáng từ phạm vi vũ trụ của chúng ta cũng không thể tới được các vùng xa xôi đó. Như vậy, ta có thể biểu diễn sự rộng lớn bao la của vũ trụ bằng cách chia nó thành vô số các hình cầu độc lập, mỗi hình cầu được giới hạn bởi chân trời của chúng và nằm cách xa nhau tới mức chúng không thể tiếp xúc với nhau (xem hình bên dưới). Mỗi hình cầu này sẽ chứa các hạt vật chất có thể sắp xếp thành các tổ hợp khác nhau để tạo nên các thiên hà, ngôi sao và các hành tinh. Nhưng giống như số váy và giày của Chanel: số các hạt này là hữu hạn chứ không phải vô hạn. Và chính đó là sự tương đồng với câu chuyện về Coco Chanel: các hạt có số lượng hữu hạn này chỉ có thể sắp xếp thành một số hữu hạn các tổ hợp. Và do có vô số các vùng trong vũ trụ giống với vùng ta đang sống, mà số tổ hợp của các hạt là hữu hạn, nên các điều kiện và thành phần của các vùng này chắc

chấn sẽ bị lặp lại giống như việc lặp lại các tổ hợp váy và giày mà Chanel sử dụng. Việc đặt kế nhau giữa vô hạn và hữu hạn luôn tạo ra sự lặp lại vô hạn.



Do vận tốc hữu hạn của ánh sáng, một người quan sát ở tâm của một vùng bất kì trong vũ trụ không thể tiếp xúc với các vùng khác nằm bên ngoài chân trời vũ trụ của nó (giới hạn bởi đường tròn trên một mặt phẳng). Các vùng không tiếp xúc với nhau này sẽ phát triển độc lập với nhau.

Bạn có thể tự hỏi tại sao số các hạt cơ bản - proton, neutron, electron, photon và các hạt khác đại diện cho vật chất và năng lượng - lại là hữu hạn? Tại sao ta lại không thể dồn đống một cách tùy thích các hạt vào một thể tích nào đó? Xét cho cùng thì nếu như các hạt không có kích thước không gian, ta dễ nghĩ rằng có thể tùy ý đưa vô hạn chúng vào một thể tích nào đó, giống như ta có thể xếp vô số các điểm không có kích thước không gian lên một đường thẳng. Nhưng điều đó hoàn toàn không đúng; bởi vì không nên quên rằng mỗi hạt đều có năng lượng

đến từ khối lượng (Einstein đã dạy chúng ta rằng khối lượng và năng lượng là hai khái niệm tương đương) và chuyển động của nó. Vì thế ta không thể nhét tùy thích năng lượng vào một thể tích không gian cho trước bởi vì không gian đó sẽ bị co sập lại dưới chính lực hấp dẫn của nó và trở thành một lỗ đen. Và nếu như ta vẫn cố cho thêm năng lượng và vật chất vào cái miệng không đáy của lỗ đen sau khi hình thành, khối lượng và bán kính của lỗ đen sẽ lớn dần (bán kính lỗ đen tăng tỉ lệ với khối lượng của nó) tới khi nó nuốt trọn toàn bộ vùng không gian xung quanh. Như vậy tồn tại một giới hạn xác định về lượng năng lượng và vật chất có thể đưa vào trong một vùng không gian cho trước, trước khi nó co sập lại và tạo thành một lỗ đen. Chẳng hạn, trong trường hợp vũ trụ quan sát được của chúng ta, với chân trời vũ trụ là 47 tỷ năm ánh sáng, khối lượng chứa trong nó là 10^{56} gram. Đây là một con số khổng lồ. Nhưng điều quan trọng với lập luận của chúng ta không phải là một con số thật chính xác, dù nó lớn tới đâu chẳng nữa, mà là việc thực sự tồn tại một giới hạn tối đa về lượng vật chất và năng lượng mà vũ trụ của chúng ta có thể chứa nếu không muốn biến thành một lỗ đen.

Nhờ lượng tử không cho phép một hạt có vô hạn các vị trí và vận tốc

Do số lượng hạt bị hạn chế, liệu có tồn tại các nguồn vô hạn nào khác trong vũ trụ? Nếu ta có thể tìm ra ít nhất một nguồn như thế thì sẽ tránh được nghịch lý lặp lại vô hạn trong một vũ

trụ vô hạn. Chẳng hạn, liệu ta có thể làm thay đổi vô hạn các tính chất của mỗi hạt cơ bản trong vũ trụ?

Hãy xét vị trí và vận tốc của mỗi hạt. Ta có thể nghĩ rằng mỗi tính chất đó có thể nhận vô số các giá trị, bởi vì - như ta đã biết khi du hành trong thế giới toán học - có vô số các số



thực. Nhưng cơ học lượng tử ngăn cấm sự vô hạn này. Nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg (hình) đã phát hiện ra rằng vũ trụ tuân theo một nguyên lý bất định ở thang nguyên tử và hạ nguyên tử: thông tin mà ta có thể thu lượm từ một hạt cơ bản sẽ không bao giờ đầy đủ. Hoặc ta đo vị trí của một electron với độ chính xác cao và không quan tâm tới vận tốc chính xác của nó, hoặc ta quan sát vận tốc và chấp nhận tọa độ không chính xác của nó, nhưng ta sẽ không bao giờ biết một cách chắc chắn đồng thời cả vận tốc lẫn vị trí của nó. Sự bất định này không phải là do chúng ta thiếu trí tưởng tượng trong tính toán hay các công cụ của chúng ta chưa đủ tinh vi: đây là một thuộc tính cơ bản của tự nhiên.

Nguyên nhân của sự bất định này tới từ chính hành động quan sát. Để quan sát một hạt cơ bản, như một electron chẳng hạn, tôi cần phải chiếu sáng nó, tức là gửi tới nó các hạt ánh sáng hay photon. Nhưng do các photon lại có một lượng năng lượng nhất định liên quan tới bước sóng của nó. Bước sóng này quyết định độ chính xác mà ánh sáng có thể xác định thực tại và định vị electron. Năng lượng càng yếu bước sóng càng dài

thì thực tại càng nhòe. Còn nếu ta tăng năng lượng, bước sóng giảm đi và sự khu trú càng rõ. Bạn hẳn sẽ phản đối rằng đó đâu phải vấn đề, chỉ cần chiếu electron bằng một chùm sáng rất mạnh là có thể xác định tọa độ của electron với một độ chính xác tùy ý. Nhưng để có một độ chính xác tuyệt đối, ta cần tới một ánh sáng có năng lượng vô hạn, mà điều này là không thể. Như vậy, vì sự nhòe lượng tử, vị trí và vận tốc của một hạt cơ bản không thể được xác định với một độ chính xác vô hạn. Điều này có nghĩa là số các vị trí và vận tốc phân biệt mà các hạt có thể có được là hữu hạn. Và ta lại phải đối mặt với một số hữu hạn các khả năng. Sự hữu hạn này kết hợp với sự vô hạn của vũ trụ, không thể tránh khỏi dẫn tới sự lặp lại vô hạn.

Liệu có bao nhiêu cách kết hợp khác nhau đối với một số hữu hạn các hạt trong vũ trụ quan sát được (giới hạn bởi chân trời vũ trụ của chúng ta) với các giá trị vận tốc và vị trí phân biệt cũng là hữu hạn? Câu trả lời tất nhiên là một số vô cùng lớn⁽³⁵⁾. Nhưng một lần nữa điều trọng yếu không phải việc số này lớn ngoài sức tưởng tượng của chúng ta, mà là nó hữu hạn! Do số các tổ hợp các hạt là hữu hạn và vũ trụ lại là lớn vô hạn, nên sẽ có một sự lặp lại vô hạn của bạn và tôi, giống như mọi vật khác có mặt trong vũ trụ này.

35. Số này là, lớn hơn cả “googolplex” được định nghĩa ở chương 1. Nếu bạn viết toàn bộ số này, chiều dài của nó sẽ lớn hơn cả bán kính của vũ trụ quan sát được! Xem thêm Brian Green, *The Hidden Reality: Parallel Universes and the Deep Laws of the Cosmos* (Thực tại ẩn giấu: Các vũ trụ song song và các định luật của vũ trụ).

Con người trở thành vĩnh hằng nhờ một số vô hạn các bản sao

Những tranh luận đầu tiên về nghịch lý nhân bản thường được gán cho triết gia người Đức Friedrich Nietzsche (1844-1900) (hình), ông viết trong cuốn *Der Wille zur Macht* (Ý chí tới quyền lực): “Vũ trụ phải có một con số tính được các tổ hợp của trò may rủi vĩ đại là cơ sở của sự tồn tại của nó... Trong vô hạn, tại một thời điểm nào đó mỗi tổ hợp có thể đã xuất hiện; và không chỉ một lần mà là vô số lần”. Nietzsche kể rằng chính ông đã từng đọc về cuộc tranh luận đối với nghịch lý này trong một bài tiểu luận của nhà thơ người Đức Heinrich Heine (1797-1856), dựa trên sự vô hạn của thời gian chứ không phải không gian: “Thời gian là vô hạn, nhưng các vật thể tồn tại trong thời gian là hữu hạn... Bất kể khoảng thời gian trôi qua là như thế nào, theo các định luật vĩnh hằng chi phối các tổ hợp của trò chơi lặp lại vô hạn này, mọi cấu hình đã từng tồn tại trước đó trên Trái Đất sẽ phải được gặp lại, thu hút nhau, đẩy nhau hay ôm nhau... Tức là sẽ có ngày một người giống tôi như đút sẽ được sinh ra”. Chính trị gia người Pháp Louis Auguste Blanqui (1805-1881) (hình), được biết đến nhiều nhất với vai trò của ông trong Công xã và những tư tưởng xã hội của ông đã truyền cảm hứng cho phong trào công đoàn cách mạng vào



cuối thế kỷ 19, cũng đã viết một cách đanh thép về “nghịch lý nhân bản con người” này. Vào năm 1871, trong một trong nhiều lần ở tù (ông ở trong tù 36 năm vì các hoạt động chính trị của mình), ông đã viết tác phẩm *L'Éternité par les astres: hypothèse astronomiques* (Vĩnh hằng qua các tinh tú: một giả thuyết thiên văn học), trong đó ông trình bày những suy tư triết học về các hậu quả của một vũ trụ vô hạn. Ông nhận xét rằng chỉ có một số hữu hạn các nguyên tố hóa học trong tự nhiên - tổng cộng là 92 - và mọi vật thể vật chất đều được tạo thành từ các nguyên tố đó. Mặc dù số các tổ hợp khả dĩ của chúng là cực kỳ lớn nhưng kết quả cuối cùng vẫn là một số hữu hạn. Khi đó để lấp đầy sự vô hạn của vũ trụ, mọi tổ hợp ban đầu cần phải lặp lại một cách vô hạn. Blanqui đã miêu tả một cách hùng hồn rằng vĩnh hằng luôn sử dụng lại các chủ đề và con người trở nên vô hạn và vĩnh hằng thông qua vô số các nhân bản hay bản sao của mình:

Các thiên thể được phân loại theo bản gốc và các bản sao... Số lượng các bản gốc bị chặn; số các bản sao hay sự lặp lại là vô hạn. Mỗi loại có sau nó cả một đội quân các bản sao với số lượng là vô hạn... Kết quả là mỗi trái đất chứa một trong các tập hợp con người nhất định, và do những thay đổi không ngừng, mỗi trái đất ấy cần phải được lặp lại hàng tỷ lần để đối mặt với những nhu cầu của vô hạn. Và như thế sẽ có hàng tỷ trái đất giống hệt nhau, con người và đồ vật, ở đó không có bất cứ sự khác biệt nào về thời gian, địa điểm, dù là nhỏ nhất... Như vậy, nhờ vào ân huệ của trái đất của mình, mỗi người sẽ có vô số các bản sao sống một cuộc sống y hệt như nhau. Mỗi người sẽ là vô hạn và vĩnh hằng trong cá nhân

những người khác với mình không chỉ ở lứa tuổi hiện thời mà ở tất cả các độ tuổi. Mỗi người đồng thời mỗi giây sẽ có hàng tỷ các bản sao của mình sinh ra, chết đi, và với các độ tuổi được phân bố từng giây, từ lúc sinh ra tới khi chết đi.

Như vậy, nếu vũ trụ là vô hạn, thì ở thời điểm tôi viết những dòng này, sẽ tồn tại vô số các bản sao của tôi trong vũ trụ này, cùng làm một việc vào cùng đúng một thời điểm: viết một cuốn sách. Nhưng cũng tồn tại vô số các bản sao của tôi làm những công việc khác: một số đi xem phim, số khác chơi tennis, số khác nữa đang ngủ. Các biến tấu là vô hạn. Đối với bạn cũng như vậy. Sẽ có vô số các bản sao của bạn, một số đọc sách, số khác đi bộ, số khác nữa làm vườn... Thực ra sẽ tồn tại vô số mỗi chúng ta làm tất cả các công việc có thể. Nhưng một câu hỏi đặt ra là giả sử bạn muốn gặp một bản sao, bạn sẽ phải vượt qua một khoảng cách bao nhiêu để bắt tay người đó? Nếu như những tổ hợp các hạt tạo nên các bản sao của bạn và cả chính bạn nữa thay đổi một cách ngẫu nhiên, theo các quy luật xác suất, thì từ một vùng của vũ trụ tới vùng khác bạn phải đi một khoảng cách 10^N m với $N = 10^{27}$ (số 1 với 27 số 0 phía sau) trước khi gặp được một bản sao. Đây là một quãng đường rất xa. Chẳng hạn $N = 7$ là kích thước của Trái Đất, $N = 16$ tới được ngôi sao gần nhất (một khoảng cách 4,3 năm ánh sáng), $N = 19$ để tới được biên của dải Ngân Hà, và $N = 27$ để tới được biên của vũ trụ quan sát được (có bán kính 47 tỷ năm ánh sáng). Khoảng cách mà bạn cần phải vượt qua sẽ càng lớn nếu số các hạt liên quan càng lớn. Như vậy để gặp được một bản sao hoàn hảo của Trái Đất (cần tới 10^{23} lần số hạt của một người), $N = 10^{50}$. Còn

để chiêm ngưỡng bản sao của toàn bộ vũ trụ quan sát được của chúng ta đâu đó trong vũ trụ, bạn phải vượt qua khoảng cách 10^N m với $N = 10^{120}$. Nói một cách khác trong mỗi vùng không gian bán kính 10^N với $N = 10^{120}$, sẽ tồn tại một bản sao chính xác của vũ trụ quan sát được của chúng ta, với cùng các thiên hà, ngôi sao, hành tinh, bạn và tôi và mọi thứ nằm trong vùng giới hạn bởi chân trời vũ trụ của chúng ta⁽³⁶⁾.

Như vậy tồn tại vô số các bản sao của vùng vũ trụ của chúng ta và chúng ta, phân tán trong vô hạn của toàn bộ vũ trụ. Trong tập hợp các vũ trụ giống với chúng ta, mọi quyết định, mọi khả năng có thể đều xảy ra. Trong vũ trụ này, tôi là nhà vật lý thiên văn, nhưng ở một vũ trụ song song khác tôi sẽ là triết gia hay nhà sinh học thần kinh. Mọi giấc mơ không được thực hiện, tan vỡ ở vũ trụ này sẽ thành hiện thực ở vũ trụ khác. Nhưng đại đa số các vũ trụ song song - không phải là bản sao của vũ trụ chúng ta - sẽ không có tổ hợp các hằng số vật lý và điều kiện ban đầu cần thiết để sự sống và ý thức có thể phát triển. Chúng sẽ trống rỗng và căn cỗi. Dần dần theo thời gian, chân trời vũ trụ của mỗi vũ trụ song song sẽ tăng lên, và một số trước đó bị cô lập và phân cách với nhau sẽ phủ lên nhau và tiếp xúc với các bản sao của chúng: chúng sẽ không còn là vũ trụ song song nữa. Nghĩa là nếu vũ trụ là vô hạn, sẽ tiếp tục tồn tại các vũ trụ song song khác, có kích thước lớn hơn và ở xa hơn và sẽ

36. Các con số này được lấy từ một tác phẩm của John Barrow, *The infinite Book* (Cuốn sách vô hạn)

mãi bị phân tách và một số sẽ là bản sao chính xác của vũ trụ quan sát được của chúng ta, và chứa các bản sao của bạn và tôi.

Một quan điểm duy vật và quy giản luận về thế giới

Tình huống mô tả ở trên khá là đen tối. Trong vũ trụ như thế, sẽ không có gì mới mẻ và độc đáo. Sẽ không có sự sáng tạo mới: mọi thứ chỉ là bản sao. Không có gì được làm lần đầu tiên và cũng chẳng có gì được hoàn thành lần cuối cùng. Không gì là duy nhất, mọi thứ đều là lặp lại. Trong một vũ trụ vô hạn về kích thước và các thành phần vật chất, mọi thứ có xác suất khác 0 sẽ xảy ra và tồn tại vô số lần. Trong một vũ trụ vô hạn có xác suất để sự sống phát triển là khác 0, tôi chắc chắn sẽ có vô số các bản sao của mình.

Một câu hỏi triết học khi này đặt ra là: một bản sao tạo thành từ cùng các loại hạt như tôi, được sắp xếp chính xác theo cùng một cách, liệu có phải là cùng một con người như tôi không? Theo cơ học lượng tử, các tính chất của mỗi hạt cơ bản đều đồng nhất với tính chất của các hạt cơ bản khác cùng loại. Một electron có cùng khối lượng, điện tích, cùng spin⁽³⁷⁾ toàn phần... như tất cả các electron khác. Những tính chất này định nghĩa một cách tổng thể hạt đó, và không tồn tại các tính chất khác. Điều có thể khác biệt giữa hai hạt cùng loại là trạng thái lượng tử của chúng: chẳng hạn, chúng có thể có xác suất ở nơi này hay

37. Spin là một tính chất lượng tử của một hạt cơ bản mô tả chuyển động tự quay. Nó chỉ có thể có các giá trị nguyên (0, 1, ...) hay bán nguyên (1/2, 3/2, ...)

nơi kia, chuyển động với vận tốc này hay vận tốc kia, có spin hướng theo chiều này hay chiều kia khác nhau. Tự nhiên nhân bản không chỉ các hạt mà cả các trạng thái lượng tử nữa cũng giống hệt nhau, vậy liệu điều đó đã là đủ để nói rằng các bản sao là giống hệt với tôi không? Sau hết, chúng ta đều biết rằng trong suốt quá trình tồn tại, các tế bào tạo nên chúng ta liên tục bị thay thế bằng các tế bào mới. Thế nhưng ta đâu có mất đi nhân cách. Nếu tôi đổi mọi nguyên tử cacbon và oxy bằng các nguyên tử cacbon và oxy khác, tôi vẫn là tôi mà thôi. Tóm lại, điều quan trọng không phải là chính các nguyên tử mà là cách chúng sắp xếp. Nói một cách khác, cái quan trọng là nguyên lý tổ chức chứ không phải là giá đỡ vật chất. Liệu tôi có cùng là một người nếu như đổi toàn bộ các nguyên tử bằng các nguyên tử khác? Bản sao của tôi sẽ có cùng kích thước, cùng trọng lượng, cùng màu mắt và tóc, cơ thể cũng tiết ra cùng một mùi tự nhiên, những tư tưởng, niềm tin tôn giáo, sở thích đối với một số *type* phụ nữ, rồi các sở thích ăn uống, tóm lại toàn bộ các thuộc tính tạo nên nhân cách của tôi liệu có cùng giống như tôi?

Nếu câu trả lời là có, điều này có nghĩa là “tinh thần”, hay tâm hồn, ý thức, cảm giác siêu nghiệm, các tình cảm, những đánh giá đạo đức và mỹ học đều có bản chất từ vật chất, và tình yêu hay niềm hận thù, đồng cảm hay ghen tị chỉ là các vấn đề của nguyên tử và phân tử, của các dòng hóa chất và xung điện. Mặc dù có thể đúng là như thế, nhưng quan niệm thuần túy duy vật và quy giản hóa về tinh thần này sẽ đưa tới kết luận rằng các bản sao của tôi, tạo từ cùng các hạt và các trạng thái lượng tử như tôi, chính xác là tôi, hiện nay còn rất lâu mới có thể chứng

minh được bằng sinh học hiện đại. Một số nhà sinh học thần kinh nghĩ rằng tinh thần có thể đột sinh từ vật chất một khi các mạng neuron của não bộ các sinh vật sống vượt qua một ngưỡng phức tạp nào đó. Quan niệm đột sinh như thế sẽ liên quan tới khái niệm về sự phức tạp: khi tổ chức vật chất trở nên đủ phức tạp, các tính chất mới sẽ đột sinh ở mức cao hơn của cơ thể, mà không có mặt ở tổ chức thấp hơn của các hạt cơ bản. Nói một cách khác, toàn thể là lớn hơn tổng của các thành phần. Theo quan điểm này, sự sống có thể đột sinh từ bụi của các ngôi sao khi tổ chức của các tế bào trở nên đủ phức tạp, và ý thức sẽ xuất hiện trong vỏ não khi các kết nối về thần kinh vượt qua được một ngưỡng phức tạp nào đó. Theo cách nhìn này, ý thức cũng như bản thân sự sống, được xuất phát từ vật chất vô tri. Nó chỉ là kết quả của các dòng điện hóa chạy trong các mạng neuron. Quan điểm duy vật này được tóm tắt rất đạt bởi câu châm ngôn nổi tiếng của một bác sĩ người Pháp tên là Pierre Cabanis vào thế kỷ 18: “Não bộ tiết ra tư tưởng giống như gan tiết ra mật vậy”.

Liệu tinh thần có chỉ là vật chất?

Tôi rất thích quan điểm Phật giáo, theo đó tinh thần phân biệt với vật chất và không xuất phát từ vật chất. Mặc dù vậy, quan điểm này không giống với quan điểm nhị nguyên thể xác-tinh thần của Descartes. Với triết gia người Pháp, thực tại có hai dạng phân biệt: dạng tinh thần, thuần túy là ý thức, không trải ra theo không gian và không thể chia nhỏ; và dạng vật chất, không có ý thức, có kích thước và có thể bị chia nhỏ. Đối với

Phật giáo, tinh thần và vật chất chỉ khác nhau trong “chân lý thông thường” bởi vì trong “chân lý tuyệt đối”, không cái nào có sự tồn tại riêng biệt, cả hai tương thuộc lẫn nhau và tham gia vào cùng một tổng thể. Cá nhân tôi chống lại việc mô tả tinh thần một cách thuần túy duy vật bởi nếu con người chỉ là một “gói các neuron”, như cách nhà sinh học Francis Crick⁽³⁸⁾ nói, nếu ý thức chỉ là kết quả các sự kiện thần kinh, thế thì tự do ý chí của tôi sẽ ra sao?

Mô hình “người neuron⁽³⁹⁾” ngụ ý rằng cảm giác tôi có thể lựa chọn và quyết định - cái mà ta gọi là “tự do ý chí” hay “trách nhiệm” - chỉ thuần túy là ảo tưởng. Ra một quyết định chẳng qua chỉ là kết quả làm việc của các neuron trong não bộ, cho phép chúng định ra chiến lược tốt nhất có tính đến các kích thích từ bên ngoài, đến hành trang di truyền và những thứ đã học được trong cuộc sống. Khi các mạch neuron khác nhau được đồng bộ hóa với nhau, tôi có cảm giác đã đưa ra một quyết định và tôi cảm thấy một cảm giác nhẹ nhõm và vui sướng. Theo mô hình này, tôi không còn quyết định việc đi xem phim, cứu một người lâm nguy hay giết ai đó cũng tựa như không quyết định được nhịp đập của trái tim mình. Thuyết tiến hóa và chọn lọc tự nhiên của Charles Darwin đã được sử dụng để giải thích trạng thái kỳ lạ của việc: nếu như tôi có cảm giác tự chủ, đưa ra các quyết định và có tự do ý chí thì đó là bởi vì cảm giác làm chủ có một vai trò quan trọng trong việc thích nghi của loài chúng

38. Francis Crick, *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul* (Giả thuyết kỳ lạ: Sự truy tìm khoa học của linh hồn), NXB Scribner, 1994.

39. Jean-Pierre Changeux, *L'homme neuronal* (Người neuron), NXB Fayard, 1983.

ta trong quá trình tiến hóa. Luận điểm này có nghĩa là tôi chỉ là một cỗ máy tự động nghĩ rằng mình là một sinh vật có tư duy, một người máy mà tiến hóa đã cho ảo tưởng là mình có tự do ý chí. Ý thức mà tôi từng rất tự hào chỉ là một chức năng làm chúng, một đèn hiệu sáng lên ở cuối một chuỗi các tiến trình điện hóa trong não của tôi. Tóm lại, tự do ý chí là không tồn tại.

Khi đẩy kiểu suy luận này tới tận cùng logic của nó - điều mà những người ủng hộ luận điểm này không làm - ta có thể nói rằng nếu như tự do ý chí là không tồn tại, các khái niệm về giá trị, trách nhiệm, đạo đức, công lý, vốn là nền tảng của xã hội con người và văn hóa, sẽ không có lý do gì để tồn tại. Những người phủ định sự tồn tại của tự do ý chí sẽ tự mâu thuẫn mỗi lần họ cho rằng mình cư xử và ăn nói như là những bản thể độc lập. Việc tôi cố gắng chứng minh thực tại của tự do ý chí không phải là một lý lẽ ủng hộ cho sự tồn tại của nó hay sao? Bởi làm thế nào mà một thứ không tồn tại lại có thể muốn chứng minh nó tồn tại? Làm thế nào mà các nhà sinh học thần kinh hay triết gia không có tự do ý chí lại có thể phủ nhận sự tồn tại của chính tự do ý chí đó?

Đương nhiên, khoa học còn lâu mới hiểu việc chúng ta suy nghĩ, yêu thương và sáng tạo như thế nào. Về phần mình, tôi không tin rằng chúng ta chỉ là những “cỗ máy truyền gen”, như cách nói của nhà sinh học người Anh Richard Dawkins⁽⁴⁰⁾; rằng tình yêu làm chuyển biến hai người đang yêu và làm bùng cháy trái tim họ, rằng tình cảm choáng ngợp đã được ngợi ca bởi bao

40. Richard Dawkins, *The Selfish Gene* (Bộ gen ích kỷ)

nhieu người hát rong, tạo cảm hứng cho bao nhà thơ và nhạc sĩ vĩ đại và nổi tiếng nhất, được xiển dương bởi bao họa sĩ tài năng nhất, tạo nên những hi sinh và hành động anh hùng nhất, đồng thời cũng gây ra chiến tranh với bao nhiêu đau thương chết chóc, lại chỉ là kết quả của các dòng điện hóa chạy trong mạng neuron thôi sao! Tôi cũng rất khó chấp nhận rằng sự dịu dàng của người mẹ dành cho con, sự đồng cảm gắn bó đôi vợ chồng già ở buổi xế chiều của cuộc đời, cảm giác siêu việt thấp sáng sự tồn tại của loài người, sự ngất ngây trước cái đẹp, sự căm ghét cái xấu, niềm vui và nỗi buồn, sự xót xa và cảm thương - rằng tất cả những thứ đó chỉ là kết quả của các kết nối neuron được áp đặt bởi các sức mạnh mù quáng của tiến hóa và chọn lọc tự nhiên.

Vậy liệu tinh thần có chỉ là vật chất? Tôi sẽ chấp nhận kết luận không thể chối cãi của các nhà sinh học thần kinh, nhưng với trạng thái hiện tại, tôi ưa thích câu trả lời là “không”. Dù sao chẳng nữa, nghịch lý nhân bản sẽ chỉ tồn tại nếu như tinh thần chỉ là sản phẩm của vật chất và chúng ta chỉ là những cỗ máy truyền gen và các gói neuron mà thôi!

Borges và các hóa thân của vô hạn

Nghịch lý lặp lại vô hạn đã làm mê hoặc không chỉ các nhà khoa học và triết gia, mà cả các nhà văn nữa. Nhà văn Argentina Jorge Louis Borges có lẽ là người thể hiện tốt nhất sự căng thẳng khó tả và nổi kinh hãi thường trực do mối quan hệ giữa hữu hạn và vô hạn gây ra. Ông cũng quan tâm tới nghịch lý lặp lại vô hạn mà ông gọi là “học thuyết về các vòng luân hồi”, hay theo



Vào năm 1745, họa sĩ người Ý Giovanni Battista Piranesi còn gọi là Le Piranèse (1720-1778) bắt đầu, khi bị một cơn sốt, một sêri các tranh khắc gọi là Carceri d'Invenzione (Những nhà tù ảo). Những mê cung liên miên và không có vạch mốc trong các tranh khắc này cho ta một cảm giác huyền ảo và gợi ra khái niệm vô hạn, làm nhớ tới Thư viện Babel của Borges.

Nietzsche, “học thuyết về sự lặp lại vĩnh hằng”. Ông viết trong cuốn *Histoire de l'éternité*⁽⁴¹⁾: “Số các nguyên tử tạo nên thế giới, mặc dù là rất lớn, nhưng vẫn là hữu hạn, cũng như có một số hữu hạn (mặc dù cũng cực lớn) các tổ hợp của chúng. Trong một thời gian vô hạn, số các tổ hợp khả dĩ sẽ được thực hiện và vũ trụ bắt buộc phải lặp lại. Một lần nữa, bạn lại được sinh

41. Jorge Louis Borges, *Historia de la eternidad* (Câu chuyện về vĩnh hằng), 1994.

ra, lớn lên, và trang sách này lại tới tay bạn, và một lần nữa bạn lại sống cho tới khi chết”.

Borges đã sử dụng nghịch lý lặp lại vĩnh hằng này để dựng nên nhiều câu chuyện hư ảo. Chẳng hạn như trong truyện *La Bibliothèque de Babel*⁽⁴²⁾ (Thư viện Babel), ông đã tưởng tượng một tòa nhà lớn với một đường quanh co các hành lang, rẽ nhánh liên tục, dẫn tới các phòng y hệt nhau, toàn bộ tạo thành vô số các bản sao, giam giữ người thủ thư mù (Borges tự ám chỉ mình, bởi ông bị mắc chứng mù) và người đọc trong một mê cung rộng lớn không lối thoát. Thư viện ở đây được đồng nhất với vũ trụ:

Vũ trụ (mà những người khác gọi là Thư viện) được tạo ra từ một con số không xác định, có thể là vô hạn, các phòng lục lảng, ở trung tâm có các giếng trời khổng lồ được viền quanh bởi các lan can thấp. Từ mỗi phòng lục lảng, ta có thể nhìn thấy miên man các tầng thấp hơn và cao hơn. Sự bố trí của các phòng là bất biến: 20 giá dài, theo tỷ lệ mỗi bên 5 cái, phủ toàn bộ các mặt tường, trừ 2 mặt; chiều cao của chúng, bằng chiều cao của chính các tầng, chỉ hơi nhỉnh hơn chiều cao của một người thủ thư bình thường. Hai mặt không có giá mở ra một hành lang hẹp, dẫn tới một phòng khác y hệt với phòng đầu tiên và tất cả các phòng còn lại...

Với Borges, chủ đề lặp lại vĩnh viễn, theo đó các chuỗi các nguyên nhân và hậu quả không ngừng chia nhỏ và phân nhánh, có liên quan chặt chẽ tới chủ đề mê cung, mà ở đó, dù cố gắng

42. Jorge Louis Borges, *Ficciones* (Các truyện ngắn), 1974.

tới mức nào và đi xa tới đâu, con người vẫn luôn ở rất xa lối thoát. Giống như Roger Caillois, biên tập viên và dịch giả của Borges, đã viết trong phần “cảnh báo” cho tác phẩm *Aleph*⁽⁴³⁾:

Các hành lang phân nhánh và chẳng dẫn tới đâu ngoài các phòng giống hệt ban đầu và từ đó tỏa ra những dãy hành lang giống nhau như đúc, những lặp lại phù phiếm, những nhân bản mệt mỏi giam giữ tác giả trong một mê cung mà ông đồng nhất với vũ trụ. Có vẻ như với ông, dù ở bất cứ đâu, vẫn luôn ở trung tâm của những phản chiếu không thể phân biệt, nơi trung chuyển rối rắm... Trong một mê cung, mọi thứ đều lặp lại hay có vẻ như lặp lại: hành lang, ngã tư và các phòng. Trí tuệ cao siêu tạo ra nó - triết gia hay nhà toán học - biết rõ nó là hữu hạn. Nhưng kẻ lang thang tìm kiếm một cách vô vọng lối ra sẽ cảm giác nó là vô hạn, như thời gian, không gian, nhân quả. Chỉ ít thì anh ta cũng khó có thể quyết định đi theo hướng này hay hướng kia. Một kinh nghiệm quá ngắn ngủi sẽ khiến anh ta tưởng cái được lặp lại vô hạn là duy nhất, hay nghĩ thứ chưa hề biết tới tồn tại hai lần giống hệt nhau lại là cái được lặp lại vô hạn.

Giống như vũ trụ, Thư viện có một trung tâm ở khắp nơi (nói một cách tương đương là nó không có một trung tâm nào hết) và một chu vi không ở đâu cả (tức là nó không có giới hạn):

Vì tôi khẳng định rằng Thư viện là không có kết thúc. Với những người duy tâm, các phòng lục lảng có dạng cần thiết của không gian tuyệt đối, hay ít nhất là trực giác của chúng ta về không

43. Jorges Louis Borges, *L'Aleph*, NXB Gallimard, 1967.

gian; họ đánh giá rằng một phòng tam giác hay ngũ giác sẽ không thể chấp nhận được. Còn với những người thần bí họ cho rằng sự nhập định đã tiết lộ với họ một phòng tròn với một cuốn sách lớn cũng hình tròn với gáy xoay tròn xung quanh phòng; nhưng lời chứng của họ rất đáng nghi, lời nói của họ rất tối ý: cuốn sách xoay tròn này chính là Chúa... Hiện tại với tôi chỉ cần nhắc lại câu nói kinh điển: Thư viện là một hình cầu có tâm thực sự là một hình lục giác nào đó, và có chu vi không thể tới được.

Thư viện là vô hạn không chỉ trong không gian mà cả theo thời gian: “Thư viện tồn tại *ab aeterno* (từ một thời điểm xa vô hạn trong quá khứ). Từ sự thật này suy ra ngay hệ quả là tương lai thế giới là vĩnh hằng, không một trí tuệ bình thường nào có thể nghĩ ngờ điều này”.

Thư viện chứa đầy sách và một người thủ thư thiên tài đã tìm thấy định luật cơ bản của nó cách đây chừng 500 năm:

Nhà tư tưởng này nhận xét rằng mọi cuốn sách, dù là có khác nhau thế nào đi nữa, thì chúng cũng đều có các yếu tố như nhau: dấu cách, dấu chấm, dấu phẩy và 22 chữ cái của bảng chữ cái. Ông cũng phát hiện ra một sự thật là: mọi nhà du hành đều khẳng định không có hai cuốn sách nào giống hệt nhau trong Thư viện bao la này. Từ các tiền đề không thể tranh cãi đó, ông đã suy ra rằng Thư viện là toàn vẹn, và các giá sách của nó chứa toàn bộ các tổ hợp khả dĩ của hơn 20 ký tự chính tả (một con số mặc dù rất lớn nhưng không là vô hạn), tức là tất cả những gì có thể biểu đạt bằng tất cả các loại ngôn ngữ. Mọi thứ: lịch sử chi tiết của tương lai, tự truyện của các thiên thần, danh mục chính xác của Thư viện, hàng nghìn các danh mục không chính xác, minh chứng về sự sai

sót của danh mục đúng, kinh ngộ đạo Basilide, bình luận về kinh này, bình luận về bình luận của kinh này, sự thực về cái chết của bạn, bản dịch của từng cuốn sách ra tất cả các thứ tiếng, những nội suy của mỗi cuốn sách trong tất cả các cuốn... Mỗi bức tường của hình lục giác có 5 tầng giá, mỗi giá có 32 cuốn sách, đều cùng một khổ; mỗi cuốn có 410 trang; mỗi trang 40 dòng và mỗi dòng khoảng 80 ký tự màu đen.

Thư viện này, đồng nhất với chính vũ trụ, là đầy đủ trọn vẹn, chứa mọi cuốn sách khả dĩ (trong khuôn khổ của một số giới hạn, cũng như không chứa các bảng chữ cái nước ngoài). Mỗi cuốn có cùng số trang và các ký tự sắp xếp ngẫu nhiên, tạo thành mọi tổ hợp và hoán vị có thể của 25 ký tự (dấu cách, chấm, phẩy và 22 chữ cái⁽⁴⁴⁾). Tất nhiên, đại đa số các cuốn sách này là vô nghĩa, nội dung không thể đọc được. Chúng không có nghĩa bởi vì được tạo thành từ sự tiếp nối các ký tự không tạo thành từ theo bất cứ ngôn ngữ nào. Borges đã mô tả các cuốn sách này trong Thư viện như sau:

... bản chất không có định dạng và hỗn độn của gần như tất cả các cuốn sách. Một trong số chúng [...] chỉ chứa các chữ cái M C V được lặp lại từ dòng đầu tiên tới dòng cuối cùng. Một cuốn khác [...] là một mê cung thực sự của các chữ cái, nhưng ở trước trang cuối cùng, ta tìm thấy câu sau: *Ôi thời gian, các kim tự tháp của người*. Không còn nghi ngờ gì nữa: đối với một dòng có nghĩa,

44. Trong câu chuyện, Borges nói về một bảng chữ cái có 22 ký tự, khác với bảng chữ cái la tinh có 26 chữ cái thường dùng.

với một thông tin chính xác, sẽ có hàng dặm hàng dặm các mớ lộn xộn vô nghĩa, các lời tối nghĩa và rời rạc.

