

KHOA HỌC  KHÁM PHÁ

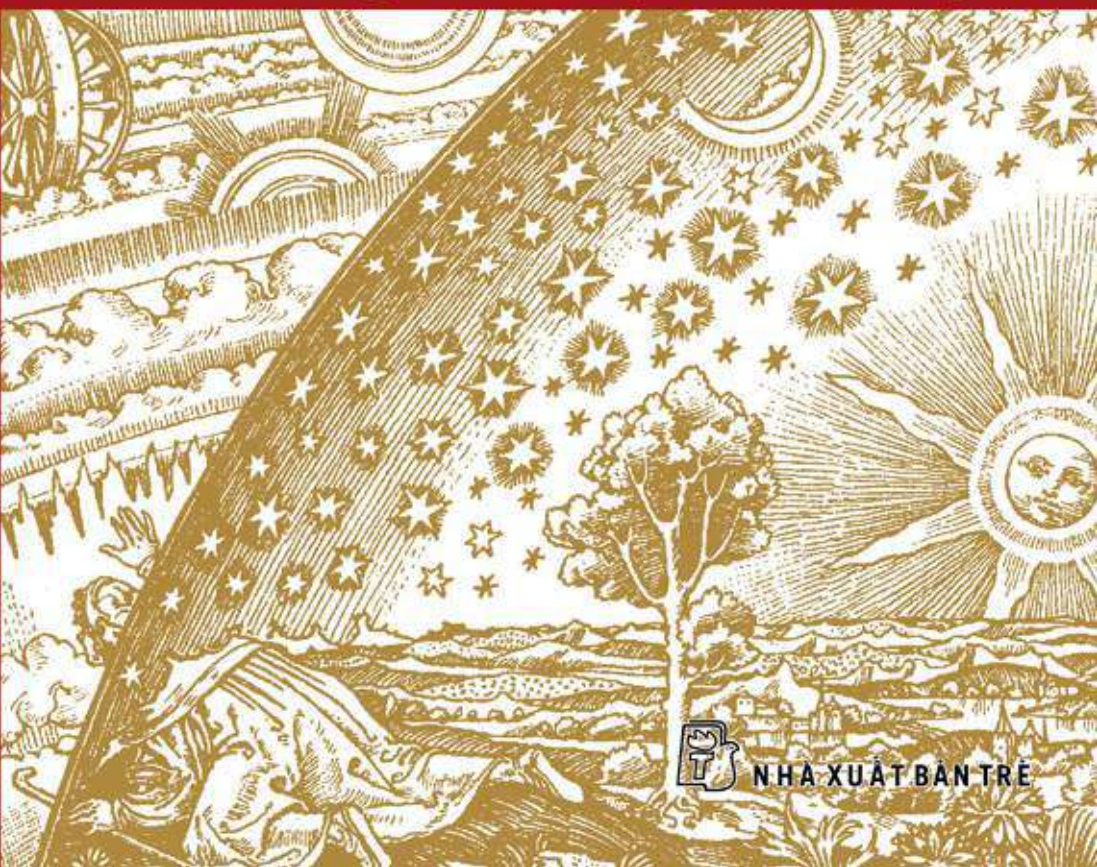
Trịnh Xuân Thuận

LA MÉLODIE SECRÈTE

Et l'homme créa l'univers

Giai điệu bí ẩn

và con người đã tạo ra vũ trụ



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

Giaidiệubản

và con người đã tạo ra vũ trụ

KHOA HỌC KHÁM PHÁ

Chủ biên

PHẠM VĂN THIỀU

VŨ CÔNG LẬP

NGUYỄN VĂN LIỄN

Dịch từ nguyên bản tiếng Pháp:

“LA MÉLODIE SECRÈTE”

© librairie Arthème Fayard, 1988

Bản tiếng Việt © Nhà xuất bản Trẻ, 2013

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

Trịnh Xuân Thuận

Giai điệu bí ẩn / Trịnh Xuân Thuận ; Phạm Văn Thiều dịch. - T.P. Hồ Chí Minh: Trẻ, 2012.

516tr. ; 20,5cm. - (Khoa học và khám phá) (Kiến thức bách khoa).

Nguyên bản : La mélodie secrète.

1. Lý thuyết Big bang. 2. Vũ trụ học. I. Phạm Văn Thiều. II. Ts: La mélodie secrète.

523.1 -- dc 22

T833-T53

Trịnh Xuân Thuận

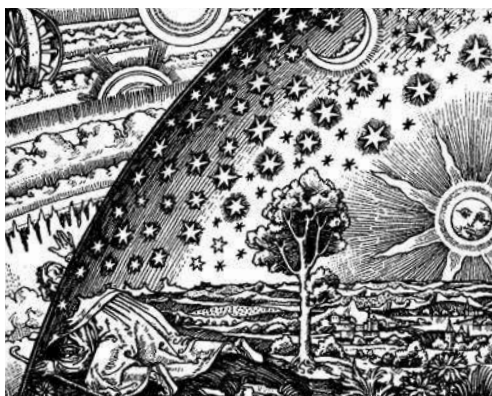
Người dịch: PHẠM VĂN THIẾU

LA MÉLODIE SECRÈTE

Et l'homme créa l'univers

Giai điệu bí ẩn

và con người đã tạo ra vũ trụ



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

*Kính tặng song thân
và tất cả những ai
đã tạo dựng nên vũ trụ*

Lời nói đầu

cho bản dịch tiếng Việt

Trong suốt tuổi ấu thơ và thanh niên của tôi ở Sài Gòn, những năm 50 và 60, một trong những niềm vui lớn của tôi là được đắm mình trong một cuốn sách phổ biến khoa học hay. Trong những giờ phút tuyệt vời đó, tôi tạm quên đi thế giới hằng ngày, để mặc cho tác giả dẫn dắt mình vào những tình tiết kỳ lạ trong thế giới của cái vô cùng bé và kinh ngạc trước vẻ đẹp và sự hài hòa trong thế giới của cái vô cùng lớn. Cũng như đối với một cuộc điều tra của thám tử Sherlock Holmes, tôi hồi hộp theo dõi những diễn tiến của các cuộc khám phá khoa học: những dấu hiệu, những giả thuyết, những con đường lăm lặc, những ngõ cụt và những cuộc tranh luận để rồi cùng đạt tới chân lý.

Những cuốn sách mà tôi đã đọc ở tuổi ấu thơ đã nuôi dưỡng trí tưởng tượng và hình thành những suy tư của tôi. Chắc chắn rằng chúng đã đóng một vai trò to lớn trong việc dẫn dắt những bước đi đầu tiên của tôi đến với khoa học. Chúng cũng kích thích thích trong tôi sự ham muốn được đóng vai trò chủ động trong cuộc phiêu lưu vĩ đại của khoa học. Từ đó tôi đã không ngừng quan sát vũ trụ bằng những kính thiên văn lớn nhất trên mặt đất cũng như trong không gian. Cuốn sách này kể về lịch sử của vũ trụ. Nó trình bày chi tiết quá trình hình thành cái vô cùng lớn từ những cái vô cùng

bé. Cuốn sách cũng bàn về sự điều chỉnh cực kỳ chính xác của vũ trụ để cho ý thức xuất hiện và có khả năng nắm bắt được vẻ đẹp lộng lẫy cũng như tổ chức của vũ trụ và cho nó một ý nghĩa nào đó. Nó cũng trình bày quá trình phát hiện ra mối liên hệ giữa con người và vũ trụ. Là những hạt bụi của các ngôi sao, tất cả chúng ta đều có nguồn gốc từ các tinh tú và đều là anh em với nhau. Cũng như những động vật hoang dã và các bông hoa đồng nội đều là họ hàng của chúng ta.

Tôi sẽ rất sung sướng nếu như tác phẩm này – tác phẩm đã được thế giới phương Tây đón nhận một cách nồng nhiệt – có thể nuôi dưỡng sự suy tư và làm thay đổi ít nhiều nhãn quan về thế giới của một số người. Tôi ấp ủ niềm hy vọng rằng nó có thể làm nảy sinh những chí hướng khoa học của một số bạn trẻ có trí tuệ và cũng hy vọng rằng những hạt giống được gieo trong các trang sách này, một ngày nào đó, sẽ đâm chồi nảy lộc và phát triển thành cây trái xum xuê.

Bất chấp những thăng trầm của lịch sử, Việt Nam là một đất nước luôn đề cao những giá trị giáo dục và tri thức. Cuốn sách này cũng mong muốn là một đóng góp nhỏ bé vào công cuộc truyền bá tri thức đó.

Tôi xin cảm ơn GS. Trần Thanh Vân về những gì ông đã làm để bản dịch tiếng Việt của cuốn “Giai điệu bí ẩn” được sớm ra đời. Tôi cũng cảm ơn dịch giả Phạm Văn Thiều đã dịch rất thành công ra tiếng Việt cuốn sách này.

Trịnh Xuân Thuận

Lời nói đầu

Cuốn sách này dành cho những “chính nhân” có ham muốn tìm hiểu về thế giới xung quanh và quan tâm tới những tiến bộ mới nhất trong nghiên cứu vũ trụ mà không cần có hành trang khoa học của một chuyên gia. Nó vẽ lại sự tiến hóa của quan niệm về vũ trụ và dành sự chú ý đặc biệt cho vũ trụ hiện nay, vũ trụ Big Bang. Cuốn sách cũng đề cập tới những vấn đề vượt ra ngoài khuôn khổ thuần túy khoa học, nhưng không tránh khỏi được đặt ra trong tất cả các cuộc thảo luận về sự sáng tạo ra vũ trụ: chúng ta có mặt ở trên đời này là hoàn toàn ngẫu nhiên hay sự hiện hữu của chúng ta trong vũ trụ là do sự tồn tại của một Đấng Tạo hóa nào đó?

Hai chương đầu tiên (I và II) kể về sự tiến hóa của tư tưởng vũ trụ học, từ vũ trụ thần linh ở buổi bình minh của loài người cho tới vũ trụ Big Bang của thế kỷ 20. Chúng cũng mô tả quá trình mở rộng dần của vũ trụ, từ hệ Mặt trời đơn giản của chúng ta với Trái đất chiếm vị trí trung tâm tới một vũ trụ bao la rộng tới 15 tỷ ánh sáng với Trái đất bơ vơ trong một góc nhỏ xíu của Ngân hà, và chính Ngân hà cũng lại lạc giữa hàng trăm tỷ thiên hà khác. Các chương III và IV giới thiệu những diễn viên của vở kịch trong vũ trụ Big Bang: đó là cặp không gian – thời gian, bốn lực cơ bản, các hạt sơ cấp và các thiên hà. Chúng cũng cho ta biết các diễn viên này phải tuân thủ các quy tắc hành xử cực kỳ chính xác do thuyết tương đối rộng và cơ học lượng tử áp đặt.

Có lẽ, phát minh quan trọng nhất của vũ trụ học hiện đại là hiểu được vũ trụ có một lịch sử, tức là nó có quá khứ và tương lai. Hai chương tiếp theo kể về lịch sử đó theo những hiểu biết hiện nay của chúng ta. Chương V mô tả cái vô cùng bé đã sản sinh ra cái vô cùng lớn như thế nào và bằng cách nào mà toàn vũ trụ với hàng trăm tỷ thiên hà lại có thể tạo ra từ một “chân không” vi mô. Nó cũng kể về quá trình dẹt nên tấm thảm vũ trụ bao la các thiên hà, về sự xuất hiện của sự sống và ý thức sau một chặng đường dài thẳng tiến tới sự phức tạp nhờ các lò luyện kim hạt nhân đầy sáng tạo trong các ngôi sao và sự tồn tại của các hành tinh. Chương VI bàn về tương lai của vũ trụ. Tương lai này hiện còn chưa được biết tới một cách chắc chắn, vì nó phụ thuộc vào tổng lượng vật chất trong vũ trụ mà chúng ta chưa thể đo được một cách chính xác do 90 đến 98% khối lượng của nó là không nhìn thấy được. Liệu vũ trụ sẽ giãn nở vô hạn và trở thành một khoảng bao la lạnh lẽo và tối đen hay nó sẽ đạt tới một kích thước cực đại rồi tự co lại đến một nhiệt độ và mật độ lớn vô hạn?

Nói về sự sáng tạo ra vũ trụ không thể tránh khỏi câu hỏi về sự tồn tại của Chúa Trời. Các chương VII và VIII trình bày những lập luận của khoa học hiện đại bác bỏ tất cả những tư biện kinh điển liên quan đến sự tồn tại của Đấng Sáng tạo, và bù lại khoa học làm cho chúng ta cảm nhận được rằng chính sự tồn tại của chúng ta đã là một điều thật kỳ lạ: vũ trụ đã được điều chỉnh một cách cực kỳ chi li để cho phép sự hiện hữu của chính chúng ta. Chỉ cần các định luật vật lý khác đi một chút là là chúng ta đã không hiện diện ở cõi đời này để nói về nó! Sự điều chỉnh một cách cực kỳ chính xác này phải chăng là hoàn toàn ngẫu nhiên hay là do ý chí của một đấng tối thượng nào?

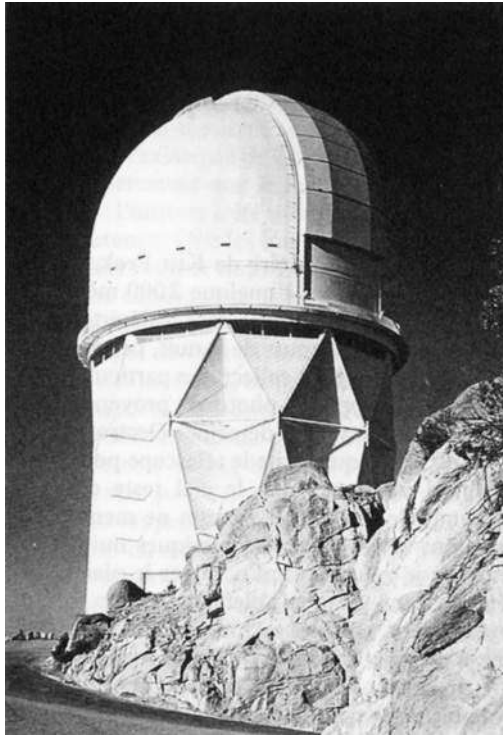
Trong khoa học không có chân lý tuyệt đối. Chương cuối cùng (chương IX) bàn về các lý thuyết đối nghịch với lý thuyết Big Bang. Nó chứng minh tại sao các lý thuyết này lại không được đa số các nhà vũ trụ học chấp nhận, họ vẫn thích sức mạnh tiên đoán, vẻ đẹp và sự đơn giản của lý thuyết Big Bang hơn. Chương này cũng khẳng định rằng vũ trụ Big Bang vẫn chưa phải là vũ trụ cuối cùng và con người sẽ còn tạo ra những vũ trụ khác ngày càng gần với Vũ trụ thực hơn, nhưng sẽ không bao giờ đạt tới nó. Giai điệu tạo ra từ những nốt nhạc rời rạc mà thiên nhiên gửi tới cho chúng ta sẽ vĩnh viễn còn là điều bí mật.

Khi viết cuốn sách này, tôi đã cố gắng, trong một chừng mực có thể, sử dụng một ngôn ngữ giản dị và trong sáng, tránh dùng những thuật ngữ quá chuyên sâu. Để giải thích những khái niệm khó, tôi cũng thường lấy những hình ảnh trong cuộc sống thường ngày. Tuy nhiên, không thể kể một cách thật chặt chẽ về lịch sử của vũ trụ mà không có sự giúp đỡ của của một số khái niệm khoa học. Với mục đích giúp cho bạn đọc hiểu rõ hơn, ở cuối sách, trong phần Thuật ngữ, tôi có tập hợp và định nghĩa một số thuật ngữ vật lý thiên văn. Tôi cũng đưa vào sách một số bảng biểu, hình vẽ và các bức ảnh thiên văn để minh họa những chỗ quan trọng. Cuối cùng, đối với các bạn đọc đã quen thuộc với ngôn ngữ khoa học và muốn biết chi tiết hơn, tôi có thêm một số Phụ lục ở cuối sách. Các phụ lục này chỉ có tính chất phụ trợ chứ không bắt buộc phải biết mới hiểu được cuốn sách này.

Các vũ trụ trong quá khứ

Định hình vũ trụ

Tôi thường xuyên tới quan sát tại đài thiên văn Kitt Peak nằm trên đỉnh một dãy núi dài, trên độ cao 2000m, giữa cánh rừng đại ngàn của người da đỏ, trong sa mạc Arizona. Vào ban đêm, trong lúc nghỉ ngơi, khi mà chiếc kính thiên văn khổng lồ (H.1) đang thu nhận các hạt ánh sáng, gọi là photon, mang thông tin từ các thiên hà xa xôi tới và được đưa tới một dụng cụ điện tử để ghi nhận, thì tôi bước ra khỏi ngôi nhà mái vòm, nơi đặt kính thiên văn, đứng quan sát bầu trời. Trước hết, tôi muốn biết chắc rằng bầu trời vẫn đang quang đãng và không có một dải mây nào ở phía chân trời có nguy cơ sẽ làm gián đoạn những quan sát của tôi và cướp đi của tôi những đêm quý giá mà tôi có được. Nhưng tôi cũng còn muốn tận hưởng niềm vui được chiêm ngưỡng vòm trời đầy sao trong vẻ đẹp lộng lẫy và bao la của nó.



Hình 1. Kính thiên văn ở Kitt Peak. Bức ảnh chụp mái vòm và toàn bộ chiều cao của tòa nhà 10 tầng, nơi đặt kính thiên văn có đường kính 4m, ở Kitt Peak, một ngọn núi nằm trong cánh rừng đại ngàn của người da đỏ ở Arizona, Hoa Kỳ. Kính thiên văn này cho phép quan sát các ngôi sao có độ sáng nhỏ hơn cỡ 100 triệu lần ngôi sao mờ nhất mà mắt thường nhìn thấy được.

Thật không may, với những kỹ thuật quan sát hiện đại, nhà thiên văn hiện nay không còn trực tiếp được giao hòa với bầu trời nữa. Sẽ vĩnh viễn không còn hình ảnh đầy lãng mạn về một nhà bác học ngồi đắm mình trong đêm tối, dán mắt vào chiếc kính thiên văn, hy sinh mọi sự yên ấm vì tình yêu khoa học (cá nhân tôi có thể đảm bảo với bạn rằng việc ngồi bất động hàng giờ trong bóng đêm để quan sát qua kính thiên văn, bất chấp cái lạnh giá và những cơn buồn ngủ

trong những đêm dài mùa đông không phải là chuyện dễ chịu gì). Giờ đây, tôi làm việc trong một căn phòng ấm áp, sáng choang và nhờ các máy tính cực mạnh, tôi chỉ cần bấm các nút trên bảng điều khiển để ra lệnh. Chính vì thế ngay khi kính thiên văn được hướng lên là hình ảnh của thiên hà mà tôi đang nghiên cứu đã hiện trên màn hình sau khi đã được phóng đại lên hàng ngàn lần. Nghĩa là tôi nghiên cứu bầu trời thông qua các thiết bị điện tử. Sự mất khả năng giao hòa trực tiếp với bầu trời đã được đền bù nhiều hơn bởi độ chính xác và hiệu quả nhờ các tiện nghi vật lý.

Bầu trời, vào những đêm không trăng, ở xa cái ánh sáng chói lòa của các đô thị, là một cảnh tượng thật tuyệt vời. Hàng ngàn những chấm sáng lấp lánh, trong đó ở phía dưới kia, chếch về hướng tây, có hai chấm sáng hơi sáng hơn nhưng ít nhấp nháy hơn. Đó là hai hành tinh Hỏa và Mộc, những người láng giềng gần gũi nhất của Trái đất. Hỏa tinh là nơi mà các máy móc do con người chế tạo đã được đặt lên và những nghiên cứu về sự sống ngoài Trái đất đã khẳng định là không có; còn Mộc tinh là một hành tinh khổng lồ trong hệ Mặt trời, nó lớn gấp 11 lần và nặng gấp 318 lần Trái đất của chúng ta. Ánh sáng từ Hỏa tinh và Mộc tinh đến mắt tôi, cũng như ánh sáng từ bảy hành tinh khác, không phải là ánh sáng do chúng phát ra, mà là ánh sáng của Mặt trời được phản xạ từ đó. Mặt trời, do sự quay của Trái đất, mọc và lặn từ đường chân trời, làm cho có ngày và đêm, và tất cả các hành tinh đều quay xung quanh nó. Cũng do sự quay đó của Trái đất mà Mộc tinh và Hỏa tinh cũng sắp lặn và tôi sẽ chỉ nhìn thấy chúng vào tối hôm sau. Ánh sáng từ hai hành tinh này không mất quá nhiều thời gian để đến được chỗ tôi, chỉ vùn vùn có 12 phút đối với Hỏa tinh và 42 phút đối với Mộc tinh. Hệ Mặt trời của chúng ta chỉ là một hạt cát trên cái bãi biển mênh mông của vũ trụ.

Rồi sự chú ý của tôi hướng sang các chấm sáng khác. Đó là các ngôi sao, hoàn toàn giống như Mặt trời của chúng ta, chúng phát ra ánh sáng riêng và tạo ra năng lượng riêng nhờ những phản ứng hạt nhân xảy ra mạnh mẽ bên trong lõi của chúng. Chúng tạo nên một phần của thiên hà chúng ta, mà người cổ xưa quen gọi là dải Ngân hà, do một dải trắng nhạt vắt qua chòm sao Orion (Tráng Sĩ). Dải ánh sáng nhạt nhòa này là do hàng tỷ ngôi sao trong mặt phẳng của thiên hà chúng ta phát ra và Mặt trời chỉ là một trong số 100 tỷ ngôi sao của dải Ngân hà đó. Cùng với các ngôi sao khác, Mặt trời kéo theo chúng ta quay xung quanh tâm thiên hà với chu kỳ 250 triệu năm. Tôi chiêm ngưỡng chòm sao Orion lồng lộng và nghĩ tới sự ra đời của các ngôi sao, vì Orion là một vườn ươm khổng lồ của các ngôi sao, tại đó những đám mây lớn giữa các vì sao dưới tác dụng của lực hấp dẫn riêng của chúng bị co lại ở một số nơi để tạo thành những ngôi sao mới.

Cái cảm giác về sự thanh bình, tĩnh lặng mà tôi cảm thấy khi quan sát bầu trời sao quả thật là sai lầm! Không những tất cả đều đang vận động, các hành tinh quay quanh Mặt trời, Mặt trời quay quanh tâm thiên hà, mà ngay cả những ngôi sao, cũng như con người, đều sinh ra, sống rồi chết. Nhưng những thay đổi đó diễn ra theo thang thời gian vũ trụ mà mỗi đơn vị tính là hàng triệu, hàng tỷ năm, nên chúng không thể cảm nhận được theo thang thời gian của chúng ta. Ánh sáng từ những ngôi sao mà tôi thấy được bằng mắt trần chỉ mất, nhiều lắm, là vài chục năm ánh sáng là tới được mắt tôi. Thiên hà của chúng ta, thực tế, là lớn hơn rất nhiều, nó có đường kính khoảng 90.000 năm ánh sáng, nhưng những ngôi sao ở mép thiên hà phát sáng quá yếu để tôi có thể nhìn thấy được bằng mắt trần. Nhưng, dù có lớn như thế, mỗi thiên hà cũng chỉ là một lâu đài bằng cát trên cái bãi biển mênh mông của vũ trụ.

Tôi lại hướng sự chú ý tới chòm sao Andromede (Tiên nữ). Tôi cố lắm mới phân biệt được trong lòng nó một vết sáng mờ mờ chứ không phải một chấm sáng như các ngôi sao khác. Đó là thiên hà Andromeda và ánh sáng tới được mắt tôi từ 100 tỷ ngôi sao của nó phải mất 2,3 triệu năm ánh sáng. Đây là thiên hà khá giống thiên hà của chúng ta. Về khối lượng, với dải Ngân hà của mình, Andromeda còn vượt quá khối lượng một cụm nhỏ các thiên hà lân cận chúng ta, tức một cụm nhỏ các lâu đài bằng cát trên bãi biển bầu trời.

Đắm mình trong bóng đêm hoàn toàn, tôi chiêm ngưỡng bầu trời rắc đầy bởi vô số các vì sao lấp lánh. Khó khăn lắm tôi mới đoán ra được hình bóng cái mái vòm mờ mờ của dải thiên văn trong đêm và tôi chợt nghĩ rằng ngày nay mình thật may mắn là đã biết được câu trả lời cho câu hỏi đã từng làm bao nhiêu nhà khoa học trước mình phải trăn trở, một câu hỏi hoàn toàn không ngây thơ như vẻ ngoài của nó, đó là tại sao bầu trời lại tối đen mặc dù có vô vàn ngôi sao chiếu sáng? Giờ đây tôi biết rằng bóng tối của màn đêm có liên quan với một sự thật là vũ trụ có điểm bắt đầu, rằng vũ trụ không phải là vĩnh cửu. Sau khi đã thấm đẫm vẻ đẹp thánh thiện của màn đêm, tôi trở về để tiếp tục quan sát cái thiên hà xa xôi tới 5 tỷ năm ánh sáng của mình. Nhờ chiếc gương đường kính tới 4m như một cái chậu vĩ đại hứng ánh sáng, nhờ cái kính thiên văn như con mắt khổng lồ và nhờ những kỳ tích điện tử học và tin học hiện đại mà tôi có thể bắt được ánh sáng rời điểm xuất phát của nó từ 5 tỷ năm trước, khi mà Mặt trời và Trái đất còn chưa tồn tại, các nguyên tử tạo nên cơ thể của tất cả chúng ta còn chưa được ngôi sao tạo ra và phóng vào không gian giữa các vì sao.

Tôi tự nhủ thật kỳ lạ là cái cảnh tượng giản dị của thình không đầy sao lại có thể làm nảy sinh trong tôi tất cả những suy nghĩ đó

và cũng thật diệu kỳ là bộ óc của tôi ngay lập tức cảm thấy một nhu cầu không thể cưỡng nổi là phải tổ chức các mẫu thông tin rời rạc về thế giới bên ngoài đã được các giác quan truyền cho thành một sơ đồ thống nhất và hài hòa. Tự nhiên không cảm lạnh. Như một dàn hòa tấu xa xôi, nó thường xuyên gửi tới chúng ta những đoạn nhạc và các nốt rời rạc. Nhưng nó lại không muốn bày lên đĩa và trao cho chúng ta toàn bộ. Còn thiếu một giai điệu hợp nhất các đoạn nhạc đó. Sợi dây dẫn các nốt nhạc còn được ẩn giấu. Và chúng ta có nhiệm vụ phải khám phá ra những bí mật của cái giai điệu bị che giấu ấy để có thể nghe được một cách trọn vẹn trong toàn bộ vẻ đẹp rực rỡ của nó.⁽¹⁾

Nhu cầu thống nhất và hài hòa, nhu cầu tìm kiếm cái giai điệu còn bị che giấu ấy là một đòi hỏi bức xúc của trí tuệ con người. Đối mặt với thế giới xung quanh mình, chúng ta đã phải giải tỏa nỗi trăn trở và hoang mang về những khoảng trống vô biên bằng cách tổ chức nó lại và vay mượn cho nó một gương mặt quen thuộc với chúng ta. Sự tổ chức đó của thế giới bên ngoài, khi được áp dụng cho toàn vũ trụ, gọi là vũ trụ học. Khi tôi cố gắng làm hài hòa những mẫu thông tin bề ngoài có vẻ rời rạc chẳng liên quan gì với nhau như sự mọc và lặn của Mặt trời, hay bầu trời đêm đầy sao, hay còn nữa là sự thay đổi mùa trong năm, sự nở hoa rực rỡ vào mùa xuân cho tới những sắc vàng lộng lẫy vào mùa thu, là tôi đã thành một nhà vũ trụ học. Khi xây dựng nên một hệ thống những ý tưởng hài hòa để giải thích thế giới bên ngoài, với tư cách là một thành viên của xã hội, của một nền văn hóa, chúng ta đã tạo ra một vũ trụ. Vũ trụ đó cung cấp cho chúng ta một ngôn ngữ chung và đóng góp

1. E. Jacob, *La Statue interieure*, La Seuil, 1987, p.305.

vào sự gắn kết xã hội khi nó cho chúng ta một niềm tin vào một nguồn gốc chung và sự tiến hóa tập thể và cho chúng ta một bản sắc riêng khác với các xã hội khác. Chúng ta là cái mà chúng ta biết. Tất nhiên, vũ trụ mà chúng ta tạo ra không phải là duy nhất mà có rất nhiều. Nó thay đổi theo các thời đại và các nền văn hóa. Nó có đời sống và lịch sử riêng và thường tiến hóa song song với đời sống và lịch sử của xã hội tạo ra nó.

Một vũ trụ cũng như một con người. Nó sinh ra, trưởng thành hết tầm cỡ của nó, suy tàn rồi biến mất và được thay thế bằng một vũ trụ khác. Sự suy tàn và biến mất này thường được gây ra bởi sự tiếp xúc với một xã hội khác hay một nền văn hóa khác năng động hơn hoặc bởi những thực tế hay các phát minh không tương thích với vũ trụ hiện hành hoặc, sau hết, bởi sự xuất hiện các ý tưởng mới đòi xem xét lại vũ trụ hiện thời.⁽²⁾

Vũ trụ thần linh

Như vậy là các vũ trụ cũng kế tiếp nhau và cái giai điệu bí ẩn cũng có những dạng thức khác nhau trong suốt thời gian của lịch sử. Vũ trụ đầu tiên xuất hiện khoảng vài trăm ngàn năm trước cùng lúc với sự xuất hiện của ngôn ngữ. Con người hang động sống trong một vũ trụ thần thánh đầy những thần linh. Ta hãy tưởng tượng một người sống trong các hang động ở Lascaux, phía tây nam của vùng đất sau này trở thành nước Pháp. Anh ta vừa ăn xong, đi ra khỏi hang để hít thở và chiêm ngưỡng bầu trời. Anh ta thấy rằng thần Mặt trời đã lặn vì không còn thấy ánh sáng chói lòa của nó

2. E. Harrison, *Masks of the Universe*, McMillan, 1985.

nữa. Trong khi đó thần Mặt trăng xuất hiện vì anh ta nhìn thấy nó đang từ từ mọc lên ở phía chân trời. Rồi các thần sao cũng xuất hiện vì chúng đang lấp lánh trên trời. Tất cả các thần Đất, thần cây, thần hoa, thần sông đều đã đi ngủ. Bốn bề đều tĩnh lặng và êm ả. Con người của hang động Lascaux cảm thấy hoàn toàn thoải mái trong cái vũ trụ thần thánh đó, nơi mà mỗi một vật đều có một vị thần gắn với nó, bởi vì đối với anh ta, thế giới các thần linh chỉ là một tấm gương phản chiếu thế giới của chính con người, cũng với những ham muốn, những thôi thúc và những phong tục như của con người. Con người đó cũng biết rằng mình có thể giao tiếp với các thần linh như với những con người khác, đồng thời có thể ca tụng, tạ ơn và tế lễ để mong được họ phù hộ.

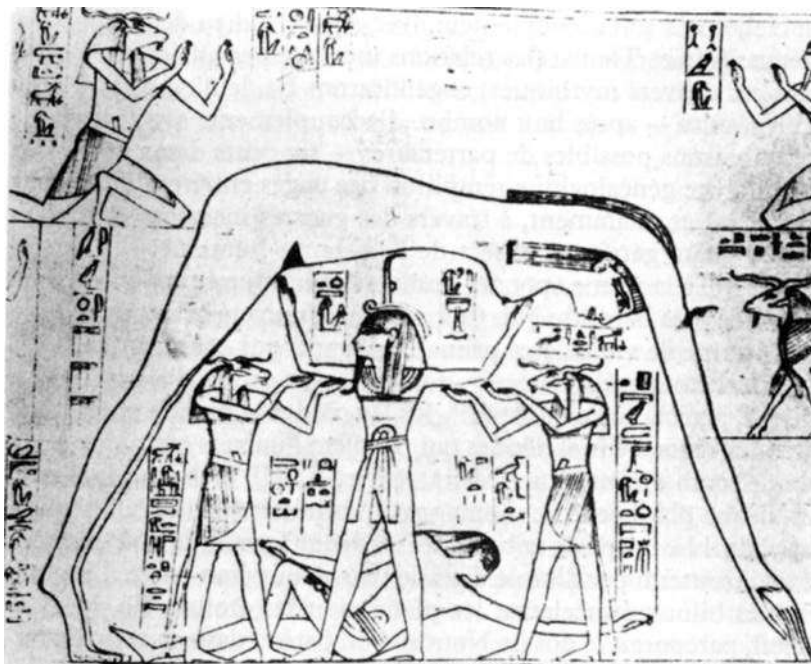
Vũ trụ thần thoại

Vũ trụ thần thánh là vũ trụ đơn giản, quen thuộc và mô phỏng theo con người. Nhưng rồi theo thời gian, nó dần dần mất đi sự đơn giản và quen thuộc đó. Cùng với sự tích lũy kiến thức, sự thơ ngây cũng mất dần. Con người ngày càng nhận thấy ý nghĩa và sức mạnh của mình khi đối mặt với sự bao la của vũ trụ. Và vũ trụ ngày càng được làm cho phức tạp hơn và chẳng bao lâu đã có màu sắc siêu nhiên. Để tạo ra toàn bộ sự phức tạp đó, cần phải có những đấng có sức mạnh vượt hẳn con người. Thế giới các thần linh mang hình ảnh con người bây giờ không còn đủ nữa. Vào khoảng 10.000 năm trước, vũ trụ thần linh đã chuyển thành vũ trụ thần thoại siêu nhiên. Các vị thần đã già từ cây cỏ, hoa trái, sông ngòi. Thế giới bên ngoài đã mất đi tính người của nó. Vũ trụ giờ đây được điều khiển bởi các vị thần sống mãi tít trên cao kia. Ban ngày là thần Mặt trời và ban đêm là thần Mặt trăng, thần các vì sao và các hành tinh. Vũ

trụ học bây giờ gồm các câu chuyện thần thoại kể về lịch sử các thần này, về tình yêu và sự hôn phối của họ, về sự hận thù và chiến tranh giữa họ với nhau. Trong vũ trụ thần thoại, các hiện tượng tự nhiên, kể cả sự ra đời của chính vũ trụ, là kết quả các hành động của các thần, bị thúc đẩy bởi những tình cảm rất con người, như tình yêu, sự thù hận và niềm đam mê, nhưng lại được cấp cho những sức mạnh siêu nhiên. Cùng với vũ trụ thần thoại, tôn giáo cũng ra đời. Sự liên lạc với các đấng siêu nhiên không còn được tiến hành trực tiếp như trong vũ trụ thần linh nữa, mà là được làm thông qua các cá nhân có đặc ân, tức là các thầy tu, trong các lễ tế thần. Mối liên kết đó giữa vũ trụ học và tôn giáo, giữa nhà vũ trụ học và thầy tu, kéo dài gần ba ngàn năm cho tới khi vũ trụ khoa học thay thế cho vũ trụ thần thoại.

Các vũ trụ thần thoại có rất nhiều và cũng rất phong phú, chúng thay đổi tùy theo các nền văn hóa và thời đại khác nhau. Trong phần lớn các vũ trụ này, chức năng sinh nở của người phụ nữ chính là nguồn cảm hứng của huyền thoại về sự sinh thành. Đối với những người Babilon sống cách đây khoảng năm ngàn năm ở Sumer, trong vùng châu thổ của hai con sông Tigre và Euphrate (tức Irắc và Syri ngày nay), Tiamat - người đàn bà khởi thủy - đã sinh ra Anu, thần Trời, sau khi giao hợp với Apsu, thần vực thẳm các đại dương. Anu và Tiamat (những quan hệ loạn luân như thế này có rất nhiều trong các vũ trụ huyền thoại) lại sinh ra Ea, thần Đất. Kết quả là, sau rất nhiều những cuộc hôn phối với tất cả những tổ hợp người tình khả dĩ, có tới sáu trăm vị thần, cả nam lẫn nữ, mà cây phả hệ của họ có thể choán đầy nhiều trang giấy. Họ cãi cọ nhau thường xuyên và thông qua các cuộc chiến tranh triển miên, mỗi một người trong họ chia nhau cai quản một phương diện tồn tại của con người.

Gần như cùng thời gian đó, vũ trụ huyền thoại của người Ai Cập được phát triển trên hai bờ sông Nile. Cũng như trong vũ trụ của người Babilon, nước là khởi nguồn của sự sống. Đấng khởi thủy là Atoum, người chứa trong mình toàn bộ sự tồn tại, sống trong đại dương nguyên thủy Nun. Đó là người mà hiện thân là Atoum Rã đã sinh ra thế giới và gần tám trăm vị thần, cả nam lẫn nữ, sống trong vũ trụ thần thoại Ai Cập. Atoum sau này trở thành Rã - thần Mặt trời. Geb là Trái đất - một cái đĩa phẳng bao bọc bởi núi non nổi



Hình 2. Vũ trụ thần thoại của người Ai Cập. Thân thể của nữ thần Nout xinh đẹp trang điểm bởi các ngôi sao và các hành tinh và được đỡ bởi thần không khí Shu, tạo nên vòm trời. Thần Mặt trời hàng ngày đi qua trên lưng của nữ thần Nout, còn bên dưới là thần đất Geb quỳ dưới chân nữ thần Nout. (ảnh của Viện bảo tàng Anh)

giữa đại dương nguyên thủy Nun. Cơ thể của nữ thần Nout xinh đẹp tạo nên vòm trời và được đỡ bởi thần không khí Shu. Nout được dát đầy bởi vô số những viên ngọc lấp lánh, đó là các hành tinh và các vì sao. Rã, thần Mặt trời, ban ngày dong thuyền trên lưng nữ thần Nout ngang qua bầu trời và trở về bằng con đường dưới nước bên dưới mặt đất (H.2).

Bộ máy hành chính thiên đình

Vũ trụ thần thoại yêu thích nhất của tôi có lẽ là vũ trụ của người Trung Hoa, một vũ trụ đã được phát triển vào khoảng năm 2000 trước CN (CN). Vũ trụ này minh họa rõ nét cái đặc tính phỏng theo con người của các vũ trụ thần thoại, trong đó tổ chức của các thần phản ánh tổ chức của con người. Trong vũ trụ Trung Hoa, các vị thần, cả nam lẫn nữ, tạo thành một bộ phận của bộ máy hành chính khổng lồ, họ suốt ngày ngồi soạn thảo các công văn giấy tờ, ra các chỉ thị hệt như các quan chức của Đế quốc Trung Hoa. Sau đó, vào khoảng năm 500 trước CN, nhà triết học Khổng Tử đã đưa vào khái niệm các cực đối lập, đó là Âm và Dương. Trong vũ trụ Trung Hoa, thế giới được sinh ra bởi tác dụng qua lại liên tục giữa hai lực đối cực đó. Trời là Dương, là sức mạnh, là nam tính và là người sáng tạo. Đất là Âm, là nữ tính, là mẹ. Trời ở bên trên luôn luôn vận động, còn Đất ở bên dưới và nghỉ ngơi. Mặt trời là Dương, là ánh sáng, là nóng và khô, còn Mặt trăng là Âm, là tối tăm, lạnh lẽo và ẩm ướt. Vũ trụ luôn luôn ở trạng thái vận động tuần hoàn vĩnh cửu, Âm khi đã đạt tới đỉnh điểm sẽ nhường chỗ cho Dương. Đêm tiếp theo ngày, Mặt trăng thế chỗ cho Mặt trời, mùa đông lạnh lẽo và u ám kế tiếp theo mùa hè ấm áp và tràn đầy ánh sáng, đó là những ví dụ về sự tương tác của cặp Âm và Dương.

Những chiến công về trí tuệ của con người thuộc vũ trụ thần thoại quả thật rất đáng ngạc nhiên. Những người Ai Cập đã chinh phục được hình học để dựng nên các kim tự tháp của họ. Những người Babilon đã nắm vững khoa học về các con số để ghi lại vị trí của các tinh tú, soạn ra lịch và tiên đoán những thời điểm có nguyệt thực. Nhưng các tu sĩ Ai Cập và Babilon không quan sát bầu trời vì chính nó mà cốt là để đọc ra ở đó số phận của con người: mỗi quan tâm của họ là chiêm tinh học chứ không phải thiên văn học. Dùng các kiến thức toán học để phát hiện ra những quy luật chi phối chuyển động của các thiên thể không phải là mối bận tâm của họ. Vì sự chuyển động của các thiên thể là tuần hoàn, nên chỉ cần theo dõi vị trí của chúng một khoảng thời gian dài là có thể tiên đoán được vị trí của chúng trong tương lai. Vì vậy, sự hiểu biết về vị trí của Trái đất đối với Mặt trời, Mặt trăng, đối với các sao và phần còn lại của vũ trụ là không cần thiết. Cũng như các bậc tiền bối của họ vào đầu kỷ nguyên thần thoại, những người đã xây dựng nên những đền đài bằng đá ở ở Carnac, ở Bretagne, miền tây nước Pháp hoặc ở Stonehenge, miền nam nước Anh, để đánh dấu nơi mọc và lặn của Mặt trời và Mặt trăng, những người Ai Cập và Babilon là các tu sĩ - vũ trụ học hơn là nhà thiên văn - vũ trụ học.

Những kỳ tích Hy Lạp

Tới thế kỷ thứ 6 trước CN, dọc theo bờ biển Tiểu Á, ở Ionie, đã xuất hiện một nền văn minh kỳ lạ nhất, đó là “kỳ tích” Hy Lạp, kéo dài gần tám thế kỷ. Ngay trong lòng vũ trụ thần thoại, một nhóm nhỏ những con người đặc biệt đã làm đảo lộn tất cả và gieo mầm cho một vũ trụ mới sắp sửa rung hồi chuông báo giờ cáo chung của vũ trụ cũ.

Những người Hy Lạp này đã đưa ra vũ trụ khoa học, một vũ trụ vẫn còn như vũ trụ ngày hôm nay của chúng ta. Thay vì buông xuôi trông cậy một cách mù quáng vào các vị thần và bằng lòng với việc quan sát các hiện tượng tự nhiên mà không hiểu, những người Hy Lạp đã có một trực giác mang tính cách mạng mách bảo rằng thế giới có thể phân chia thành các bộ phận khác nhau và lý trí con người có khả năng hiểu được những quy luật chi phối hành vi của các bộ phận đó cũng như sự tương tác giữa chúng. Tự nhiên có thể là đối tượng để suy ngẫm và tư biện. Sự hiểu biết các quy luật tự nhiên mà trước kia chỉ dành cho các vị thần thì bây giờ đây được chia sẻ bởi con người trong vũ trụ khoa học.

Được trang bị bởi niềm tin không gì lay chuyển nổi vào khả năng của lý trí con người, những người Hy Lạp đã bắt tay vào công việc. Cấu trúc của vật chất, bản chất của thời gian, các hiện tượng sinh học, địa chất và khí tượng, không lĩnh vực nào là thoát khỏi con mắt đầy tò mò và lục vấn của họ. Leucippe và Democrite đã phân chia vật chất thành các nguyên tử, những phần tử không thể phân chia được nữa - một quan điểm cho tới nay vẫn còn mang tính thời sự. Pythagoras bằng những định lý của mình đã đặt nền tảng cho toán học và Euclide đã xây dựng nên hình học của mình, mà cho tới nay nó vẫn còn là một trong số những lâu đài trí tuệ hài hòa nhất và cũng là ấn tượng nhất trong lịch sử các tư tưởng.

Từ sự kích thích trí tuệ mạnh mẽ đó đã xuất hiện một vũ trụ mới vượt xa vũ trụ thần thoại cũ. Trong suốt bốn thế kỷ, các học thuyết chủ yếu về vũ trụ, ngày càng tinh xảo hơn, lần lượt ra đời. Và cuối cùng, các học thuyết này đã dẫn tới vũ trụ Ptolemye, một vũ trụ sẽ ngự trị gần như tuyệt đối trong suốt hai ngàn năm sau đó. Những nền tảng của phương pháp khoa học đã dần dần được xây đắp. Trong

khi những học thuyết đầu tiên về vũ trụ được rút ra từ những tư biện thuần túy triết học, thì những hạn chế được áp đặt bởi sự quan sát chuyển động của các hành tinh ngày càng trở nên quan trọng. Những học thuyết đầu tiên về vũ trụ vẫn còn mang nhiều âm hưởng thần thoại. Đối với Thales (khoảng năm 560 trước CN) tất cả đều là nước. Trái đất là phẳng và nổi trên đại dương nguyên thủy. Hoàn toàn giống như trong vũ trụ thần thoại của người Babilon, nước là yếu tố khởi thủy chi phối toàn bộ thế giới. Anaximandre (khoảng năm 545 trước CN) đã vứt bỏ ý tưởng về yếu tố nguyên thủy duy nhất. Đối với ông, thế giới là kết quả của sự tương tác và hòa trộn của những cái đối lập, như nóng và lạnh, ánh sáng và bóng tối, - một ý tưởng rất giống với khái niệm âm dương của người Trung Hoa. Trái đất là một cái cột dẹt nổi trong không khí ở giữa các vành đai lửa kế tiếp nhau là Mặt trời, Mặt trăng và các hành tinh. Và thế là vũ trụ địa tâm với những mặt cầu đồng tâm lồng vào nhau của các hành tinh ra đời.

Vũ trụ toán học

Tính chặt chẽ toán học đã đi vào tư tưởng vũ trụ học cùng với Pythagoras, ở thế kỷ thứ 6 trước CN. Theo ông, vũ trụ có một hình học hài hòa được chi phối bởi các định luật toán học và các con số. Những con số là nguyên lý, là nguồn gốc của mọi sự vật và là sự phản ánh tính hoàn hảo của Thượng đế. Trái đất không có dạng dẹt mà có một dạng toán học “hoàn hảo” hơn, đó là hình cầu. Đối lập với các vũ trụ địa tâm trong tương lai, trong đó Trái đất là đứng yên ở vị trí trung tâm, vũ trụ Pythagoras có tâm là một ngọn lửa lớn không nhìn thấy được và quay xung quanh nó là mười đối tượng vẽ nên mười vòng tròn hoàn hảo. Chuyển động của các đối tượng

này trong sự hài hòa hoàn hảo như âm nhạc nên đã làm nảy sinh “âm nhạc các mặt cầu”. Mười đối tượng này theo thứ tự xa dần ngọn lửa trung tâm là Đối- Trái đất, Trái đất, Mặt trăng, Mặt trời và năm hành tinh được biết thời bấy giờ là Thủy tinh, Kim tinh, Hỏa tinh, Mộc tinh và Thổ tinh. Sự tồn tại của Đối-Trái đất, thiên thể bảo vệ cho Trái đất tránh được hơi nóng dữ dội của ngọn lửa trung tâm, cần được thừa nhận để có tổng số các đối tượng là 10, một con số hoàn hảo. Pythagoras chắc là sẽ rất đau khổ nếu biết rằng thực sự chỉ có chín hành tinh trong hệ mặt trời của chúng ta. Theo Pythagoras, vũ trụ phải phù hợp với các con số và có thể suy ra từ lý luận thuần túy. Những quan sát không hề có ích lợi gì. Phương pháp khoa học như được ứng dụng ngày hôm nay, phương pháp cổ vũ rằng sự hài hòa của thế giới phải được tiếp nhận thông qua quan sát và thực nghiệm, còn chưa xuất hiện.

Vũ trụ địa tâm

Vào thế kỷ thứ 4 trước CN, Platon đã lấy lại một số ý tưởng của Pythagoras để xây dựng nên một vũ trụ mới. Trái đất vẫn có dạng cầu hoàn hảo. Chuyển động của các thiên thể vẫn theo các quỹ đạo tròn lý tưởng. Những chuyển động này là tuyệt đối đều. Nghĩa là các hành tinh quay xung quanh Trái đất với vận tốc không đổi, không tăng tốc cũng không giảm tốc. Các bầu trời gắn với các thần cần phải hoàn hảo, và sự hoàn hảo này đòi hỏi dạng và chuyển động của các thiên thể cũng phải hoàn hảo.

Học thuyết con người là trung tâm vũ trụ lại sống lại và Trái đất lại chiếm vị trí trung tâm và nằm bất động ở đó. Ý đồ của vũ trụ địa tâm cũng không có gì khó hiểu. Khi quan sát quỹ đạo của các thiên thể chạy từ đông sang tây trên bầu trời hết đêm này sang đêm khác,

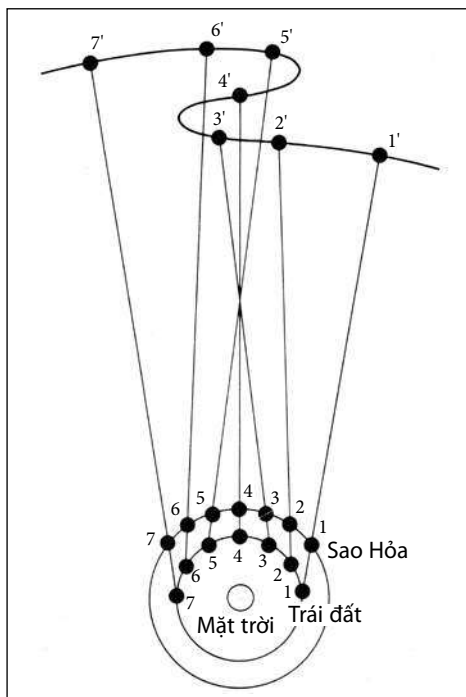
còn gì tự nhiên hơn là giả thiết rằng Trái đất nằm bất động ở trung tâm của vũ trụ và Mặt trời, Mặt trăng cùng với các thiên thể khác quay xung quanh nó? Platon đã thừa nhận một vũ trụ trong đó Trái đất nằm ở tâm một mặt cầu cực lớn chứa tất cả các hành tinh và các sao. Vũ trụ là hữu hạn và được giới hạn trong mặt cầu đó. Mặt cầu này quay hàng ngày để phù hợp với chuyển động của các thiên thể.