Từ các mô tả đó, ta có thể tính được tổng số sách trong Thư viện vũ trụ này của Borges. Bởi mỗi cuốn có 410 trang, mỗi trang 40 dòng và mỗi dòng 80 ký tự, tổng số các ký tự của một cuốn sách là $(410 \times 40 \times 80 =) 1.312.000$. Với mỗi ký tự có 25 khả năng (dấu cách, dấu chấm, dấu phẩy và 22 chữ cái); với tổ hợp của 2 ký tự sẽ có 25×25 khả năng; với một tổ hợp của 3 ký tự sẽ có $25 \times 25 \times 25$ khả năng và cứ như thế. Với một tổ hợp 1.312.000 ký tự sẽ có $25^{1.312.000}$ khả năng hay khoảng $10^{1.836.800}$ quyển sách. Một con số kinh ngạc đến nghẹt thở! Chẳng hạn, ta hãy so sánh nó với tổng số các nguyên tử của vũ trụ quan sát được chỉ có 10^{80} . Bạn cần phải viết thêm khoảng gần 2 triệu số 0 nữa mới đạt tới số cuốn sách của Thư viện! Nhưng điều quan trọng ở đây, một lần nữa, không phải là số cuốn sách chính xác của Thư viện mà là sự hữu hạn chứ không phải vô hạn của con số đó.

Thư viện chứa tất cả các cuốn sách khả dĩ (chỉ cần một cuốn sách có thể nghĩ tới là sẽ có mặt trong Thư viện), tất cả mọi tuyệt tác tiềm tàng của văn học, và trong một số cuốn có chứa câu trả lời của mọi bí ẩn của vũ trụ. Trong chính văn của Borges, ý tưởng này ban đầu tạo ra một hi vọng to lớn cho loài người. Nhưng họ nhanh chóng nhận ra rằng vài cuốn sách quý báu đó là không thể tìm thấy được, chúng mất hút giữa vô số các cuốn sách vô nghĩa chiếm đa số trong thư viện. Sau niềm hi vọng là nỗi thất vọng to lớn. Một số gắng loại bỏ các cuốn sách vô ích, nhưng không thu được hiệu quả gì bởi tổng số sách là cực kỳ lớn:

Khi người ta tuyên bố rằng Thư viện chứa mọi cuốn sách, phản ứng đầu tiên là niềm hạnh phúc vô bờ bến. Mọi người đều nghĩ rằng mình là chủ của một sự phát triển nguyên vẹn và bí mật. Không có bất kỳ một vấn đề cá nhân hay thế giới nào mà không có một giải pháp nằm đâu đó... Vũ trụ đã được biện minh, nó đột nhiên đã chinh phục được những chiều kích vô hạn của hi vọng... Vào cùng thời kỳ đó, người ta cũng hi vọng sẽ làm sáng tỏ các bí ẩn cơ bản của nhân loại: nguồn gốc của Thư viện và Thời gian... Và cũng thật tự nhiên, từ hi vọng vô bờ chuyển sang thất vọng cực đoan. Biết chắc rằng vài giá sách trong một phòng lục giác nào đó có chứa những cuốn sách quý giá nhưng lại không thể tiếp cận được, dường như là một điều không thể nào chấp nhận được.

Những người khác, ngược lại, cho rằng điều cốt lõi là phải loại bỏ các cuốn sách vô ích. Họ xông vào các phòng lục giác, đưa ra các giấy phép đôi khi là hợp lệ, lật một cách buồn chán một cuốn và phá bỏ cả giá sách: chính sự điên loạn này đã làm chúng ta mất đi hàng triệu cuốn sách. Tên của chúng bị ghét cay ghét đắng một cách dễ hiểu, nhưng những người khóc than cho những “kho báu” bị phá hủy bởi sự cuồng loạn đã bỏ qua hai vấn đề. Thứ nhất, Thư viện lớn tới mức mọi sự phá hủy có nguồn gốc từ con người đều là vô cùng bé nhỏ. Thứ hai, nếu mỗi phiên bản là duy nhất và không thể thay thế, sẽ luôn có trong Thư viện hàng trăm nghìn các bản sao gần như hoàn chỉnh và chỉ sai khác quyển sách ban đầu một chữ cái hay một dấu phẩy mà thôi.

Chú khỉ đánh máy và Shakespeare

Để tạo ra Thư viện vũ trụ, Borges sử dụng một định lý được biết dưới cái tên “định lý chú khỉ bác học đánh máy”: một chú

ting ting gõ ngẫu nhiên trên một bàn phím máy tính có thể, nếu như nó có vô hạn thời gian, tạo ra mọi tác phẩm của Shakespeare (Ảnh màu 31). Tính từ “bác học” ở đây có ý mỉa mai: chú khỉ hoàn toàn không có ý tưởng gì về cuốn sách nó đang viết. Đa số các thứ nó gõ ra sẽ không có nghĩa. Chính những cuốn sách như thế chiếm đại đa số trong Thư viện. Nhưng do có thời gian vô hạn, chú khỉ có thể tạo ra một cách may mắn mọi chuỗi ký tự có thể và sớm hay muộn nó sẽ tạo ra mọi cuốn tương ứng với những kiệt tác văn học thế giới, trong số đó có cả những tác phẩm của nhà soạn kịch bất tử. Tất nhiên xác suất để một chú khỉ có thể gõ ra từng từ một của *Hamlet* hay *Romeo và Juliette* là rất bé, ngay cả khi nó có một thời gian gấp hàng tỷ tỷ lần tuổi của vũ trụ, nhưng vẫn là khác 0. Bất cứ cái gì có thể sẽ thành chắc chắn khi thời gian trở thành vô hạn.

Định lý chú khỉ bác học - nói một cách khác, luận điểm theo đó ta có thể tạo ra một cách ngẫu nhiên những tác phẩm bất hủ miễn là ta có một thời gian vô hạn - rất hay được sử dụng trong văn chương. Chẳng hạn, trong cuốn *Gulliver du ký* (1726), Jonathan Swift (1667-1745) kể câu chuyện về vị giáo sư của Đại học viện Lagado cố gắng tạo ra mọi tri thức khoa học của thế giới bằng cách yêu cầu các sinh viên của ông gõ một cách ngẫu nhiên trên máy chữ. Các chú khỉ đánh máy đã xuất hiện lần đầu tiên vào năm 1909 trong cuốn *Élément de la théorie des probabilités* (Các yếu tố của lý thuyết xác suất) của nhà toán học người Pháp Émile Borel (1871-1956). Ông đã ước tính rằng các chú khỉ bằng cách gõ một cách ngẫu nhiên trên các máy chữ, cuối cùng, cũng có thể tạo ra bất cứ cuốn sách nào trong

Thư viện quốc gia. Phép ẩn dụ các chú khỉ đánh máy này được nhiều tác giả khác sử dụng lại, mỗi người sử dụng nó tùy theo tình huống và văn hóa riêng. Nhà vật lý thiên văn người Anh Arthur Eddington (1882-1944) đã viết trong cuốn *The nature of the physical world* (Bản chất của thế giới vật lý) (1928) như sau: “Nếu tôi để ngón tay mình lang thang ngẫu nhiên trên các phím của máy chữ, rất có thể một cách vô tình tôi sẽ tạo ra một câu có nghĩa. Nếu một đội quân khỉ gõ trên máy chữ, chúng có thể gõ ra tất cả các cuốn sách của Thư viện Anh quốc”. Ẩn dụ chú khỉ đánh máy, về nguyên tắc, chỉ cần một chú khỉ có vô hạn thời gian để gõ các cuốn sách. Nhưng nhiều tác giả đã mở rộng thành vô số các chú khỉ gõ trên vô số các máy chữ trong vô hạn thời gian, tạo ra toàn bộ các tác phẩm của Shakespeares.

Ẩn dụ chú khỉ đánh máy cũng tác động đến trí tưởng tượng của công chúng và nhiều cố gắng nhằm kiểm chứng trong thực tế định lý chú khỉ bác học và thực hiện một cách cụ thể cái mà về căn bản là một hình ảnh lý thuyết. Trên Internet có một site được lập trình để thử nghiệm xem một đội quân các chú khỉ có khả năng thực sự tạo ra tác phẩm của Shakespeares hay không. Chương trình này mô phỏng hành động của hàng triệu chú khỉ gõ một cách ngẫu nhiên các tổ hợp 9 chữ cái, và sau đó kiểm tra các tổ hợp thu được với các đoạn tác phẩm của nhà soạn kịch vĩ đại. Khi một tổ hợp 9 chữ cái tái tạo lại được một chuỗi các chữ do Shakespeares viết ra, đoạn này coi như là thành công và loại bỏ khỏi danh sách cần phải gõ. Và cứ tiếp tục như thế. Sau vài tháng, tất cả các đoạn của một tác phẩm như *Cơn bão* đúng là đã được tạo ra. Nhưng điều này có thực sự chứng tỏ các chú

khí đã tái tạo lại được ra tác phẩm của Shakespeares hay không? Không, bởi lẽ để tái tạo lại thực sự *Cơn bão*, máy tính (hay các chú khí) cần phải gõ ra một tổ hợp không phải của 9 chữ cái (số tối đa được thử là khoảng 20) tới theo một trật tự ngẫu nhiên, mà toàn bộ tác phẩm theo đúng trật tự của tác phẩm, từ đầu tới cuối một lần, là một điều hoàn toàn khác biệt!

Vào năm 2003, Ủy ban nghệ thuật Anh đã tài trợ một thử nghiệm thật sự của định lý với sáu chú khí và một bàn phím máy tính. Sau vài tuần, chúng tạo ra được 5 trang chủ yếu chứa chữ S (các chú khí không giỏi như máy tính trong việc tạo ra các văn bản ngẫu nhiên), và không có một từ nào giống với tiếng Anh hết! Hơn nữa, chúng đã phá hủy bàn phím và dùng nó để tiểu tiện! Thí nghiệm được bỏ sau một tháng.

Một số người còn sử dụng định lý này để chế giễu sự ngu ngốc của nhân loại: “Ta đã biết rằng một triệu chú khí gõ trên một triệu bàn phím có thể tái tạo lại toàn bộ các tác phẩm của Shakespeares. Ngày nay, nhờ vào Internet, ta biết rằng điều này là không thể!”

Có thể tránh nghịch lý lặp lại vô hạn không?

Khả năng tồn tại một số vô hạn bạn và tôi rải rác trong vũ trụ rộng lớn, với các hành vi và suy nghĩ lặp lại không ngừng là điều kì cục đến mức đương nhiên chúng ta phải đặt ra câu hỏi liệu có cách nào tránh được nghịch lý này không? Thực ra, nghịch lý này không còn lý do tồn tại nếu như vũ trụ là hữu hạn thay vì vô hạn. Mặt khác, vẫn tồn tại những đặc điểm hữu

hạn cả trong một vũ trụ vô hạn. Chẳng hạn, ta có thể nói rằng, ngay cả khi vũ trụ là vô hạn, việc vận tốc của ánh sáng bị giới hạn (300.000km/s) và tuổi của vũ trụ cũng là hữu hạn (13,7 tỷ năm) dẫn tới việc chúng ta chỉ có thể quan sát một phần hữu hạn của vũ trụ vô hạn. Chân trời vũ trụ, như ta biết, là 47 tỷ năm ánh sáng, tức là 10^{27} mét. Ta cũng đã thấy rằng trong một vũ trụ vô hạn với các thành phần giống như vũ trụ của chúng ta, khoảng cách tới nhân bản thứ 2 của chúng ta là 10^N mét, với N là cực lớn, với giá trị không phải là 27 mà là 10^{27} ! Để có thể tiếp xúc được với ánh sáng của bản sao gần nhất này, ta cần phải kiên nhẫn: bởi vì vũ trụ càng già đi, phần của vũ trụ mà ta thấy được ngày càng lớn lên do chân trời vũ trụ ngày càng lùi xa và ánh sáng từ các thiên thể có nhiều thời gian hơn để tới được với chúng ta. Nhưng thời gian cần chờ đợi này cũng rất dài (khoảng 10^N năm, với $N = 10^{27}$) và trừ khi chúng ta bất tử, còn thì chúng ta đều đã biến mất trước khi thời điểm tiền định này xảy ra! Mọi ngôi sao đều sẽ đã tắt từ rất lâu (điều này xảy ra vào năm 10^{12}), và làm cho việc duy trì bất kỳ sự sống nào trong vũ trụ cũng trở nên cực kỳ khó khăn⁽⁴⁵⁾. Vấn đề còn phức tạp hơn nếu ta muốn tiếp xúc không chỉ với một bản sao mà với cả vũ trụ là bản sao giống hệt vũ trụ của chúng ta. Khoảng cách lúc đó sẽ là 10^N mét với N khi đó không còn là 10^{27} như trước nữa mà còn cực kỳ lớn hơn, đó là $10^{10^{27}}$! Như vậy, xác suất để chúng ta có thể tiếp xúc bằng ánh sáng với một trong các bản sao của mình trong sự vô hạn của vũ trụ là gần bằng 0. Do đó, nghịch

45. Xem thêm về chủ đề này trong cuốn Giai điệu bí ẩn của cùng tác giả, NXB Trẻ.

lý lặp lại vô hạn sẽ không xảy ra trong thực tế. Kết luận ban đầu rằng một vũ trụ vô hạn chứa một lượng hữu hạn vật chất phải có vô số các bản sao cũng vẫn giữ nguyên. Việc chúng ta không thể tiếp xúc với họ không thay đổi gì cả!

Một cách khác để tránh nghịch lý này là thừa nhận rằng xác suất để sự sống xuất hiện ở nơi khác ngoài Trái Đất là thực sự bằng 0. Nhưng do tính phổ quát của các định luật vật lý - và về nguyên tắc, cả các định luật sinh học nữa - thì tại sao sự sống lại chỉ có thể xuất hiện trên hành tinh của chúng ta? Khẳng định rằng sự sống chỉ có thể xuất hiện trên Trái Đất, bất chấp xác suất của nó bằng 0 ở mọi nơi khác, cũng chẳng khác gì nói rằng sự sống trên Trái Đất không chịu sự chi phối của các định luật tự nhiên, rằng nó có một nguồn gốc siêu nhiên, hay nói một cách khác nữa là nó xuất hiện là do một phép màu. Đó chính là điều mà phong trào có tên là “thuyết sáng thể” gọi dưới cái tên “bản thiết kế trí tuệ” (*intelligent design*). Quan điểm này là phản Copernicus và hoàn toàn không dựa trên một cơ sở khoa học nào.

Một cách khác nữa để tránh nghịch lý này là câu viện đến sự vô hạn của các dạng sống khác nhau trong vũ trụ. Nếu đúng như thế, dạng sống tồn tại trên Trái Đất sẽ không bao giờ có bản sao ở một nơi khác trong vũ trụ, và sẽ không có vô hạn các bản sao suy nghĩ và thực hiện cùng các hành động với chúng ta vô hạn lần. Nhưng giả thuyết này lại không đứng vững, bởi sự sống là dựa trên các phân tử hóa học (các chuỗi ADN trong trường hợp của sự sống trên Trái Đất) (Ảnh màu 32), và trong vũ trụ chỉ tồn tại một số hữu hạn các nguyên tố hóa học: 92 nguyên tố bền

vũ trụ của bảng tuần hoàn Mendeleiev. Và các quan sát thiên văn nói với chúng ta rằng các thiên hà, ngôi sao và hành tinh, tức là theo logic, mọi sự sống ngoài hành tinh trong vũ trụ, đều được tạo từ cùng các nguyên tố hóa học như chúng ta. Hơn nữa, để ổn định, các phân tử của sự sống không thể vượt quá một kích cỡ tối đa. Điều này có nghĩa là những cấu hình phân tử tạo ra các dạng sống khác không thể đa dạng một cách vô hạn được. Số các dạng sống trong vũ trụ phải là hữu hạn⁽⁴⁶⁾. Nếu suy luận này là đúng, sự kế nhau của vô hạn và hữu hạn vẫn còn đó, và cùng với nó là nghịch lý nhân bản vô hạn.

Tóm lại, nếu vũ trụ là vô hạn, chúng ta hiện nay, trong khi chờ tới một cảnh giới mới, chưa thể thoát khỏi nghịch lý lặp lại vô hạn, trừ khi mượn tới các nguyên nhân siêu nhiên cho sự xuất hiện của sự sống trên Trái Đất.

46. Xem George Ellis và Geoff Brundrit, *Quartely Journal of the Royal Astronomy Society* (Tập san của Hội Thiên văn Hoàng gia), 1979.



Sự vô hạn của các đa vũ trụ

Vô hạn không còn là như xưa

Đã đến lúc cần tổng kết lại. Nghịch lý nhân bản xảy ra ngay khi có sự tương tác giữa vô hạn và hữu hạn. Chẳng hạn, một vũ trụ vô hạn chứa một số hữu hạn các hạt cơ bản sẽ có nghịch lý đó xảy ra. Ta cũng đã biết rằng vũ trụ quan sát được là phẳng có độ cong bằng 0, nhưng chỉ dựa vào độ cong đó thì ta không biết được nó là vô hạn hay hữu hạn. Chúng ta cũng đã đề cập tới trường hợp vũ trụ là vô hạn. Nhưng điều gì sẽ xảy ra nếu nó là hữu hạn? Liệu ta có tránh được nghịch lý lặp lại vô hạn hay không? Kì lạ thay câu trả lời lại là: không nhất thiết.

Thực tế, vũ trụ của chúng ta dù có một kích thước hữu hạn đi nữa, thì về tổng thể vũ trụ vẫn có thể là vô hạn - bao hàm mọi thứ có liên quan tới nhân bản và lặp lại vô hạn - nếu như nó chứa vô hạn các vũ trụ “song song”. Điều đáng ngạc nhiên là

khái niệm vũ trụ song song này, bạn đầu nghe có vẻ như kỳ cục và không mấy trực quan, đã xuất hiện ngày càng nhiều trong những thập kỷ gần đây cùng với những phát triển mới của vật lý cơ bản. Nó không ngừng xuất hiện trong những ngữ cảnh khác nhau nhất. Từ cơ học lượng tử (lý thuyết mô tả các vô cùng bé), thuyết tương đối (mô tả các vô cùng lớn), các lý thuyết cố gắng thống nhất hai lý thuyết trên, hay các lý thuyết vũ trụ mô tả sự tiến hóa của vũ trụ, tất cả, ở điểm này hay điểm khác, đều dẫn ta tới xem xét khái niệm các vũ trụ song song. Từ “vô hạn” ở đây đã mang một nghĩa mới. Nó không chỉ liên quan tới vũ trụ của chúng ta, một vũ trụ trải rộng ngút tầm mắt cả theo không gian và thời gian, mà còn cả vô số các vũ trụ “song song” với vũ trụ của chúng ta, tạo thành một đa vũ trụ rộng lớn. Theo các lý thuyết đó, vũ trụ của chúng ta chỉ là một phần nhỏ bé của đa vũ trụ này. Các vũ trụ song song có thể rất đa dạng, sự đa dạng đó dường như chỉ bị giới hạn bởi trí tưởng tượng của con người: một số rất giống với vũ trụ của chúng ta, có khác chẳng chỉ là vị trí hay vận tốc của một proton hay một electron nào đó, và bị chi phối bởi cùng các hằng số và định luật vật lý với chúng ta; một số khác hoàn toàn khác biệt và bị chi phối bởi các định luật hoàn toàn khác; một số sẽ nằm cách chúng ta một khoảng không gian và thời gian lớn không thể tưởng tượng được, trong khi số khác chỉ nằm cách chúng ta vài milimet. Đại đa số các vũ trụ song song này đều không hội tụ đủ các điều kiện để sự sống và ý thức trú ngụ.

Cách đây không lâu, khi sử dụng từ “vũ trụ”, ta hiểu đó là “toàn thể thế giới, tập hợp của mọi thứ tồn tại”. Đó là định nghĩa

mà bạn có thể tra trong từ điển. Ý tưởng có thể tồn tại nhiều vũ trụ, nhiều “mọi thứ tồn tại”, có vẻ như mâu thuẫn với nghĩa của chính thuật ngữ này. Thế nhưng các tiến bộ của vật lý dần dần bắt các nhà khoa học phải chỉ rõ họ muốn nói gì với từ “vũ trụ”, do từ này đã có thêm nhiều nghĩa khác trong quá trình phát triển của các lý thuyết. Đôi khi nó ám chỉ tập hợp của vạn vật như ngày xưa, và để phân biệt tôi sẽ viết là Vũ trụ với chữ V viết hoa. Trong các tình huống khác, nó chỉ các phần vũ trụ mà ta có thể quan sát được bằng các dụng cụ, tôi sẽ sử dụng cụm từ “vũ trụ quan sát được”. Cuối cùng, thuật ngữ này có thể chỉ các vũ trụ ta không thể tiếp cận toàn bộ hay một phần, tạm thời hay vĩnh viễn, và tôi sẽ gọi chúng là “vũ trụ” với chữ v thường.

Cơ học lượng tử và các vũ trụ song song

Khái niệm vũ trụ song song đã xuất hiện đầu tiên trong vật lý vào những năm 1950, khi các nhà vật lý cố gắng hiểu những thứ kì dị của cơ học lượng tử, lý thuyết chi phối hành vi của các nguyên tử và các hạt hạ nguyên tử. Thực tế, với sự ra đời của cơ học lượng tử, vào đầu thế kỷ 20, ta đã thấy một sự đảo lộn thực sự trong cách nhận thức thế giới của chúng ta. Sau khi thống trị tư tưởng phương Tây trong suốt 300 năm, quan niệm của Newton về một vũ trụ tất định, nơi mọi thứ đều được quyết định sẵn, đã phải nhường chỗ cho một thế giới bất định đầy ắp sự sáng tạo. Đối với Newton, vũ trụ chỉ là một cỗ máy khổng lồ tạo từ các hạt vật chất trơ ỳ, tuân thủ một cách ngoan ngoãn và mù quáng các ngoại lực, hoàn toàn không có sự sáng tạo nào. Vũ trụ là một cỗ máy trơn tru, một chiếc đồng hồ được hiệu chỉnh

rất chính xác và một khi được lên giây cót sẽ tự vận hành theo các định luật hoàn toàn xác định. Mọi sự tự do, phóng túng đều bị tống khứ. Bắt đầu từ một số ít các định luật vật lý, lịch sử của một hệ thống có thể hoàn toàn được giải thích và dự đoán chỉ cần xác định chính xác các đặc tính ở một thời điểm cho trước. Nhà vật lý người Pháp Pierre Simon de Laplace (1749-1827) đã ca ngợi sự thắng lợi của quyết định luận này trong tuyên bố nổi tiếng của ông⁽⁴⁷⁾:

Một trí tuệ, mà tại một thời điểm nào đó, biết được mọi lực tác dụng trong tự nhiên và tình huống của từng cấu phần tạo nên nó, và nếu như trí tuệ đó đủ lớn để có thể phân tích các dữ liệu này, thì nó sẽ thu tóm được trong cùng một công thức những chuyển động của các thiên thể lớn nhất của vũ trụ cũng như của những hạt nhỏ bé như nguyên tử; không còn có gì là bất định đối với trí tuệ đó, và tương lai cũng như quá khứ đều hiển hiện trước mắt nó.

Đồng hồ vũ trụ trơn tru tới mức nó sẽ tự chạy. Một sự can thiệp thần thánh là không cần thiết. Đó chính là nguyên nhân của câu trả lời nổi tiếng của Laplace với Napoléon, khi hoàng đế này trách ông không lần nào nhắc tới Nhà thiết kế vĩ đại [Chúa] trong tác phẩm *Mécanique céleste* (Cơ học thiên thể): “Tàu bệ hạ, thần không cần tới giả thiết về Chúa!” Thời gian không đáng để nhắc tới, tương lai đã chứa đựng ngay trong hiện tại và quá khứ. Cuốn sách lớn đã được viết hoàn chỉnh, và

47. Pierre Simon de Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités* (Tiểu luận triết học về các xác suất)

theo lời nhà hóa học Bỉ Ilya Prigogine: “Chúa bị giáng xuống vai trò của một người lưu trữ lật giở từng trang sách của Cuốn sách vũ trụ”. Vũ trụ bị đóng khung gò bó, loại bỏ mọi sự sáng tạo và nghiêm cấm mọi sự đổi mới. Tất cả đều đã được cố định từ trước, không có bất kỳ sự bất ngờ nào được xảy ra. Như câu nói nổi tiếng của Friedrich Hegel (1770-1831): “Chẳng bao giờ còn có cái gì mới trong tự nhiên nữa!”

Cơ học lượng tử đã thổi một luồng gió giải phóng vào thế giới các nguyên tử. Thay vì sự chắc chắn tất định nhằm chán là sự bất định kích thích của sự nhòe lượng tử. Như ta đã thấy, nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg đã phát hiện ra tự nhiên tuân theo một “nguyên lý bất định” ở thang nguyên tử và hạ nguyên tử: ta sẽ không bao giờ biết chính xác đồng thời vận tốc và vị trí của một hạt cơ bản. Do một hạt không bao giờ cho biết đồng thời bí mật về vị trí và chuyển động của nó, nên ta cũng sẽ không bao giờ nói được về quỹ đạo của một hạt giống như nói về quỹ đạo của Mặt Trăng xung quanh Trái Đất. Sự thiếu tính định xứ chính xác này được gọi là “sự nhòe lượng tử”.

Trong một nguyên tử, một electron không chỉ ngoan ngoãn chuyển động theo một quỹ đạo mà có thể đồng thời có mặt ở mọi nơi. Làm thế nào electron có thể làm được điều kỳ lạ này? Bằng cách khoác thêm một diện mạo khác, bởi electron hay mọi hạt khác đều là lưỡng tính. Chúng đồng thời vừa là hạt vừa và là sóng. Một hạt, khi ở dạng sóng, có thể tự lan truyền và chiếm toàn bộ không gian trống rỗng của nguyên tử, giống như các sóng tròn tạo ra khi ta ném một hòn đá xuống nước sẽ lan tỏa ra khắp mặt hồ. Sóng của hạt, giống như sóng đại dương,

có cường độ lớn ở đỉnh sóng và cường độ thấp ở điểm nút của sóng. Nó có thể được coi là một sóng xác suất: ta có nhiều khả năng gặp được electron ở đỉnh sóng hơn là ở nút sóng, nhưng ngay cả khi ở đỉnh sóng, ta cũng sẽ không bao giờ đảm bảo chắc chắn rằng electron sẽ có mặt ở đó. Có thể 1 trong 3 lần (xác suất 33%) hay 4 trên 5 lần (xác suất 80%) electron sẽ ở đó. Nhưng xác suất ấy sẽ không bao giờ bằng 100% cả. Sự chắc chắn bị loại bỏ khỏi thế giới nguyên tử và hạ nguyên tử, và ở đây ngẫu nhiên có vai trò chủ đạo.

Chừng nào còn chưa dùng dụng cụ đo để quan sát electron, tôi chỉ có thể mô tả thực tại bằng các xác suất. Nhưng ngay khi tôi bật máy đo để quan sát một điểm nào đó của nguyên tử, giả sử như ở đỉnh của một sóng, electron sẽ vứt bỏ bộ quần áo sóng để chuyển sang dạng hạt và xuất hiện - hoặc là không - ở nơi quan sát. Nếu định vị được hạt ở nơi đó, tôi có thể tự hỏi liệu nó có mặt ở đó trước khi tôi tiến hành quan sát hay không. Trường hợp là có, tôi sẽ gặp phải một vấn đề nghiêm trọng về mặt khái niệm: nếu electron chỉ có ở đó và không ở bất cứ đâu khác, thì xác suất để nó có mặt ở mọi nơi khác sẽ bằng 0. Nhưng electron dưới dạng sóng, theo cơ học lượng tử, nó lại có một xác suất khác 0 có mặt ở mọi nơi khác. Liệu cơ học lượng tử có bị sai hay không?

Chú mèo vừa sống vừa chết của Schrodinger

Đó là quan điểm của một số nhà vật lý, trong đó có hai người nổi tiếng - cha đẻ sáng lập ra cơ học lượng tử - là Albert Einstein và Erwin Schrodinger (1887-1961) (hình). Cả hai người

đều không chấp nhận sự giải thích thực tại theo xác suất của lý thuyết được nhà vật lý Đan Mạch Niels Bohr (1885-1962) và các đồng nghiệp của ông bảo vệ. Là một nhà tất định thâm căn cố đế, Einstein đã đồng dục tuyên bố rằng: “Chúa không chơi xúc xắc” (tới mức một ngày, Bohr đã đáp trả một cách bức tức: “Thôi đi, đừng có bảo Chúa phải làm gì nữa!”). Theo cha đẻ

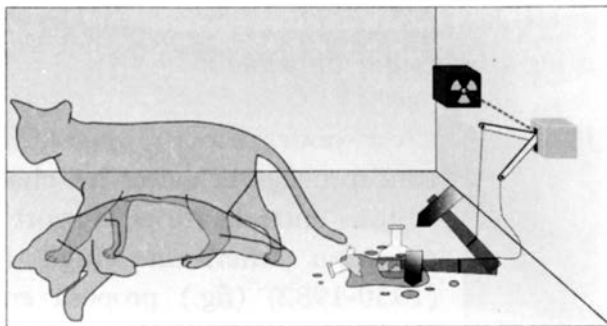


của thuyết tương đối, một electron chỉ có thể ở đây hoặc ở kia, nhưng không thể có xác suất ở tất cả mọi nơi. Còn Schrodinger, với sự trớ trêu tốt cùng của số phận, lại là cha đẻ của phương trình sóng mô tả hành vi của electron và các hạt khác. Nhưng Schrodinger không xây dựng nó như là một sóng xác suất. Vì thế ông đã chống lại kịch liệt khi nhà vật lý người Đức Max Born (1882-1970) đưa ra một cách giải thích xác suất cho phương trình sóng yêu quý của ông (theo Born, xác suất định vị một hạt tỉ lệ với bình phương biên độ sóng của Schrodinger): “Tôi không thích cách lý giải này, và tôi muốn không bao giờ dính dáng tới vấn đề đó!”.

Để làm rõ quan niệm chống xác suất về thực tại, Einstein và Schrodinger đã cạnh tranh nhau về sự tài tình đưa ra các “thí nghiệm tưởng tượng”, tức là các tình huống giả định làm lộ rõ những thiếu sót của cơ học lượng tử. Những thí nghiệm tưởng tượng này là không thể bác bỏ được về mặt khái niệm kể cả khi chúng không bao giờ được tiến hành trong thực tiễn vật lý. Chúng thường được sử dụng trong khoa học để làm rõ

các kết quả có tính nghịch lý trong sự giải thích một số tình huống vật lý.

Chẳng hạn, Schrodinger đã tưởng tượng ra một tình huống mà các nghịch lý của cơ học lượng tử trong thế giới nguyên tử và hạ nguyên tử xâm nhập vào thế giới hàng ngày của chúng ta. Hãy xét, ông nói, một chú mèo bị nhốt trong một căn phòng với một lọ thủy tinh chứa cyanua. Phía trên lọ thuốc độc này có treo, giống như thanh gươm Damocles, một cái búa được điều khiển bởi một chất phóng xạ, tức là chất có các hạt nhân nguyên tử bị phân rã sau một khoảng thời gian nào đó. Khi xuất hiện phân rã đầu tiên, cái búa sẽ rơi xuống và làm vỡ lọ, giải phóng ra chất độc giết chết chú mèo. Tới đây vẫn chưa có gì là khác thường cả. Nhưng các vấn đề sẽ xuất hiện ngay khi ta muốn tiên đoán số phận của chú mèo. Sự sống của chú mèo phụ thuộc vào phân rã đầu tiên. Mà sự phân rã này chỉ có thể mô tả bằng xác suất: 50% khả năng là hạt nhân sẽ phân rã (hoặc không) trong giờ đầu tiên. Chừng nào ta chưa tiến vào căn phòng để kiểm tra xem chú mèo còn sống hay đã chết, chừng nào ta còn chưa hành động như là một người quan sát, thì sau một giờ, ta chỉ có thể nói rằng chú mèo 50% là chết và 50% là sống. Sự bất định của thế giới hạ nguyên tử đã xâm nhập vào thế giới vĩ mô nhờ vào chất phóng xạ. Schrodinger đã không chấp nhận sự mô tả này về thực tại: với ông, chú mèo hoặc là sống hoặc là chết. Nói về một con mèo treo lơ lửng giữa sống và chết, và không thể quyết định được là sống hay chết chừng nào người quan sát còn chưa bước vào phòng, với ông, hoàn toàn là một sự phi lý.



Để chỉ ra sai lầm của mô tả xác suất trong cơ học lượng tử của trường phái Copenhagen, Schrodinger đã tưởng tượng ra chú mèo nổi tiếng nửa sống nửa chết (hình ở trên). Chú mèo của Schrodinger đã gây ấn tượng mạnh cho trí tưởng tượng của công chúng. Ta không chỉ thấy nó trên các áp phích (hình ở dưới), mà còn cả trong các truyện khoa học viễn tưởng, phim truyện, phim truyền hình và truyện tranh.

Những khó khăn về mặt khái niệm còn không dừng lại ở đó: ngay cả khi ta chấp nhận vai trò tối cao của người quan sát, ngay cả khi ta chấp nhận rằng người này có khả năng xóa bỏ sự nhòe của các electron và số phận các chú mèo, thì liệu điều gì sẽ xảy ra nếu vật được quan sát là toàn bộ Vũ trụ? Theo định nghĩa, Vũ trụ chứa mọi thứ. Không thể có người quan sát

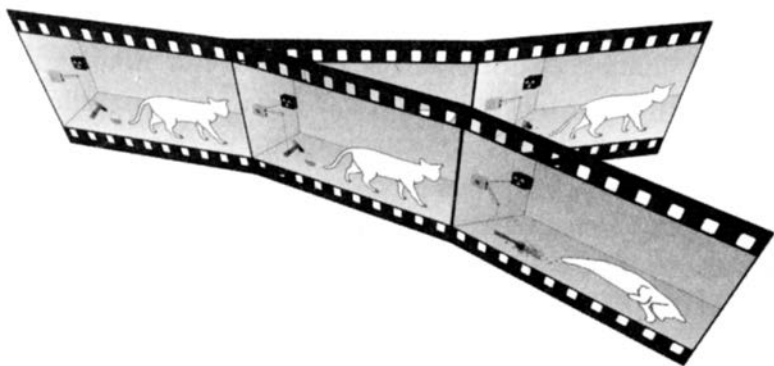
ở bên ngoài Vũ trụ (trừ khi có một đẳng tối cao như trong Do thái - Cơ đốc giáo). Liệu điều này có nghĩa là Vũ trụ, do không có người quan sát bên ngoài, chỉ là xác suất, nó không được tạo từ một thực tại mà là một tổ hợp của nhiều thực tại, tất cả đều có giá trị như nhau? Giả định này không thể là đúng bởi nó không phù hợp với kinh nghiệm của chúng ta về thực tại: các vật xung quanh chúng ta đều chỉ có một thực tại duy nhất và cụ thể. Sự nhòe của các nguyên tử không xuất hiện trong cuộc sống hàng ngày.

Borges và các vũ trụ phân nhánh



Để giải quyết những khó khăn về mặt khái niệm và tránh các chú mèo vừa sống vừa chết, nhà vật lý người Mỹ Hugh Everett (1930-1982) (hình), vào năm 1957, đã đề xuất một giả thuyết triệt để về các vũ trụ song song. Theo ông, vũ trụ tự tách thành hai bản sao gần giống nhau mỗi lần có nhiều khả năng cho hành động, lựa chọn hay quyết định. Sẽ có một vũ trụ cho chú mèo sống và một vũ trụ cho chú mèo chết. Hai vũ trụ song song này đều thực như nhau, và cả hai đều chứa những người quan sát giống hệt nhau, đã được nhân đôi. Hai vũ trụ này hoàn toàn tách rời nhau: người quan sát ở vũ trụ này không bao giờ có thể kiểm tra được những gì xảy ra ở vũ trụ kia. Cũng tương tự với một electron, khái niệm vũ trụ song song đặt ngang hàng vị trí quan sát được của hạt này và tất cả các vị trí khác có xác

suất (tính bằng bình phương biên độ sóng) khác không. Electron có mặt ở tất cả các vị trí quan sát hoặc không, nhưng mỗi vị trí thuộc một vũ trụ song song khác nhau. Trong vô số các vũ trụ song song này, người quan sát chọn một vũ trụ nào đó với một vị trí chính xác của electron. Mỗi vũ trụ đều thực như nhau, và sự có mặt của người quan sát bên ngoài để xóa bỏ sự nhòe lượng tử không còn cần thiết nữa.



Trong lý thuyết vũ trụ song song của Everett, vũ trụ sẽ tự chia thành hai mỗi lần có lựa chọn hay giải pháp thay thế: sẽ có một vũ trụ chứa chú mèo chết và vũ trụ khác chứa chú mèo sống.

Vũ trụ tự phân thành đủ số bản sao gần giống như nhau cần thiết cho tất cả các vị trí khả dĩ của electron. Thay vì có một electron ở đây, ở kia và ở khắp mọi nơi trong một vũ trụ xác suất duy nhất, sẽ có một vũ trụ trong đó electron ở đây, một vũ trụ khác electron ở kia và vũ trụ khác nữa có electron ở một vị trí thứ ba và cứ tiếp tục như thế. Bằng tiến trình tự phân chia liên tục này, một số vô hạn các vũ trụ sẽ được sinh ra. Một số

vũ trụ sẽ chỉ khác với vũ trụ của chúng ta ở một vị trí của một electron trong một nguyên tử; những vũ trụ khác sẽ có nhiều khác biệt hơn. Có những vũ trụ bạn sẽ đi chơi thể thao thay vì ngồi đây đọc cuốn sách này. Có những vũ trụ Judas sẽ không phản bội Jesus Christ, cuộc cách mạng Pháp đã không nổ ra, Napoléon thắng trận Waterloo, Tổng thống Kennedy không bị ám sát, chiến tranh Việt Nam đã không xảy ra, con người chưa bao giờ bước chân lên Mặt Trăng, Tây Tạng chưa bao giờ thuộc về Trung Quốc... Những vũ trụ khác còn khác biệt hơn nữa: chúng sẽ có các hằng số vật lý, các điều kiện đầu và các định luật vật lý khác hẳn. Một số sẽ cần cỗi không thể cưu mang sự sống hay ý thức. Mọi thứ có thể xảy đều xảy ra trong tập hợp các vũ trụ mệnh mông này.