Chuyển động lùi

Nhưng vũ trụ hai mặt cầu này không thể giải thích được chuyển động lạ lùng và kỳ dị của các hành tinh. Thực tế, các hành tinh, khi nhìn thấy được vào ban đêm, cũng đi ngang qua bầu trời từ đông sang tây như tất cả các ngôi sao. Nhưng sau mỗi đêm, vị trí của chúng so với các ngôi sao lại thay đổi và dịch dần chỉ theo một hướng từ tây sang đông. Chuyển động này chính là nguồn gốc của cái tên hành tinh (hành tinh tiếng Hy Lạp là “*planete*” - có nghĩa là lang thang). Trong khi đó, những ngôi sao lại là cố định đối với nhau. Trong vũ trụ ngày hôm nay, chúng ta biết rằng sự khác biệt về chuyển động tương đối giữa các hành tinh và các sao, thực tế, là do hiệu ứng về khoảng cách. Các ngôi sao ở rất xa nên có vẻ như không chuyển động, trong khi đó các hành tinh ở gần nên dường như chuyển động với biên độ lớn.

Một sự thực lạ lùng là, đôi khi, các hành tinh dường như dừng lại trên quỹ đạo của nó, rồi đảo hướng chuyển động đối với các ngôi sao. Khi đó các hành tinh thực hiện một chuyển động gọi là chuyển động lùi, từ đông sang tây, trong một thời gian nào đó, trước khi trở lại chuyển động theo hướng tây - đông như thường lệ. Trong vũ trụ nhật tâm của chúng ta hôm nay, việc giải thích những chuyển động lùi này khá tự nhiên. Đó chẳng qua là kết quả quan sát chuyển

động của các hành tinh từ một vị trí cũng đang chuyển động. Những chuyển động lùi xảy ra mỗi khi Trái đất, trên quỹ đạo quay quanh Mặt trời của mình, vượt qua hành tinh ở trên nó (tức ở xa Mặt trời hơn Trái đất) hoặc khi bị một hành tinh ở dưới nó (tức ở gần Mặt trời hơn Trái đất) vượt qua. Chuyển động lùi chỉ là biểu kiến mà thôi. Một người ngoài Trái đất quan sát hệ Mặt trời từ con tàu vũ trụ của mình sẽ không thấy chuyển động lùi nữa (H.3).



Hình 3. Chuyển động lùi của các hành tinh. Người quan sát trên Trái đất thấy Hỏa tinh dường như chuyển động đối với các ngôi sao xa (vị trí 4) khi Trái đất vượt qua Hỏa tinh trên quỹ đạo của nó xung quanh Mặt trời. Chuyển động lùi này chỉ là biểu kiến: nó là do sự chuyển động của người quan sát cùng với Trái đất quay xung quanh Mặt trời. Đối với người ngoài Trái đất quan sát Hỏa tinh từ một chỗ cố định sẽ không thấy chuyển động lùi đó. Khi Trái đất đã vượt qua Hỏa tinh, thì Hỏa tinh sẽ chuyển động trở lại theo hướng từ tây sang đông như thường lệ đối với các ngôi sao xa trên bầu trời.

Vũ trụ khoa học

Eudoxe, một thanh niên cùng thời với Platon, không thể biết được rằng trong vũ trụ địa tâm của Platon, chuyển động lùi của các hành tinh là không có thật. Và anh ta muốn xây dựng một vũ trụ trong đó các chuyển động lùi này có thể được tái tạo lại một cách trung thành. Nói theo ngôn ngữ của những người theo trường phái Platon, thì cần phải cứu “những cái biểu kiến” đó bằng bất cứ giá nào. Theo Eudoxe, lý trí thuần túy, tự nó thôi, chưa đủ để bao quát hết thực tế. Nó còn cần phải phù hợp với những quan sát. Như vậy, Eudoxe là người đầu tiên đã xây dựng nên một vũ trụ khoa học. Ông đã biến đổi vũ trụ hai mặt cầu của Platon thành một vũ trụ với nhiều mặt cầu. Ngoài Trái đất bất động nằm ở tâm và mặt cầu ngoài cùng chứa các ngôi sao giới hạn vũ trụ, ông còn thêm các mặt cầu đồng tâm cho mỗi hành tinh. Ông hiểu rằng mọi chuyển động đều có thể giải thích được bằng cách chồng chập nhiều chuyển động tròn đều - chuyển động “tự nhiên” của các hành tinh. Ví dụ, để giải thích chuyển động lùi của các hành tinh, sự quay của các mặt cầu hành tinh còn cần phải kèm theo sự quay của các mặt cầu phụ gắn với các mặt cầu hành tinh đó và có trục quay nghiêng. Tổng cộng, theo Eudoxe, phải cần tới ba mươi ba mặt cầu mới giải thích được các quan sát ở thời đại mình.

Bước tiếp theo được thực hiện bởi Aristotle (khoảng năm 350 trước CN), người đã truyền cho vũ trụ nhiều mặt cầu của Eudoxe một chiều kích vừa vật lý hơn và cũng tinh thần hơn. Để tái tạo lại những quan sát chính xác hơn về chuyển động của các hành tinh, tổng số mặt cầu bây giờ đã lên tới 55. Mặt trăng, Thủy tinh, Kim tinh, Mặt trời, Hỏa tinh, Mộc tinh và Thổ tinh nằm trên các mặt cầu pha lê đồng tâm với tâm là Trái đất vĩnh viễn đứng yên. Mỗi



Hình 4. Vũ trụ địa tâm của Aristotle. Mặt trăng, Thủy tinh, Mặt trời, Hỏa tinh, Mộc tinh, Thổ tinh và các ngôi sao nằm trên các tinh cầu đồng tâm với tâm ở Trái đất bất động. (ảnh, Thư viện quốc gia).

mặt cầu hành tinh này được liên kết với bốn năm mặt cầu khác và tất cả quay xung quanh các trục khác nhau theo cách sao cho chồng chập của các chuyển động đó sẽ tái tạo lại được chuyển động của hành tinh. Vũ trụ này cũng được giới hạn trong mặt cầu ngoài cùng chứa các sao (H.4).

Vũ trụ Aristotle được chia làm hai phần, phân cách bởi mặt cầu của Mặt trăng. Trái đất và Mặt trăng thuộc một thế giới luôn biến đổi và không hoàn hảo, trong đó ngự trị sự sống, sự lụi tàn và cái chết. Trong thế giới tạo bởi đất, nước, không khí và lửa này, chuyển động tự nhiên là theo phương thẳng đứng. Mọi vật đều chuyển động theo

đường thẳng từ trên cao xuống thấp hoặc từ dưới lên trên. Không khí và lửa bốc lên trời, trong khi đất và nước rơi xuống đất. Chuyển động tròn là không được phép, nên Trái đất đứng yên và không tự quay xung quanh nó. Thế giới hoàn hảo, thế giới của các hành tinh khác, của Mặt trời và các ngôi sao, trái lại, là một thế giới bất biến và vĩnh cửu. Do tạo bởi ether, nên chuyển động tự nhiên trong thế giới này là chuyển động tròn xung quanh Trái đất, và chính điều này giải thích được chuyển động quay vĩnh cửu của các mặt cầu pha lê hành tinh. Trong vũ trụ này sự không hoàn thiện của bầu trời, chẳng hạn như các sao chổi, những quả cầu lửa xuất hiện một cách ngẫu nhiên, chỉ có thể thuộc về thế giới không hoàn thiện: chúng là kết quả của những nhiễu động trong bầu khí quyển của Trái đất.

Vũ trụ của Platon và Aristotle đạt tới đỉnh điểm của chúng hai thế kỷ sau với sự đóng góp của Ptolemy (khoảng năm 140 trước CN) (ảnh bên trên của H.5). Ông đã tổng hợp những kiến thức có được ở bốn thế kỷ trước để xây dựng nên một vũ trụ hình học được chấp nhận gần như tuyệt đối trong suốt 1.500 năm sau đó. Ba thuộc tính chính của các vũ trụ trước vẫn còn được giữ lại. Vũ trụ vẫn là địa tâm. Trái đất là hình cầu và là tâm của tất cả. Chuyển động tự nhiên của các hành tinh là tròn đều.

Trái đất là cong

Dạng cầu của Trái đất đã được chứng minh vào thế kỷ trước bởi Eratosthene (khoảng năm 250 trước CN), người sống ở Alexandrie và đã đọc thấy rằng, ở Syene - một thành phố nhỏ ở phía nam Ai Cập -, ngày 21 tháng 6 là ngày dài nhất trong năm, những cây cột của các đền đài hoàn toàn không có bóng vào lúc giữa trưa. Vào ngày đó, Eratosthene, với tư cách là nhà khoa học thực thụ, đã đi quan

sát những cây cột của các đền đài ở Alexandrie vào đúng giữa trưa. Ông thấy rằng, trái với các cây cột ở Syene, những cây cột ở đây lại chiếu những cái bóng khá dài trên mặt đất. Từ quan sát đơn giản đó ông đi tới kết luận rằng Trái đất phải là cong. Bởi vì nếu nó là phẳng, thì tất cả các cây cột như nhau trên Trái đất ở cùng thời điểm phải chiếu cùng một bóng. Khi đo chiều dài bóng các cột ở Alexandrie và nhận được khoảng cách giữa Alexandrie và Syene bằng cách đếm số bước chân cần thiết để đi từ thành phố này đến thành phố kia, Eratosthene đã tính được chu vi của Trái đất là 40.000km, rất gần với các số đo hiện đại, quả là một điều đáng kinh ngạc.

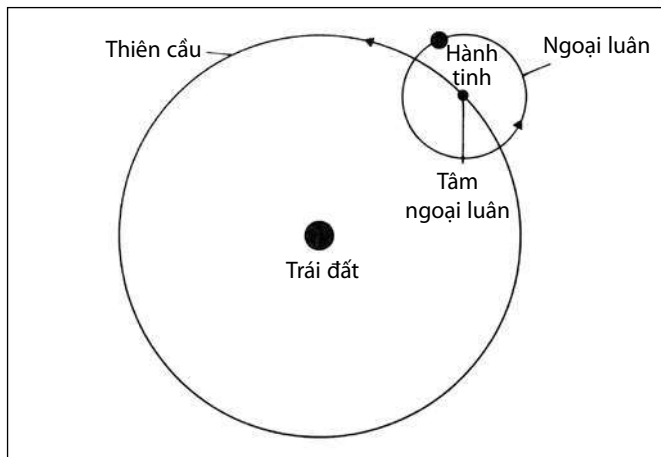
Vòng tròn trên các vòng tròn

Ptolemy đã đặt cho mình nhiệm vụ phải chỉnh sửa lại một số thiếu sót của vũ trụ Aristotle. Đặt biệt, ông muốn giải quyết hai vấn đề đã được đặt ra bởi các quan sát chính xác. Vấn đề thứ nhất là chuyển động “dị thường” của các hành tinh. Các hành tinh đều thể hiện những biến thiên về vận tốc, một điều trái ngược hẳn với tính đều tuyệt đối - một thuộc tính căn bản của vũ trụ Aristotle. Vấn đề thứ hai có liên quan tới sự biến thiên về khoảng cách của Mặt trăng và các hành tinh đến Trái đất, thể hiện ở sự thay đổi kích thước góc của Mặt trăng hoặc sự thay đổi độ sáng của các hành tinh. Sự thay đổi về khoảng cách này không thể giải thích được trong vũ trụ Aristotle, bởi vì trong vũ trụ đó các hành tinh gắn chặt với các mặt cầu có tâm là Trái đất. Theo định nghĩa, khoảng cách giữa một hành tinh và Trái đất là bán kính của mặt cầu hành tinh đó và không thể thay đổi được. Theo Ptolemy, cần giải quyết hai vấn đề trên bằng cách tính đến chuyển động lùi của các hành tinh. Ông có một ý tưởng rất thông minh là tách các hành tinh ra khỏi

các thiên cầu và đặt chúng trên các vòng tròn nhỏ gọi là các ngoại luân (*epicycle*) có tâm nằm trên các thiên cầu tương ứng. Như vậy, chuyển động của một hành tinh trong bầu trời sẽ là chồng chập của hai chuyển động: chuyển động đều của hành tinh trên ngoại luân có tâm lại chuyển động đều trên vòng tròn của mặt thiên cầu (hình dưới của H.5). Kết quả sẽ là khá giống với điều mà một người quan sát đứng ở tâm một đường đua tròn nhìn thấy khi một tay nài phi ngựa trên đường đua và quay trên đầu mình đoạn dây có đầu mút phát sáng. Bằng việc đưa vào các ngoại luân, Ptolemy đã giải quyết được đồng thời tất cả các vấn đề mà vũ trụ Aristotle đặt ra. Không những ông tính được một cách định lượng, chính xác và chi tiết các chuyển động đã qua của các hành tinh, mà còn có thể tiên đoán được vị trí trong tương lai của chúng. Cuốn *Almageste* (tiếng Ai Cập có nghĩa là “nhà thiên văn vĩ đại”) trong đó Ptolemy đã trình bày toàn bộ những tính toán của mình và công bố các bảng ghi vị trí của các hành tinh, cho đến nay chắc chắn vẫn còn là một tác phẩm lớn. Ông đã sử dụng nền tảng hơn 7 thế kỷ của thiên văn học Ai Cập và đưa ra một vũ trụ hình học mà cùng với vũ trụ vật lý của trường phái Aristotle, nó buộc người ta phải thừa nhận cho tới tận thế kỷ thứ 16. Tất nhiên là cũng có những phản đối. Aristarque, vào thế kỷ thứ 3 trước CN, đã bác bỏ vũ trụ hình học và đưa ra vũ trụ nhật tâm trong đó Mặt trời nằm ở tâm và Trái đất cùng với các hành tinh khác quay xung quanh nó. Nhưng tiếng nói của Aristarque đã nhanh chóng bị bóp nghẹt.

Vũ trụ thời trung cổ

Vào một đêm mùa đông năm 1300, một tu sĩ dòng Francisco rời chiếc giường êm ái và ấm áp của mình để đi đọc kinh Ban Mai.



Hình 5. *Vũ trụ của Ptolemy.* Vũ trụ địa tâm của Ptolemy (chân dung của ông cho ở hình trên đã thống trị hơn mười lăm thế kỷ. Để giải thích chuyển động của các hành tinh, Ptolemy đã cho mỗi hành tinh chuyển động trên một vòng tròn nhỏ gọi là ngoại luân. Tâm của vòng tròn này lại quay trên thiên cầu có tâm ở Trái đất (Hình dưới). (ảnh, Thư viện quốc gia).

Ông đi qua sân tu viện và chợt dừng lại cạnh tầng viện để chiêm ngưỡng bầu trời. Đắm mình trong đêm tối lạnh lẽo và tĩnh lặng của màn đêm, ông bị cuốn hút bởi bầu trời sao. Dưới thấp kia, ngay trên đường chân trời, ông thấy rõ một chấm sáng, sáng hơn những chấm khác. Ông biết rằng đó là Mộc tinh, một hành tinh diễu hành không mệt mỏi theo quỹ đạo tròn xung quanh Trái đất, trên thiên cầu pha lê của nó cùng với các thiên thần ở các mặt cầu cao hơn. Ông cũng biết rằng giữa Trái đất và Mặt trăng, mà đêm đó không thấy được, là luyện ngục, nơi những linh hồn đang phải tẩy rửa trước khi được tới những thiên cầu cao hơn để được đến gần bên Chúa, Người đang ngự trên thiên đường, bên trên thiên cầu pha lê của các vì sao lấp lánh. Ý nghĩ về Chúa bất giác khiến môi ông lẩm nhẩm mấy lời cầu nguyện. Ông cầu ước rằng linh hồn ông một ngày nào đó sẽ tới được những thiên cầu cao kia và sẽ không bao giờ phải nếm trải những ngọn lửa địa ngục trong lòng đất. Vũ trụ Aristotle với các thiên cầu pha lê vẫn còn hiện diện rõ nét trong vũ trụ thời Trung cổ của vị tu sĩ Francisco kia. Cái mới, đó là sự hiện diện của các nhân vật và những khái niệm bắt nguồn từ Ki-tô giáo: các thiên thần, luyện ngục, địa ngục, thiên đường và Chúa.

Mười lăm thế kỷ đã trôi qua kể từ sự tổng hợp vĩ đại của vũ trụ Hy Lạp bởi Ptolemy. Biết bao sự kiện đã diễn ra. Hy Lạp đã bị sáp nhập vào Đế quốc La Mã vào cuối thế kỷ thứ 2 trước CN và Ki-tô giáo đã được tuyên bố là tôn giáo chính thống của La Mã vào năm 300. Sự chói sáng của tư tưởng Hy Lạp đã mờ dần trong thời kỳ này. Những người La Mã không quan tâm tới những tư biện trừu tượng. Mặc dù có những phát minh công nghệ xuất sắc và những cải tiến có ý nghĩa thực tiễn, nhưng họ ít có đóng góp cho tư tưởng vũ trụ học. Sự xâm lược nhiều lần của các đội quân dã man người Goth và Huns tới từ phương Đông đã kết liễu Đế quốc La Mã vốn

đã yếu đi rất nhiều do suy thoái về chính trị và hỗn loạn về kinh tế. Kho tàng tri thức Hy Lạp đã biến mất khỏi phương Tây.

Song song với sự suy tàn và sụp đổ của đế quốc La Mã, đế quốc Ai Cập Islam, trải dài từ Tây Ban Nha đến Ấn Độ lại cất cánh. Ngôn ngữ văn minh và khoa học lại chuyển vào tay các quốc vương (*caliph*) ở Bagdad. Trong suốt thời gian từ năm 750 đến năm 1000, họ đã cho xây dựng các đài thiên văn và cho dịch ra tiếng Ả rập những tác phẩm lớn của Hy Lạp, như cuốn *Almagest*. Từ năm 1000, Tây Ban Nha đã trở thành một trung tâm trí tuệ lớn của thế giới Islam và thông qua nó, châu Âu Ki-tô giáo đã phát hiện lại tư tưởng Hy Lạp. Việc dịch các tác phẩm lớn của Hy Lạp từ tiếng Ả rập ra tiếng Latin đã được tiến hành và các từ gốc Ả rập như đại số (*algebra*), thiên đỉnh (*zenit*) và số zero đã đi vào từ vựng hàng ngày.

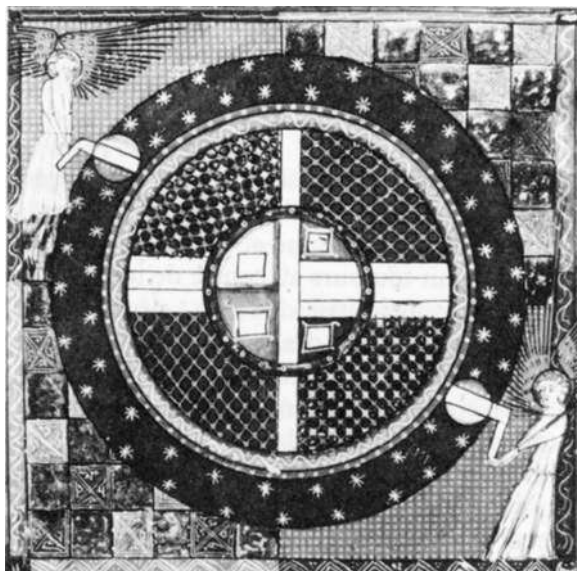
Kho tàng kiến thức thời Trung cổ nằm trong tay Giáo hội. Tất cả các bản thảo đều được thu thập vào thư viện của các tu viện và chỉ có các tu sĩ mới được sử dụng. Quan niệm của Aristotle đặt ra một vấn đề nan giải và nghiêm trọng đối với giới tu hành. Đó là làm thế nào dung hòa được vũ trụ cổ Hy Lạp với vũ trụ Ki-tô giáo? Trong vũ trụ Aristotle, Thượng đế không xuất hiện một cách tường minh. Các hành tinh một khi đã chuyển động sẽ chuyển động vĩnh viễn. Không có bắt đầu và cũng không có kết thúc. Vai trò của Chúa Trời thể hiện rõ ràng hơn trong vũ trụ Ki-tô giáo: “Chúa tạo ra Trời và Đất”. Nghĩa là vũ trụ có điểm khởi đầu.

Chúa và các thiên thần

Sự tổng hợp vũ trụ Aristotle với vũ trụ Ki-tô giáo được thực hiện vào thế kỷ thứ 13 bởi một tu sĩ dòng Đa minh tên là Thomas d'Aquin. Ông đã lấy lại quan niệm của Aristotle và đưa Chúa vào

đó một cách tường minh. Trái đất vẫn ở trung tâm của vạn vật. Nó có dạng cầu, dạng mà nó nhận lại từ thế kỷ thứ 9, sau khi bỏ đi dạng dẹt mà người ta gán cho nó trong suốt mấy thế kỷ đầu sau CN do một sự giải thích quá máy móc một số trang trong Kinh thánh. Tất cả vẫn như vũ trụ của Aristotle, Mặt trăng, Mặt trời, các hành tinh và các sao quay xung quanh Trái đất trên các thiên cầu pha lê. Nhưng bây giờ bổ sung thêm một mặt cầu ở trên mặt cầu các vì sao do người Ai Cập đưa vào: đó là mặt cầu nguyên thủy được Chúa ban cho một chuyển động quay vĩnh viễn.

Chúa giờ đây hiện diện như một nhân vật. Sau khi sinh ra, Ngài trông nom mọi việc trong một vũ trụ có thứ bậc và được trợ giúp bằng một đội quân các thiên thần. Chúa ngự ở thiên đường, một vùng có những ngọn lửa vĩnh cửu, ở bên trên mặt cầu nguyên thủy, nhưng cách mặt cầu đó một khoảng hữu hạn, nên chính bản thân vũ trụ cũng là hữu hạn. Sau đó là các thiên thần xếp theo thứ bậc, họ sống trên mặt cầu các hành tinh, mặt cầu của Mặt trời, và chịu trách nhiệm làm quay các mặt cầu đó. Với tư cách là những người thợ máy thực thụ của bầu trời, họ đảm bảo cho guồng máy thiên đình vận hành một cách trơn tru (H.6). Cấp chúc thánh thần của họ giảm theo mức độ xa dần thiên đường của mặt cầu mà họ sinh sống. Tiếp sau đó là mặt cầu Mặt trăng, đây là ranh giới giữa vùng dưới mặt cầu Mặt trăng và các mặt cầu nằm cao hơn, tại đó việc qua lại được các thiên thần kiểm soát rất nghiêm ngặt. Trong vùng dưới mặt cầu Mặt trăng có luyện ngục, phòng chờ để tới các mặt cầu cao hơn, và Trái đất - lãnh địa của con người và chết chóc. Ở đáy của thang thứ bậc, trong lòng Trái đất, là địa ngục, lãnh địa của quỷ dữ và cái Ác, nơi các linh hồn tội lỗi bị đày ải sau cuộc sống trần thế của họ. Yếu tố thần thoại vốn đã biến mất trong các vũ trụ hình học của Aristotle và Ptolemy nay lại được phục hồi thông qua



Hình 6. *Những người thợ máy của thiên đình.* Thánh Thomas d'Aquin đã thổi một chiều kích tâm linh vào vũ trụ địa tâm của Aristotle. Trong đó Chúa trông nom sự vận hành trơn tru của vũ trụ với sự trợ giúp của cả một đội quân các thiên thần. Bức tranh khắc thời Trung cổ này minh họa các thiên thần - những thợ máy thực thụ của của thiên đình - đang vận hành bộ máy làm quay các thiên cầu hành tinh. (ảnh, Thư viện quốc gia)

tôn giáo. Cái màu xanh lơ ban ngày của bầu trời là ánh sáng thanh khiết của Chúa. Trong vũ trụ Trung cổ, ban đêm là lúc tụ tập của ma quỷ. Sự kế tục nhau của ngày và đêm là kết quả của cuộc chiến đấu không ngừng giữa cái Thiện và cái Ác. Nhưng yếu tố khoa học và duy lý đã được người Hy Lạp đưa vào vẫn còn hiện diện rõ nét và sẽ được củng cố đáng kể trong các thế kỷ tiếp theo.

Và nếu Trái đất chuyển động?

Một điều thật nghịch lý là việc đưa trở lại tôn giáo vào vũ trụ học lại đã tăng cường yếu tố khoa học trong các vũ trụ tiếp sau. Các

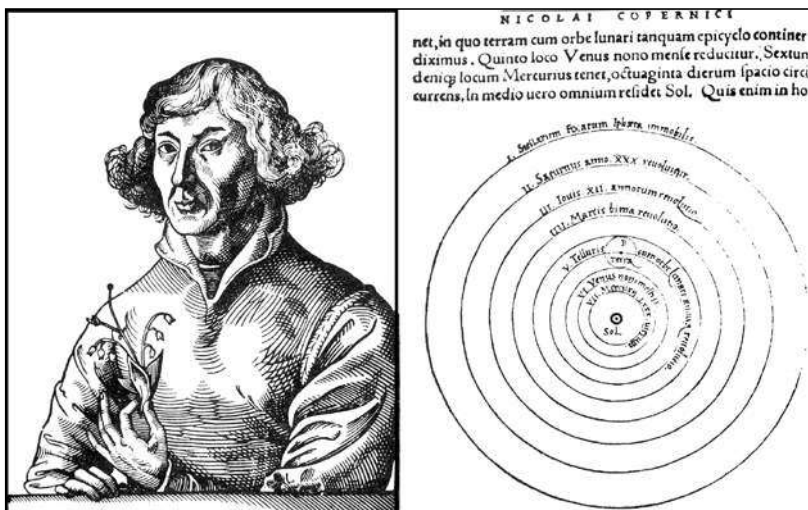
nhà tu hành - đặc biệt là Etienne Tempin, linh mục ở Paris vào thế kỷ thứ 8 - những người thiên về vũ trụ của Thomas d'Aquin, dần dần đã phát hiện thấy ở đây những khía cạnh mâu thuẫn trực tiếp với thần học được chấp nhận ở thời đó. Vũ trụ của thánh Thomas d'Aquin là hữu hạn và bị giới hạn bởi thiên đường, nơi ngự của Chúa trời. Trong khi đó Đức Chúa của tôn giáo lại vô biên và hiện diện ở khắp nơi. Sự giới hạn chỉ ở một chỗ duy nhất sẽ dẫn tới sự nghi ngờ về quyền lực vô biên của Ngài. Nếu như Chúa là vô biên, thì tại sao chính bản thân vũ trụ lại không vô biên? Thế là cái mằm mống về vũ trụ vô hạn đã được gieo. Mặt khác, liệu con người có phải là quá ngạo mạn không, khi tin rằng mình ở trung tâm của vũ trụ? Tại sao Chúa, người ngự trị ở khắp nơi, lại không ở trung tâm của vũ trụ? Hồng y giáo chủ người Đức tên là Nicolas de Cusa ở thế kỷ thứ 5 còn tiến xa hơn nữa khi ông cho rằng vì Chúa là vô biên, hiện diện ở mọi nơi, là trung tâm của mọi nơi, nên đâu cũng phải là trung tâm của vũ trụ. Bầu trời sao dù quan sát ở bất cứ đâu trong vũ trụ cũng sẽ phải thấy như nhau. Không có một chỗ nào là đặc biệt và có vô số các trung tâm. Năm thế kỷ sau, ý tưởng này, ngày nay gọi là nguyên lý vũ trụ học, sẽ được Einstein dùng lại để xây dựng thuyết tương đối của mình. Vũ trụ địa tâm bắt đầu bị lung lay nghiêm trọng. Quan niệm về sự bất động của Trái đất cho đến đây vốn được xem là điều thiêng liêng cũng đã bắt đầu bị tổn thương. Liệu có phải là phạm thượng không nếu nghĩa rằng Chúa với quyền lực vô biên của mình lại chịu thất bại không làm cho Trái đất chuyển động được? Sau hết, như linh mục người Pháp tên là Nicole d'Oresme ở thế kỷ 14 nhận xét, mọi chuyển động đều là tương đối. Chuyển động của các vì sao trên bầu trời có thể là do các thiên thể quay quanh Trái đất bất động và cũng có thể là do Trái đất quay quanh các thiên thể bất động. Lý trí của con người không thể phân biệt được giữa hai

khả năng đó. Một thủy thủ trên con tàu xuôi theo sông và thấy hai bờ lướt qua dưới mắt mình có cảm tưởng sai lầm là con tàu đứng yên còn hai bờ đang chuyển động. Vậy thì liệu chúng ta có phạm sai lầm như người thủy thủ kia không? - Nicole d'Oresme hỏi. Và nếu Trái đất thực sự chuyển động thì sao?

Vũ trụ nhật tâm

Một nhà tu hành khác, linh mục phụ tá Nicolas Copernicus người Ba Lan, cuối cùng đã trục xuất được Trái đất ra khỏi vị trí tâm vũ trụ của nó. Bằng cuốn sách *“Về sự quay của các thiên cầu”* của mình được công bố năm 1543, ngay trước khi ông mất, Copernicus đã sửa đổi hoàn toàn gương mặt của vũ trụ và mở màn một cuộc cách mạng về trí tuệ mà ngày hôm nay chúng ta vẫn còn cảm thấy những ảnh hưởng của nó. Những nguyên lý của Aristotle vốn được xem như hiển nhiên từ hơn hai ngàn năm trước đã bắt đầu được xem xét lại. Trong vũ trụ Copernicus, trung tâm được đặt ở gần Mặt trời. Trái đất được đưa xuống xếp vào cùng một hàng với các hành tinh khác. Nó không còn bất động nữa mà chuyển động mỗi năm một vòng quanh Mặt trời như các hành tinh khác. Các hành tinh được xếp theo thứ tự như chúng ta biết ngày hôm nay. Theo khoảng cách tăng dần từ Mặt trời lần lượt là các hành tinh Thủy, Kim, Trái đất, Hỏa, Mộc và Thổ, 6 hành tinh đã biết vào thời gian đó. Riêng Mặt trăng vẫn giữ Trái đất là tâm của mình. Nó đi kèm với Trái đất trong hành trình hàng năm của hành tinh này xung quanh Mặt trời (H.7). Do Trái đất chuyển động nên chuyển động lùi của các hành tinh xảy ra mỗi khi Trái đất bị vượt qua hoặc vượt qua một hành tinh khác có thể được giải thích một cách dễ dàng mà không cần tới các vòng tròn ngoại luân do Ptolemy tưởng tượng ra. Tuy nhiên,

chính Copernicus cũng chưa thể xóa hết tất cả các quan niệm của Aristotle. Những tư tưởng đã từng ngự trị hàng ngàn năm vốn có một sức sống dai dẳng. Trong vũ trụ của Copernicus, các hành tinh vẫn tiếp tục ở trên các thiên cầu pha lê được các thiên thần đẩy cho chuyển động và quỹ đạo của chúng quanh Mặt trời vẫn là các vòng tròn hoàn hảo thiêng liêng của người Hy Lạp, và trên các thiên cầu ấy chuyển động duy nhất khả dĩ là chuyển động đều lý tưởng, theo Aristotle. Nhưng vì quỹ đạo các hành tinh không chính xác là tròn và chuyển động của chúng không chính xác là đều, nên Copernicus dù sao vẫn phải viện đến các ngoại luân cho mỗi hành tinh để giải thích chuyển động của chúng. Cụ thể là mỗi hành tinh chuyển động trên một ngoại luân, tức một vòng tròn nhỏ, có tâm vạch một đường tròn trên mặt thiên cầu, tương ứng với hành trình quay hàng ngày



Hình 7. Vũ trụ nhật tâm của Copernicus. Copernicus (hình trái) và vũ trụ nhật tâm của ông được công bố vào năm 1543 trong cuốn sách của ông nhan đề “Về sự quay của các thiên cầu” (hình phải). Các mặt cầu hành tinh quay và mặt cầu các sao bất động có tâm ở trên Mặt trời (ảnh, Thư viện quốc gia).

của hành tinh đó quanh Mặt trời. Các mặt cầu pha lê này không định tâm ở chính Mặt trời mà là ở gần nó, trong khoảng giữa Mặt trời và Trái đất.

Vũ trụ nhật tâm đã giáng một đòn mạnh vào tâm lý con người. Theo đó, con người mất đi vị trí trung tâm của mình trong vũ trụ. Nó không còn là trung tâm chú ý của Chúa trời nữa. Vũ trụ không quay xung quanh nó, và vũ trụ cũng không phải được tạo ra chỉ để phục vụ nó và vì lợi ích của nó. Mặt khác, trong vũ trụ mới, Trái đất lại được đưa lên cao ngang hàng với các hành tinh khác. Theo Aristotle, tất cả những gì liên quan tới các thiên cầu ở trên cao phải là hoàn hảo, không thay đổi và vĩnh cửu, trái với các đối tượng trên mặt đất bị quan sát, không hoàn hảo, luôn biến đổi và phù du. Điều đó phải chăng cũng có nghĩa là trời cũng không hoàn hảo? Vậy là niềm tin vào sự hoàn hảo của trời cũng đã bị lung lay.

Vũ trụ vô hạn

Đòn cuối cùng giáng vào lương tri con người đó là vũ trụ được khuếch trương lên đáng kể trong khi đó kích thước cũng như tầm quan trọng của Trái đất được thu nhỏ lại so với phần còn lại của vũ trụ. Thật ra vũ trụ của Copernicus cũng vẫn là hữu hạn và được giới hạn bởi mặt cầu cứng và không quay của các vì sao. Cũng như Nicole d'Oresme đã linh cảm trước, chuyển động biểu kiến của các sao là do sự quay hàng ngày của Trái đất xung quanh mình nó chứ không phải là bầu trời quay xung quanh Trái đất. Trong vũ trụ Aristotle, mặt cầu ngoài cùng của các sao chỉ hơi xa hơn mặt cầu Thổ tinh. Thậm chí ở khoảng cách tương đối không lớn đó, một vấn đề cũng đã được đặt ra, bởi vì chu vi của vòng tròn lớn trên mặt cầu ngoài

cùng lớn tới mức các sao cần phải quay với một vận tốc lớn không thể tưởng tượng nổi mới có thể đi hết quãng đường đó chỉ trong một ngày đêm. Copernicus đã giải quyết vấn đề đó bằng cách cho Trái đất chuyển động và các ngôi sao đứng yên, nhưng khi làm điều đó, ông buộc phải đẩy mặt cầu của các vì sao ra một khoảng cách rất xa Trái đất. Và ông đã thu nhỏ hệ Mặt trời vốn chiếm hầu như toàn bộ vũ trụ trước kia thành một góc nhỏ của nó. Copernicus phải đẩy mặt cầu của các vì sao ra rất xa vì những ngôi sao này vẫn ương ngạnh là cố định đối với nhau mặc dù ông đã cho Trái đất quay hàng năm xung quanh Mặt trời.

Trong khi đó, nếu một ngôi sao ở tương đối gần và được quan sát ở hai thời điểm khác nhau của quá trình quay đó, nó sẽ phải thay đổi vị trí so với các ngôi sao ở xa hơn, như sẽ được chứng tỏ từ thí nghiệm đơn giản sau. Bạn hãy giơ một ngón tay và duỗi thẳng cánh tay ra, rồi nhắm một mắt vào ngón tay đó. Nếu bạn lần lượt nhắm và mở từng mắt rất nhanh, bạn sẽ thấy dường như ngón tay của bạn xê dịch so với các vật ở xa hơn. Sở dĩ có hiện tượng này là do hai con mắt của bạn ở cách nhau một khoảng nhất định, hoàn toàn giống như khoảng cách giữa hai vị trí kế tiếp của Trái đất ở những thời điểm quan sát gây ra sự thay đổi về vị trí của một sao gần so với các sao xa hơn. Góc tương ứng với sự thay đổi này được gọi là thị sai (*paralaxe*), góc này càng nhỏ thì khoảng cách tới ngôi sao đó càng lớn (cũng xem H.14). Vì các ngôi sao có thị sai quá nhỏ để đo được, nên Copernicus đi tới kết luận rằng chúng phải ở rất xa.

Chỉ bằng một đòn đó, Copernicus đã trục xuất con người ra khỏi vị trí trung tâm của nó, gieo rắc nỗi hoài nghi trong tinh thần con người về sự hoàn hảo của trời và làm giảm địa vị của con người. Người ta có thể ngạc nhiên là tại sao khi cổ súy cho vũ trụ nhật

tâm với một hệ quả như thế mà Copernicus lại không bị rắc rối với Giáo hội, những người ra sức bảo vệ vũ trụ địa tâm của Aristotle và Thomas d'Aquin. Sự nhầm mắt làm ngơ từ phía Giáo hội có thể giải thích do nhiều nguyên nhân. Trước hết, chính Copernicus cũng là một người của Giáo hội. Sau nữa, ông chỉ cho công bố công trình của mình rất muộn (ba năm trước khi ông mất; có một giai thoại kể rằng ông chỉ nhìn thấy sách của mình trong ngày hấp hối). Nhưng trên hết, lời mở đầu của cuốn sách đã nhấn mạnh một điều là tác giả của nó không nghĩ rằng vũ trụ được đề xuất trong sách là phù hợp với vũ trụ thực, mà đây chỉ là một mô hình toán học đơn giản cho phép tiên đoán được chuyển động của các thiên thể và các hiện tượng nguyệt thực theo cách có thể là thuận tiện hơn mô hình của Ptolemy. Lời mở đầu này không có ký tên, có lẽ được viết bởi Andrew Osiander, người lo việc xuất bản cuốn sách. Dẫu thế nào, thì Giáo hội cũng đã hài lòng về việc giải thích vũ trụ của Copernicus chỉ là một mô hình toán học. Và như vậy vũ trụ theo Aristotle của Thomas d'Aquin vẫn được vẹn toàn và Giáo hội đã không nổi cơn sấm sét chống lại Copernicus.

Những hạt giống được gieo bởi Copernicus đã bắt đầu nảy mầm vào những năm tiếp sau. Có hai người độc lập nhau đã dùng lại vũ trụ vốn đã rất rộng lớn của Copernicus và làm nổ tung các biên giới của nó. Đó là nhà thiên văn người Anh Thomas Digges, vào năm 1576 đã đề nghị bỏ đi mặt cầu ngoài cùng của các vì sao. Vũ trụ trở nên vô hạn với các ngôi sao được phân bố trong lãnh địa vô biên của Chúa. Người thứ hai là tu sĩ dòng Đa minh Giordano Bruno. Ông cho rằng trong vũ trụ vô hạn đó có vô số thế giới được cư trú bởi vô số dạng sống khác nhau, tất cả đều làm sáng danh Chúa. Để xuất cuối cùng này là giọt nước làm tràn ly và Bruno đã bị kết tội dị giáo và bị Giáo hội kết án thiêu sống trên giàn lửa vào năm 1600.

Sự không hoàn hảo của trời

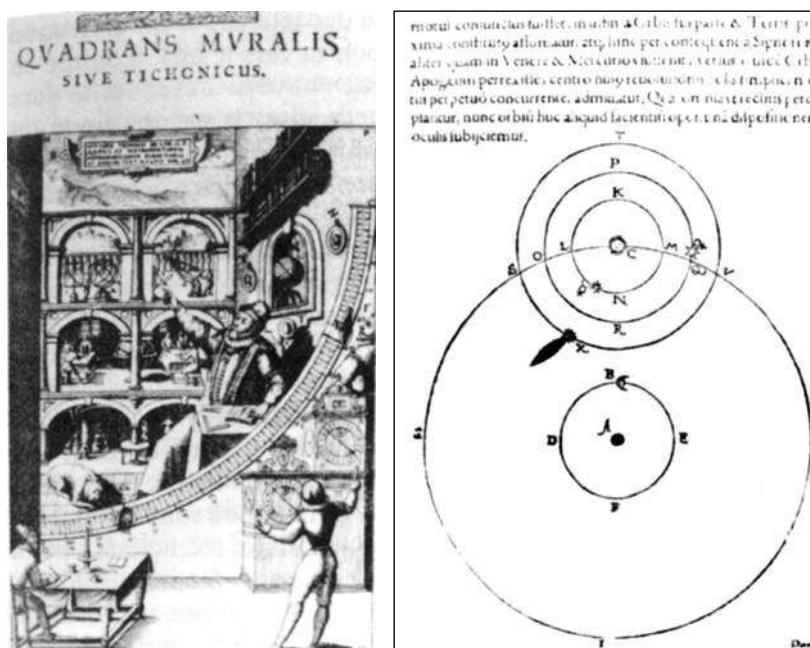
Quan niệm của Aristotle về sự hoàn hảo của trời tiếp tục phải chịu những thử thách gay gắt. Một trong số những đòn quyết định nhất được giáng xuống bởi Tycho Brahe, một nhà thiên văn Đan Mạch, người đã đẩy độ chính xác của các quan sát thiên văn tới một cấp độ cao hơn, trong chừng mực có thể trước khi phát minh ra kính thiên văn, bằng cách tạo dựng những dụng cụ lớn để đo đạc tốt hơn các số đo và tính tới những thăng giáng nhiệt độ làm cho dụng cụ bị giãn nở hoặc co lại dù là rất nhỏ. Năm 1572, một ngôi sao mới xuất hiện trong chòm sao Cassiopeia, ngôi sao này sáng tới mức có thể nhìn thấy vào ban ngày trong suốt một tháng rông. Tycho, lúc đó còn rất trẻ, mới hai mươi sáu tuổi, đã quan sát ngôi sao này suốt ngày này sang ngày khác, đêm này qua đêm khác, và đã xác lập được một cách chắc chắn rằng ngôi sao này phải ở rất xa và nằm cao hơn rất nhiều các thiên thể của các hành tinh. Thực vậy, trái với các hành tinh, ngôi sao này không thay đổi vị trí của nó đối với các ngôi sao ở xa. Từ đó, Tycho rút ra kết luận rằng chắc chắn Aristotle đã lầm, rằng bầu trời cũng thay đổi chứ không phải hoàn toàn bất động. Ngày hôm nay chúng ta biết rằng Tycho có lý, ngôi sao này không gì khác là một sao siêu mới (cũng còn gọi là siêu tân tinh), một vụ nổ chói lòa đánh dấu sự chết của một ngôi sao nặng trong Ngân hà của chúng ta và trong cơn hấp hối cuối cùng, nó giải phóng trong một vài ngày một lượng năng lượng tương đương với một trăm triệu Mặt trời. Sao siêu mới Tycho, như nó được gọi ngày hôm nay, là một trong số các sao siêu mới hiếm hoi (cả thấy chỉ có 7) quan sát được trong Ngân hà của chúng ta.

Vua Đan Mạch rất xúc động trước phát hiện ra sao siêu mới của Tycho đã ban thưởng cho ông cả một hòn đảo - đảo Hven - để

xây dựng đài thiên văn. Trong suốt hai mươi năm ở đó, Tycho đã tích tụ những số liệu quan sát với độ chính xác chưa hề có trước đó. Đặc biệt, sự quan sát một sao chổi lớn vào năm 1577 đã khẳng định những nghi ngờ của ông về sự hoàn hảo của các thiên cầu theo Aristotle. Cho tới lúc đó, sao chổi được xem là hiện tượng trong bầu khí quyển của Trái đất, hoàn toàn như cầu vồng, chẳng hạn. Tycho Brahe đã chứng tỏ rằng quan niệm như thế là không đúng. Sao chổi thay đổi vị trí của nó đối với các ngôi sao xa, nghĩa là nó ở gần Trái đất hơn sao siêu mới. Nhưng sự dịch chuyển của sao chổi lại nhỏ hơn nhiều dịch chuyển của Mặt trăng, nên sao chổi phải ở xa Trái đất hơn nhiều so với Mặt trăng. Nó chắc chắn phải ở đâu đó trong vùng các thiên cầu pha lê của các hành tinh.

Lại một lần nữa tính bất biến theo Aristotle của bầu trời lại bị vi phạm. Một đối tượng mới đã xuất hiện. Và còn nghiêm trọng hơn nữa, những quan sát rất chính xác của Brahe còn cho phép ông xác định được cả quỹ đạo của sao chổi đó. Ông đã phát hiện ra rằng quỹ đạo này có hình bầu dục chứ không phải là hình tròn. Vậy sự hoàn thiện hình tròn của các chuyển động trong bầu trời diễn ra ở đâu? Còn một hệ quả nghiêm trọng nữa của phát minh trên: nếu quỹ đạo của sao chổi hình bầu dục và sao chổi lại không ở xa hơn hành tinh xa nhất, thì nó buộc phải đi ngang qua các mặt cầu pha lê rắn của các hành tinh, một điều hết sức vô lý nếu các mặt cầu đó thực sự tồn tại. Tycho buộc phải kết luận rằng các mặt cầu pha lê của các hành tinh không có thực, chúng chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng của con người. Sự vứt bỏ các mặt cầu của Aristotle đặt ra một vấn đề hết sức khó khăn: nếu các hành tinh không gắn vào các mặt cầu đó thì tại sao chúng lại không rơi xuống? Cái gì đã đỡ chúng trên bầu trời? Bất chấp những câu hỏi đó, Tycho đã thử xây dựng

một vũ trụ riêng của mình bằng cách tìm một sự dung hòa giữa vũ trụ nhật tâm của Copernicus và vũ trụ địa tâm của Aristotle, một vũ trụ trong đó các hành tinh quay xung quanh Mặt trời, nhưng Mặt trời cùng với bầu đoàn của mình, như Mặt trăng, lại quay xung quanh Trái đất, nghĩa là Trái đất vẫn giữ được vị trí trung tâm của mình (H.8).



Hình 8. Vũ trụ của Brahe. Một bức tranh khắc năm 1598 (hình trái) mô tả Tycho Brahe trên hòn đảo Hven của ông. Ông dùng một dụng cụ đo gọi là kính tứ phân (quadrant), vì hồi đó còn chưa có kính thiên văn. Hình bên phải minh họa vũ trụ của Brahe, một vũ trụ dung hòa giữa vũ trụ nhật tâm của Copernicus và vũ trụ địa tâm của Aristotle: các hành tinh quay quanh Mặt trời, và Mặt trời cùng với bầu đoàn các hành tinh của nó lại quay quanh Trái đất giống như Mặt trăng vậy. (ảnh, Thư viện quốc gia)

Galileo và chiếc kính thiên văn của ông

Một nhân vật bước ra sân khấu sau đó là Galileo Galilei, một giáo sư toán học ở Italia. Ông đã dành 18 năm tuổi trẻ của mình, từ 1591 đến 1609, để nghiên cứu các vật rơi xuống đất như thế nào. Ông tin rằng chính ở đó ông sẽ tìm ra bí mật về chuyển động của các thiên thể, sau khi đã vứt bỏ quan niệm của Aristotle cho rằng mọi chuyển động trên Trái đất đều là thẳng đều, còn chuyển động của các thiên thể đều là tròn. Ông đã quan sát thấy mười mười rằng một quả bóng được ném lên không trung sẽ rơi xuống đất theo một quỹ đạo cong. Mọi vật trong vũ trụ cần phải được chi phối bởi các định luật tự nhiên như nhau và sự phát hiện ra các định luật này chỉ có thể bằng các quan sát và các thí nghiệm chính xác và lặp đi lặp lại. Như vậy, sau khi đã phát minh ra vật lý thực nghiệm, Galileo đã cho các vật trượt trên các mặt phẳng nghiêng để làm chậm sự rơi của chúng và để nhận được các số đo chính xác hơn. Ông đã phát hiện ra rằng tất cả các vật đều rơi xuống đất với cùng một gia tốc, bất kể trọng lượng của nó bằng bao nhiêu. Nếu không có sức cản của không khí thì một chiếc lông gà hay một quả tạ đạn bằng chì được thả đồng thời từ cùng một độ cao sẽ rơi chạm đất ở cùng một thời điểm. Mặc dù kết quả này đã được kiểm nghiệm rất nhiều lần trong chân không nhân tạo tại các phòng thí nghiệm, nhưng một nhà du hành vũ trụ người Mỹ khoảng ba trăm sáu mươi năm sau vẫn muốn ngả mũ bái phục Galileo khi anh ta tiến hành thí nghiệm đó với một chiếc lông chim và một chiếc búa trên bề mặt không có khí quyển của Mặt trăng.

Năm 1609, Galileo có nghe nói về một phát minh mới, phát minh ra kính thiên văn ở Hà Lan. Ngay lập tức, ông đã tạo ra một dụng cụ có khả năng phóng đại tới 32 lần, với kích thước giống các kính

viễn vọng mà ngày nay người ta vẫn bán trong các cửa hiệu. Ông đã dùng chiếc kính này để quan sát bầu trời. Cứ mỗi lần một dụng cụ mới được hướng lên bầu trời, Galileo lại phát hiện ra được nhiều điều mới lạ. Ông đã thấy nhiều hiện tượng mới và các vật thể lạ khiến cho sự nghi vấn đối với các quan niệm của Aristote về bầu trời càng tăng thêm và khẳng định sự đúng đắn của vũ trụ nhật tâm của Copernicus. Những sự không hoàn thiện mới lại xuất hiện trên bầu trời. Núi non xuất hiện trên Mặt trăng. Mặt trời có những vết đen trên bề mặt của nó (sở dĩ thấy đen là vì nhiệt độ của các vết đó thấp hơn so với phần còn lại của đĩa Mặt trời). Sau sao siêu mới Tycho và sao chổi năm 1577, các dãy núi trên Mặt trăng và các vết đen trên Mặt trời đã đóng chiếc đinh cuối cùng vào chiếc quan tài về sự hoàn hảo của bầu trời theo Aristotle. Khi hướng kính thiên văn của mình về phía Mộc tinh, Galileo đã phát hiện ra bốn vệ tinh quay xung quanh hành tinh này, mà ngày nay gọi là các vệ tinh Galileo, nhưng thời đó ông đặt tên cho chúng là “các vệ tinh Medicis” để tìm kiếm sự ưu ái và hỗ trợ tài chính từ gia đình Medicis giàu có và thế lực. Còn về Kim tinh, nó cũng trải qua các giai đoạn từ tròn đến khuyết giống như Mặt trăng. Tất cả những quan sát này đều phù hợp với hệ thống thế giới do Copernicus đề xuất. Sự tồn tại các vệ tinh của Thổ tinh đã làm mất hiệu lực của ý tưởng cho rằng Trái đất là trung tâm vũ trụ và tất cả đều quay xung quanh nó. Các pha tròn khuyết của Kim tinh, thực chất là kết quả chiếu sáng của Mặt trời xuống hành tinh đó, sẽ chỉ có thể giải thích được nếu hành tinh Kim quay xung quanh Mặt trời. Galileo đã làm người biện hộ cho vũ trụ nhật tâm trong cuốn sách vĩ đại Đối thoại về các hệ thống lớn của thế giới của ông, được công bố năm 1632, trong đó ông đã gọi những người bảo vệ cho vũ trụ địa tâm là những “kẻ điên loạn”. Điều này đã quá mức chịu đựng của Giáo hội, những người không

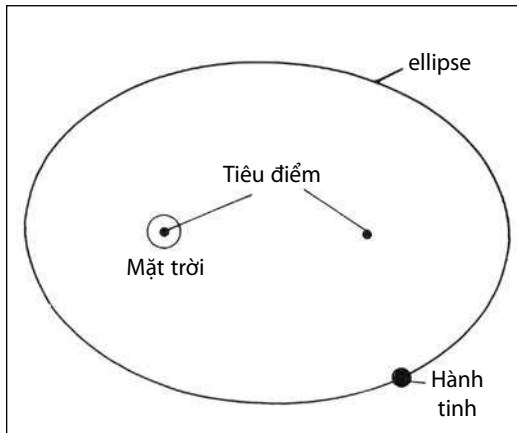
thể nhầm mắt làm ngơ dưới cái cơ rằng vũ trụ nhật tâm chỉ là một mô hình toán học đơn giản. Nhờ những quan sát của Galileo, mô hình này rõ ràng có thiên hướng tiếp nhận quá nhiều từ thực tế và có nguy cơ gieo rắc sự hoài nghi trong tâm tưởng của các con chiên đối với kinh sách của Giáo hội. Galileo đã bị xét xử và bị quản thúc tại gia cho tới khi chết, vào năm 1642 và cuốn sách của ông vẫn nằm trong danh mục sách cấm của Giáo hội cho tới tận năm 1835.

Chuyển động của các hành tinh

Hành động bất ngờ này của Giáo hội đã có tác dụng chuyển trung tâm hoạt động khoa học tới Bắc Âu. Nhân vật tiếp theo bước lên sân khấu trong câu chuyện truyền kỳ về những người tạo dựng nên vũ trụ này là một người Đức, tên là Johannes Kepler. Là một thầy giáo trẻ dạy toán ở trường trung học, ông đã trở thành trợ tá của Tycho Brahe vào năm 1600 ở Praha, Cộng hòa Séc, nơi mà Brahe về hưu sau khi mất sự sủng ái của vua Đan Mạch. Hai năm sau, Tycho qua đời, để lại cho Kepler một khối lượng khổng lồ các số liệu quan sát tỉ mỉ về các thiên thể, mà đặc biệt là các hành tinh. Nhờ sự tận tụy tuyệt vời của Tycho, Kepler đã có trong tay mình một kho báu các số liệu quan sát với độ chính xác chưa từng có, được tích tụ hết đêm này sang đêm khác trong suốt hai mươi năm ròng, một khoảng thời gian cần thiết để có thể theo dõi được các hành tinh gần nhất thực hiện nhiều vòng quay xung quanh Mặt trời. Kepler tin rằng ông sẽ tìm thấy trong kho báu đó bí mật về chuyển động của các thiên thể và những định luật chi phối vũ trụ. Ông tin vào vũ trụ nhật tâm của Copernicus. Ông cũng đã bị thuyết phục bởi chứng minh của Tycho theo đó các mặt cầu pha lê của các hành tinh chỉ là sản phẩm của trí tưởng tượng con người.

Thái độ đó thật đáng ca ngợi, nhưng còn đáng ca ngợi hơn nữa là Kepler tin rằng vũ trụ được điều khiển bởi toán học, rằng Chúa là một nhà hình học. Trong nhiều năm dài, ông đã nghĩ rằng số hành tinh (vào thời ông, số hành tinh được biết tới là 6) hay chính xác hơn là số khoảng giữa các hành tinh (cả thủy có 5) phù hợp với số khối đa diện đều mà người Hy Lạp đã biết, tức là các hình khối có các mặt bên là các đa giác đều. Ví dụ khối lập phương có các mặt bên là các hình vuông thuộc số các khối đều đó. Sau nhiều năm lao động, cuối cùng Kepler đã chứng tỏ được rằng quỹ đạo tròn của hành tinh ngoại tiếp các khối đa diện đều không thể phù hợp với những quan sát của Brahe. Số hành tinh được biết cho tới nay là 9 cũng đủ làm mất hiệu lực về lý thuyết các khối đa diện đều.

Trong vũ trụ nhật tâm, hoàn toàn tự nhiên là Kepler cũng đã nghĩ tới các quỹ đạo tròn và chuyển động đều của các hành tinh. Mặc dù niềm tin vào sự hoàn hảo của bầu trời đã bị lung lay, nhưng giả thuyết về dạng quỹ đạo hoàn hảo, tức là tròn, và một chuyển động đều lý tưởng cho các hành tinh vẫn còn ngự trị từ thời Platon. Cả Copernicus, Tycho lẫn Galileo đều chấp nhận giả thuyết đó, không một chút nghi ngờ. Khi xem xét kỹ lưỡng các số liệu quan sát do Tycho Brahe tích lũy được về Hỏa tinh, Kepler đã phát hiện ra rằng quỹ đạo của hành tinh này không đối xứng xung quanh Mặt trời như nó cần phải có nếu quỹ đạo là tròn, mà một phía hơi thuôn so với phía khác. Sau bốn năm nghiên cứu và dùng hết chín trăm trang giấy tính toán, và mặc dù trái với những điều xác tín của chính mình, Kepler cũng đã buộc lòng phải hạ bệ pháo đài cuối cùng của học thuyết Aristotle. Quỹ đạo của các hành tinh không phải là tròn mà là hình ellipse. Mặt trời không còn nằm ở tâm nữa mà nằm tại một trong hai tiêu điểm của ellipse (H.9). Các ngoại luân không còn lý do để tồn tại nữa. Chuyển động của các hành tinh có thể giải thích



Hình 9. *Ellipse Kepler.* Kepler (hình trên) đã phát hiện ra rằng quỹ đạo của các hành tinh không phải là tròn mà là hình ellipse, với Mặt trời nằm tại một trong hai tiêu điểm của nó (hình dưới).

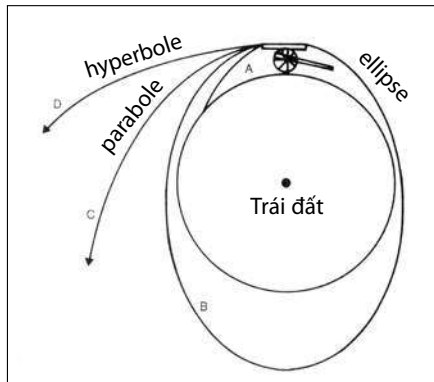
được hoàn toàn mà không cần tới sự tồn tại của chúng. Vậy là hai ngàn năm bị ám ảnh bởi các ngoại luân cuối cùng đã chấm dứt. Huyền thoại về chuyển động đều của các hành tinh cũng đã được quét sạch. Các hành tinh tăng tốc khi tới gần Mặt trời và giảm tốc khi ra xa nó. Tồn tại một hệ thức toán học chính xác giữa thời gian để hành tinh đi trọn một vòng quanh Mặt trời và khoảng cách từ nó tới Mặt trời. Nếu, theo định nghĩa, Trái đất phải mất một năm để quay trọn một vòng quanh Mặt trời, thì Hỏa tinh do ở xa hơn 1,5 lần, nên phải mất thời gian lâu hơn 1,9 lần, trong khi đó Mộc tinh ở xa hơn 5,1 lần, nên mất thời gian dài hơn 11,9 lần.

Tại sao Mặt trăng không rơi xuống Trái đất?

Nếu Kepler đã mô tả được chuyển động của các hành tinh bằng các định luật toán học rất chính xác, thì vấn đề do Tycho đặt ra khi vứt bỏ các thiên cầu pha lê vẫn hoàn toàn còn đó. Cái gì đã đỡ các hành tinh trên quỹ đạo ellipse của chúng? Tại sao chúng không rơi xuống Mặt trời? Nguyên nhân nào làm cho các hành tinh chuyển động, vì bây giờ không còn các thiên thần để đẩy chúng đi nữa? Tại sao các hành tinh lại tăng tốc khi tiến tới gần Mặt trời và giảm tốc khi ra xa nó? Kepler đã nghĩ tới các lực từ do Mặt trời phát ra để giữ các hành tinh trên quỹ đạo của chúng. Các lực này giảm khi ở xa Mặt trời, làm cho các hành tinh chuyển động chậm lại, và lực đó tăng khi ở gần Mặt trời, làm cho các hành tinh chuyển động nhanh lên. Nhưng Kepler đã chọn nhầm đường. Điều này đã được chứng minh một cách xuất sắc bởi một người Anh tên là Isaac Newton, sinh đúng năm mất của Galileo, tức ba mươi sáu năm sau khi Kepler qua đời. Nhờ Newton mà lực hấp dẫn đã hùng dũng bước vào vũ trụ khoa học.

Năm 1666, chàng thanh niên Newton, hai mươi ba tuổi, vừa nhận bằng tốt nghiệp của Đại học Cambridge. Để tránh nạn dịch hạch đang hoành hành khi đó, ông đã tạm rời về nhà mẹ ở Lincolnshire. Trong hai năm trời bị buộc ẩn dật nơi thôn dã, Newton đã làm thay đổi bộ mặt của vũ trụ. Ông đã phát minh ra phép tính các vô cùng bé (phép tính vi phân - ND), đã có những phát hiện cơ bản về bản chất ánh sáng và phát minh ra định luật vạn vật hấp dẫn. Chưa bao giờ, cả trước cũng như sau đó, có lẽ chỉ trừ năm 1905 khi Albert Einstein đồng thời phát minh ra thuyết tương đối hẹp và hiệu ứng quang điện (hiệu ứng liên quan tới tương tác giữa ánh sáng và các nguyên tử), vũ trụ lại có những đảo lộn to lớn trong một khoảng thời gian ngắn như vậy.

Giai thoại kể rằng Newton đã nảy ra ý tưởng về vạn vật hấp dẫn khi nhìn thấy một quả táo rơi xuống chân ông. Trước ông, Galileo cũng đã từng phân tích tỉ mỉ chuyển động rơi của các vật. Bước nhảy vọt vĩ đại về khái niệm mà Newton đã thực hiện là ở chỗ ông đã liên hệ được sự rơi của quả táo trong vườn với chuyển động của Mặt trăng xung quanh Trái đất. Newton đã xóa sạch sự phân biệt giữa trời và đất của thuyết Aristotle. Đối với ông, Mặt trăng cũng như quả táo đều chịu cùng một lực vạn vật hấp dẫn. Nếu Mặt trăng không rơi xuống đất như quả táo là bởi vì còn tồn tại một lực nữa chống lại lực hấp dẫn và đẩy nó ra xa Trái đất. Lực này có được là do chuyển động của mặt trăng trên quỹ đạo của nó và được gọi là lực li tâm. Lực li tâm này có độ lớn đúng bằng nhưng ngược hướng với lực hấp dẫn, sao cho lực tổng hợp tác dụng lên Mặt trăng triệt tiêu. Một khi lực hấp dẫn được cân bằng, Mặt trăng, thậm chí không cần tới mặt cầu pha lê đỡ, nó vẫn có thể tiếp tục chuyển động xung quanh Trái đất mà không bị rơi xuống.



Hình 10. *Chuyển động của các vật theo Newton.* Bức ảnh 10a (theo bức tranh khắc của J.A Houston, Bộ sưu tập Mansell) minh họa Newton đang làm các thí nghiệm về ánh sáng: ông là người đầu tiên dùng lăng kính để phân tích ánh sáng thành các màu cầu vồng của nó. Ông cũng là người đầu tiên chế tạo được kính thiên văn phản xạ (kính được đặt trên bàn trong bức ảnh trên). Nhưng trên hết là phát minh của ông về định luật vạn vật hấp dẫn và định lượng hóa chuyển động của các vật. Theo Newton, chuyển động của một viên đạn (ở đây là một viên đạn đại bác, hình dưới) phụ thuộc vào vận tốc ban đầu mà nó được bắn ra. Với một vận tốc nhỏ, viên đạn sẽ rơi không xa nơi bắn (quỹ đạo A). Với một vận tốc lớn hơn, nó sẽ được đưa lên quỹ đạo hình ellipse xung quanh Trái đất (tâm Trái đất khi đó sẽ nằm ở một trong hai tiêu điểm của ellipse B). Với vận tốc còn lớn hơn nữa, viên đạn sẽ đi vào khoảng không vô hạn của vũ trụ theo một quỹ đạo parabol (C) hoặc hyperbol (D).

Mặt khác, Mặt trăng cũng không cần các thiên thần đẩy nó chuyển động trên quỹ đạo. Một khi đã được phóng ra, Mặt trăng sẽ tự nó tiếp tục chuyển động không cần bất cứ sự can thiệp nào từ bên ngoài. Tình huống này có thể so với tình huống ném một quả táo lên không trung. Một khi quả táo đã rời tay bạn, nó không cần một sự can thiệp nào từ bên ngoài để đi theo đúng quỹ đạo của nó. Nhưng bạn có thể cãi lại rằng một lát sau quả táo sẽ lại rơi bệt xuống đất, trong khi đó Mặt trăng vẫn kiên trì tiếp tục chuyển động của nó xung quanh Trái đất. Chẳng qua đó là vì tay bạn chưa truyền cho quả táo đủ xung lượng ở thời điểm nó rời tay bạn. Nếu bạn ném nó mạnh hơn, nó sẽ ở trong không khí lâu hơn và rơi xuống đất ở chỗ xa hơn. Nếu bạn có một sức mạnh siêu nhiên, có thể ném quả táo mạnh tới mức ở thời điểm đã cho khoảng cách tới điểm rơi của nó vượt quá đường kính của Trái đất, thì quả táo sẽ vẽ nên một quỹ đạo ellipse xung quanh Trái đất và sẽ tiếp tục quay xung quanh Trái đất mãi mãi. Điều này có nghĩa là bạn đã đặt quả táo lên quỹ đạo. Nếu bạn ném nó còn mạnh hơn nữa, quả táo sẽ vẽ nên một đường parabol hoặc hyperbole. Khi đó nó sẽ thoát khỏi ảnh hưởng hấp dẫn của Trái đất và đi vào khoảng không vô tận của vũ trụ (H.10). Trên thực tế, tất nhiên, lực hấp dẫn của Trái đất là quá lớn để có thể đưa các vật lên quỹ đạo bằng sức mạnh của một người. Đó cũng là điều may mắn, vì chúng ta không muốn làm ô nhiễm không gian vũ trụ bằng các quả bóng đá hoặc bóng bầu dục! Phải cần tới sức mạnh của hàng tấn chất đốt chúng ta mới có thể đưa các con tàu vũ trụ lên quỹ đạo được.

Vũ trụ cơ học

Các chuyển động, một khi đã được khởi phát, sẽ không cần có sự can thiệp của thánh thần hay gì khác từ bên ngoài. Vũ trụ của Newton là một vũ trụ cơ học. Nó vận hành như một chiếc đồng hồ đã được lên dây cót. Một khi đã được lên dây, vũ trụ tự nó hoạt động, đồng thời tuân theo định luật vạn vật hấp dẫn. Trong vũ trụ Newton Chúa có nhiều thời gian rỗi hơn so với trong vũ trụ Aristotle. Thay vì phải thường xuyên để mắt tới đội quân các thiên thần, đảm bảo cho các hành tinh và các thiên thể khác hoạt động trơn tru, bây giờ Chúa chỉ cần cho vũ trụ một cú hích nhẹ lúc ban đầu, còn thì sau đó tự nó hoạt động.

Với định luật vạn vật hấp dẫn, Newton đã có thể giải thích được những đặc tính trong chuyển động của các hành tinh do Kepler phát hiện ra. Lực hấp dẫn được truyền thông qua một môi trường gọi là ether (khác xa với ether trong học thuyết Aristotle), một khái niệm mù mờ mà Newton không phát triển tiếp. Là lực hút, nên lực hấp dẫn làm cho hai vật rơi vào nhau, đồng thời nó còn cần phải có quan hệ nghịch đảo đối với khoảng cách giữa hai vật, vì nó phải lớn khi gần Mặt trời để hút một hành tinh mạnh hơn, làm cho hành tinh đó tăng tốc, chuyển động nhanh lên, trong khi đó nó giảm khi xa Mặt trời, dẫn đến hệ quả là hành tinh giảm tốc, chuyển động chậm lại. Thực tế, Newton đã phát hiện ra rằng lực hấp dẫn phải giảm theo bình phương khoảng cách giữa hai vật. Nếu một người đàn ông và một người đàn bà ở khoảng cách 10 lần lớn hơn thì lực hút hấp dẫn giữa họ giảm đi bình phương của 10, tức là giảm 100 lần. Mặt khác, lực hấp dẫn còn tỷ lệ với khối lượng của mỗi vật. Khối lượng là thước đo quán tính của một vật, tức là sự chống lại chuyển động của nó. Đẩy một người dễ dàng hơn nhiều so với đẩy một con voi,

vì người nhẹ hơn voi nhiều. Một hòn đá được ném lên không khí sẽ lại rơi xuống mặt đất do có lực hấp dẫn của Trái đất tác dụng lên nó. Lực này có tính chất tương hỗ, tức là hòn đá cũng tác dụng một lực đúng bằng thế lên Trái đất. Chỉ có điều, sự dịch chuyển của Trái đất về phía hòn đá là không cảm nhận được vì Trái đất do nặng hơn nhiều nên cản trở chuyển động nhiều hơn hòn đá. Do đó hòn đá rơi xuống Trái đất chứ không phải ngược lại. Cần lưu ý rằng không nên lẫn lộn giữa khối lượng và trọng lượng. Bạn có trọng lượng bởi vì lực hấp dẫn của Trái đất đã hút bạn về phía tâm của nó, làm cho bạn đè lên bề mặt Trái đất. Trọng lượng là một từ có nghĩa là “lực hấp dẫn”. Nó thay đổi cùng với trường hấp dẫn. Nếu bạn có trọng lượng 600N trên Trái đất thì bạn sẽ chỉ còn nặng 100N trên Mặt trăng, vì lực hấp dẫn ở đó chỉ tương ứng bằng 1/6 lực hấp dẫn trên Trái đất. Trái lại, khối lượng của bạn không thay đổi.

Tất cả các vật đều hút các vật khác với một lực tỷ lệ thuận với tích khối lượng của chúng và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Với phát biểu đó của định luật vạn vật hấp dẫn, Newton trong tác phẩm bậc thầy *Những nguyên lý toán học của triết học tự nhiên*, công bố năm 1687 của mình, đã giải thích được không chỉ quỹ đạo của các hành tinh, mà cả vai trò của Mặt trăng trong hiện tượng thủy triều, quỹ đạo “bầu dục” của các sao chổi và nhiều hiện tượng tự nhiên khác. Thực tế, để tiến hành nghiên cứu các quỹ đạo sao chổi mà Edmund Halley, nhà thiên văn Hoàng gia, đã thúc đẩy bạn mình công bố cuốn *Các nguyên lý* hơn hai mươi năm sau cái năm 1666 tiền định đó. Vì ám ảnh bởi nỗi sợ những ý tưởng của mình bị đánh cắp, Newton đã chậm công bố những phát minh của mình. Trong một thời gian dài ông đã buộc tội nhà triết học và toán học Đức Leibniz đã vay mượn những ý tưởng của ông về phép tính vi phân, mặc dù Leibniz đã phát triển những ý tưởng

đó một cách hoàn toàn độc lập. Chính nhờ áp dụng định luật vạn vật hấp dẫn mà Halley đã phát hiện ra rằng sao chổi (ngày nay mang tên ông) chuyển động theo một quỹ đạo ellipse quanh Mặt trời và cứ sau 76 năm nó lại tới thăm con người.

Vũ trụ tất định

Quyết định luận đã bước vào vũ trụ khoa học. Những chuyển động của các vật trên Trái đất và trong bầu trời đều được chi phối bởi những định luật toán học chặt chẽ và chính xác, mà lý trí con người có thể hiểu được. Nếu một hòn đá được ném lên không khí, thì chỉ cần biết vị trí và vận tốc ban đầu của nó là có thể tiên đoán được chính xác hòn đá sẽ rơi ở thời điểm nào, ở đâu và với vận tốc bằng bao nhiêu. Hòn đá không có cách lựa chọn nào khác là phải bay theo quỹ đạo parabol do định luật vạn vật hấp dẫn quy định.

Vũ trụ vô hạn, về phương diện triết học và thần học là nhờ Thomas Digges và Giordano Bruno, đã có được địa vị khoa học nhờ Newton. Vũ trụ cần phải là vô hạn, bởi vì nếu là hữu hạn, thì về một phương diện nào đó nó sẽ phải có một vị trí ưu tiên là trung tâm. Và nếu quả thật như vậy, lực hấp dẫn hút tất cả sẽ làm cho tất cả các phần của vũ trụ sẽ co vào vị trí trung tâm đó, để tạo thành ở đó một khối lượng trung tâm rất lớn mà điều này hoàn toàn không phù hợp với vũ trụ quan sát được. Trái lại, trong một vũ trụ vô hạn không có biên cũng như không có vị trí ưu tiên là trung tâm, ở đó các sao phân bố đều tới vô hạn, thì sẽ không thể có một lực hấp dẫn tổng hợp theo một hướng cụ thể nào đó và do đó sẽ không có nguy cơ sụp đổ của vũ trụ.

Vào cuối thế kỷ 18, con người quan sát vũ trụ đã thấy rằng vũ trụ là vô hạn với các ngôi sao được phân bố đều và mình không

còn là trung tâm của nó nữa. Sinh sống trên Trái đất nhỏ nhoi, con người chìm đắm trong một vũ trụ cơ học và tất định chứa đầy những vật vô tri hành xử theo các quy luật chặt chẽ mà con người có thể phát hiện được bằng lý trí của mình. Chúa, cũng vô hạn như vũ trụ, luôn luôn hiện diện ở đó, nhưng ở xa hơn rất nhiều. Sau khi đã sáng tạo ra vũ trụ và lên “dây cót” cho nó, Ngài chỉ đứng từ xa quan sát sự tiến hóa của nó, nhưng không can thiệp vào các công việc của con người.

Không cần tới giả thuyết về Chúa

Vũ trụ mới có tác dụng kếp về mặt tâm lý với những kết quả đối nghịch nhau. Sự vô hạn đã khiến một số người lo lắng, Blaise Pascal đã từng thốt lên tiếng kêu tuyệt vọng: “Sự im lặng vĩnh cửu của không gian vô hạn khiến tôi hoảng sợ” và ông đã lánh mình trong giáo phái Jansen với ý định xích lại gần Chúa hơn vì giờ đây Ngài đã ở quá xa vời. Nhưng với số đông, ý nghĩ rằng lý trí con người có thể thâm nhập vào bí mật của Chúa và giải mã được những quy luật chi phối vũ trụ lại là một điều rất hứng khởi. Thế kỷ 18 là thế kỷ Ánh sáng, là kỷ nguyên của Lý trí. Chúa càng ngày càng lùi ra xa hơn. Vũ trụ, hay theo thuật ngữ của thế kỷ 18 là Tự nhiên, hơn bao giờ hết là một bộ máy trơn tru, tự vận hành, không cần tới sự trợ giúp của Chúa. Lý trí là tối thượng ngự trị, đẩy đức tin xuống hàng thứ hai. Hầu tước Simon de Laplace, người đã dâng lên Napoleon Bonapart cuốn sách *Cơ học thiên thể* của mình, đã trả lời tỉnh bơ câu trách móc của đức vua là cuốn sách đã không nhắc đến đáng Tạo hóa vĩ đại lấy một lần rằng: “Thần không cần tới giả thuyết về Chúa!”. Niềm tin vào lý trí con người là vô hạn. Con người có lý trí có thể làm được tất cả. Tinh thần lạc quan đó tràn sang tất cả

các lĩnh vực hoạt động khác của con người. Và chính ý tưởng về sự tiến bộ cũng đã xuất hiện. Con người có thể liên tục tự hoàn thiện mình. Con người có thể thuần phục tự nhiên để phục vụ cho lợi ích của mình. Con người có thể hoàn thiện các thiết chế xã hội và chính trị. Cuối thế kỷ 18 đã chứng kiến không chỉ cuộc cách mạng công nghiệp, mà cả cuộc cách mạng ở Mỹ năm 1776 và cuộc cách mạng Pháp 1789.

Thế kỷ 19 đã chứng kiến sự phản ứng chống lại vũ trụ cơ học và tất định của Newton với sự lên ngôi của chủ nghĩa lãng mạn. Tuy nhiên, vũ trụ khoa học đã được thiết đặt một cách vững chắc không thể bác bỏ được nữa. Lý trí con người liên tục giành được thắng lợi. Nó có khả năng làm được tất cả, thậm chí phát hiện được cả một hành tinh mới. Thiên Vương tinh, hành tinh thứ bảy được nhà thiên văn Anh William Herschel phát hiện năm 1781, đã bộc lộ những đặc điểm bất thường trong quỹ đạo của nó xung quanh Mặt trời mà định luật vạn vật hấp dẫn không thể giải thích được nếu hệ Mặt trời chỉ có bảy hành tinh. Trái lại, nếu thừa nhận có lực hút của hành tinh thứ tám còn ở xa Mặt trời hơn nữa thì chuyển động của hành tinh Thiên vương trở nên không còn khó hiểu nữa. Nhà thiên văn người Pháp là Urbain Le Verrier và nhà thiên văn người Anh John Couch Adams đã tính được vị trí của hành tinh giả thuyết này trên bầu trời và hành tinh thứ tám đó - có tên là Hải Vương tinh - đã được phát hiện vào năm 1846 ở đúng vị trí đã được tiên đoán. Như vậy, Hải vương tinh không phải được phát hiện bằng cách dùng kính thiên văn dò tìm trên bầu trời, mà là được phát hiện bằng bút, giấy và lý trí của con người. Điều này, thêm một lần nữa, chứng minh bộ máy của vũ trụ được mô tả bởi định luật Newton hoạt động tốt như thế nào.

Bị Copernicus trục xuất ra khỏi vị trí trung tâm và trở nên không còn quan trọng nữa trong một vũ trụ cơ học vô hạn và cách xa Chúa của Newton, con người phương Tây ở thế kỷ 19 đành tự an ủi bằng ý nghĩ về mối quan hệ với thượng giới của mình. Xét cho đến cùng, mình vẫn là con cháu của Adam và Eva, những người do đích thân Chúa tạo ra. Thậm chí cả khi đã mất vị trí ở trung tâm vũ trụ, con người vẫn là đứa con yêu của Chúa. Tuy nhiên, Charles Darwin khi công bố tác phẩm *Nguồn gốc các loài* của mình, cũng lại tước nốt của con người nguồn an ủi đó. Theo nhà tự nhiên học này thì nguồn gốc con người cũng chẳng mấy cao quý gì. Tổ tiên xa xưa của con người, nếu ta lần ngược lại theo thời gian, lần lượt là loài linh trưởng, loài bò sát, loài cá, loài không xương sống và cuối cùng là các nguyên bào. Sự tiến hóa đòi hỏi rất nhiều thời gian. Tuổi của vũ trụ theo sự đánh giá của Kepler và Newton chỉ khoảng sáu ngàn năm đã bị đặt dấu nghi vấn. Phải cần tới hàng tỷ năm, một thang thời gian mà dường như các nghiên cứu địa chất đã khẳng định. Vũ trụ vốn đã từng được nói rộng ra theo không gian, nay lại được nói rộng ra theo thời gian. Chúa ngày một lùi ra xa. Và vào buổi bình minh của thế kỷ 20, Lý trí và Đức tin, Khoa học và Tôn giáo đã rẽ theo những con đường ngày càng tách ra xa nhau.



Từ dải ngân hà đến vũ trụ

Vũ trụ của thế kỷ 20 là vũ trụ từ Big Bang. Đại đa số các nhà vũ trụ học giờ đây đều nghĩ rằng vũ trụ đã khởi đầu sự tồn tại của mình bằng một vụ nổ lớn (Big Bang) xuất phát từ một trạng thái cực nhỏ, cực nóng và đặc, vào khoảng chục tỷ năm về trước. Sự xuất hiện quan niệm mới này về vũ trụ thật chớp nhoáng. Chỉ trong vòng một nửa thế kỷ, vũ trụ tĩnh với các ngôi sao cố định và bất động của Newton đã trở thành một vũ trụ động, đang giãn nở, đẩy áp những chuyển động và “bạo lực”. “Những không gian vô tận và câm lặng vĩnh viễn” mà Pascal hoảng sợ đã bị xâm chiếm bởi những âm thanh và cuồng nộ. Sự bất động đã được biến đổi thành một sự tiến hóa vĩnh cửu.

Sự nhanh chóng lên ngôi của vũ trụ mới còn khác thường hơn nữa vì vào đầu thế kỷ 20 chúng ta còn hoàn toàn chưa biết dải Ngân hà, tức thiên hà chứa hệ Mặt trời của chúng ta, có quy mô tới mức nào. Lúc đó nói về các thế giới khác ở trong các thiên hà khác, hay

nói về toàn bộ vũ trụ chỉ là chuyện khoa học viễn tưởng. Tuy nhiên, trong năm mươi năm cuối cùng của thế kỷ này, vũ trụ học đã thực sự có được địa vị của một khoa học chính xác, tức là một môn khoa học dựa trên các quan sát chính xác và chặt chẽ, chứ không phải trên những tư biện triết học và siêu hình mơ hồ. Có được bước nhảy đó, trước hết, là nhờ những tiến bộ khổng lồ về công nghệ của hai thế kỷ gần đây, cho phép thu nhận và ghi lại tốt hơn ánh sáng quý giá tới từ các thiên thể, thứ ánh sáng mang thông tin và là phương tiện đặc ân của con người để giao tiếp với phần còn lại của vũ trụ. Được trang bị một niềm tin không gì lay chuyển nổi vào lý trí con người cũng như khả năng phát hiện và hiểu những quy luật của vũ trụ, hậu thế của Newton và Voltaire đã hăm hở phát minh và hoàn thiện những công cụ cần thiết để có thể quan sát tốt hơn vũ trụ và cũng để thỏa mãn trí tò mò của mình.

Thu nhận ánh sáng

Trước hết cần phải có “những con mắt” to hơn. Con mắt của chúng ta, với đường kính chỉ cỡ 1cm, là máy thu ánh sáng quá nhỏ bé. Dầu vậy, đây cũng là một công cụ cực kỳ hiệu quả, vì ngôi sao mờ nhất mà mắt trần có thể nhìn thấy được ở nông thôn cách xa ánh sáng chói lòa của các đô thị vào những đêm không trăng có độ sáng chỉ bằng 1 phần 25 triệu ánh sáng của Mặt trăng vào đêm trăng tròn. Rồi những kính thiên văn ra đời hỗ trợ cho mắt trần. Chúng trợ giúp chúng ta theo hai cách. Thứ nhất, chúng phóng đại các ảnh, cho phép chúng ta thấy chi tiết hơn và thứ hai, chúng thu nhận được nhiều ánh sáng hơn, cho phép chúng ta nhìn thấy các thiên thể mờ hơn. Galilei là người đầu tiên hướng kính thiên văn lên trời vào năm 1609. Và ngay cả chiếc kính thiên văn nhỏ bé của

ông chỉ với một thấu kính có đường kính khoảng vài chục cm cũng đã cho ông nhìn thấy được những chi tiết núi non trên Mặt trăng và các vệ tinh của Thổ tinh. Do nhìn được các thiên thể mờ hơn cả ngàn lần, kính thiên văn của Galilei đã cho phép ông nâng số sao thấy được trong Ngân hà từ một vài ngàn tới một vài triệu.

Cuộc tìm kiếm chi tiết hơn và những đối tượng mờ hơn được theo đuổi một cách không mệt mỏi. Đường kính của các kính thiên văn không ngừng tăng lên. Một trong số những người xây dựng nổi tiếng nhất của các đài đo của thế kỷ 20 là nhà thiên văn người Mỹ George Hale, người đã xây dựng những kính thiên văn lớn nhất ở thời đại mình. Ông có biệt tài thuyết phục những người có thế lực trên thế giới tài trợ cho các dự án của mình. Chẳng hạn, Charles Yerkes, người trở nên giàu có nhờ bán những chiếc tàu điện ở Chicago, vào năm 1897 đã tài trợ để xây dựng một kính thiên văn có đường kính 1m ở Wiscosin. Hiện nay, kính này vẫn là kính khúc xạ lớn nhất thế giới, nó thu nhận ánh sáng nhờ một thấu kính giống như chiếc kính của Galilei. Nhưng thời đại của các kính khúc xạ trôi qua rất nhanh. Các thấu kính có đường kính lớn hơn 1m trở nên rất cồng kềnh do trọng lượng và bề dày của chúng. Tiếp đến bắt đầu là sự ngự trị của các kính phản xạ trong đó ánh sáng được thu nhận bởi một gương lớn có dạng paraboloid. Lần này, Thiên mệnh được hiện thân là Andrew Carnegie, ông vua thép. Với sự tài trợ của ông, Hale đã xây dựng trên đỉnh núi Mont dưới bầu trời tuyệt đẹp của vùng nam California hai kính thiên văn, một với đường kính 1,5m vào năm 1908 và một với đường kính 2,5m vào năm 1922, hai chiếc kính chẳng bao lâu sau đã làm thay đổi bộ mặt của thế giới. Nhưng Hale không dừng lại ở đó. Ông còn mơ tới một chiếc kính lớn hơn nữa, có đường kính tới 5m để cho phép ông nhìn thấy những thiên thể còn mờ tới mức dường như chúng ở ngay

mép biên của vũ trụ. Có một giai thoại kể rằng, một ngày đẹp trời nào đó vào những năm ba mươi, Hale đã nhận được một cú điện thoại của ông giám đốc quỹ John Rockefeller, người sáng lập hãng Standard Oil và là ông vua dầu hỏa. Ông ta nói đã đọc một bài báo phổ biến khoa học trên một tạp chí trong đó có nói tới ước mơ của Hale và sẵn lòng tài trợ cho dự án đó! Chiếc kính thiên văn đường kính 5m đã được khai trương năm 1948 và đặt trên một ngọn núi khác ở nam California, ngọn núi Palomar và cho đến tận những năm 70, nó vẫn còn là chiếc kính phản xạ lớn nhất thế giới. Được trang bị những dụng cụ hiện đại, kính thiên văn đó cho phép nhìn được những thiên thể mờ hơn 40 triệu lần so với ngôi sao mờ nhất mà mắt thường nhìn thấy được.

Ngày nay, những tòa nhà mái vòm của hơn một chục kính thiên văn có đường kính lớn hơn 3m nằm rải rác trên các đỉnh núi cách xa thế giới văn minh và ánh sáng của các đô thị trên toàn thế giới, từ Arizona tới Hawaii, từ California tới Chile, vào những đêm trời quang, đều mở mái che để thu nhận ánh sáng từ vũ trụ tới. Tuy nhiên, cuộc tìm kiếm vẫn chưa kết thúc. Hiện đã lấp ló bóng dáng những kính thiên văn có đường kính từ 10m đến 15m. Gương của những chiếc kính khổng lồ này không thể chỉ có độ cong nhất cái. Bởi vì một chiếc gương nguyên khối có kích thước như thế sẽ nặng tới mức nó không thể giữ được dạng paraboloid cần thiết để đảm bảo chất lượng tốt của ảnh. Vì vậy chúng phải là những chiếc kính đa gương, tạo nên một tổng hòa các kính thiên văn nhỏ hơn, như kính thiên văn Keck vừa mới hoàn tất trên ngọn núi lửa Mauna Kea đã tắt ở Hawaii với bề mặt của nó được tạo bởi 36 gương hình bát giác, mỗi gương có đường kính 1,8m và hiệu quả tổng hợp của chúng tương đương với một kính có đường kính 10m. Chúng cũng

có thể được tạo bởi tổng của nhiều kính thiên văn, như Kính Cự Lớn (VLT) gồm 4 kính thiên văn mỗi kính có đường kính 8m do Đài thiên văn nam Âu đang xây dựng. Những kính thiên văn tương lai này sẽ cho phép chúng ta thấy được những thiên thể mờ hơn 10 lần so với kính Palomar cho phép.

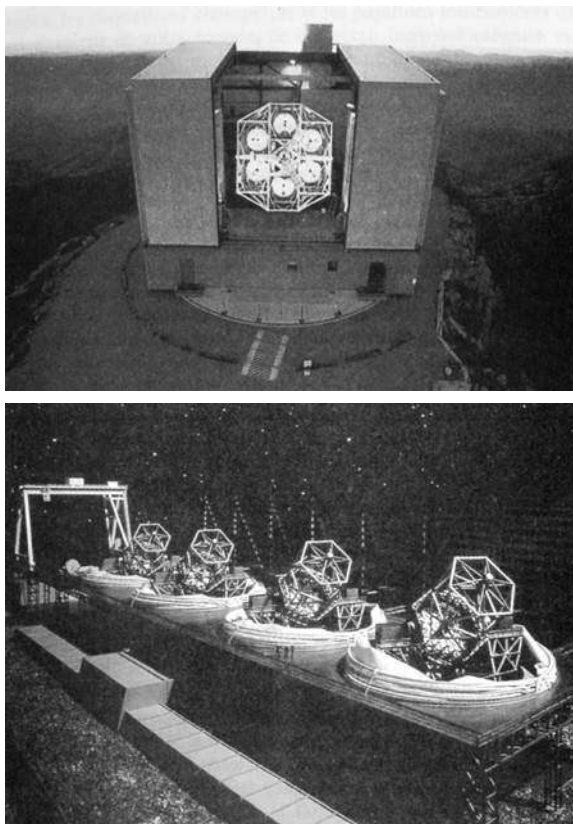
Bảo quản ánh sáng

Sau khi đã tốn bao công sức để thu nhận được ánh sáng, một vấn đề được đặt ra là làm thế nào lưu giữ được chúng. Đây là vấn đề ghi lại ảnh để bảo quản và nghiên cứu. Không thể chỉ hài lòng với việc nhìn qua kính thiên văn, tức là truyền ảnh tới võng mạc của mắt, rồi từ đó truyền qua các dây thần kinh quang học tới não với kết quả duy nhất là cảm giác về một hình ảnh đẹp đã được nhìn thấy. Tuy nhiên, các nhà thiên văn học tiến bộ không thể làm tốt hơn. Để lưu giữ lại những hình ảnh đó, Galilei đã phải kết hợp tài năng vĩ đại của một nhà thiên văn với tài năng của một họa sĩ cũng xuất chúng không kém để tạo ra các bản vẽ rất đẹp về những quan sát của mình. Tình cảnh này đã được giải quyết nhờ phát minh ra kỹ thuật chụp ảnh của một người Pháp tên là Nicéphore Niepce vào năm 1826. Từ đó hàng ngàn ngôi sao đã được lưu giữ bằng ảnh trên một tấm kính duy nhất. Bằng cách tích tụ và lưu giữ lại ánh sáng trong hàng giờ, tấm kính ảnh đã tăng thêm sức mạnh cho các kính thiên văn khi quan sát các sao luôn luôn mờ và cuối cùng, cho phép người ta có thể nghiên cứu bầu trời một cách có hệ thống. Tấm kính ảnh đã ngự trị tại các đài thiên văn cho đến tận những năm 70, rồi mới bị các detector điện tử thay thế. Các detector điện tử nhạy cảm hơn nhiều và có thể tích tụ ánh sáng chỉ trong nửa giờ tương đương tấm kính ảnh tích tụ trong cả một đêm.

Phân tách ánh sáng

Tất cả chúng ta ai mà không biết cầu vồng, một vòng cung nhiều màu sắc thỉnh thoảng xuất hiện trên bầu trời trong lúc có mưa đông ở phía đối diện với Mặt trời. Bí mật của hiện tượng này đã được Newton khám phá vào năm 1666, cái năm định mệnh khiến ông phải về nông thôn để tránh nạn dịch hạch. Sở dĩ có cầu vồng là do ánh sáng trắng của Mặt trời đi qua các giọt nước mưa và những giọt nước mưa này đã dăng tặng chúng ta một ngày hội màu sắc rực rỡ: đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm, tím. Các giọt nước mưa có tác dụng giống như các lăng kính thủy tinh, đã phân tách ánh sáng trắng của Mặt trời thành các màu khác nhau của nó.

Cũng như những giọt nước mưa phân tách ánh sáng Mặt trời thành những màu sắc cầu vồng để mang lại cho chúng ta những khoái cảm lớn hơn, nhà thiên văn nhờ các kính quang phổ phân tách ánh sáng tới từ các thiên thể, được thu nhận bởi các kính thiên văn để phân tích nó. Dụng cụ này được một người Đức tên là Fraunhofer phát minh vào đầu thế kỷ 19, nó nhanh chóng được dùng để khám phá thành phần hóa học và chuyển động của các ngôi sao và các thiên hà. Ta có thể tóm tắt hoạt động của các nhà thiên văn như sau: sau khi đã thu nhận được ánh sáng từ các thiên thể tới nhờ các kính thiên văn lớn, họ ghi nhận nó trên kính ảnh hoặc bằng các detector điện tử và tiến hành phân tích ánh sáng đó bằng cách dùng kính quang phổ.



Hình 11. Những kính thiên văn lớn trong tương lai. Các kính thiên văn lớn trong tương lai không thể được chế tạo dưới dạng nguyên khối. Chúng gồm nhiều gương với kích thước đáng kể nhằm làm giảm bớt khó khăn và tiền bạc cho việc xây dựng một kính thiên văn nguyên khối. Bức ảnh trên minh họa kính thiên văn nhiều gương ở Arizona, Hoa Kỳ. Kính này đã được đưa vào hoạt động. Nó gồm sáu gương với đường kính mỗi gương 1,8m, tương đương với một kính thiên văn nguyên khối với đường kính 4,5m mặc dù việc xây dựng nó ít tốn kém hơn nhiều. Hình dưới là cảm nhận của một họa sĩ về dự án kính thiên văn châu Âu cực lớn gồm bốn kính thiên văn đường kính 8m, tương đương với kính thiên văn nguyên khối có đường kính 16m. Mái vòm che kính thiên văn trên không còn là các kết cấu bằng gạch và thép truyền thống nữa, mà là những kết cấu bằng chất dẻo có thể gấp lại hoàn toàn để tạo điều kiện cho những quan sát được dễ dàng. Kính thiên văn này sẽ được xây dựng vào những năm chín mươi ở Cerro Paranal, trong sa mạc Atacama ở Chile, bởi Đài thiên văn Nam Âu, một tổ hợp thiên văn của tám nước châu Âu, gồm có Đức, Bỉ, Đan Mạch, Pháp, Italia, Hà Lan, Thụy Điển và Thụy Sĩ. (ảnh, Đài thiên văn Nam Âu)

Những ánh sáng mới

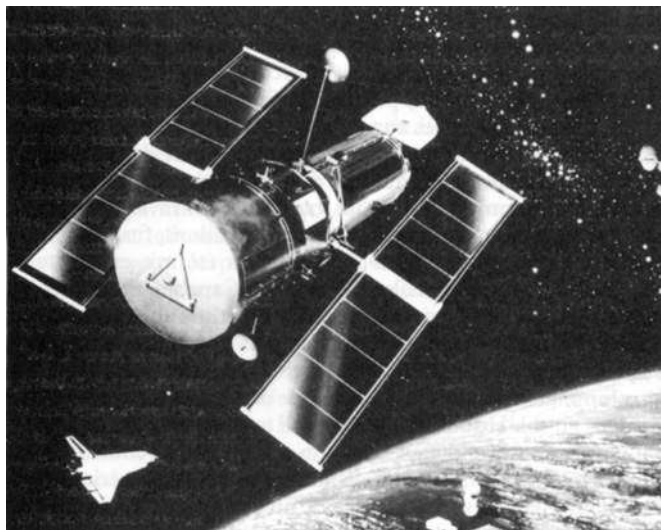
Nhưng định nghĩa ở trên liệu có còn phù hợp với thiên văn học đương đại không? Ở trên tôi nói là về thiên văn học nhìn thấy, về ánh sáng mà mắt ta có thể cảm nhận được. Nhưng thực ra tồn tại cả một phổ những ánh sáng khả dĩ, mà ánh sáng thấy được chỉ chiếm một phần nhỏ xíu của nó. Trước hết là các tia gamma và tia X. Đây là những ánh sáng có năng lượng cao tới mức chúng có thể dễ dàng đi xuyên qua cơ thể bạn. Chắc là bạn đã từng thấy phim chụp X quang phổi của bạn để phát hiện bệnh lao. Tiếp sau là ánh sáng tử ngoại có năng lượng nhỏ hơn, tuy nhiên nó cũng đủ gây ra những vết bỏng ở da, phá hủy các tế bào và gây ung thư nếu như bạn tiếp nhận nó quá nhiều. Tiếp đến, theo thứ tự năng lượng giảm dần, là ánh sáng thấy được quen thuộc của chúng ta, rồi đến ánh sáng hồng ngoại, ánh sáng vi ba, ánh sáng radio (sóng vô tuyến) - ánh sáng có năng lượng nhỏ nhất. Chính ánh sáng cuối cùng này đã truyền đi âm thanh và hình ảnh từ các đài phát tới máy thu thanh và thu hình ở nhà bạn, cho phép bạn chọn được những chương trình mà bạn yêu thích (xem chú thích định lượng số 1).

Trong số tất cả những khả năng lựa chọn đó, liệu có là hợp lý chẳng nếu ta nghĩ rằng vũ trụ chỉ chọn ánh sáng thấy được để phát đi những tín hiệu của mình? Điều này xem ra không hợp lý và phản lại tinh thần của Copernicus. Và lại, chuyện mắt người chỉ nhạy cảm với ánh sáng thấy được chẳng qua là kết quả của quá trình tiến hóa sinh học theo Darwin mà thôi. Phần lớn ánh sáng Mặt trời mà bầu khí quyển Trái đất cho đi qua có bản chất thấy được và tự nhiên đã trang bị cho chúng ta đôi mắt nhạy cảm với ánh sáng đó là nhằm tạo điều kiện dễ dàng cho sự tiến hóa của loài người. Nhưng không nên chờ đợi rằng vũ trụ sẽ tính đến bản chất đôi mắt của chúng ta.

Thực tế, chính Mặt trời cũng phát ra tất cả các loại ánh sáng, trong đó chỉ có phần nhỏ là ánh sáng thấy được. Bầu khí quyển của Trái đất đã bảo vệ cho chúng ta tránh được những tia có năng lượng rất cao phát ra từ Mặt trời, như các tia X và tia tử ngoại, để tạo điều kiện dễ dàng cho sự phát triển của sự sống (sự bảo vệ đối với các tia tử ngoại không phải là hoàn toàn, điều này bất cứ ai đã bị bỏng da khi tắm nắng quá lâu đều có thể xác nhận).

Rõ ràng là việc chỉ bó hẹp mình trong ánh sáng thấy được sẽ mang lại cho chúng ta một cái nhìn không đầy đủ và nghèo nàn về vũ trụ. Để tin vào điều đó, bạn hãy thử tưởng tượng, nếu đột nhiên mắt bạn chỉ còn nhạy với một màu thôi, ví dụ như màu lam chẳng hạn. Khi đó, chắc chắn cái nhìn của bạn về thế giới sẽ nghèo nàn đi rất nhiều. Tất nhiên là bạn vẫn còn nhìn thấy bầu trời xanh và mặt biển xanh lam. Nhưng màu xanh lục của lá cây, những bông hồng ngát hương, những bông hoa đồng nội và những con bướm sặc sỡ sặc màu sẽ biến mất khỏi thế giới của bạn và đó quả là một điều tai họa.