Nhưng trong mọi trường hợp, các vũ trụ song song, dù chỉ khác nhau một electron hay tuân theo các định luật vật lý hoàn toàn khác biệt, thì kinh nghiệm của chúng ta cũng không bao giờ có thể tiếp cận được. Các vũ trụ song song này là tách biệt và không có sự trao đổi thông tin nào có thể xảy ra giữa chúng. Thực như vũ trụ của chúng ta, chúng sẽ vĩnh viễn là cấm địa đối với chúng ta.

Các vũ trụ song song không ngừng nhân đôi khiến tôi nhớ lại câu chuyện hư ảo của Borges có tên là *Khu vườn với các lối mòn phân nhánh*. Truyện này được xuất bản năm 1941, tức là rất lâu trước công trình của Everett vào năm 1957. Nhà văn người Argentina này lại quay về với chủ đề vô hạn đã từng đề cập trong *Thư viện Babel*. Nhưng trong truyện này, không phải thư viện là vô hạn nữa mà là một cuốn sách đặc biệt. Tác giả

của cuốn sách này như Borges viết: “Ts’ui Pên, cựu tổng đốc của Yunnan, người đã từ bỏ quyền lực thế tục để viết một tiểu thuyết và xây dựng một mê cung làm mọi người lạc lối... Mọi người đều tin rằng có hai tác phẩm. Không ai nghĩ rằng tiểu thuyết và mê cung chỉ là một”. Cuốn sách thực tế là một mê cung vô hạn, bởi nó kể một câu chuyện phân nhánh tới vô cùng, giống như các vũ trụ song song của Everett vậy. Nhân vật chính giải thích rằng đầu tiên anh ta nghĩ rằng sự vô hạn của cuốn sách tới từ việc nó xoay vòng, trang cuối cùng quay trở lại trang đầu tiên và cứ tiếp tục như thế tới vô hạn:

Trước khi khai quật bức thư này, tôi tự hỏi làm thế nào một cuốn sách lại có thể là vô hạn được. Tôi không có phỏng đoán nào khác ngoài ý nghĩ cho rằng đây là một cuốn sách xoay vòng. Một cuốn sách có trang cuối cùng giống hệt trang đầu tiên, với khả năng đó được tiếp tục một cách vô hạn. Tôi cũng nhớ lại một đêm giữa *Nghìn lẻ một đêm*, khi hoàng hậu Scheherazade (do đấng trí của người chép) bắt đầu kể đúng nguyên văn truyện *Nghìn lẻ một đêm*, với nguy cơ lại kể tới đêm mà bà bắt đầu kể câu chuyện và cứ như thế tới vô hạn. Tôi cũng tưởng tượng tới một tác phẩm cha truyền con nối, trong đó mỗi người sẽ thêm vào một chương hay chữa một cách cẩn thận các trang của các bậc cha chú.

Nhưng nhân vật chính thấy mình đã nhầm hướng và sự vô hạn của cuốn sách (anh ta gọi là “tiểu thuyết hỗn độn”) là do nó phân nhánh vô hạn, giống như một khu vườn có lối đi nhân đôi liên tục tới vô hạn:

Các phỏng đoán này làm tôi phân tâm, nhưng không cái nào tương ứng, dù là một cách xa xôi, với các chương đầy mâu thuẫn của Ts'ui Pên. Trong lúc hoang mang đó, tôi đã nhận từ Oxford bản thảo đó... Lẽ tự nhiên tôi dừng lại ở câu: “Tôi để nhiều tương lai (chứ không phải tất cả) cho khu vườn với các lối mòn phân nhánh của tôi.” Hầu như ngay lập tức tôi hiểu ra rằng: khu vườn với các lối mòn phân nhánh chính là một tiểu thuyết hỗn độn; cụm từ “nhiều tương lai (chứ không phải cho tất cả)” gọi cho tôi hình ảnh của sự phân nhánh trong thời gian, chứ không phải trong không gian. Một lần đọc lướt lại toàn bộ tác phẩm đã khẳng định lý thuyết này. Trong mọi câu chuyện hư cấu, mỗi khi có nhiều khả năng xuất hiện, nhân vật sẽ chọn một khả năng và loại bỏ mọi khả năng còn lại; trong tác phẩm hư cấu gần như rất rối ren của Ts'ui Pên, ông đồng thời chọn tất cả các khả năng. Và như thế ông đã tạo ra những tương lai khác nhau, nhiều thời gian sinh sôi và phân nhánh. Chính từ đó mà sinh ra các mâu thuẫn của tiểu thuyết. Chẳng hạn như Fang có một bí mật; một kẻ lạ mặt gõ cửa; Fang quyết định thanh toán hẳn. Đương nhiên sẽ có nhiều kết cục khả dĩ: Fang có thể giết chết kẻ lạ mặt, kẻ lạ mặt giết Fang, cả hai có thể đều sống, cả hai có thể đều chết... vân vân. Trong tác phẩm của Ts'ui Pên, mọi kết cục đều xảy ra; mỗi kết cục lại là điểm xuất phát cho các phân nhánh mới. Đôi khi các lối mòn của mê cung này gặp lại nhau: chẳng hạn, bạn tới nhà tôi, nhưng ở một trong các quá khứ khả dĩ, bạn là kẻ thù của tôi; trong một quá khứ khác bạn lại là bạn...

Các đoạn trích này của Borges miêu tả gần như chính xác khái niệm vũ trụ song song của Everett. Tôi thấy thật đáng kinh ngạc khi mà 16 năm sau, vật lý lại có thể đưa ra những lý giải

khoa học khá dĩ cho một câu chuyện xuất phát từ trí tưởng tượng sáng tạo của nhà văn.

Các vũ trụ song song và tự do ý chí

Bạn chắc sẽ phản đối một cách chính đáng rằng khái niệm các vũ trụ phân nhánh này là quá kì lạ. Lương tri của bạn cũng khó chấp nhận ý tưởng cho rằng những thất thường trong hành vi của một electron duy nhất cũng làm phân nhánh vũ trụ thành vô số các bản sao gần như giống nhau, cùng với ý thức và nhân cách của bạn cũng được nhân bản lên vô hạn. Mỗi lần một suy nghĩ xuất hiện trong đầu chúng ta hay một hạt hạ nguyên tử dịch chuyển trong não, là ý thức của chúng ta lại bị phân nhánh thành hai. Mỗi quyết định hay suy nghĩ của chúng ta đều có khả năng tạo ra một vũ trụ. Có một vũ trụ ở đó tôi quyết định đi thẳng, ở vũ trụ khác tôi lại quyết định đi xiên về bên trái. Nói một cách khác, chỉ với ý nghĩ “Tôi lẽ ra đã rẽ phải” là đã có thể sinh ra một vũ trụ khác. Bạn tự nhủ rằng chẳng có gì là hiển nhiên trong chuyện tự phân thân cơ thể và tinh thần mà ta lại không biết gì cả. Nhưng liệu lẽ phải thông thường có giúp gì được ta trong cái thế giới lạ thường của cơ học lượng tử?

Đừng quên là khái niệm “tự do ý chí” sẽ là vô nghĩa trong một thế giới các vũ trụ song song, nơi mà mọi thứ có thể xảy ra đều xảy ra. Giả sử rằng tối thứ sáu tôi phải lựa chọn đi xem kịch hay ở nhà đọc một cuốn sách hấp dẫn. Lý thuyết của các vũ trụ phân nhánh nói rằng tôi sẽ làm cả hai. Vũ trụ và tôi sẽ nhân đôi. Trong một vũ trụ tôi đi xem kịch; trong vũ trụ kia tôi sẽ ở

nhà. Cả hai lựa chọn đều là “bắt buộc”, không còn sự lựa chọn nữa. Tôi không còn quyền quyết định. Tự do ý chí đã mất. Sự thiếu vắng tự do ý chí sẽ đem lại nhiều hậu quả nghiêm trọng về đạo đức và tinh thần. Các khái niệm về trách nhiệm đạo đức cũng không còn giá trị. Trong thế giới các vũ trụ phân nhánh, kẻ tội phạm không còn chịu trách nhiệm về hành động của mình. Chúng sẽ biện hộ xin sự khoan hồng của bồi thẩm đoàn trước tòa: các định luật của cơ học lượng tử đã ép chúng phải phạm tội. Và ngay cả khi chúng phạm tội ở vũ trụ này, chúng sẽ không phạm tội trong một vũ trụ song song khác.

Bất chấp sự kì cục này, cần phải nhấn mạnh rằng khái niệm một vũ trụ phân nhánh không mâu thuẫn với bất cứ thí nghiệm nào trong phòng thí nghiệm. Các tiên đoán của cơ học lượng tử luôn được khẳng định bằng thực nghiệm. Chính nhờ sự hiệu quả của nó mà bạn có thể sử dụng điện thoại di động hay hệ thống GPS (định vị toàn cầu)!

Ý thức có là cần thiết để chọn một vũ trụ duy nhất?

Nhưng ngoài các câu hỏi về đạo đức và tinh thần mà nó đặt ra, các nhà khoa học nghĩ gì về lý thuyết các vũ trụ phân nhánh? Phải nói rằng nó vẫn còn gây tranh cãi và không nhận được sự ủng hộ của đa số các nhà vật lý. Để hiểu tại sao, ta cần phải xem xét sự giải thích cơ học lượng tử đã được đa số chấp nhận: những giải thích này đã được chính các cha đẻ lỗi lạc của cơ học lượng tử như Niels Bohr, Werner Heisenberg và Wolfgang Pauli nhiệt thành bảo vệ, và được biết đến dưới cái tên “giải thích của

trường phái Copenhagen” (Viện vật lý ở Copenhagen do Bohr lãnh đạo, và là nơi Heisenberg và Pauli thường xuyên ghé thăm). Đối với Bohr và các đồng nghiệp, hành động đo có một vai trò hàng đầu. Trước hành động đo, vị trí của một hạt cơ bản được mô tả bởi một sóng xác suất (sóng đã được Schrodinger phát hiện). Nó có một xác suất ở khắp mọi nơi cùng một lúc là khác 0. Nhưng ngay khi ta tiến hành đo, một hạt xuất hiện định xứ ở một và chỉ một địa điểm. Chỉ một trong những khả năng được biểu diễn bởi hàm sóng trở thành hiện thực. Người ta gọi đó là “sự rút gọn” của sóng xác suất. Nói một cách khác, đối với Bohr và trường phái Copenhagen, chỉ tồn tại một và chỉ một vũ trụ, chính là vũ trụ ta đang sống. Hành động đo đã làm biến mất mọi khả năng khác.

Nhưng một câu hỏi đặt ra là: mọi phép đo, dù là tự động hóa hay được khởi phát một cách cố ý, đều cần phải được chuẩn bị về vật liệu. Vậy liệu ta có thể kết luận rằng, dù là trực tiếp hay gián tiếp, sự rút gọn sóng - tức việc chọn một và chỉ một vũ trụ duy nhất - cần phải có sự can thiệp của ý thức? Tất nhiên là trong vũ trụ có vô số các dạng tương tác không cần tới bất kỳ một sự can thiệp nào của ý thức. Chẳng hạn, các proton được tổng hợp nhiệt hạch ở tâm Mặt Trời để cấp năng lượng và làm cho nó chiếu sáng, hay một nam châm hút cái đinh nhờ lực điện từ. Một thiết bị đo thì khác gì với một vật thể vĩ mô khác? Tại sao cái đầu tiên gây ra sự rút gọn của sóng dẫn tới sự lựa chọn duy nhất trong rất nhiều khả năng, trong khi với một vật thể vĩ mô bất kỳ lại dẫn tới một hàm sóng phức tạp hơn có tính tới tập hợp tất cả các khả năng có thể của từng hệ thống đã tương tác?

Những người tìm cách hiểu sâu hơn về tiến trình rút gọn của hàm sóng nói chung chia thành hai nhóm.



Một bên là nhóm “duy tâm” hay còn được gọi là theo “chủ quan luận”. Theo họ, chính sự có mặt của ý thức đã làm cho hàm sóng bị rút gọn về duy nhất một khả năng. Một trong những người bảo vệ nhiệt thành nhất cho quan điểm này là Eugene Wigner (1902-1995) (hình). Đối với ông, “không thể mô tả các hiện tượng nguyên tử mà không cần tới sự can thiệp của ý thức. Chính sự xuất hiện một ẩn tượng trong ý thức của chúng ta đã làm thay đổi hàm sóng”. Nhưng việc gán một vai trò chủ đạo cho ý thức lại đặt ra một vấn đề lớn. Có một khoảng thời gian giữa thời điểm thiết bị ghi nhận kết quả đo về một hạt và thời điểm người quan sát ý thức về phép đo ấy: thời gian cần thiết để ánh sáng đi từ thiết bị tới mắt, và để thông tin được truyền tải bởi thần kinh quang và được xử lý bởi các neuron của não. Dù rằng chỉ mất một phần nhỏ của giây, nhưng tiến trình đó không phải là ngay lập tức. Nếu như việc rút gọn của hàm sóng chỉ xảy ra vào thời điểm ý thức được, các nhà duy tâm cần thừa nhận rằng ý thức người quan sát phải phát một tín hiệu, tín hiệu này phải đi ngược thời gian và nói với thiết bị đo rằng nó phải hiển thị vào đúng thời điểm tương tác giữa máy và hạt. Một kịch bản thật kì dị! Sự kỳ dị này bị đẩy tới mức phi lý khi người quan sát được thay thế bởi một thiết bị tự động ghi lại và các băng từ chỉ được phân tích nhiều tháng sau thí nghiệm.

Chỉ lúc đó các kết quả mới được ghi nhận bởi ý thức của con người. Vậy thì làm thế nào có thể giả định rằng tín hiệu được phát ra từ ý thức có thể khởi phát những hiện tượng được đo cách đó nhiều tháng trước khi ý thức biết tới chúng?

Bên kia là nhóm các nhà “duy vật”. Ngược với nhóm duy tâm, họ khẳng định rằng ý thức hoàn toàn không có vai trò gì ở đây cả, và thế giới không phụ thuộc gì vào sự có mặt của người quan sát, nó tồn tại như nó vốn thế, độc lập với mọi hành động quan sát. Vai trò chủ đạo bây giờ được gán cho thiết bị đo. Để giải thích sự rút gọn của hàm sóng, các nhà duy vật đưa ra giả thiết rằng khi đo, hàm sóng của tập hợp “hạt và thiết bị đo” biến đổi nhanh tới mức chỉ một khả năng duy nhất có thể thành hiện thực, sự biến đổi nhanh này là do bản chất vĩ mô của thiết bị đo. Giải thích này không được thuyết phục cho lắm, bởi hiện tại nó không dựa trên bất kỳ một chứng minh chặt chẽ nào.

Cũng cần phải nhắc tới lý thuyết “mất liên kết”, do nhà vật lý người Mỹ Wojcieh Zurek (sinh năm 1951) phát triển. Theo lý thuyết này, chính các tương tác nhỏ giữa một hệ vật lý và môi trường của nó (chẳng hạn như sự có mặt của một photon hay một hạt khí trong không khí rơi vào hệ này) gây ra sự rút gọn của hàm sóng. Tựa như môi trường tác động như một người quan sát.

Lý thuyết mất liên kết nhìn chung được đa số chấp nhận. Còn tôi nghiêng nhiều về phía các nhà “duy tâm”. Tự nhiên, không thể tự đo chính nó. Ngay khi đưa ra khái niệm đo, ta phải tính tới, dù là trực tiếp hay gián tiếp, ý thức quyết định sự đo đó, dù cho phép đo đó có được nhận thức thấy ngay lập tức hay không.

Một người có ý thức cần phải đi vào phòng, hay xem trên hình ảnh của camera để biết được chú mèo của Schrodinger là chết hay sống. Ý thức chắc chắn là một phần không thể vứt bỏ của hiện tượng tương thuộc được nghiên cứu.

Các nhà khoa học và vũ trụ phân nhánh

Dù là duy vật hay duy tâm, đa số các nhà khoa học đã chấp nhận cách giải thích của Bohr và trường phái Copenhagen: tiến trình “rút gọn hàm sóng” chọn một và chỉ một vũ trụ - vũ trụ mà ta đang thực hiện việc đo - trong vô số các vũ trụ khả dĩ. Liệu còn có những lập luận nào khác chống lại lý thuyết các vũ trụ phân nhánh không?

Đầu tiên có lập luận về mặt mỹ học và triết học: lý thuyết này không tuân thủ nguyên lý tiết kiệm thường được viện dẫn trong khoa học, và được biết tới dưới cái tên “lưỡi dao cạo Occam”, theo tên của nhà thần học và triết gia Guillaume d’Occam sống vào thế kỷ 14. Theo nguyên lý này, một giải thích đơn giản của một hiện tượng có nhiều khả năng đúng hơn một giải thích phức tạp. Lịch sử vật lý đã dạy chúng ta rằng các lý thuyết đơn giản nhất và đẹp dễ nhất, lý thuyết có thể mô tả tối đa các sự kiện quan sát được dựa trên một số tối thiểu các giả thuyết thường là hiệu quả nhất và mô tả thực tại tốt nhất⁽⁴⁸⁾. Việc đưa ra vô số các vũ trụ song song để giải thích việc chú mèo sống hay chết,

48. Xem thêm bản luận về vẻ đẹp của một lý thuyết trong cuốn *Le Cosmos et le Lotus* (Vũ trụ và Hoa sen) của cùng tác giả.

hay vị trí của một electron nào đó chắc chắn không phải là một sự tiết kiệm.

Nhưng ngoài “lưỡi dao cạo Occam” ra, còn có những lý do khoa học làm cho lý thuyết của Everett không được chấp nhận rộng rãi. Một phần nó bị chối bỏ là bởi vì nó đưa ra một sự giải thích kỳ cục và không tiết kiệm của thực tại, nhưng nhất là bởi vì nó lật lại gần như toàn bộ khái niệm xác suất. Trong cuộc sống hàng ngày, ta cần tới khái niệm này khi ta không có đủ thông tin để dự đoán kết quả của một hành động hay sự kiện nào đó. Chẳng hạn, khi ta tung một đồng xu lên trời, ta không thể biết chắc nó sẽ là sấp hay ngửa khi rơi xuống. Ta chỉ có thể nói rằng có khả năng như nhau (hay một xác suất 50%) cho mỗi trường hợp. Nếu bạn nhìn thấy bầu trời phủ kín mây đen đầy hăm dọa, ta nói rằng có nhiều khả năng là trời sẽ mưa trong vài giờ tới, và nếu như bạn nhìn thấy bầu trời trong xanh, ta nói rằng rất ít khả năng có bão xảy ra. Chúng ta tiến hóa trong một thực tại mà ở đó khái niệm xác suất có ý nghĩa, bởi vì các sự kiện khó xảy ra (như vé số của bạn trúng giải độc đắc) rất ít khi xảy ra, trong khi các sự kiện có khả năng xảy ra nhiều sẽ xảy ra thường xuyên (chẳng hạn như vé số của bạn chẳng trùng với bất cứ giải nào). Nhưng liệu khái niệm xác suất có còn ý nghĩa trong một thực tại mà điều gì có thể xảy ra đều sẽ xảy ra?

Nhưng giải thích cơ học lượng tử qua xác suất tới tận bây giờ vẫn chưa tỏ ra có điểm yếu nào. Các tính toán theo phương trình sóng của Schrodinger vẫn luôn được kiểm chứng bằng thực nghiệm. Do không tương thích với khái niệm xác suất, nên nhiều nhà vật lý đã đưa lý thuyết các vũ trụ phân nhánh vào nghĩa trang các lý thuyết đã chết.

Ngược lại, những người khác cố gắng đưa khái niệm này trở lại - dưới một dạng khác - để cố cứu nó. Chẳng hạn, một số nhà nghiên cứu đã gán các mức độ quan trọng khác nhau cho các vũ trụ song song khác nhau. Để hiểu rõ hơn ta sẽ lấy một ví dụ: giả sử sóng xác suất của Schrodinger tiên đoán một electron có xác suất ở điểm A là 40% và 60% là ở điểm B. Những người theo thuyết vũ trụ phân nhánh sẽ nói rằng vũ trụ chứa electron ở điểm B là $(60/40=)$ 1,5 lần “thực hơn” vũ trụ chứa electron ở điểm A. Nhưng điều này lại mâu thuẫn với lý thuyết ban đầu của Everett, nói rằng các vũ trụ song song đều thực như nhau. Vậy thì “rút gọn hàm sóng” hay các vũ trụ song song phân nhánh không ngừng? Sau hơn nửa thế kỷ nghiên cứu bản chất sâu xa của thực tại được mô tả bởi cơ học lượng tử, cuộc tranh luận vẫn chưa ngã ngũ nhưng, như tôi đã nói, giả thuyết đầu tiên chiếm ưu thế hơn nhiều.

Thực ra, rất ít nhà vật lý quan tâm một cách nghiêm túc tới các cơ sở triết học của cơ học lượng tử. Với đại đa số các nhà nghiên cứu, đó đơn giản chỉ là một lý thuyết vật lý “dùng được” rất tốt. Nó đã giải thích được, với một sự chính xác chưa từng có, hành vi của vật chất ở thang hạ nguyên tử và tương tác của chúng với ánh sáng. Do vậy, cơ học lượng tử được coi như là một công cụ hiệu quả cho phép sản xuất ra các transistor, laser, chip xử lý và máy tính, điện thoại di động và các thiết bị tuyệt vời khác làm thay đổi và cải thiện rất nhiều lối sống của chúng ta. Đa số các nhà nghiên cứu không đi xa hơn. Tôi không đồng ý với thái độ đó. Đối với tôi, cái đẹp của vật lý có ý nghĩa nhiều hơn là sự “dùng được”, nhiều hơn là việc giải thích được hành

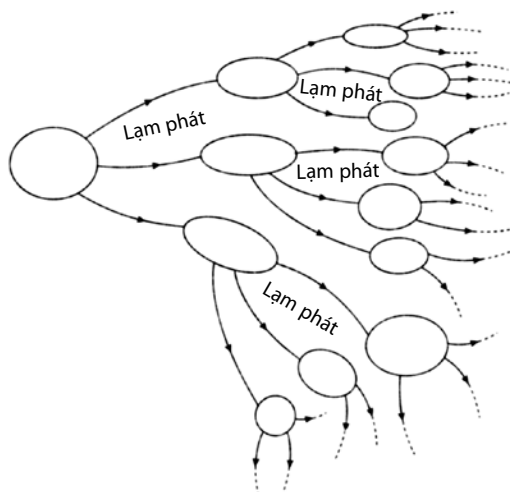
vi của tự nhiên và cho phép chế tạo ra các thiết bị tinh vi. Nó còn phải cho phép ta tiếp cận tới thực tại sâu xa của thế giới.

Đa vũ trụ lạm phát

Thực tại của các vũ trụ phân nhánh trong cơ học lượng tử còn lâu mới xác lập được. Nhưng không phải vì thế mà ta quẳng khái niệm các vũ trụ song song vào sọt rác. Khái niệm này không ngừng xuất hiện trong những bối cảnh bất ngờ nhất! Chẳng hạn, lý thuyết lạm phát của vũ trụ cung cấp cho ta một khả năng khác về các vũ trụ song song tạo thành cái mà ta có thể gọi là “đa vũ trụ lạm phát”. Hãy nhớ lại lý thuyết lạm phát do nhà vật lý người Mỹ Alan Guth đưa ra vào năm 1981 để giải thích sự đồng đều đến kỳ lạ của vũ trụ ở thang lớn (nhiệt độ của bức xạ hóa thạch tràn ngập trong khắp vũ trụ không biến đổi quá 0,001% ở điểm này so với điểm khác), giải thích độ phẳng của vũ trụ (độ cong của nó bằng không và mật độ vật chất và năng lượng đúng bằng mật độ tới hạn là 5 nguyên tử hydrogen, tức là 10^{-23} gram trong một mét khối), và việc nó chứa các cấu trúc như thiên hà và các ngôi sao. Ngay từ khởi đầu sự tồn tại của vũ trụ, trong một pha gọi là “lạm phát”, từ thời điểm 10^{-34} tới 10^{-32} của giây đầu tiên, kích thước của vũ trụ đã tăng theo hàm số mũ theo thời gian, từ một vùng không gian có kích thước bé hơn một nguyên tử hàng chục triệu tỷ tỷ lần thành một vùng lớn khoảng 10cm. Trong ba thập kỷ sau phát hiện của Guth, ý tưởng về một pha lạm phát của vũ trụ lúc ban đầu đã neo đậu vững chắc trong ý thức của các nhà vũ trụ học, và mọi lý thuyết vũ trụ học có giá trị đều đã tích hợp nó.

Tuy nhiên, do các điều kiện vật lý của vũ trụ lúc đầu không được biết rõ, nên không chỉ có duy nhất một phiên bản của lý thuyết lạm phát: ta có thể tìm thấy khá nhiều. Trong đa số các phiên bản này, mà đặc biệt là phiên bản phát triển bởi các nhà vật lý Alexander Vilenkin (sinh năm 1949) và Andrei Linde (sinh năm 1948), sự giãn nở đến chóng mặt của không gian trong một phần nhỏ giây đầu tiên, tiếp theo là một sự giãn nở chậm hơn rất nhiều, không chỉ diễn ra một lần ở một nơi, mà diễn ra vô số lần ở vô số các địa điểm rải rác khắp nơi trong vũ trụ. Mỗi sự lạm phát ở một điểm không gian đã làm nảy sinh ra một “vũ trụ bong bóng”. Trong sơ đồ này, vũ trụ của chúng ta không còn là duy nhất nữa, mà trở thành một vũ trụ bong bóng trong vô số các vũ trụ khác thuộc một siêu vũ trụ vô cùng rộng lớn. Các vũ trụ bong bóng sẽ cách biệt với nhau bởi các vùng không gian trống rỗng rộng lớn. Trong các kịch bản kiểu như thế, lạm phát là một quá trình tự cung. Càng làm lớn không gian, nó càng sinh ra các nơi có khả năng sinh ra những vũ trụ bong bóng khác. Lạm phát giống như một loại virus lan tràn không giới hạn, hay giống như một trận cháy rừng lan rộng khắp nơi, không thể nào dập tắt nổi. Nó là vĩnh hằng.

Như chúng ta đã thấy: các nhà vật lý đánh giá rằng sự giãn nở mạnh mẽ của không gian là nhờ một trường năng lượng, gọi là “trường Higgs”, tràn ngập ở khắp nơi trong vũ trụ. Trong siêu vũ trụ mà ta gọi là “đa vũ trụ lạm phát” này, các vũ trụ bong bóng tương ứng với những vùng không gian mà ở đó năng lượng trường Higgs bằng 0. Thực vậy, trong các vũ trụ bong bóng, những thăng giáng lượng tử đã đẩy trường Higgs ra khỏi



Đa vũ trụ lạm phát được tạo từ vô số các vũ trụ bong bóng trong một siêu vũ trụ khổng lồ. Lạm phát là một tiến trình vĩnh hằng tự cung; một vũ trụ bong bóng càng lớn, lại càng có nhiều vùng có thể sinh ra các vũ trụ bong bóng khác.

“giả chân không” (nơi năng lượng của nó là hơi dương) để làm cho nó tiến hóa về một trạng thái có năng lượng 0 đặc trưng cho “chân không thực”, và do đó giải phóng ra một lượng năng lượng khổng lồ, vào lúc khởi đầu một sự giãn nở bất ngờ, ngừng ngủi và ngoạn mục của không gian của mỗi vũ trụ bong bóng. Chính năng lượng được giải phóng ra này đã được chuyển hóa thành một món súp các hạt cơ bản, và món súp này, trong mỗi vũ trụ bong bóng, sau này sẽ lắp ghép lại thành các hành tinh, các ngôi sao và các thiên hà. Ở trong lòng một số vũ trụ bong bóng, như vũ trụ chúng ta, chẳng hạn, sự sống và ý thức đã xuất hiện. Còn về các vùng không gian rộng lớn ngăn cách các vũ trụ bong bóng với nhau, chúng được đặc trưng bởi năng lượng dương của trường Higgs và các thăng giáng lượng tử không còn

có khả năng đẩy cái trường nổi tiếng này ra khỏi trạng thái “giả chân không” để buộc nó tiến hóa tới “chân không thực”. Với thời gian, theo mức độ các thăng giáng lượng tử đẩy trường Higgs ra khỏi trạng thái giả chân không ở càng nhiều nơi, càng có nhiều vũ trụ bong bóng mới xuất hiện, phân bố ngẫu nhiên trong siêu vũ trụ khổng lồ. Để dễ tưởng tượng, ta có thể ví đa vũ trụ lạm phát như là một lát pho mát Gruyère (một loại pho mát cứng có nhiều lỗ) khổng lồ, trong đó các lỗ là các vũ trụ bong bóng và phần pho mát là không gian ngăn cản chúng. Theo thời gian, phần pho mát không ngừng lớn lên do tác động của tiến trình lạm phát, trong khi số lượng các lỗ cũng không ngừng tăng lên.

Giấc mơ lớn về thống nhất các lực

Như vậy, các vũ trụ song song đã xuất hiện cả ở trong cơ học lượng tử và lý thuyết lạm phát của vũ trụ. Nhưng mọi chuyện không chỉ dừng lại ở đó. Các vũ trụ song song còn xuất hiện trong những bối cảnh khác cũng rất bất ngờ. Chẳng hạn, chúng đã được áp đặt trong một lý thuyết rất được ưa chuộng từ năm 1984 trong thế giới vật lý, được gọi là “lý thuyết dây”.

Vậy đâu là lý do tồn tại của lý thuyết này? Để trả lời câu hỏi này, ta cần phải hiểu rằng từ những năm 1930, có hai lý thuyết lớn làm nền tảng của vật lý học. Lý thuyết đầu tiên là cơ học lượng tử, liên quan tới thế giới của các vô cùng bé, ở đó hai lực hạt nhân (mạnh và yếu) và lực điện từ chiếm vai trò chủ đạo và lực hấp dẫn không có vai trò gì đáng kể (hãy nhớ lại rằng tồn tại 4 lực cơ bản trong tự nhiên). Lý thuyết thứ hai là thuyết tương đối của Einstein, liên quan tới các tính chất của vũ trụ ở

thang rất lớn: các thiên hà, sao và các hành tinh; trong thế giới các thiên thể này, lực hấp dẫn giữ vai trò chủ đạo do khối lượng của chúng rất lớn, trong khi các lực hạt nhân và điện từ chỉ có vai trò thứ yếu. Hai lý thuyết lớn này, được kiểm chứng nhiều lần qua các quan sát và thực nghiệm, vận hành rất tốt chừng nào chúng vẫn tách biệt nhau, chỉ hoạt động trong lĩnh vực riêng của mình. Nhưng vật lý học sẽ hụt hơi và mất khả năng ngay khi lực hấp dẫn đứng ngang bằng với 3 lực còn lại. Đó là trường hợp mỗi khi một vật thể cực kỳ nặng bị nén vào trong một thể tích cực kỳ bé. Thế nhưng - và đây mới chính là điểm yếu cốt tử - trường hợp đó lại chính là tình huống chủ đạo của vũ trụ nguyên thủy, khi vô cùng bé sinh ra vô cùng lớn⁽⁴⁹⁾.

Ta vẫn còn chưa biết kể câu chuyện về thuở ban đầu của vũ trụ, vào lúc thời gian và không gian được tạo ra, bởi vì có một bức tường ngăn cản, không cho chúng ta biết được điều đó. Người ta gọi đó là “bức tường Planck”, theo tên của nhà vật lý người Đức Max Planck (1858-1947), người đầu tiên đã quan tâm tới vấn đề này. Vật lý hiện đại bất lực khi 4 lực ngang bằng với nhau, tức là khi tuổi của vũ trụ nhỏ hơn “thời gian Planck”, tức là 10^{-43} giây (một phần mười triệu tỷ tỷ tỷ lần chớp sáng trong 1 giây của máy ảnh), và khi toàn bộ khối lượng của vũ trụ được chứa trong một hình cầu có bán kính nhỏ hơn “kích thước Planck”, tức là 10^{-33} cm (một phần mười triệu tỷ tỷ kích thước một nguyên tử). Để vượt qua được bức tường này của tri

49. Lỗ đen là một ví dụ khác về một vật thể rất nặng và đặc. Ngày nay, vật lý vẫn không có khả năng mô tả “điểm kỳ dị” ở bên trong một lỗ đen.

thức, các nhà vật lý đang cố gắng làm việc miệt mài để thống nhất cơ học lượng tử với thuyết tương đối thành một lý thuyết duy nhất gọi là “hấp dẫn lượng tử”. “Lý thuyết của vạn vật hay lý thuyết của tất cả”, như nhiều người thường gọi này có thể là hơi quá, đã tạo nên chiếc Chén Thánh của vật lý hiện đại.

Cũng như nhiều lĩnh vực khác của vật lý, giấc mơ thống nhất đã khởi đầu từ Einstein. Cha đẻ của thuyết tương đối đã nuôi dưỡng dự án lớn nhằm kết hợp lực hấp dẫn, mô tả bởi lý thuyết của ông, với lực điện từ. Nhưng do sự phản đối cơ học lượng tử, mà ông cho là không đầy đủ, ông đã không đưa vào lý thuyết thống nhất đó hai lực còn lại, lực hạt nhân mạnh và yếu, mặc dù đã được biết tới vào thời kỳ đó, vì thế mọi cố gắng của ông đã thất bại dù ông đã dành 25 năm cuối đời cho nó. Truyền thuyết kể rằng ông đã làm việc tới tận ngày mất, trên giường bệnh tại bệnh viện của thành phố Princeton, trong hi vọng cuối cùng sẽ tìm ra lời giải cho bài toán này.

Sau khi Einstein mất vào năm 1955, giấc mơ thống nhất nhạt đi trong khoảng hơn một thập kỷ. Các nhà vật lý quá bận bịu để tìm hiểu các tính chất của hàng loạt hạt cơ bản ngày càng đông đúc, vào những năm 1950 và 1960, trong các máy gia tốc hạt, và thiết lập lại trật tự và hài hòa trong thế giới hạ nguyên tử. Tình hình cứ tiếp tục như thế cho đến cuối những năm 1960, sau khi đã thiết lập xong trật tự cho các hạt, các nhà vật lý lại quay trở lại với dự án xây dựng một lý thuyết thống nhất lớn trong đó các lực cơ bản sẽ được thống nhất thành một “siêu lực” duy nhất. Xây dựng một lý thuyết của Tất cả lại trở thành mục tiêu của vật lý hiện đại.

Nhiệm vụ này không phải là đơn giản, do tồn tại một sự xung đột cơ bản giữa cơ học lượng tử và thuyết tương đối rộng, liên quan tới bản chất của không gian. Theo thuyết tương đối, không gian ở thang lớn, nơi chứa các thiên hà và các ngôi sao rất tĩnh và trơn, không có sự thăng giáng hay xù xì nào. Ngược lại, không gian ở thang hạ nguyên tử của cơ học lượng tử lại hoàn toàn không trơn nhẵn: do sự nhòe năng lượng, không gian biểu hiện như một kiểu bọt lượng tử có hình dạng luôn thay đổi, chứa đầy các gợn sóng và những điểm bất thường xuất hiện và biến mất theo các chu kỳ vô cùng ngắn ngủi (trong khoảng thời gian Planck). Độ cong và topo của bọt lượng tử này không thể hỗn độn hơn và chỉ có thể được mô tả qua xác suất. Cũng giống như một bức điểm họa, được phân thành hàng nghìn điểm màu nhỏ xíu khi ta nhìn gần, không gian biến thành vô số các thăng giáng và không còn tuân theo các định luật tất định khi ta xem xét nó ở thang hạ nguyên tử.

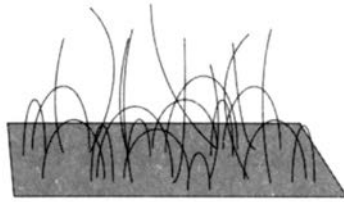
Các nhà vật lý đã vượt qua được những giai đoạn quan trọng trong nỗ lực xây dựng một lý thuyết thống nhất của các lực. Vào năm 1967, hai nhà vật lý người Mỹ Steven Weinberg (sinh năm 1933) và Sheldon Glashow (sinh năm 1932) cùng với nhà vật lý người Pakistan Abdus Salam (1926-1996) đã thống nhất được các lực điện từ và lực hạt nhân yếu thành lực điện yếu. Các hạt truyền tương tác W và Z, được lý thuyết của thống nhất của họ tiên đoán để truyền lực điện yếu này, đã được phát hiện trong máy gia tốc hạt của CERN, và cả ba người đã được trao giải Nobel về vật lý năm 1979. Chặng tiếp theo trên con đường thống nhất cũng đã vượt được qua: các nhà vật lý đã biết cách

xây dựng các “lý thuyết thống nhất lớn” để thống nhất lực hạt nhân mạnh với lực điện yếu. Trong bốn lực cơ bản, ba lực đã chịu thống nhất. Nhưng lực hấp dẫn từ lâu đã chống lại mọi đề xuất thống nhất với ba lực còn lại. Kết hợp các phương trình của thuyết tương đối rộng với các phương trình của cơ học lượng tử luôn đem lại những kết quả phi lý. Chẳng hạn, các tính toán luôn ương ngạnh tiên đoán rằng xác suất để xảy ra sự kiện này hay khác (ví dụ như sự tương tác giữa hai electron) là vô hạn, trong khi ta biết rằng giá trị của một xác suất luôn nằm giữa 0 và 100%! Nghĩa là toán học ở đây đã mất chỗ đứng, chúng không còn đưa ra các kết quả có ý nghĩa nữa. Chỉ tới khi sự xuất hiện của lý thuyết dây, vào năm 1984, thì lực hấp dẫn mới có vẻ xuôi xuôi.

Lý thuyết dây

Lý thuyết này sở dĩ có tên như thế là bởi vì theo nó các hạt cơ bản tạo nên vũ trụ không phải là các hạt điểm không có quảng tính không gian hay cấu trúc bên trong nào, giống như các lý thuyết trước giả định, mà là kết quả dao động của các dây vô cùng bé, khoảng 10^{-33}cm , hay cỡ độ dài Planck (xem hình dưới). Theo lý thuyết này, các hạt vật chất và ánh sáng truyền các lực (ví dụ như hạt photon truyền lực điện từ), kết nối các thành phần của thế giới và làm cho nó biến đổi và tiến hóa, chỉ là những biểu hiện khác nhau của sự dao động của các dây này.