Do đó, nhà thiên văn hiện đại phải có được những con mắt mới. Sự phát triển của radar trong Đại chiến thế giới lần thứ nhất đã cho ra đời ngành thiên văn vô tuyến vào những năm 50. Sự phát triển của ngành hàng không vũ trụ và công cuộc chinh phục không gian trong những năm 60 đã cho phép con người vượt ra ngoài bầu khí quyển của Trái đất và cuối cùng đã nhìn được vũ trụ qua các tia gamma, tia X, tia tử ngoại, hồng ngoại, nhờ các kính thiên văn đặt trên các bóng thám không, các tên lửa và các vệ tinh. Kính thiên văn không gian Hubble (H.12) đã được tàu con thoi của Mỹ đặt lên quỹ đạo vào năm 1990. Với đường kính 2,4m và có khả năng hoạt động trong vùng ánh sáng tử ngoại, thấy được và hồng ngoại, kính



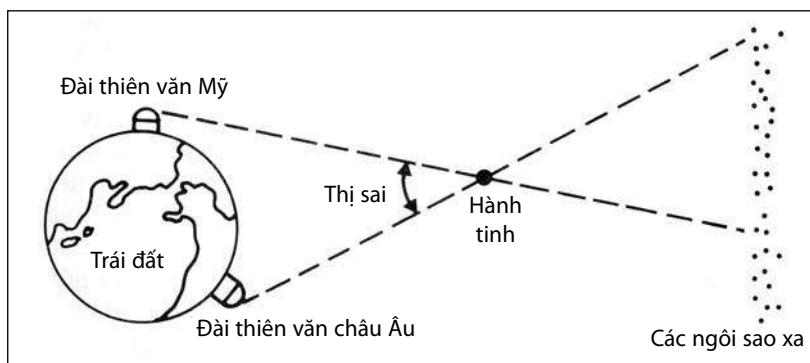
Hình 12. Kính thiên văn trên không gian Hubble. Kính thiên văn trên không gian với đường kính 2,4m mang tên người đã phát hiện ra sự giãn nở của vũ trụ: Edwin Hubble. Nó đã được tàu con thoi của Mỹ đưa lên quỹ đạo vào năm 1990. Kính thiên văn này cho phép nhìn xa hơn 7 lần và chi tiết hơn 10 lần so với các kính thiên văn quang học lớn nhất trên mặt đất. Nó cũng cho phép ta đi ngược lại thời gian tới thời kỳ các thiên hà ra đời, tức là khoảng vài tỷ năm sau Big Bang. Do có một trục trặc nghiêm trọng trong gương của nó, kính Hubble đã phải chịu tật cận thị cho tới tận tháng 12 năm 1993, sau khi các nhà du hành của tàu con thoi Mỹ đã sửa chữa xong. Với khối lượng 11 tấn, chiều dài 11m và nằm trên quỹ đạo cách Trái đất hàng trăm kilometre, kính Hubble quay một vòng xung quanh Trái đất hết 90 phút. Nó được điều khiển từ một trung tâm đặt tại Greenbelt, ở Maryland và người ta dự kiến nó sẽ hoạt động ít nhất trong 15 năm. Cứ khoảng ba mươi tháng một tàu con thoi lên thăm nó một lần chờ theo các nhà du hành để tiến hành sửa chữa hoặc thay thế các dụng cụ khoa học bị hư hỏng hoặc quá hạn sử dụng.

thiên văn này là kính lớn nhất từ trước tới nay được đưa lên không gian. Nó cho phép nhìn thấy được những tinh tú mờ hơn 50 lần và với độ chi tiết lớn hơn 10 lần so với những kính thiên văn lớn nhất trên mặt đất. Kính Hubble đã không thực hiện được ngay những lời hứa hẹn của mình do có một trục trặc nghiêm trọng ngay trong

gương của nó khiến cho nó trở thành cận thị. May thay, các nhà du hành trên tàu con thoi đã bổ sung cho nó một hệ thống các gương hiệu chỉnh trong một sứ mạng cực kỳ ngoạn mục vào năm 1993 và đã trả lại cho nó tầm nhìn dự kiến. Trong khi chờ đợi mùa gặt hái những phát minh trong tương lai, kính Hubble đã cung cấp cho chúng ta vô khối thông tin về các thiên thể sáng ở gần nhờ việc xử lý dữ liệu đã được tin học hóa và tinh xảo gửi về Trái đất: những hình ảnh với toàn bộ vẻ đẹp của các hành tinh trong hệ Mặt trời, những hình ảnh chưa từng được thấy về các ngôi sao đang hình thành trong các nhà hộ sinh giữa các vì sao, những bức ảnh về các thiên hà có lõi là một lỗ đen hoặc cả các thiên hà va chạm vào nhau.

Những giới hạn của dải Ngân hà

Được trang bị bởi các kính thiên văn, những tấm kính ảnh và các kính quang phổ, giờ đây chúng ta sẽ bắt đầu khám phá quy mô của vũ trụ. Kích thước của hệ Mặt trời đã được biết rõ từ ngay cuối thế kỷ 19. Khoảng cách giữa các hành tinh đã được xác định theo nguyên lý thị sai đã được mô tả ở trên nhân nói về phát minh của Copernicus về sự quay của Trái đất xung quanh Mặt trời. Một thiên thể gần dường như sẽ thay đổi vị trí của nó so với các ngôi sao xa khi nó được quan sát ở hai địa điểm khác nhau. Chỉ cần chụp ảnh đồng thời các hành tinh từ hai đài thiên văn khác nhau, nhưng phải cách xa nhau (tốt nhất là ở hai lục địa khác nhau), bởi vì sự thay đổi biểu kiến của thiên thể sẽ càng lớn và do đó càng dễ đo được, nếu như khoảng cách giữa hai đài thiên văn (đường đáy) càng lớn (H.13). Một khi góc thị sai (tức là góc tương ứng với sự thay đổi của vị trí) đã đo được, ta dễ dàng dùng lượng giác và khoảng cách giữa hai đài thiên văn để tính được khoảng cách tới hành tinh đó.



Hình 13. Đo khoảng cách tới các hành tinh. Vị trí của một hành tinh đối với các ngôi sao xa được đo đồng thời tại hai đài thiên văn ở xa nhau sẽ sai khác nhau một góc nhỏ gọi là góc thị sai. Nếu hai đài thiên văn ở càng xa nhau và hành tinh càng ở gần thì góc này càng lớn. Như vậy, bằng cách đo góc đó và biết khoảng cách giữa hai đài thiên văn ta sẽ tính được khoảng cách tới hành tinh.

Những nỗ lực này đã cho chúng ta biết rằng ánh sáng từ Mặt trời phải mất 8 phút mới tới được chúng ta hay Mặt trời cách Trái đất 8 phút ánh sáng, tức 147 triệu km và Hải Vương tinh, hành tinh được phát hiện bằng tính toán, ở cách Trái đất 4 giờ ánh sáng. Nhưng vô số những ngôi sao mà Galilei đã quan sát thấy trong dải Ngân hà và được nhân lên nhiều hơn nữa trong các thế kỷ tiếp theo trên những tấm kính ảnh gắn bên trong các kính thiên văn ngày càng lớn hơn ở cách Trái đất bao xa? Liệu Ngân hà của chúng ta có giới hạn không? Hay là nó mở rộng ra vô tận, lấp đầy vũ trụ vô hạn của Newton với các ngôi sao phân bố đều trong đó? Hình dạng của dải Ngân hà như thế nào? Hình cầu hay là dẹt? Những câu trả lời hồi đó còn chưa rõ ràng. Vũ trụ hiện ra trước chúng ta trong hai chiều trên vòm trời giống như một bức tranh phong cảnh trên một tấm toan lớn mà người họa sĩ đã quên hết cả luật viễn cận. Sự quan sát

trực tiếp không thể cho ta biết về chiều thứ ba, cái chiều sâu của sân khấu vũ trụ.

Đĩa mỏng và dẹt

Chắc chắn là đã từng có những trí tuệ dũng cảm tư biện về bản chất của dải Ngân hà tạo nên toàn bộ vũ trụ. Theo một người Anh tên là Thomas Wright, vào năm 1750, thì vũ trụ là một lớp mỏng gồm các ngôi sao bị kẹp giữa hai mặt cầu đồng tâm với Chúa ngự ở tâm hai mặt cầu đó. Vũ trụ của Wright thần bí và triết học hơn là khoa học và ông cũng đưa ra nhiều phiên bản mâu thuẫn với nhau. Tuy nhiên, ông đã phát hiện ra một khía cạnh rất căn bản của dải Ngân hà mà bất cứ một người có lý trí nào khi quan sát dải mây màu vàng nhạt trên đầu mình vào những đêm mùa hè đẹp trời cũng đều phải thừa nhận. Wright đã nhận xét rất đúng rằng phân bố của các sao trên trời là không đều và cả Mặt trời lẫn Trái đất đều nằm trong một lớp rất mỏng các ngôi sao. Một cư dân trên Trái đất nhìn bầu trời theo hướng tiếp tuyến với lớp mỏng hình cầu này sẽ thấy nhiều ngôi sao trên đường ngắm của mình, có quang cảnh gần như một dải lớn màu vàng nhạt được chiếu lên bầu trời. Trái lại, nếu nhìn theo phương vuông góc với lớp này ở ngoài dải vàng nhạt đó, người đó sẽ nhìn thấy rất ít ngôi sao.

Nhà triết học người Đức Emmanuel Kant, khi lấy lại những ý tưởng của Wright vào năm 1775, đã hiểu được rằng để giải thích diện mạo của dải Ngân hà, lớp mỏng này không nhất thiết phải có dạng cầu. Thế là vũ trụ chuyển từ dạng một lớp cầu mỏng thành một chiếc đĩa dẹt. Phỏng theo chuyển động của các hành tinh xung quanh Mặt trời, ông cũng gán cho các sao một chuyển động tròn

trong mặt phẳng đĩa và xung quanh tâm đĩa. Sở dĩ các ngôi sao dường như cố định trên bầu trời, vì chúng ở rất xa nên chuyển động của chúng ta không cảm nhận được. Đĩa Ngân hà không phải là vô tận, mà là có giới hạn. Do đó cần phải có những thế giới khác tương tự như thế giới của chúng ta nằm ngoài những giới hạn đó. Những hòn đảo-vũ trụ này, theo cách gọi của Kant, có thể là những chấm sáng mờ mờ có dạng xoắn ốc mà nhà thiên văn người Anh William Herschel vừa mới phát hiện ra. Những lập luận tư biện này thật lỗi lạc vì xem ra chúng là đúng trong vũ trụ ngày hôm nay.

Nhưng chỉ có trực giác thiên tài thôi thì chưa đủ. William Herschel, một nhạc sĩ bỏ nghề để nghiên cứu âm nhạc của bầu trời và cũng là người phát hiện ra hành tinh Thiên vương, đã có ý định đo đạc một cách khoa học quy mô của Ngân hà vào năm 1780. Mặc dù ông không làm được điều đó vì không biết khoảng cách tới các ngôi sao, nhưng ông vẫn kiên cường thử xác định hình dạng của nó bằng cách đếm các ngôi sao theo các hướng khác nhau của bầu trời. Ngân hà chắc là sẽ trải rộng hơn theo hướng có nhiều sao hơn so với hướng có số sao đếm được ít hơn. Phương pháp này chỉ có thể cho kết quả đúng nếu như tất cả các sao đều có độ sáng gần như nhau, nếu chúng được phân bố đều trong không gian và nếu chúng được nhìn tới tận mép của Ngân hà, và cuối cùng nếu trong Ngân hà không có gì hấp thụ ánh sáng. Tất cả những điều kiện đó ngày hôm nay chúng ta biết rằng đều không hiện thực. Các ngôi sao có thể phát sáng 10 lần mờ hơn hoặc 100.000 lần sáng hơn Mặt trời. Chúng cũng không phân bố đều trong Ngân hà và trên hết là các hạt bụi từ các ngôi sao này hấp thụ ánh sáng của chúng làm cho ta không thể nhìn được tới mép của Ngân hà. Vì vậy Herschel đã nhận được một dải Ngân hà có dạng dẹt với tâm là Mặt trời, nhưng sự hấp thụ ánh sáng bởi bụi đã cho nó những mép rất không đều đặn.

Mặt trời không có gì đặc biệt

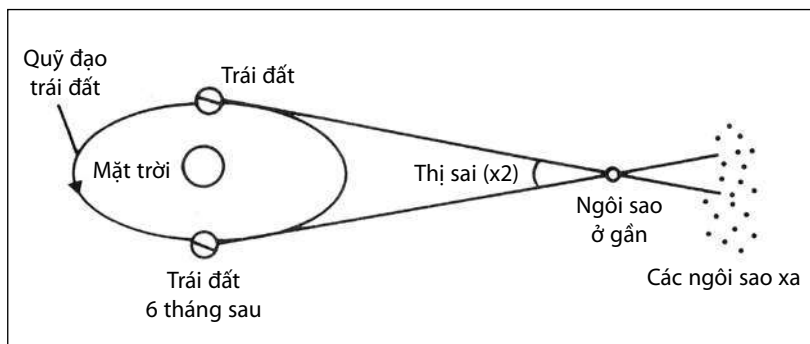
Để bắt đầu việc giải mã cái giai điệu bí ẩn, tức bản tấu pháp (fugue) vũ trụ, thì bằng mọi giá phải thâm nhập được vào sâu trong vũ trụ. Sự đo những khoảng cách ở ngoài hệ Mặt trời được bắt đầu từ những ngôi sao gần nhất. Các góc thị sai lại giúp nhà quan sát làm việc đó. Vì các ngôi sao ở xa hơn các hành tinh rất nhiều, nên khoảng cách giữa hai điểm quan sát cũng phải lớn hơn đáng kể để những thay đổi biểu kiến về vị trí đối với những ngôi sao xa hơn là có thể đo được.

Cuộc chu du hằng năm của Trái đất xung quanh Mặt trời cũng đóng góp vào công việc này. Hai quan sát đồng thời từ hai đài thiên văn cách xa nhau bây giờ được thay thế bằng hai quan sát kế tiếp ở hai vị trí khác nhau của Trái đất trên quỹ đạo của nó. Để tăng tối đa khoảng cách giữa hai vị trí kế tiếp đó của Trái đất, các tấm kính ảnh được chụp cách nhau một khoảng gian là 6 tháng (H.14). Đường đáy bây giờ có chiều dài bằng tổng đường kính của Trái đất (cỡ 10.000km) với trục dài quỹ đạo ellipse (khoảng 300 triệu km) của Trái đất xung quanh Mặt trời. Khoảng cách tới hàng trăm ngôi sao gần đã đo được bằng cách như vậy. Thật không may, khi các ngôi sao ở xa dần, các góc thị sai tương ứng nhỏ dần và do đó càng khó xác định. Đối với các ngôi sao ở cách xa hàng trăm năm ánh sáng, thì phương pháp thị sai không còn cho thông tin hữu ích nữa.

Nhưng sự khám phá sâu hơn cái góc nhỏ bé này của vũ trụ cũng đã cho thấy sự nhỏ nhoi của hệ Mặt trời và sự cực kỳ trống rỗng của không gian. Kích thước của hệ Mặt trời được đo bằng giờ ánh sáng (Diêm Vương tinh, được phát hiện năm 1930, ở biên của hệ Mặt trời, cách Trái đất 5,2 giờ ánh sáng) trong khi đó khoảng cách giữa các ngôi sao được đo bằng năm ánh sáng (một năm ánh sáng bằng

8.760 giờ ánh sáng). Nghĩa là bầu trời là cực kỳ trống rỗng. Ngôi sao gần Mặt trời nhất cũng không nhỏ hơn 4 năm ánh sáng, sao Sirius (*Thiên lang*) ở cách 8 năm ánh sáng và sao Vega là 22 năm ánh sáng.

Khoảng cách tới các sao gần kết hợp với độ sáng biểu kiến của chúng cho ta biết được độ sáng thực của các sao đó và cho phép ta giải quyết được một bất đồng xa xưa giữa Kepler và Newton. Kepler nghĩ rằng sao Thiên lang và các sao khác mờ hơn rất nhiều so với Mặt trời trong khi đó Newton lại cho rằng chúng sáng như nhau, và chính Herschel đã lấy lại giả thuyết này để xác định hình dạng của Ngân hà. Trong số các ngôi sao gần, có những sao sáng hơn và có những sao mờ hơn Mặt trời. Trái đất chẳng có gì đặc biệt - Copernicus đã từng nói như thế. Và bây giờ độ sáng của Mặt trời cũng vậy. Nghĩa là Mặt trời - ngôi sao của chúng ta - cũng chỉ là một ngôi sao nào đó mà thôi.



Hình 14. *Phép đo khoảng cách tới các ngôi sao gần.* Vị trí của một ngôi sao gần đối với các ngôi sao xa thay đổi khi nó được quan sát tại các thời điểm khác nhau trong năm. Sự thay đổi này không phải do chuyển động thực của ngôi sao đó mà là do một hiệu ứng quang học tạo thành khi góc nhìn thay đổi vì chuyển động hằng năm của Trái đất xung quanh Mặt trời. Một nửa góc tương ứng với sự thay đổi vị trí được quan sát sau 6 tháng, khi mà Trái đất ở vị trí đối kính với vị trí ban đầu trên quỹ đạo của nó xung quanh Mặt trời, được gọi là thị sai. Góc này càng nhỏ khi ngôi sao càng ở xa. Như vậy, bằng cách đo thị sai và biết khoảng cách Mặt trời - Trái đất ta có thể suy ra khoảng cách tới ngôi sao gần đó.

Những ngôi sao cũng chuyển động

Kính quang phổ bước lên sân khấu đã làm cho những giới hạn đã biết của vũ trụ còn lùi ra xa hơn nữa. Những ngôi sao cho đến đây được xem là bất động trên bầu trời đã bắt đầu động đậy. Chuyển động của chúng đã được khám phá nhờ kính quang phổ và nhờ một phát minh của nhà vật lý người Áo tên là Johann Christian Doppler. Vào năm 1842, tại Praha, ông đã phát hiện ra rằng âm thanh do một vật chuyển động phát ra nghe sẽ cao (gắt) hơn khi vật đó tiến gần về phía người quan sát và sẽ trầm hơn khi vật đi ra xa người quan sát. Tất cả chúng ta đều có thể cảm nhận được hiệu ứng Doppler này khi đứng trên sân ga. Chúng ta sẽ nghe thấy tiếng còi tàu hỏa cao hơn khi tàu tiến vào ga và trầm hơn khi tàu rời xa ga. Hoàn toàn giống như âm thanh, ánh sáng cũng xảy ra hiệu ứng Doppler. Khi một vật phát sáng đi ra xa chúng ta, ánh sáng sẽ trở nên “trầm” hơn, tức là nó dịch về phía đỏ và mất năng lượng, trong khi đó nếu vật sáng tiến lại gần ta, ánh sáng sẽ trở nên “gắt” hơn, tức là nó dịch về phía xanh và có thêm năng lượng. Sự thay đổi màu sắc càng lớn nếu vật tiến lại gần hay lùi ra xa với tốc độ càng tăng. Kính quang phổ do vậy cho phép phát hiện ra chuyển động của các ngôi sao. Kính này phân tách ánh sáng tới từ các ngôi sao, từ đó đo được sự thay đổi màu sắc và nhận được vận tốc ra xa hoặc tiến tới gần của chúng (xem chú thích định lượng số 1). Nếu một ngày nào đó bạn bị phạt vì chạy xe quá tốc độ được phép, thì bạn nên biết rằng bạn chính là nạn nhân của hiệu ứng Doppler. Để đo chính xác vận tốc của bạn, chỉ cần người cảnh sát giao thông cùng với chiếc radar của anh ta đặt ở bên đường làm cho sóng radio do radar phát ra phản xạ từ phía sau xe của bạn. Sự thay đổi “màu sắc” hay tần số của sóng radio phản xạ do sự chuyển động của xe bạn gây ra sẽ cho phép xác định được chính xác vận tốc xe bạn đang chạy.

Các ngôi sao hội tụ trên bầu trời

Các phép đo Doppler đối với các ngôi sao gần nhất cho phép người ta xác lập được rằng đối với các ngôi sao này Mặt trời dịch chuyển với vận tốc 20km/s. Thế là cuối cùng, tính bất động của ngôi sao này có được từ thời Copernicus cũng mất nốt. Tất cả những ngôi sao khác cũng đều chuyển động cả. Sự nghiên cứu chuyển động của các ngôi sao trong các đám sao thiên hà đã góp phần đặc biệt làm lụi xa ranh giới của vũ trụ đã biết. Những đám sao này là tập hợp của vài trăm ngôi sao dường như không được liên kết bằng lực hấp dẫn (vì sau khoảng vài trăm triệu năm chúng sẽ được phân tán ra), nhưng quần tụ lại với nhau bởi nguồn gốc phát sinh: chúng được sinh ra từ cùng một đám mây khí trong không gian vũ trụ khi đám mây này co lại và tách ra thành các khối, dẫn tới sự ra đời của các sao này (H.15).

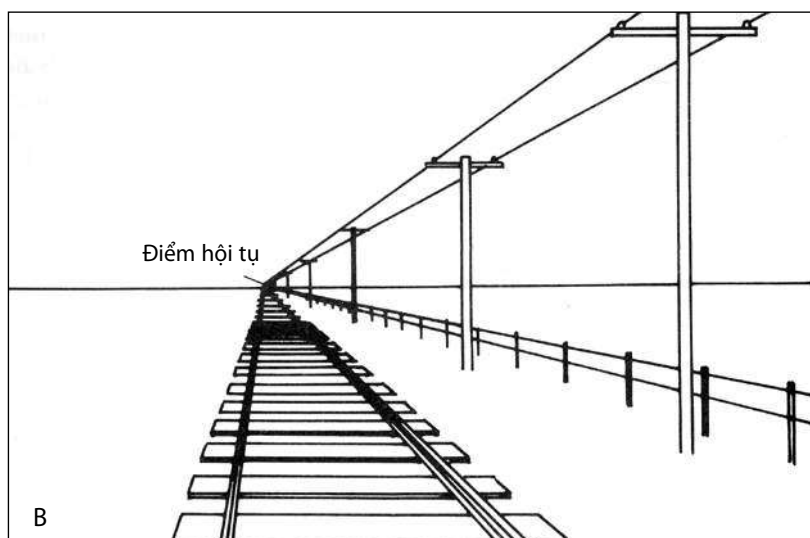
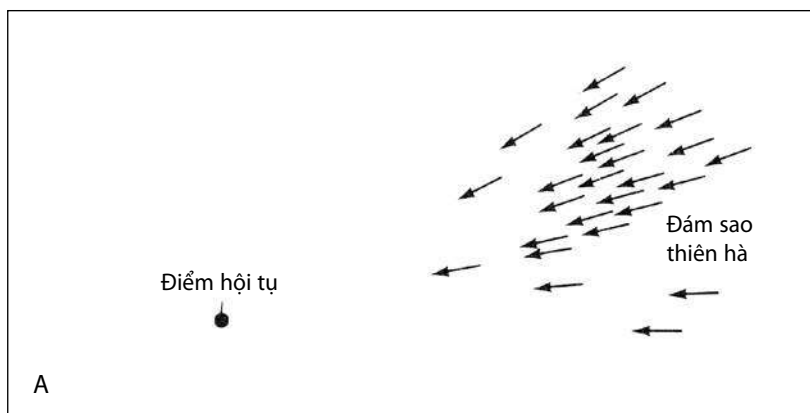
Hoàn toàn như Mặt trời và các ngôi sao khác, các đám sao cũng chuyển động. Những ngôi sao trong các đám này chuyển động theo các quỹ đạo song song trong không gian vũ trụ, nhưng hiệu ứng phối cảnh cho ta ảo giác như là tất cả chúng chuyển động theo hướng hội tụ vào một điểm duy nhất trong không gian gọi là “điểm hội tụ”. Hiệu ứng phối cảnh này không xa lạ gì với chúng ta. Ai đã từng quan sát từ sân ga đều thấy rằng các đường ray song song dường như tất cả đều hội tụ về phía chân trời (H.16). Chuyển động song song của các ngôi sao trong các đám sao được thể hiện bằng sự thay đổi vị trí của chúng đối với các sao ở xa hơn. Sự thay đổi này nhỏ tới mức cần phải có lòng kiên trì và chụp ảnh các ngôi sao đó ít nhất phải hàng chục năm mới có thể cảm nhận được.

Bây giờ ta sẽ đề cập tới việc xác định khoảng cách tới từng ngôi sao trong đám sao này sau khi đã đo được sự thay đổi vị trí của nó



Hình 15. Một đám sao trong Ngân hà. Bức ảnh cho thấy những ngôi sao sáng nhất của đám sao rua - Pleiades- (sáu ngôi sáng nhất có thể nhìn thấy bằng mắt trần). Đám sao này chứa khoảng vài trăm ngôi sao trẻ (tuổi khoảng vài triệu năm; số lượng đếm được là 250). Những ngôi sao này không liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn và sẽ phân tán ra sau khoảng vài trăm triệu năm. Nếu chúng quần tụ với nhau thì là bởi nguồn gốc phát sinh: chúng được sinh ra từ cùng một đám mây khí trong không gian vũ trụ khi đám mây này co lại và tách ra thành các sao này. Những quầng mờ bao quanh các sao đó là phần còn lại của đám mây này. (ảnh, Đài thiên văn Hale)

trên bầu trời. Để làm điều đó ta phải biết được chuyển động của đài quan sát của chúng ta - tức Trái đất - theo hướng vuông góc với đường ngắm tới đám sao. Nguyên lý ở đây thật là đơn giản và bạn thường áp dụng nó một cách không tự giác khi nhìn phong cảnh hai bên đường lướt qua hai bên xe bạn. Những cột chắn hai bên đường chạy nhanh hết tốc lực, những hàng cây táo trên cánh đồng chạy chậm hơn và những ngọn núi ở xa tít tắp tận chân trời dường như chỉ hơi nhúc nhích. Theo bản năng, bạn sẽ sắp xếp các chi tiết của phong cảnh theo vận tốc mà chúng lướt qua trước mắt bạn và bằng cách đó bạn dựng lại hình phối cảnh của phong cảnh đó. Các



Hình 16. Đo khoảng cách tới các đám sao. Các ngôi sao thuộc một đám sao (như đám sao trên H.15), mặc dù chuyển động theo các quỹ đạo song song nhau trong không gian, nhưng dường như chúng hội tụ vào một điểm trong bầu trời gọi là điểm hội tụ (H.16a) hoàn toàn giống như các đường ray song song dường như hội tụ ở đường chân trời (H.16b). Biết điểm hội tụ và chuyển động của các ngôi sao ta có thể xác định được khoảng cách tới đám sao.

cọc chắn bên đường lướt qua nhanh hơn, vậy chúng ở tiền cảnh, ngay sát xe bạn, trong khi đó núi non gần như bất động phải ở rất xa. Nếu bạn muốn xác định khoảng cách tới các cọc chắn hoặc các cây táo, bạn chỉ cần đo chuyển động biểu kiến của chúng và biết xe bạn đang chạy với tốc độ bao nhiêu. Hoàn toàn tương tự, để xác định khoảng cách tới các ngôi sao trong đám sao, bạn nhất thiết phải biết chuyển động của chúng đối với các ngôi sao xa và chuyển động của Trái đất đối với từng ngôi sao đó. Chuyển động tương đối này có thể dễ dàng suy ra được nếu ta biết điểm hội tụ và chuyển động ra xa hay tiến gần của từng ngôi sao nhận được nhờ hiệu ứng Doppler.

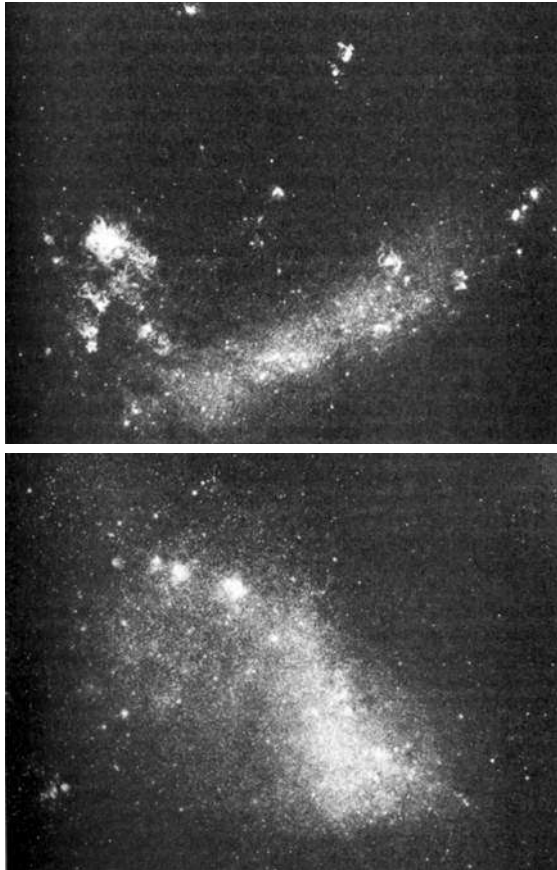
Khoảng cách tới đám sao sẽ là trung bình của khoảng cách tới tất cả các sao mà người ta có thể đo được. Việc sử dụng các đám sao - mà đặc biệt là đám sao Hyades, một trong những đám sao gần nhất - đã cho thấy vũ trụ mở rộng tới khoảng cách khoảng 1600 năm ánh sáng. Ngoài giới hạn đó, chuyển động của các ngôi sao trong các đám sao đối với các ngôi sao xa trở nên nhỏ tới mức không thể đo được, thậm chí có khi phải đợi tới nhiều chục năm. Tuy nhiên, nhờ phương pháp này, vũ trụ đã biết trở nên lớn hơn hệ thống Mặt trời tới 2,5 triệu lần. Và Trái đất càng ngày càng trở nên nhỏ nhoi trong vũ trụ bao la.

Những ngôi sao biến quang và chìa khóa của bầu trời

Những giới hạn của dải Ngân hà không phải bao giờ cũng đạt tới được. Các ngôi sao ở đó dường như luôn luôn lạc trong cõi vô biên và thách thức khả năng của con người đo được khoảng cách đến chúng. Những cánh cửa của vũ trụ chỉ thực sự rộng mở nhờ những nghiên cứu của một nhà thiên văn nữ trẻ tuổi tên là Henrietta Leavitt, làm việc ở Đại học Havard vào năm 1912. Bà có nhiệm vụ

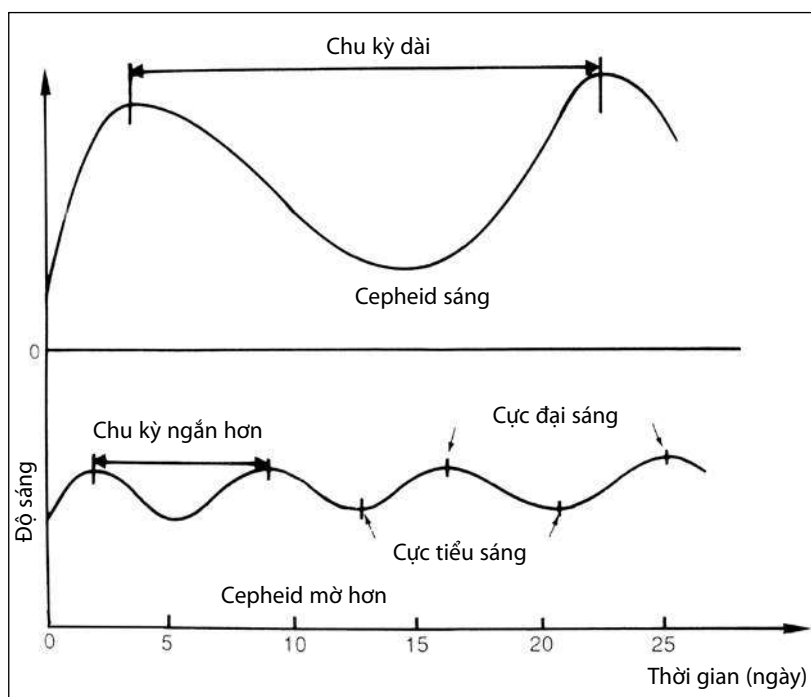
nghiên cứu hai chấm sáng lớn, mờ và phân tán trên bầu trời Nam bán cầu, hoàn toàn giống như dải Ngân hà trang điểm cho bầu trời Bắc bán cầu. Chính những chấm sáng này đã khiến Magellan phải ngạc nhiên khi con tàu của ông đi ngang qua đường xích đạo. Những chấm sáng mờ này có tên là “các đám mây Magellan” và ngày nay ta biết rằng đó là hai thiên hà lùn, vệ tinh của thiên hà chúng ta, cách chúng ta khoảng 150.000 năm ánh sáng (H.17). Henrietta không biết điều đó, nhưng điều này không mấy quan trọng đối với công việc của bà: đó là phát hiện những ngôi sao có độ sáng thay đổi trong các đám mây Magellan bằng cách nghiên cứu các tấm kính ảnh chụp ở những thời điểm khác nhau. Thực tế, trong khi mà đa số các ngôi sao, như Mặt trời chẳng hạn, có cuộc sống tương đối yên bình và độ sáng rất ít thay đổi trong hàng triệu năm, thậm chí hàng tỷ năm, thì có một số ngôi sao gọi là loại cepheid, theo tên của chòm sao tại đó chúng được phát hiện, lại có độ sáng thay đổi (biến quang) tuần hoàn trên một thang thời gian rất ngắn, chỉ một vài ngày hoặc nhiều tuần (lại một đòn nữa giáng mạnh xuống tính bất động của bầu trời theo Aristotle!). Leavitt nhận thấy rằng thời gian giữa hai cực đại sáng liên tiếp (khoảng thời gian này gọi là “chu kỳ”) sẽ càng dài nếu sao cepheid càng sáng: như vậy là có một mối quan hệ trực tiếp giữa chu kỳ biến thiên của ánh sáng của một sao cepheid và độ sáng biểu kiến của nó (H.18).

Ban đêm, trên xa lộ, cặp đèn pha của xe ô tô xé rách bóng đêm dày đặc. Độ sáng biểu kiến của các đèn pha này cho phép bạn xác định được khoảng cách từ xe tới chỗ bạn đứng. Điều này chỉ có thể làm được khi bạn đã có một ý niệm về độ sáng thực của đèn pha vì bạn đã từng ở rất gần và thấy chùm ánh sáng mạnh do nó phát ra. Cũng như vậy, độ sáng biểu kiến của một ngôi sao không cho thông tin gì



Hình 17. Các đám mây Magellan. Bức ảnh trên chụp đám mây Magellan lớn và bức ảnh dưới chụp đám mây Magellan nhỏ, chúng được gọi như vậy là bởi vì chúng đã được “phát hiện” bởi nhà hàng hải nổi tiếng Magellan (do chỉ nhìn thấy từ Nam bán cầu, nên các đám mây này cũng đã được nhắc tới trong các câu chuyện thần thoại của dân bản xứ ở Australia và Nam Thái bình dương). Thực tế, đây là hai thiên hà lùn không đều đặn, quay quanh dải Ngân hà của chúng ta ở khoảng cách 150.000 năm ánh sáng. Các đám mây Magellan đóng vai trò hàng đầu trong lịch sử phát hiện ra các thiên hà. Chính nhờ việc nghiên cứu sự biến thiên độ sáng của các ngôi sao cepheid trong các đám mây Magellan mà nhà thiên văn học người Mỹ Henrietta Leavitt đã phát hiện ra mối liên hệ cho phép đo được khoảng cách tới các thiên hà. Mới đây, đám mây Magellan lớn lại bước ra tiền cảnh của sân khấu vũ trụ học: ngày 23 tháng 2 năm 1987 đã xảy ra ở đó vụ nổ của một ngôi sao thành một ngôi sao siêu mới nhờ đó các nhà thiên văn có cơ hội khảo sát kỹ lưỡng cái chết của một ngôi sao. (ảnh, Đài thiên văn Hoàng gia Edimbourg)

về khoảng cách của nó. Một ngôi sao nhìn có vẻ mờ vì nó thực sự là sáng nhưng lại ở cực xa hoặc nó thực sự là mờ nhưng lại ở gần. Ta biết rằng độ sáng giảm theo bình phương khoảng cách: một sao ở xa hơn 2 lần sẽ có độ sáng giảm đi 4 lần. Cũng như bạn phải biết độ sáng thực của đèn pha mới xác định được khoảng cách từ xe ô tô đến chỗ mình đứng, nhà thiên văn cũng cần phải biết độ sáng thực của một sao để từ độ sáng biểu kiến suy ra khoảng cách tới nó. Để hệ thức Leavitt trở nên hữu ích, tức là để nó chỉ ra khoảng cách



Hình 18. Sao cepheid - những ngọn hải đăng của vũ trụ. Những ngôi sao cepheid có độ sáng biến thiên theo cách rất đặc biệt: thời gian giữa hai độ sáng cực đại hoặc hai cực tiểu liên tiếp - mà ta gọi là chu kỳ - càng dài khi sao đó càng sáng. Tính chất kỳ lạ này cho phép có thể dùng các sao cepheid như các ngọn hải đăng vũ trụ để đo khoảng cách tới các thiên hà có chứa các sao loại này. Chỉ cần đo chu kỳ biến thiên độ sáng của sao cepheid để nhận được độ sáng thực của nó, rồi kết hợp với độ sáng biểu kiến quan sát được ta sẽ xác định được khoảng cách tới nó.

tới các ngôi sao, cần phải chuyển đổi hệ thức chu kỳ - độ sáng biểu kiến thành hệ thức chu kỳ - độ sáng thực. Khi đó chỉ cần đo chu kỳ (tức sẽ biết độ sáng thực) và độ sáng biểu kiến của sao cepheid, ta sẽ xác định được khoảng cách tới sao đó.

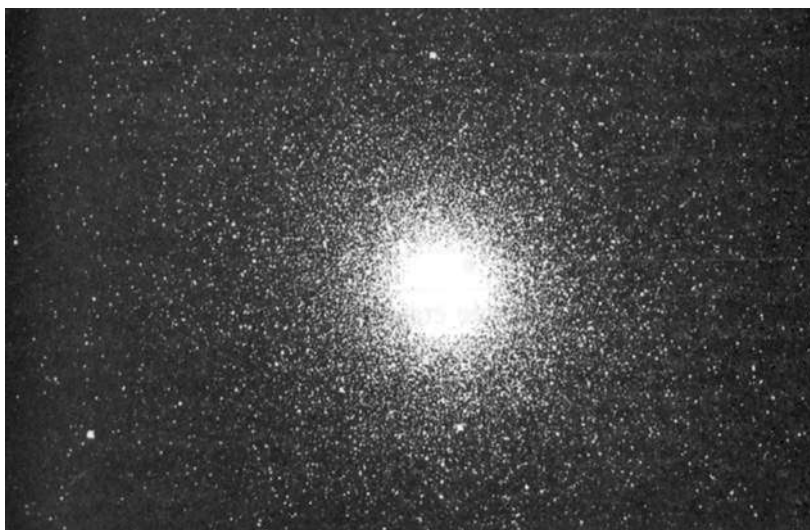
Muốn chuyển đổi độ sáng biểu kiến thành độ sáng thực cần phải biết khoảng cách tới một số sao cepheid ở gần. Để xác định những khoảng cách này người ta cũng đã thử dùng các phương pháp truyền thống như phương pháp thị sai, phương pháp điểm hội tụ trong các đám sao. Tuy nhiên, trong Ngân hà của chúng ta không có một sao cepheid nào ở đủ gần (nhỏ hơn 100 năm ánh sáng) để có thể xác định trực tiếp khoảng cách tới nó nhờ phương pháp thị sai. Ngân hà cũng không có những đám sao nào chứa các sao cepheid ở đủ gần để có thể áp dụng phương pháp điểm hội tụ. Vì vậy cần phải qua một giai đoạn trung gian. Khoảng cách tới đám sao Hyades đã được xác định bằng phương pháp điểm hội tụ. Khoảng cách tới các đám sao ở xa hơn, nhưng có chứa các sao cepheid, có thể được suy ra bằng cách giả thiết rằng độ sáng thực của các sao thuộc đám này là y hệt như các sao trong đám sao Hyades. Một khi khoảng cách tới các đám sao này đã biết thì độ sáng thực của các sao cepheid chứa trong đó cũng sẽ xác định được.

Giai đoạn trung gian này đã được vượt qua vào năm 1916 và các nhà thiên văn cuối cùng đã có được chìa khóa của bầu trời. Các ngôi sao cepheid là sáng thực sự và có thể được nhìn thấy từ rất xa, tới tận 15 triệu năm ánh sáng, gấp năm trăm lần khoảng cách có thể đạt tới nhờ các đám sao. Với tư cách là những ngọn hải đăng vũ trụ, chúng sẽ dẫn dắt chúng ta tới được tận mép của Ngân hà và thậm chí còn xa hơn nữa. Cuối cùng, vũ trụ cũng đã phải lộ ra trong sự bao la vô tận và toàn bộ chiều sâu của nó.

Mặt trời mất vị trí trung tâm của nó

Những ngọn đèn pha vũ trụ, tức các sao cepheid, đã được nhà thiên văn người Mỹ Harlow Shapley tận dụng. Là người đã từng làm việc hai mươi năm với chiếc kính thiên văn đường kính 1,5m do Hale xây dựng trên núi Wilson, Nam California, Shapley có ý định khám phá những bí mật của một đám sao loại khác gọi là đám sao cầu. Trái với các đám sao thiên hà có dạng không đều đặn trong đó có khoảng vài trăm ngôi sao không liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn, các đám sao cầu có dạng cầu rất đẹp và chứa khoảng vài trăm ngàn ngôi sao liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn (H.19). Có khoảng một trăm các đám sao cầu này xung quanh Ngân hà. Dùng các ngọn đèn pha cepheid, Shapley đã xác định được khoảng cách tới các đám sao cầu và phân bố của chúng trong không gian. Thì ra các đám sao cầu này được phân bố trong một thể tích hình cầu lớn, nhưng có điều lạ là, tâm của mặt cầu đó lại không phải là Mặt trời của chúng ta, mà chệch đi hàng chục ngàn năm ánh sáng về phía chòm sao Sagittaire.

Bóng ma Copernicus lại một lần nữa xuất hiện. Phải chăng Mặt trời không phải là trung tâm của vũ trụ? Shapley quyết định rằng đó là giải pháp duy nhất khả dĩ để giải thích được sự phân bố của các đám sao cầu. Mặt trời, thay vì ở trung tâm Ngân hà, đã được lưu đầy tới một vùng ngoại ô hẻo lánh. Sau khi trở thành một ngôi sao có độ sáng trung bình, Mặt trời của chúng ta trở lại địa vị hoàn toàn bình thường. Khi giả thiết rằng các đám sao cầu nằm ngoài thiên hà của chúng ta, Shapley đã cho đường kính của nó là 300.000 năm ánh sáng và đặt Mặt trời ở cách tâm thiên hà khoảng 50.000 năm ánh sáng. Ngày nay chúng ta biết rằng các giá trị này là quá lớn. Cũng như Herschel, Shapley chưa thể biết được rằng các bụi



Hình 19. Đám sao cầu của Ngân hà. Bức ảnh chụp đám sao cầu có tên là 47 Tucanae, một tập hợp có dạng cầu chứa tới 100.000 ngôi sao già liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Đường kính của quần sao cầu này khoảng 300 năm ánh sáng. Mật độ sao tăng dần theo hướng tới tâm của đám sao và ở phần trung tâm của nó mật độ lớn tới mức các sao không thể cảm nhận một cách tách bạch được. Khi nghiên cứu phân bố của các đám sao cầu xung quanh Ngân hà, nhà thiên văn người Mỹ Harlow Shapley đã phát hiện ra rằng Mặt trời không phải ở tâm của thiên hà chúng ta. (ảnh, Đài thiên văn Cerro-Tololo)

sao đã hấp thụ ánh sáng từ các sao cepheid và do đó làm cho chúng kém sáng hơn. Điều mà ông nghĩ rằng do hiệu ứng khoảng cách, trên thực tế lại là do sự hấp thụ của các bụi sao.

Trong vũ trụ như ta quan niệm ngày hôm nay, Ngân hà có dạng một đĩa có đường kính 90.000 năm ánh sáng. Đĩa này rất mỏng, với bề dày chỉ bằng một phần trăm đường kính của nó, và chứa khoảng vài trăm tỷ ngôi sao quay xung quanh tâm đĩa, tức là tâm thiên hà (H.20). Mặt trời ở cách mép thiên hà khoảng một phần ba bán kính, tức là cách tâm thiên hà 30.000 năm ánh sáng. Nó cùng với hệ Mặt trời chu du xung quanh tâm thiên hà với vận tốc 230km/s và sau 250

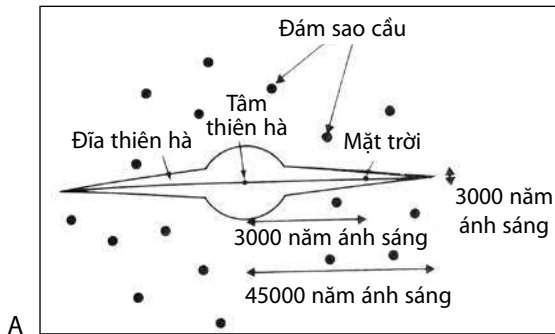
triệu năm mới quay tròn một vòng. Từ khi sinh ra - khoảng 4,6 tỷ năm trước, Mặt trời đã quay được cả thầy 18 vòng quanh Ngân hà.

Vũ trụ ngoài thiên hà

Giới hạn của thiên hà cuối cùng cũng đã đạt tới. Kích thước hệ Mặt trời bây giờ thu lại chỉ còn bằng một phần tỷ kích thước của thiên hà. Những nỗ lực mà con người đã bỏ ra thật là phi thường, bởi vì việc đo kích thước của thiên hà từ cái xó xỉnh bé nhỏ của Trái đất chúng ta cũng không khác gì công việc mà một con amoeba (amíp) sẽ phải làm nếu nó định đo kích thước của Thái Bình Dương.

Nhưng công việc còn xa mới có thể xem là hoàn tất. Một câu hỏi rất cơ bản vẫn còn chưa được trả lời: vũ trụ sẽ kết thúc ở Ngân hà hay còn mở rộng ra xa hơn? Có tồn tại những hệ thống tương tự khác nằm ngoài giới hạn của thiên hà không? Liệu có tồn tại những hòn đảo - vũ trụ của Kant không? Shapley cho rằng vũ trụ chỉ bó gọn trong Ngân hà. Những chấm sáng mờ trên bầu trời cũng sẽ phải chứa trong đó thôi. Một điều nghịch lý là, con người vừa mới trục xuất Mặt trời ra khỏi tâm thiên hà đã quên ngay bóng ma Copernicus. Vị trí trung tâm của vũ trụ bây giờ lại được chiếm bởi thiên hà của chúng ta. Thực ra Shapley cũng có những lý do để tin

Hình 20. Giải phẫu một thiên hà xoắn. Hình 20a cho thấy các thành phần khác nhau của một thiên hà xoắn (và đặc biệt là Ngân hà của chúng ta) dưới cái nhìn của người quan sát đứng trong mặt phẳng của đĩa thiên hà. Những ngôi sao trẻ nằm trong một đĩa mảnh và dẹt. Trong Ngân hà, Mặt trời cũng nằm trong đĩa của thiên hà, ở vào khoảng hai phần ba bán kính về phía mép thiên hà. Các ngôi sao già hơn nằm trong tập hợp hình cầu ở tâm thiên hà gọi là bầu thiên hà. Người ta cũng thấy chúng trong quần sáng cùng với các đám sao cầu bao quanh thiên hà.



Hình 20b cho thấy một thiên hà xoắn (NGC 4565) nhìn từ một điểm trong mặt phẳng đĩa của nó. Một dải sẫm ngang qua đĩa thiên hà này là dải bụi giữa các ngôi sao. Nó có màu sẫm vì các bụi này hấp thụ ánh sáng trong vùng khả kiến.

Hình 20c cũng cho thấy một thiên hà xoắn (Messier 51) nhưng được nhìn từ phía trên đĩa của thiên hà xuống. Bầu thiên hà ở tâm và các dải xoắn rất đẹp được vạch bởi các ngôi sao trẻ (các vùng sáng) và bụi (vùng tối) được thấy rất rõ. Ở đầu mút của một dải xoắn là một thiên hà lùn có tương tác hấp dẫn với Messier 51. (ảnh, Đài thiên văn Hale)

như vậy, vì ông tin rằng Ngân hà là rất lớn (bán kính tới 150.000 năm ánh sáng). Mà khoảng cách tới các đám mây Magellan nhận được từ các sao cepheid cũng chỉ cỡ 150.000 năm ánh sáng. Do đó, các đám mây Magellan và cùng với nó, tất cả các chấm sáng mờ khác đều phải nằm trong Ngân hà. Ngân hà là duy nhất trong vũ trụ.

Vũ trụ của Shapley không được nhất trí chấp nhận. Một số người nghĩ rằng trong tính toán của ông có điều gì đó nhầm lẫn, rằng Ngân hà phải nhỏ hơn rất nhiều và các chấm sáng mờ có dạng xoắn không thuộc Ngân hà mà là những thiên hà khác giống như thiên hà chúng ta. Cuộc tranh luận về bản chất các chấm sáng mờ này hết sức gay gắt vào đầu những năm 20.

Lời giải đã được tìm ra bởi Edwin Hubble, một nhà thiên văn người Mỹ, nguyên là một luật sư đã bỏ văn phòng của mình để toàn tâm nghiên cứu các ngôi sao. Vào năm 1923, khi dùng chiếc kính thiên văn vừa mới được xây dựng trên núi Wilson, ông đã phân tách được một chấm sáng lớn mờ trong chòm sao Andromede thành nhiều ngôi sao, trong đó có một số là sao cepheid. Những ngôi sao này đã mở toang cho ông những cánh cửa vào thế giới bên ngoài thiên hà chúng ta. Thực tế, chúng cho biết khoảng cách tới các chấm sáng mờ này lên tới 900.000 năm ánh sáng.⁽³⁾ Thậm chí đối chiếu với các số đo sai của Shapley về kích thước của thiên hà chúng ta (300.000 năm ánh sáng), thì những chấm sáng mờ này cũng ở xa hơn rất nhiều. Thì ra Andromede cũng là một thiên hà - chị em sinh đôi của thiên hà chúng ta. Như vậy thế giới gồm có nhiều thiên

3. Thực tế giá trị này nhỏ hơn khoảng cách thực gần 2 lần. Các ngôi sao cepheid trong Andromede có độ sáng lớn hơn 4 lần so với các sao cepheid trong Ngân hà mà ta dùng làm mẫu cho hệ thức chu kỳ - độ sáng thực. Khoảng cách thực tới Andromede là 2,3 triệu năm ánh sáng.

hà. Những hòn đảo - vũ trụ của Emanuel Kant đã trở thành hiện thực. Vũ trụ ngày một rộng lớn hơn và chẳng bao lâu sau Ngân hà cũng sẽ trở nên nhỏ nhoi trong cái bao la vô tận của vũ trụ giống như hệ Mặt trời của chúng ta đối với thiên hà. Thêm một lần nữa bóng ma Copernicus lại thắng thế. Thiên hà mất vị trí độc tôn của nó trong vũ trụ.