Xem xét kỹ lưỡng bất kỳ một hạt cơ bản nào, bạn đều sẽ thấy một dây đang dao động. Các dây dao động với năng lượng lớn hơn sẽ cho các hạt nặng hơn do sự tương đương giữa năng



Theo lý thuyết dây, các hạt cơ bản tạo nên thế giới vật chất, không phải là các hạt điểm mà là các đoạn dây vô cùng bé có kích thước khoảng 10^{-33} cm, gắn vào một mặt phẳng gọi là các màng, và chúng luôn dao động (hình trên). Graviton - một hạt giả định - là kết quả dao động của không phải một dây mà là hai dây tạo thành một vòng. Các vòng không có đầu tự do gắn với các màng nên có thể rời khỏi bề mặt của chúng (hình dưới).

lượng và khối lượng theo công thức của Einstein. Chẳng hạn, do proton nặng gấp khoảng 2000 lần một electron, dây của proton sẽ dao động với một năng lượng lớn hơn khoảng 2000 lần so với dây của một electron. Giống như sự dao động của các dây đàn violon tạo ra các âm thanh khác nhau cùng với các họa âm của chúng, âm thanh và các họa âm của các “dây” xuất hiện trong tự nhiên và đối với các công cụ của chúng ta dưới dạng các photon, proton, electron v.v... Như vậy, các dây này ca hát và dao động xung quanh chúng ta và thế giới, xét cho cùng, tựa như một bản giao hưởng rộng lớn.

Kỳ lạ thay, trong nhiều kiểu dao động khả dĩ của các dây, có một kiểu có các tính chất đáp ứng hoàn toàn các đòi hỏi của hạt graviton, một hạt giả định (chưa bao giờ được tìm thấy) được cho là hạt truyền lực hấp dẫn. Hạt graviton, giống như photon, không có khối lượng và không mang điện, nhưng nó tự quay quanh nó nhanh gấp hai lần một photon (nói theo thuật ngữ chuyên môn thì nó có *spin* bằng 2 thay vì bằng 1 như photon). Hạt này, hoàn toàn vắng mặt trong các lý thuyết thống nhất trước đó, đã xuất hiện như một phép lạ trong lý thuyết dây. Sự thống nhất lực hấp dẫn với ba lực còn lại có vẻ như là có thể trong khuôn khổ của lý thuyết này. Nó trình hiện như là lý thuyết “hấp dẫn lượng tử” đang được tìm kiếm bấy lâu.

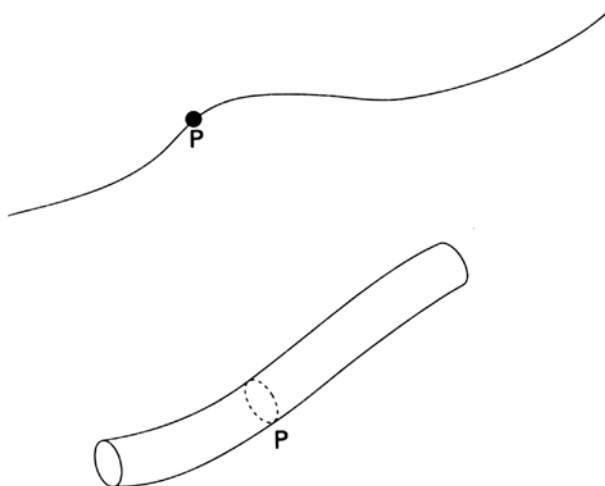
Gán kích thước không gian cho các hạt cơ bản, dù nhỏ thế nào đi chăng nữa, cũng có vẻ như đã đem lại sự chặt chẽ trong toán học mô tả sự thống nhất giữa cơ học lượng tử và thuyết tương đối rộng. Các đại lượng vô hạn biến mất như có cú vẩy của chiếc đĩa thần, và toán học không còn mất chỗ đứng nữa. Tình huống này tựa như bạn dùng máy tính để chia hai số: nếu bạn chia cho 0, kết quả sẽ là vô hạn, và máy tính sẽ không biết làm gì ngoài việc hiển thị thông báo lỗi; ngược lại, nếu bạn chia cho một số khác 0, dù bé tới đâu chăng nữa, máy tính vẫn đưa được cho bạn câu trả lời.

Một trong những dấu hiệu khác biệt nhất của lý thuyết dây là sự cần thiết phải đưa thêm vào các chiều không gian của vũ trụ. Thực vậy, nếu ta vẫn cố giữ không gian là ba chiều như ta đã biết, thì lý thuyết này sẽ vi phạm một trong những nguyên lý thiêng liêng nhất của vật lý học: đó là nguyên lý bảo toàn năng

lượng. Nguyên lý này có thể nói nôm na như sau: “Không có gì tự sinh ra, cũng chẳng có gì tự mất đi, chỉ chuyển từ dạng này sang dạng khác mà thôi”. Ta cần phải ăn để bù cho năng lượng tiêu hao khi làm việc. Ôtô chạy do ta nạp đầy xăng. Nhưng lý thuyết dây trong không gian ba chiều sẽ cho phép tạo ra hay phá hủy năng lượng một cách tự phát: điều đó cũng chẳng khác gì ô tô của bạn có thể chạy vô hạn mà không cần phải tiếp thêm xăng! Giải pháp cho tình huống quá đáng này thật đáng kinh ngạc: đưa thêm chiều không gian cho vũ trụ! Trong phiên bản đơn giản nhất của lý thuyết dây, các dây có mặt trong một không gian 9 chiều, tức là có thêm 6 chiều phụ nữa. Nhưng nếu thật như thế thì tại sao ta lại không thể cảm nhận được các chiều phụ đó? Ta có thể tiến trước, lùi sau, lên hoặc xuống, sang phải hay sang trái: đó mới chỉ là ba chiều chứ không phải 9! Các nhà lý thuyết dây trả lời rằng các chiều phụ thêm này là vô hình, bởi vì chúng bị “cuộn” nhỏ lại tới mức chúng có một kích thước vô cùng bé và không thể nhận thấy được. Tình huống giống như sợi dây căng giữa hai cột điện: từ xa dây điện trông giống như một đường thẳng một chiều, nhưng ở gần nó có dạng ống 2 chiều. Giả sử bán kính của tiết diện tròn của nó là vô cùng bé, cỡ chiều dài Planck, tức là 10^{-33} cm; chắc chắn khi đó ta sẽ không thể nhận ra chiều phụ đó, và ta sẽ thấy tiết diện tròn ấy chỉ như một điểm mà thôi (xem hình dưới).

Các nhà lý thuyết dây nói với chúng ta rằng vũ trụ thực ra là có 9 chiều không gian, nhưng quá trình lạm phát xảy ra ở ngay thuở ban đầu đã chỉ thổi phồng và làm cho 3 chiều trở nên cảm nhận được, cùng với 1 chiều thời gian, tạo thành vũ trụ mà ta

quen thuộc. Sáu chiều không gian còn lại vẫn ở trạng thái vô cùng bé mà ta không thể phát hiện thấy.



Cái mà ta nhìn từ xa giống như một đường thẳng một chiều (trên), trở thành một ống hình trụ hai chiều khi nhìn ở gần (dưới): mỗi điểm trên đường thẳng thực ra là một hình tròn nhỏ trên bề mặt của ống. Lý thuyết này nói rằng các chiều không gian phụ cũng bị ẩn giấu như thế.

Ý tưởng về các chiều không gian phụ không phải là mới. Nó đã được đưa ra đầu tiên vào năm 1919 bởi nhà vật lý người Ba Lan Theodor Kaluza (1885-1954) nhằm thống nhất các lực hấp dẫn và điện từ. Ông đã chứng minh được rằng nếu như vũ trụ có thêm một chiều không gian phụ, thì hai lực này có thể thống nhất được với nhau. Ý tưởng về các chiều không gian bị “cuộn” lại tới mức không thể cảm nhận được đã được nhà vật lý Thụy Điển Oscar Klein (1894-1977) đưa ra sau đó vào năm 1926. Các

lý thuyết đưa ra thêm các chiều không gian phụ ngày nay được gọi là “lý thuyết kiểu Kaluza - Klein⁽⁵⁰⁾”.

Với sự thừa thãi các chiều không gian phụ như thế, ta có thể tự hỏi tại sao lý thuyết này lại chỉ giới hạn vào việc viển vông tới các dây chỉ có một chiều. Tại sao nó không sử dụng các bề mặt hai chiều hay các thể tích ba chiều, hay các siêu mặt lớn hơn ba chiều? Tới giữa những năm 1990, câu trả lời là chỉ các dây một chiều mới có thể ngăn toán học không trở nên quá rối rắm và đưa ra được những kết quả có nghĩa. Thực ra, tình trạng đó là hậu quả của những hạn chế riêng không phải của tự nhiên mà của chính các nhà vật lý: họ vẫn chưa tìm thấy các kỹ thuật toán học cần thiết để vượt qua các dây một chiều. Vào cuối những năm 1990, những khó khăn về toán học cuối cùng cũng đã được vượt qua và một loại mới các đối tượng hai chiều, có hình dạng như khăn trải bàn hay tấm thảm, đã xuất hiện trong lý thuyết và được gọi là các “màng” hay 2-brane (*brane* là viết ngắn gọn của chữ *membrane* (là màng) và số 2 có nghĩa là hai chiều). Nhưng vẫn chưa dừng lại ở đó: toán học cũng đã phát lộ các 3-brane, 4-brane và cứ như thế tới tận 9-brane. Toàn bộ cái thế giới nhỏ bé đó đua nhau dao động và vặn xoắn, hoàn toàn giống như các dây, cùng thuộc về một gia đình bởi vì bản thân các dây chính là các 1-brane! Toán học cũng phát lộ ra một bất ngờ: số lượng các chiều không gian cần thiết không phải chỉ là 9 như người ta nghĩ mà là 10! Cùng với 1 chiều thời gian tạo nên cả thảy là

50. Để biết chi tiết hơn, xem thêm tác phẩm *Le Chaos et l'Harmonie* (Hỗn độn và Hòa hợp) của cùng tác giả, bản dịch tiếng Việt của Phạm Văn Thiều và Nguyễn Thanh Dương, NXB Trẻ, 2013.

11 chiều. Lý thuyết dây đã được “đổi áo” và mang cái tên mới có tính chung loại hơn là “lý thuyết M”, với M chỉ “membrane⁽⁵¹⁾” (màng). Phiên bản mới này của lý thuyết dây sẽ là nguồn gốc của một kiểu vũ trụ song song mới: các vũ trụ màng.

Các đa vũ trụ tuần hoàn của các “màng”

Như vậy, ta có thể tưởng tượng vũ trụ của chúng ta giống như một màng ba chiều không gian và một chiều thời gian, tồn tại trong một siêu không gian có hơn 4 chiều không gian. Tình trạng đó tự nhiên dẫn ta nghĩ đến sự tồn tại của đa vũ trụ màng. Thực vậy, vũ trụ của chúng ta chắc chắn không phải là tồn tại duy nhất trong siêu không gian đó: cần phải có vô số các vũ trụ song song khác cũng có dạng màng, không chỉ với ba chiều không gian như vũ trụ của chúng ta, mà có thể có tất cả các chiều khả dĩ từ 1 tới 9. Do chúng ta tiến hóa trong một vũ trụ ba chiều, chúng ta khó có thể tưởng tượng một tình huống như thế. Để kích thích trực giác của chúng ta, hãy xem xét các vũ trụ tương tự với một chiều ít hơn. Vũ trụ của chúng ta trong trường hợp đó sẽ là một màng hai chiều. Như vậy ta có thể biểu diễn nó như là một lớp nước mỏng hai chiều bao phủ một đại dương 3 chiều. Hay ta có thể biểu diễn nó như một chiếc khăn trải bàn trải ra vô tận về hai phía ở giữa không gian ba chiều của chúng ta. Cũng có những vũ trụ song song khác cũng có

51. Một số nhà vật lý thậm chí còn đùa rằng M đúng hơn là chỉ “miracle” (phép lạ) hay “mirage” (ảo tượng), tùy theo thành công hay thất bại của lý thuyết màng trong tương lai.

dạng khăn trải bàn (Ảnh màu 33), nhưng cũng có các vũ trụ có nhiều hơn một chiều và có hình dạng kì cục và vặn vẹo mà ta hầu như khó có thể tưởng tượng nổi. Một số các vũ trụ đó chỉ cách chúng ta một khoảng cách Planck tức là 10^{-33} cm; những vũ trụ khác sẽ ở cách xa hơn nhiều. Như vậy, giống như đa vũ trụ của các vũ trụ phân nhánh và đa vũ trụ lạm phát, đa vũ trụ màng cũng là vô hạn trong không gian: không chỉ mỗi vũ trụ màng là vô hạn mà số lượng của chúng cũng là vô hạn.

Nhưng điều đặc biệt của đa vũ trụ màng so với các đa vũ trụ khác, đó là nó cũng trải ra vô hạn theo thời gian. Mỗi vũ trụ màng tiến hóa một cách tuần hoàn: nó không có khởi đầu hay kết thúc. Tại sao lại như thế? Theo hai nhà vật lý người Mỹ là Paul Steinhardt và Neil Turok⁽⁵²⁾, các màng không cố định trong siêu không gian chứa nó, mà chuyển động liên tục. Các di chuyển ngẫu nhiên của chúng tất yếu sẽ gây ra những va chạm khổng lồ, nhất là nếu như các vũ trụ màng này tiến lại gần nhau giống như cú va chạm của hai chũm chọe khổng lồ trong một dàn nhạc giao hưởng. Năng lượng khổng lồ được giải phóng trong va chạm của hai vũ trụ màng ngay lập tức sẽ được chuyển đổi thành các hạt cơ bản và bức xạ, tạo thành một nơi có mật độ và nhiệt độ lớn không thể tưởng tượng được. Mọi cấu trúc chứa trong hai vũ trụ này (như các thiên hà, các ngôi sao và các hành tinh hay các sinh vật có ý thức) sẽ bị tan biến vào hư vô vĩnh viễn. Năng lượng khủng khiếp này cũng đẩy vũ

52. Paul Steinhardt và Neil Turok, *Endless Universe: Beyond the Big Bang* (Vũ trụ vô hạn: Vượt qua Big Bang)

trụ vào một trạng thái giãn nở rất nhanh (khác với sự giãn nở trong lý thuyết lạm phát). Khung cảnh này cũng giống với các điều kiện vật lý của vũ trụ chúng ta vào thời điểm big bang. Sau cú va chạm lớn đó, hai màng sẽ không dính lại với nhau mà sẽ nảy ra và lại tách ra xa nhau. Nhưng lực hấp dẫn của màng này tác dụng lên màng kia làm đảo ngược chuyển động tách xa nhau của hai màng, khiến chúng một lần nữa đập vào nhau và tạo thành một cú va chạm khổng lồ mới, với tất cả các sự kiện dữ dội tiếp sau đó. Nói một cách khác, một big bang nữa lại xảy ra.

Trong kịch bản này, big bang xảy ra trong vũ trụ của chúng ta cách đây 14 tỷ năm chỉ là một chặng trong một chu trình va chạm vô hạn giữa vũ trụ của chúng ta và một vũ trụ song song. Trong sơ đồ tuần hoàn này, đa vũ trụ màng là vô hạn cả theo không gian và thời gian. Steinhardt và Turok đánh giá rằng một chu kỳ hoàn chỉnh, từ big bang này tới big bang tiếp theo kéo dài khoảng 1000 tỷ năm, tức là khoảng 100 lần tuổi của vũ trụ hiện nay của chúng ta. Nếu chúng ta sống trong một đa vũ trụ có chu kỳ như thế, thì các vũ trụ song song khác không chỉ chia sẻ hiện tại mà còn cả quá khứ và tương lai của chúng ta.

Các vũ trụ tuần hoàn xuyên suốt lịch sử

Đây không phải là lần đầu tiên ý tưởng về đa vũ trụ tuần hoàn, tạo từ các vũ trụ tiếp nối nhau theo thời gian, xuất hiện trong ý thức con người. Vũ trụ học huyền bí Hindu đã đưa ra một vũ trụ tuần hoàn với vô số các pha giãn nở và co lại liên tiếp nhau. Thần sáng tạo ra thế giới là Brahma, một trong những vị

thần chính của đạo Hindu. Thường được biểu diễn với bốn tay và bốn đầu, để tượng trưng cho sự thông suốt mọi việc và có mặt mọi nơi, ngài là thần đầu tiên được tạo ra và là người sáng tạo ra vạn vật (Ảnh màu 34). Mỗi chu kỳ của vũ trụ tương ứng với một hơi thở của Brahma, vũ trụ giãn nở khi thần thở ra và co lại khi ngài hít vào. Mỗi chu kỳ kéo dài khoảng 8,6 tỷ năm, con số tương ứng một cách kỳ lạ với các khoảng thời gian đặc trưng của vũ trụ học hiện đại, bởi vì đó là khoảng thời gian lớn gấp đôi tuổi của hệ Mặt Trời (4,55 tỷ năm) và bằng một nửa của tuổi của vũ trụ (13,7 tỷ năm). Vũ trụ sẽ tan rã sau 100 chu kỳ, khi giấc mơ của Brahma kết thúc. Sau 86 tỷ năm, Brahma sẽ lại tiếp tục lại giấc mơ lớn về vũ trụ, và vũ trụ lại bắt đầu một pha mới với 100 chu kỳ nữa. Điều này cũng khá gần với khái niệm về vũ trụ tuần hoàn hiện đại với một chuỗi không đầu không cuối các big bang và big crunch.

Vũ trụ huyền bí Ấn Độ cũng có ý tưởng về một kiểu vô hạn khác: vũ trụ không chỉ là vô hạn theo thời gian mà cả theo không gian. Cũng tồn tại vô hạn các vũ trụ song song trong không gian, mỗi vũ trụ là sản phẩm của giấc mơ của các vị thần khác nhau. Trong các chư thần của đạo Hindu, không chỉ có nhiều thần mà mỗi thần lại có nhiều hình dạng. Nhiều tượng đồng Ấn Độ vào thế kỷ thứ 10 biểu diễn người sáng tạo thế giới không phải Brahma mà là Shiva, thần tạo ra thế giới bằng cách nhảy múa.

Ý tưởng về bản chất tuần hoàn của chuyển động của vũ trụ và sự chuyển đổi không ngừng theo thời gian cũng xuất hiện trong vũ trụ luận Trung Hoa. Giống như đạo Hindu, người Trung Quốc tin rằng, ngoài những hiện tượng quan sát được,

còn tồn tại một thực tại tối hậu mà họ gọi là Đạo - có nghĩa là Con đường vũ trụ. Họ tin rằng mỗi khi có một hiện tượng hay một tình huống xảy ra tới cực điểm, nó sẽ chịu một tác động ngược lại và biến thành sự đối lập của nó. Chẳng hạn, toàn bộ sự phát triển của tự nhiên - dù đó là tiến hóa của vũ trụ, chuyển động của Mặt Trời và Mặt Trăng, sự thay đổi của các mùa, sự tiếp nối của ngày và đêm - đều tuân theo những chuyển động tuần hoàn, như giãn nở và co lại, hay tới và lui. Các chuyển động tuần hoàn này không những áp dụng cho các hiện tượng tự nhiên mà còn cả với các điều thường nhật. Theo triết gia Trung Hoa Lão Tử (thế kỷ 6-5 tr. CN) (hình), “phản giả Đạo chi động, [đại viết thệ, thệ viết viễn,] viễn viết phản” (Trở lại là cái động của Đạo,



Lão Tử (đang cưỡi trâu) được coi là cha đẻ của Đạo Giáo, triết học Trung Hoa, theo đó mọi vật trong tự nhiên (và trong thế giới con người nữa) luôn tiến hóa. Mọi thứ đều là nhất thời và động, theo các chuyển động tới lui có chu kỳ.

[Lớn là đi, đi là xa;] xa là trở lại). Niềm tin này đem lại hi vọng, dũng cảm và kiên trì ở những thời điểm khó khăn, bởi vì thời điểm khó khăn rồi sẽ phải nhường chỗ lại cho những lúc tốt đẹp hơn, đồng thời nó cũng gợi ra sự khiêm tốn và cẩn trọng trong những lúc huy hoàng bởi sự suy tàn luôn lẫn quất phía trước. Nó đã dẫn tới sự ra đời của thuyết Trung Dung: không bao giờ phó mặc cho sự thái quá, hoang phí hay thỏa mãn.

Để minh họa cho khái niệm chuyển động tuần hoàn của Đạo, khái niệm hai cực đối lập nhau, Âm và Dương, đã được đưa ra (xem hình dưới). Do khái niệm một Thượng đế sáng tạo không tồn tại trong vũ trụ luận Trung Hoa, thế giới được sinh ra bởi tác động lẫn nhau của hai lực đối lập này. Trời được gán cho Dương, nam tính, mạnh mẽ và sáng tạo, trong khi Âm được gán với Đất, nữ tính, mẹ và trực giác. Vũ trụ tuân theo một chuyển động tuần hoàn vĩnh viễn, Dương đạt tới mức cao nhất sẽ nhường chỗ cho Âm. Mặt Trời, khô và sáng là Dương. Mặt Trăng ẩm ướt và tăm tối là Âm. Ngày tiếp theo đêm, mùa hè nóng và sáng nối tiếp mùa đông tối và lạnh: rất nhiều minh chứng về sự tương tác hài hòa của cặp Âm-Dương.

Trong triết học Lão giáo, mọi thứ trong vũ trụ (và cả trong cuộc sống) là kết quả của sự tác động qua lại giữa Âm (màu đen) và Dương (màu trắng). Các vòng tròn có màu đối lập nhau (vòng đen trên nền trắng và vòng trắng trên nền đen) nói với ta rằng hai lực này liên hệ chặt chẽ với nhau, cái này chứa mầm mống của cái kia và nối tiếp nhau một cách tuần hoàn.



Khi vũ trụ khoa học xuất hiện cùng với tư tưởng Hi Lạp, vào khoảng thế kỷ 6 trước CN, triết gia Heraclitus (khoảng 544 - khoảng 480 tr. CN) đã dùng lại khái niệm của người Babylon về sự lặp lại vô hạn để đưa ra ý tưởng về một vũ trụ tuần hoàn: “Tại một thời điểm nào đó, thế giới sẽ cháy rực, và tại một thời điểm khác nó sẽ tự tái tạo lại từ lửa, một số khoảng thời gian nó sẽ sáng lên và tắt đi đều đặn”. Theo ông, khoảng thời gian của mỗi chu kỳ chỉ khoảng 10.800 năm, rất ngắn so với tuổi của vũ trụ (13,7 tỷ năm). Ý tưởng về sự lặp lại vĩnh viễn này lấy cảm hứng từ sự lặp lại chuyển động của các thiên thể:

Khi mỗi hành tinh quay trở lại chính xác về điểm trên bầu trời với kinh độ và vĩ độ như lúc ban đầu, khi thế giới được tạo ra lần đầu tiên, các hành tinh này sẽ gây ra, sau một khoảng thời gian xác định, sự thiêu đốt và phá hủy của mọi sinh vật. Rồi khi các hành tinh lại tiếp tục chuyển động như trước, thế giới sẽ được tái tạo lại; các hành tinh một lần nữa lại mô tả con đường mà nó đã từng đi qua, mỗi thứ đã xảy ra ở giai đoạn trước sẽ xảy ra lại, một cách giống hệt như thế. Socrate sẽ lại tồn tại cũng như Platon, hay mỗi người cùng với bạn bè và người thân của họ; họ vẫn trải qua cùng các sự kiện, sử dụng cùng các công cụ, thành phố, làng mạc, mọi cánh đồng sẽ được khôi phục trở lại. Sự khôi phục [sự tái thiết] vũ trụ này không chỉ xảy ra một lần mà rất nhiều lần; hay đúng hơn là mọi sự đều xảy ra lặp đi lặp lại vô số lần và không ngừng⁽⁵³⁾.

53. Nemesius of Emesa, *De Natura Hominis* (Về bản chất con người)



Theo triết gia Hi Lạp Heraclitus, lửa là nguồn gốc của vạn vật. Ông là người bảo vệ cho ý tưởng về một vũ trụ tuần hoàn: giống như lửa cháy lên và tắt đi, vũ trụ cũng trải qua các vòng sinh, tử.

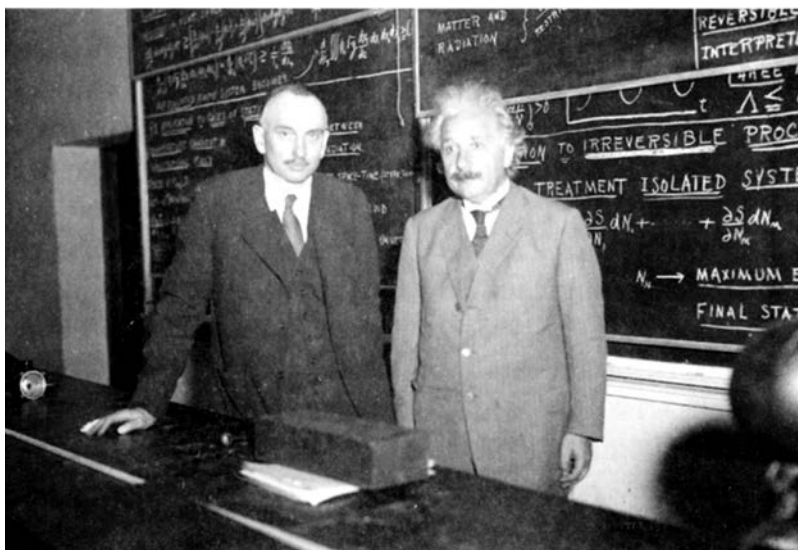
Gần với chúng ta hơn, và bằng một mô tả toán học chặt chẽ hơn nhiều về tiến hóa của vũ trụ, ta đã thấy nhà vật lý người Nga Alexandre Friedmann, bằng cách sử dụng các phương trình của thuyết tương đối rộng của Einstein, ngay từ năm 1923, đã xây dựng được một mô hình vũ trụ tuần hoàn với một chuỗi vô hạn các giãn nở và co lại, bất chấp các phản đối mạnh mẽ của Einstein, người bảo vệ cho ý tưởng ban đầu về một vũ trụ

tĩnh. Sau phát hiện của nhà thiên văn học Edwin Hubble về sự giãn nở của vũ trụ vào năm 1929, chính Einstein cũng nghiên cứu và đưa ra các vũ trụ tuần hoàn dựa trên lý thuyết của mình. Nhiệm vụ này được tiếp nối vào những năm 1930 bởi nhà vật lý Mỹ Richard Tolman (1881-1948), người phát hiện ra một việc bất ngờ liên quan tới các chu kỳ của vũ trụ...

Các chu kỳ nối tiếp nhưng không giống nhau

Do những xem xét xuất phát từ nhiệt động học, khoa học nghiên cứu về các tính chất của nhiệt, Tolman (hình) đã phát hiện ra rằng các chu kỳ của một vũ trụ tuần hoàn có thể tiếp nối nhưng lại không giống nhau. Thực vậy, tồn tại một nguyên lý được biết dưới cái tên “định luật thứ hai của nhiệt động học” nói rằng, theo thời gian, mọi hệ thống kín và cô lập, sự hỗn loạn (được các nhà vật lý đo bằng đại lượng có tên là “entropy”) phải tăng, hay ít nhất là không giảm. Các biểu hiện của định luật này có rất nhiều trong cuộc sống hàng ngày, chẳng hạn, một lâu đài bỏ hoang không được chăm sóc sẽ bị đổ nát, một tách trà lạnh dần hay cục nước đá rồi sẽ tan ra: trong tất cả các tình huống này sự hỗn loạn đều tăng dần theo thời gian. Tính trật tự hay tổ chức của một lâu đài khi còn lộng lẫy cao hơn nhiều so với đám đá đổ nát; tách trà đã truyền nhiệt của nó ra không khí xung quanh, cục nước đá trật tự hơn rất nhiều so với vũng nước mà nó biến thành. Sự chuyển từ có trật tự sang hỗn loạn, không có trật tự là một chiều và xác định chiều của thời gian: từ quá khứ tới tương lai, đi qua hiện tại. Ta sẽ không bao giờ nhìn thấy một đồng đá tự xếp lại thành một lâu đài tráng lệ,

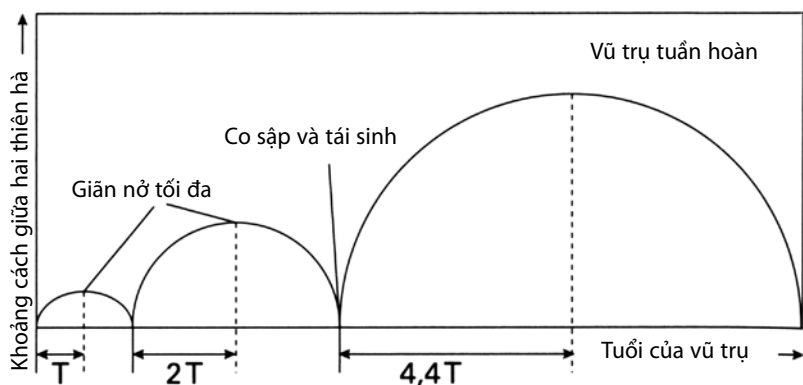
hay một tách trà tự nó nóng lên, cũng như một vũng nước tự biến thành cục nước đá.



Richard Tolman (chụp cùng với Einstein vào năm 1932, trong một chuyến thăm của ông tới Caltech) là một trong những nhà vật lý đầu tiên quan tâm tới thuyết tương đối dưới ánh sáng của nhiệt động học.

Cũng tương tự như vậy, trong một vũ trụ tuần hoàn, định luật thứ hai của nhiệt động học nói rằng tổng sự mất trật tự của vũ trụ phải tăng dần trong mỗi chu kỳ. Thực vậy, mỗi chu kỳ mới sẽ đem lại một vụ thu hoạch mới các lỗ đen, xác của các ngôi sao lớn kèm theo phần mất trật tự của nó. Các vũ trụ nối tiếp sẽ ngày càng mất trật tự hơn, và entropy của chúng sẽ không ngừng tăng lên. Nhiều entropy hơn có nghĩa là có nhiều các hạt có chuyển động hỗn loạn hơn, được lèn vào trong một thể tích giới hạn ở pha co lại của vũ trụ, và gây ra một sự nảy

bật trở lại mạnh mẽ hơn, một sự giãn nở nhiều hơn về không gian, và có nghĩa là chu kỳ đó sẽ kéo dài hơn. Như vậy, các chu kỳ sẽ ngày càng dài hơn theo thời gian (xem hình dưới). Điều này có một hệ quả rất quan trọng: nếu như ta quay trở lại theo thời gian, các chu kỳ sẽ ngày càng ngắn lại, tới mức đến một lúc nào đó khoảng thời gian đó sẽ bằng 0, và sẽ không còn chu kỳ nào nữa. Như vậy, do định luật thứ hai của nhiệt động học, vũ trụ tuần hoàn không thể là vô hạn trong quá khứ: nghĩa là có một sự khởi đầu theo thời gian.



Do lượng mất trật tự trong vũ trụ luôn phải tăng (hay ít nhất là bất biến) theo thời gian, nên mỗi chu kỳ liên tiếp của một vũ trụ tuần hoàn sẽ ngày càng dài hơn, và kích thước tối đa của vũ trụ sẽ ngày càng lớn hơn.

Việc độ mất trật tự của vũ trụ tăng dần sau mỗi chu kỳ có một hệ quả khác liên quan tới sự thuận nhất một cách đáng kinh ngạc thuở ban đầu của vũ trụ chúng ta. Ta đã thấy rằng nhiệt độ của bức xạ hóa thạch vào năm thứ 380.000 không thay đổi quá một trăm phần nghìn độ từ xó xỉnh này sang xó xỉnh khác

của bầu trời. Nói một cách khác, độ trật tự của nó rất cao, tức độ mất trật tự (hay entropy) là rất nhỏ. Nếu ta giả sử rằng vũ trụ là tuần hoàn, thì sẽ có một trong hai khả năng: hoặc chúng ta đang ở một trong những chu kỳ đầu tiên, và entropy chưa tăng được nhiều; hoặc là vũ trụ rơi vào thời điểm bé hơn hơn thời gian Planck là 10^{-43} giây, đã có thể tẩy sạch mọi sự “gồ ghề” gây ra bởi các lỗ đen của các chu kỳ trước và sắp xếp lại được trật tự trong sự mất trật tự. Trường hợp đầu tiên đặt ra một vấn đề: nó giả sử rằng chúng ta sống trong một thời điểm may mắn của lịch sử vũ trụ tuần hoàn, điều này vi phạm “nguyên lý Copernicus” theo đó con người không có một vị trí đặc biệt nào trong vũ trụ, cả theo thời gian lẫn theo không gian. Vậy còn giả thiết thứ hai thì sao?

Các tác giả của luận điểm đa vũ trụ màng tuần hoàn nghĩ rằng mô hình của họ không chỉ có thể giải quyết được vấn đề các chu kỳ ngắn dần trong quá khứ tới khi không còn tồn tại, mà còn “tẩy xóa” được mọi sự mất trật tự trong các chu kỳ trước. Thực vậy, trong mô hình Steinhardt và Turok, các chu kỳ liên tiếp không còn là thực tế ở cùng một vũ trụ chịu các chuỗi giãn nở và co sập giống như mô hình tuần hoàn chuẩn; mà chúng là kết quả của của sự tách biệt tăng và giảm theo thời gian của hai màng, thể hiện qua các va chạm tuần hoàn. Ngoài chuyển động tách, các màng này cũng luôn giãn nở. Entropy vẫn tăng từ chu kỳ này sang chu kỳ khác, tuân theo định luật thứ hai của nhiệt động học, nhưng do không gian của các màng không ngừng bị pha loãng, thể tích của nó không ngừng tăng lên, tới mức mật độ của entropy (tức là lượng entropy trong một đơn vị thể tích)

giảm thay vì tăng như trong mô hình chuẩn. Entropy tiến dần về giá trị gần 0 vào cuối mỗi chu kỳ. Điều này tựa như bộ đếm được đặt về 0 vào đầu của mỗi chu kỳ mới, và giải thích được giá trị tương đối nhỏ của entropy của vũ trụ của chúng ta. Việc đặt entropy về 0 ở đầu mỗi chu kỳ mới cũng làm cho việc nảy lại của các vũ trụ không mạnh dần theo thời gian nữa. Điều này cũng có nghĩa là các chu kỳ không kéo dài thêm trong tương lai hay ngắn đi ở quá khứ. Như vậy, chúng có thể tiếp tục một cách vô hạn trong quá khứ và tương lai. Ngược lại, với mô hình chuẩn tuần hoàn, đa vũ trụ màng tuần hoàn không có khởi đầu và cũng không có kết thúc.

Một sự không có khởi đầu của vũ trụ?

Khái niệm khởi đầu - hay không khởi đầu - vẫn là mối quan tâm chính không chỉ trong khoa học mà cả trong tôn giáo và các truyền thống tâm linh. Theo lý thuyết big bang chuẩn, vũ trụ ra đời cách đây 13,7 tỷ năm trong một vụ nổ khủng khiếp, từ một trạng thái vô cùng bé và đặc đã cho ra đời cả không gian và thời gian. Và từ đó, vũ trụ sẽ giãn nở và liên tục bị pha loãng và lạnh dần.



Lý thuyết big bang đã gặp nhiều khó khăn để khẳng định lúc ban đầu, bất chấp những cố gắng của một số nhà khoa học bảo vệ cho ý tưởng về một nguồn gốc. Như ta đã thấy, mục sư người Bỉ Georges Lemaître nói về “nguyên tử nguyên thủy”.

Nhà vật lý Mỹ gốc Nga George Gamow (1904-1968) (hình) và các đồng nghiệp Ralph Alpher (1921-2007) và Robert Hermann (1914-1997) tính toán rằng trong 380.000 năm đầu tiên của vũ trụ, nhiệt độ và mật độ của nó cao tới mức không một cấu trúc hiện tại nào (thiên hà, sao hay sự sống) có thể tồn tại, và nó chỉ chứa các hạt cơ bản và ánh sáng. Theo ba nhà khoa học, ánh sáng nguyên thủy này, nóng và đầy năng lượng, vẫn còn có thể tới được với chúng ta, nhưng đã bị lạnh đi rất nhiều do chúng phải dùng năng lượng trong suốt 14 tỷ năm để đuổi theo thiên hà của chúng ta bị cuốn đi bởi sự giãn nở của vũ trụ. Bức xạ hóa thạch này giống như thứ nhiệt còn sót lại của ngọn lửa “sáng thể”.



Fred Hoyle, Hermann Bondi và Thomas Gold (từ phải qua trái) là cha đẻ của lý thuyết “vũ trụ tĩnh” được đưa ra vào năm 1948. Theo lý thuyết này, về trung bình vũ trụ không biến đổi theo thời gian và không có khởi nguồn hay kết thúc. Việc phát hiện ra bức xạ hóa thạch vào năm 1965 đã đặt dấu chấm hết cho lý thuyết này.

Nhưng không ai chịu tìm kiếm bức xạ hóa thạch này cho tới năm 1965, khi nó được tìm thấy một cách rất ngẫu nhiên bởi hai nhà thiên văn vô tuyến người Mỹ Arno Penzias và Robert Wilson. Sự muộn màng này có hai lý do. Thứ nhất, thuyết big bang đã gây sự khó chịu cho các nhà thiên văn bởi các ngụ ý của nó về mặt thần học. Sự khó chịu này càng tăng lên khi vào năm 1951 Giáo Hoàng Pius XII đã gắn big bang với *Fiat lux* của Kinh Thánh. Thứ hai, tồn tại một thuyết vũ trụ cho phép xóa bỏ khái niệm về sự sáng thế: lý thuyết về “vũ trụ tĩnh” (*steady state*), rất thịnh hành vào cuối những năm 1950 do ba nhà thiên văn người Anh là Fred Hoyle (1915-2001), Hermann Bondi (1919-2005) và Thomas Gold (1920-2004) (hình trên) đưa ra. Theo lý thuyết này, vũ trụ, bất chấp sự giãn nở của nó, sẽ không có khởi đầu hay kết thúc; về trung bình nó sẽ luôn như thế theo không gian và thời gian: càng giãn nở, vật chất mới sẽ càng được sinh ra để bù đắp cho phần giãn nở thêm. Ta có thể phản đối rằng thuyết này không thể là đúng được bởi ta không thấy vật chất tự phát xuất hiện thêm ở góc phố nào. Nhưng thực ra, tỉ lệ cần thiết để cung cấp thêm cho vũ trụ để bù đắp cho phần giãn nở thấp tới mức (sau mỗi 1 tỷ năm, chỉ cần thêm một nguyên tử hydrogen cho mỗi thể tích 1 lít của không gian) không thể phát hiện ra.