Những diễn viên của màn kịch: các thiên hà và cặp không gian - thời gian

Các thiên hà chạy trốn

Cũng như các ngôi sao tạo nên một thiên hà, các thiên hà tạo nên vũ trụ. Do vậy, để hiểu được vũ trụ, cần phải nghiên cứu các thiên hà. Với sự trợ giúp của kính thiên văn đường kính 2,5m trên núi Wilson, Edwin Hubble hăm hở bắt tay vào việc. Trước hết, cần phải khảo sát chuyển động của các thiên hà. Kính quang phổ và hiệu ứng Doppler cũng góp tay vào công việc này. Ánh sáng từ các thiên hà tới được phân tách và nhanh chóng khẳng định một sự kiện lạ lùng mà Vesto Slipher, một người Mỹ làm việc ở đài thiên văn Lowell, Arizona, đã nhận thấy từ năm 1923. Trong số 41 thiên hà được nghiên cứu, có tới 36 thiên hà đều thể hiện sự dịch về phía đỏ, tức là chúng chuyển động ra xa thiên hà chúng ta, trong khi chỉ có 5 thiên hà dịch về phía xanh, tức là tiến lại gần thiên hà chúng

ta. Rõ ràng là chuyển động của các thiên hà không phải là hỗn loạn. Vì nếu không, trung bình phải có một nửa số thiên hà tiến lại gần chúng ta và một nửa chạy ra xa chúng ta. Nhưng thực tế, đa số các thiên hà đều bỏ chạy ra xa chúng ta cứ như thiên hà chúng ta đang có dịch tả vậy.

Hơn thế nữa, chuyển động bỏ chạy này của các thiên hà lại còn rất có trật tự, chứ không xảy ra một cách hoàn toàn ngẫu nhiên. Sau thành công của mình với thiên hà Andromede, Hubble tiếp tục nghiên cứu các ngọn đèn pha vũ trụ, tức là các sao cepheid, trong các thiên hà khác để xác định khoảng cách tới các hòn đảo - vũ trụ đó. Có trong tay các vận tốc được suy ra khi đo sự thay đổi về màu sắc của ánh sáng được phân tách và các khoảng cách, vào năm 1929, Hubble đã phát hiện ra một hệ thức giữa hai đại lượng này - hệ thức sau này đã đánh dấu một giai đoạn quyết định trong sự hiểu biết của chúng ta về vũ trụ: vận tốc bỏ chạy của các thiên hà tỷ lệ thuận với khoảng cách tới thiên hà đó. (Hệ thức này về sau được gọi là “định luật Hubble”). Một thiên hà ở hai lần xa hơn sẽ bỏ chạy hai lần nhanh hơn, trong khi đó thiên hà mười lần xa hơn sẽ bỏ chạy mười lần nhanh hơn. Mặt khác, sự bỏ chạy của các thiên hà là hoàn toàn như nhau theo mọi hướng. Dù người ta quan sát các thiên hà từ bên trên hay bên dưới, từ bên trái hay bên phải, từ phía trước hay phía sau, thì sự chuyển động vẫn hoàn toàn như thế. Người ta gọi chuyển động như thế là đẳng hướng. Và thế là vũ trụ giãn nở ra đời.

Vũ trụ có điểm bắt đầu

Một hệ quả quan trọng khác của định luật “vận tốc bỏ chạy của các thiên hà tỷ lệ thuận với khoảng cách của chúng tới Trái đất” là: chúng bỏ chạy càng nhanh nếu chúng càng ở xa. Điều này có nghĩa

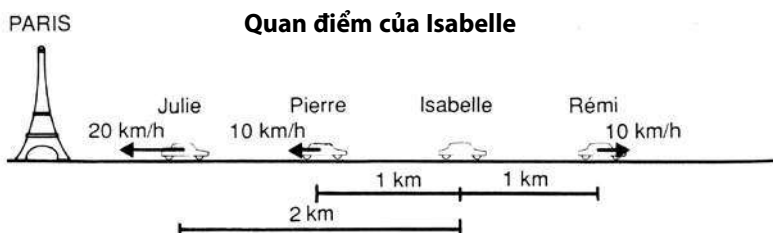
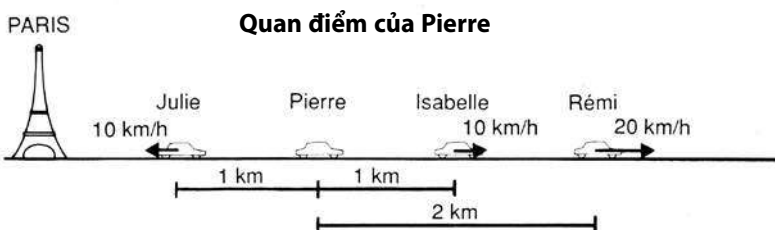
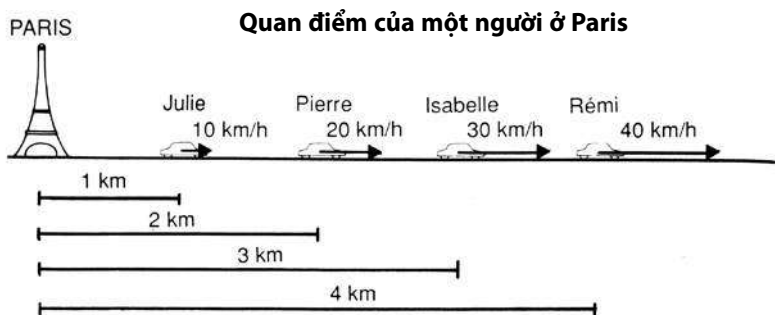
là vũ trụ có điểm bắt đầu. Bởi vì, sở dĩ có sự tỷ lệ giữa khoảng cách và vận tốc là do các thiên hà phải mất cùng một khoảng thời gian để đi từ điểm gốc tới vị trí hiện thời của chúng. Nếu đảo các sự kiện xảy ra theo chiều ngược lại, thì tất cả các thiên hà sẽ gặp nhau ở một điểm duy nhất vào cùng một thời điểm. Từ đây mới nảy sinh ý tưởng về một vụ nổ lớn ban đầu mà tiếng Anh gọi là “big bang” và dẫn tới sự giãn nở hiện thời của vũ trụ.

Giả sử rằng bạn đang đứng trên đỉnh Khải hoàn môn, ở quảng trường Ngôi sao, Paris và đang chiêm ngưỡng cảnh tượng hùng vĩ của các đại lộ hội tụ về phía mình. Bạn nhận thấy có những người tập chạy đang đi xa dần Khải hoàn môn dọc theo các đại lộ đó và bạn giải trí bằng cách thử xác định khoảng cách và vận tốc của những người ấy. Người đầu tiên đi xuôi theo đại lộ Champs – Elysées hiện đang cách Khải hoàn môn 10m và chạy với vận tốc 1m/s. Người thứ hai đi dọc theo đại lộ Foch đang ở cách Khải hoàn môn 20m và chạy hai lần nhanh hơn, tức là với vận tốc 2m/s. Người thứ ba chạy hết tốc lực theo đại lộ Grande - Armée với vận tốc 5m/s và cũng là người hiện ở xa nhất, cách Khải hoàn môn 50m. Bạn sẽ thấy ngay rằng vận tốc của mỗi người tỷ lệ với khoảng cách của họ và 10 giây trước cả ba người đều xuất phát từ Khải hoàn môn. Cũng tương tự như vậy, các nhà thiên văn kết luận rằng khoảng một chục tỷ năm trước tất cả các thiên hà đều hợp nhất tại một điểm. Như vậy, với big bang, vũ trụ không còn là vĩnh cửu nữa: nó có một điểm bắt đầu. Vậy là, khái niệm sáng thế, một khái niệm được đưa vào tư tưởng vũ trụ học ở thế kỷ 13 thông qua tôn giáo, mà hiện thân là Thomas d'Aquin, ngẫu nhiên đã tìm được chỗ dựa khoa học 7 thế kỷ sau, ở thời điểm mà người ta ít chờ đợi nhất. Sau khi đã chia tay để đi theo các con đường rẽ khác nhau ở thế kỷ 19, tôn giáo dường như muốn một lần nữa nhón chân quay trở lại với thế giới khoa học.

Vũ trụ không có tâm

Nhưng, bạn nói, vì tất cả các thiên hà đều chuyển động ra xa chúng ta, vậy Ngân hà của chúng ta phải là tâm vũ trụ. Tuy nhiên, chả nhẽ sau khi đã trục xuất Trái đất và Mặt trời ra khỏi địa vị trung tâm của chúng, bóng ma Copernicus lại sao nhãng nhiệm vụ của nó hay sao? Và suy cho tới cùng, con người có phải là trung tâm của vũ trụ không? Hỡi ôi! Chúng ta lại một lần nữa sớm phải thất vọng. Thực tế, vũ trụ được sắp đặt theo cách mà cư dân của mỗi thiên hà đều thấy cùng một cảnh tượng chính xác như chúng ta, nghĩa là họ cũng quan sát thấy các thiên hà chạy trốn ra xa họ và cũng có cảm tưởng như mình là trung tâm vũ trụ. Và bởi vì tất cả đều là trung tâm, nên vũ trụ thực ra là không có tâm. Nhưng làm thế nào mà vũ trụ lại có thể đóng vai một nhà ảo thuật và thực hiện được cái trò ma quái đó? Hoàn toàn đơn giản bằng cách sử dụng sự thật là: vận tốc bỏ chạy của một thiên hà tỷ lệ với khoảng cách của nó.

Trên một xa lộ, vào lúc đêm xuống, có một đoàn bốn xe hơi rời Paris. Vận tốc của các xe càng lớn nếu chúng càng ra xa Paris. Julie chỉ cách Paris 1km. Xe của cô ta chạy rất chậm với tốc độ chỉ có 10km/h. Pierre ở xa hơn hai lần, tức là cách Paris 2km và anh ta cho xe chạy với vận tốc 20km/h. Isabelle ở cách Paris 3km và lái xe với vận tốc 30km/h. Còn Remi cách Paris 4km và cho xe chạy với tốc độ 40km/h. Bây giờ giả sử rằng cả bốn người đều được trang bị radar và biết cách sử dụng hiệu ứng Doppler để đo vận tốc đi ra xa hoặc tiến lại gần của các xe khác, đồng thời giả sử rằng họ cũng biết cách xác định khoảng cách khi biết độ sáng thực của các đèn hậu và đèn trước kết hợp với sự quan sát độ sáng biểu kiến của chúng. Pierre sẽ nói rằng xe của Julie hiện cách anh ta 1km ở phía sau đang chuyển động xa dần anh ta với vận tốc 10km/h, trong khi đó Remi



Hình 21. Định luật Hubble trên xa lộ đi về phía Nam. Trên xa lộ đi về phía Nam, có những chiếc xe chuyển động theo một cách hết sức đặc biệt: xe càng ở xa Paris chạy với tốc độ càng nhanh (các thiên hà cũng chuyển động theo cách hoàn toàn tương tự: định luật Hubble cho chúng ta biết rằng thiên hà càng ở xa thì bỏ chạy ra xa với tốc độ càng lớn). Bất cứ người lái xe nào khi này cũng chứng kiến cùng một hiện tượng: các xe khác đều chuyển động ra xa mình với vận tốc tăng 10km/h đối với mỗi kilometre khoảng cách. Hoàn toàn tương tự, mỗi thiên hà trong vũ trụ cũng thấy các thiên hà khác bỏ chạy ra xa mình với vận tốc tăng 25km/s đối với mỗi triệu năm ánh sáng khoảng cách. Cũng như không có người quan sát đặc ân nào trên xa lộ, không có một tâm nào hoặc một vị trí đặc ân nào trong vũ trụ.

ở trước Pierre 2km cũng đang chuyển động xa dần anh ta với vận tốc 20km/h. Isabelle cũng quan sát thấy những chuyển động giống hệt như Pierre: cô ta thấy Pierre và Remi hiện đang ở cách mình 1km và đang chuyển động ra xa mình với tốc độ 10km/h, trong khi đó Julie ở cách Isabelle 2km ở phía sau và đang lùi xa dần với vận tốc 20km/h. Như vậy, mỗi người đều thấy những người khác đang lùi ra xa mình với một vận tốc tăng 10km/h đối với mỗi kilometre khoảng cách (H.21). Cũng hoàn toàn tương tự như vậy, cư dân của mỗi thiên hà đều thấy tất cả các thiên hà khác đều bỏ chạy xa họ với một vận tốc tăng khoảng 25km/s đối với mỗi triệu năm ánh sáng khoảng cách. Các thiên hà không phải bỏ chạy ra xa Ngân hà chúng ta mà là bỏ chạy ra xa nhau. Vị trí của chúng ta không có gì là đặc ân cả. Một lần nữa bóng ma Copernicus lại chiến thắng.

Một không gian được tạo ra

Khi tôi nói “vũ trụ đang giãn nở” thì không nên tưởng rằng hàng tỷ thiên hà lao hết tốc lực trong một không gian trống rỗng, bất động và không biến đổi, một không gian đã tồn tại trong suốt thời gian và sự hiện diện của nó đã có từ trước cả Big Bang. Cũng không nên tự hỏi trong cái không gian bất biến đó có thể tìm thấy cái điểm đặc biệt, nơi mà tất cả được bắt đầu và là nơi xảy ra vụ nổ nguyên thủy ấy, ở đâu. Câu hỏi này có thể có ý nghĩa trong vũ trụ Newton, nhưng nó hoàn toàn mất ý nghĩa trong vũ trụ Big Bang. Từ sau vụ nổ nguyên thủy, vũ trụ mãi mãi trong trạng thái sinh thành.

Không gian trong vũ trụ Newton là tĩnh và không thay đổi. Tắm mình trong một chất không nhìn thấy được gọi là ether, môi trường được xem là truyền lực hấp dẫn, không gian chỉ là cái sân khấu nơi

diễn ra màn kịch vũ trụ với các diễn viên là các hành tinh, các sao và các thiên hà. Tuy nhiên, trong vũ trụ Big Bang, không gian đã vứt bỏ vai trò thụ động của mình. Từ chỗ là một khán giả, nó biến thành một diễn viên trong tấn kịch vũ trụ. Từ tĩnh nó trở nên động. Chính vì thế mà trong vũ trụ mới, không phải là các thiên hà chuyển động trong một không gian bất động, mà là ngược lại: chính một không gian đang giãn nở kéo theo các thiên hà đứng yên so với nó chuyển động theo.

Bạn hãy hình dung đặt vào lò một chiếc bánh gatô với nhân là các quả nho khô. Theo mức độ phồng ra của bột mì, bề mặt chiếc bánh tăng lên và các quả nho khô rắc trong đó cũng dịch ra xa nhau. Hoặc bạn hãy hình dung đang bơm một quả bóng bay trên có dán trang trí các ngôi sao bằng giấy. Bề mặt của quả bóng đang phồng lên cũng giãn ra và tất cả các ngôi sao dán trên đó cũng dịch ra xa nhau. Hoàn toàn tương tự như các quả nho khô bất động trong chiếc bánh hay các ngôi sao cố định trên mặt quả bóng, các thiên hà cũng bất động trong không gian. Toàn bộ chuyển động là ở bề mặt của chiếc bánh và bề mặt của quả bóng cũng như không gian đang giãn nở. Tương tự như vận tốc bỏ chạy của các thiên hà tỷ lệ với khoảng cách, các quả nho khô và các ngôi sao giấy cũng thấy những người bạn của mình dịch chuyển ra xa càng nhanh nếu chúng ở càng xa.

Theo dòng chảy của thời gian, không gian vũ trụ từ chỗ vô cùng bé vào lúc tạo thành cứ lớn dần lên. Khoảng cách giữa các thiên hà trở nên ngày càng lớn. Sau một chặng đường tiến hóa khoảng 15 tỷ năm, từ thời kỳ tạo thành các thiên hà cho tới tận ngày nay, khoảng cách giữa hai thiên hà không liên kết bằng lực hấp dẫn đã tăng tới cả ngàn lần.

Một không gian động

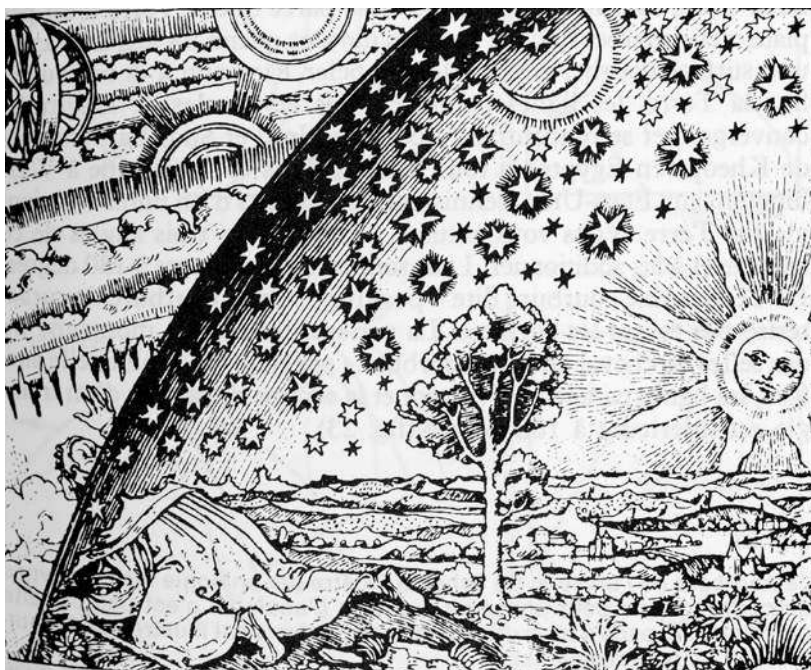
Ngay từ năm 1915 Albert Einstein đã tuyên bố về sự cáo chung của không gian tĩnh của Newton và sự ra đời của không gian động trong lý thuyết mới của ông về hấp dẫn có tên là “Thuyết tương đối rộng hay Thuyết tương đối tổng quát”. Mặt trăng quay quanh Trái đất. Theo Newton, Mặt trăng khôn ngoan đi theo quỹ đạo ellipse là nhờ sự cân bằng giữa hai lực có độ lớn bằng nhau nhưng ngược hướng nhau, đó là lực hấp dẫn hút nó về phía Trái đất và lực ly tâm tạo thành do chuyển động của nó, có tác dụng đẩy nó ra xa Trái đất. Vũ trụ Newton là một thế giới các lực truyền qua một môi trường bí ẩn gọi là ether choán đầy không gian thụ động. Trong vũ trụ Einstein, các lực biến mất. Và không cần tới ether. Dẫn dắt vũ điệu và chỉ huy mọi chuyển động bây giờ là không gian đã trở nên chủ động. Mặt trăng chuyển động theo quỹ đạo ellipse bởi vì rằng đây là quỹ đạo duy nhất khả dĩ trong không gian đã bị làm cong bởi trường hấp dẫn của Trái đất. Einstein đã giải phóng không gian ra khỏi sự cứng nhắc của nó. Không gian có thể co, giãn, biến dạng và xoắn tùy theo ý muốn của trường hấp dẫn. Và dạng cuối cùng của không gian này quyết định chuyển động của mọi vật và ánh sáng đi qua nó. Quỹ đạo của ánh sáng đi qua cạnh Mặt trời cũng bị cong đi vì trường hấp dẫn của Mặt trời làm cong không gian bao quanh nó (xem H.25). Lỗ đen - kết quả co lại của một ngôi sao nặng (cỡ vài chục lần khối lượng của Mặt trời) từ bán kính vài trăm triệu kilometre ban đầu về bán kính cuối cùng nhỏ hơn 20km - có trường hấp dẫn mạnh tới mức không gian bị cuộn lại khiến cho ánh sáng không thể thoát ra được.

Đặc tính động của không gian đã đặt ra cho Einstein một vấn đề lưỡng nan. Nếu không gian vũ trụ hiện đang vận động thì nó hoặc cần phải đang giãn nở hoặc là đang tự co lại, cũng giống như hòn

đá được ném lên không hoặc phải lên cao hoặc rơi xuống. Nói một vũ trụ là tĩnh cũng như là nói rằng hòn đá có thể đứng bất động lơ lửng trong không trung. Nhưng mọi quan sát vào thời đó lại cho thấy vũ trụ là tĩnh. Einstein đành phải đưa vào lý thuyết của mình một lực “phản hấp dẫn” để trung hòa hiệu ứng hấp dẫn của vũ trụ, hiệu ứng đã làm cho không gian vận động. Lực phản hấp dẫn này không quan sát thấy trong phòng thí nghiệm lẫn trong chuyển động của các hành tinh, nhưng không thể loại bỏ được nó ra khỏi sơ đồ của vũ trụ. Mười bốn năm sau, vào năm 1929, khi biết về phát minh ra sự giãn nở vũ trụ của Hubble, Einstein đã phải ân hận vì đã không đủ niềm tin vào các phương trình của mình cũng như đã không quyết liệt bảo vệ vũ trụ động của mình chống lại các quan sát. Ông đã đánh giá việc đưa lực phản hấp dẫn vào là “một sai lầm lớn nhất của cuộc đời ông”.

Vũ trụ không có giới hạn

Điều gì sẽ xảy ra nếu như vũ trụ có giới hạn và tôi đứng ở ngay mép của vũ trụ và ném ra ngoài nó một cái lao? Liệu cái lao có quay trở vũ trụ của chúng ta hay sẽ mất hút bên ngoài nó? Đây cũng chính là câu hỏi mà nhà triết học Hy Lạp Archytas de Tarente đã đặt ra vào thế kỷ thứ 4 trước CN (H.22). Hai mươi thế kỷ sau đó, Thomas Digges người Anh và Giordano Bruno người Italia đã cho câu trả lời duy nhất có ý nghĩa câu hỏi của Archytas. Vũ trụ không thể có giới hạn. Tình huống được mô tả bởi Archytas không thể tồn tại. Vũ trụ không có biên và cũng không có phần ở ngoài nó. Cái lao được ném lên vẫn nhất thiết phải ở trong vũ trụ, nơi mà chuyển động của nó có thể được mô tả. Hình học Euclid ngự trị trong vũ trụ Bruno. Không gian của vũ trụ này là phẳng. Trong một không



Hình 22. Vũ trụ có giới hạn hay không? Đây là bức tranh khắc từ thời Trung thế kỷ minh họa một cách tuyệt vời cho một trong những câu hỏi cổ xưa nhất: vũ trụ có giới hạn hay không? Nếu chúng ta có thể nhìn được từ “phía bên kia” (mặt cầu bất động của các ngôi sao là giới hạn của vũ trụ Trung thế kỷ) thì chúng ta sẽ phát hiện được những điều kỳ diệu gì? Ngày hôm nay chúng ta biết rằng vũ trụ dù là vô hạn hay hữu hạn đều không có giới hạn. (ảnh, Thư viện quốc gia)

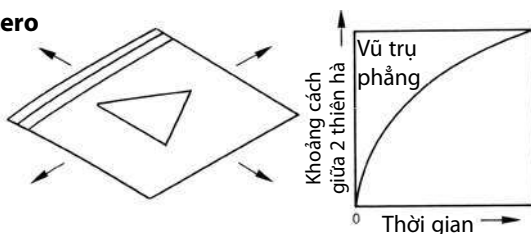
gian như thế, hai đường thẳng song song không bao giờ gặp nhau và tổng các góc trong một tam giác bằng 180 độ. Một vũ trụ Euclid không có biên nhất thiết phải là một vũ trụ vô hạn. Và Bruno đã phải trả giá bằng mạng sống của mình cho phát minh ra tính vô hạn đó của vũ trụ.

Tuy nhiên, Bruno lẽ ra đã có thể thoát được nỗi ám ảnh của tính vô hạn và cứu được mạng sống của mình, nếu như ông biết được sự

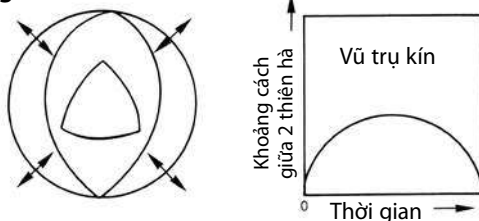
tồn tại của các hình học phi Euclid. Trong các hình học này - hình học được xây dựng chủ yếu bởi nhà toán học người Đức Bernhard Riemann vào thế kỷ 19 - vũ trụ có thể không có biên mà vẫn hoàn toàn hữu hạn. Nếu điều đó đối với bạn dường như là không thể có, thì hãy thử hình dung mình là Magellan hay Phileas Fogg những người đã nhiều lần đi vòng quanh Trái đất. Bạn có thể đi bao nhiêu vòng tùy thích nhưng bạn sẽ không bao giờ gặp giới hạn cả. Không bao giờ có một bức tường hay một bờ mép chắn ngang đường đi của bạn. Và mặc dù thế, bề mặt của Trái đất vẫn hữu hạn. Sở dĩ có thể như vậy là do Trái đất không phải là phẳng mà là cong. Euclid hoàn toàn mất các phương tiện của mình khi phải mô tả các mặt cong. Khi đó cần phải cầu cứu tới Riemann. Trên mặt đất, các đường song song, chẳng hạn như các đường kinh tuyến, sẽ hội tụ và gặp nhau ở cực Bắc và cực Nam. Kim tự tháp Cheops ở Ai Cập và Tháp Eiffel ở Paris và cột tháp ở Washington, Hoa Kỳ xác định các đỉnh của một tam giác khổng lồ trên mặt đất. Bạn có thể giải trí bằng cách đo ba góc của tam giác đó và tính tổng của nó. Tổng này sẽ không bằng mà lớn hơn 180 độ. Trái đất có một độ cong gọi là “dương”. Độ cong loại này không đặc trưng cho tất cả các bề mặt. Mặt đèo hoặc yên ngựa có độ cong “âm”. Trên một mặt như thế, các đường song song sẽ phân kỳ và tổng các góc của một tam giác là nhỏ hơn 180 độ.

Những kết quả trên có thể áp dụng được cho cả 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 một đêm tối trời, giả thử bạn quan sát một chùm sáng cực mạnh do chiếc đèn pin của bạn chiếu ra. Nếu vũ trụ mà bạn sống trong đó là phẳng thì ánh sáng sẽ mất hút ở vô tận trong một vũ trụ vô hạn. Nếu bạn sống trong một vũ trụ có độ cong dương, bạn sẽ thấy hình ảnh của chùm sáng sẽ quay

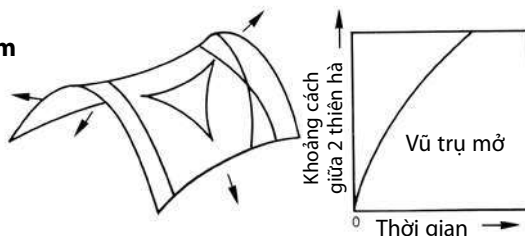
a. Độ cong zero



b. Độ cong dương



c. Độ cong âm



Hình 23. Độ cong của vũ trụ. Sơ đồ này minh họa theo cách tương tự ba loại độ cong mà vũ trụ có thể có (sự tương tự ở đây là không hoàn toàn vì không gian của vũ trụ là ba chiều lại được minh họa bằng các mặt hai chiều).

Hình 23a minh họa hình học của một vũ trụ phẳng với độ cong 0 bằng một mặt phẳng. Hình học của mặt này đã được Euclid nghiên cứu: qua một điểm người ta chỉ vẽ được một đường thẳng song song với một đường thẳng cho trước và tổng các góc trong một tam giác bằng 180 độ. Sự giãn nở của một vũ trụ phẳng chỉ kết thúc sau một khoảng thời gian vô hạn.

Hình 23b minh họa hình học của một vũ trụ có độ cong dương bằng một mặt cầu. Hình học này đã được nghiên cứu bởi Bernhard Riemann: tất cả các đường thẳng đều gặp nhau ở các cực và không có các đường song song. Tổng các góc trong một tam giác lớn hơn 180 độ. Sự giãn nở của vũ trụ có độ cong dương sẽ kết thúc trong tương lai và vũ trụ sẽ tự co lại. Người ta nói rằng vũ trụ này là khép kín.

Hình 23c minh họa hình học của một vũ trụ có độ cong âm bằng một mặt hình yên ngựa. Hình học này cũng đã được nghiên cứu bởi B. Riemann: qua một điểm có thể vẽ được nhiều đường thẳng song song với một đường thẳng cho trước (hai đường thẳng song song được định nghĩa là hai đường không bao giờ cắt nhau) và tổng các góc trong một tam giác nhỏ hơn 180 độ. Một vũ trụ với độ cong âm sẽ giãn nở mãi mãi. Người ta nói rằng vũ trụ này là mở.

trở lại chỗ bạn sau khi nó đã đi một vòng quanh vũ trụ giống như Magellan trở về điểm xuất phát sau khi đi hết một vòng quanh Trái đất. Vũ trụ này là hữu hạn hay còn gọi là khép kín. Nếu vũ trụ của bạn có độ cong âm ánh sáng cũng sẽ mất hút ở vô tận. Vũ trụ này là vô hạn hay còn gọi là vũ trụ mở. Trong cả ba trường hợp, vũ trụ đều không có biên và Archytas có thể an giấc nơi chín suối.

Ánh sáng mang tới những thông tin từ quá khứ

Sự truyền của ánh sáng không phải là tức thời. Nó phải mất một thời gian mới tới được chúng ta. Chân lý đó đối với chúng ta ngày nay dường như là hiển nhiên, nhưng nó đã từng phải chịu sự nghi ngờ bởi những bộ óc trác việt trong một thời gian rất dài. Aristotle (350 trước CN) đã nghĩ rằng tất cả các vật sẽ được chiếu sáng tức thời ngay khi đặt nó trước một nguồn sáng. Hai mươi thế kỷ sau, Descartes vẫn còn bảo vệ sự truyền tức thời của ánh sáng qua ether. Phải đợi tới năm 1676 người ta mới biết ánh sáng có vận tốc hữu hạn. Nhà thiên văn Đan Mạch Olaus Romer, làm việc ở Đài thiên văn Paris, khi tiến hành nghiên cứu hiện tượng nguyệt thực của một trong số những mặt trăng của Mộc tinh, mặt trăng có tên là Io, đã nhận thấy rằng khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp khuất sau Mộc tinh của nó là lớn hơn khi Trái đất trên quỹ đạo của nó xung quanh Mặt trời ở xa Mộc tinh hơn so với khi nó ở gần Mộc tinh hơn. Romer đã giải thích rất đúng rằng quan sát này chính là một bằng chứng chứng tỏ rằng ánh sáng không thể truyền tức thời được. Sự trễ này là do phải mất thêm thời gian cần thiết để ánh sáng đi từ Io tới được Trái đất ở vị trí xa hơn. Vận tốc của ánh sáng do Romer tính được là 300.000km/s mà ngày nay người ta đã biết. Vận tốc này lớn hơn khoảng một triệu lần vận tốc của âm thanh. Và điều

này giải thích được tại sao khi có mưa giông ta nhìn thấy ánh chớp sớm hơn rất nhiều trước khi nghe thấy tiếng sấm.

Theo lý thuyết tương đối hẹp của Einstein, vận tốc ánh sáng là vận tốc giới hạn trong vũ trụ. Đối với chúng ta vận tốc này là rất lớn. Trong một giây, ánh sáng có thể đi được 7,5 lần vòng quanh Trái đất. Tuy nhiên, trong khoảng bao la của vũ trụ, nó xem ra cũng chậm chạp như rùa. Nó chỉ có thể mang đến thông tin từ Mặt trời sau 8 phút, tức là chúng ta quan sát thấy Mặt trời trước đó 8 phút. Tương tự như vậy, ngôi sao ở gần Mặt trời nhất mà ta thấy là hình ảnh của nó trước đó 4,2 năm, thiên hà gần nhất (Andromede) là hình ảnh của nó cách đây 2,3 triệu năm, tức là vào thời mới có những bước đi chập chững đầu tiên của loài người, đám thiên hà Vierge là hình ảnh của nó cách đây 40 triệu năm vào thời của các động vật có vú đầu tiên xuất hiện trên Trái đất và các quasars, những chấm sáng ở tít xa của vũ trụ là hình ảnh của nó hàng chục tỷ năm trước, khi mà Mặt trời và Trái đất còn chưa ra đời. Những thông tin tới được chúng ta ngày càng từ xa này cũng ngày một xưa cũ hơn. Các làn sóng từ quá khứ xa xăm và từ mọi phía tới tấp xô tới cái hòn đảo nhỏ nhoi hiện thời của chúng ta. Nhà thiên văn cũng chính là người du hành trong thời gian. Nhờ những chiếc kính thiên văn của mình, họ lần tìm ngược trở lại quá khứ của vũ trụ.

Hàng năm thêm một chục thiên hà mới

Đứng trên cầu tàu giữa Đại Tây Dương bao la, nhà hàng hải đắm đắm nhìn biển khơi. Bốn phía xung quanh không có một mô đất, tất cả chỉ là nước và nước mắt hút đến tận chân trời. Cũng như tầm nhìn của nhà hàng hải giới hạn bởi đường chân trời của đại dương, tầm nhìn của nhà thiên văn không thể vượt ra ngoài chân trời vũ trụ.

Giới hạn cơ bản này không phải là do hạn chế của các kính thiên văn mà là do những nhân tố gắn liền với vận tốc hữu hạn của ánh sáng và tuổi của vũ trụ.

Vũ trụ được sinh ra, như sau này chúng ta sẽ thấy, vào khoảng 15 tỷ năm trước. Mặt cầu có tâm ở Trái đất và bán kính 15 tỷ năm ánh sáng tạo nên chân trời vũ trụ của chúng ta. Các vùng của vũ trụ nằm ngoài mặt cầu đó còn chưa có đủ thời gian để liên lạc với chúng ta. Những thông tin được truyền bởi ánh sáng còn chưa thể đến được chỗ chúng ta.

Dù là hữu hạn hay vô hạn, vũ trụ cũng chỉ hé lộ dần dần cho chúng ta cái phong cảnh hùng vĩ của nó. Theo dòng trôi của thời gian, mặt cầu chân trời cứ lớn dần lên và tầm nhìn của chúng ta cũng vươn xa hơn. Mỗi năm có khoảng mười thiên hà lại xuất hiện trong trường nhìn của chúng ta.

Tại sao bầu trời đêm lại tối đen?

Những sự kiện đơn giản nhất lại thường giàu thông tin nhất. Chỉ miễn là phải nhìn ra chúng. Sự rơi của quả táo hé lộ cho Newton thấy những bí mật của lực vạn vật hấp dẫn. Và bóng đêm tối đen chứa đựng trong nó những bước khởi đầu của vũ trụ.

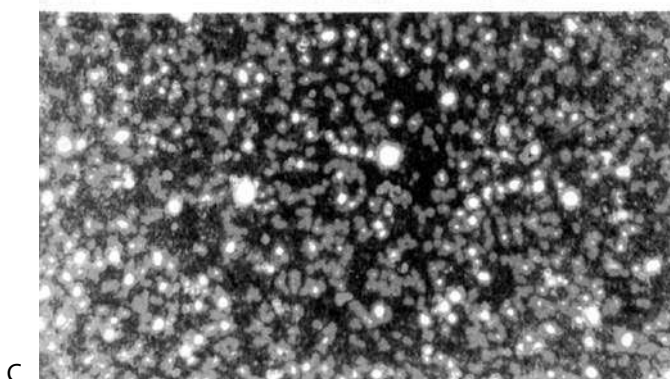
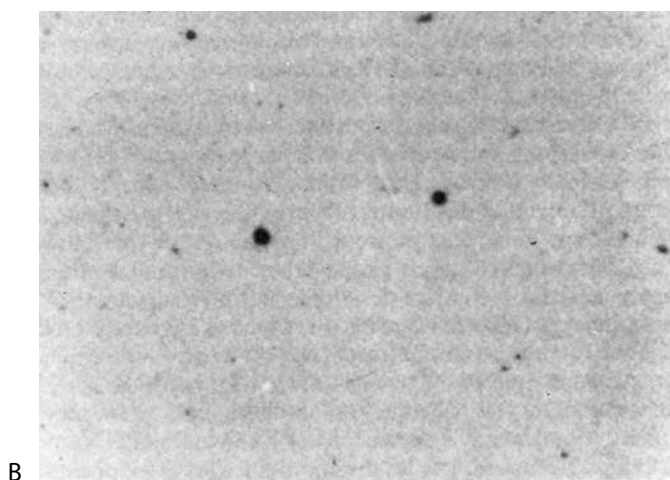
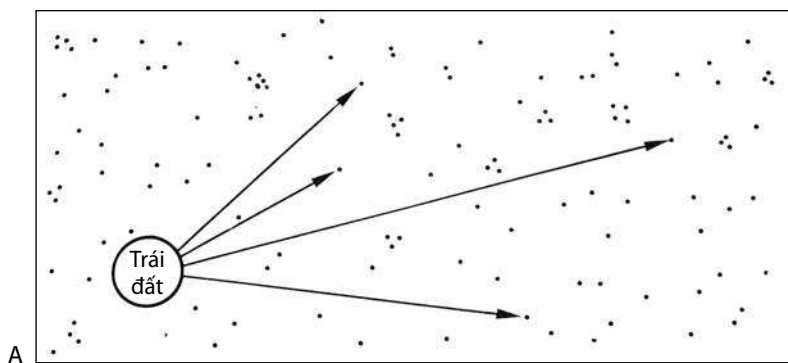
Ngay từ năm 1610, Kepler đã tự vấn mình về bí mật của đêm đen. Nếu vũ trụ là vô hạn, ông tự nhủ, thì bầu trời về đêm, khi Mặt trời chiếu sáng phía kia của Trái đất, lẽ ra cũng vẫn phải sáng như ban ngày mới phải. Bởi vì một vũ trụ vô hạn sẽ phải chứa một số vô hạn các ngôi sao sáng không kém gì Mặt trời. Cũng như ở giữa một rừng cây dày đặc, nơi mà tầm nhìn bị chặn lại bởi rất nhiều thân cây, cái nhìn của ta dù hướng đi đâu cũng luôn chạm vào một

ngôi sao trong “rừng sao” của một vũ trụ vô hạn và bầu trời đêm cần phải sáng với độ sáng của Mặt trời (H.24). Vì vậy, đêm đen có nghĩa vũ trụ không phải là vô hạn, Kepler kết luận.

Hình 24. Nghịch lý Olbers: tại sao bầu trời đêm lại tối đen? Heinrich Olbers đã đặt câu hỏi này vào năm 1823. Nếu vũ trụ là vô hạn và chứa một số vô hạn các ngôi sao thì đường ngắm của chúng ta, dù nhìn theo hướng nào, cũng sẽ phải luôn luôn gặp một ngôi sao (H.24a): do đó đêm cũng sẽ phải sáng như ban ngày. Nhưng, thực tế lại không phải như vậy. (Thực ra câu hỏi này sẽ chuẩn hơn nếu nó được phát biểu qua các thiên hà thay vì các ngôi sao. Nhưng thời đó Olbers còn chưa biết về sự tồn tại của các thiên hà). Ngày hôm nay chúng ta đã có câu giải đáp cho nghịch lý này: vũ trụ có điểm khởi đầu và số thiên hà phát ánh sáng có đủ thời gian tới được chúng ta không phải là vô hạn.

Các kính thiên văn lớn hiện nay được trang bị các detector điện tử tinh xảo tới mức chúng có thể phát hiện được các tinh tú rất mờ, nghĩa là ở rất xa và do đó có thể nhìn được rất sâu vào vũ trụ. Những kính thiên văn này đã phát lộ ra rằng theo mức độ lùi xa của giới hạn của vũ trụ quan sát được, bầu trời càng được bao phủ bởi nhiều nguồn sáng hơn. Những bức ảnh **24b** và **24c** (J.A. Tyson) minh họa sự khác nhau ghê gớm về diện mạo của bầu trời khi giới hạn của vũ trụ quan sát được được đẩy ra xa hơn. Bức ảnh 24b chụp một góc nào đó của bầu trời trong đó ngôi sao mờ nhất sáng yếu hơn một triệu lần so với ngôi sao mờ nhất có thể quan sát được bằng mắt trần. Trên ảnh có thể thấy được khoảng một chục ngôi sao và thiên hà. Hai chấm tròn ở tâm bức ảnh là hình của hai ngôi sao.

Bức ảnh 24c cũng chụp chính góc đó của bầu trời nhưng với độ nhạy cao hơn rất nhiều: ngôi sao mờ nhất bây giờ sáng yếu hơn cả tỷ lần so với ngôi sao mờ nhất có thể nhìn được bằng mắt trần. Lại một lần nữa các chấm sáng nhất lại là ảnh của hai ngôi sao ở gần trung tâm, nhưng bầu trời gần như được bao phủ hoàn toàn bởi các nguồn sáng. Trên hình 24c người ta có thể phân biệt được hơn 1.200 nguồn sáng tương ứng với khoảng 150.000 nguồn trong một hình vuông trên bầu trời có mỗi cạnh là một độ góc. Gần như toàn bộ các nguồn này là các thiên hà với mỗi thiên hà chứa khoảng 100 tỷ mặt trời. Một tỷ phần nhỏ trong số đó có lẽ không phải là các thiên hà thực mà là các thiên hà-ảo, ảnh của chúng tạo bởi các thiên hà ở gần hơn có tác dụng như các thấu kính hấp dẫn (xem H.54). Nhưng, mặc dù bị xâm chiếm gần như toàn bộ bởi ánh sáng, người ta vẫn phân biệt được trên hình 24c những nơi không có các thiên hà. Đó chính là những nơi khiến cho màn đêm là tối đen. Ngược lại, điều duy nhất cần lưu ý là việc đêm là tối đen chỉ ra rằng số các thiên hà mà ta thấy được không phải tăng vô hạn theo mức độ các kính thiên văn ngày càng mạnh hơn, phát hiện được những ngôi sao ngày càng mờ hơn, vì nếu không thì các thiên hà sẽ phủ kín hoàn toàn bầu trời và chúng ta lại phải đối mặt một lần nữa với nghịch lý Olbers.



Vào năm 1687 khi mà Newton dùng lại luận đề về vũ trụ vô hạn để tránh chuyện lực hấp dẫn làm cho tất cả co lại thành một khối lượng lớn ở trung tâm, thì vấn đề đêm đen lại xuất hiện. Nhà thiên văn người Đức Heinrich Olbers khi dùng lại ý tưởng của Jean - Philippe de Chesaux người Thụy Sĩ, vào năm 1823, đã đưa ra giả thiết rằng ánh sáng từ các ngôi sao phải bị hấp thụ trên hành trình của nó trong không gian. Bầu trời đêm tối đen chính là do ánh sáng từ các ngôi sao không tới được chúng ta một cách trọn vẹn. Đây chưa phải là cách giải thích thỏa đáng bởi vì tất cả những gì bị hấp thụ sẽ được phát xạ trở lại. Ánh sáng không hề bị mất đi. Và thế là cái câu đố mà ngày nay người ta gọi là “nghịch lý Olbers” ấy vẫn còn nguyên đó.

Với vũ trụ Big Bang, câu đố về đêm đen cuối cùng đã được giải quyết. Đêm là đen vì rằng không có đủ các ngôi sao để lấp đầy bầu trời ánh sáng. Số lượng các ngôi sao là hạn chế không phải bởi vì vũ trụ có giới hạn như Kepler đã nghĩ, mà là do chúng ta không thể nhìn được toàn bộ vũ trụ. Vì vũ trụ có điểm khởi đầu và cũng bởi vì sự truyền của ánh sáng không phải là tức thời, nên chỉ có ánh sáng của các ngôi sao ở bên trong mặt cầu chân trời là có thể tới được chúng ta. Mặt khác, số ngôi sao còn hạn chế bởi vì chúng tồn tại không phải vĩnh viễn. Cuộc đời của các ngôi sao sáng cũng thật là ngắn ngủi so với tuổi của vũ trụ. Chỉ vài triệu năm, quá lắm vài tỷ năm, là chúng biến mất. Cuối cùng, sự giãn nở của vũ trụ cũng thêm vào đó sự đóng góp nhỏ bé của nó. Theo mức độ tăng khoảng cách giữa các thiên hà, ánh sáng cũng ngày càng khó tới được chỗ chúng ta hơn. Nó sẽ mất năng lượng và dịch về phía đỏ. Năng lượng sáng trong mặt cầu chân trời sẽ giảm dần.

Lần tới khi bạn lại có dịp chiêm ngưỡng vòm trời sao lung linh vào một đêm tối trời, bạn hãy nhủ mình rằng có được một cảnh

tượng tuyệt vời như thế là nhờ vũ trụ có điểm bắt đầu và cuộc đời của các ngôi sao sáng thật là ngắn ngủi.

Thời gian co giãn

Các thiên hà bỏ chạy ngày càng nhanh theo mức độ khoảng cách tăng. Một kính thiên văn đủ mạnh để nhìn được tới tận chân trời vũ trụ sẽ phát hiện được các thiên thể chạy ra xa với vận tốc đạt tới 80%, 90%, 95%, 99% vận tốc của ánh sáng. Như một con ngựa đua gồng hết sức mình để đến được cột đích cứ liên tục dịch ra xa trên con đường đua kéo dài mãi mãi, ánh sáng từ các thiên hà bỏ chạy sẽ kiệt sức dần và càng khó kịp đến được với chúng ta.

Giả thử một cư dân sống ở một thiên hà xa xôi cứ mỗi giây lại gửi cho chúng ta một tín hiệu vô tuyến. Như vậy các tín hiệu này xuất phát từ thiên hà đó sẽ cách nhau đều đặn một khoảng thời gian là một giây. Nhưng trên hành trình tới chỗ chúng ta, khoảng cách giữa chúng sẽ tăng dần do sự giãn nở của vũ trụ khiến cho khi tới Trái đất khoảng thời gian giữa hai tín hiệu liên tiếp sẽ lớn hơn một giây nhiều. Và khoảng thời gian này sẽ càng dài nếu vận tốc của thiên hà ở xa đó càng lớn, nghĩa là nó càng ở xa. Một giây đối với người ngoài Trái đất có thể sẽ là thiên thu đối với chúng ta. Một giây cũng có thể thành một giờ, một năm, một thế kỷ... tùy thuộc vào vận tốc bỏ chạy của các thiên hà. Nghĩa là thời gian đã mất đi tính phổ quát của nó. Cũng như không gian, thời gian trở nên đàn hồi. Nó dài ra hay co ngắn lại tùy theo chuyển động của người đo nó. Như vậy là, thời gian duy nhất và phổ quát trong vũ trụ Newton bây giờ đã được thay thế bằng nhiều thời gian riêng, hoàn toàn khác nhau trong vũ trụ Einstein.

Nguồn nước cái lão hoàn đồng

Jules và Jim là hai anh em sinh đôi. Jules, một người ưa phiêu lưu, lên đường chinh phục không gian trên một tên lửa cực mạnh chuyển động với vận tốc đạt tới 87% vận tốc của ánh sáng. Trong khi đó Jim lại là người không ưa xê dịch, anh ta thích được sống nhàn tản ở Trái đất hơn. Trước khi ra đi, Jules và Jim đã so và chỉnh cho đồng hồ của họ chỉ như nhau. Jules ra đi vào ngày 01/01/1988. Mười năm sau, anh ta lên đường trở về. Khi hạ cánh xuống Trái đất, lịch trên con tàu không gian chỉ ngày 01/01/1998. Về tới nhà Jim, Jules liếc nhìn lịch ở đây thì thấy chỉ ngày 01/01/2008. Jim đã già đi 20 tuổi, trong khi đó Jules chỉ mới già thêm 10 tuổi. Sự khác biệt về tuổi này là hoàn toàn có thật. Jim mặt mũi đã nhăn nhoe và tóc cũng đã bạc hơn so với Jules. Trái tim anh ta cũng đã đập nhiều hơn, anh ta đã ăn nhiều bữa hơn, uống nhiều rượu hơn và đọc cũng nhiều sách hơn.

Bằng cách vứt bỏ thời gian tuyệt đối, Einstein đã cho chúng ta một nguồn nước cái lão hoàn đồng. Nguồn nước này không làm cho ta trẻ lại mà là làm chậm sự trôi qua không gì cưỡng nổi của thời gian. Để cho sự già nua diễn ra chậm hơn, cần phải đi nhanh hơn. Vận tốc chính là bí quyết kéo dài tuổi trẻ. Nếu như Jules chu du với vận tốc cỡ 99% vận tốc ánh sáng, thì anh ta sẽ làm chậm quá trình lão hóa đi 7 lần. Nghĩa là trong 10 năm đi chu du, trên Trái đất đã 70 năm trôi qua. Và chắc chắn là khi trở về anh ta sẽ không còn được gặp người anh em của mình. Còn nếu như anh ta có thể chu du với vận tốc bằng 99,9% vận tốc ánh sáng, thì khi trở về anh ta sẽ chỉ gặp chắt chít của Jim. Cụ thể là Jules đã làm chậm thời gian của mình so với người trên Trái đất 22,4 lần. Như vậy, chuyển chu

du 10 năm của anh ta kéo dài bằng 280 năm trên Trái đất và anh ta sẽ trở về vào năm 2212 (xem Phụ lục 2).

Thực ra, Einstein còn có thể cung cấp thêm một bằng chứng nữa cho những người thích tán dương về lợi ích của việc tập chạy. Cụ thể là những người tập chạy sẽ làm chậm quá trình lão hóa của họ so với những người khác. Tất nhiên, sự làm chậm này là vô cùng nhỏ. Một giây của một người chạy với vận tốc 1m/s tương đương với 1,0000000000000000005 giây của người đứng yên. Số khác 0 đầu tiên trong con số dài dằng dặc đó đứng ở vị trí thứ 18 sau dấu phẩy. Sự khác biệt này nhỏ tới mức ngay cả đồng hồ nguyên tử tinh xảo nhất cũng không phát hiện được. Thậm chí nếu người đó có dành nửa cuộc đời mình (50 năm) để chạy thì cũng chỉ được lợi hơn một phần trăm triệu giây so với những người khác, lười nhác hơn. Trong cuộc sống thường ngày, vận tốc mà chúng ta đạt được nhờ xe hơi, máy bay hoặc tàu thủy đều vô cùng bé so với vận tốc ánh sáng. Chính vì thế mà tất cả chúng ta sống cùng một thời gian, những sự khác biệt là vô cùng nhỏ bé. Mà như thế cũng thật là may, bởi vì sẽ có biết bao cuộc hẹn hò bị nhỡ và sự hỗn loạn sẽ kinh khủng tới mức nào nếu như sự đàn hồi của thời gian lại được thể hiện ngay trong cuộc sống thường ngày của chúng ta.

Cặp không gian - thời gian

Thời gian là đàn hồi và có thể co giãn. Cả không gian, như chúng ta đã thấy, cũng như vậy. Cả hai đều có thể nở ra, co lại, giãn ra, ngắn lại theo ý muốn. Không phải ngẫu nhiên mà hai nhân vật chính này của tấn kịch vũ trụ lại có một đặc tính gắn gũi nhau đến như vậy. Thực tế, chúng tạo thành một cặp rất thống nhất mà sự vận động

của chúng luôn bổ sung cho nhau. Khi thời gian giãn ra, tức là khi nó chạy chậm lại, thì không gian co lại. Ở mặt đất, Jim cũng nhận thấy rằng, khi chu du trong không gian với vận tốc 87% vận tốc ánh sáng, Jules không chỉ già chậm hơn 2 lần mà không gian của anh ta cũng bị co lại: con tàu không gian của Jules theo Jim dường như đã co lại chỉ còn một nửa (xem Phụ lục 2). Trong vũ trụ Einstein, không gian và thời gian gắn bó khăng khít với nhau không thể tách rời. Những sự biến dạng cùng nhau nói trên của không gian và thời gian có thể được xem như sự chuyển hóa của không gian thành thời gian. Không gian bị co lại sẽ được chuyển hóa thành thời gian làm cho nó giãn ra, tức là chạy chậm lại. Tỷ giá hối đoái tại ngân hàng vũ trụ này là rất cao. Bạn sẽ chỉ nhận được 1 giây thời gian cho mỗi 300.000km không gian. Nhưng bạn không có cách lựa chọn nào khác. Thời gian và không gian không còn tách rời như trong vũ trụ Newton. Vũ trụ từ nay sẽ có bốn chiều. Chiều thời gian được thêm vào ba chiều không gian. Để chỉ chính xác tọa độ của mình trong vũ trụ, bạn chỉ cho vị trí của mình không thôi thì chưa đủ. Bạn còn cần phải cho chính xác thời gian được đo tại vị trí đó.

Vận tốc của ánh sáng thật đắt giá

Không gian là cực kỳ rộng lớn. Ngôi sao gần chúng ta nhất cũng ở xa tới 4 năm ánh sáng. Từ đầu này tới đầu kia của Ngân hà trải dài một cánh đồng sao rộng tới 100.000 năm ánh sáng. Còn đối với thiên hà sinh đôi với chúng ta, tức thiên hà Andromede, con số đó lên tới 2 triệu năm ánh sáng. Cuộc đời của một con người kéo dài chỉ hơn một trăm năm. Với hạn chế không cho phép chúng ta chuyển động nhanh hơn ánh sáng, Einstein thực tế đã làm cho những cuộc thám hiểm giữa các vì sao, và hơn thế nữa, những cuộc thám hiểm

giữa các thiên hà là gần như không thể thực hiện được. Nhưng bạn có thể sẽ cãi lại rằng, để chuộc lại, Einstein đã chẳng cho chúng ta một phương tiện để phanh tốc độ của thời gian, để làm chậm lại sự đến gần của cái chết không thể tránh khỏi là gì? Để làm điều đó, chỉ cần Jules nhấn ga tăng tốc cho con tàu tiến gần tới vận tốc ánh sáng. Bằng cách đó, anh ta sẽ già đi chậm hơn và có đủ thời gian để vượt qua những khoảng không gian giữa các vì sao. Nhưng thật không may, nói thì dễ thế nhưng làm thì không ngon ăn như vậy. Tất cả đều có giá của nó, mà giá để tới gần được vận tốc ánh sáng thì lại cao ngất ngưỡng.

Nếu như Jules chuyển động với vận tốc bằng 99% vận tốc ánh sáng, anh ta sẽ chậm già đi 7 lần, nhưng khối lượng của tên lửa chở anh ta sẽ nặng hơn 7 lần (xem Phụ lục 2). Do vậy mà lượng nhiên liệu cần thiết để đẩy con tàu không gian đi cũng phải nhiều hơn. Tên lửa càng bay nhanh, thì nó càng trở nên nặng hơn, và càng cần phải có nhiều nhiên liệu hơn. Cái vòng luẩn quẩn này là không thể tránh được. Một tên lửa bay với vận tốc ánh sáng sẽ có khối lượng lớn vô hạn và vì vậy nó cần một nguồn năng lượng vô hạn, đó là điều không thể tưởng tượng nổi. Sự chậm đi của thời gian do vận tốc là quá đắt, và nằm ngoài tầm với của chúng ta. Sự thám hiểm giữa các vì sao và giữa các thiên hà do vậy vẫn chỉ là trong giấc mơ mà thôi.

Quá khứ của tôi là hiện tại của bạn và tương lai của các bạn

Vào một đêm giông, sét đột nhiên đánh vào hai đầu một toa xe hỏa đang tiến vào sân ga. Francoise đứng trên sân ga và thấy sét đánh đồng thời vào hai đầu toa xe đó. Cô biết rằng phải cần một phần nhỏ của giây tia chớp mới tới được chỗ mình, nhưng vì đúng lúc sét đánh, cô ở đúng điểm giữa của toa tàu, nên sự trễ về thời

gian đó là như nhau đối với hai tia chớp, và do đó cô kết luận rằng sét đánh vào hai đầu toa tàu vào cùng một thời điểm. Paul ngồi ở chính giữa toa tàu nói trên cảm thấy rất sợ hãi. Sau khi mọi chuyện đã qua, anh mới nhớ lại các sự kiện đã diễn ra. Anh ta thấy rằng sét đánh vào đầu toa xe trước khi đánh vào đuôi nó. Bởi vì chuyển động của toa xe đưa anh tiến về phía trước nên Paul tiến gần lại gặp tia chớp đánh vào đầu toa xe, trong khi đó tia chớp đánh vào đuôi toa xe phải đuổi theo anh ta. Do đó, có sự khác biệt một phần nhỏ của giây. Barbara, người ngồi trên con tàu chạy ngược chiều so với con tàu của Paul, và cũng chứng kiến sự kiện đó. Vào cái thời điểm định mệnh ấy, cô ta cũng ở vị trí cách đều hai đầu của toa tàu. Đối với cô ta, thì sét đánh vào đầu sau của toa tàu trước khi đánh vào đầu trước của nó.

Vậy ai là người đúng đây? Einstein đã có lời phán quyết: tất cả đều đúng. Việc mất đi tính cứng nhắc của thời gian cũng làm mất luôn các khái niệm đồng thời, quá khứ, hiện tại và tương lai tuyệt đối (phổ quát). Đối với Francoise, sét đánh đồng thời vào hai đầu toa. Nhưng “sự đồng thời” của Francoise không còn là đồng thời đối với Paul và Barbara, những người đang chuyển động đối với Francoise. Nếu Francoise định nghĩa thời điểm sét đánh vào đầu trước của toa xe là “hiện tại” đối với cô ta thì thời điểm sét đánh vào đầu sau của toa xe cũng là “hiện tại” đối với cô ta, nhưng Paul lại thấy sét đánh vào đầu sau muộn hơn, tức là trong “tương lai” của Francoise, trong khi Barbara lại thấy nó trong “quá khứ” của Francoise.

Chuyển động quyết định trình tự của các sự kiện xảy ra tại các vị trí không gian khác nhau và xác định những sự kiện nào thuộc về quá khứ, hiện tại hay tương lai. Không có một “bây giờ” tuyệt đối hay phổ quát. Trên mặt đất, Jim có thể đặt câu hỏi: “Bây giờ (khi anh

ta nhìn đồng hồ và lịch) điều gì đang diễn ra trên Thổ tinh nhỉ?”. Còn Jules trên con tàu vũ trụ của mình đang chạy hết tốc lực cũng có thể đặt đúng câu hỏi đó vào cùng một ngày khi xem đồng hồ và lịch trên con tàu. Nhưng “cái bây giờ” của Jules về Thổ tinh khác với “cái bây giờ” của Jim. Sự khác nhau của những “cái bây giờ” đó càng lớn nếu vận tốc tương đối càng cao. Các quasar, những thiên thể phát sáng ở biên của vũ trụ, chạy ra xa chúng ta với vận tốc cỡ 90% vận tốc ánh sáng. “Cái bây giờ” của các quasar khi tôi bước có thể sai khác tới cả ngàn năm so với “cái bây giờ” của các quasar khi tôi đứng yên.

Liệu cái đình có đóng phập vào trước khi búa giáng xuống không?

Thuyết tương đối đã làm đảo lộn các khái niệm quá khứ, hiện tại và tương lai. Vận tốc sắp xếp lại thứ tự của các sự kiện. Liệu điều này có nghĩa là cả tính nhân quả cũng sẽ chết theo không? Liệu hậu quả có thể xảy ra trước nguyên nhân, kết quả có trước hành động hay không? Cái đình có thể đóng phập vào trước khi búa giáng xuống không? Hay là búa có thể trúng trước khi súng bắn không? Ánh sáng từ các ngôi sao xa tới được chỗ chúng ta trước khi nó được phát ra hay không? Tôi liệu có thể ra đời trước cả bà tôi hay không? Thật vô cùng may mắn cho sự cân bằng tâm lý của chúng ta là câu trả lời cho các câu hỏi đó đều là phủ định. Trình tự thời gian của các sự kiện chỉ có thể thay đổi khi chúng quá gần nhau trong thời gian hoặc quá cách xa nhau trong không gian tới mức ánh sáng không đủ thời gian đi từ sự kiện này sang sự kiện khác trong khoảng thời gian ngắn cách chúng. Để cho quá khứ, hiện tại và tương lai mất đi bản sắc của chúng, thì hai sự kiện cần phải không có mối liên hệ

nhân quả bởi ánh sáng, không có ảnh hưởng gì đến nhau. Françoise thấy sét đánh đồng thời hai đầu toa tàu. Ánh sáng không có đủ thời gian để truyền giữa hai ánh chớp và thứ tự của các sự kiện có thể thay đổi do chuyển động. Ánh sáng có dư thời gian đi từ búa đến đỉnh trước khi búa được giáng xuống hoặc đi từ súng đến bia trước khi đạn chạm vào bia. Trật tự của các sự kiện khi đó sẽ là như nhau đối với tất cả. Chà! thế là tôi không thể sinh ra trước bà tôi được.

Thời gian đã mất của Proust

Chúng ta thường nói “thời gian trôi qua”. Nghĩa là chúng ta hình dung thời gian như nước trong một dòng sông chảy, như những gợn sóng trên mặt sông đi qua. Trên con tàu thả neo đứng bất động trong hiện tại, chúng ta nhìn dòng sông thời gian trôi qua, những con sóng quá khứ lùi xa và những con sóng tương lai xô tới. Chúng ta thừa nhận cho thời gian một chiều không gian và chính cách biểu diễn như thế nên sự chuyển động của thời gian đối với chúng ta trong không gian cho chúng ta cảm giác về quá khứ, hiện tại và tương lai. Chỉ hiện tại “bây giờ” là tồn tại. Chỉ có nó là có tính thực tại hiển nhiên. Quá khứ đã qua và mất hút trong hoài niệm của chúng ta. Khi đi tìm thời gian đã mất, Marcel Proust đã mê hoặc chúng ta bởi những thiếu nữ trinh trắng và những chiếc bánh Madelein ngọt ngào của ông. Tương lai còn chưa tới, nó chỉ tồn tại trong những giấc mơ và hy vọng của chúng ta.

Cái thời gian chủ quan hay thời gian tâm lý ấy, tất cả chúng ta đều phải gánh chịu. Sự phân biệt như thế giữa quá khứ, hiện tại và tương lai chi phối cuộc sống của chúng ta và tạo nên nền tảng ngôn ngữ của con người với các động từ được chia ở thời quá khứ hoặc tương lai. Chúng ta ai cũng biết chắc rằng quá khứ đã qua không

còn có thể sửa đổi được nữa, trong khi đó lại thích tin rằng tương lai có thể được hoạch định bởi những hành động của chúng ta. Tuy nhiên, quan niệm như thế về sự trôi của thời gian, tức là sự chuyển động của nó đối với ý thức bất động của chúng ta (hay tương đương thế, là sự chuyển động của chúng ta đối với thời gian bất động) lại không phù hợp lắm với ngôn ngữ của nhà vật lý hiện đại. Nếu thời gian có chuyển động thì vận tốc của nó bằng bao nhiêu? Một câu hỏi quá ư vô lý. Mặt khác, quan niệm cho rằng chỉ có hiện tại là tồn tại, chỉ có nó mới là thực tại, lại không tương thích với sự phá bỏ thời gian cứng nhắc và tuyệt đối bởi thuyết tương đối. Quá khứ và tương lai cũng thực như hiện tại vì Einstein đã nói với chúng rằng quá khứ của một người có thể là hiện tại của một người khác hoặc còn là tương lai của người khác nữa.

Đối với nhà vật lý, thời gian không còn được đánh dấu bằng một dãy các sự kiện nữa. Sự phân biệt giữa quá khứ, hiện tại và tương lai từ nay không còn hữu dụng nữa. Tất cả các thời điểm đều có giá trị như nhau. Không có thời điểm nào là được đặc ân hơn. Nếu tôi ném một quả bóng lên không, thì chỉ cần biết vị trí và vận tốc ban đầu là tôi có thể tính được quỹ đạo của nó. Quỹ đạo này sẽ luôn luôn như nhau dù cho quả bóng được ném lên vào sáu giờ sáng hay tám giờ tối, dù vào ngày 01/01/1988 hay là ngày 31/12/1988. Vì các khái niệm quá khứ, hiện tại và tương lai đã bị loại bỏ, nên thời gian không còn cần phải chuyển động nữa. Nó không trôi nữa, mà đơn giản nằm đó bất động như một đường thẳng kéo dài tới vô hạn về cả hai phía. Con sóng của thời gian tâm lý đã được thay thế bằng quán tính tĩnh lặng của thời gian vật lý. Vì vậy mà câu hỏi về vận tốc trôi của thời gian không còn đặt ra nữa.

Thế nhưng tại sao lại có sự khác biệt như thế giữa hai thời gian (tức thời gian tâm lý và thời gian vật lý - ND)? Có lẽ bởi vì vật lý

học còn chưa biết cách mô tả những quá trình sinh học và tâm lý. Chính hoạt động của não chúng ta đã cho chúng ta cảm giác rằng thời gian trôi. Bí mật của điều này nằm ngay trong bộ não của chúng ta. Nó sẽ chỉ được khám phá chừng nào chúng ta hiểu được chúng ta cảm, chúng ta suy nghĩ và chúng ta sáng tạo như thế nào.

Mũi tên thời gian

Một đứa bé ra đời. Nó trưởng thành, già rồi chết. Kịch bản này sẽ được lặp lại cho mỗi chúng ta. Bước đi của thời gian là không thể cưỡng nổi và luôn chỉ theo một hướng. Nó dẫn chúng ta đi từ chiếc nôi đến nấm mồ và khước từ theo chiều ngược lại. Quá khứ cứ mờ nhạt dần còn tương lai thì sẽ tới. Quá khứ không thể tới sau tương lai. Cũng như một mũi tên lao thẳng về phía trước sau khi đã rời dây cung, thời gian tâm lý chỉ có tiến và đi về phía trước, không thể lùi lại phía sau. Thời gian là không thuận nghịch.

Tuy nhiên, tính không thuận nghịch này của thời gian - nguyên nhân gây ra nỗi ám ảnh về cái chết của chúng ta - lại không xảy ra đối với các hạt tạo nên vật chất. Ở thang vi mô thời gian không còn chỉ theo một chiều. Mũi tên thời gian biến mất và thời gian có thể chảy theo hai chiều. Nếu bạn làm một cuốn phim về các sự kiện trong thế giới vi mô và chiếu nó theo chiều ngược với chiều chúng đã xảy ra thì bạn sẽ không nhận thấy sự khác biệt nào. Giả sử có hai electron bay lại gặp nhau, va chạm rồi bay ra xa nhau. Đảo ngược lại trình tự đó bạn vẫn nhận được hai electron bay lại gặp nhau, va chạm rồi bay ra xa nhau. Các định luật vật lý mô tả các quá trình này, chỉ trừ một ngoại lệ nhỏ, còn thì đều không mang trong mình dấu ấn của một hướng thời gian đặc biệt nào. Những định luật đó đều đúng theo cả hai hướng.

Cái ngoại lệ nhỏ ở đây liên quan tới một hạt dưới nguyên tử, không có điện tích gọi là K-meson hay kaon. Thế giới dưới nguyên tử là một thế giới luôn biến đổi và không bền lâu. Đa số các hạt đều tồn tại rất ngắn ngủi. Chỉ một chớp mắt là chúng đã biến mất. K-meson chỉ sống chưa đầy một phần triệu giây. Trong hơn 99% trường hợp, nó biến mất để tách thành ba hạt khác. Sự phân rã này là thuận nghịch theo thời gian. Ba hạt có thể hợp lại với nhau để tạo thành lại hạt kaon. Nhưng trong chưa đầy 1% trường hợp còn lại, và điểm yếu cũng là ở đây, hạt kaon chỉ phân rã thành hai hạt. Và tình huống này không thuận nghịch theo thời gian. Nó chỉ có thể xảy ra theo một hướng duy nhất của thời gian. Như vậy, sự phân rã của K-meson đã xác định một mũi tên thời gian “nhỏ”. Nhỏ là bởi vì trong số hàng ngàn hạt trong thế giới dưới nguyên tử, kaon là hạt duy nhất có đặc tính đó, cũng bởi vì sự phân rã thành hai hạt là rất hiếm hoi, và kaon không có mặt trong vật chất tạo nên chúng ta cũng như trong vật chất tạo nên các thiên hà và vũ trụ. Nó chỉ xuất hiện sau những va chạm mạnh giữa các hạt được gia tốc trong các máy gia tốc lớn tới vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng. Có vẻ như mũi tên thời gian nhỏ này không đóng vai trò quan trọng lắm, nhưng thông điệp của nó vẫn còn là một điều bí ẩn.

Nói chung là vắng mặt trong thế giới dưới nguyên tử, nhưng mũi tên thời gian lại có hiệu lực trong tế giới vĩ mô. Thời gian tâm lý trôi mà ta đã thấy từ lúc sinh ra tới khi nhắm mắt. Thời gian vật lý cũng có một hướng rất xác định. Những cuốn phim về thế giới vĩ mô không thể được chiếu theo cả hai chiều.

Một cốc trà nóng nguội dần. Một mẫu nước đá tan dưới nắng. Một giọt mực hòa trong cốc nước. Những tảng đá của một nhà thờ xây kiểu gothic đổ nát vung vãi và vỡ thành hàng ngàn mảnh.

Còn biết bao sự kiện nữa mang trong nó sự định hướng của thời gian. Bạn sẽ không bao giờ thấy các sự kiện đó xảy ra theo trình tự ngược lại. Cốc trà không thể tự nóng dần lên. Nước đá tan không thể tự tái tạo lại thành mẫu nước đá được. Các hạt mực cũng như các mẫu đá không thể tự dung hợp lại để tạo thành một giọt mực ngay trong nước hay trả lại cho nhà thờ cái vẻ đẹp cổ kính của nó.

Trong tất cả các tình huống đó, trạng thái ban đầu có tổ chức hơn trạng thái cuối cùng. Một mẫu nước đá với cấu trúc tinh thể có trật tự hơn một lớp nước tạo thành từ nó khi đá tan. Một nhà thờ gothic đẹp có tính tổ chức cao hơn rất nhiều so với đồng đá lổn nhổn tạo thành sau khi ngôi nhà thờ đổ nát. Hàm lượng thông tin giảm. Để mô tả ngôi nhà thờ tôi phải cần nhiều lời hơn rất nhiều so với khi mô tả đồng đá.

Cốc trà có thể nguội đi bởi vì không khí bao quanh nó lạnh hơn, tức là có một sự mất cân bằng giữa nhiệt độ của không khí và nhiệt độ của cốc trà. Trà sẽ nguội đi và không khí sẽ nóng lên cho tới khi không còn chênh lệch nhiệt độ nữa, tức là khi đạt được sự cân bằng. Sự mất cân bằng sẽ mất dần để giúp đạt được sự cân bằng. Nhiệt độ của một vật thể hiện sự náo động của các nguyên tử hoặc phân tử tạo nên vật đó. Trà nóng là bởi vì các phân tử của nước được đun nóng trở nên rất náo động. Chuyển động của chúng là hỗn loạn. Còn không khí lạnh là bởi vì các phân tử của nó kém náo động hơn. Nghĩa là chuyển động của chúng có trật tự hơn. Sự hỗn loạn của các phân tử nước sẽ truyền cho các phân tử không khí và sự hỗn loạn sẽ tăng lên cho tới khi sự cân bằng nhiệt độ được xác lập. Tình huống cuối cùng chứa ít thông tin hơn trạng thái ban đầu bởi vì tôi chỉ cần một nhiệt độ để mô tả nó thay vì là hai ở trạng thái ban đầu. Cũng hết như hành trình từ quá khứ tới tương lai, từ sinh

đến tử, xác định hướng của thời gian tâm lý, sự đi từ tổ chức tới vô tổ chức, từ nhiều thông tin hơn tới ít thông tin hơn, từ không cân bằng tới cân bằng xác định hướng của thời gian vật lý. Nhà vật lý thu tóm các từ “hỗn loạn”, “ít thông tin hơn”, và “ít mất cân bằng hơn” bằng một từ là entropy và phát biểu nguyên lý về hướng của thời gian vật lý: đó là entropy phải luôn luôn tăng. Nghĩa là sự hỗn loạn phải tăng, thông tin phải thất thoát và sự mất cân bằng phải biến mất. Nguyên lý này được biết dưới cái tên là “nguyên lý hai của nhiệt động lực học”, một khoa học nghiên cứu các tính chất của nhiệt. Nguyên lý này được phát minh vào thế kỷ trước, trong thời kỳ diễn ra cuộc cách mạng công nghiệp, khi người ta tìm cách nâng cao hiệu suất của các máy nhiệt.

Điều thần kỳ từ một cái đĩa vỡ

Thiên nhiên làm thế nào lại có thể áp đặt một hướng thời gian ở thang vĩ mô trong khi hướng đó lại không có mặt ở thang vi mô? Suy cho cùng, tất cả các vật vĩ mô đều được tạo thành từ các hạt vi mô. Tại sao tập thể lại có một tính chất mà các thành viên tạo nên nó không có? Câu trả lời nằm trong số lớn của các hạt tạo nên thế giới vĩ mô và sự tương tác giữa chúng.

Một gram nước chứa tới một triệu tỷ tỷ (1024) nguyên tử. Thế giới vĩ mô khi quy về thế giới vi mô bao giờ cũng cho những con số với độ lớn cỡ như thế. Với số nguyên tử lớn như vậy chúng ta sẽ không thể theo dõi được hành vi của từng nguyên tử riêng biệt. Chúng ta chỉ có thể có một ý niệm về hành vi trung bình của chúng nhờ các định luật của thống kê và xác suất. Tôi tung một đồng xu. Với mỗi lần thử, tôi không thể nói trước được đồng xu sẽ rơi sấp hay ngửa.

Nhưng các định luật thống kê nói với tôi rằng nếu tôi tung đồng xu một số lớn lần, thì trung bình nó sẽ phải rơi với số lần sấp và ngửa như nhau. Cũng tương tự như vậy đối với định luật về entropy. Đây là một định luật có tính chất thống kê. Về trung bình entropy cần phải tăng. Nhưng, về nguyên tắc, entropy có thể giảm; tính trật tự, thông tin và sự mất cân bằng có thể tăng và hướng của thời gian có thể đảo lại, cũng giống như, về nguyên tắc, đồng xu có thể rơi sấp 100 lần liên tiếp. Sở dĩ mũi tên thời gian tồn tại là bởi vì xác suất để xảy ra một sự kiện như vậy là nhỏ tới mức nó không thể xảy ra.

Tôi nhớ tay đánh rơi một chiếc đĩa và nó vỡ thành cả ngàn mảnh. Về nguyên tắc, các định luật thống kê không cho phép xảy ra trình tự ngược lại của các sự kiện đó. Những thăng giáng thống kê của các phân tử không khí trong phòng có thể tác động theo cách sao cho các mảnh đĩa vỡ bị đẩy lại sát gần nhau để ghép lại cái đĩa. Và những biến thiên nhiệt độ có thể xảy ra bất thần dọc theo đúng các vết vỡ để hàn chiếc đĩa vỡ lành lại như cũ. Rồi những thăng giáng khác có thể kết hợp với nhau để tạo ra một luồng không khí đẩy chiếc đĩa vừa lành lại bay lên tay bạn. Nếu như bạn thấy một dãy các sự kiện như vậy xảy ra, thì chắc là bạn sẽ hết sức kinh ngạc mà kêu lên rằng thật là thần diệu và bạn có lý để kinh ngạc như vậy. Xác suất để cho dãy các sự kiện đó xảy ra cực kỳ nhỏ, nhỏ tới mức thực tế có thể xem là bằng không. Xác suất này vào cỡ $1/10^{10^{25}}$. Con số $1/10^{10^{25}}$ gồm một con số 1 và 10^{25} con số không đứng trước nó sau dấu thập phân. Tôi có thể viết đoạn đầu của con số đó $1/10^{10^{25}} = 0,0000\dots$, nhưng rồi phải nhanh chóng dừng lại vì số các số 0 lớn tới mức thậm chí tôi có chép đầy các trang trong tất cả các cuốn sách có trên toàn thế giới thì vẫn chưa viết xong số đó.

Chiếc đĩa đã vỡ tự nó không thể lành lại được. Các chiếc đĩa không phải được sản xuất bằng những phép thần mà ở trong nhà máy. Mặc dù các nguyên tử và các hạt cấu thành nên chúng thờ ơ với hướng của thời gian, nhưng hiệu ứng tập thể của chúng lại xác định một hướng rất chính xác. Vũ trụ phải đi từ trật tự tới hỗn loạn, từ mất cân bằng sang cân bằng, từ nhiều thông tin sang thiếu thông tin.

Ánh sáng không truyền về quá khứ

Một hòn đá rơi xuống hồ. Nó tạo ra những vòng sóng nước đồng tâm ngoằn ngoọc truyền từ điểm hòn đá chạm mặt nước tới bờ hồ. Và ở đây lại hiện diện hiện tượng bất thuận nghịch theo thời gian. Chúng ta sẽ không bao giờ nhìn thấy cảnh nước tự nó tạo thành các vòng sóng đồng tâm và hội tụ về một điểm ở giữa hồ. Cuốn phim này không thể được chiếu theo chiều ngược lại. Cũng như tất cả các hiện tượng sóng, các sóng ánh sáng tỏa ra từ nguồn tạo ra chúng chứ không hội tụ vào các nguồn đó. Nghĩa là ánh sáng truyền về hướng tương lai chứ không phải về quá khứ. Các sóng vô tuyến do radar cảnh sát ở bên vệ đường phát ra và phản xạ từ phía sau xe bạn quay trở lại khoảng một phần của giây sau khi phát chứ không phải trước khi phát. Mặt trời mà chúng ta hiện nhìn thấy là hình ảnh của nó trước đó tám phút, chứ không phải hình ảnh của nó tám phút sau. Mặc dù các phương trình mô tả sự truyền ánh sáng của James Maxwell là thuận nghịch đối với thời gian, nhưng ánh sáng chỉ truyền về tương lai. Do đó chúng ta không thể liên lạc được với quá khứ. Chúng ta không thể gửi một thông điệp bằng sóng vô tuyến cho bà Eva để nói với bà rằng đừng có ăn trái táo cấm hoặc cho tổ tiên của chúng ta để ngăn cản sự gặp gỡ của họ và sự ra đời của chúng ta. Vậy là tính nhân quả đã được cứu vớt. Mũi

tên điện từ (vì ánh sáng là một hiện tượng điện từ) chỉ cùng hướng cho thời gian như mũi tên tâm lý và mũi tên nhiệt động học. Thời gian phải trôi từ quá khứ tới tương lai. Nó có thể chậm lại nhưng không bao giờ đổi hướng. Thật là may mắn cho chúng ta, bởi vì sẽ thật là khó giao tiếp với những người mà đối với họ hướng của thời gian được đảo lại: họ biết tất cả những điều mà bạn sắp sửa nói với họ trước khi bạn cất lời, nhưng lại quên khuấy ngay khi cuộc nói chuyện kết thúc.

Các ngôi sao là những bộ máy tạo ra sự hỗn độn

Việc cả ba mũi tên thời gian đều chỉ cùng một hướng có lẽ không phải là do ngẫu nhiên. Các nhà vật lý đã lơ mơ cảm thấy rằng hướng chung của chúng được áp đặt bởi sự giãn nở của vũ trụ, nhưng vấn đề này còn rất xa mới trở nên sáng tỏ. Cho tới nay, chỉ có mũi tên nhiệt động học là bộc lộ quan hệ thân thuộc của nó với mũi tên thời gian vũ trụ học được xác định bởi sự giãn nở của vũ trụ.

Vũ trụ ở lúc bắt đầu của nó, như chúng ta sẽ thấy, là một món súp đồng nhất của bức xạ và các hạt cơ bản. Nó không có một cấu trúc nào. Đó là sự hỗn độn hoàn toàn và hàm lượng thông tin là cực kỳ nhỏ. Sau một giai đoạn lịch sử khoảng 15 tỷ năm, có hàng trăm thiên hà xuất hiện trong đó mỗi thiên hà lại chứa tới hàng trăm tỷ ngôi sao. Trên một hành tinh quay quanh một trong số các ngôi sao đó đã xuất hiện ý thức con người có khả năng tự vấn về vũ trụ. Như vậy đã xuất hiện cấu trúc từ không cấu trúc, trật tự từ hỗn độn, và phức tạp từ đơn giản. Thoạt nhìn, dòng các sự kiện đó dường như mâu thuẫn với nguyên lý hai của nhiệt động lực học: entropy dường như giảm thay vì phải tăng. Hay là vũ trụ không có mũi tên nhiệt động học?

Chính là ở đây sự giãn nở của vũ trụ và mũi tên thời gian vũ trụ học đã can thiệp vào. Sự giãn nở làm lạnh ánh sáng choán đầy trong vũ trụ. Nhiệt độ của một hạt ánh sáng (photon) được thể hiện bởi năng lượng mà nó mang theo. Theo mức độ chạy ra xa dần của các thiên hà, ánh sáng ngày càng kiệt quệ và khó đến được với chúng ta hơn. Nó mất năng lượng và vũ trụ lạnh đi. Từ chỗ có nhiệt độ tới vài triệu độ Kelvin (K) ở phút thứ ba của vũ trụ, ánh sáng vũ trụ bây giờ chỉ có nhiệt độ hơn 3 độ K.⁽⁴⁾

Trái với nhiệt độ lạnh lẽo đó, nhiệt độ trong lòng các ngôi sao đạt tới vài triệu độ K. Như vậy có một sự mất cân bằng về nhiệt độ giữa các ngôi sao và không gian bao quanh chúng. Cũng giống như một cốc trà nóng nguội dần khi tiếp xúc với không khí bên ngoài lạnh hơn và truyền tính hỗn độn của các phân tử nước trà cho các phân tử không khí, và khi làm điều đó, tính hỗn độn tổng thể sẽ tăng, các ngôi sao cũng phóng ánh sáng nóng của chúng vào ánh sáng lạnh hơn bao quanh và làm tăng tính hỗn độn chung của vũ trụ. Như vậy, các ngôi sao là những bộ máy tạo ra sự hỗn độn và tổng sản lượng hỗn độn của chúng vượt quá cả mức phải bù trừ cho sự thiếu hụt lượng hỗn độn do sự hình thành các cấu trúc trong vũ trụ và do sự xuất hiện độ phức tạp. Độ hỗn độn tổng cộng do vậy mà tăng theo thời gian. Kể từ lúc khởi đầu của vũ trụ đến nay độ hỗn độn này tăng không đáng kể. Đóng góp của những ngôi sao trong suốt 15 tỷ năm chỉ làm tăng entropy của vũ trụ lên

4. Trong cuốn sách này chúng tôi sẽ dùng thang nhiệt độ Kelvin (nhà vật lý đã xây dựng nên thang nhiệt độ này). Để đo đạc các hiện tượng vật lý, thang nhiệt độ Kelvin thuận tiện hơn thang bách phân vì thang Kelvin dùng khái niệm mà theo đó nhiệt độ của một hạt được thể hiện bằng chuyển động của nó. Điểm zero của thang Kelvin (bằng -173°C) gọi là không độ tuyệt đối, tại đó mọi chuyển động đều dừng hẳn.

0,1%. Nhưng điều đó cũng đủ để hướng của mũi tên thời gian vũ trụ học được tôn trọng. Như vậy, phần lõi nóng của các ngôi sao và không gian lạnh lẽo bên ngoài do sự giãn nở của vũ trụ cho phép phát triển một cách phong phú độ phức tạp đã đảm bảo cho sự tồn tại của chính chúng ta.

Nguyên lý hai nhiệt động lực học không ngăn cấm sự xuất hiện các góc trật tự trong vũ trụ với điều kiện để bù trừ cho sự trật tự đó phải có một sự hỗn loạn lớn hơn được tạo ra ở đâu đó khác. Ví dụ, sau khi đọc xong quyển sách này, bộ não của bạn tiếp nhận thêm được khoảng một triệu mẩu thông tin, nó sẽ trở nên có trật tự hơn khoảng một triệu đơn vị. Nhưng để đọc được bạn phải ăn no, chú thức ăn tinh thần thôi thì không đủ. Trong khi đọc, bạn phải tiêu thụ ít nhất là một ngàn caloie dưới dạng thức ăn. Tức là bạn đã chuyển đổi dạng năng lượng có trật tự như thịt, rau và hoa quả thành dạng năng lượng không có trật tự mà bạn truyền cho không gian xung quanh như nhiệt mà cơ thể bạn tỏa ra hoặc mồ hôi mà da bạn tiết ra. Khi làm điều đó, bạn sẽ làm tăng mức độ hỗn độn tổng cộng của vũ trụ lên 10 triệu triệu triệu triệu (10^{25}) đơn vị, tức 10 triệu triệu triệu (10^{19}) lần mức độ trật tự mà bộ não của bạn nhận được (với giả thiết rằng bạn đã hiểu và ghi nhận được tất cả!). Vậy là mức độ hỗn loạn là rất cao hơn so với trật tự. Bạn có thể yên tâm mà ngồi đọc cuốn sách này: hướng của mũi tên thời gian nhiệt động lực học sẽ không hề bị vi phạm!

Lại có những câu hỏi được đặt ra. Hiện tại chúng ta còn chưa biết liệu vũ trụ có giãn nở mãi mãi hay là trong một tương lai xa các thiên hà sẽ đảo hướng chuyển động và vũ trụ sẽ tự co lại. Hướng của thời gian nhiệt động lực học, như chúng ta đã thấy, có liên quan với sự giãn nở của vũ trụ liệu có đảo lại trong một vũ trụ co lại hay

không? Đồng đá lớn nhón có tự dựng lại thành một ngôi nhà thờ tráng lệ hay không? Ánh sáng thay vì phát ra từ các ngôi sao liệu có hội tụ vào chúng hay không? Liệu thời gian tâm lý có trôi theo hướng ngược lại? Nếu xảy ra như vậy, thì cư dân của vũ trụ đang co lại cũng vẫn tưởng như trong một vũ trụ đang giãn nở vì tất cả các quá trình trong não của họ đều đảo ngược lại. Đám sương mù bao quanh những câu hỏi này vẫn còn rất lâu nữa mới có thể bị xua tan.

Vật chất làm chậm thời gian

Để làm chậm quá trình lão hóa của mình khi đang ngồi trong con tàu vũ trụ, Jules chỉ cần nhấn ga và tiến dần tới vận tốc ánh sáng. Nhưng anh ta cũng có thể phanh thời gian lại bằng cách lái con tàu tới gần một ngôi sao, bởi vì trong Thuyết tương đối rộng được công bố vào năm 1915, Einstein đã cho chúng ta biết rằng trường hấp dẫn do ngôi sao cũng như tất cả vật chất sinh ra đều làm chậm thời gian. Cũng như không gian bị vật chất làm cho cong đi, thời gian cũng mất tính cứng nhắc của nó và trở nên mềm dẻo hơn khi có mặt vật chất.

Thời gian đối với một người đứng ở chân tháp Eiffel sẽ trôi chậm hơn so với người ở trên cao hay thời gian đối với người ở tầng trệt sẽ trôi chậm hơn so với người ở tầng trên. Thời gian của người Eskimo ở Bắc cực trôi tương đối chậm hơn so với người sống trên đảo Borneo ở xích đạo. Thời gian sẽ chậm lại ở những nơi có trọng lực lớn hơn. Trọng lực là do lực hút hấp dẫn mà Trái đất tác dụng lên chúng ta, nó biến thiên tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ chúng ta đến tâm Trái đất. Những người ở chân tháp Eiffel, ở tầng trệt hay ở Bắc cực đều gần tâm Trái đất hơn so với những

người tương ứng ở trên cao, ở tầng trên hay ở xích đạo và họ sẽ phải chịu một trọng lực lớn hơn. Người Eskimo ở gần tâm Trái đất hơn người ở Borneo vì Trái đất không có dạng cầu lý tưởng. Lực li tâm do sự quay của Trái đất làm cho bán kính của nó ở xích đạo hơi lớn hơn (khoảng 30km) so với ở hai cực. Tất nhiên sự khác biệt này về thời gian là vô cùng nhỏ. Sai khác tổng cộng tích tụ trong cả một đời người chỉ vào cỡ hơn một phần tỷ giây. Chưa đầy một nhịp đập của trái tim. Do vậy, sự chậm lại của thời gian do trọng lực không thể nhận biết được trong cuộc sống hàng ngày của chúng ta. May thay, vì nếu không chúng ta sẽ phải đối mặt với sự khủng hoảng về nhà ở: ai cũng muốn ở tầng trệt và chẳng ai muốn ở các tầng cao hơn!

Lỗ đen biến con người thành một sợi mì ống

Những hiệu ứng nói ở trên thể hiện rõ ràng hơn trong thang vũ trụ. So với thời gian ở Trái đất, thời gian trong không gian vũ trụ nơi mà lực hút hấp dẫn của Trái đất yếu đi nhiều sẽ trôi nhanh hơn. Thời gian ở Mặt trời sẽ trôi chậm hơn vì trọng lực ở đây lớn hơn khoảng ba mươi lần so với Trái đất (ở đó bạn sẽ nặng hơn khoảng ba mươi lần) và ở Mặt trăng sẽ nhanh hơn vì trọng lực ở đây nhỏ hơn so với ở Trái đất khoảng sáu lần. Trong vũ trụ thậm chí còn có những nơi lực hấp dẫn mạnh tới mức nó có thể phanh thời gian lại hoàn toàn. Những nơi này tạo thành từ cái chết của các ngôi sao nặng (nặng hơn 5 lần khối lượng của Mặt trời). Những ngôi sao này tự co lại sau khi đã xài cạn kiệt nguồn năng lượng hạt nhân ở trong chúng. Một lượng lớn vật chất của ngôi sao co lại này bị nén lại trong một thể tích nhỏ tới mức trường hấp dẫn tạo thành là cực lớn, tới mức không gian bị cuộn lại và ánh sáng không thể lọt được

ra ngoài. Ngôi sao co lại này trở thành một lỗ đen. Nó không còn được nhìn thấy nữa. Sự tồn tại của nó từ nay chỉ được thể hiện bởi lực hút hấp dẫn của nó tác dụng lên tất cả các vật đi qua gần nó và bởi mức độ biến dạng mà nó để lại trên tấm vải không - thời gian.

Jules tiếp tục cuộc viễn du của anh ta trên con tàu vũ trụ. Anh xem bảng đồng hồ và thấy rằng con tàu đã bị lệch ra khỏi quỹ đạo của nó và bị hút tới một vật nào đó trong không gian. Jules lao tới ngó qua cửa sổ con tàu. Không có gì báo hiệu ở hướng con tàu đang bị hút tới. Liếc qua các tấm bản đồ, Jules nhận ra mình ở gần một lỗ đen siêu nặng, lớn cỡ vài triệu Mặt trời. Hiểu rằng mình sắp sửa bị lỗ đen nuốt chửng, anh bèn vội vàng bật các động cơ cho con tàu lùi lại. Jules biết rằng cần phải thực hiện thao tác này trước khi vượt qua bán kính của lỗ đen, ranh giới không thể lùi lại được nữa. Một khi đã qua bán kính đó, thì dù có dùng hết công suất của các động cơ anh ta cũng không lùi lại được và thế là toi mạng. Các động cơ đã được bật và con tàu khó nhọc tháo lui. Jules thở phào nhẹ nhõm. Thế là anh đã được cứu thoát.

Nhưng ta cứ giả thử rằng Jules vốn có đầu óc phiêu lưu của một nhà thám hiểm khiến anh không hề lo lắng cho mạng sống của mình và tự nhủ bây giờ hoặc là không bao giờ còn cơ hội để thám hiểm bên trong một lỗ đen nữa. Một khi xấp được tới gần, anh có thể truyền những quan sát và ấn tượng của mình qua vô tuyến về cho người anh em sinh đôi của mình là Jim trên mặt đất. Nhưng sự truyền thông sẽ bị ngắt ngay sau khi anh ta vượt qua bán kính của lỗ đen vì ánh sáng (sóng) vô tuyến không thể thoát ra ngoài được nữa. Những điều mà anh ta quan sát được bên trong lỗ đen vẫn chỉ là một bức thư chết vì nó không bao giờ còn được chia sẻ với ai đó khác.

Bây giờ chúng ta hãy theo dõi Jules theo mức độ anh ta tiến gần tới lỗ đen. Ảnh hưởng hấp dẫn của lỗ đen mỗi lúc một cảm thấy rõ hơn. Jules có cảm tưởng như mình bị kéo căng ra cả ở đầu và ở chân. Sự kéo căng này là do *hiệu* các lực hấp dẫn mà lỗ đen tác dụng lên hai đầu cơ thể của Jules. Chân do ở gần lỗ đen hơn nên phải chịu một lực hút hấp dẫn mạnh hơn đầu, vì đầu ở xa lỗ đen hơn một khoảng là 1,8m (chiều cao của Jules). Do đó chân của Jules sẽ rơi về phía lỗ đen nhanh hơn đầu anh ta, dẫn tới cơ thể Jules bị kéo dài ra. Các lực gọi là lực thủy triều này (vì cũng chính do *hiệu* giữa các lực hấp dẫn tác dụng bởi Mặt trăng lên tâm Trái đất và bề mặt của nó đã gây ra thủy triều trên các đại dương của Trái đất) đã kéo dài mọi vật trong con tàu làm cho chúng có dạng một sợi mì dài và mảnh. Khi trường hấp dẫn trở nên quá mạnh, sự kéo dài các vật quá lớn, thì lực điện từ có tác dụng liên kết các nguyên tử lại và tạo nên sự vững chắc và cố kết của cơ thể con người không thể chống lại được các lực thủy triều nữa, cơ thể của Jules sẽ bị xé nát và thế là xong đời.

Lỗ đen làm dừng thời gian

Nhưng chúng ta hãy khoan nói trước. Hiện Jules đang còn ở xa lỗ đen và xa cái kết cục bi thảm đó. Anh ta vẫn tiếp tục gửi cho Jim qua sóng vô tuyến những hình ảnh chụp bởi máy ảnh đặt trong cabin con tàu. Trên Trái đất, Jim giải mã các sóng ấy, dựng lại các hình ảnh rồi theo dõi trên màn hình TV diễn biến của các sự kiện trên con tàu. Theo mức độ Jules tới gần lỗ đen và trường hấp dẫn trở nên mạnh hơn, sóng vô tuyến mà Jules gửi về mỗi lúc một tốn nhiều công hơn để thoát ra khỏi trường hấp dẫn đó và về được tới Jim. Các sóng này ngày càng mất nhiều năng lượng và khoảng thời

gian giữa hai sóng liên tiếp mà Jim nhận được ngày càng dài hơn. Và do đó những hình ảnh mới phải mất nhiều thời gian hơn mới về tới nơi và được đổi mới. Cuốn phim về các sự kiện trên con tàu cứ chạy chậm dần. Theo quan điểm của Jim, giờ đây Jules phải mất một thời gian đáng kể để làm một động tác, để thực hiện một hành động. Khi ở xa ảnh hưởng hấp dẫn của lỗ đen, Jules đánh rằng chỉ mất hai phút. Theo mức độ tới gần lỗ đen, hành động này phải mất hai giờ, rồi hai năm, hai thế kỷ, hai tỷ năm... Jim thấy thời gian của Jules ngày càng kéo dài ra so với thời gian của mình. Và cuối cùng, vào thời điểm Jules vượt qua bán kính không thể quay lui, thời gian của anh ta được đo theo đồng hồ của Jim bị đứng hẳn lại. Theo quan điểm của Jim, lỗ đen đã làm dừng thời gian của Jules. Hình ảnh trên màn hình TV của Jim không thay đổi nữa. Jules vẫn giữ nguyên nụ cười ấy, dáng ngồi ấy và động tác ấy vĩnh viễn. Cũng như thế, Jim sẽ không bao giờ thấy được con tàu không gian của Jules biến mất trong cái vực thăm hun hút của lỗ đen. Đối với Jim, con tàu mãi mãi treo lơ lửng trong không gian tại bán kính không thể quay lui.

Thiên thu trong chớp mắt

Jules lại thấy các sự kiện diễn ra theo một cách hoàn toàn khác. Đối với anh, thời gian mà anh đọc theo đồng hồ trên tàu vẫn trôi một cách bình thường. Con tàu của anh ta tiến gần tới lỗ đen và vượt qua bán kính không thể quay lui không có vấn đề gì. Jules hoàn toàn ý thức được rằng anh đang tiến thẳng tới tâm của lỗ đen nơi mà khối lượng riêng và trường hấp dẫn là vô cùng lớn, rằng chẳng bao lâu nữa các lực thủy triều sẽ xé tan xác của anh. Jules vẫn tiếp tục nhận được thư thông qua các sóng vô tuyến gửi bởi Jim. Bị đớp bởi trường hấp dẫn mỗi lúc một tăng dần theo mức độ

con tàu tiến gần tới tâm của lỗ đen, các sóng này ngày càng được nhận thêm năng lượng và tới ngày càng nhanh hơn. Jules thấy thời gian của Jim trôi ngày một tăng tốc và vào thời điểm vượt qua bán kính không thể quay lui, cả một thiên thu diễn ra trước mắt Jules chỉ trong tích tắc: Jim già rồi chết, Mặt trời tắt hẳn sau 9 tỷ năm tồn tại, sự cáo chung của các vì sao trong các thiên hà, của vũ trụ... Jules không còn có thể ra khỏi lỗ đen để hội nhập với vũ trụ bên ngoài vì, theo quan điểm của anh, vũ trụ này đã sống trọn cuộc đời của nó và kết thúc sự tồn tại vào lúc anh vượt qua bán kính không thể quay lui. Nói hội nhập lại vũ trụ này khi nó đã kết thúc cũng chẳng khác gì nói rằng Jules ra khỏi lỗ đen trước cả khi anh ta đi vào đó, một điều hoàn toàn vô lý. Bởi vì rằng anh đã vượt lên trước thời gian của thế giới bên ngoài, nên Jules bị kết án vĩnh viễn phải ở trong lỗ đen và chết ở đó.

Quy trình tạo thành một lỗ đen

Làm thế nào tạo ra được một lỗ đen? Về nguyên tắc, mọi vật đều có thể trở thành lỗ đen. Miễn là phải nén nó tới một kích thước sao cho trường hấp dẫn tạo thành phải đủ mạnh để làm cho không gian tại đó bị cuộn lại và ngăn không cho ánh sáng thoát ra. Giả thử rằng khối lượng của bạn cỡ 70kg. Nếu có hai bàn tay khổng lồ nén bạn tới kích thước nhỏ hơn 10-23cm (tức là 1 chia cho 100.000 tỷ tỷ), một bán kính cỡ 10 tỷ lần nhỏ hơn bán kính của electron, thì bạn sẽ trở thành một lỗ đen. Bán kính của lỗ đen thay đổi tỷ lệ với khối lượng của nó. Chẳng hạn, Trái đất có khối lượng cỡ 6.10²⁷g (tức là số 6 và 27 số 0 tiếp sau) sẽ trở thành lỗ đen nếu bán kính 6.400km của nó được rút lại chỉ còn bằng 1cm (tức là nhỏ hơn một quả bóng bàn). Mặt trời với khối lượng 2.10³³g (tức là số 2 và 33

số 0 tiếp sau) sẽ trở thành lỗ đen nếu bán kính 700.000km của nó được rút lại còn 3km (xem Phụ lục 3).