Các nhà vật lý thiên văn đã rất hạnh phúc khi một lý thuyết đưa cho họ một vũ trụ không khởi đầu. Điều này cho phép họ vứt bỏ vấn đề nguồn gốc mà không phải hối hận gì. Thật không may, các quan sát thiên văn đã nhanh chóng đặt ra các vấn đề khó khăn cho lý thuyết này. Đầu những năm 1960, người ta đã phát hiện ra các quasar (thiên thể nằm ở biên vũ trụ và phát ra

một năng lượng khổng lồ trong một thể tích rất bé) và các thiên hà vô tuyến (phát ra phần lớn năng lượng của chúng dưới dạng sóng vô tuyến). Mà số lượng của các quasar và các thiên hà vô tuyến này có vẻ như ngày càng giảm theo tuổi của vũ trụ. Một sự tiến hóa như thế đi ngược lại với một vũ trụ tĩnh, không đổi theo thời gian. Nhưng cú kết liễu cuối cùng xảy ra vào năm 1965 do phát hiện ra bức xạ hóa thạch: thuyết vũ trụ tĩnh của Hoyle và các đồng nghiệp đã loại bỏ khả năng có một sự khởi đầu nóng và đặc, đồng thời không thể giải thích được sự có mặt của một bức xạ còn sót lại của thứ nhiệt nguyên thủy tràn ngập trong khắp vũ trụ.

Phật giáo tiếp cận với câu hỏi về khởi nguồn của vũ trụ một cách hoàn toàn khác với truyền thống Thiên chúa giáo. Nó không đặt ra ý tưởng về một Chúa Trời - “thợ đồng hồ” - sáng tạo ra vũ trụ *ex nihilo* (từ hư vô). Do nguyên lý tương liên - một trong những cột trụ của tư tưởng Phật giáo -, một thực thể không phụ thuộc gì cả sẽ không thể chuyển từ không tồn tại sang tồn tại được. Khái niệm tương liên biểu thị ý tưởng cho rằng mọi vật hay sinh vật không thể tồn tại một cách tự lập hay là nguyên nhân của chính nó. Mọi thực thể chỉ có thể định nghĩa qua các thực thể khác, và chỉ có thể tồn tại trong mối quan hệ với chúng. Một thực thể hoàn toàn độc lập với các thực thể khác không thể tác động lên bất cứ thứ gì, và cũng không gì có thể tác động lên nó. Trong Phật giáo, khái niệm một Đấng sáng thế tồn tại độc lập với mọi thứ là điều không thể. Nhưng nếu như không có đấng sáng thế, vũ trụ sẽ không thể được tạo ra. Trong nhãn quan Phật giáo, không gì có thể biểu hiện mà không có

nguyên nhân hay điều kiện; nói một cách khác, không gì có thể bắt đầu tồn tại hay ngừng tồn tại. Như vậy, big bang sẽ không còn là một vụ nổ nguyên thủy, mà chỉ là sự khởi đầu cho một chu kỳ cụ thể trong một chuỗi không đầu không cuối của vô số các chu kỳ. Vũ trụ khoa học duy nhất tương thích với nhận quan này trong lý thuyết chuẩn của big bang sẽ là một vũ trụ tuần hoàn bao gồm một chuỗi vô hạn các big bang và big crunch.

Tuy nhiên, như ta đã thấy, các quan sát thiên văn chỉ ra rằng tổng lượng vật chất sáng và tối trong vũ trụ là không đủ để lực hấp dẫn có thể đảo ngược lại sự giãn nở vũ trụ và gây ra big crunch. Ngược lại, một lực đẩy bí ẩn gây ra bởi một “năng lượng tối” sẽ tiếp tục làm loãng vũ trụ trong một khoảng thời gian vô hạn, và điều này loại bỏ vũ trụ tuần hoàn trong lý thuyết chuẩn về big bang. Tuy nhiên, lý thuyết đa vũ trụ màng theo đó big bang chỉ là một chặng trong một chu kỳ vô hạn các va chạm khổng lồ giữa vũ trụ màng của chúng ta với một vũ trụ màng song song đã đưa ra một giải pháp thay thế hoàn toàn tương thích với khái niệm của Phật giáo về sự không có khởi đầu của vũ trụ.

Khung cảnh vũ trụ của các vũ trụ màng

Lý thuyết về vũ trụ tuần hoàn của các màng mang lại cho chúng ta một thế giới không có khởi đầu, tức là vô hạn theo thời gian; nó cũng cho ta một sự tràn đầy các vũ trụ song song trong không gian. Tại sao lại thế? Ta đã thấy rằng một trong các đặc điểm chính của lý thuyết dây là sự tất yếu phải có các chiều

không gian phụ cuộn lại một cách cực nhỏ. Trong phiên bản đơn giản nhất, nó cần có thêm 7 chiều phụ, ngoài 3 chiều mà ta đã quen thuộc. Theo lý thuyết này, các chiều phụ không thể có một dạng hình học tùy thích, mà chỉ có những dạng thuộc một kiểu đặc biệt gọi là Calabi-Yau (Ảnh màu 35-36), theo tên của các nhà toán học Eugenio Calabi (sinh năm 1923) và Shing-Tung Yau (sinh năm 1949), những người đã nghiên cứu các dạng toán học này rất lâu trước khi lý thuyết dây ra đời. Biết được hình dạng và hình học chính xác của các chiều này là rất quan trọng, bởi chính chúng quyết định kiểu dao động của các dây, và tức là quyết định các tính chất - như là khối lượng hay điện tích - của các hạt vật chất và ánh sáng tạo nên thế giới.

Khi lý thuyết dây xuất hiện trong vật lý, nó đã đem theo một hi vọng to lớn: hi vọng có thể cuối cùng sẽ xác định được tất cả các tính chất của thế giới từ một lý thuyết duy nhất. Để làm được như thế thì các chiều phụ cần phải có duy nhất một dạng khả dĩ. Mọi thứ sẽ được xác định như thế, và sẽ không có một tham số tự do nào. Các nhà vật lý cuối cùng cũng có một “lý thuyết của Tất cả” mà với nó, các nhà vật lý có thể tính toán được tất cả các đặc điểm của các hạt. Lý thuyết này sẽ là một bước nhảy lớn so với lý thuyết hiện có, là lý thuyết “lượng tử của các trường”, trong đó các tính chất của các hạt không thể tính toán được và chúng được đưa vào trong lý thuyết như là các tham số tự do được xác định qua quan sát.

Nhưng niềm hi vọng này đã nhanh chóng bị đập tắt. Các nhà lý thuyết dây nhanh chóng nhận ra rằng dạng (hay “topo”) Calabi-Yau của các chiều không gian phụ còn xa mới là duy

nhất. Ngược lại, các dạng này có vẻ như ngày càng nhiều lên trông thấy, biểu hiện một sự phong phú đến kinh ngạc. Trong khi các dạng Calabi-Yau được biết tới vào những năm 1980 chỉ đếm được trên đầu ngón tay (một hình cầu, một hình xuyên...) số các dạng khả dĩ được biết tới hiện nay vượt ngoài sức tưởng tượng của chúng ta! Nhờ vào các kỹ thuật toán học mới được phát triển gần đây, sự ý thức được rằng lý thuyết dây cần phải tính tới không chỉ các sợi dây một chiều, mà cả rất nhiều màng nhiều chiều hơn, đã nhân số các dạng khả dĩ của các chiều phụ lên rất lớn. Người ta ước tính hiện nay số các dạng này là khoảng 10^{500} (1 đứng trước 500 số 0). Để so sánh, tổng số các hạt trong vũ trụ quan sát được chỉ có 10^{80} ! Giống như có một số lượng lớn các nhạc cụ, mỗi thứ có thể tạo ra các âm thanh khác nhau, việc có một đám các dạng khả dĩ của các chiều phụ, mỗi thứ dao động một kiểu khác nhau và do đó sinh ra các hạt có tính chất khác nhau. Điều này có nghĩa là hiện tại lý thuyết dây vẫn chưa làm được gì hơn so với lý thuyết lượng tử của các trường: nó không có khả năng tiên đoán những thứ có liên quan tới các tính chất của các hạt cơ bản. Thay vì tiến lại gần, giấc mơ tiên đoán được toàn bộ các tính chất của thế giới nhờ vào một “lý thuyết của Tất cả” dường như lại ngày càng xa vời.

Dù sao chăng nữa, lý thuyết màng cũng cung cấp cho trí tưởng tượng đầy kinh ngạc của chúng ta một khung cảnh vũ trụ về một đa vũ trụ màng song song có các chiều không gian phụ, và có những dạng hình học rất đa dạng phong phú.

Sự dụng độ của lý thuyết dây với thực tại

Khoa học là kết quả của sự dụng độ của con người với thực tại. Nó không ngừng được nuôi dưỡng từ các quan sát và thông tin rút ra từ tự nhiên bằng các phương tiện khác nhau, từ các thực nghiệm trong phòng thí nghiệm với các dụng cụ quan sát tối tân nhất. Sự kiểm tra cơ bản về tính đúng đắn của một lý thuyết chính là nó phải phù hợp với tự nhiên và khớp với chân lý. Nói một cách khác, nó phải mô tả được các tính chất của thế giới mà có thể kiểm chứng bằng thực nghiệm hay quan sát. Lý thuyết dây (và cả lý thuyết mở rộng của nó là lý thuyết màng) liệu có đáp ứng được các tiêu chuẩn kiểm chứng bằng thực nghiệm?

Thật không may, hiện tại câu trả lời là không. Bất chấp các cố gắng miệt mài của một đội quân các nhà vật lý trong suốt hơn 20 năm, lý thuyết dây vẫn bị bao bọc bởi một lớp dày toán học, và chưa có bất cứ thực nghiệm hay quan sát nào kết nối nó với thực tại. Và như vậy, nghĩa là nó có một thiếu sót trầm trọng nhất có thể trong khoa học: nó chưa bao giờ được kiểm chứng bằng thực nghiệm. Và chừng nào một lý thuyết chưa được xác minh bằng quan sát, ta không thể biết liệu nó có đúng và phù hợp với tự nhiên hay nó chỉ là sản phẩm của trí tưởng tượng phong phú của các nhà vật lý, không có bất kỳ mối liên hệ nào với thực tại.

Không có sự xác minh bằng thực nghiệm, vật lý sẽ nhanh chóng sa lầy trong siêu hình

Năm 2009, việc đưa máy LHC (Large Hadron Collider) vào hoạt động ở CERN, Geneva, đã tạo nên nhiều hi vọng lớn. Liệu nó có thể nhìn thấy trực tiếp các dây? Chắc chắn là không, bởi vì chúng ta cần nhớ rằng chiều dài của một dây là vô cùng bé, nó chỉ cỡ chiều dài Planck, tức là 10^{-33}cm . Bằng cách phóng các chùm tia proton đập trực diện vào nhau với một năng lượng tương đương với 10.000 tỷ lần năng lượng khối của một proton, máy LHC có thể kiểm tra các kích thước nhỏ tới 10^{-19}cm , tức là bằng một phần triệu kích thước của một hạt nhân nguyên tử, hay một phần tỷ tỷ độ dày của một sợi tóc. Nhưng để kiểm tra các kích thước bé như chiều dài Planck, tức hàng trăm tỷ lần bé hơn nữa, thì cần phải xây một máy gia tốc có đường kính 100.000 năm ánh sáng, to bằng cả dải Ngân Hà, một điều khó có thể thành hiện thực được! Với năng lượng của nó, máy LHC sẽ thấy dây như một điểm không có chiều không gian. Vậy ta phải kiểm tra lý thuyết dây theo cách ít trực tiếp hơn.

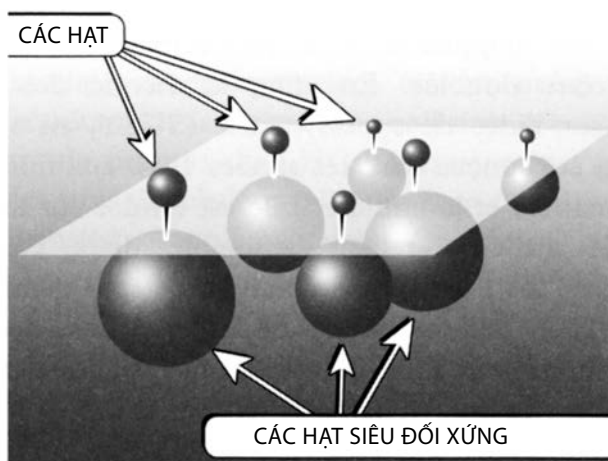
Một số hiện tượng do lý thuyết này tiên đoán, về nguyên tắc, có thể kiểm chứng một cách gián tiếp bởi máy LHC hay bằng các kiểu thí nghiệm khác. Chẳng hạn, nếu các chiều không gian phụ là tồn tại, các mảnh vụn do va chạm của hai chùm proton của máy LHC có thể được phóng ra từ ba chiều mà ta quen thuộc vào các chiều phụ này. Các mảnh đó sẽ mang theo năng lượng, do đó sẽ gây ra thiếu hụt năng lượng sau va chạm. Sự thiếu hụt năng lượng này có thể chỉ ra sự tồn tại của các chiều không gian phụ. Một khả năng khác: lực hấp dẫn trong các chiều phụ

tự cuộn lại là cực kỳ mạnh, điều này tạo điều kiện dễ dàng cho sự tạo thành các lỗ đen mini (với khối lượng khoảng vài chục microgram) khi xảy ra va chạm giữa các chùm proton. Các lỗ đen mini này sẽ tan rã nhanh chóng, và phóng ra các hạt cơ bản có thể phát hiện được. Lực hấp dẫn mạnh này cũng có thể biểu hiện ra nếu ta có thể thăm dò tới những thang vô cùng bé. Hiện nay, các phép đo hấp dẫn ở thang một micron (10^{-6}m) vẫn chưa cho thấy bất cứ sự vượt quá nào. Có thể với khả năng thăm hiểm những kích cỡ bé hơn nữa, máy LHC có thể phát hiện ra một sự vượt ngưỡng nhỏ nào đấy.

Một thế giới siêu đối xứng

Một dự đoán khác thường khác của lý thuyết dây: số lượng các hạt trong vũ trụ cần phải được nhân đôi. Thực vậy, lý thuyết dây dựa trên ý tưởng siêu đối xứng (supersymmetry, viết tắt là SUSY). SUSY đã được xây dựng từ những năm 1970 nhằm thống nhất vật chất và ánh sáng. Nó dựa trên một nguyên tắc đối xứng kết nối hai loại hạt: các hạt vật chất có spin là số bán nguyên ($1/2, 3/2, \dots$) như các hạt quark và electron có tên gọi chung là “fermion” và các hạt có spin nguyên ($0, 1, \dots$) như các hạt ánh sáng (photon) và các hạt truyền lực hay truyền tương tác như các gluon, có tên chung là “boson”. Trong một vũ trụ mà SUSY được biểu hiện đầy đủ, thì mỗi boson được liên kết với một “siêu đối ứng” fermion, và mỗi fermion liên kết với một siêu đối ứng boson. Cứ như có cú vẩy của chiếc đĩa thần, số các hạt trong vũ trụ đột nhiên được nhân lên gấp đôi. Các siêu đối ứng giống hệt như các hạt thường (cùng khối lượng, cùng điện tích...) trừ

spin sai khác đi một giá trị là $1/2$. Chẳng hạn, siêu đối ứng của electron có spin $1/2$ gọi là “selectron” (các siêu đối ứng của các fermion được ghép thêm tiền tố “s” vào tên) có spin là 0, trong khi siêu đối ứng của photon có spin là 1, gọi là “photino” (với các siêu đối ứng của các boson, chỉ cần thêm hậu tố “ino”, tiếng Ý có nghĩa là “bé hơn”, mặc dù nhiều hạt liên quan không nhẹ như hậu tố này ám chỉ) có spin là $1/2$.



Lý thuyết này dự đoán rằng với mỗi hạt, tồn tại một hạt “siêu đối xứng” có spin sai khác $1/2$ và có khối lượng lớn hơn rất nhiều. Hiện tại chưa có bất kỳ một hạt siêu đối xứng nào được phát hiện.

Nhưng vũ trụ có vẻ như không phù hợp với sơ đồ này. Mặc dù chúng ta có những máy gia tốc hạt đủ năng lượng để phát hiện ra các khối lượng đó, nhưng ta chưa bao giờ phát hiện được một selectron nào có khối lượng nhẹ như một electron. Để cứu SUSY khỏi nghĩa trang của các ý tưởng chết, các nhà

vật lý đã phải thừa nhận rằng sự đối xứng giữa các hạt và các siêu đối ứng không phải là hoàn hảo đối với những thứ có liên quan đến khối lượng của chúng. Người ta nói rằng đã có một sự “phá vỡ đối xứng”. Chẳng hạn, các hạt và các siêu đối ứng có thể có khối lượng khác nhau, các hạt siêu đối ứng có thể nặng hơn rất nhiều (xem hình trên). Các nhà khoa học nghĩ rằng khối lượng của các hạt siêu đối ứng có thể nặng hơn hàng triệu lần khối lượng của electron. Nhưng khối lượng lớn lại tương ứng với một năng lượng lớn theo công thức nổi tiếng của Einstein $E = mc^2$. Máy LHC sẽ có thể đạt tới những năng lượng rất lớn tương ứng với các khối lượng được cho là của một số hạt siêu đối ứng này. Liệu LHC, cuối cùng, có thể tìm thấy các hạt đó? Chúng ta cần phải tiếp tục theo dõi...

Các vũ trụ màng và hiện thực

Thế còn lý thuyết M, lý thuyết các màng là sự mở rộng cần thiết của lý thuyết dây, thì sao? Liệu có hi vọng, một ngày nào đó, sẽ gắn kết được các màng với thực tại? Về tiên nghiệm mà nói, đây có vẻ như là một nhiệm vụ bất khả thi. Theo lý thuyết này, các màng là nơi cư ngụ bắt buộc của các dây: các dây không thể di chuyển tùy ý, mà bị hạn chế trên bề mặt của các màng với hai đầu mút bị giữ ở đó. Mà chính các dây (hay chính xác hơn là dao động của các dây) tạo ra các hạt sơ cấp truyền các lực cơ bản - như photon, hạt ánh sáng truyền lực điện từ - các hạt này (trừ graviton truyền lực hấp dẫn ra như ta sẽ thấy) cũng sẽ bị hạn chế trên các màng. Chúng bị cấm phiêu lưu ra bên ngoài.

Tới mức ngay cả khi tồn tại các vũ trụ màng song song chỉ cách vũ trụ của chúng ta vài phần mm, ta cũng sẽ không bao giờ có thể biết bởi ta không thể trao đổi thông tin với chúng thông qua các hạt ánh sáng được. Chúng sẽ vĩnh viễn nằm ngoài tầm với của chúng ta.

Tình huống này là hoàn toàn khác với lực hấp dẫn được truyền bởi một hạt giả thuyết là “graviton”. Khác với các hạt khác (như photon) là kết quả dao động của các dây và có spin bằng 1, graviton có spin bằng 2. Trường hợp này xảy ra khi graviton là kết quả dao động không phải của một mà là hai dây tạo thành một vòng kín. Mà một vòng thì không có đầu tự do nên không thể gắn với bề mặt của màng được. Do đó, nó không bị giữ lại và có thể tự do di chuyển đến bất cứ đâu, từ màng này sang màng khác. Về nguyên tắc hấp dẫn là lực duy nhất cho phép ta rời khỏi bề mặt của màng và thăm dò các thế giới ở ngoài không gian ba chiều. Nếu như các chiều phụ thực sự tồn tại, và nếu như đối với các màng chúng là lớn hơn đáng kể so với các dây⁽⁵⁴⁾, thì có khả năng sẽ phát hiện ra được một sự tăng nhẹ của lực hấp dẫn ở các thang nhỏ hơn 10^{-4} cm. Điều này cho phép tính đến khả năng không chỉ tồn tại các chiều phụ mà còn là chúng ta đang sống trên một màng!

54. Các chiều phụ của các màng có thể đạt tới kích thước một phần mười nghìn (10^{-4} cm); xem Brian Green, *The Hidden Reality: Parallel Universes and the Deep Laws of the Cosmos* (Thực tại ẩn: Các vũ trụ song song và các định luật của vũ trụ)

Đa vũ trụ màng và nguyên lý vị nhân

Nếu như ta chấp nhận kịch bản một đa vũ trụ màng rộng lớn, thì có hai câu hỏi được đặt ra: trong số 10^{500} vũ trụ màng khả dĩ của đa vũ trụ, làm thế nào mà chúng ta lại sống trong một vũ trụ có một cấu hình hình học và một năng lượng chân không đặc biệt như thế? Thế còn các cấu hình khác thì sao? Để trả lời cho các câu hỏi này, nhà vật lý người Mỹ Steven Weinberg đã dùng tới một lập luận kiểu “vị nhân”. Theo đó, các tính chất của vũ trụ phải tương thích với sự tồn tại của chúng ta. Cũng tương tự như sự sống của con người không thể xuất hiện trên bề mặt nóng bỏng của Thủy tinh hay Kim tinh, hay trên bề mặt đầy khí của Mộc tinh hay Thổ tinh, nó cũng không thể xuất hiện trong một vũ trụ có năng lượng chân không quá dương. Lực hấp dẫn đẩy quá lớn của nó sẽ gây ra một sự giãn nở mạnh tới mức không vật chất nào có thể kết hợp lại để tạo ra các ngôi sao, nơi sinh ra các nguyên tố nặng cần thiết cho sự xuất hiện của sự sống và ý thức. Cũng như vậy, nó không thể xuất hiện trong một vũ trụ có năng lượng chân không quá âm. Lực hấp dẫn hút khổng lồ của nó sẽ gây ra, chỉ trong một khoảng thời gian tương đối ngắn, sự co sập lại của vũ trụ tạo thành một big crunch, ngăn cản sự hình thành của các ngôi sao, các nguyên tố nặng, cũng tức là của sự sống và ý thức. Vũ trụ chỉ có thể chứa sự sống và ý thức nếu như năng lượng chân không chỉ hơi lớn hơn 0. Trong 10^{500} vũ trụ khả dĩ, chỉ vũ trụ của chúng ta là có những điều kiện cần thiết, điều đó giải thích tại sao chúng ta có mặt hiện nay và đặt ra các câu hỏi này về vũ trụ. Tất cả các vũ trụ khác đều cần cỗi, hoàn toàn không có sự sống và ý thức.

Lý thuyết dây và các vũ trụ toàn ảnh song song

Lý thuyết dây còn đi xa hơn nữa với các vũ trụ song song: nó không chỉ cho chúng ta khái niệm về một đa vũ trụ màng rộng lớn, mà còn đưa ra thêm khái niệm các vũ trụ toàn ảnh song song.

Để hiểu được khái niệm này, ta cần phải biết toàn ảnh là gì. Nếu ta muốn nắm được nguyên lý, hãy so sánh nó với một bức ảnh thông thường. Để chụp, cần có một thấu kính - của máy ảnh - để làm hội tụ các tia sáng tới một màn thu điện tử (*electronic detector*) và tạo trên đó một hình ảnh. Mỗi điểm của đối tượng chụp tương ứng với một điểm duy nhất trên ảnh và ngược lại. Với một bức ảnh bình thường, chỉ các thông tin về màu sắc và cường độ sáng của mỗi điểm trên vật là được ghi lại. Còn thông tin liên quan tới các pha của sóng ánh sáng sẽ bị mất. Điều này có nghĩa là nếu như một phần của màn thu bị lỗi, thì phần hình ảnh tương ứng của vật sẽ bị mất đi vĩnh viễn. Tình huống hoàn toàn khác hẳn với một hình ảnh toàn ký. Ảnh này được tạo xuất phát từ một chùm laser được chia làm hai: một phần, gọi là “chùm vật”, được chiếu về phía vật cần chụp và sẽ phản xạ lại từ vật về màn thu; còn phần kia, gọi là “chùm tựa” (quy chiếu), được phản xạ bởi một chiếc gương và tới trực tiếp màn thu, chứ không bao giờ gặp vật. Khi tương tác với nhau hai chùm laser này sẽ tạo ra các vân giao thoa được ghi lại bởi màn thu. Hình giao thoa chẳng có gì giống với vật ban đầu hết. Nó khiến ta liên tưởng tới mặt hồ khi ta ném vài viên đá xuống, với rất nhiều các sóng tròn đồng tâm cắt nhau. Tuy nhiên, hình ảnh xuất hiện không đầu không đuôi này lại chứa

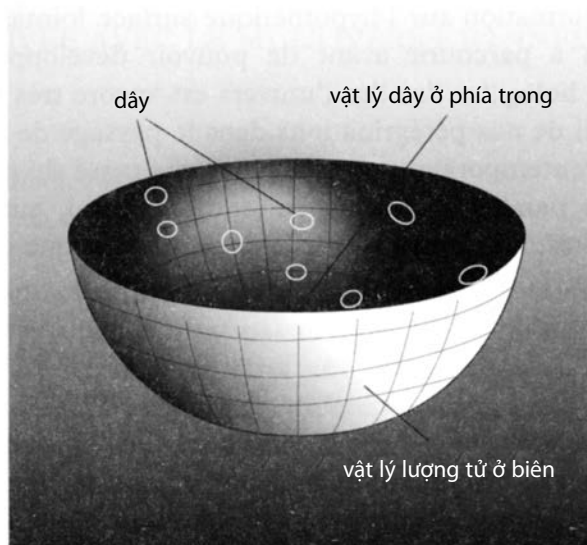
tất cả các thông tin về pha của các sóng ánh sáng, cần thiết cho sự tái tạo lại vật thể trong ba chiều. Nó có vai trò như một “âm bản” của một bức ảnh thông thường. Khi hình ảnh giao thoa này được chiếu sáng bởi một chùm laser, vật thể sẽ xuất hiện trong không gian ba chiều, lơ lửng trên không như có ma thuật. Ảnh toàn ký trình hiện một khía cạnh thực đến kỳ lạ: bạn có thể đi xung quanh nó và nhìn thấy những phần của vật thể mà ta không thấy được khi nhìn trực diện, giống như với một vật thật vậy. Chỉ khi bạn muốn sờ vào nó thì tay của bạn xuyên qua ảnh, như không có gì ở đó cả, bạn mới thấy nó không phải là vật chất mà chỉ là một bức ảnh.

Còn kì lạ hơn bản chất phi vật chất của chúng, các bức ảnh toàn ký này có một tính chất khác rất đáng kinh ngạc: mỗi một phần của bức toàn ảnh đều chứa toàn bộ thông tin về toàn bộ bức ảnh đó. Điều này hoàn toàn không có đối với một bức ảnh thông thường. Chẳng hạn, nếu như một phần của màn thu điện tử bị lỗi - ví dụ như phần ghi lại hình ảnh của cánh tay bạn - bức ảnh thông thường sẽ cho thấy bạn bị thiếu tay. Trái lại, nếu có ai đó lấy đi một phần của bức ảnh giao thoa “âm bản”, và nếu như bạn chiếu phần còn lại bằng một chùm laser, bạn sẽ nhận được không phải một phần của bức toàn ảnh mà vẫn là nguyên vẹn toàn bộ, mặc dù độ sáng có bị giảm đi và với các phối cảnh hạn chế hơn. Điều này là do với một bức toàn ảnh, không tồn tại một mối quan hệ duy nhất, như trong âm bản thông thường, giữa một phần của tấm ảnh và một phần của âm bản. Toàn bộ khung cảnh được ghi lại ở mọi điểm trên âm bản của bức toàn ảnh. Nói một cách khác, mỗi phần của bức toàn ảnh đều chứa toàn thể.

Ý tưởng vũ trụ tuân theo một nguyên lý toàn ảnh đã được nhà vật lý người Hà Lan Gerard't Hooft (sinh năm 1946) đưa ra lần đầu tiên vào năm 1993. Cảm hứng này lấy từ phát hiện của nhà vật lý người Anh Stephen Hawking (sinh năm 1942) và nhà vật lý người Israel Jacob Bekenstein (sinh năm 1947) rằng khả năng lưu trữ thông tin (đo bằng đại lượng có tên là “entropy”) của một lỗ đen được xác định không phải bởi thể tích ba chiều bên trong của nó mà bởi bề mặt hai chiều của nó. Tương tự, 't Hooft nói rằng thông tin cần thiết để làm vận hành thế giới ba chiều không gian mà chúng ta đang sống trong đó cũng sẽ được ghi trên một bề mặt hai chiều bao quanh thế giới đó. Nói một cách khác, vũ trụ chỉ là một phép chiếu toàn ảnh các quá trình vật lý diễn ra lên một bề mặt xa xôi hai chiều bao quanh toàn bộ vũ trụ (xem hình dưới). Tình huống này cũng tương tự như một bức tranh giao thoa hai chiều chứa tất cả các thông tin cần thiết để xây dựng một bức toàn ảnh ba chiều. Mọi kinh nghiệm trong vũ trụ chúng ta - như đi xem phim, thưởng thức một bữa ăn ngon, giải các phương trình toán học hay chiêm ngưỡng bầu trời - sẽ được liên kết chặt chẽ với các kinh nghiệm tương ứng xảy ra trong một vũ trụ song song có ít chiều không gian hơn. Thực tại quen thuộc của chúng ta sẽ có một cái bóng đôi y hệt trong một thế giới khác.

Ý tưởng này đã được đón nhận một cách đầy hoài nghi cho tới năm 1998. Vào năm đó, nhà vật lý người Argentina Juan Maldacena (sinh năm 1968) bằng cách áp dụng lý thuyết dây vào một vũ trụ có dạng đặc biệt - khác với vũ trụ của chúng ta nhưng có các tính chất dễ tính toán hơn, - bằng toán học,

đã phát hiện ra sự tồn tại một nguyên lý toàn ảnh kết nối phần bên trong của vũ trụ này với biên của nó, biên này là một bề mặt không thể xuyên qua bao quanh phần bên trong của vũ trụ đó. Cũng như mọi điểm “âm bản” của một bức toàn ảnh (hình giao thoa) chứa toàn bộ thông tin cho phép tái tạo lại toàn thể bức ảnh, mọi quá trình xảy ra bên trong vũ trụ do Maldacena nghiên cứu được chi phối bởi các định luật vật lý ngự trị trên bề mặt của vũ trụ đó. Nói một cách khác, ông đã tìm thấy một mối liên kết tường minh giữa các hiện tượng vật lý xảy ra trong một vùng đa chiều và các hiện tượng xảy ra ở biên với ít chiều không gian hơn.



Nguyên lý toàn ảnh của vũ trụ, xuất phát từ lý thuyết dây, nói rằng thông tin cần thiết (chẳng hạn, như các định luật của cơ học lượng tử) để làm vận hành thế giới mà ta đang sống trong đó (và là kết quả của sự dao động của các dây) sẽ được ghi trên bề mặt hai chiều bao quanh thế giới này.

Ý tưởng về vũ trụ toàn ảnh song song có vẻ như đã tìm được một cơ sở toán học vững chắc trong lý thuyết dây. Nhưng liệu chúng ta có hoàn toàn chắc chắn rằng nguyên lý toàn ảnh là thực sự vận hành và theo nó mọi hiện tượng xảy ra trong tự nhiên đều có một cái bóng đôi chính xác với nó trên một bề mặt xa xôi bao quanh vũ trụ? Nhiều câu hỏi khác nữa hiện vẫn còn chưa được giải đáp. Do toán học ở đây là cực kỳ khó, nên các lập luận chưa thật vững chắc như người ta muốn. Chẳng hạn, vũ trụ được nghiên cứu bởi Maldacena có một dạng khác với vũ trụ của chúng ta, nên cần tiến tới chứng minh được rằng nguyên lý toàn ảnh cũng áp dụng được cho dạng vũ trụ của chúng ta. Hơn nữa, chúng ta cũng không may mắn có một ý niệm gì về cơ chế lưu trữ thông tin trên bề mặt xa xôi giả định đó. Con đường còn phải đi trước khi có thể phát triển một lý thuyết toàn ảnh về vũ trụ vẫn còn rất xa vời!

Trong quá trình khám phá khung cảnh của vật lý hiện đại, chúng ta đã không ngừng thấy các vũ trụ song song, đôi khi với số lượng vô hạn, xuất hiện ở mọi phía. Liệu các vũ trụ song song này có liên quan gì tới thực tại của thế giới không?

VII

Sống cùng với đa vũ trụ và vô hạn

Đa vũ trụ không thể trực tiếp quan sát được

Như vậy, các lý thuyết vật lý hiện nay nói với chúng ta rằng vũ trụ của chúng ta không phải là duy nhất, nó chỉ là một trong rất nhiều hay vô số các vũ trụ khác, mỗi vũ trụ đều có các đặc tính khác nhau, với các tổ hợp điều kiện đầu và các hằng số vật lý riêng, có thể hoặc không chứa sự sống và ý thức. Tập hợp các vũ trụ song song này tạo thành cái mà người ta gọi là “đa vũ trụ”.

Đa vũ trụ đầu tiên mà ta đã gặp ra đời từ một sự giải thích rất đặc biệt và kỳ lạ của cơ học lượng tử. Mục tiêu là để đưa ra một phiên bản của cơ học lượng tử không còn đặc tính xác suất nữa do trường phái Copenhagen (mà thủ lĩnh là Niels Bohr) đưa ra và để tránh các tình huống lạ lùng như chú mèo treo lơ lửng giữa sự sống và cái chết. Hugh Everett, tác giả của phiên bản này, đã muốn thổi vào cơ học lượng tử một đặc tính thực

tế và tất định. Đó là lý thuyết mang tên “vũ trụ phân nhánh”: vũ trụ sẽ tự phân chia thành nhiều phiên bản tùy theo số lựa chọn và khả năng. Và chúng ta cũng được nhân đôi mỗi khi vũ trụ nhân đôi.

Đa vũ trụ thứ hai mà ta gặp là đa vũ trụ lạm phát. Trong kịch bản này, một quá trình pha loãng không gian đến chóng mặt đã tạo ra không chỉ “vũ trụ bong bóng” của chúng ta mà còn vô số các vũ trụ bong bóng khác tản mát trong một siêu vũ trụ rộng lớn.

Cuối cùng, đa vũ trụ thứ ba mà ta gặp là đa vũ trụ màng. Lý thuyết dây - và phiên bản mở rộng của nó là lý thuyết màng - đã cố gắng thống nhất lực hấp dẫn với các lực cơ bản còn lại thành một siêu lực duy nhất, gợi ý rằng ta đang sống trên bề mặt của một màng. Trong lý thuyết này, big bang chỉ là một giai đoạn trong một chu kỳ không có hồi kết của các va chạm khổng lồ giữa vũ trụ màng của chúng ta với các vũ trụ màng song song khác. Một điều kỳ lạ hơn nữa là do sự gần như vô hạn của các dạng mà các chiều phụ thiết yếu cho lý thuyết có thể có, vũ trụ của chúng ta không chỉ là không có mở đầu cũng như không có kết thúc mà còn chỉ là một trong 10^{500} vũ trụ khác! Thú vị hơn nữa, lý thuyết dây gợi ý rằng cũng tồn tại một nguyên lý gọi là toàn ảnh, theo nó, tất cả các sự kiện xảy ra trong vũ trụ chỉ là ảnh phản chiếu của các sự kiện diễn ra trên một bề mặt bao quanh nó, và như thế làm nhân đôi số các vũ trụ song song của đa vũ trụ màng.

Nên nghĩ thế nào về khái niệm “đa vũ trụ”? Nó đã gây nên một cuộc tranh luận sôi nổi làm chia rẽ cộng đồng khoa học.

Thực vậy, khái niệm này có một điểm yếu nghiêm trọng nhất trong khoa học: nó không thể được kiểm chứng một cách trực tiếp, ít nhất là với hiện trạng tri thức của chúng ta. Với các kính thiên văn hiện tại, ta chỉ có thể quan sát được vũ trụ của mình. Việc tiếp cận tới các vũ trụ song song khác là bất khả. Chúng mãi mãi nằm ngoài tầm quan sát trực tiếp của các dụng cụ của chúng ta. Các kính thiên văn chỉ có thể nhìn thấy trong mặt hình cầu chân trời 47 tỉ năm ánh sáng - cái được gọi là “vũ trụ quan sát được” - và không thể xa hơn. Tại sao lại có một giới hạn như thế? Nó chắc chắn không phải do hạn chế về mặt công nghệ - về nguyên tắc, ta có thể xây dựng được các kính thiên văn ngày càng lớn, nhìn được những cái ngày càng sáng “yếu hơn”, tức là đồng thời vừa xa hơn vừa sớm hơn (ít nhất là cho tới năm 380.000 sau big bang, bởi trước đó vũ trụ là không trong suốt và ánh sáng không thể lan truyền qua được) - mà vì ánh sáng của các thiên hà xa hơn khoảng cách đó không có đủ thời gian để tới được chúng ta trong suốt 13,7 tỷ năm tuổi của vũ trụ. Các vũ trụ phân nhánh, các vũ trụ bong bóng của đa vũ trụ lạm phát và khung cảnh các màng sẽ vĩnh viễn nằm ngoài khả năng quan sát trực tiếp.

Nếu đúng như thế, liệu ta có thể coi khái niệm đa vũ trụ là một khái niệm khoa học không? Nếu ta không bao giờ có thể kiểm chứng được rằng nó phù hợp với tự nhiên, và nếu như nó không thể quan sát được một cách trực tiếp, thì phải chăng đây là một khái niệm siêu hình? Ở đây các nhà khoa học cũng bị chia rẽ thành nhiều phe. Một số nghĩ rằng niềm tin vào một đa vũ trụ cũng giống như việc theo một tôn giáo: đó là một niềm

tin không bao giờ được dựa trên một bằng chứng thực nghiệm nào. Một số khác chọn lập trường trung dung: họ nghĩ rằng đa vũ trụ là một khái niệm có ích, mặc dù không kiểm chứng được, nhưng nó cho phép ta tiến lại gần hơn với chân lý tối thượng. Những người khác nữa lại cho rằng khái niệm đa vũ trụ, do nhiều lý thuyết độc lập nhau đưa ra, là hiển nhiên tới mức không hiểu tại sao lại không được toàn bộ cộng đồng khoa học chấp nhận. Họ nói rằng khái niệm đa vũ trụ có thể giúp chúng ta đặt ra một cách khác những câu hỏi quan trọng đã ám ảnh các nhà khoa học nhiều thập kỷ nay. Mà trong khoa học, đặt ra được các câu hỏi đúng thường cũng quan trọng không kém việc kiểm chứng các câu trả lời được đưa ra.

Một lý thuyết không nhất thiết phải được kiểm chứng tới từng góc ngách

Tuy nhiên, chúng ta có thể đặt ra câu hỏi: nếu như đa vũ trụ là không thể quan sát được một cách trực tiếp, thì liệu có thể tồn tại những phương pháp gián tiếp để suy ra sự tồn tại của nó hay không? Xét cho cùng, để kiểm chứng một lý thuyết, phương pháp khoa học không đòi hỏi mọi phương diện của nó phải được kiểm chứng. Theo mức độ phát triển của khoa học, con người đã có thể bù cho đôi mắt bằng các công cụ ngày càng tinh vi để khám phá thế giới vô cùng lớn và vô cùng bé, vật lý đã rời xa những thứ trong cuộc sống mà ta có thể cảm nhận trực tiếp bằng các giác quan. Điều này làm cho việc kiểm chứng bằng quan sát và thực nghiệm ngày càng trở nên khó khăn hơn. Lý thuyết vạn vật hấp dẫn của Newton ở thế kỷ 17 nói về các khái

niệm cụ thể và các vật hàng ngày. Với nó ta có thể tiên đoán và kiểm chứng bằng quan sát trực tiếp vị trí và vận tốc của các vật quen thuộc như quả táo rơi từ cây, quả bóng ném lên không, quả đạn bắn ra từ khẩu pháo hay các thiên thể ở gần như Mặt Trăng và các hành tinh. Thế nhưng theo thời gian, vật lý đã dần dần rời xa cuộc sống thường nhật để trở nên trừu tượng hơn rất nhiều. Một trong những bước đầu tiên tiến tới trừu tượng hóa là vào thế kỷ 19, James Maxwell đã chứng minh được rằng ánh sáng chỉ là một loại sóng điện từ truyền trong không gian, tạo thành các “trường điện từ”. Mặc dù mắt chúng ta nhạy cảm với ánh sáng nhìn thấy được, nhưng ta không thể nói rằng ta đã nhìn thấy các “trường” đó. Nhưng do ta tạo ra được các dụng cụ tinh vi phát hiện ra chúng, và bởi vì ta thấy rằng vô số các thiết bị điện tử quanh ta - như máy thu thanh, tivi, điện thoại di động... - đều hoạt động “ngon lành” dựa trên khái niệm trường điện từ này, nên ta tin vào lý thuyết của Maxwell. Ta nghĩ rằng nó phù hợp với tự nhiên và ta đứng là tấm mình trong một đại dương sóng điện từ.

Vào thế kỷ 20, thuyết tương đối rộng của Einstein đã làm ta vượt thêm một bước nữa tiến tới sự trừu tượng hóa. Lý thuyết này thống nhất không gian và thời gian mà Newton nghĩ rằng đó là hai thực thể hoàn toàn riêng rẽ. Một lần nữa, ta không thể nói rằng ta “cảm nhận” được mình đang sống trong một *continuum* không thời gian bốn chiều, nhưng ta tin vào khái niệm đó bởi vì thuyết tương đối đã tiên đoán một số động thái của thời gian và đã được kiểm chứng. Ví dụ, thuyết tương đối hẹp nói rằng với các vận tốc gần với vận tốc ánh sáng, thời gian sẽ trôi chậm

lại. Sự trôi chậm này càng lớn khi vận tốc càng lớn. Một giây có thể dài như vô tận nếu như bạn di chuyển đủ nhanh. Chẳng hạn, tăng tốc tới 99,99% tốc độ ánh sáng thì một giây thành 1,18 phút! Đi với vận tốc bằng 99,9999999% vận tốc ánh sáng thì 1 giây thành 6,2 giờ. Bạn chắc sẽ nhủ thầm rằng những điều này hay đấy nhưng việc di chuyển với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng là điều không thể do đó mọi kiểm chứng thực nghiệm chỉ là ảo tưởng. Thế nhưng bạn đã nhầm to! Sự giãn nở thời gian đã được kiểm chứng nhiều lần, chẳng hạn như trong hành vi của các “tia vũ trụ”. Đó là các chùm hạt năng lượng rất cao tới từ không gian và liên tục bắn phá Trái Đất. Chúng là kết quả của cái chết của các ngôi sao nặng (gấp hàng chục lần khối lượng Mặt Trời) trong dải Ngân Hà, và trong cơn giây chết bùng nổ, gọi là sao siêu mới, đã phóng chúng ra với tốc độ rất cao xuyên qua không gian. Một số hạt có năng lượng cực kỳ lớn này tới được Trái Đất, va chạm với các hạt nhân nguyên tử trong thượng tầng khí quyển. Các hạt nhân này sẽ bị vỡ thành hàng nghìn mảnh, tạo thành một cơn mưa các mảnh vỡ hạ nguyên tử rơi xuống mặt đất. Đa số các mảnh vỡ này có một cuộc sống rất ngắn ngủi và sẽ bị phân rã rất sớm trước khi tới được bề mặt hành tinh chúng ta. Thế nhưng các hạt có tên gọi là “muon” lại có thể sống sót khá lâu để tới được mặt đất và làm cho các máy đếm Geiger kêu tí tách. Một vết để đặt ra là: hạt muon vốn cực kỳ không bền, có chu kỳ bán rã chỉ là 2 micro giây⁽⁵⁵⁾. Như vậy số các hạt muon sẽ giảm rất nhanh chóng và về 0 sau một thời

55. Điều này có nghĩa là số các hạt muon sẽ giảm một nửa sau mỗi 2 micro giây!

gian ngắn. Nhưng trong 2 micro giây ánh sáng mới đi được 600m. Các hạt muon di chuyển chậm hơn tốc độ của ánh sáng sẽ đi được một khoảng cách còn ngắn hơn nữa. Như vậy làm sao chúng có thể sống đủ lâu để vượt qua 20km không khí để tới được chúng ta? Ta có thể dễ dàng giải thích điều này như sau: do các hạt muon di chuyển với tốc độ gần với tốc độ ánh sáng, thời gian sống của chúng đo bởi đồng hồ trên mặt đất sẽ giãn nở khá nhiều - khoảng 1000 lần - và điều này cho phép chúng sống đủ lâu để tới được máy đếm Geiger trên mặt đất.

Các hạt muon không phải là hạt duy nhất có cuộc sống được kéo dài thêm. Các hạt cơ bản được phóng hết tốc lực trong lòng máy LHC, máy gia tốc hạt của CERN, cũng có thời gian sống được kéo dài thêm, và luôn với một tỷ lệ đúng như tiên đoán của thuyết tương đối của Einstein.

Chắc là bạn vẫn còn nghi ngờ: dưới mắt bạn mọi thứ vẫn còn quá trừu tượng! Các nhà vật lý vẫn nói nhiều về sự giãn nở thời gian của các hạt cơ bản không thể thấy trực tiếp bằng các giác quan của chúng ta, bạn sẽ chỉ được thuyết phục nếu như thấy được thời gian của các vật gắn gũi với kinh nghiệm hàng ngày của chúng ta - như đồng hồ chẳng hạn - bị kéo dài hay chậm lại khi chúng chuyển động. Và thí nghiệm này đúng là đã được thực hiện vào năm 1971 bởi hai nhà vật lý người Mỹ. Họ đã mang theo đồng hồ nguyên tử có độ chính xác cực cao lên các máy bay dân dụng. Bốn chiếc lên một máy bay phản lực bay về hướng đông, bốn chiếc khác bay về hướng tây. Kết thúc hành trình, thời gian của các đồng hồ đã bay được so sánh với thời gian của đồng hồ ở trên mặt đất. Đúng như Einstein đã dự đoán,

ta thấy có sự khác biệt về thời gian: do các máy bay dân dụng chỉ bay với tốc độ nhỏ hơn một phần triệu vận tốc ánh sáng, các khác biệt này là rất nhỏ, khoảng một phần triệu giây mỗi ngày bay. Sự sai khác nhỏ xíu này về thời gian không thể nhìn thấy được trên mặt số của đồng hồ bình thường nhưng hoàn toàn có thể phát hiện được bởi các đồng hồ nguyên tử - và đây cũng chính là ích lợi của chúng. Người ta thấy rằng các đồng hồ bay về phía đông chậm hơn các đồng hồ ở trên mặt đất 59 phần tỷ giây, và các đồng hồ bay về phía tây chạy nhanh hơn 273 phần tỷ giây. Sự khác biệt này là do Trái Đất quay từ tây sang đông. Điều này cũng làm cho thời gian giãn nở. Nhưng khi loại bỏ sự giãn nở này, ta thấy rằng thời gian của các đồng hồ được mang theo máy bay đã chậm lại đúng theo tỷ lệ dự đoán của Einstein. Việc đo đạc trực tiếp được sự giãn nở của thời gian đã khiến ta tin tưởng vào thuyết tương đối (hẹp). Nếu ta chấp nhận các định đề cơ bản của nó (như vận tốc ánh sáng là hằng số bất kể chuyển động của người quan sát), thì toán học sẽ tiên đoán cho chúng ta các hiện tượng có thể kiểm chứng bằng thực nghiệm, và thuyết phục được chúng ta về sự đúng đắn của nó.

Một điều rất đáng ngạc nhiên nữa là các phương trình của thuyết tương đối rộng tiên đoán sự tồn tại của các thiên thể có lực hấp dẫn lớn tới mức ánh sáng không thể thoát ra: đó chính là các lỗ đen. Ngay cả Einstein với tư tưởng cách mạng như thế cũng không chấp nhận kết quả kỳ cục này của chính lý thuyết của mình. Ông nghĩ rằng các phương trình đã mất hiệu lực khi hấp dẫn trở nên vô cùng lớn. Đối với ông, tự nhiên sẽ phải khéo léo để tránh cho chúng ta sự tồn tại của các vật thể kỳ cục như

thế. Nhưng ông đã nhầm. Các lỗ đen thực sự tồn tại. Các nhà thiên văn đã tìm thấy chúng như là xác các ngôi sao nặng trong dải Ngân Hà hay nằm ở tâm của các thiên hà. Một lỗ đen siêu nặng khoảng 4 tỷ lần khối lượng Mặt Trời ngự trị ở ngay tâm của thiên hà chúng ta (Ảnh màu 37). Nếu như bạn rơi vào một lỗ đen và vượt qua bán kính không thể quay lui, bạn sẽ không bao giờ thoát khỏi đó được nữa. Chuyển du hành sẽ chỉ có một chiều! Bạn không thể liên lạc được với thế giới bên ngoài bởi vì ngay cả các sóng vô tuyến cũng không thể thoát được ra bên ngoài: lỗ đen có tác dụng như là một sự kiểm duyệt vũ trụ. Nhưng ngay cả khi ta không thể tiến hành bất kỳ một quan sát trực tiếp nào đối với bên trong một lỗ đen, thì ta cũng không thể nói bên trong này là không tồn tại. Mà trái lại, ta tin rằng nó thực sự tồn tại và nó được mô tả một cách chính xác bởi các phương trình của thuyết tương đối rộng mà ta đã tin tưởng tuyệt đối⁽⁵⁶⁾, bởi chúng đã được kiểm chứng bằng thực nghiệm trong nhiều bối cảnh khác nhau. Quan sát trực tiếp còn gây ra nhiều vấn đề hơn trong cơ học lượng tử, vật lý mô tả thế giới nguyên tử và hạ nguyên tử. Một trong những điều kỳ cục của lý thuyết này, tới mức thách thức cả lẽ phải thông thường, là vật chất và ánh sáng đều có bản chất lưỡng tính: nó có thể vừa là sóng vừa là hạt. Như vậy, trước hành động đo, vị trí của một electron có thể được mô tả bằng một sóng xác suất. Ví dụ, electron có một xác suất 80% ở đây và 20% ở kia. Nó có dạng sóng. Chỉ khi sau

56. Trừ điểm kỳ dị hấp dẫn (*gravitational singularity*) (vùng không thời gian tại đó một số đại lượng mô tả trường hấp dẫn là vô cùng lớn) nơi các phương trình của thuyết tương đối rộng mất hiệu lực.

hành động đo, nó mới lấy dạng hạt. Nói một cách khác, quan sát đã làm biến đổi thực tại và tạo ra một thực tại mới. Nói về một thực tại “khách quan” của electron, một thực tại tồn tại mà ta không quan sát được là một điều vô nghĩa vì ta không bao giờ có thể nắm bắt được nó. Mọi cố gắng nắm bắt thực tại khách quan đều có một kết cục thất bại ê chề. Thực tại luôn bị thay đổi và biến thành một thực tại “chủ quan” phụ thuộc vào người quan sát và dụng cụ đo của anh ta. Như vậy, các nguyên tử tạo thành một thế giới của các tiềm năng hay giả thuyết hơn là của các sự vật và sự việc. Vật lý lượng tử xa rời hoàn toàn chủ nghĩa hiện thực duy vật. Thực tại “khách quan” của thế giới nguyên tử luôn nằm ngoài tầm với của chúng ta. Tuy nhiên, bất chấp tình huống bất lợi như thế, chúng ta vẫn tin vào cơ học lượng tử: đó là một lý thuyết phù hợp với tự nhiên, bởi nó mô tả được các hiện tượng gián tiếp đã được kiểm chứng bởi thực nghiệm. Chẳng hạn, tivi hay dàn âm thanh của bạn có thể hoạt động được chính là do cơ học lượng tử - cơ sở của các máy móc đó - là một lý thuyết “ngon lành”.

Như vậy, vật lý đã trượt dần từ những thứ cụ thể sang trừu tượng, từ những thứ tiếp cận được sang không tiếp cận được. Đối với các lý thuyết như thuyết tương đối hay cơ học lượng tử, quan sát trực tiếp không còn là cách để phán xét về kiến trúc của chúng mà chính là khả năng giải thích các hiện tượng gián tiếp liên quan tới lý thuyết đó. Trong trường hợp này, để tin rằng lý thuyết là đúng đắn, không cần mọi khía cạnh của nó phải được kiểm chứng. Chỉ cần một số phương diện khác nhau và đa dạng của lý thuyết được kiểm chứng là đủ.

Liệu chúng ta có thể áp dụng ngay lập luận này với đa vũ trụ được không? Ngay cả khi ta không thể quan sát nó một cách trực tiếp, liệu có tồn tại các hiện tượng gián tiếp liên quan tới khái niệm này có thể được kiểm chứng bởi quan sát?

Một khái niệm không thể kiểm chứng hay không thể chứng minh là sai liệu có thể có tính khoa học?

Để hiểu rõ hơn, hãy xem xét một số kịch bản gợi ý về sự tồn tại của một đa vũ trụ. Chúng ta đã thấy rằng lý thuyết dây tiên đoán một khung cảnh hết sức dồi dào các vũ trụ song song, và đó là do giả thuyết về các chiều phụ không gian (ít nhất là 7) thiết yếu đối với lý thuyết đó. Các chiều phụ này có thể được thể hiện bởi năng lượng bị hao hụt và về nguyên tắc, có thể sẽ phát hiện được. Và việc phát hiện ra sự thiếu hụt năng lượng đó sẽ là một bằng chứng xác nhận sự tồn tại của các chiều phụ, và cũng tức là kiểm chứng lý thuyết dây và sự tồn tại khả dĩ của một đa vũ trụ.

Một tiên đoán khác của lý thuyết dây là sự tồn tại của các hạt siêu đối xứng. Máy LHC có thể sẽ kiểm chứng được một số các hạt này.

Còn về các vũ trụ màng, các thế giới song song xuất hiện trong lý thuyết, chúng có thể biểu hiện bằng một lực hấp dẫn mạnh hơn, với điều kiện chúng ta có thể thám hiểm được các kích thước không gian nhỏ hơn một micron.

Lý thuyết dây cũng liên quan tới ý tưởng về một nguyên lý toàn ảnh vận hành trong vũ trụ, với hệ quả là tồn tại của một

đa vũ trụ chứa các vũ trụ toàn ảnh song song. Sử dụng nguyên lý toàn ảnh này, các nhà vật lý đã có thể tính toán được các tính chất của cái gọi là “plasma của quark và gluon”, tức là một vật chất siêu nóng có nhiệt độ đạt tới vài nghìn tỷ (10^{12}) độ, tức là cao hơn gấp 200.000 lần nhiệt độ ở tâm Mặt Trời. Những tính toán này có vẻ như phù hợp với các đo đạc thực hiện trong lòng các máy gia tốc hạt.

Thế còn các vũ trụ bong bóng của đa vũ trụ lạm phát? Liệu có các phương pháp gián tiếp nào phát hiện ra chúng không? Có những kịch bản trong đó sự giãn nở của các vũ trụ bong bóng lại lớn hơn không gian ngăn cách chúng, tức là chúng lớn lên nhanh hơn so với dịch chuyển ra xa nhau. Điều này sẽ gây ra những va chạm dữ dội giữa các vũ trụ bong bóng đó và phá hủy mọi cấu trúc nội tại của chúng. Những sự kiện kiểu này tất nhiên là có thể không tốt cho chúng ta lắm nếu như chúng ta ở chính một trong các vũ trụ bong bóng đó! Nhưng cũng có khả năng tồn tại những va chạm nhẹ nhàng hơn, với những hậu quả ít nghiêm trọng hơn. Khi đó sẽ xuất hiện một sóng xung kích lan truyền trong vũ trụ bong bóng của chúng ta. Nếu như nó không hủy hoại ta, thì sẽ để lại những dấu vết trong bức xạ hóa thạch dưới dạng các thăng giáng nhiệt độ mà các nhà thiên văn có thể sẽ phát hiện ra.

Thế còn đa vũ trụ của các vũ trụ phân nhánh trong cơ học lượng tử thì sao? Sự kiểm chứng bằng thực nghiệm ở đây sẽ khó khăn hơn nhiều: làm thế nào để kiểm nghiệm ý tưởng vũ trụ nhân đôi mỗi khi có sự lựa chọn hay quyết định? Làm thế nào kiểm chứng được rằng chúng ta bị nhân đôi, rằng thể xác

và linh hồn của chúng ta được nhân đôi vào những lúc đó mà ta không hề ý thức được?

Ngay cả khi chấp nhận rằng ta có thể phát hiện bằng thực nghiệm một số các hiện tượng mô tả ở trên, thì liệu có thể khẳng định chắc chắn về sự tồn tại của một đa vũ trụ? Liệu ta có thể coi rằng sự tồn tại của các vũ trụ song song là đã được chứng minh? Tôi rất nghi ngờ điều đó. Bởi vì, thật không may, cách giải thích cho từng sự kiện quan sát được đó không phải là duy nhất. Còn có nhiều cách giải thích hợp lý khác, mà không liên quan gì tới lý thuyết đa vũ trụ, dù kịch bản nào được xem xét đi nữa. Chẳng hạn, nếu ta phát hiện thấy sự thăng giáng bất thường về nhiệt độ của bức xạ hóa thạch, làm thế nào ta chắc chắn được rằng chúng là do sự va chạm của các vũ trụ bong bóng thay vì các sự kiện mãnh liệt khác trong vũ trụ? Còn về các vũ trụ phân nhánh, ta đã thấy rằng chúng ra đời từ ý tưởng “Chúa không chơi trò xúc xắc”, như Einstein đã nói. Nhưng ta cũng đã thấy rằng phiên bản xác suất của cơ học lượng tử “vận hành” rất hoàn hảo: nó có thể giải thích thế giới nguyên tử và hạ nguyên tử với một độ chính xác rất cao mà chưa bao giờ phải cần tới các vũ trụ phân nhánh cả! Khả năng cùng một tập hợp các sự kiện và quan sát có thể được giải thích bằng nhiều lý thuyết khoa học khác nhau đã được Einstein⁽⁵⁷⁾ mô tả như sau:

57. Albert Einstein và Leopold Infeld, *The Evolution of Physics* (Sự tiến hóa của vật lý), 1938, bản dịch tiếng Việt của Dương Minh Trí, NXB Trẻ, 2013.

Các khái niệm vật lý là những sáng tạo tự do của trí tuệ con người, ngay cả khi chúng có vẻ như chỉ được quyết định bởi thế giới bên ngoài. Những cố gắng của chúng ta để hiểu được thực tại giống như việc một người cố gắng hiểu được cơ chế của một chiếc đồng hồ đóng kín. Người đó thấy được mặt số và các kim đồng hồ đang chạy, anh ta cũng nghe được tiếng tích tắc, nhưng không có cách nào để mở vỏ hộp ra. Nếu như tài tình, anh ta có thể lường tượng ra một cơ chế giải thích được những gì quan sát thấy, nhưng sẽ không bao giờ chắc chắn được đó là cách duy nhất có thể giải thích được các quan sát của mình. Anh ta cũng không bao giờ có thể so sánh mô hình của mình với cơ chế thực, và thậm chí không thể tưởng tượng được khả năng để sự so sánh đó là có nghĩa.

Khi có nhiều lý thuyết khả dĩ nhưng lại không tương thích nhau cùng được đưa ra để giải thích một sự kiện, việc lựa chọn lý thuyết nào thường phụ thuộc vào sự ưa thích mang tính siêu hình. Chẳng hạn, do gắn bó với chủ nghĩa hiện thực, Einstein đã không bao giờ chấp nhận một mô tả mang tính xác suất đối với thực tại nguyên tử và hạ nguyên tử của cơ học lượng tử. Các định kiến siêu hình này, hay nói một cách khác là sự thiếu vắng tính khách quan cố hữu của phương pháp khoa học, không nhất thiết là một điều tồi tệ. Chúng thậm chí có thể còn là một nguồn cảm hứng quan trọng đối với công việc khoa học. Thực tế, không có các ý tưởng thiên kiến - không có bất kỳ một “mẫu hình” nào, theo thuật ngữ của triết gia khoa học Thomas Kuhn⁽⁵⁸⁾ - làm thế nào nhà khoa học có thể lựa chọn, trong vô số

58. Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Cấu trúc của các cuộc cách mạng khoa học)

các thông tin cung cấp bởi tự nhiên, những thông tin có nhiều ý nghĩa nhất và có khả năng tiết lộ những định luật và nguyên lý mới? Việc phân loại thực tại là một bước quan trọng của phương pháp khoa học. Những nhà khoa học lớn nhất là những người có thể sử dụng giỏi nhất nghệ thuật này để đi thẳng tới cái cốt lõi và bỏ qua những thứ không quan trọng.

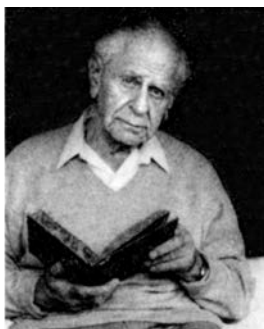
Nhưng các định kiến siêu hình không nhất thiết có nghĩa là khoa học trong tổng thể của nó về cơ bản là sai lầm. Nó được bảo vệ bởi một hàng rào chắc chắn, nhờ đó nó luôn quay trở lại được chính đạo, ngay cả khi đôi lúc nó bị lạc lối và có khi sa vào ngõ cụt. Hàng rào này chính là sự tương tác không ngừng giữa lý thuyết và quan sát. Sẽ có hai khả năng: hoặc là các quan sát hay các kết quả thực nghiệm mới phù hợp với lý thuyết hiện có, và lý thuyết này sẽ được củng cố thêm; hoặc có sự mâu thuẫn, và lý thuyết cần được sửa đổi hoặc loại bỏ và thay thế bằng một lý thuyết khác cũng có khả năng tiên đoán những hiện tượng thực nghiệm có thể kiểm chứng được. Nhà khoa học sẽ quay trở lại với kính thiên văn hoặc với máy gia tốc hạt. Lý thuyết mới sẽ chỉ được chấp nhận khi các tiên đoán của nó được khẳng định.

Những quan sát và đo đạc xác minh lý thuyết cũng cần phải tái thực hiện lại được và khẳng định một cách độc lập bởi những nhà nghiên cứu và các kỹ thuật khác. Phương pháp này là rất cơ bản, nhất là khi liên quan tới những phát hiện làm đảo lộn lý thuyết đang được chấp nhận rộng rãi và làm thay đổi mẫu hình.

Như vậy, phương pháp thực nghiệm là sự tương tác qua lại không ngừng giữa quan sát và lý thuyết, nó cho phép ngày càng tiến lại gần hơn sự mô tả chính xác của các hiện tượng, trong

khi luôn có nguy cơ lầm đường, sai sót, thậm chí có lúc phải quay lại từ đầu. Khoa học tiến bộ không phải theo một đường thẳng, như người ta vẫn tưởng, mà là một đường díc dắc.

Lý thuyết đa vũ trụ thoát khỏi sự mô tả này của phương pháp khoa học, bởi vì ở đây không diễn ra sự tác động qua lại không ngừng giữa lý thuyết và quan sát. Chỉ có thể có những quan sát rất gián tiếp trong một số kịch bản. Và thậm chí giả sử rằng chúng ta chấp nhận các quan sát gián tiếp của các hiện tượng này là những bằng chứng của lý thuyết, nhưng làm thế nào để



chắc chắn rằng chúng nhất thiết sẽ dẫn tới sự tồn tại của một đa vũ trụ, bởi vì còn có nhiều cách giải thích khả dĩ khác? Theo triết gia người Úc gốc Anh Karl Popper (1902-1994) (hình), khái niệm này không thể “bác bỏ”, nhưng nó không có tính khoa học, bởi vì không một thí nghiệm hay quan sát nào có thể phản bác lại nó. Khả năng không thể

quan sát được một cách trực tiếp của khái niệm đa vũ trụ chính là gót chân Achilles của nó.

Một vũ trụ mang thai sự sống và ý thức

Vào năm 1543, mục sư Ba Lan Nicolas Copernicus đã đẩy con người ra khỏi vị trí trung tâm trong hệ Mặt Trời. Từ đó bóng ma của ông không ngừng ám ảnh chúng ta và gây ra những tàn phá khác. Sau khi Trái Đất mất đi vị trí trung tâm,

đến lượt mình, Mặt Trời cũng bị xếp vào hàng những ngôi sao bình thường giữa hàng trăm tỷ các ngôi sao khác trong dải Ngân Hà, và bị đẩy ra vùng ngoại ô xa xôi của thiên hà này. Dải Ngân Hà cũng nhanh chóng bị đẩy xuống thành một trong số hàng trăm tỷ các thiên hà khác của vũ trụ quan sát được. Kịch bản đa vũ trụ còn hạn chế hơn nữa vị trí của con người: vũ trụ cứu mạng họ mất hút trong vô số các vũ trụ song song. Con người bị giáng xuống thành vô nghĩa trước sự rộng lớn của vũ trụ. Sự quy giản ý thức của con người thành hư không đã đẩy một số người tới thất vọng sâu sắc. Rất lâu trước khi tìm thấy các thiên hà và sự bao la rộng lớn thực sự của vũ trụ, vào thế kỷ 17, Pascal đã thốt ra tiếng kêu sợ hãi về “sự im lặng vĩnh hằng của không gian vô hạn”, và ba thế kỷ sau nhà sinh học đoạt giải Nobel Jacques Monod⁽⁵⁹⁾ (1910-1976) cũng đồng thanh tương ứng: “Con người đã lạc trong sự rộng lớn thờ ơ của vũ trụ, nơi mà họ đã xuất hiện một cách ngẫu nhiên”, và giải Nobel vật lý Stephen Weinberg⁽⁶⁰⁾: “Càng hiểu thêm về vũ trụ ta càng thấy nó vô nghĩa”.

Tôi không chia sẻ cái nhìn tuyệt vọng này về vị trí của con người trong vũ trụ. Tôi nghĩ rằng vũ trụ học hiện đại đã tái mê hoặc thế giới. Tôi không nghĩ rằng con người đã xuất hiện một cách ngẫu nhiên trong một vũ trụ hoàn toàn thờ ơ. Ngược lại, cả hai cùng cộng sinh một cách chặt chẽ: nếu như vũ trụ rộng

59. Jacques Monod, *Le hasard et la Nécessité* (Ngẫu nhiên và Tất yếu).

60. Stephen Weinberg, *The First Three Minutes: A Modern View Of The Origin Of The Universe* (Ba phút đầu tiên: Một cách nhìn hiện đại về nguồn gốc của vũ trụ), bản dịch tiếng Việt của Lê Tâm, NXB Khoa học & Kỹ thuật, 1981.

lớn đến như thế, chính là để cho phép sự có mặt của chúng ta; nếu vũ trụ là như thế thì bởi vì con người hiện diện ở đó để quan sát và tự vấn về nó. Vũ trụ học hiện đại đã phát hiện ra rằng sự tồn tại của con người đã được ghi sẵn trong các tính chất của mỗi nguyên tử, mỗi ngôi sao, mỗi thiên hà của vũ trụ, và trong mỗi định luật vật lý chi phối vũ trụ. Chỉ cần các tính chất và các định luật của vũ trụ sai khác đi một chút là chúng ta đã không có mặt ở đây để nói về điều đó. Vũ trụ có vẻ như được điều chỉnh để có sự xuất hiện của người quan sát thông minh, có khả năng hân thưởng tổ chức và sự hài hòa của nó. Đó là lý do tại sao nhà vật lý Mỹ gốc Anh Freeman Dyson⁽⁶¹⁾ (sinh năm 1923) đã nói: “Vũ trụ biết rằng đâu đó con người sẽ xuất hiện”. Sự cộng sinh tuyệt vời này giữa con người và vũ trụ được biết đến dưới cái tên “nguyên lý vị nhân” mà chúng ta đã gặp khi bàn về các vũ trụ màng.

Làm thế nào các nhà vật lý thiên văn giải thích được sự cộng sinh chặt chẽ này giữa con người và vũ trụ? Cần biết rằng mọi tính chất của vũ trụ phụ thuộc vào hai loại tham số. Đầu tiên là những tính chất mà các “bà tiên” đã ban cho ngay từ khi ra đời, đó là các “điều kiện ban đầu”: chẳng hạn, như lượng vật chất (sáng hay tối) và năng lượng, tỷ lệ giãn nở ban đầu, hay lượng năng lượng tối ban đầu gây ra sự tăng tốc. Sau đó là khoảng mười lăm con số có mặt trong tự nhiên gọi là các “hằng số vật lý”, như hằng số hấp dẫn quyết định cường độ của lực hấp dẫn, hằng số Planck xác định kích cỡ của các nguyên tử, khối lượng

61. Freeman Dyson, *Disturbing the Universe* (Gây nhiễu vũ trụ)

của các hạt cơ bản, hay vận tốc của ánh sáng. Các con số này, như tên gọi của chúng, là những hằng số thực sự: chúng hoàn toàn không thay đổi theo không gian và thời gian. Ta có thể đo bằng thực nghiệm giá trị của các hằng số này với một độ chính xác rất cao, nhưng ta chưa có một lý thuyết vật lý nào giải thích được tại sao chúng lại có giá trị như thế thay vì một giá trị khác. Chẳng hạn, ta không biết tại sao ánh sáng lại di chuyển với vận tốc 300.000km/s thay vì, ví dụ, là 3m/s.

Các con số có mặt trong tự nhiên này và các điều kiện đầu có một vai trò cơ bản trong việc tạo nên thực tại: chúng làm cho thế giới là như thế này thay vì là thế khác. Điều có vẻ như hiển nhiên ở đây phản ánh một loạt vô hạn các khối lượng và kích thước mà tự nhiên có trong tay để xây dựng nên vũ trụ. Chẳng hạn, các hành tinh thay vì là các khối cầu bán kính vài nghìn km có thể chỉ có kích thước bé xíu của một hạt cát. Các ngọn núi cao nhất trên Trái Đất cũng có thể chỉ vượt qua vài cm và con người không thể lớn hơn các vi trùng. Các hằng số này không chỉ quyết định khối lượng và kích thước của Trái Đất mà còn của cả các ngôi sao và các thiên hà, và toàn bộ các vật thể trong vũ trụ: chiều cao của cây cối, các đường viền mảnh dẻ của cánh hồng, hình dáng các bức tượng của Rodin, cái cổ dài của hươu cao cổ hay nụ cười của con trẻ.

Các nhà vật lý thiên văn đã phát hiện ra mối liên hệ mật thiết của con người và vũ trụ khi muốn chơi trò chơi chúa sáng tạo và tạo ra các vũ trụ ảo. Họ đã cầu viện tới các máy tính. Với máy tính, họ đã tạo ra rất nhiều các vũ trụ ảo, mỗi vũ trụ với một tổ hợp riêng các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu. Ở

một vũ trụ, hằng số hấp dẫn sẽ nhỏ hơn; ở vũ trụ kia lượng vật chất sẽ nhiều hơn; ở vũ trụ tiếp theo khối lượng của electron sẽ nặng gấp 10 lần... Câu hỏi mà họ đặt ra cho mỗi vũ trụ là: liệu ở đó có thể phát sinh sự sống và ý thức sau 13,7 tỷ năm tiến hóa? Câu trả lời thật đáng ngạc nhiên: đa số các vũ trụ đều có một tổ hợp thất bại và không thể phát sinh ở đó sự sống hay ý thức được - trừ vũ trụ của chúng ta, là một tổ hợp thành công và chúng ta giống như một kiểu số trúng độc đặc vậy. Đa số các vũ trụ là căn cỗi, bởi vì chúng không thể tạo ra các ngôi sao đủ lớn. Mà thiếu các ngôi sao đó, các nguyên tố nặng như cacbon, viên gạch của sự sống, không thể tồn tại. Bởi vì tất cả chúng ta đều là bụi của các ngôi sao, không có tổ tiên là các ngôi sao đó, ta không thể tồn tại được.

Sự điều chỉnh chính xác của một số hằng số cơ bản và một số điều kiện đầu là điều cực kỳ đáng ngạc nhiên. Chẳng hạn, ta hãy xem xét mật độ ban đầu của vật chất của vũ trụ. Vật chất tác dụng một lực hấp dẫn hút phanh lại sự giãn nở của vũ trụ. Nếu như mật độ ban đầu quá cao, vũ trụ sẽ bị ngừng pha loãng và đảo ngược lại chuyển động của nó. Tùy theo giá trị chính xác của mật độ này, nó sẽ co sập lại sau một triệu, một trăm hay thậm chí một năm. Khoảng thời gian này là quá ngắn để các ngôi sao có thể ra đời và vận hành lò luyện hạt nhân của chúng. Mà thiếu các nguyên tố nặng, sự sống không thể xuất hiện. Ngược lại, nếu mật độ ban đầu quá yếu, lực hấp dẫn sẽ không đủ để làm các đám mây hydrogen và helium tạo từ big bang co lại tạo thành các ngôi sao. Không có các ngôi sao ta sẽ phải nói lời vĩnh biệt với các nguyên tố nặng và như thế là đồng thời với sự sống và

ý thức! Mọi thứ đều dựa trên một sự cân bằng rất mong manh. Thực ra, sự điều chỉnh mật độ ban đầu của vũ trụ phải cực kỳ chính xác, giống như việc một người bắn cung phải bắn trúng một mục tiêu 1cm² nằm ở tận biên của vũ trụ!

Ngay cả việc điều chỉnh các điều kiện ban đầu khác và các hằng số vật lý không được chính xác tuyệt đối đến như thế, thì kết luận vẫn không thay đổi: một sự thay đổi chút xíu cũng dẫn tới sự cản trở của vũ trụ. Vũ trụ đã được điều chỉnh một cách cực kỳ chính xác để các ngôi sao có thể xuất hiện và vận hành lò luyện hạt nhân của chúng, để sự sống và ý thức có thể xuất hiện, và có một người quan sát có thể ân thưởng vẻ đẹp và sự hài hòa của nó. Nghĩa là ngay từ đầu, vũ trụ đã mang thai sự sống và ý thức.

Ngẫu nhiên hay tất yếu?

Cần phải có thái độ thế nào trước sự điều chỉnh chính xác đến kinh ngạc như thế? Theo tôi, chúng ta có sự lựa chọn giữa ngẫu nhiên và tất yếu. Trong lý thuyết “đa vũ trụ”, ngẫu nhiên có một vai trò chủ đạo. Chẳng hạn, trong giả thuyết đa vũ trụ lạm phát, thế giới của chúng ta chỉ là một bong bóng nhỏ bé trong vô số các bong bóng khác của một siêu vũ trụ. Mỗi vũ trụ bong bóng này chứa một tổ hợp riêng các hằng số vật lý và điều kiện ban đầu; trong số chúng, không cái nào chứa sự sống và ý thức - bởi chúng không có một tổ hợp đúng - trừ vũ trụ của chúng ta, một cách ngẫu nhiên đã có được một tổ hợp đúng, và chúng ta có mặt ở đây để nói về điều đó. Giống như khi ta đã

mua tất cả các vé số, một trong các vé chắc chắn sẽ trúng giải độc đắc. Như vậy, sự ngẫu nhiên luôn đồng hành với đa vũ trụ.

Mặt khác, những người ủng hộ sự tất yếu cho rằng không cần phải thừa nhận sự tồn tại của vô số các vũ trụ song song, bởi vì vũ trụ của chúng ta là duy nhất và việc điều chỉnh chính xác để dẫn tới sự xuất hiện người quan sát không thể chỉ là kết quả của ngẫu nhiên, mà còn là biểu hiện của một nguyên lý tổ chức tinh tế được thể hiện trong các định luật của tự nhiên. Như vậy, sự tất yếu luôn đi đôi với ý tưởng về một vũ trụ duy nhất.