Như vậy, trước hết không nên hình dung rằng một lỗ đen nhất thiết phải rất nhỏ và rất đặc. Tất cả đều phụ thuộc vào khối lượng của nó. Một lỗ đen có khối lượng bằng 1 tỷ Mặt trời sẽ có kích thước tới 3 tỷ km, tức là chỉ hơi nhỏ hơn kích thước của hệ Mặt trời, và khối lượng riêng (mật độ) trung bình của nó không cao hơn mật độ của không khí mà chúng ta hít thở hàng ngày. Nếu không may, Jules bị đớp bởi ảnh hưởng của một lỗ đen có mật độ thấp, thì anh ta sẽ chẳng cảm thấy gì vào thời điểm vượt qua bán kính không thể quay lui. Anh ta chỉ cảm thấy mình bị cầm tù bởi lỗ đen khá lâu sau đó, sau khi đã vượt được một chặng đường hàng tỷ kilometre bên trong lỗ đen và vào thời điểm mà các lực thủy triều bắt đầu làm cho xương cốt của anh ta đau đớn. Khi đó đã là quá muộn để làm bất cứ điều gì. Anh ta chỉ còn biết ngồi chờ cái chết không thể tránh khỏi của mình.

Trên thực tế, các lỗ đen không phải có mặt ở khắp mọi nơi, bởi vì rất khó nén được các vật. Ở Trái đất, lực điện từ, lực có tác dụng nối kết các nguyên tử và phân tử và tổ chức chúng thành các mạng tinh thể, làm cho các vật xung quanh chúng ta có độ rắn và sẽ chống lại một cách dữ dội bất cứ một sự nén quá mức nào. Cả bạn và tôi, cũng không hơn gì Trái đất, đều không bao giờ có thể trở thành lỗ đen được. Cần phải có sự giúp đỡ của một tác nhân nén mạnh hơn. Lực hấp dẫn chính là tác nhân đó. Nó là lực hút và làm cho tất cả mọi vật co lại. Nó sẽ giúp đỡ để tạo ra các lỗ đen. Để cho lực hấp dẫn có hiệu quả, cần phải có một khối lượng rất lớn, Newton đã dạy ta như thế. Những khối lượng rất lớn đó người ta tìm thấy trong các ngôi sao. Nhưng không phải bất cứ ngôi sao nào cũng

thích hợp. Mặt trời với khối lượng khổng lồ cỡ 2 tỷ tỷ tấn của nó cũng không thể kết thúc trở thành một lỗ đen. Trong 4 tỷ rưỡi năm nữa, khi mà nguồn năng lượng hạt nhân dự trữ của nó đã cạn kiệt, lực hấp dẫn sẽ làm cho nó co lại thành một sao lùn trắng với đường kính khoảng 10.000km, tức là có kích thước như Trái đất, một kích thước còn rất xa con số 3km cần có để trở thành lỗ đen. Mặt trời còn chưa đủ nặng. Để kết thúc cuộc đời của mình thành lỗ đen, các ngôi sao cần phải có khối lượng bằng hàng chục Mặt trời hoặc lớn hơn nữa. Những ngôi sao nặng như thế tương đối hiếm và điều đó giải thích tại sao các lỗ đen không có mặt ở khắp nơi.

Sự thất bại của lẽ phải thông thường

Tới đây bạn có thể gãi đầu và nghĩ: “Tất cả những điều mình vừa đọc được về thời gian và không gian thật là lạ lùng. Thời gian đã mất đi tính phổ quát của nó, nó có thể giãn ra hoặc co lại tùy theo chuyển động. Và cả không gian cũng như vậy. Khi hòa vào vũ điệu đó, hấp dẫn cũng lại làm biến dạng cả không gian và thời gian. Rồi những lỗ đen nơi mà thiên thu có thể diễn ra trong chớp mắt. Tất cả những điều đó đều không phù hợp với trực giác và lẽ phải thông thường. Mình không sao có thể hiểu nổi!” Phản ứng đó cũng là rất tự nhiên thôi. Tất cả chúng ta đều cảm thấy một nhu cầu bản năng phải đặt những khái niệm mới và lạ trong khuôn khổ của lẽ phải thông thường, phải quy thực tại về những hình ảnh quen thuộc. Khi điều đó không thành, khi trực giác của chúng ta bối rối, khi những ý tưởng của chúng ta và những tín niệm quý giá nhất của chúng ta sụp đổ dưới chân, chúng ta đành giơ hai tay lên trời và kêu lên: “Tôi không hiểu!”

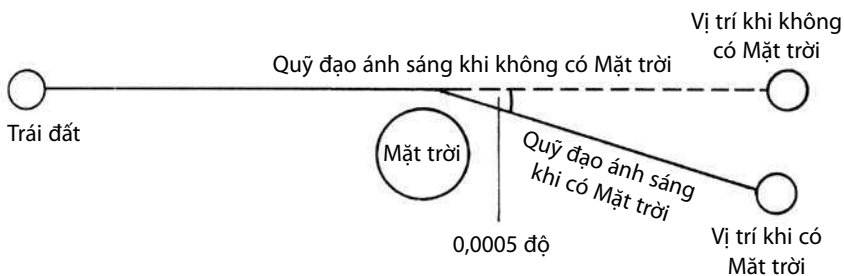
Tuy nhiên, chẳng có gì để mà hiểu cả. Tự nhiên vốn được làm ra đã như thế. Cần phải chấp nhận như nó vốn có. Trực giác và lẽ phải thông thường của chúng ta được dựa trên những sự kiện diễn ra hàng ngày đều là những người dẫn đường tối khi phải đụng chạm tới những cái vô cùng bé hoặc vô cùng lớn, tức là các nguyên tử hoặc vũ trụ. Khi vứt bỏ lẽ phải thông thường, Einstein mới có thể xây dựng lên một tượng đài của trí tuệ, đó là thuyết tương đối.

Một lý thuyết khoa học là tốt không phải bởi vì nó phù hợp với trực giác hay lẽ phải thông thường mà bởi vì nó mô tả được tự nhiên một cách đúng đắn và tiên đoán được những hiện tượng có thể quan sát hoặc kiểm chứng được. Việc thời gian giãn ra theo vận tốc không còn là điều phải nghi ngờ. Thời gian đều giãn ra mỗi lần một hạt dưới nguyên tử được phóng với vận tốc gần vận tốc ánh sáng trong các máy gia tốc hạt, chẳng hạn máy gia tốc của Trung tâm nghiên cứu hạt nhân châu Âu (CERN) ở Geneve. Có thể kiểm tra điều này bằng cách gia tốc các hạt có thời gian sống rất ngắn, tức là những hạt phân rã sau vài phần triệu giây. Người ta thấy rằng thời gian sống của các hạt này được nhân với 10, 20, 100...tùy thuộc vận tốc mà chúng được gia tốc và kết quả hoàn toàn phù hợp với tiên đoán của thuyết tương đối. Thời gian đã chậm lại đối với các hạt đó. Chúng sống dài hơn bất kể điều đó có làm chúng ta hài lòng hay không.

Vật chất làm cong không gian. Đây lại là một tiên đoán khác của thuyết tương đối khiến lương tri của chúng ta phải nổi loạn chống lại, nhưng nó cũng lại đã được kiểm chứng vào năm 1919 trong một cuộc thám hiểm với mục đích quan sát nhật thực và trở thành nổi tiếng trong biên niên sử của vật lý học. Ý tưởng của cuộc kiểm chứng này, do chính Einstein đề xuất, là lợi dụng sự không có ánh sáng

tới từ Mặt trời do bị Mặt trăng che khuất để chụp ảnh các ngôi sao xa có vị trí được chiếu trên bầu trời ở rất gần Mặt trời. Nếu không gian bị uốn cong do trường hấp dẫn của Mặt trời, thì quỹ đạo của ánh sáng tới từ các ngôi sao xa đó cũng sẽ bị uốn cong. Độ cong của quỹ đạo sẽ được thể hiện bởi một độ dịch góc nhỏ giữa hình ảnh của chúng so với hình ảnh của chính những ngôi sao đó được chụp vào 6 tháng sau, khi mà Trái đất ở phía khác với Mặt trời và ánh sáng tới chúng ta từ những ngôi sao đó không đi qua trường hấp dẫn của Mặt trời. Sự dịch góc này được Einstein tiên đoán là rất nhỏ (nhưng hai lần lớn hơn con số được tiên đoán bởi Newton) và bằng góc trương bởi ngón tay cái của bạn nếu nó đặt ở xa 1km. Nhưng góc đó vẫn có thể đo được (H.25) và kết quả cho thấy hoàn toàn phù hợp với thuyết tương đối. Sự khẳng định tuyệt vời bằng quan sát này đã xác lập thuyết tương đối là một lý thuyết nền tảng mà người ta phải dựa vào và thực tế đã đưa Einstein lên tột đỉnh vinh quang. Sau đó, sự làm lệch tia sáng bởi Mặt trời đã được các nhà thiên văn vô tuyến đo lại nhiều lần và với độ chính xác lớn hơn rất nhiều bằng cách dùng ánh sáng trong dải sóng vô tuyến tới từ các nguồn rất xa và mỗi một lần làm như thế, thuyết tương đối đều tỏ ra là đúng đắn. Vậy là không gian bị uốn cong bởi vật chất bất kể ta có muốn điều đó hay không.

Các đồng hồ nguyên tử đo thời gian theo cách chính xác nhất có thể có được. Bạn hãy đồng bộ hai đồng hồ nguyên tử rồi đặt chúng cạnh nhau và hãy yêu cầu hậu thế của mình nhiều tỷ năm sau hãy quay lại so sánh. Chắc chắn họ sẽ thấy rằng sự sai khác chưa tới một phần của giây. Dùng những sản phẩm kỳ diệu đó của công nghệ hiện đại, một nhóm các nhà vật lý đã chứng minh được rằng lực hấp dẫn làm chậm thời gian lại. Một đồng hồ nguyên tử



Hình 25. Vật chất làm cong không gian. Theo thuyết tương đối rộng của Einstein, trường hấp dẫn của Mặt trời (hoặc của bất cứ một vật có khối lượng lớn nào khác) sẽ làm cong không gian và quỹ đạo của các tia sáng. Tiên đoán này đã được kiểm chứng nhờ quan sát các ngôi sao có ánh sáng tới chúng ta đi qua gần Mặt trời và cắt ngang qua trường hấp dẫn của nó. Để chụp ảnh các ngôi sao này, cần phải đợi tới nhật thực và sau đó so sánh những bức ảnh đó với các bức ảnh được chụp trong các điều kiện ánh sáng từ các ngôi sao đó không đi ngang qua trường hấp dẫn của Mặt trời, ví dụ sáu tháng sau, khi mà Trái đất ở một phía khác với Mặt trời. Sự so sánh luôn luôn cho thấy một chuyển dịch nhỏ về vị trí của các ngôi sao đó, phù hợp với lý thuyết tương đối. Sự làm lệch tia sáng bởi trường hấp dẫn của Mặt trời đã được nhà thiên văn người Anh Arthur Eddington đo trong một lần nhật thực năm 1919, điều này đã đưa Einstein lên tột đỉnh của vinh quang. Lý thuyết Newton cũng tiên đoán sự làm lệch tia sáng trong trường hấp dẫn nhưng với một giá trị nhỏ hơn.

đã được mang theo một máy bay bay trong không gian nơi mà lực hấp dẫn của Trái đất yếu hơn ở mặt đất. Khi trở về, người ta so giờ mà nó chỉ với giờ của đồng hồ để trên mặt đất thì thấy rằng đồng hồ ở Mặt đất chậm mất vài phần tỷ giây. Thời gian của đồng hồ đặt ở mặt đất trong một trường hấp dẫn mạnh hơn đã trôi chậm hơn. Và lại một lần nữa thuyết tương đối đã thắng lẽ phải thông thường.

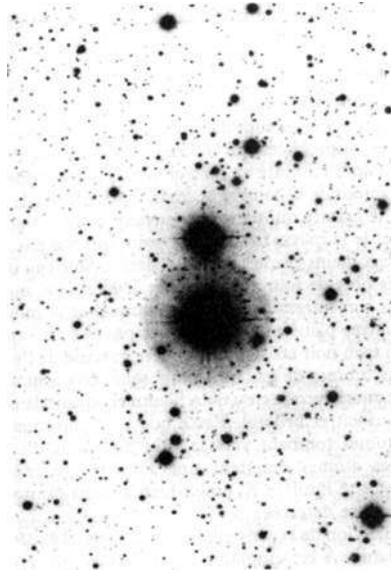
Lỗi đen đôi

Những quan sát không hề nói dối. Bạn buộc lòng phải chấp nhận rằng thời gian và không gian trở nên đàn hồi khi có mặt của vận tốc hoặc trường hấp dẫn. Là người bảo vệ lẽ phải thông thường, vậy là

bạn đã bị đẩy về phòng tuyến cuối cùng. Và bạn đành phải đưa ra vũ khí cuối cùng. Bạn sẽ tấn công vào chỗ mà bạn nghĩ là gót chân Achilles của nhà vật lý thiên văn, điểm yếu nhất của anh ta: đó là khái niệm lỗ đen. Bạn khẳng định rằng nhà thiên văn đã có lợi thế khi nói về các lỗ đen, vì đó là các vật thể không nhìn thấy được, và những quan sát không bao giờ có thể ủng hộ hay bác bỏ chúng. Các lỗ đen sẽ vĩnh viễn chỉ là một sản phẩm của trí tưởng tượng bệnh hoạn của nhà vật lý thiên văn mà thôi. Bạn không cần phải vứt bỏ lương tri để đi theo anh ta trên địa hạt đó.

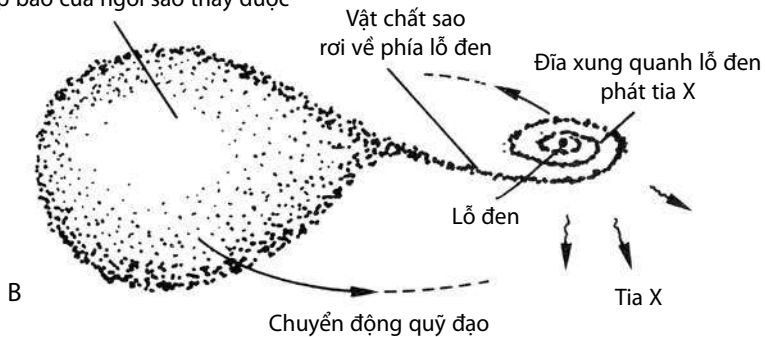
Nhưng bạn đã lầm. Lỗ đen được phát lộ nhờ tạt phàm ăn của nó. Một khi đã được sinh ra, nó sẽ hút tất cả những gì ở gần, ngoài bán kính không thể quay lui, để nuốt ngấu nghiến, nhằm kiếm thêm khối lượng và lớn lên. Thói phàm ăn này có những hậu quả mà ta có thể quan sát được.

Một số ngôi sao, cũng như con người, sống có đôi. Trong số rất nhiều các ngôi sao nặng có những thành viên là các sao đôi, đó là những cặp sao ở rất gần nhau và quay quanh nhau. Nếu một trong hai sao này co lại thành lỗ đen thì ngôi sao kia vẫn tiếp tục quay quanh người bạn đời không nhìn thấy được của mình như không có chuyện gì xảy ra. Trường hấp dẫn chi phối chuyển động của ngôi sao nhìn thấy được chỉ phụ thuộc vào khối lượng tổng cộng của đôi sao, mà khối lượng này thì không thay đổi. Cũng như vậy, nếu có hai bàn tay khổng lồ nén Mặt trời thành một lỗ đen, thì sẽ không có ngày nữa mà chỉ có đêm tối vĩnh viễn, nhưng Trái đất vẫn tiếp tục cuộc hành trình không mệt mỏi hàng năm của nó và chuyển động của tất cả các hành tinh khác cũng không thay đổi. Trường hấp dẫn mạnh của lỗ đen sẽ hút bầu khí quyển của ngôi sao nhìn thấy được về phía nó. Các nguyên tử khí tạo nên bầu khí quyển này



A

Lớp bao của ngôi sao thấy được



B

Hình 26. Lỗ đen trong chòm sao Thiên Nga (Cygne). Bức ảnh 26a chụp một ngôi sao siêu khổng lồ (tức là cực sáng; ngôi sao ở dưới) trong chòm sao Thiên Nga mà theo các nhà thiên văn có một lỗ đen quay quanh nó. Hình ảnh rất lớn của ngôi sao này là do các hiệu ứng quang học gây bởi độ sáng rất lớn của nó chứ không phản ánh đường kính thực của ngôi sao đó. Đường kính này là quá nhỏ để có thể được nhìn thấy trực tiếp. (ảnh, Đài thiên văn Hab).

Hình 26b minh họa một lỗ đen, khi quay xung quanh một ngôi sao siêu khổng lồ (khổng lồ), bằng lực hấp dẫn của mình đã hút lớp bao của ngôi sao đó như thế nào. Vật chất khi được hút tới lỗ đen và tạo thành một đĩa khí bao quanh sẽ nóng lên và phát ra các tia X, nhờ thế mà tiết lộ sự có mặt của lỗ đen.

sẽ rơi hết tốc lực về phía lỗ đen. Do va chạm với nhau trong quá trình rơi đó, khí sẽ nóng lên và phát sáng. Vì chuyển động va chạm của các nguyên tử rơi vào lỗ đen là cực mạnh, nên các nguyên tử này phát ánh sáng có năng lượng cao, đó là các tia X. Vì các tia X này được phát bên ngoài bán kính không thể quay lui nên ta có thể phát hiện được.

Theo hướng chòm sao Thiên Nga có tồn tại một nguồn tia X rất mạnh. Tại chỗ đó có một ngôi sao mà nhờ sự phân tách ánh sáng và dùng hiệu ứng Doppler để nghiên cứu chuyển động của nó, người ta biết được nó quay xung quanh một vật thể khác có khối lượng bằng hàng chục Mặt trời. Mà đối tượng này lại không nhìn thấy được. Người ta nghĩ ngay rằng đây chính là một lỗ đen (H.26). Thậm chí ngay trên địa hạt đầy biến động này, thiên nhiên dường như cũng dành cái lý cho thuyết tương đối. Vậy là, lẽ phải thông thường đã thất bại hoàn toàn.

IV

Big Bang ngày hôm nay

Các nhà thiên văn không thích thay đổi thói quen

Các nhà vật lý thiên văn vốn là những người bảo thủ. Họ không thích hằng ngày có những ý tưởng hoặc những lý thuyết mới ra đời làm thay đổi những hiểu biết mà họ đã có được sau biết bao những nỗ lực của các bậc tiền bối. Việc đột nhiên phải thay đổi một cách sâu sắc quan niệm của họ về thực tại - ngôn ngữ chung của họ, việc phải quét những nhát cọ sửa lại bức tranh đã hoàn thành, việc phải sắp xếp lại những nốt nhạc để tạo ra một giai điệu mới là điều họ khó lòng chấp nhận.

Tuy nhiên, đó chính là điều đã xảy ra khi lý thuyết về Big Bang ra đời. Non một thế kỷ qua nó đã trở thành một hình mẫu⁽⁵⁾ của vũ trụ hiện đại, một lý thuyết mà xuất phát từ đó những dự án và

5. T.S. Kuhn, *Cấu trúc các cuộc cách mạng khoa học*, Bản dịch của Chu Lan Đình, NXB Tri Thức, 2008.

những quan sát được chấp nhận và hoạch định. Big Bang đã trở thành một ngôn ngữ chung mới, một quan niệm mới về thế giới, là bức tranh cuối cùng hiện thời và cũng là giai điệu mới nhất. Một trong nhiều lý do của sự nhất trí mới và nhanh chóng như thế là ở khả năng tiên đoán không còn nghi ngờ gì nữa của lý thuyết đó cũng như thực tế là những tiên đoán của nó đã được kiểm chứng một cách hết sức ấn tượng. Chỉ có lý thuyết Big Bang mới giải thích được những quan sát về bề ngoài rất khác nhau như sự tồn tại của các bức xạ hóa thạch tràn ngập trong toàn vũ trụ, thành phần hóa học của các sao và các thiên hà (ba phần tư là hydrogen (hydrogen) và một phần tư là helium (helium)), và cả thực tế là vũ trụ cũng như các ngôi sao già nhất và những nguyên tử cổ xưa nhất đều có cùng một tuổi. Chúng ta hãy xem xét một cách kỹ lưỡng hơn những điều này.

Bức xạ hóa thạch của vũ trụ

Cùng với Big Bang, vũ trụ có một chiều kích lịch sử. Ngày nay, người ta có thể nói về lịch sử của vũ trụ, với một điểm bắt đầu và một điểm kết thúc, với hiện tại và tương lai. Vũ trụ tĩnh, không thay đổi và không có lịch sử của Newton được xếp vào hàng các vũ trụ đã cáo chung.

Những nghiên cứu dân tộc học tại những vùng heo hút ở châu Phi cùng những bộ xương người nguyên thủy cho phép ta lần ngược trở lại lịch sử của loài người. Các nhà địa chất đào sâu trong các tầng đất đá của vỏ Trái đất để tìm kiếm những cơ thể đã hóa thạch giúp họ dựng lại lịch sử của Trái đất. Cũng như vậy, các nhà thiên văn hướng cái nhìn truy vấn vào vũ trụ để tìm kiếm những hóa thạch trong đó ngó hầu giúp họ dựng lại được lịch sử của vũ trụ.

Hóa thạch vũ trụ quan trọng nhất có tác dụng tập hợp được đa số của cộng đồng khoa học đi theo thuyết Big Bang và tạo nên một tảng đá ngầm mà phần lớn các thuyết đối địch với nó khi đụng vào đều bị vỡ tan tành, đó là một bức xạ tràn ngập toàn vũ trụ và đi tới chúng ta từ thời mà vũ trụ mới được chừng 300.000 năm tuổi. Những hạt ánh sáng, hay còn gọi là photon, tạo nên bức xạ hóa thạch này (khoảng 400 hạt trong 1cm^3) đập vào tay tôi vào lúc tôi đang viết những dòng này hoặc chạm vào mặt bạn trong lúc bạn đang đọc dòng chữ đó. Những hạt ánh sáng đó - mà ta có thể ghi nhận nhờ các kính thiên văn vô tuyến - chính là các nốt nhạc rời rạc mà tự nhiên đã gửi cho chúng ta. Nhiệm vụ của chúng ta là phải giải mã tìm ra giai điệu bí ẩn của chúng.

Sự tồn tại của bức xạ vũ trụ hóa thạch này (còn gọi là bức xạ vi ba nền - ND) đã được thông báo vào năm 1946 bởi nhà vật lý người Mỹ gốc Nga George Gamow. Dựa trên những công trình trước đó của nhà toán học người Nga Alexandre Friedmann và của mục sư người Bỉ Georges Lemaitre, Gamow đã dùng vật lý để lần ngược trở lại theo thời gian tới tận Big Bang, hết như một nhà thám hiểm lần ngược theo dòng sông tới tận ngọn nguồn của nó. Các định luật của vật lý khẳng định rằng vũ trụ cần phải nóng và đặc hơn trong quá khứ. Mặt khác, tương quan lực lượng giữa hai thành phần của vũ trụ là vật chất (các nguyên tử, các ngôi sao và các thiên hà) và ánh sáng cần phải đảo ngược khi vũ trụ còn non trẻ hơn. Toàn bộ vật chất đều là năng lượng, Einstein đã dạy chúng ta như vậy. Trong vũ trụ hiện nay, vật chất chiếm ưu thế vì năng lượng của nó lớn gấp 3.000 lần năng lượng của ánh sáng. Tình hình hoàn toàn đảo ngược lại vào những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ. Trong khoảng giữa 1 giây và 300.000 năm sau vụ nổ nguyên thủy (Big Bang), nhiệt độ

và mật độ của vũ trụ là cực kỳ lớn, tới mức không một cấu trúc nào mà ngày hôm nay chúng ta quan sát được như các thiên hà, các ngôi sao hay các nguyên tử có thể tồn tại được. Khi đó, ánh sáng hoàn toàn ngự trị. Theo Gamov, cái ánh sáng ban đầu có nhiệt độ cao, năng lượng lớn (nhiệt độ cỡ 10.000K – K chỉ nhiệt độ Kelvin - khi vũ trụ khoảng 300.000 năm tuổi) và tràn ngập vũ trụ này vẫn còn tới được chúng ta hôm nay, nhưng đã lạnh đi nhiều. Công mà ánh sáng hóa thạch phải thực hiện trong suốt 15 tỷ năm để tới được thiên hà chúng ta - thiên hà được cuốn đi theo sự giãn nở của vũ trụ - đã làm cho nó kiệt quệ đi nhiều. Ánh sáng mất đi phần lớn năng lượng của nó, tới mức nó chỉ có một nhiệt độ bằng giá là 3°K (-270°C) trên không độ tuyệt đối trong vũ trụ hiện nay. Ánh sáng quá lạnh và có năng lượng thấp này chỉ có thể bắt được nhờ các kính thiên văn vô tuyến.

Điện thoại và vũ trụ học

Trong suốt hai mươi năm sau đấy, không một ai cất công tìm kiếm bức xạ hóa thạch, cái tiếng vọng từ thời sáng thế đó. Và những công trình của Gamow rơi vào quên lãng. Chỉ tới năm 1965 ánh sáng hóa thạch mới được phát hiện một cách tình cờ bởi hai nhà vật lý thiên văn Mỹ là Arno Penzias và Robert Wilson làm việc tại các phòng thí nghiệm của Hãng điện thoại Bell.

Đây là một câu chuyện hay đáng được kể lại. Mỗi quan tâm của Penzias và Wilson không phải là những vấn đề về vũ trụ học. Trong lúc đang tìm cách để cải tiến sự truyền thông qua điện thoại, họ muốn chế tạo một radar hoàn thiện nhất có thể được nhằm thu nhận tốt hơn các tín hiệu từ Telstar, vệ tinh viễn thông đầu tiên. Ban đầu, nhiệm vụ này dự định được thực hiện nhờ một radar của

Pháp. Nhưng việc chế tạo radar đó bị chậm trễ. Ngày phóng Telstar đã tới gần và các nhà lãnh đạo của hãng Bell tỏ ra rất lo lắng. Để phòng trường hợp radar của Pháp không kịp hoàn thành, họ yêu cầu Penzias và Wilson xây dựng một cái khác. Rồi Telstar được phóng lên và chiếc radar của Pháp cũng hoàn thành đúng thời hạn, nhưng chiếc kính thiên văn của Penzias và Wilson dù sao cũng có đóng góp. Nó cho phép thu được không chỉ các tín hiệu của Telstar mà cả một bức xạ bí ẩn ở 3°K. Ngay lập tức họ hiểu ra rằng họ đã nghe thấy tiếng nhạc vọng về từ thời sáng thế. Vậy là, sự chậm trễ của các kỹ sư Pháp đã dẫn tới phát hiện ra hòn đá tảng khác của lý thuyết Big Bang! Không có những quan sát về chuyển động chạy trốn ra xa nhau của các thiên hà và ánh sáng hóa thạch thì tòa nhà Big Bang chắc chắn sẽ sụp đổ.

Người ta có thể tự hỏi: có cần phải đợi tới hai chục năm mới quan sát được một sự kiện có tầm quan trọng to lớn đến như thế hay không và tại sao sau sự chờ đợi quá dài đó nó lại được phát hiện một cách tình cờ như vậy. Lý do chắc không phải là ở chỗ thiếu các phương tiện kỹ thuật. Thực ra, khi các công trình của Gamow về Big Bang được công bố khoảng vài năm sau Đại chiến thế giới lần thứ hai, ngành thiên văn vô tuyến đã tiến bộ rất nhiều nhờ những phát triển về radar trong thời kỳ chiến tranh. Vì vậy, lý do thực của sự chậm trễ ở đây có lẽ là về mặt tâm lý. Big Bang đã mang lại cho khái niệm sáng thế một cơ sở khoa học. Nhưng tôn giáo thì tỏ rõ ý định của mình còn các nhà vật lý thì lại không mấy mặn mà, vô tình “quên” đi những tiên đoán của Gamow.

Sau phát minh của Penzias và Wilson, các nhà thiên văn hăm hở lao vào nghiên cứu bức xạ hóa thạch, dường như là để lấy lại thời gian đã mất. Các kính thiên văn vô tuyến trên toàn thế giới đều góp sức vào. Bức xạ vũ trụ vẫn tồn tại khắp nơi và luôn luôn như

nhau. Nó chỉ cùng một nhiệt độ 3^0K bất kể bạn chia kính thiên văn của mình theo hướng nào (người ta nói rằng bức xạ này là đẳng hướng), bất kể bạn quan sát ở đâu, từ một căn phòng hay trên đỉnh núi, và bất kể bạn điều chỉnh kính thiên văn vô tuyến của bạn tới tần số nào. Vậy là lý thuyết Big Bang đã kiêu hãnh vượt qua được thử thách đầu tiên. Sự sáng tạo ra vũ trụ được nảy sinh từ trí tưởng tượng phong phú của một số nhà vật lý đã thực sự xảy ra trên thực tế. Vũ trụ đúng là đã khởi đầu sự tồn tại của mình từ một pha rất nóng và đặc. Nó được choán đầy bởi ánh sáng - thứ ánh sáng tới được chỗ chúng ta ngày hôm nay đã lạnh đi nhiều. Những hạt ánh sáng hóa thạch vẫn chiếm ưu thế về số đông. Cứ một hạt vật chất thì tương ứng có tới 1 tỷ hạt ánh sáng. Nhưng năng lượng của chúng thì nhỏ tới mức chúng chỉ đại diện cho non một phần tỷ năng lượng của toàn vũ trụ.

Mới đây, những phát hiện của vệ tinh Cobe (tên viết tắt của *Cosmic Background Explorer* - vệ tinh nghiên cứu bức xạ nền của vũ trụ) do NASA (Cơ quan nghiên cứu hàng không vũ trụ của Mỹ - ND) phóng lên quỹ đạo năm 1989 để nghiên cứu bức xạ hóa thạch đã càng khẳng định thêm cho lý thuyết Big Bang. Những quan sát của Cobe nói với chúng ta rằng sự phân bố năng lượng của bức xạ vũ trụ này chỉ có thể hiểu được nếu như vũ trụ, ở lúc bắt đầu của nó, là cực kỳ nóng và đặc. Cobe cũng đã phát hiện ra những hạt mầm của các thiên hà được thể hiện ở những thăng giáng nhiệt độ nhỏ (cỡ 30 phần triệu) của bức xạ hóa thạch. Nó cũng cung cấp cho chúng ta hình ảnh của vũ trụ ở 300.000 năm sau Big Bang. Phát hiện này là hết sức quan trọng đối với lý thuyết Big Bang cũng như đối với sự tồn tại của chúng ta, bởi lẽ không có những hạt mầm thiên hà này, sẽ không có các ngôi sao và các thiên hà và càng không thể có trí tuệ và ý thức.

Đối với helium, tất cả chỉ diễn ra trong ba phút đầu tiên

Chúng ta đều được cấu tạo bằng các nguyên tố hóa học. Xương cốt chúng ta tạo thành từ calcium (canxi). Carbon khi kết hợp với hydrogen, oxygen và nitrogen (nitơ) tạo thành các phân tử của mã di truyền chịu trách nhiệm lưu trữ và truyền thông tin, làm cho con cái chúng ta giống chúng ta. Kẽm giúp chúng ta tiêu hóa rượu. Đồng dùng để tạo sắc tố của da. Gần hai mươi bảy nguyên tố điều khiển sự hoạt động chức năng tốt của cơ thể chúng ta. Chỉ cần thiếu đi một trong số các nguyên tố đó sẽ là bệnh tật.

Các nguyên tố nặng này (tức là các nguyên tố có khối lượng nguyên tử lớn hơn hydrogen và helium - hai nguyên tố nhẹ nhất của vũ trụ) tạo nên chúng ta đồng thời cũng tạo nên nền tảng của sự sống, nhưng chỉ đại diện cho một phần không đáng kể, cỡ 2%, khối lượng của toàn vũ trụ. Các ngôi sao và các thiên hà không có thành phần cấu tạo như con người. Cấu tạo của chúng 98% là hydrogen và helium, chính helium là nguyên tố đã đẩy những quả bóng bay sắc sảo của trẻ em bay lên trời. Trong những năm 60, các nhà thiên văn đã nhận thấy rằng lượng helium so với hydrogen thực tế hầu như không thay đổi từ ngôi sao này sang ngôi sao khác, từ thiên hà này sang thiên hà khác, trái ngược hẳn với các kim loại nặng có số lượng thay đổi có khi tới cỡ hơn 1.000 lần. Các thiên thể luôn có cùng một tỷ lệ: chừng một phần tư là helium và ba phần tư là hydrogen về khối lượng.

Tính quy luật rõ rệt này không thể là kết quả của sự ngẫu nhiên. Sự thay đổi số lượng của các nguyên tố nặng và sự không đổi đối với hydrogen và helium chắc chắn phải phản ánh nguồn gốc của chúng. Ngay từ năm 1939, nhà vật lý người Mỹ Hans Bethe đã phát hiện ra rằng các kim loại nặng có thể được tạo ra ở tâm của các ngôi

sao. Những lò lửa vũ trụ nóng tới hàng chục triệu độ đó sẽ tổng hợp các hạt nhân hydrogen thành các hạt nhân nặng hơn, đồng thời giải phóng một lượng năng lượng khổng lồ để duy trì ngọn lửa đó trong các ngôi sao. Cũng hiển nhiên rằng hydrogen phải là nguyên tố nguyên thủy, tức là có trước khi hình thành các ngôi sao vì chính bản thân các ngôi sao được cấu tạo từ hydrogen. Helium có một thân phận đặc biệt. Chúng không được tạo thành một lượng đủ lớn trong lò lửa ở tâm các ngôi sao, bởi vì nếu tạo được như vậy, năng lượng giải phóng ra sẽ rất lớn, lớn hơn cả lượng năng lượng quan sát thấy trong vũ trụ.

Sự không đổi của tỷ lệ helium đối với hydrogen có thể được giải thích một cách hoàn toàn tự nhiên nếu như hai nguyên tố này là những sản phẩm duy nhất trong những khoảnh khắc tồn tại đầu tiên của vũ trụ, tức cả hai đều là các nguyên tố “nguyên thủy”. Số lượng tương đối của hai nguyên tố này, do đó, sẽ xác định một lần cho mãi mãi, không phụ thuộc vào sự tiến hóa của các sao và các thiên hà trong hàng tỷ năm tiếp sau - nguyên nhân của sự biến thiên lớn về số lượng của các nguyên tố nặng. Mặt khác, sự vắng mặt hiện nay của năng lượng được giải phóng trong sự tạo ra helium có thể được giải thích bởi sự pha loãng năng lượng này do sự giãn nở của vũ trụ. Các nhà vật lý thiên văn lại lao vào công việc một cách cuồng nhiệt và lý thuyết Big Bang lại giành thắng lợi lần thứ hai. Nếu nhiệt độ vũ trụ hiện nay là 3°K , thì những tính toán tiên đoán rằng khoảng ba phút sau vụ nổ nguyên thủy, một phần tư khối lượng của vũ trụ là của helium và ba phần tư còn lại là của hydrogen và tỷ lệ này sau đó chỉ thay đổi rất ít. Đó chính là điều đã quan sát được trong các ngôi sao và các thiên hà... Các nhà vũ trụ học đã càng ngày càng có ấn tượng rằng họ đã đi theo con đường đúng.

Các thiên hà giảm tốc

Bằng chứng cuối cùng có lợi cho thuyết Big Bang đó là tuổi của vũ trụ, tức là khoảng thời gian giữa thời điểm tại đó toàn bộ vật chất của các thiên hà còn ở cùng với nhau và hiện nay. Để biết được tuổi này, về lý thuyết, chỉ cần quan sát một thiên hà, đo khoảng cách và vận tốc chạy trốn của nó rồi chia đại lượng thứ nhất cho đại lượng thứ hai. Trên xa lộ, bạn đi qua một tấm biển chỉ bạn đang ở cách Paris 200km. Một cái liếc nhanh đồng hồ chỉ tốc độ sẽ cho phép bạn biết được bạn đang chạy với vận tốc 100km/h. Và chỉ cần một phép tính nhẩm là bạn có thể biết rằng bạn đã rời Paris 2 giờ trước đây mà không cần phải xem đồng hồ. Phép tính này sẽ là chính xác nếu bạn duy trì đều tốc độ của xe ngay từ lúc bắt đầu rời Paris. Tuổi của vũ trụ nhận được bằng cách chia khoảng cách cho vận tốc cũng sẽ chính xác nếu vận tốc của thiên hà không biến thiên theo thời gian. Nhưng, thiên hà nào của vũ trụ cũng đều phải chịu ảnh hưởng hấp dẫn của khối lượng thấy được (chẳng hạn như khối lượng của các thiên hà) và cả những khối lượng không thấy được (như khối lượng của các lỗ đen) có mặt ở đó. Lực hút hấp dẫn làm chậm tốc độ giãn nở lại: các thiên hà phải chịu một chuyển động giảm tốc nhỏ. Nếu như, ở đầu chuyển đi, bạn cho xe chạy với vận tốc 150km/h trước khi chạy chậm lại với vận tốc 100km/h thì bạn có thể kết luận rằng thực tế bạn đã chạy chưa tới 2 giờ. Cũng tương tự như vậy, do sự giảm tốc của các thiên hà, nên tuổi của vũ trụ sẽ hơi nhỏ hơn tuổi mà bạn nhận được bằng cách chia khoảng cách của một thiên hà cho vận tốc chạy trốn của nó.

Vũ điệu vũ trụ

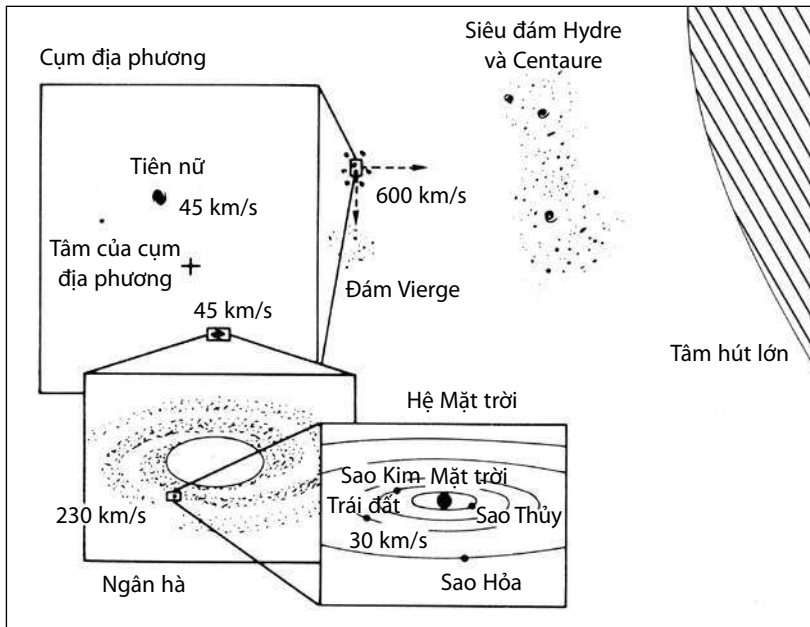
Như vậy, việc đo tuổi vũ trụ tương đương với việc đo khoảng cách và vận tốc chạy trốn của các thiên hà. Vận tốc chạy ra xa nhau của các thiên hà có thể đo được dễ dàng. Thực vậy, chỉ cần phân tách ánh sáng từ các thiên hà tới bằng một máy quang phổ và đo hiệu ứng Doppler. Nhưng hãy dè chừng! Không nên tính rằng chuyển động của các thiên hà chỉ là do sự giãn nở của vũ trụ. Tất cả những chuyển động khác, chẳng hạn như chuyển động do lực hút hấp dẫn của các thiên hà láng giềng, cần phải loại trừ ra.

Các thiên hà vốn không thích cô độc. Chúng dường như có bản năng quần cư và thích kết bè với nhau. Nơi tốt nhất đối với một thiên hà là ở cạnh rìa một thiên hà khác. Bằng cách đó, chúng được tổ chức thành những kết tập, những cấu trúc ngày càng lớn hơn. “Ngôi nhà” thiên hà của chúng ta là một bộ phận của một làng nhỏ, gọi là “cụm địa phương” của các thiên hà, liên hệ với nhau bằng lực hấp dẫn. Làng này, ngoài thiên hà của chúng ta, còn có thiên hà Andromede và khoảng 15 thiên hà lùn trong đó có các vệ tinh của thiên hà chúng ta, rồi những đám mây Magellen lớn và nhỏ, tất cả trải dài trên khoảng cách tới hàng chục triệu năm ánh sáng. Xung quanh ngôi làng vũ trụ của chúng ta lại có những làng khác, tức những cụm thiên hà khác. Khi thâm nhập sâu hơn nữa vào vũ trụ, chúng ta thậm chí còn gặp cả những “thành phố”, đó là những đám gồm tới hàng ngàn thiên hà liên hệ với nhau bằng lực hấp dẫn với kích thước tới hàng ba mươi triệu năm ánh sáng. Cũng như các làng và các thành phố là những bộ phận của một nước, cụm địa phương là một bộ phận của một phức thể lớn gồm tới 10.000 thiên hà tập hợp thành các cụm hay các đám và có kích thước tới 200 triệu năm ánh sáng. Các phức thể này được gọi là các “siêu đám địa phương”

hay còn gọi là “siêu đám Vierge” vì thiên hà Vierge có đóng góp quan trọng về khối lượng trong siêu đám này.

Lực hấp dẫn làm cho các thiên hà trong các cấu trúc đó hút nhau và “rơi” về phía nhau. Những chuyển động rơi được nảy sinh như thể sẽ chống chọi với chuyển động do giãn nở của vũ trụ. Trái đất, thực tế, cũng tham gia vào một vũ điệu vũ trụ đầy phóng túng. Nó mang theo chúng ta trong cuộc hành trình hàng năm xung quanh Mặt trời với vận tốc 30km/s. Đến lượt mình, Mặt trời lại dật theo Trái đất trong cuộc hành trình của nó xung quanh tâm của Ngân hà với vận tốc 230km/s. Rồi Ngân hà lại rơi với vận tốc 90km/s hướng tới người bạn đồng hành của nó là Andromede (theo quan điểm của chúng ta thì Andromede rơi về phía chúng ta; nó là một trong số các thiên hà hiếm hoi mà ánh sáng từ nó phát ra dịch về phía xanh). Chưa hết. Cụm thiên hà địa phương lại rơi với vận tốc 600km/s do bị hút bởi đám thiên hà Vierge và bởi siêu đám thiên hà gần nhất, đó là đám thiên hà Hydre và Centaure. Những quan sát hiện đang tiến hành dường như còn cho thấy rằng vũ điệu vũ trụ chưa dừng lại ở đó: chính siêu đám thiên hà Vierge và các siêu đám thiên hà Hydre và Centaure lại rơi về phía một kết tập thiên hà lớn khác và do còn thiếu thông tin nên các nhà thiên văn tạm gọi nó là “Nhân hút lớn” (H.27).

Mặc dù những thích thú thẩm mỹ mà chúng ta có được nhờ vũ đạo tuyệt vời đó của vũ trụ, nhưng để xác định tuổi của vũ trụ, chúng ta buộc phải cố gắng loại bỏ hết những bước nhảy đó trong những tính toán về chuyển động của các thiên hà. Mục đích của chúng ta là phải nắm bắt được chuyển động giãn nở của vũ trụ trong sự thể hiện thuần khiết nhất của nó. Chúng ta buộc lòng phải loại bỏ đi một cách triệt để nhất có thể được ảnh hưởng hấp dẫn và trong



Hình 27. Vũ điệu vĩ đại của vũ trụ. Trên cái bệ đỡ Trái đất, chúng ta tham gia vào một vũ điệu đầy phóng túng của vũ trụ: Trái đất đẩy chúng ta chuyển động với vận tốc 30km/s xung quanh Mặt trời lại rẽ không gian với vận tốc 230km/s xung quanh tâm Ngân hà. Rồi đến lượt mình, Ngân hà lại rơi với vận tốc 90km/s hướng tới thiên hà Andromede (và mỗi thiên hà này lại rơi với vận tốc 45km/s về phía tâm cụm thiên hà địa phương). Cụm thiên hà địa phương với các thành viên nặng nhất của nó là Ngân hà và Andromede lại dịch chuyển với vận tốc 600km/s do bị hút bởi đám thiên hà Vierge và siêu đám thiên hà Hydre và Centaure và đến lượt mình, siêu đám thiên hà này lại rơi về phía Nhân hút lớn có khối lượng tương đương với hàng chục ngàn thiên hà và bản chất của nó hiện còn chưa biết.

chừng mực có thể chỉ quan sát những thiên hà ở xa siêu đám thiên hà địa phương khoảng 200 lần so với khoảng cách tới thiên hà đồng hành Andromede của chúng ta, tức là ở những khoảng cách cỡ 200 triệu năm ánh sáng. Vì đối với những thiên hà ở gần hơn, chúng ta lại phải mất công loại đi khỏi chuyển động chạy trốn những bước nhảy của vũ điệu vũ trụ.

Tuổi của vũ trụ

Cuộc săn tìm tuổi của vũ trụ còn xa mới kết thúc. Cái mà chúng ta thiếu là chiều sâu của vũ trụ. Việc đo những khoảng cách tới các thiên hà ở xa là cực kỳ khó khăn. Toàn bộ sai số hiện nay trong việc xác định tuổi của vũ trụ đều là do sai số của phép đo khoảng cách. Viễn cảnh thực của vũ trụ vẫn còn tiếp tục lẫn tránh chúng ta.

Dựa trên những ngọn hải đăng vũ trụ là các sao cepheid, Hubble đã đo được chiều sâu của vũ trụ tới 13 tỷ năm ánh sáng, tức là khoảng 4 lần xa hơn cụm thiên hà địa phương. Nhưng ở những khoảng cách xa như thế, các ngọn hải đăng này trở nên rất yếu với độ sáng nhỏ tới mức khó có thể ghi nhận được. Cần phải có những ngọn hải đăng mạnh hơn mới có thể giúp chúng ta thâm nhập sâu hơn vào vũ trụ. Những ngôi sao sáng nhất của một thiên hà (được mệnh danh là các sao siêu khổng lồ vì chúng có độ sáng lớn gấp 100.000 lần Mặt trời và lớn hơn Mặt trời của chúng ta tới 300 lần), những đám sao cầu - tức là các tập hợp có dạng cầu của hàng trăm ngàn ngôi sao, những sao siêu mới - tức những vụ nổ đánh dấu sự cáo chung của các ngôi sao nặng và giải phóng năng lượng trong một giây bằng cả một thiên hà với độ sáng cực đại của nó -, tất cả đều cho đóng góp. Những ngọn hải đăng này cho phép chúng ta tiến sâu vào vũ trụ tới khoảng cách cỡ 300 triệu năm ánh sáng và giải thoát cho chúng ta khỏi ảnh hưởng hấp dẫn của siêu đám thiên hà địa phương. Thật không may, trái với trường hợp các sao cepheid, độ sáng thực của các ngọn hải đăng mới này lại còn ít được biết tới. Cũng như một người, nếu không biết độ sáng thực của đèn pha ô tô, sẽ không thể đánh giá chính xác được khoảng cách từ mình tới chiếc ô tô đó, nhà thiên văn nếu không biết độ sáng thực của các ngọn hải đăng vũ trụ cũng sẽ không đánh giá được khoảng cách tới các thiên hà với độ chính xác cao.

Để đột phá vào bí mật độ sáng thực của các ngọn hải đăng xa xôi này, nhà thiên văn cần phải thực hiện một loạt các phép đo hoàn toàn phụ thuộc vào nhau. Để đo được chiều sâu của vũ trụ, nhà thiên văn cần phải cho xây dựng một giàn giáo trong đó sự cứng vững của tầng này phụ thuộc vào sự cứng vững của tất cả các tầng trước đó (xem Bảng 1). Chân của giàn giáo này đặt ở đám sao Hyades, tức là quần sao ở gần chúng ta nhất. Khoảng cách của nó (bằng 120 năm ánh sáng) đã được xác định chính xác nhờ phương pháp điểm hội tụ mà chắc là bạn còn nhớ, còn độ sáng thực của các ngôi sao trong đám sao Hyades có thể được suy ra từ độ sáng biểu kiến của chúng. Để xây dựng tầng thứ hai của bộ giàn giáo này và đi sâu hơn vào vũ trụ, cần phải tìm các đám sao xa hơn và đặc biệt là các đám sao có chứa các sao cepheid. Có thể xác định được khoảng cách tới các đám sao xa hơn này nếu giả thiết rằng các ngôi sao của chúng có cùng độ sáng thực như các sao trong đám sao Hyades. Một khi đã biết được những khoảng cách đó ta có thể suy ra độ sáng thực của các sao cepheid. Hệ thức chu kỳ-độ sáng của các sao cepheid, đến lượt mình, lại cho phép chúng ta xây tiếp tầng thứ ba và đo được khoảng cách tới các thiên hà ở cách xa tới tận 12 triệu năm ánh sáng. Từ đó ta lại có thể nhận được độ sáng thực của các sao siêu kình, của các đám sao cầu và các sao siêu mới trong những thiên hà đó. Để dựng tiếp tầng thứ tư và thâm nhập sâu hơn nữa vào vũ trụ cho tới tận khoảng cách 300 triệu năm ánh sáng, lại cần phải giả thiết rằng độ sáng của các sao siêu kình, của các đám sao cầu hoặc các sao siêu mới trong các thiên hà xa xôi cũng vẫn như trước và không thay đổi theo thời gian. Sở dĩ thời gian can thiệp vào đây là bởi vì, như chúng ta đã biết, ánh sáng phải mất một thời gian mới tới được chỗ chúng ta và nhìn xa trong không gian cũng

chính là nhìn sâu vào quá khứ. Khi thâm nhập vào chiều sâu của vũ trụ, nhà thiên văn cũng đồng thời lần ngược trở lại theo thời gian.

Bảng 1

Các nhà thiên văn đo được chiều sâu của vũ trụ như thế nào?