Hiện tại, khoa học không có khả năng quyết định giữa hai lựa chọn siêu hình này. Cả hai đều tương thích với những gì ta biết về vũ trụ. Vì vậy chúng ta phải dấn thân và đặt cược giống như Pascal. Về phần mình tôi đặt cược cho sự tất yếu, vì nhiều nguyên nhân. Ta đã thấy rằng, trừ khi có một cảnh giới mới, còn thì đa vũ trụ không thể kiểm chứng bằng quan sát được. Nhờ vào các kính thiên văn, ta chỉ có thể quan sát vũ trụ của chúng ta mà thôi. Đưa ra sự tồn tại không thể kiểm chứng của vô số các vũ trụ song song sẽ làm tổn thương sự nhạy cảm của người quan sát vũ trụ là tôi. Không có kiểm chứng bằng thực nghiệm, khoa học sẽ nhanh chóng trượt vào siêu hình. Hơn nữa, tôi theo nguyên lý tiết kiệm gọi là “lưỡi dao cạo Occam”, được nhà thần học và triết gia Guillaume d’Occam đưa ra vào thế kỷ 14, theo đó sẽ loại bỏ một cách có hệ thống mọi giả thuyết không cần thiết cho việc giải thích một sự kiện. Việc đưa ra vô số các vũ trụ cần cỗi và không thể kiểm chứng được chính là đi ngược lại với nguyên lý này chỉ cốt nhận được một vũ trụ có ý thức về mình...

Một lý do khác khiến tôi phản đối giả thuyết về sự ngẫu nhiên: tôi không thể tưởng tượng nổi rằng toàn bộ vẻ đẹp, sự hài hòa và thống nhất của vũ trụ chỉ là một sự ngẫu nhiên, rằng sự tổ chức tuyệt vời của vũ trụ mà tôi chiêm ngưỡng được qua các kính thiên văn là vô nghĩa. Vũ trụ tuyệt đẹp: từ những cái nôi của các ngôi sao tới các thiên hà xoắn ốc, từ các đỉnh núi phủ tuyết trắng xóa tới những cánh đồng xanh muốt, từ hoàng hôn tới buổi đêm đầy sao, từ bầu trời xanh tới các cực quang, tất cả đều chạm tới nơi sâu thẳm của tâm hồn chúng ta. Vũ trụ là hài hòa bởi vì các định luật vật lý chi phối nó có vẻ như không thay đổi theo không gian và thời gian. Các định luật quy định hành vi của các hiện tượng vật lý trên Trái Đất, một hạt cát trong đại dương vũ trụ, cũng giống như những định luật chi phối các thiên hà xa xôi. Chúng ta biết được điều đó nhờ các kính thiên văn, và như ta đã biết, đó là những cỗ máy thời gian: nhìn xa hơn là nhìn thấy sớm hơn.

Cuối cùng, có một sự thống nhất sâu sắc trong vũ trụ. Theo mức độ phát triển của vật lý, các hiện tượng mà ta đã tưởng là hoàn toàn rời rạc, không có liên quan gì với nhau, đã có thể thống nhất lại với nhau. Vào thế kỷ 17, Newton đã thống nhất bầu trời và mặt đất: cùng một lực vạn vật hấp dẫn chi phối cả sự rơi của trái táo cũng như chuyển động của các hành tinh xung quanh Mặt Trời. Sang thế kỷ 19, Maxwell đã chứng minh rằng điện và từ chỉ là hai mặt của cùng một hiện tượng, rồi bằng cách chứng minh rằng các sóng điện từ chẳng qua chỉ là các sóng ánh sáng, ông đã thống nhất được điện từ với quang học. Tới đầu thế kỷ 20, Einstein đã thống nhất được thời gian với không

gian, khối lượng và năng lượng. Vào buổi bình minh của thế kỷ 21, các nhà vật lý miệt mài làm việc để thống nhất bốn lực cơ bản của tự nhiên (hấp dẫn, điện từ, và hai lực hạt nhân mạnh và yếu) thành một siêu lực duy nhất. Vũ trụ hướng về Một.

Như vậy, tôi đặt cược cho một vũ trụ duy nhất và sự tồn tại của một nguyên lý sáng tạo chịu trách nhiệm cho việc điều chỉnh vũ trụ một cách vô cùng chính xác. Nhưng cần lưu ý: đối với tôi, nguyên lý này không đại diện bởi một vị Chúa



rậm râu; đó là một nguyên lý phiếm thần biểu hiện qua các định luật của tự nhiên. Nguyên lý này có nét giống với những gì Spinoza (hình) mô tả và Einstein đã làm rõ nét như sau: “Chắc chắn rằng, tựa như tình cảm tôn giáo, niềm tin rằng thế giới là lý tính, hay ít nhất là có thể hiểu được, chính là cơ sở của mọi công trình khoa học. Niềm tin này tạo nên quan niệm của tôi về

Chúa. Đó là quan niệm của Spinoza”. Tuy nhiên, cần phải thú nhận rằng, thật đáng kinh ngạc thậm chí đáng lo ngại nữa, là có nhiều lý thuyết vật lý đã dẫn dắt chúng ta tới xem xét ý tưởng về một đa vũ trụ mà không có sự nỗ lực thận trọng và có ý thức của các nhà vật lý làm việc trong các lĩnh vực khác nhau. Nếu một ngày nào đó, các quan sát ủng hộ một cách rõ ràng khái niệm này, tôi sẽ sẵn sàng xem xét lại việc đặt cược siêu hình của mình.

Đạo đức trong một vũ trụ vô hạn

Như vậy, tồn tại khả năng rằng, vũ trụ, dù dưới dạng một đa vũ trụ hay không, là vô hạn trong thời gian hay trong không gian, thậm chí trong cả hai. Nếu đúng như thế, ta nên nghĩ thế nào? Làm thế nào để sống trong một vũ trụ vô hạn? Sự vô hạn sẽ làm đảo lộn mọi ý tưởng quen thuộc của chúng ta trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là trong đạo đức. Jorge Luis Borges, người đã xem xét kỹ lưỡng các vô hạn, đã nhận xét: “Đó là một khái niệm làm biến chất và rối loạn mọi thứ. Tôi không nói đến cái Xấu, mà vương quốc của nó bị giới hạn trong đạo đức; tôi muốn nói về vô hạn⁽⁶²⁾”.

Bạn hãy tưởng tượng mình đang ở trong một vũ trụ vô hạn. Tổng cái thiện (hay cái ác) trong vũ trụ này sẽ là vô hạn. Điều này có nghĩa là không gì trong những việc tốt (như cứu người) hay xấu (như giết người) mà bạn có thể làm sẽ tạo ra sự khác biệt, bởi cộng hay trừ một số gì đó với đại lượng vô hạn luôn cho một kết quả vô hạn. Vậy thì hành động để làm gì khi ta không thể làm thay đổi được tiến trình của sự vật? Và đó chính là nan đề đạo đức đầu tiên của một vũ trụ vô hạn: nếu đạo đức bắt buộc, chẳng hạn, phải làm nhẹ những nỗi đau của nhân loại, thì hành động của chúng ta sẽ chẳng có ý nghĩa gì trong một vũ trụ vô hạn, bởi nó không thể làm thay đổi được chút gì dòng chảy của các sự kiện. Chúng ta cần tìm kiếm các động lực khác. Một vũ trụ vô hạn sẽ phá hoại các nền tảng của đạo đức. Tại sao kẻ

62. Jorge Luis Borges, *Les avatars de la tortue* (Các hóa thân của chú rùa).

tội phạm lại kìm chế việc giết ai đó, nếu như vô số các bản sao của hần vẫn tiếp tục sống? Hần có thể tự nhủ hành động của mình sẽ chẳng gây ra hậu quả gì. Hần có thể cầu xin sự khoan hồng của bồi thẩm đoàn: nếu hần không làm điều đó thì có thể một trong những phiên bản của hần sẽ làm. Trong một vũ trụ vô hạn, đạo đức phải nhấn mạnh vào ý nghĩa của hành động chứ không phải hậu quả của hành động nữa.

Nhiều vấn đề đạo đức khác cũng nảy sinh trực tiếp từ nghịch lý vô hạn bản sao. Trong một vũ trụ vô hạn, không có gì là bản gốc cả. Không có gì là mới, không có hành động nào là đầu tiên hay cuối cùng. Nếu như có cơ hội một sự kiện xảy ra, thì nó đang xảy ra vô số lần, ngay lúc bạn đang đọc dòng chữ này. Phân tán trong vũ trụ, vô số các bản sao của mỗi chúng ta đang lựa chọn và đưa ra các quyết định cũng có thể giống như chúng ta.

Một lần nữa vấn đề cái thiện và cái ác lại được đặt ra. Tại sao ta lại chọn cái thiện khi vô số bản sao của ta có thể chọn cái ác? Dù làm gì chẳng nữa, sẽ có vô số nơi trong vũ trụ cái ác sẽ xảy ra, có vô số Hitler hay Pol Pot thực hiện hành vi tàn ác. Điều này sẽ gây ra sự nản lòng. Nhưng ngược lại cũng sẽ có vô số các thế giới mà ở đó cái thiện sẽ chiến thắng. Triết gia người Đức Friedrich Nietzsche đánh giá rằng việc biết chúng ta sẽ tái sinh vô hạn, lặp lại cùng những hành động với cùng hậu quả sung sướng hay bất hạnh, sẽ thúc đẩy chúng ta hành động tốt bởi hành động xấu một cách vô tận sẽ gây cho chúng ta một cảm giác xấu hổ.

Trong một số truyền thống tâm linh, nghịch lý vô hạn bản sao kéo theo những hậu quả không thể chấp nhận được. Chẳng

hạn như trong cơ đốc giáo, Chúa xuống Trái Đất để cứu chuộc tội lỗi gây ra bởi con người; đó chính là giáo lý Hóa thân. Trong một vũ trụ vô hạn, sẽ có vô số các vũ trụ cũng cần tới một Christ cứu thế. Thánh Augustin (hình dưới) nghĩ rằng các thế giới khác này không thể tồn tại bởi “đức Christ chỉ chết một lần để cứu loài người”. Như vậy ông bác bỏ giả thuyết về vô số thế giới nơi cái xấu hoành hành và cần sự có mặt của đấng Christ cứu thế. Nếu ta chấp nhận giả thiết chỉ có một Hóa thân duy nhất, ta sẽ có hai lựa chọn: một là vũ trụ là hữu hạn và nghịch lý nhân bản vô hạn sẽ không còn lý do tồn tại; hoặc là nó là vô hạn, và chúng ta ở trong một tình huống kỳ lạ với duy nhất Trái Đất biết tới cái xấu và các thế giới ngoài hành tinh khác đều hoàn hảo về mặt đạo đức, và không cần tới một đấng Christ cứu thế. Theo quan điểm đạo đức, Trái Đất sẽ là một nơi bị ruồng bỏ trong vũ trụ. Nhưng, có lẽ, một thế giới ngoài hành tinh hoàn toàn không có cái xấu, theo logic, là không thể, bởi sự có mặt của các sinh vật có ý thức cùng với tự do ý chí. Trong mức độ, mọi hành động đều gây ra một chuỗi vô hạn các hậu quả, thì chắc chắn là không thể chỉ có các hành động kéo theo các hậu quả tốt.

Nghịch lý nhân bản vô hạn cũng gây ra nhiều vấn đề trong truyền thống Phật giáo, đặc biệt là trong khái niệm tinh thần. Theo Phật giáo, tinh thần được coi như là một “continuum (hay dòng) ý thức”, phân biệt với vật chất và không phải sinh ra từ vật chất, điều này khác với quan điểm của một số nhà sinh học thần kinh. Những người này nghĩ rằng không cần tới một dòng ý thức cùng tồn tại với vật chất, bởi vì ý thức có thể xuất hiện từ vật chất một khi các mạng neuron của các sinh vật vượt quá một



Thánh Augustin bác bỏ ý tưởng về vô số vũ trụ ngoài Trái Đất, bởi vì điều đó có nghĩa là một đấng Christ cứu thế phải nhân lên vô hạn, và điều này là không thể chấp nhận.

ngưỡng phức tạp nào đó. Theo quan điểm duy vật này, ý thức chỉ là kết quả của dòng điện hóa chạy trong mạng neuron. Tuy nhiên, theo quan điểm Phật giáo, mà tôi ủng hộ, các dòng ý thức truyền từ giá đỡ vật chất này sang giá đỡ khác theo số các vòng sinh, sống và chết. Ý tưởng “trở về” hay “lặp lại” cũng có mặt ở đây, nhưng nó không phải là vĩnh hằng. Các vòng tái sinh sẽ

kết thúc khi đạt được Giác ngộ (hay Niết bàn) - có nghĩa là đạt được tri thức tối cao. Trong Phật giáo, việc tập hợp các nguyên tử giống hệt nhau không nhất thiết tạo nên hai cá nhân giống hệt nhau, bởi ý thức không xuất phát từ vật chất. Và do nguyên lý nhân bản vô hạn dựa trên sự lặp lại vô hạn của cùng một tập hợp vật chất, nhưng không nói gì tới các dòng ý thức, nên nghịch lý này không có lý do tồn tại. Theo quan điểm Phật giáo, các dòng ý thức tiến hóa theo cái được gọi là *karma* (nghiệp): tập hợp các tư tưởng, lời nói và hành động của các cuộc đời trước. *Nghiệp* này tạo thành một liên kết nhân quả giữa các tiền kiếp, hiện tại và tương lai và mỗi người một khác. Ý tưởng những người giống hệt nhau có cùng *nghiệp* lặp lại vô hạn, với các dòng ý thức y hệt nhau hóa thân trong các bản sao vật chất cũng y như nhau là không tương thích với quan điểm Phật giáo.

Tất cả các hậu quả đạo đức khác thường này đã làm cho một số nhà tư tưởng bác bỏ ý tưởng về một vũ trụ vô hạn như là sự ghê tởm về mặt đạo đức. Liệu thiện và ác còn có ý nghĩa gì trong một thế giới mà mọi thứ có thể xảy ra đều xảy ra? Với những ai nghĩ rằng vũ trụ có một ý nghĩa, thì ý tưởng về một vũ trụ hữu hạn, và tức là không có nghịch lý nhân bản vô hạn, sẽ là đáng ao ước biết bao. Đó chính là quan điểm của thánh Augustin như ta đã thấy.

Một số người khác quan tâm tới một lối thoát khác. Đối với họ, ngay cả trong một vũ trụ vô hạn, không phải mọi thứ đều có thể xảy ra, bởi vì trong các định luật vật lý và sinh học có các ràng buộc chi phối sự tiến hóa của vũ trụ. Các ràng buộc này chỉ cho phép tồn tại một số hữu hạn, chứ không phải vô hạn,

các kịch bản khả dĩ. Các kịch bản này chỉ tạo thuận lợi cho sự tồn tại của các thế giới có xuất hiện sự sống và ý thức đi cùng với sự xuất hiện của đạo đức và luân lý.

Cuộc sống vĩnh hằng và xã hội học của sự bất tử

Ta đã khám phá những bất thường của đạo đức trong một vũ trụ vô hạn nơi mà chúng ta được nhân bản vô hạn ở các nơi khác nhau trong vũ trụ. Thế còn thay vì vô hạn theo không gian, vũ trụ là vô hạn theo thời gian thì sao? Nói một cách khác, điều gì sẽ xảy ra nếu như ta có một cuộc sống vĩnh hằng? Sự bất tử là một giấc mơ từ xa xưa của con người. Như Woody Allen đã nói một cách hài hước rất độc đáo: “Tôi không muốn có được sự bất tử qua tác phẩm của tôi. Tôi muốn có nó mà không phải chết. Tôi không muốn tiếp tục sống trong trái tim của đồng bào tôi mà chỉ muốn sống trong căn hộ của mình”. Về trung bình mà nói, chúng ta ngày càng sống thọ hơn. Chẳng hạn ở Mỹ, từ năm 1900, tuổi thọ gần như đã tăng gấp đôi sau một thế kỷ, từ 47 tuổi lên khoảng 80 tuổi. Và đường cong này sẽ không ngừng lại ở đó. Liên Hợp Quốc đánh giá rằng tới thế kỷ tới, tuổi thọ trung bình của phụ nữ sẽ đạt tới 100 tuổi ở các nước phát triển, và nhanh chóng đạt được 90 ở các nước đang phát triển (với 3 hay 4 năm ít hơn đối với nam giới). Trong khi trong quá khứ, chết chóc luôn gắn liền với chiến tranh, nạn đói và bệnh tật, nhưng rồi tỷ lệ tử vong tăng dần là do tuổi già. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến kéo dài tuổi thọ: ngoài sự cải thiện các điều kiện vệ sinh và ăn uống, còn có sự phát triển đáng kinh ngạc của y tế: phát hiện ra các loại kháng sinh mới và các loại thuốc khác,

các phương pháp điều trị và phẫu thuật mới. Những tiến bộ về y tế không liên quan trực tiếp tới việc nghiên cứu các phương pháp ngăn cản sự già nua (như biến đổi gen để tạo ra các tế bào bất tử, hay sản xuất các nhân bản vô tính để xây dựng các Ngân Hàng nội tạng), hiện vẫn là chủ đề gây tranh cãi trong giới y học⁽⁶³⁾, nhưng là kết quả của cuộc đấu tranh với các căn bệnh liên quan đến tuổi già, như bệnh tim mạch hay đái tháo đường.

Sống bất tử liệu có phải là phương thuốc chữa bách bệnh? Tôi không nghĩ như thế. Là một Phật tử, mục đích tối cao là đạt được Giác ngộ và không phải tái sinh, thoát khỏi luân hồi và những đau khổ. Sự phù du của đời người cần thúc đẩy chúng ta sử dụng một cách khôn ngoan khoảng thời gian ngắn ngủi mà chúng ta có mặt trên trần thế này để suy nghĩ và hành động một cách đúng đắn nhất có thể. Nếu cái chết không phải là tận cùng của cuộc đời, thì sẽ không có một cảm giác cấp bách và hoàn tất nào.

Mặt khác, cái chết là cần thiết cho sự sống. Cái chết ở đây được định nghĩa là một cái chết tự nhiên, và không bao hàm cái chết do sự xuống cấp của môi trường (như sự nóng lên toàn cầu), các nguy cơ hạt nhân, tự tử, tội ác và các nguyên nhân tai nạn (như tai nạn giao thông) hay các thiên tai (lũ lụt, động đất, sóng thần, va chạm với các thiên thạch...). Các loài tiến hóa và tối ưu hóa bởi chúng phải đấu tranh để sinh tồn và cái chết đợi chúng ở cuối con đường. Cái chết cho phép sự sống tiến triển.

63. Xem tác phẩm *Origine* (Nguồn gốc) của cùng tác giả. Bản dịch tiếng Việt của Phạm Văn Thiều và Ngô Vũ, NXB Trẻ, 2012.

Nó là một phần không tách rời của sự sống. Nó nằm trong cảnh giới của vạn vật. Gần như lúc nào cũng vậy, khi đối mặt với cái chết và mối đe dọa tuyệt chủng, sự sống đã cho thấy một sức bền bỉ tuyệt vời và bật lên chứng tỏ một sức sáng tạo mới để tìm ra các giải pháp cho vấn đề gặp phải. Cái chết cho phép một loài trở nên đa dạng hơn. Nếu một loài sống vĩnh hằng và không còn sinh sôi nữa, các gen sẽ không thể thay đổi, và sự sống sẽ mất khả năng tiến hóa và thích nghi. Một loài mà các gen không thể đổi mới nữa sẽ mất lợi thế so với các loài khác có các gen tiếp tục được đa dạng hóa. Tình huống này là hoàn toàn khác với vật chất vô sinh: nếu như các hạt cơ bản và các nguyên tử không tiến hóa, bởi vì chúng hoàn toàn không cần tới đấu tranh để sinh tồn, chúng không bị đe dọa tuyệt chủng và không chịu sự chọn lọc tự nhiên. Một hạt ánh sáng tạo ra 380.000 năm sau big bang vẫn có các tính chất giống hệt như hạt ánh sáng được sinh ra hôm nay, 13,7 tỷ năm sau vụ nổ nguyên thủy.

Thế còn các tôn giáo hứa hẹn một cuộc sống bất tử như Thiên chúa giáo thì sao? Nếu những người sùng đạo có nó ngay ở trần thế này, thì chúng còn gì để hứa hẹn thêm? Thực ra, đối với rất nhiều truyền thống tâm linh, cuộc sống trần thế chỉ là cõi tạm chứ không phải là cuộc sống thực. Chẳng hạn, đối với Thiên chúa giáo, có một cuộc sống bất tử cõi trần gian chẳng khác gì bị kết án vĩnh viễn phải chờ trong phòng đợi của cuộc sống thật, bị giam mình vô hạn trong một nhà tù mà ta muốn vượt ra bằng mọi giá!

Đó là chưa tính tới các vấn đề về môi trường mà ta không thể vượt qua: các tài nguyên trên hành tinh chúng ta là hữu hạn,

liệu nó có thể nuôi nổi một dân số không những không ngừng tăng do trẻ sinh ra mà còn không có một ai chết đi?

Tội phạm học trong một thế giới không tồn tại cái chết sẽ rất kỳ lạ. Có thể sự bất tử sẽ khiến mọi người trung thực hơn và ít tội ác hơn bởi trong một thế giới không có người chết, kẻ xấu sẽ thấy rằng khả năng trốn thoát và không bị trừng phạt sẽ bằng 0 nếu như cảnh sát có vô hạn thời gian để truy nã chúng. Những kẻ tái phạm sẽ phải kiên nhẫn hơn và để trôi qua nhiều thời gian trước khi phạm tội lại bởi thời gian càng trôi nhiều, cảnh sát càng gặp khó khăn để liên kết các vụ án gây ra bởi cùng một kẻ. Một khi kẻ phạm tội bị bắt, sẽ có các câu hỏi đặt ra theo quan điểm của công lý. Liệu có thể có án chung thân chẳng nếu như cuộc sống sẽ không có hồi kết? Với những án tù hữu hạn, giam bao lâu sẽ là hợp lý? Ở đa số các nước, quan tòa sẽ kết án, với những tội nặng, một án tù tới 30 năm tù, tức là khoảng một phần ba cuộc đời. Nhưng, do một phần của vô hạn cũng là vô hạn, ta sẽ phải chọn thế nào đây? Và còn việc đền bù tài chính thì sao? Nói chung, quan tòa hay bồi thẩm đoàn sẽ quyết định đền bù cho bên nguyên hoặc gia đình một khoản tỉ lệ với thiệt hại đã gây ra cho họ. Nhưng làm thế nào nếu như khoản này là vô hạn?

Xã hội học của một xã hội không có cái chết cũng sẽ rất kỳ dị. Nếu như kiểm soát chặt chẽ sự sinh sản để hạn chế tỷ lệ tăng tổng dân số, sẽ không còn sự thay mới các thế hệ nữa. Xã hội sẽ ngày càng trở nên bảo thủ, liệu nó sẽ hướng về quá khứ và cái cũ hay hướng về tương lai và những cái mới? Hay ngược lại, nó sẽ mãi mê tiến hành mọi kiểu thực nghiệm xã hội, con người sẽ

biện bạch rằng họ sẽ luôn có thời gian để quay lại và sửa chữa sai lầm nếu như thực nghiệm thất bại? Có thể ta sẽ thấy xã hội bị chia rẽ thành hai thái cực: một phần “siêu năng động” muốn làm mọi thứ và thực nghiệm mọi thứ ngay lập tức, không chờ đợi, ngay cả khi họ có vô hạn thời gian; phần kia những kẻ “biếng nhác”, không muốn làm gì ở hiện tại, luôn hoãn lại muộn hơn, biện minh rằng họ luôn có đủ thời gian để hành động⁽⁶⁴⁾! Những người siêu năng động sẽ có vô số các sự nghiệp: họ lần lượt sẽ là nhà vật lý thiên văn, chủ ngân hàng, họa sĩ, bác sĩ, chính trị gia hay nhạc sĩ. Họ sẽ không ngừng du lịch, học các ngôn ngữ mới, và đắm mình trong những nền văn hóa mới. Họ sẽ không thể ngừng đọc, tư duy triết học, nếm trải sự sung túc của cuộc sống và suy tư về ý nghĩa của mình. Ngược lại, những người biếng nhác sẽ không có động lực gì để học đại học, học những điều mới mẻ, đọc Rimbaud hay Einstein, khởi nghiệp hay tạo dựng một gia đình. Họ luôn có đủ thời gian để làm chúng sau này. Do thời gian là vô hạn, mọi thứ đều có thể làm sau. Hiện tại họ muốn lai vãng các quán café, bàn chuyện phiếm, tán gái, lang thang trên phố, vào thư viện đọc một vài trang, không hơn, của một cuốn sách có bìa hấp dẫn. Khoảnh khắc hiện tại là dành để thụ hưởng. Mọi thứ đều có thể để lại ngày mai.

Cấu trúc gia đình cũng sẽ bị đảo lộn tận gốc. Đặc biệt là thể chế hôn nhân sẽ bị hoàn toàn xáo trộn. Khó có thể tưởng tượng một người có thể kết hôn và sống với một người khác

64. Alan Lightman, *Einstein's Dreams* (Những giấc mơ của Einstein), bản dịch tiếng Việt của Lê Chu Cầu, NXB Hội Nhà văn và Công ty Nhã Nam, 2006.

vĩnh hằng. Khi thời gian là vô hạn, nhiều khả năng là sự tiến hóa tính cách của hai vợ chồng sẽ phân kỳ hơn là hội tụ. Mọi bí mật gia đình, mọi sự phản bội tình cảm không thể che giấu vô hạn. Sự bại lộ sẽ không tránh khỏi chia ly. Liệu đa thê sẽ có thể trở thành chuẩn mực? Mọi sự cãi cọ giữa các thành viên gia đình theo thời gian sẽ làm căng thẳng mối quan hệ trong gia đình? Khái niệm “gia đình mở rộng” sẽ theo nghĩa đen bởi nó sẽ bao gồm vô số các thế hệ! Với một cuộc sống bất tử sẽ có vô số các thành viên gia đình, bởi không có ai chết bao giờ. Cuộc sống sẽ trở thành địa ngục thực sự bởi trong gia đình ai cũng muốn đưa ra lời khuyên, cho ý kiến về mọi phương diện của sự tồn tại của bạn. Mỗi khi bạn muốn làm điều gì, bạn sẽ bắt buộc phải hỏi ý kiến cha mẹ, ông bà, cụ kị, tổ tiên... cho tới vô hạn. Áp lực bạn phải chịu sẽ rất lớn để bạn phải tuân theo những nghi thức và tập tục. Cái mới và tiến bộ sẽ trở nên rất hiếm hoi. Phần lớn hành động và ý tưởng của chúng ta sẽ không bao giờ là hoàn toàn mới. Đa số các sự kiện đều cho một ấn tượng rất khó chịu là đã từng thấy, kéo theo một cảm giác nặng nề nhằm chán. Con cái sẽ không bao giờ thoát khỏi cái bóng của cha mẹ. Khó mà có thể có một cuộc sống tự lập của riêng mình và làm xã hội tiến bộ. Trong một cộng đồng có hàng triệu người trên trăm tuổi vẫn còn hoạt động, chiếm giữ các vị trí quyết định, con cháu chúng ta sẽ không thể có cơ hội nắm giữ những công việc và vị trí quan trọng như mỗi lần thay đổi thế hệ.

Và cuối cùng điều gì sẽ xảy ra đối với tri thức? Mọi hoạt động trí tuệ có ngừng lại do chúng ta đã biết tất và khám phá ra tất, nếu chúng ta có thời gian vô hạn? Giai điệu của vũ trụ có tiết lộ

hết toàn bộ các bí mật của nó? Tôi không nghĩ như thế. Chúng ta không biết liệu các định luật của tự nhiên có là vô hạn về số lượng hay không. Nếu là vô hạn, ta sẽ không bao giờ có thể biết hết được. Chúng ta đã biết rằng có thể tạo ra một số vô hạn các thực thể toán học từ những gì ta biết. Chỉ ít là trong số học, Gödel đã chứng minh được rằng sẽ luôn tồn tại các mệnh đề “không thể quyết định” được, tức là ta không bao giờ có thể chứng minh được bằng logic thuần túy rằng chúng là đúng hay sai, ngay cả khi ta có trong tay những máy tính mạnh nhất và vô hạn thời gian.

Chắc đến đây bạn đã hiểu: sự bất tử sẽ không thể sống được, và tôi cũng không muốn nó! Như Jacques Lacan đã nhận xét một cách ngắn gọn: “Ta chỉ có thể sống bởi vì sự tồn tại của chúng ta có một thời hạn nhất định”. Vào năm 1955, trên giường bệnh tại một bệnh viện ở Princeton, New Jersey, Albert Einstein, trong cơn đau vì bệnh phình mạch bụng, vẫn từ chối phẫu thuật mà các bác sĩ đề xuất: “Thật vô vị khi muốn kéo dài sự sống một cách nhân tạo. Tôi đã sống cuộc đời mình, và đã đến lúc ra đi. Tôi sẽ làm điều đó một cách thanh lịch”.

Tôi không thể đồng ý hơn.

Chấp nhận vô hạn

Chúng ta đã tới hồi kết của chuyến du hành dài và đầy sóng gió trong lãnh địa của vô hạn. Ta đã thấy ý tưởng vô hạn đã dần dần được thiết lập như là một khái niệm không còn là đáng sợ nữa mà là cần thiết cho một cái nhìn phong phú và đầy đủ hơn

về thế giới như thế nào. Từ sự kinh sợ của người Hi Lạp đối với vô hạn, từ sự chối bỏ vô hạn hiện thực để ủng hộ vô hạn tiềm tàng của Aristotle, các tiến bộ của toán học và vũ trụ học của thế kỷ 19 và 20 đã đưa ta tới một khái niệm khách quan hơn và không còn là bí ẩn nữa của vô hạn. Có được điều này là nhờ những nỗ lực phi thường của một vài con người tuyệt vời, họ đã phải trả giá bằng mạng sống hay sức khỏe tinh thần của mình cho sự ám ảnh về vô hạn. Tu sĩ Giordano Bruno đã phải lên giàn thiêu vì dám tưởng tượng ra một vũ trụ vô hạn. Nhưng người hiểu nhất về vô hạn không nghi ngờ gì nữa chính là Georg Cantor. Chúng ta đã thấy được những nỗ lực to lớn, bất chấp sự phản đối mạnh mẽ của một số đồng nghiệp đã đẩy ông vào sự trầm cảm và loạn trí, để chứng minh rằng vô hạn là một khái niệm mà chúng ta không phải hoảng sợ, mà ngược lại, cần được nâng niu, không nên xua đuổi như một thứ bị ruồng bỏ mà nên đón tiếp như một thực thể hoàn toàn riêng rẽ trong thế giới toán học. Thiên tài của Cantor đã chỉ cho chúng ta cách giải quyết các nghịch lý của vô hạn do Galilei đưa ra từ ba thế kỷ trước và thách thức lý trí: tại sao một tập vô hạn các phần tử vẫn là vô hạn khi ta lấy bớt đi một phần của nó? Phải chăng là có nhiều loại vô hạn? Một vô hạn này có lớn hơn một vô hạn khác? Có tồn tại một thứ bậc vô hạn của các vô hạn, hay có một vô hạn lớn hơn tất cả các vô hạn khác?

Các nhà vũ trụ học cũng bị bắt buộc phải đối mặt với vô hạn. Thực tế, vũ trụ là một nơi tuyệt vời của các vô hạn: nó có thể là vô hạn theo thời gian (chẳng hạn như một vũ trụ không có khởi đầu và kết thúc), nhưng cũng có thể vô hạn theo không

gian (một vũ trụ vĩnh viễn giãn nở). Nó là vương quốc của các đại lượng vô hạn gắn liền với cái được gọi là “điểm kỳ dị ban đầu”. Lý thuyết big bang nói rằng vũ trụ đã bắt đầu tồn tại từ một trạng thái vô cùng bé, nóng và đặc. Bằng cách ngoại suy, vật lý học đã biết ở thời điểm 0, nhiệt độ và mật độ là vô hạn. Sự xuất hiện của các đại lượng vô hạn này chứng tỏ rằng vật lý học mà ta đã biết hoàn toàn mất chỗ đứng trong các điều kiện cực hạn này. Nó cũng giống như một bức tường dựng đứng trước mặt chúng ta để ngăn cản không cho ta tới được thời điểm nguyên thủy của vũ trụ. Người ta gọi đó là “bức tường Planck”. Để vượt qua được bức tường này, ta cần phải gắn kết hấp dẫn với lượng tử thành một lý thuyết hấp dẫn lượng tử, điều này đã trở thành chiếc Chén thánh của vật lý học hiện đại. Lý thuyết đây là một lý thuyết như thế. Nhưng tới giờ nó chưa từng được kiểm chứng bằng thực nghiệm, và vẫn chỉ là một lý thuyết toán học mà thôi.

Khi liệt kê thành phần của vũ trụ, (0,5% vật chất sáng, 4,5% vật chất tối thông thường, 24% vật chất tối ngoại lai và 71% năng lượng tối), các nhà vật lý thiên văn đã thấy rằng mật độ của vũ trụ chính xác bằng mật độ tới hạn, rằng hình học của nó là phẳng và có độ cong bằng 0. Điều này có nghĩa là vũ trụ có thể là hữu hạn hay vô hạn tùy thuộc vào topo của nó. Nếu nó là vô hạn, do chỉ có hữu hạn các hạt vật chất trong vũ trụ để tạo nên thế giới, ta phải đối mặt với một nghịch lý kỳ lạ đó là sự lặp lại vô hạn: từ một số hữu hạn các hạt vật chất, tổ hợp của chúng sớm muộn cũng sẽ lặp lại trong một vũ trụ vô hạn. Và như thế sẽ tồn tại vô số các bản sao của tôi, của bạn phân tán trong khắp vũ trụ.

Nhưng chưa hết. Cái mà ta gọi là vô hạn của vũ trụ còn có một ý nghĩa đáng kinh ngạc hơn nữa với sự xuất hiện của khái niệm đa vũ trụ. Đa vũ trụ là tập hợp của tất cả các vũ trụ, bao gồm cả vũ trụ của chúng ta, và rất nhiều vũ trụ song song khác. Nó không ngừng xuất hiện trên con đường khám phá các lý thuyết vật lý khác nhau của chúng ta. Ta đã làm quen với đa vũ trụ của các vũ trụ phân nhánh trong cơ học lượng tử, đa vũ trụ lạm phát chứa vô hạn các vũ trụ bong bóng thổi phồng bởi lạm phát, đa vũ trụ màng, và các vũ trụ toàn ảnh được tiên đoán bởi lý thuyết dây và phiên bản mở rộng là lý thuyết màng. Nhưng đa vũ trụ có một điểm yếu nghiêm trọng nhất có thể có trong khoa học: đó là nó không thể được kiểm chứng một cách trực tiếp. Ta sẽ không bao giờ quan sát được các vũ trụ song song hay giao tiếp với chúng. Mà nếu như không có sự kiểm chứng bằng thực nghiệm, khoa học sẽ nhanh chóng trượt sâu vào siêu hình.

Nhưng vô hạn không phải chỉ là cuộc săn lùng của các nhà toán học và vũ trụ học. Nó cũng không phải là của riêng của các nhà khoa học. Nghệ thuật hồi giáo đã cố gắng biểu thị cảm giác vô hạn qua sự lặp lại tuần hoàn, không có kết thúc của cùng một *motif* trong không gian. Escher đã biểu diễn vô hạn bằng cách chơi với các định luật của vật lý và hình học, cùng với các định luật phối cảnh để tạo ra một sự pha trộn tinh tế giữa hiện thực và ảo giác. Vô hạn cũng khiến các nhà thần học và triết học quan tâm ở mức độ cao nhất. Có vô số các bản sao hay sống bất tử đều gây ra các vấn đề về đạo đức và luân lý. Xã hội học của một cộng đồng không có một ai chết sẽ không thể kì dị hơn. Một cuộc sống bất tử nơi trần gian liệu có phải

là liều thuốc chữa bách bệnh? Liệu nó có đi ngược lại một số truyền thống tâm linh? Vô hạn có nhiều phương diện và đa dạng. Chính chúng ta phải lựa chọn cái phù hợp với mình. Như Georg Cantor đã nhận xét rất đúng: “Dù thiển cận thực sự là bản chất con người, thì nó vẫn mang trong mình - và điều này là cố hữu - một phần rất lớn của vô hạn”.



1. Nhà Gương, dùng để khánh chúc vinh quang của Vua-Mặt Trời và làm choáng ngợp khách tham quan là một trong những nơi “thần kỳ” nhất của lâu đài Versailles. Sở dĩ nó có tên gọi như thế là do ở đây có tới 357 tấm gương trang trí 17 vòm đối diện với cửa sổ. Khách tham quan sẽ nhìn thấy ảnh của mình được nhân lên nhiều lần cùng với các bốn hoa và khu vườn.

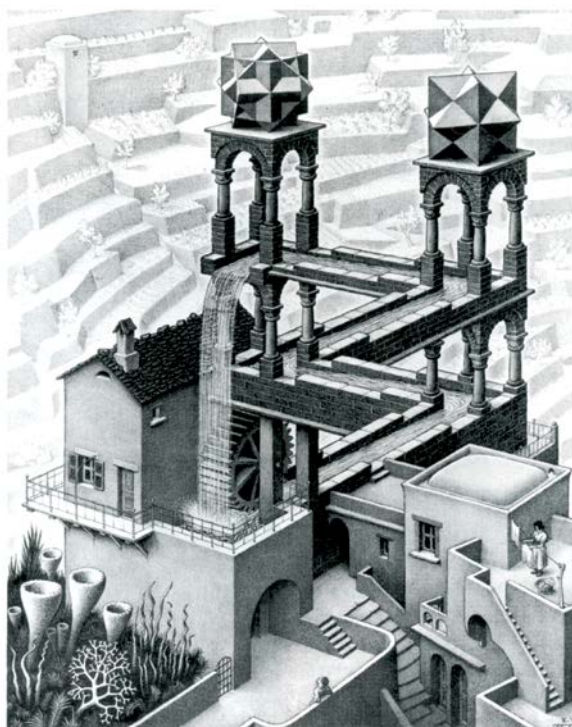


2. Kính vạn hoa, phát minh của nhà vật lý Scotland David Brewster vào năm 1816, là một ống gương hình trụ tạo thành vô số các tổ hợp hình ảnh đẹp đẽ của các mảnh thủy tinh màu chuyển động. Hình bên là một hình ảnh khi nhìn vào kính vạn hoa.



3. Nghệ thuật Hồi giáo gợi tới ý tưởng về vô hạn, do đó vẽ Chúa Trời, bằng cách lặp đi lặp lại cùng một *motif*.

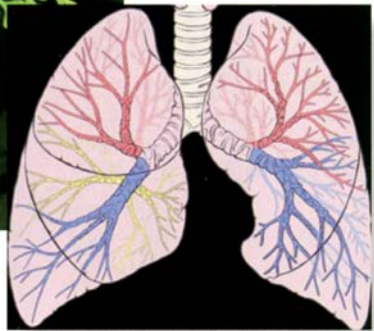
4. Trong bản in litô *Chute d'eau* (Thác nước) Escher đã đùa giỡn với các luật phối cảnh để cho chúng ta một tình huống vô lý, thách thức các định luật của vật lý: một dòng nước lưu chuyển theo một vòng kín làm quay bánh xe nhờ chuyển động rơi. Nói một cách khác, đó là một hệ thống động cơ vĩnh cửu, tự cấp năng lượng, một điều bất khả thi trong thực tế.



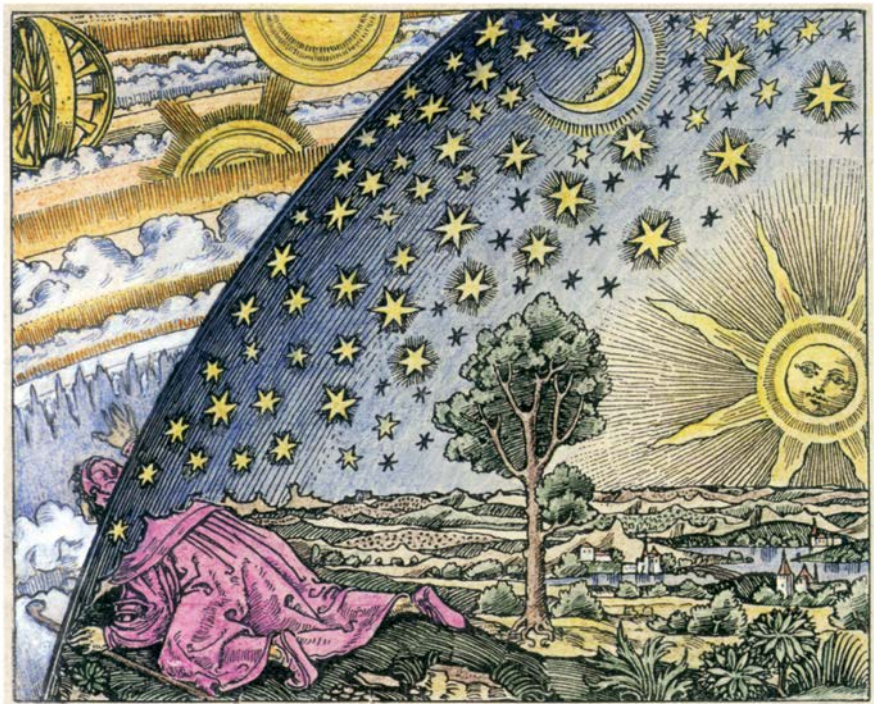
5. Escher gọi ra ở đây ý tưởng về vô hạn bằng cách lặp lại motif "hình con chim" để lấp đầy mặt phẳng và bằng cách sử dụng tài tình các nguyên lý đối xứng. Mỗi con chim trắng bay từ trái sang phải được bao quanh bởi 4 con chim màu xanh giống hệt bay từ phải sang trái, và ngược lại! Bức tranh có thể được nhìn theo hai kiểu: các con chim trắng bay trên nền xanh hoặc các con chim xanh bay trên nền trắng.



6. Trong bức tranh in lithô có tên là *Limite du Cercle I* (Giới hạn của vòng tròn I), Escher đã từ bỏ nguyên lý theo đó các motif lặp lại cần phải giữ nguyên kích thước. Người nghệ sĩ gọi ra ở đây sự vô hạn không thể đạt được bằng cách giảm dần kích thước của các con cá bay từ trong ra ngoài.



7-8: Lá của một số loài cây, như cây dương xỉ vẽ ở đây hay những phân nhánh trong phổi, có cấu trúc fractal.



9. Nghịch lý của vũ trụ hữu hạn: nếu như vũ trụ có biên, vậy cái gì ở phía bên kia? Liệu ta có thể thò tay qua biên giới đó không?



10-11. Một vũ trụ vô hạn sẽ chứa vô số các ngôi sao và cái nhìn của ta sẽ luôn gặp phải bề mặt một ngôi sao, giống như cái nhìn của ta, khi đứng giữa rừng, bị thân cây nào đó chặn lại (ảnh bên trái). Đêm lẽ ra phải sáng như ban ngày, thế nhưng nó lại tối đen, ngay cả trong những bức ảnh chụp bầu trời sâu nhất bằng kính thiên văn không gian Hubble (ảnh bên phải). Nghịch lý đêm đen chỉ được giải quyết với sự ra đời của lý thuyết big bang.



12. Các bức tranh thuộc thời kỳ đồ đá trong hang Lascaux, vùng Dordogne, thực hiện cách đây khoảng 17.000 năm, minh chứng cho sự quan tâm tới phối cảnh: các động vật ở xa nhất bị che một phần bởi những con gần hơn.



13. Phối cảnh không có mặt trong nghệ thuật Ai Cập. Kích thước của các nhân vật không phải được xác định bởi khoảng cách tới người quan sát mà bởi vị trí xã hội của họ.



14. Điểm nhìn duy nhất và phối ảnh tuyến tính của nghệ thuật phương Tây không có mặt trong hội họa Trung Quốc. Thực vậy, người quan sát không phải ở bên ngoài khung cảnh, mà ở ngay bên trong nó, nhờ đó có thể có các điểm quan sát khác nhau.



15. Đám thiên hà Coma, một tập hợp hơn 1000 thiên hà, cách Trái Đất 320 triệu năm ánh sáng. Chính nhờ việc đo chuyển động của các thiên hà trong đám thiên hà này mà Zwicky đã phát hiện ra sự có mặt của khối lượng tối. Không có nó, đám thiên hà này đã tan rã từ lâu.



16. Đám thiên hà Abell 2218, chụp bởi Hubble, ở cách Trái Đất 2 tỷ năm ánh sáng, là một ví dụ về thấu kính hấp dẫn. Các cung sáng xung quanh thiên hà lớn bên trái là các ảo tượng của các thiên hà ở xa.



17. Hình chụp này bởi Hubble cho thấy một “vành Einstein”. Thiên hà màu vàng ở tâm giống như một thấu kính hấp dẫn làm cong ánh sáng của một thiên hà xanh ở xa hơn, tạo thành một ảo tượng có hình chiếc vành khuyết.



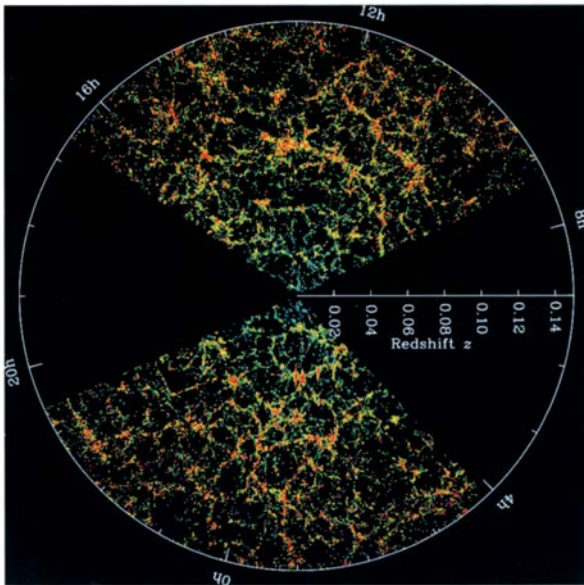
18. Đám thiên hà “Bullet” (*viên đạn*) (hình dạng của nó giống như một viên đạn bay xuyên qua không khí) cách chúng ta 3,8 tỷ năm ánh sáng, là kết quả của một vụ va chạm khổng lồ giữa hai đám thiên hà. Đám khí (màu đỏ) được làm nóng tới hàng triệu độ và phát ra một lượng lớn tia X.



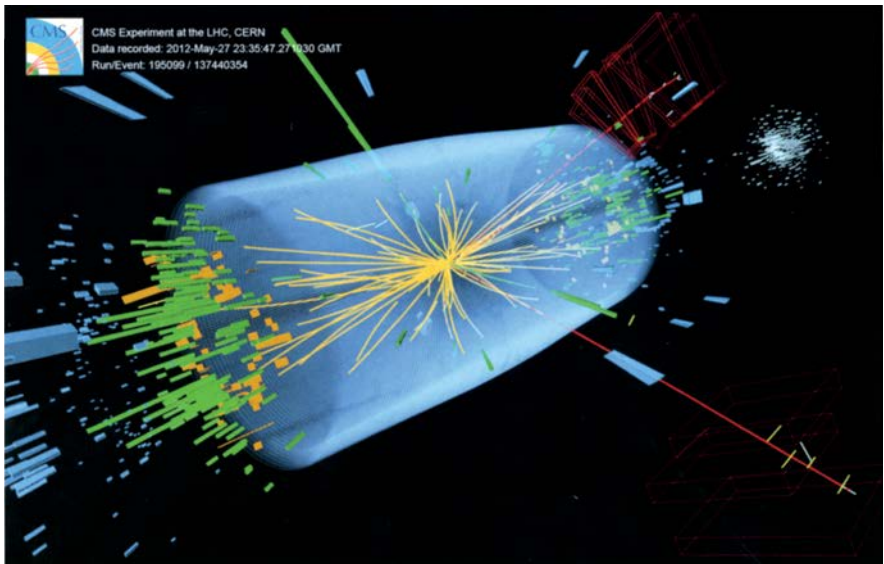
19. LHC (Large Hadron Collider) là máy gia tốc hạt mạnh nhất thế giới. Nó được đặt trong một đường hầm tròn có chu vi dài 27km, ở độ sâu trung bình 100m dưới biên giới Pháp-Thụy Sĩ gần Geneva.



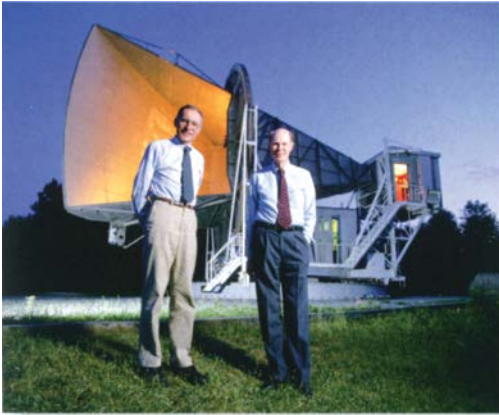
20. Trong LHC, hai chùm hạt, mỗi chùm chứa hàng trăm tỷ proton, được gia tốc tới vận tốc gần bằng tốc độ ánh sáng và được dẫn hướng bằng hàng nghìn nam châm, đi theo chiều ngược nhau, và đập vào nhau với một năng lượng tương đương với năng lượng của vũ trụ tại một phần nghìn tỷ giây sau big bang.



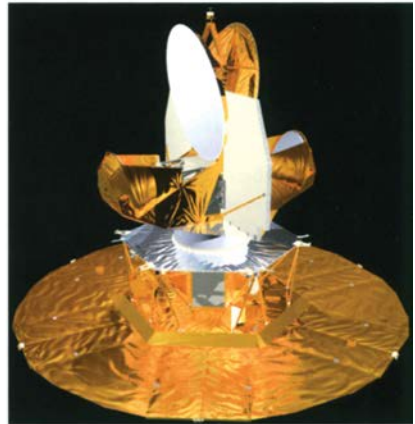
21. Lực hấp dẫn sắp xếp các thiên hà thành các cấu trúc khổng lồ (các "bức tường" và sợi) trải dài hàng trăm triệu năm ánh sáng, bao quanh các không gian trống rỗng có cùng kích thước. Trong tấm bản đồ vũ trụ do nhóm Sloan Digital Sky Survey (Dự án Sloan đo đạc kỹ thuật số bầu trời) lập, Trái Đất là tâm của hình tròn và mỗi điểm biểu diễn một thiên hà.



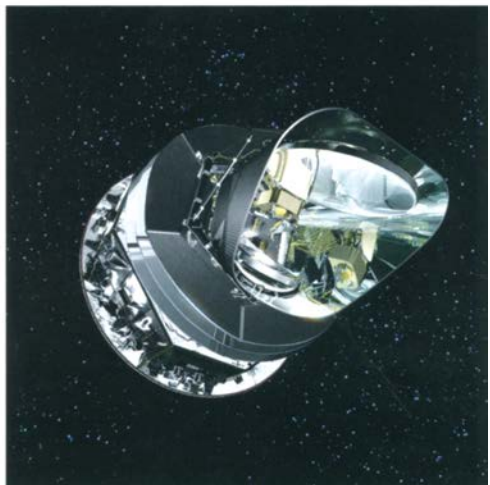
22. Năng lượng khổng lồ sinh ra trong LHC được biến đổi thành hàng loạt các hạt có quỹ đạo cong (màu vàng) sẽ được các nhà vật lý nghiên cứu để tìm ra những sự kiện cực kỳ hiếm hoi. Và hạt boson Higgs đã được tìm ra như thế vào năm 2012.

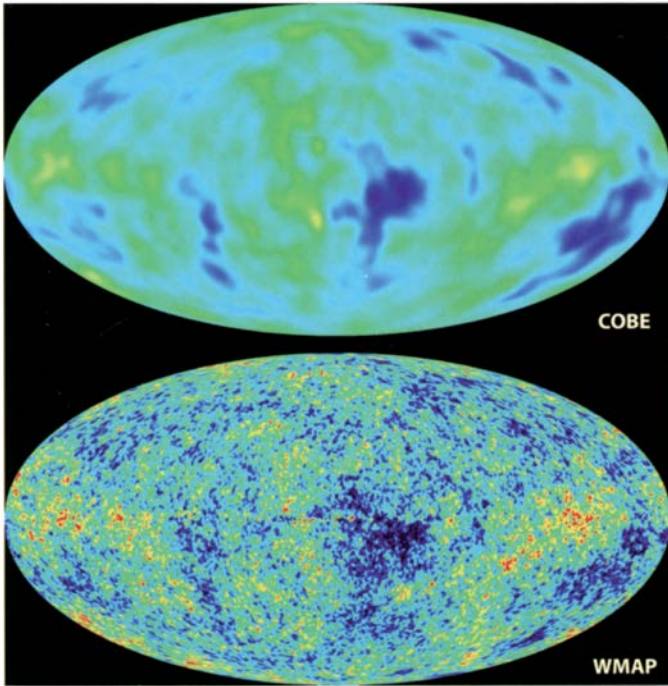


23. Arno Penzias (bên trái) và Robert Wilson (phải) trước kính thiên văn vô tuyến cho phép họ phát hiện ra bức xạ hóa thạch của vũ trụ.

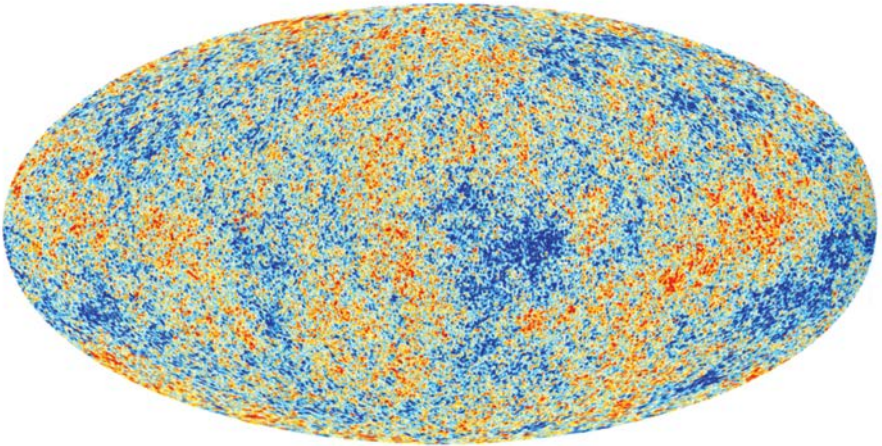


24-25-26. Các vệ tinh COBE (giữa, trái) và WMAP (giữa, phải) do NASA phóng lên quỹ đạo vào năm 1989 và 2001, và vệ tinh Planck (dưới) do ESA (Cơ quan hàng không vũ trụ châu Âu) phóng lên quỹ đạo năm 2009 để nghiên cứu về bức xạ hóa thạch, đã làm một cuộc cách mạng trong ngành vũ trụ học.

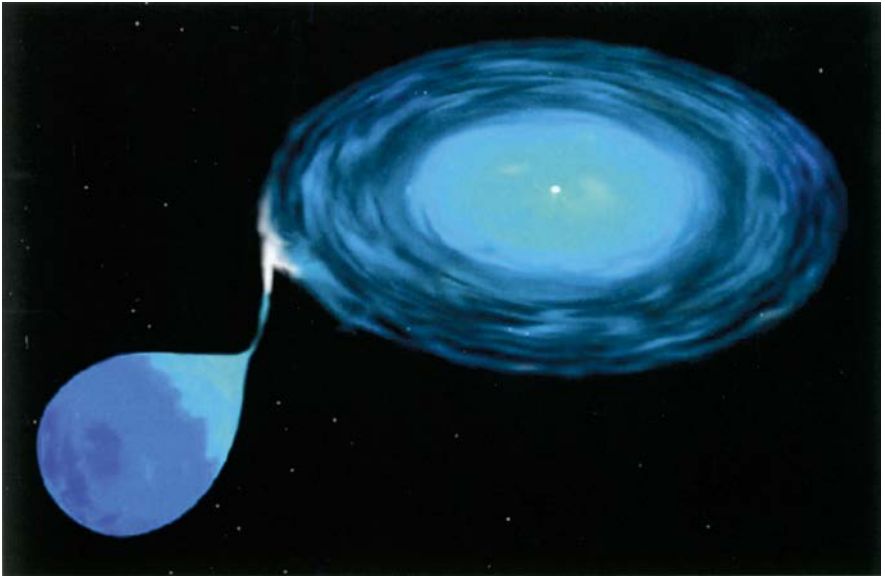




27. Bản đồ bức xạ hóa thạch lập ra bởi COBE, WMAP và Planck đã được chi tiết dần theo thời gian.

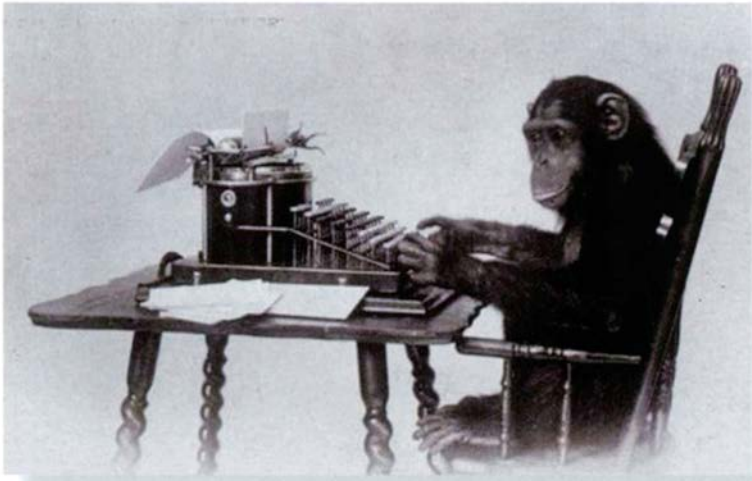


28. Bản đồ bức xạ hóa thạch thu được từ vệ tinh Planck chi tiết và chính xác hơn của WMAP. Theo bản đồ này, vũ trụ hơi già hơn khoảng 80 triệu năm (tuổi của vũ trụ xác định bởi WMAP là 13,7 tỷ năm), lượng vật chất tối ngoại lai cao hơn (27% thay vì 25% của WMAP) và lượng năng lượng tối ít hơn (68% thay vì 71% của WMAP).



29. Các sao siêu mới kiểu Ia là những vụ nổ của sao lùn trắng, xác của các ngôi sao. Vụ nổ gây ra bởi sự tích tụ trên bề mặt sao lùn trắng (điểm sáng phía trên bên phải) và sự đốt nóng (tới nhiệt độ 600 triệu độ) của vật chất tới từ vỏ của một ngôi sao (phía dưới) cặp đôi với sao lùn trắng này.

30. Bức ảnh chụp một sao siêu mới kiểu Ia được tìm thấy vào năm 2011 trong thiên hà xoắn ốc Messier 101, cách Trái Đất 23,6 triệu năm ánh sáng. Vị trí của sao siêu mới (điểm sáng phía dưới nhân của thiên hà) được đánh dấu bởi hai vạch vuông góc.

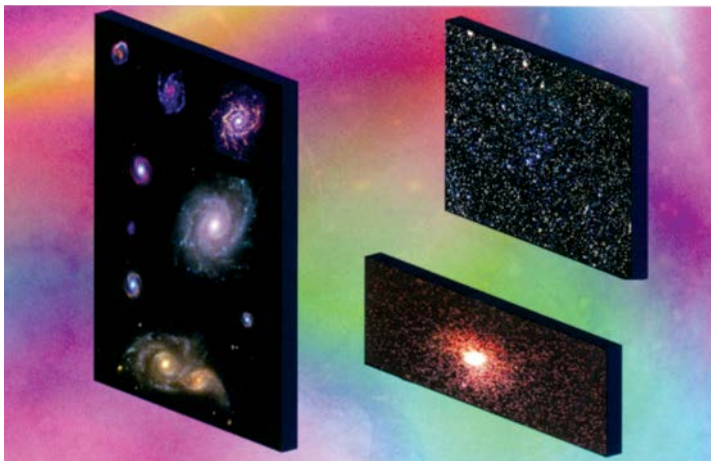


31. Nghịch lý chú khỉ bác học. Nếu một chú khỉ gõ một cách ngẫu nhiên trên bàn phím máy chữ (hay máy tính) và giả sử nó có thời gian vô hạn, thì về nguyên tắc, nó có thể gõ ra một cách hoàn toàn ngẫu nhiên bất cứ tác phẩm văn học nổi tiếng nào.

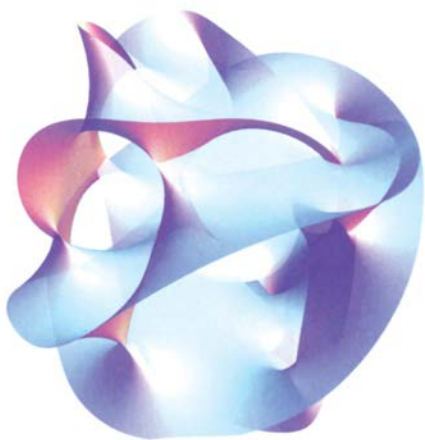


32. Liệu có tồn tại một số vô hạn các dạng sống khác nhau trong vũ trụ? Dạng sống của chúng ta dựa trên các phân tử ADN, chứa chuỗi xoắn kép các nguyên tử liên kết với nhau bởi bốn loại phân tử được gọi là "bazơ". Chính trình tự chính xác của các bazơ này tạo thành mã di truyền.

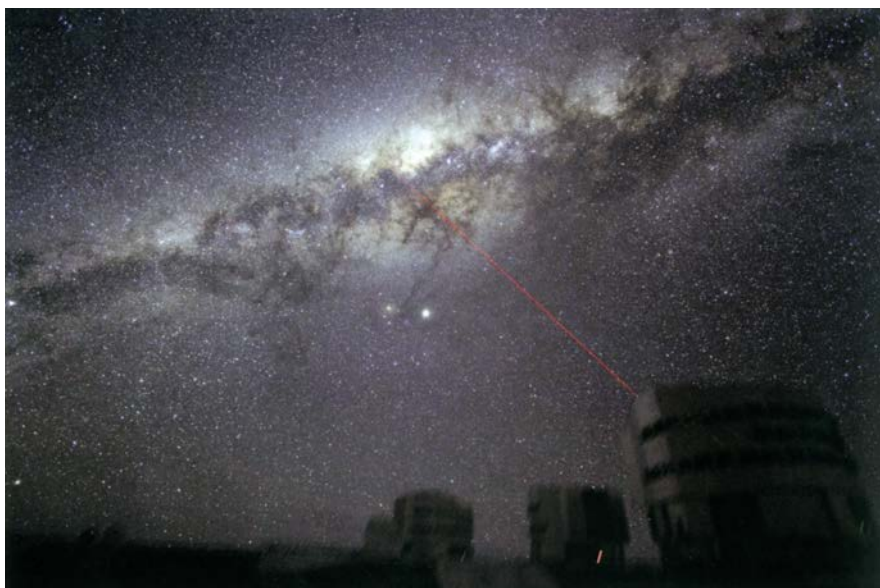
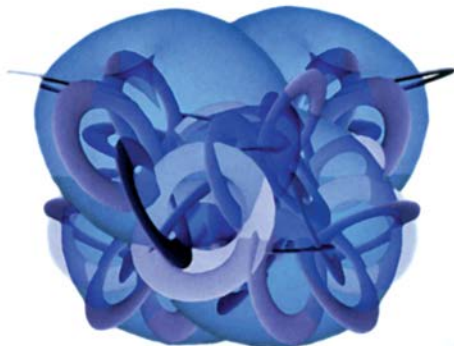
33. Đa vũ trụ - màng chứa vô số các vũ trụ song song, ở đây được biểu diễn bằng các mặt phẳng.



34. Trong thần thoại Hindu, thần Brahma được thể hiện bằng 4 cái đầu, đại diện cho 4 chức năng của tư duy: tinh thần, trí tuệ, bản ngã và ý thức. Chính thần Brahma khi ngủ và mơ đã tạo nên thế giới, mỗi chu kỳ của vũ trụ tương ứng với mỗi hơi thở của thần.



35-36. Các chiều dư hay các chiều bổ sung do lý thuyết dây đưa ra được cuộn lại rất chặt ở mỗi điểm của không gian, có các dạng hình học đặc biệt được gọi là Calabi-Yau. Ảnh ở đây minh họa hai dạng Calabi-Yau, trong số 10^{150} dạng khả dĩ.



37. Trung tâm của dải Ngân Hà của chúng ta (chụp từ VLT [Very Large Telescope] ở Paranal, Chilê) nằm cách Trái Đất 26.000 năm ánh sáng, chứa một lỗ đen siêu nặng bằng khoảng 4 tỷ lần khối lượng Mặt Trời. Tia laser đỏ chỉ vào đúng tâm thiên hà.

MỤC LỤC

Lời tựa	9
I. SỰ KÌ LẠ KHÔNG CHỊU NỖI CỦA VÔ HẠN.....	17
Sự ám ảnh của cái vô hạn	17
Gương và sự vô hạn	20
Vô hạn trong nghệ thuật	24
Họa sĩ nhà toán học bất đắc dĩ	26
Các cấu trúc fractal và cái vô hạn.....	29
Các sự kiện kỳ lạ ở khách sạn Vô Hạn	32
Nghịch lý Zenon:	
vô hạn làm cho chuyển động trở nên không thể.....	34
Aristotle và vô hạn tiềm tàng	38
Archimedes và phép tính số π	40
Chúa và cái vô hạn	42
Hai cái vô hạn của Pascal và vụ cá cược.....	44
Galilei và các nghịch lý của vô hạn	46
Những tính chất kỳ lạ của các chuỗi vô hạn.....	50
Vứt bỏ mọi khái niệm về toàn thể và bộ phận.....	55
II. TRUY TÌM VÔ HẠN TOÁN HỌC.....	59
Cantor, người thuần hóa cái vô hạn.....	59
Âm nhạc và các số vô tỷ.....	62
Các số vô tỉ có thể gieo rắc sự hoảng loạn trong dân chúng.....	65

Hai số vô tỉ nổi tiếng: π và con số vàng.....	68
Không phải tất cả các vô hạn đều bằng nhau.....	73
Một mặt phẳng không chứa nhiều điểm hơn một đường thẳng.....	74
Borges và cuốn sách vô hạn.....	79
Một hệ thứ bậc vô hạn của các vô hạn.....	82
Giả thuyết continuum.....	84
Khi suy ngẫm về điều bất khả tưởng đã dẫn tới loạn trí.....	85
Không ai đuổi chúng ta ra khỏi thiên đường.....	89
Gödel và các giới hạn của tư duy.....	91
Giả thuyết continuum không thể chứng minh được.....	92

III. ĐIỀU VALSE NGẬP NGỪNG CỦA VŨ TRỤ

GIỮA HỮU HẠN VÀ VÔ HẠN.....	97
Nỗi hoang mang trước không gian vô hạn.....	97
Một thế giới vô hạn tạo thành từ các nguyên tử.....	99
Mặt cầu ngoài của các ngôi sao và giới hạn của vũ trụ.....	102
Nghịch lý của vũ trụ hữu hạn, hay liệu ta có thể phóng lao vượt ra khỏi mặt cầu bên ngoài của các ngôi sao?.....	105
Nếu Chúa là vô hạn, tại sao vũ trụ lại không phải như thế?...	108
Người đưa Trái Đất ra khỏi vị trí trung tâm của vũ trụ.....	110
Các tinh cầu chỉ nằm trong trí tưởng tượng của con người.....	114
Sự ám ảnh của vô hạn.....	116
Bí ẩn của đêm đen.....	119
Hấp dẫn và vũ trụ vô hạn của Newton.....	122
Hình học không gian và phối cảnh trong nghệ thuật.....	125
Các đường song song hội tụ.....	129
Một không gian không giới hạn không nhất thiết là một không gian vô hạn.....	132

Vũ trụ động của Einstein	136
Einstein và điện thoại di động của bạn	141
Nguyên lý vũ trụ học	143
Một lực đẩy trong vũ trụ	146
Vũ trụ xuất phát từ hư vô?	148
Linh mục phụ tá người Bỉ và nguyên tử nguyên thủy	150
Giáo hoàng và big bang	154
Vũ trụ không có trung tâm	157
Cha đẻ của tiểu thuyết trinh thám và nghịch lý đêm đen	159

IV. SỰ VÔ HẠN CỦA VŨ TRỤ PHỤ THUỘC	
CÁC THÀNH PHẦN CỦA NÓ: VẬT CHẤT SÁNG,	
VẬT CHẤT TỐI VÀ NĂNG LƯỢNG TỐI	165
Độ cong của vũ trụ và số phận của nó	165
Liệt kê các thành phần của vũ trụ	169
Một cái gì đó tối trong vũ trụ	170
Các ảo tượng vũ trụ và một vũ trụ thống trị bởi vật chất tối	173
Vật chất tối thông thường	176
Vật chất tối ngoại lai	178
Tại sao vũ trụ lại đồng nhất đến thế?	182
Tại sao vũ trụ lại “phẳng” như thế?	183
Tại sao vũ trụ lại giàu cấu trúc đến như thế?	185
Sự lạm phát đến chóng mặt của vũ trụ	186
Lạm phát xua tan những đám mây đen của big bang	187
Năng lượng của chân không	193
Hạt Higgs	197
Ánh sáng của thời xa xưa	199
Các bức xạ hóa thạch đã mở ra kỷ nguyên chính xác trong vũ trụ học	203

Bức xạ hóa thạch và độ cong của vũ trụ	206
Các đèn pha vũ trụ để đo độ giảm tốc của vũ trụ.....	210
Vũ trụ đang tăng tốc và năng lượng tối.....	213
Vũ trụ kỳ lạ và tuyệt vời.....	217
Một vũ trụ hữu hạn hay vô hạn?	220
 V. VÔ HẠN VÀ SỰ LẶP LẠI KHÔNG NGỪNG (VÔ HẠN).....	223
Sự lặp lại không ngừng (vô hạn).....	223
Nhờ lượng tử không cho phép một hạt có vô hạn các vị trí và vận tốc.....	226
Con người trở thành vĩnh hằng nhờ một số vô hạn các bản sao	229
Một quan điểm duy vật và quy giản luận về thế giới	233
Liệu tinh thần có chỉ là vật chất?.....	235
Borges và các hóa thân của vô hạn.....	238
Chú khỉ đánh máy và Shakespeare.....	245
Có thể tránh nghịch lý lặp lại vô hạn không?.....	248
 VI. SỰ VÔ HẠN CỦA CÁC ĐA VŨ TRỤ	253
Vô hạn không còn là như xưa	253
Cơ học lượng tử và các vũ trụ song song.....	255
Chú mèo vừa sống vừa chết của Schrodinger	258
Borges và các vũ trụ phân nhánh	262
Các vũ trụ song song và tự do ý chí.....	267
Ý thức có là cần thiết để chọn một vũ trụ duy nhất?.....	268
Các nhà khoa học và vũ trụ phân nhánh.....	272
Đa vũ trụ lạm phát.....	275
Giấc mơ lớn về thống nhất các lực.....	278
Lý thuyết dây.....	282

Các đa vũ trụ tuần hoàn của các “màng”	288
Các vũ trụ tuần hoàn xuyên suốt lịch sử.....	290
Các chu kỳ nối tiếp nhưng không giống nhau	296
Một sự không có khởi đầu của vũ trụ?.....	300
Khung cảnh vũ trụ của các vũ trụ màng.....	304
Sự đùng độ của lý thuyết dây với thực tại.....	307
Không có sự xác minh bằng thực nghiệm, vật lý sẽ nhanh chóng sa lầy trong siêu hình.....	308
Một thế giới siêu đối xứng.....	309
Các vũ trụ màng và hiện thực.....	311
Đa vũ trụ màng và nguyên lý vị nhân	313
Lý thuyết dây và các vũ trụ toàn ảnh song song	314

VII. SỐNG CÙNG VỚI ĐA VŨ TRỤ VÀ VÔ HẠN319

Đa vũ trụ không thể trực tiếp quan sát được	319
Một lý thuyết không nhất thiết phải được kiểm chứng tới từng ngóc ngách	322
Một khái niệm không thể kiểm chứng hay không thể chứng minh là sai liệu có thể có tính khoa học?	329
Một vũ trụ mang thai sự sống và ý thức	334
Ngẫu nhiên hay tất yếu?	339
Đạo đức trong một vũ trụ vô hạn	343
Cuộc sống vĩnh hằng và xã hội học của sự bất tử	348
Chấp nhận vô hạn	354

KHÁT VỌNG TỚI CÁI VÔ HẠN

Trịnh Xuân Thuận

Người dịch: Phạm Văn Thiều - Phạm Nguyễn Việt Hưng

Chịu trách nhiệm xuất bản: Giám đốc - Tổng biên tập

NGUYỄN MINH NHỰT

Chịu trách nhiệm nội dung: Phó Giám đốc - Phó Tổng biên tập

NGUYỄN THẾ TRUẬT

Biên tập: NGUYỄN PHAN NAM AN

- PHẠM TRỌNG LIÊM CHÂU

Bìa: BÙI NAM

Sửa bản in: PHẠM TRỌNG LIÊM CHÂU

Trình bày: NGUYỄN VĂN

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

Địa chỉ: 161B Lý Chính Thắng, Phường 7,

Quận 3, Thành phố Hồ Chí Minh

Điện thoại: (08) 39316289 – 39316211 – 39317849 – 38465596

Fax: (08) 38437450

E-mail: hopthubandoc@nxbtre.com.vn

Website: www.nxbtre.com.vn

CHI NHÁNH NHÀ XUẤT BẢN TRẺ TẠI HÀ NỘI

Địa chỉ: Số 21, dãy A11, khu Đầm Trấu, Phường Bạch Đằng,

Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

Điện thoại: (04) 37734544

Fax: (04) 35123395

E-mail: chinhanh@nxbtre.com.vn

CÔNG TY TNHH SÁCH ĐIỆN TỬ TRẺ (YBOOK)

161B Lý Chính Thắng, P.7, Q.3, Thành phố Hồ Chí Minh

ĐT: (08) 35261001 - Fax: (08) 38437450

Email: info@ybook.vn - Website: www.ybook.vn

Khát vọng tới cái vô hạn

Vô hạn là một chủ đề rộng lớn nhất mà trí tưởng tượng có thể bao quát được. Nó đã làm mê hoặc con người của mọi thời đại, bất kể họ là nghệ sĩ, triết gia hay nhà khoa học. Nhưng liệu cái vô hạn có được thể hiện thật-sự trong thực tại vật lý, hay đó chỉ là một khái niệm do chúng ta tưởng tượng ra, như Aristotle đã từng nghĩ?

Các họa sĩ như Escher, các nhà văn như Borges đều cố gắng thể hiện nó, nhưng Georg Cantor mới là người đặt chỗ đứng vững chắc cho cái vô hạn trong thế giới của toán học, mới hé lộ cho chúng ta thấy những tính chất kì lạ đầy ma thuật của nó.

Vũ trụ là nơi tuyệt vời nhất cho cái vô hạn được biểu lộ. Trong một vũ trụ vô hạn, chúng ta sẽ phải đối mặt với nghịch lý lặp lại vô hạn, nơi mà mỗi chúng ta sẽ có vô số nhân bản. Những tiến bộ của vật lý trong các thập kỷ gần đây đã đem lại cho “cái vô hạn” một ý nghĩa mới. Nó không những ám chỉ vũ trụ của chúng ta mà còn là vô số các vũ trụ song song, tất cả tạo thành một “đa vũ trụ” vô cùng rộng lớn.

Với chủ đề gây chóng mặt này, Trịnh Xuân Thuận đã đưa ra những suy tư của ông với phong cách sư phạm sáng sủa, vừa có tính khoa học, triết học lại đầy chất thi ca quen thuộc đã làm nên những thành công vang dội của *Giai điệu bí ẩn*, *Hỗn độn và hài hòa*, và gần đây nhất là *Vũ trụ và hoa sen*.



[facebook.com/
nhaxuatban.tre](https://facebook.com/nhaxuatban.tre)

nxbtre.com.vn