Khoảng cách tính bằng năm ánh sáng	Thiên thể	Phương pháp xác định khoảng cách
10×10^9	Các thiên hà xa và các quasar	Sử dụng định luật Hubble: sự dịch về phía đỏ cho biết khoảng cách
300×10^6	Các sao siêu kình, các đám sao cầu và các sao siêu mới	Các ngọn hải đăng vũ trụ có độ sáng thực được xác định nhờ các phương pháp dựng giàn giáo
13×10^6	Các sao cepheid trong các thiên hà thuộc cụm địa phương	Hệ thức chu kỳ - độ sáng thực
1500	Đám sao (Hyades)	Điểm hội tụ
100	Các hành tinh, các sao gần	Thị sai
0		

Việc cho rằng các sao hoặc các thiên thể khác trong vũ trụ không thay đổi theo thời gian và không gian là một giả thiết quá thô bạo, đồng thời chối bỏ lịch sử và bản sắc riêng của chúng trong các thiên

hà khác nhau có lẽ là một điều sai lầm. Hubble đã phải trả giá để hiểu được điều đó vào năm 1929, khi mà để xác định khoảng cách tới thiên hà Andromede, ông đã giả thiết rằng các sao cepheid của thiên hà này có độ sáng y hệt độ sáng thực của các sao cepheid trong Ngân hà của chúng ta. Nhưng điều đó là sai lầm. Thực ra chúng sáng hơn 4 lần. Hubble đã nghĩ rằng Andromede ở gần hơn so với trên thực tế và do đó tìm được tuổi của vũ trụ chỉ là 2 tỷ năm, trẻ gấp 10 lần so với vũ trụ hôm nay.

Một nguyên nhân gây ra sự mất chính xác lớn nữa cho việc đánh giá khoảng cách tới các ngọn hải đăng vũ trụ nằm ngay trong việc xây dựng hệ thống giàn giáo. Với kỹ thuật này, các sai số mắc phải ở từng tầng sẽ lan truyền và tích tụ khiến cho sai số tổng thể đối với các khoảng cách tới những thiên hà ở xa hơn siêu đám thiên hà địa phương, tức là ở tầng thứ tư, sẽ rất lớn, cho dù sai số về khoảng cách tới đám sao Hyades ở chân giàn giáo là rất nhỏ. Sau rất nhiều nỗ lực và sáng kiến, vũ trụ vẫn khuốc từ tiết lộ cho chúng ta biết về chiều sâu thực và tuổi thực của nó. Hiện tại, người ta chỉ có thể nói rằng tuổi của vũ trụ nằm trong khoảng từ 10 đến 20 tỷ năm.

Vậy phải chăng vũ trụ như một người đàn bà đồng danh vĩnh viễn không bao giờ nói cho chúng ta biết tuổi thực của mình? Những dụng cụ mới đã xuất hiện với hy vọng sẽ buộc vũ trụ phải tiết lộ bí mật đó. Một kính thiên văn không gian với đường kính tới 2,5 m sắp sửa được đưa lên quỹ đạo xung quanh Trái đất. Nhờ khả năng nhìn xuyên thấu, không bị bầu khí quyển cản trở, kính thiên văn này sẽ cho phép quan sát được những tinh tú 50 lần mờ hơn và 7 lần xa hơn so với các kính thiên văn lớn nhất đặt trên mặt đất (xem H.12). Nó có thể sẽ ghi nhận được những sao cepheid ở tận đám thiên hà gần nhất, tức là đám thiên hà Vierge, một tập hợp chứa

tới 1000 thiên hà tạo thành một bộ phận của siêu đám thiên hà địa phương và ở cách chúng ta 42 triệu năm ánh sáng. Những khoảng cách nhận được nhờ sử dụng các sao cepheid đó sẽ rất chính xác, góp phần củng cố một cách đáng kể tầng thứ tư của hệ thống giàn giáo của chúng ta. Mặt khác, ngay tầng đáy của giàn giáo đó cũng sẽ được củng cố. Một vệ tinh châu Âu có tên là Hipparcos (theo tên của nhà thiên văn Hy Lạp người đầu tiên đã đo được thị sai của Mặt trăng đồng thời cũng là chữ viết tắt của cụm từ “High Parallax Collecting Satellite” (vệ tinh thu thập các thị sai với độ chính xác cao) đã được đưa lên quỹ đạo vào năm 1990. Nó sẽ cho phép đo được thị sai của các ngôi sao trong đám sao Hyades - đáy của giàn giáo. Khoảng cách tới đám sao này khi đó có thể sẽ được đo với độ chính xác tuyệt vời.

Trên một mặt trận khác, các nhà thiên văn tích cực phát triển những kỹ thuật cho phép đo được trực tiếp khoảng cách tới những thiên thể ở xa mà không cần phải dùng tới giàn giáo này và do đó tránh được những nguồn sai số gắn liền với nó.

Tuổi của các ngôi sao già

Chuyển động chạy trốn ra xa nhau của các thiên hà đã được dùng như chiếc đồng hồ cát vũ trụ để xác định niên đại vũ trụ. Liệu 10 đến 20 tỷ năm ánh sáng đã là tuổi hợp lý của nó hay chưa? Vũ trụ chứa những thiên thể như Trái đất hay các ngôi sao già trong đám sao cầu mà người ta có thể xác định tuổi của chúng một cách khá chính xác. Tuổi này có thể bằng hoặc nhỏ hơn tuổi của vũ trụ, vì khó mà chấp nhận một vũ trụ (theo định nghĩa là chứa tất cả mọi thứ) lại có tuổi nhỏ hơn một thành phần chứa trong đó.

Các đám sao cầu thuộc số các lão làng có mặt trong vũ trụ. Chúng được tạo thành trong tỷ năm đầu tiên của lịch sử vũ trụ. Chúng sẽ được dùng như chiếc đồng hồ cát vũ trụ thứ hai. Bạn hãy thử hình dung một làng tại đó người ta tập trung tất cả trẻ sơ sinh Pháp sinh cùng một ngày, ví dụ ngày 01/01/1988, chẳng hạn. Rồi những đứa bé này sẽ lớn lên. Hằng năm chúng đều tổ chức lễ sinh nhật của mình vào cùng một ngày. Một số đứa sẽ trở nên to béo, còn một số khác thì gầy hơn. Những anh chàng béo bệu dễ mắc bệnh và dễ bị nhồi máu cơ tim hơn, nên cuộc sống ngắn ngủi hơn, chỉ khoảng 50 năm. Những người có thể trọng trung bình sẽ sống được lâu hơn, khoảng 75 năm, trong khi đó những người gầy nhất có thể có tuổi thọ cao hơn nữa, có thể sống tới cả trăm tuổi. Bạn tới thăm ngôi làng đó. Chỉ cần nhìn hình dạng của cư dân trong làng là bạn có thể đoán được tuổi của họ. Giả sử bạn tới đây thăm một lần vào năm 2008, hai mươi năm sau khi bọn trẻ ra đời. Tất cả đều vẫn còn sống. Bạn gặp cả những anh chàng béo bệu, những người có thể trọng trung bình và những người gầy gò và bạn suy ra rằng tuổi chung của họ đều nhỏ hơn 50. Ba mươi năm sau, tức là vào năm 2038, bạn lại tới thăm nơi đây. Bây giờ bạn sẽ chỉ còn gặp những người có thể trọng trung bình và những người gầy. Những anh chị béo bệu đều đã là người thiên cổ. Từ đó bạn rút ra kết luận rằng những người dân hiện tại trong làng có độ tuổi giữa 50 và 75. Ba mươi năm sau nữa, tức là năm 2068, con trai bạn lại tới đây. Nó sẽ chỉ còn gặp những người rất gầy. Và nó suy ngay ra rằng tuổi của họ dao động trong khoảng giữa 75 và 100.

Cũng tương tự như vậy, nhà thiên văn có thể suy ra tuổi của các cư dân “sao” trong làng “đám sao cầu” bằng cách xem xét những đặc tính vật lý của chúng, chẳng hạn như khối lượng và độ sáng.

Cũng như những đứa trẻ trong làng nói ở trên, tất cả những ngôi sao trong đám sao cầu này đều sinh đồng thời do sự co lại của đám mây giữa các vì sao gồm toàn hydrogen và helium. Và cũng như con người, một số ngôi sao sinh ra đã “béo bệu”, chúng nặng hơn và sáng hơn các ngôi sao khác. Những ngôi sao nặng và sáng này tiêu xài một cách hoang phí nguồn năng lượng hạt nhân dự trữ của chúng. Chúng cạn kiệt rất nhanh và chết. Vậy là chỉ sau vài triệu năm chúng sẽ biến mất. Đó là những ngọn lửa rơm trong cả lịch sử dằng dặc của vũ trụ. Trái lại, những ngôi sao “gầy gò”, nhẹ hơn và kém sáng hơn, dùng nguồn dự trữ năng lượng của chúng một cách tàn tiện. Với những phương tiện ít ỏi đó, chúng lại có thể sống tới hàng tỷ năm. Mặt trời là một trong số những ngôi sao tàn tiện đó. Nó đã sống tới 4,5 tỷ năm, nhưng đó mới chưa đầy một nửa thời gian tồn tại của nó. Những ngôi sao nhẹ hơn và kém sáng hơn Mặt trời sống còn lâu hơn nữa, có thể tới 20 tỷ năm. Nhà thiên văn khi tới thăm làng “đám sao cầu” này sẽ chỉ gặp những ngôi sao gầy gò, “ốm yếu” và không sáng lắm. Anh ta có thể kết luận rằng tuổi của các ngôi sao trong đám sao cầu, những ngôi sao già nhất của vũ trụ, nằm trong khoảng giữa 12 và 20 tỷ năm. Những người theo thuyết Big Bang có thể ăn mừng. Chiếc đồng hồ cát vũ trụ thứ hai cũng chỉ gần một tuổi như chiếc đồng hồ thứ nhất.

Tuổi của các nguyên tử cổ xưa nhất

Chiếc đồng hồ cát vũ trụ thứ ba nằm ngay trong tay chúng ta. Nó có liên quan tới thời gian sống của một số nguyên tử. Các nguyên tử không phải đều tồn tại vĩnh cửu. Sau một khoảng thời gian nào đó, chúng sẽ bị phân rã và chuyển đổi thành các nguyên tử khác. Ví dụ nổi tiếng nhất là carbon14 (carbon phổ biến nhất và bền hơn là

carbon 12). Carbon 14 có chu kỳ bán rã (nửa thời gian sống) là 6000 năm, tức là số nguyên tử carbon ban đầu sau 6000 năm sẽ chỉ còn một nửa. Nếu ban đầu bạn có 10.000 nguyên tử carbon 14, thì 6000 năm sau sẽ chỉ còn 5000. Và sau 6000 năm nữa (tức 12000 năm kể từ ban đầu) sẽ chỉ còn 2500. Thêm 6000 năm nữa sẽ chỉ còn 1250. Và cứ tiếp tục như vậy. Do đó, chỉ cần đếm số nguyên tử carbon 14 là ta sẽ biết được tuổi của một vật.

Chiếc đồng hồ cát vũ trụ này mang lại niềm vui cho các nhà khảo cổ nhưng lại là nỗi khiếp sợ đối với những kẻ làm cổ vật hoặc tranh giả. Nó cho phép xác định được một cách rất chính xác niên đại của tất cả các vật có chứa các nguyên tử carbon, từ các bản thảo cổ nhất đến các bức tranh ẩn tượng của Monet.

Carbon 14 sống một cuộc đời chỉ như một tia chớp trong lịch sử vũ trụ. Nửa thời gian sống của nó quá ngắn ngủi, không thích hợp để làm đồng hồ cát cho vũ trụ. Chúng ta cần có các nguyên tử có nửa thời gian sống so được với 10 đến 20 tỷ năm tuổi của vũ trụ. Lần này thì các nguyên tử uranium tới giúp chúng ta. Đó chính là các nguyên tử uranium đã nuôi sống các nhà máy điện hạt nhân của chúng ta, chiếu sáng nhà chúng ta vào ban đêm và tạo ra sức tàn phá ghê gớm của quả bom nguyên tử ném xuống Hiroshima. Cũng như một số nguyên tố nặng khác của vũ trụ, uranium được sinh ra trong cơn hấp hối bùng nổ của các ngôi sao nặng.

Thực tế, có hai loại nguyên tử uranium là uranium 235 có nửa thời gian sống là 1 tỷ năm và uranium 238 sống lâu hơn với nửa thời gian sống là 6,5 tỷ năm. Vì uranium 235 biến mất nhanh hơn uranium 238, nên tỷ số của số các nguyên tử uranium 235 và số nguyên tử uranium 238 sẽ giảm dần. Tỷ số này đánh dấu thời gian và ta có thể dùng nó như một đồng hồ cát vũ trụ. Tuổi của các nguyên tử cổ xưa nhất được chỉ bởi đồng hồ này cũng lại nằm trong khoảng từ 10 đến 20 tỷ năm.

Thoạt đầu không có một mối liên hệ rõ ràng nào giữa ba đồng hồ cát vũ trụ nói ở trên, tức là giữa chuyển động chạy trốn của các thiên hà, sự tiến hóa của các sao và sự phân rã của các nguyên tử. Nhưng việc chúng đều cho cùng một đáp số không thể là chuyện ngẫu nhiên. Ngoại trừ có một âm mưu vĩ đại của vũ trụ nhằm đánh lạc hướng chúng ta, còn thì ở đây cần phải thừa nhận thêm một chiến thắng nữa của thuyết Big Bang.

Cho tới đây, chúng ta mới chỉ đề cập tới những thành công và là những thành công chói sáng của thuyết Big Bang, điều này là hoàn toàn đúng. Nhưng liệu ta có thể nói rằng không hề có một gợn mây đe dọa nào đang lấp ló phía chân trời, rằng mọi vấn đề đều đã được giải quyết bởi lý thuyết đó hay không? Chúng ta sẽ thấy rằng hoàn toàn không phải như vậy, nhưng chúng ta cũng sẽ thấy rằng tất cả không phải đã mất và rằng sự phát triển mới đây của vật lý các hạt vô cùng nhỏ bé, tức vật lý các hạt sơ cấp, thậm chí cũng sẽ góp phần xua tan một phần lớn các đám mây đó.

Tại sao vũ trụ lại đồng nhất đến thế?

Ngay từ đầu, lý thuyết Big Bang đã bị làm lu mờ bởi một số vết đen mà cho tới nay vẫn chưa giải thích được. Vết đen thứ nhất liên quan tới một tính chất rất nổi bật của vũ trụ, đó là tính đồng nhất của nó. Nhiệt độ 3°K của bức xạ hóa thạch tràn ngập vũ trụ là đồng đều theo bất cứ hướng nào mà bạn nhìn: xuống dưới, lên trên, phía trước, phía sau, bên trái hay bên phải. Nó cũng không thay đổi quá 0,001% khi chuyển từ điểm này tới điểm khác trên bầu trời. Vũ trụ có vẻ như là đồng đều theo mọi hướng. Nhưng bức xạ vũ trụ này, như chúng ta sắp sửa thấy dưới đây, được tạo ra khi vũ trụ mới chỉ được 300.000 năm tuổi. Vì ánh sáng là một phương tiện truyền

thông nhanh nhất giữa các vùng khác nhau trong không gian, nên điều này ngụ ý rằng chỉ có những vùng ở cách xa nhau dưới 300.000 năm ánh sáng mới có đủ thời gian để có ảnh hưởng lẫn nhau, tạo ra sự đồng nhất về nhiệt độ. Chân trời vũ trụ khi đó ở cách xa 300.000 năm ánh sáng và ở thang lớn hơn, vì vậy nhiệt độ không lý do *tiên nghiệm* nào phải là đồng nhất cả. Tuy nhiên, những quan sát lại cho thấy rằng nhiệt độ là như nhau theo mọi hướng mà ta quan sát, nghĩa là trong cả các vùng cách xa nhau những khoảng cách lớn hơn 300.000 năm ánh sáng. Tình huống này tương tự như trường hợp hai con tàu đang buông neo giữa đại dương nhưng ở cách xa nhau tới mức không nhìn thấy nhau. Đột nhiên, và chính xác tại cùng một thời điểm, bạn thấy hai con tàu đều nhổ neo và cả hai cùng tiến về phía một hòn đảo với cùng một vận tốc. Với tư cách là người quan sát, bạn sẽ giải thích rằng những hành động tương tự và đồng thời đó không phải được làm một cách tình cờ, hai con tàu đã liên lạc với nhau bằng vô tuyến để quyết định chuyển động chung của họ. Tương tự như vậy, tính đồng nhất phổ quát của vũ trụ cũng ngụ ý rằng tất cả các bộ phận của nó đều có mối quan hệ với nhau. Tuy nhiên, lý thuyết Big Bang trong phiên bản đầu tiên của nó lại khẳng định rằng điều đó là không thể. Và khi đối mặt với câu đố không thể giải thích được về tính đồng nhất phổ quát của vũ trụ, các nhà vật lý thiên văn chỉ còn biết giơ tay lên trời và che giấu sự kém cỏi của mình bằng cách viện đến “các điều kiện ban đầu”: nếu các bộ phận khác nhau của vũ trụ ngày hôm nay đều giống nhau, thì là do ở lúc xuất phát chúng cũng đã là như vậy rồi. “Đấng kiến tạo vĩ đại” đã tạo ra chúng đồng nhất với nhau. Thật là một cách giải thích chẳng giải thích được điều gì!

Tại sao vũ trụ lại có cấu trúc?

Vết đen thứ hai, về một phương diện nào đó, là trái ngược với vấn đề về tính đồng nhất của vũ trụ. Thay vì hỏi tại sao vũ trụ lại đồng đều, nhà vật lý thiên văn bây giờ lại hỏi tại sao vũ trụ lại có những chỗ không đều, tại sao nó lại có nhiều cấu trúc.

Vũ trụ cũng giống như một bức tranh điểm họa khổng lồ của Georges Seurat. Đứng từ xa người ta mới có thể đánh giá được tổng thể của bức tranh, nhưng lại không phân biệt được hàng ngàn những chấm nhỏ muôn màu lung linh tạo nên những hình khối trong bức tranh đó. Những đường viền tưởng như là đồng đều. Chỉ khi tiến đến gần, những hình khối mới được phân tách ra thành muôn vàn chấm màu. Cũng như vậy, vũ trụ nhìn từ xa sẽ thấy rất đồng đều. Mọi chi tiết đều bị xóa nhòa đúng như sự đồng đều lạ lùng của bức xạ hóa thạch đã minh chứng.

Tuy nhiên, vũ trụ không hoàn toàn là đồng đều. Nó có những cấu trúc. Thật may mắn cho chúng ta, bởi vì nếu vũ trụ không có các cấu trúc, thì cũng chẳng khác gì một sa mạc không có những ốc đảo: ở đó, sự sống sẽ không thể tồn tại và phát triển. Nếu vũ trụ của chúng ta không có những cấu trúc thì bản thân chúng ta cũng chẳng có mặt ở trên đời này để nói về điều đó. Hoàn toàn giống như bức tranh của Seurat, các cấu trúc của vật chất sẽ bắt đầu được hiện lên trong một vũ trụ được khảo sát gần hơn. Đầu tiên xuất hiện các cấu trúc lớn nhất, đó là các siêu đám thiên hà với kích thước khoảng hàng trăm triệu năm ánh sáng; khi đan lại với nhau chúng dệt nên bức thảm vũ trụ khổng lồ. Tiếp sau là các đám thiên hà, có kích thước 10 lần nhỏ hơn siêu đám thiên hà, rồi đến các cụm thiên hà 20 lần nhỏ hơn, rồi đến các thiên hà (trong đó có Ngân hà của chúng ta) 2000 lần nhỏ hơn, rồi tới các sao của thiên hà chúng

ta (trong đó có Mặt trời của chúng ta) 10^{15} (1 và 15 số 0 tiếp theo) lần nhỏ hơn, rồi tới Trái đất - cái nôi của con người trong khoảng bao la của vũ trụ - 10^{17} lần nhỏ hơn.

Vậy là phong cảnh của vũ trụ có hai gương mặt: một là sự đồng đều tổng thể gần như là tuyệt đối và hai là cấu trúc phong phú đến lạ lùng ở thang nhỏ. Khi tiến tới gần và nhìn chi tiết hơn, bức tranh đơn điệu, nhạt nhẽo và đồng đều sẽ biến thành một tấm thảm vũ trụ tuyệt vời đầy hình ảnh và motif. Vậy làm thế nào mà vũ trụ có thể phát triển được một hệ thống phân cấp phong phú về cấu trúc xuất phát từ một trạng thái khá đồng đều như thế? Cái phức tạp có thể nảy sinh từ cái đơn giản như thế nào? Vấn đề về cấu trúc của vũ trụ và sự hình thành các thiên hà cho tới nay vẫn còn chưa có lời giải đáp. Và lại một lần nữa, các nhà vật lý thiên văn chịu thua không đoán ra được. Họ lại đành viện đến các điều kiện ban đầu: Đấng tạo hóa đã gieo vào cái vũ trụ đồng đều của mình những cái không đồng đều và những cái không đồng đều này khi đan cài với nhau sẽ tạo thành các thiên hà, các ngôi sao và con người.

Phản-vật chất mất đi đâu?

Đám mây đen thứ ba lấp ló phía chân trời trong phong cảnh Big Bang liên quan tới câu hỏi cơ bản nhất trong số tất cả các câu hỏi: đó là nguồn gốc của vũ trụ. Làm thế nào mà vật chất và ánh sáng (hay bức xạ) đều xuất hiện từ cùng một cấu trúc không gian? Những định luật vật lý nào quyết định các thành phần của vũ trụ là vật chất, phản vật chất và bức xạ?

Phản-vật chất - cái tên gợi ra một cái gì đó có vẻ như là viễn tưởng khoa học - nhưng thực ra không khác mấy so với vật chất tạo

nên chính chúng ta và thế giới xung quanh chúng ta. Hãy xét các thành phần của vật chất, chẳng hạn như hạt nhân của nguyên tử hydrogen hay hạt proton. Theo quy ước, nó mang điện tích dương. Bây giờ bạn chỉ cần đảo dấu điện tích là bạn sẽ nhận được phản-proton. Electron có điện tích bằng điện tích của proton, nhưng có dấu ngược lại (tức là mang điện âm). Hãy đảo dấu điện tích của nó (thành mang điện dương) là bạn có phản-electron hay còn gọi là positron. Phản-vật chất là hình ảnh của vật chất, nhưng là ảnh nhìn qua một gương có tác dụng làm đảo dấu điện tích. Ngoài điện tích ra, các tính chất vật lý của vật chất và phản-vật chất là hoàn toàn như nhau. Phản-proton cũng có thể kết hợp với một phản-electron để tạo thành một nguyên tử phản-hydrogen. Rồi các phản-nguyên tử này lại có thể liên kết với nhau để tạo thành các phản-phân tử và sự sống có thể sẽ xuất hiện sau khi tạo ra những chuỗi dài dưới dạng xoắn các phản-gene ADN. Người ta có thể hình dung có một phản-tôi đang ngồi viết những dòng này và phản-bạn đang ngồi đọc chúng ở một phản-hành tinh xa xôi nào đó quay xung quanh một phản-Mặt trời mất hút trong khoảng bao la của một phản-thiên hà. Bạn và phản-bạn của bạn cùng sống song song với nhau chừng nào còn ở cách xa nhau. Nhưng khi hai người gặp nhau, lập tức sẽ xảy ra tai họa. Chỉ cần một cái bắt tay là cả hai biến hoàn toàn thành hai ánh sáng. Sở dĩ như vậy là vì vật chất và phản-vật chất sẽ hủy nhau khi tiếp xúc với nhau và đều biến thành bức xạ.

Tuy nhiên, xác suất để tìm thấy phản-bạn ở đâu đó trong vũ trụ là cực kỳ nhỏ bé. Vũ trụ dường như không còn phản-vật chất. Các tia vũ trụ, những cơn gió của các hạt tích điện, tới chúng ta từ biên giới của Ngân hà thực tế chỉ chứa các hạt vật chất (mà chủ yếu là các proton). Hơn nữa, người ta không quan sát thấy có quá nhiều các

hạt photon, những hạt ánh sáng được tạo thành từ sự hủy của vật chất và phản-vật chất nếu như chúng có số lượng như nhau. Thực tế, trong vũ trụ hiện nay đúng là số photon vượt quá về số lượng so với các hạt vật chất (1 tỷ so với 1) nhưng con số đó còn xa mới đủ nếu như phản-vật chất cũng nhiều như vật chất. Vậy thì tại sao chúng ta lại sống trong một vũ trụ chỉ gồm có vật chất? Phản-bạn và phản-tôi hiện sống ở đâu? Toàn bộ phản-vật chất cần phải hiện diện ở những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ đã biến đi đâu? Cho tới rất gần đây, những câu hỏi này vẫn còn chưa được trả lời.

Tại sao phong cảnh vũ trụ lại bằng phẳng đến như vậy?

Cuối cùng, còn một đám mây đen nữa biểu hiện sự bằng phẳng của vũ trụ. Từ “bằng phẳng” ở đây là muốn nói về hình học của không gian. Phong cảnh của vũ trụ hiện nay trên quy mô lớn là không có địa hình lồi lõm. Trên xa lộ vũ trụ, bạn sẽ chỉ thấy một phong cảnh rất đơn điệu với những cánh đồng bằng phẳng trải dài mùt tầm mắt. Sự không có địa hình lồi lõm ngụ ý rằng vũ trụ không chứa một lượng lớn vật chất, bởi vì nếu có nhiều, chúng sẽ làm cong hình học tổng thể của không gian. Trong khoảng bao la của vũ trụ, chỉ thi thoảng chúng ta mới gặp các thiên hà tạo nên những thung lũng bởi lực hấp dẫn của chúng và làm dịu bớt đi trong chốc lát vẻ buồn tẻ của những cánh đồng bằng phẳng mênh mông ấy. Vậy thì tại sao vũ trụ lại thiếu độ cong?

Nói rằng vũ trụ về tổng thể là bằng phẳng, cũng tức là nói rằng có tồn tại một sự cân bằng gần như là kỳ diệu giữa hai lực đối kháng nhau, cạnh tranh nhau một cách quyết liệt ngay từ khi bắt đầu lịch sử của vũ trụ. Đó là lực nổ của Big Bang làm nổ tung ra, dẫn tới chuyển động giãn nở của vũ trụ và lực hấp dẫn hút của các thành

phần của nó dưới dạng vật chất và năng lượng có tác dụng làm chậm và cố gắng làm đảo ngược lại chuyển động giãn nở của nó. Nếu có nhiều vật chất và năng lượng hơn, nếu phong cảnh của vũ trụ cong hơn, hay nói một cách khác, nếu lực hấp dẫn lớn hơn lực nổ nhiều, thì từ lâu vũ trụ đã tự co lại thành một lỗ đen khổng lồ và ngày hôm nay chúng ta đã không có mặt ở đây để nói về chuyện này. Cũng tương tự như vậy, nếu có ít vật chất và năng lượng hơn, nếu lực nổ vượt xa lực hấp dẫn, thì vật chất sẽ không bao giờ có thể tụ tập lại thành các thiên hà, các sao, Mặt trời và Trái đất, và chúng ta cũng sẽ không có mặt ở đây để đặt ra các câu hỏi. Sự cân bằng giữa hai lực đó cần phải cực kỳ chính xác. Nếu bạn thay đổi tốc độ giãn nở của vũ trụ vào lúc nó mới được một giây tuổi chỉ một phần rất nhỏ, cỡ một phần tỷ tỷ (10^{-18}) giá trị của tốc độ đó, là bạn có thể làm thay đổi hoàn toàn số phận của nó. Vậy cơ chế vật lý nào đã cho phép điều khiển vũ trụ với độ chính xác ghê gớm như thế? Và ở đây, nhà vật lý thiên văn lại đành gio tay lên trời và thú nhận sự kém cỏi của mình.

Cho tới tận những năm gần đây, những đám mây đen sùng sững vẫn treo lơ lửng trên tòa nhà Big Bang, phủ bóng làm lu mờ sự rực rỡ của nó. Bị dồn đến chiến hào cuối cùng, lý thuyết Big Bang mới bắt đầu tỏ rõ những rạn nứt trong cấu trúc của nó. Nhưng những nỗ lực mới đây trong lĩnh vực vật lý các hạt sơ cấp nhằm xây dựng một lý thuyết thống nhất về tự nhiên, trong đó sẽ chỉ có một “siêu lực” chi phối vũ trụ vào lúc bắt đầu của nó và ý tưởng về giai đoạn giãn nở cực kỳ nhanh gọi là giai đoạn “lạm phát” trong những phần giây đầu tiên của vũ trụ hứa hẹn sẽ cung cấp một thứ xi măng cần thiết để hàn gắn được những rạn nứt đó. Những phát triển mới này cho phép lần ngược trở lại những giây phút bắt đầu của vũ trụ và phác họa được bản sơ thảo đầu tiên về lịch sử của nó. Nhưng trước

khi mở cuốn sách lịch sử đó của vũ trụ, chúng ta cần phải làm quen với bốn lực cơ bản của tự nhiên. Sau đó, chúng ta sẽ làm quen với sự nhòe lượng tử điều khiển thế giới của các hạt vô cùng bé.

Bốn lực

Màn đêm buông. Những ngọn đèn bật sáng. Rồi cơn giông tới. Những tia chớp chiếu sáng bầu trời. Gió giật mạnh. Những chiếc lá bị gió bứt khỏi cành lượn lờ trên không theo những đường cong ngoạn mục trước khi đậu xuống đất. Trong cái cảnh tượng quen thuộc đó của cuộc sống thường nhật đã bộc lộ rõ những lực của tự nhiên. Toàn bộ những biến đổi diễn ra trong thế giới xung quanh chúng ta đều được thực hiện thông qua các lực. Chỉ có bốn lực cơ bản đã tạo ra sự cực kỳ phong phú và đa dạng của những biến đổi và chuyển động trong tự nhiên. Lực hấp dẫn của Trái đất làm cho những chiếc lá úa tàn rơi xuống đất, sau khi đã lượn lờ theo gió. Lực điện từ tạo ra ánh sáng trong các ngôi nhà và các tia chớp trên bầu trời. Lực hạt nhân có tên là “yếu” gây ra sự phân rã của các nguyên tử và sự phóng xạ, nó cho phép các nhà máy điện hạt nhân hoạt động bình thường, cung cấp điện năng đến từng nhà chúng ta. Lực hạt nhân có tên là “mạnh” cho phép sự tồn tại của hạt nhân các nguyên tử tạo nên đất đai, nhà cửa, cây cối và hoa lá.

Chất keo dính của vũ trụ

Lực hấp dẫn ngự trị trong thế giới vĩ mô. Vai trò của nó trên Trái đất đã được nhận ra ngay từ những tiếng bập bẹ đầu tiên của loài người: tất cả các vật đều rơi từ cao xuống thấp. Trong vũ trụ của Aristotle vào thế kỷ 4 trước Công nguyên, chuyển động thẳng đứng

này chỉ đặc trưng cho thế giới không hoàn hảo của Trái đất và Mặt trăng. Thế giới hoàn hảo của các hành tinh khác, của Mặt trời và các ngôi sao có chuyển động tròn lý tưởng và không bị lực hấp dẫn chi phối. Khái niệm vạn vật hấp dẫn, tức là hấp dẫn tác động đến toàn bộ vũ trụ, chỉ xuất hiện cùng với Newton vào thế kỷ 17. Lực hấp dẫn chính là chất “keo dính” của vũ trụ. Nó hút các vật này về phía các vật khác. Nó giữ cho chúng ta ở trên mặt đất, giữ cho Mặt trăng quay quanh Trái đất và các hành tinh quay xung quanh Mặt trời, giữ cho các ngôi sao ở trong thiên hà và các thiên hà trong các đám thiên hà. Nếu loại bỏ lực hấp dẫn đi, chúng ta sẽ trở nên nổi trôi trong không gian, Mặt trăng và các hành tinh cùng các ngôi sao sẽ tan tác trong khoảng bao la của vũ trụ.

Không gì có thể thoát được ảnh hưởng của hấp dẫn. Tất cả những gì là khối lượng hay năng lượng đều phải tuân theo luật lệ của nó. Nhưng có điều nghịch lý là, mặc dù có ảnh hưởng rộng khắp như vậy, nhưng lực hấp dẫn lại cực kỳ yếu. Nó là lực yếu nhất trong số bốn lực của tự nhiên. Ở mức độ các hạt sơ cấp, lực này nhỏ không đáng kể. Nguyên tử hydrogen, nguyên tử đơn giản nhất và cũng là nhẹ nhất trong số tất cả các nguyên tố của vũ trụ, gồm có một electron liên kết với một proton. Lực hấp dẫn giữa electron và proton nhỏ hơn lực điện giữa hai hạt đó cỡ 10^{40} (1 và 40 số 0 tiếp sau) lần. Nguyên tử hydrogen cũng rất nhỏ (cỡ $10^{-8}\text{cm} = 0,00000001\text{cm}$) vì lực điện đủ mạnh để kéo electron lại gần proton. Nếu loại bỏ lực điện đi, và chỉ để lại lực hấp dẫn, thì nguyên tử hydro sẽ phồng to ra cho tới khi chiếm toàn bộ vũ trụ. Lực hấp dẫn yếu tới mức không thể hút giữ cho electron ở cách proton một khoảng nhỏ hơn vài chục tỷ năm ánh sáng.

Cường độ của lực hấp dẫn phụ thuộc vào khối lượng của hai vật

liên quan. Sở dĩ lực hấp dẫn giữa electron và proton yếu cũng còn là do khối lượng cực kỳ nhỏ của electron (10^{-27} gram, con số đầu tiên khác không nằm sau 27 số 0) và của proton, mặc dù proton lớn gấp 2000 lần electron. Do sự cực kỳ yếu và ít quan trọng của lực hấp dẫn ở thang nguyên tử, nên chỉ còn cách áp dụng cho nó câu ngạn ngữ: “Liên hợp lại sẽ làm nên sức mạnh”. Vì chỉ một hạt không đủ nặng để thể hiện được ảnh hưởng của mình, nên nó phải thể hiện thông qua các vật lớn hơn và có khối lượng lớn hơn, chứa một số rất lớn các hạt. Con số này lớn tới mức khó tưởng tượng nổi khi người ta biết rằng 1 gram nước chứa tới khoảng 10^{24} hạt. Thậm chí ở thang các vật trong cuộc sống hàng ngày của chúng ta, lực hấp dẫn vẫn chưa đáng kể. Bạn (giả sử nặng 70kg) không hề cảm nhận được lực hấp dẫn mà người ngồi đối thoại với bạn (giả sử người đó nặng 50kg) tác dụng lên bạn. Nếu như bạn cảm thấy bị “hút” về phía người đó thì hoàn toàn không phải là do lực hấp dẫn mà là do một cái gì đó khác. Khi bạn đi qua một tòa nhà lớn nặng hàng tấn bạn cũng không hề nhận thấy bị hút áp vào những bức tường của nó. Cần phải có những dụng cụ cực kỳ tinh xảo mới có thể đo được ảnh hưởng hấp dẫn của một tòa nhà lớn. Chỉ ở thang thiên văn lực hấp dẫn mới thực sự cảm nhận được và mới có tiếng nói của mình. Khối lượng lớn của Trái đất (cỡ 6×10^{27} g) đã giữ cho chúng ta không nổi trôi trong không gian, như các nhà du hành trong khoang con tàu vũ trụ và giữ cho Mặt trăng không trôi dạt ra xa Trái đất. Mặt trời (nặng 10^{33} g), các ngôi sao (nặng cỡ 10^{33} g), các thiên hà (10^{45} g), các cụm thiên hà (10^{46} g), các đám thiên hà (10^{48} g) và cuối cùng, vũ trụ (?) tạo nên các nấc thang tăng dần về khối lượng và một vương quốc mở rộng ra mãi mãi trong đó lực hấp dẫn ngự trị với tư cách một ông chủ độc tài.

Chất keo dính của các nguyên tử

Như chúng ta đã thấy, lực điện từ mạnh hơn lực hấp dẫn. Sức mạnh của lực điện từ làm cho một thanh nam châm dễ dàng hút được một chiếc đinh bất chấp lực hấp dẫn của toàn bộ khối lượng Trái đất tác dụng lên nó. Lực điện từ tạo nên các nguyên tử bằng cách buộc các electron (mang điện âm) vào các hạt nhân. Một hạt nhân nguyên tử là một tập hợp các hạt proton (mang điện dương) và các neutron (hạt có khối lượng gần bằng proton, nhưng không mang điện, như tên của nó đã chỉ rõ) được liên kết với nhau bằng lực hạt nhân mạnh. Như vậy, chỉ cần cộng các điện tích dương của proton là ta có được điện tích dương của hạt nhân.

Trong thế giới điện từ, người ta chỉ là ai đó khi mà trên danh thiếp của mình có ghi điện tích dương hoặc âm. Bởi vì, trái với lực hấp dẫn - lực tác dụng lên tất cả các khối lượng hoặc năng lượng -, lực điện từ có sự phân biệt rất rõ ràng. Tất cả những hạt không có điện tích, chẳng hạn như hạt ánh sáng (photon) hoặc neutron đều bị loại ra và không thèm biết tới. Đối với những hạt mang điện, lực điện từ áp đặt cho chúng những quy tắc ứng xử rất nghiêm ngặt: các điện tích trái dấu hút nhau và điện tích cùng dấu đẩy nhau. Một proton và một electron sẽ hút nhau, nhưng hai proton sẽ đẩy nhau. Trái với lực hấp dẫn chỉ có hút, lực điện từ có thể hút hoặc đẩy tùy thuộc vào điện tích.

Miền tác dụng của lực điện từ không chỉ dừng lại trong thế giới nguyên tử. Nó can thiệp vào cả việc tạo ra những cấu trúc phức tạp hơn. Nó gắn các nguyên tử lại bằng cách buộc chúng phải chia sẻ các electron của mình để tạo nên các phân tử. Ví dụ, để tạo nên phân tử nước, lực điện từ gắn hai nguyên tử hydrogen với một nguyên tử oxygen. Rồi nó lại đẩy cho các phân tử kết hợp với nhau thành

những chuỗi dài mà biểu hiện cao nhất của chúng là các chuỗi xoắn kép ADN, cho phép có sự sống và di truyền sự sống đó. Do vậy, lực điện từ - chất keo gắn các nguyên tử - chính là nhân tố chủ yếu tạo ra sự cố kết, sự cứng rắn và vẻ đẹp của những vật xung quanh chúng ta. Thiếu nó, Trái đất không còn là rắn nữa, bộ xương của bạn sẽ không còn mang nổi cơ thể bạn, và bàn tay bạn có thể dễ dàng cắt ngang qua những trang giấy của quyển sách này. Vẻ đẹp của những hình khối điêu khắc của Rodin, những đường cong tuyệt mỹ trên cơ thể người phụ nữ hay những đường nét mảnh mai và tinh tế của một đóa hồng, biết bao những khoái cảm thẩm mỹ đó đều do lực điện từ mang đến cho chúng ta. Thiếu nó, thế giới sẽ không còn những hình khối và trở nên tẻ nhạt. Nếu chỉ để mặc cho mỗi một lực hấp dẫn tự tung tự tác thôi, thì các nguyên tử sẽ có những kích thước khổng lồ và các ngôi sao chỉ là những hạt nhân to tướng gồm toàn các proton hoặc neutron.

Cũng như lực hấp dẫn, lực điện từ yếu dần theo quy luật tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai hạt tích điện. Nhưng, trái với lực hấp dẫn - lực che đậy sự yếu ớt của mình ở thang lớn bằng cách cộng ngày càng nhiều khối lượng-, lực điện từ lại phụ thuộc vào độ lớn điện tích mà đại lượng này rất khó làm cho tăng lên được. Bởi vì, nếu các điện tích dương được cộng lại và các điện tích âm bị trừ đi khiến cho đa số các vật trong vũ trụ đều trung hòa về điện, thì điện tích tổng cộng của chúng sẽ bằng không. Cuốn sách, cái ghế, ngôi nhà, Mặt trời, các ngôi sao, các thiên hà và có thể cả vũ trụ nữa đều là trung hòa về điện cả. Lực điện từ không có ảnh hưởng gì đối với chúng. Vì vậy, sức mạnh của lực điện từ nói chung chỉ giới hạn trong thế giới nguyên tử. Nó để mặc cho lực hấp dẫn cai quản cả vũ trụ bao la.

Như tên của nó đã chỉ rõ, lực điện từ có bản chất kép. Nó hút hoặc đẩy các điện tích nhưng cũng làm định hướng kim la bàn hoặc đẩy chiếc đinh dính vào nam châm do lực từ của nó. Hai mặt này của lực điện từ liên hệ khăng khít với nhau. Mặt này không tách rời khỏi mặt kia. Một điện tích chuyển động sinh ra một lực từ. Một từ trường biến thiên lại gây ra dòng điện. Từ trường của Trái đất làm cho kim la bàn của nhà thám hiểm chỉ về cực Bắc là kết quả chuyển động của các hạt tích điện (các proton và electron) trong vùng tâm Trái đất. Những vùng này nóng và bị nén mạnh bởi áp lực của các lớp ngoài của vỏ Trái đất tới mức tâm Trái đất không còn rắn nữa mà ở trạng thái magma và dung nham lỏng, trong đó vật chất được phân tách thành các proton và electron. Cũng tương tự như vậy, từ trường của Mặt trời, của các sao hoặc của Ngân hà đều là kết quả của những chuyển động của vật chất đã được phân tách thành các điện tích.

Mối liên hệ khăng khít giữa điện và từ đã được nhà vật lý người Scotlen James Maxwell phát hiện vào năm 1864.

Lực gây phân rã

Vật chất nói chung không phải là vĩnh cửu. Trong số hàng trăm hạt “sơ cấp” tạo nên vật chất có rất ít hạt là bất tử. Xếp vào hàng những hạt bất tử hiếm hoi đó là electron, photon, và một hạt trung hòa có khối lượng bằng không hoặc cực kỳ nhỏ bé có tên là neutrino. Còn lại tất cả các hạt khác đều sống trọn cuộc đời của mình rồi chết. Ngay cả proton cũng chỉ mon men tới cõi bất tử (tuy nhiên cuộc đời của nó rất dài, ít nhất cũng tới hàng ngàn tỷ tỷ tỷ [10^{32}] năm). Cái chết của một hạt sơ cấp được thể hiện ở sự phân rã của nó thành

các hạt khác. Quá trình này sẽ tiếp diễn cho tới khi hoàn toàn biến hóa thành các hạt bất tử hay còn gọi là các hạt bền.

Lực điều khiển sự phân rã và biến hóa này là lực có biệt danh là “yếu”. Như tên của nó đã chỉ rõ, lực này không mạnh lắm. Mặc dù vẫn lớn hơn lực hấp dẫn nhiều, nhưng lực này yếu hơn lực điện từ tới cả 1000 lần. Tầm tác dụng của lực yếu cũng rất nhỏ. Nó chỉ có sức mạnh trong thế giới nguyên tử, tức là trên những khoảng cách cỡ 10^{-16} cm. Trong cuộc sống hàng ngày của chúng ta, lực này ẩn kín tới mức người ta phát hiện ra nó một cách hoàn toàn tình cờ. Một đêm vào năm 1896, nhà vật lý người Pháp Henri Becquerel tình cờ đặt một tấm kính ảnh vào ngăn kéo cạnh các tinh thể uranium sulfate. Khi ông quay lại vào hôm sau, một lớp màn bí mật đã phủ trên tấm kính ảnh. Nghiên cứu kỹ, ông phát hiện ra rằng các nguyên tử uranium đã phân rã thành các hạt khác làm đen kính ảnh. Ông gọi quá trình phân rã đó là “phóng xạ”.

Lực yếu chiếm một vị trí khá cách biệt trong bộ bốn lực: nó không được dùng để “gắn kết” các hạt như các lực khác. Nó an phận làm cho vật chất chết đi bằng cách bắt phải phân rã. Nếu như lực này biến mất thì nó cũng không khiến cho người ta cảm nhận thấy sự thiếu vắng của nó một cách ngay lập tức. Mặt trời khi đó sẽ tắt sau vài triệu năm (thay vì cả chục tỷ năm) bởi vì lực yếu gây ra một số phản ứng hạt nhân trong lòng Mặt trời, những phản ứng hạt nhân cung cấp năng lượng và tuổi thọ cho nó. Nhưng, trên hết, vật chất sẽ sống lâu hơn. Vũ trụ khi đó sẽ nhan nhản đủ các loại hạt lạ lùng và kỳ quặc cùng chung sống với các hạt electron, photon và proton quen thuộc. Một hóa học mới và xa lạ, một sự sống phức tạp khác biệt với sự sống của chúng ta (sự sống dựa trên hóa học của carbon) có thể sẽ nảy nở và phát triển.

Chất keo dính của các hạt

Các hạt nhân nguyên tử là tập hợp của các hạt proton và neutron. Tất cả các proton đều mang cùng một điện tích dương. Lực điện từ ra lệnh cho chúng phải đẩy nhau, thế mà chúng vẫn ương bướng tụ tập trong các hạt nhân nguyên tử. Cần phải có một lực mạnh hơn lực điện từ rất nhiều và chống lại lực này để giữ cho các proton hợp lại và là chất keo dính của chúng. Đây là lực “mạnh”, mạnh nhất trong bộ bốn lực. Nó mạnh hơn lực điện từ tới 100 lần. Vương quốc của nó, cũng chính là vương quốc của lực yếu, là rất nhỏ bé và ảnh hưởng của nó chỉ có tác dụng trên những khoảng cách trong nguyên tử, tức là cỡ 10^{-13} cm. Lực này cũng có tính chọn lọc, nó chỉ tác dụng lên các hạt nặng như proton và neutron chứ không đếm xỉa tới các hạt nhẹ như electron, photon và neutrino. Khái niệm nặng nhẹ ở đây chỉ có tính chất tương đối. Proton và neutron thực tế nặng chẳng là bao (10^{-24} g), nhưng dù sao chúng cũng lớn gấp 1836 lần electron. Người ta còn chưa biết chính xác khối lượng của neutrino, nhưng chắc chắn là nó nhỏ hơn nhiều khối lượng của electron. Còn đối với photon, nó không có khối lượng. Xứ mù anh chợt làm vua mà!

Cuộc phiêu du vào thế giới vật chất của các nhà vật lý trong suốt hơn hai mươi năm qua đã tiết lộ cho họ thấy rằng cả proton lẫn neutron đều không phải là các hạt sơ cấp và không thể phân chia được nữa, như người ta vẫn tưởng. Thực tế, chúng được tạo bởi các hạt sơ cấp hơn có tên là “quark” được đặt bởi người đã phát minh ra chúng là nhà vật lý người Mỹ thích văn chương, Murray Gell-Mann. Ông đã nhớ tới câu “Ba quark cho Muster Mark” trong cuốn tiểu thuyết *Thức canh cho Finnegans* của nhà văn, nhà sáng tạo ngôn ngữ tuyệt vời James Joyce. Cũng như cho “Muster Mark”, ba là số quark cần thiết để tạo nên một proton hoặc một neutron. Chất keo dính

ba hạt quark này lại chính là lực mạnh. Nếu như lực mạnh này biến đi, chúng ta sẽ sống trong một thế giới của các quark tự do, không còn proton cũng chẳng có neutron, không có nguyên tử cũng chẳng có phân tử, không có Trái đất cũng chẳng có Mặt trời, không có các ngôi sao cũng chẳng có các thiên hà.

Sau khi chúng ta đã làm quen với bộ bốn lực, chúng ta còn phải làm quen rộng hơn nữa với các định luật chi phối thế giới vi mô. Sự làm quen này rất quan trọng để hiểu được sự tiến hóa của vũ trụ, bởi lẽ cái vô cùng nhỏ sẽ để ra cái vô cùng lớn và vũ trụ sẽ nảy ra từ cái “gần như không có gì”. Lại một lần nữa, ở đây, cũng như với cặp không gian-thời gian, lẽ phải thông thường lại phải chịu một thử thách cam go.

Sự nhòe lượng tử

Thế kỷ 19 đã truyền lại cho chúng ta một vũ trụ tất định trong đó khai trừ mọi sự ngẫu nhiên và tất cả đều có thể được mô tả một cách chặt chẽ bởi các định luật toán học và vật lý được phát minh bởi trí tuệ con người. Tất cả các sự kiện đều phải có nguyên nhân, nó không thể xảy ra ngẫu nhiên được. Tính nhân quả chi phối cơ học của vũ trụ tất định. Hầu tước Pierre Laplace, chính người đã vút bỏ giả thuyết về Chúa, đã viết một cách đầy hứng khởi: “Chúng ta cần phải xem xét hiện tại của vũ trụ như là kết quả của trạng thái trước đó của nó và như là nguyên nhân của những cái sắp xảy ra. Một trí tuệ, tại một thời điểm đã cho, nếu biết tất cả các lực chi phối tự nhiên và tình trạng tương ứng của tất cả những cái hiện hữu tạo nên nó, hơn nữa nếu trí tuệ đó đủ rộng lớn để có thể phân tích các số liệu đó, thì sẽ bao quát được chuyển động của các vật thể lớn nhất của vũ trụ và của những nguyên tử nhẹ nhất trong cùng một

công thức: sẽ không có gì là bất định đối với trí tuệ đó và cả tương lai cũng như quá khứ đều sẽ là hiện tại dưới mắt nó”⁽⁶⁾.

Sự ra đời vào đầu thế kỷ 20 của cơ học lượng tử, môn vật lý mô tả các nguyên tử, đã làm vỡ tung cái xiềng xích tất định. Ngẫu nhiên và phóng túng lại rầm rộ quay trở lại một thế giới trong đó tất cả đều được quy định một cách rất chi tiết. Tính bất định đầy kích thích sẽ thay thế cho tính xác định đầy buồn tẻ. Sự nhòe lượng tử sẽ thế chỗ cho sự cứng nhắc tất định và những người lãng mạn sẽ có cơ phục hận.

Bạn hãy thử tưởng tượng mình đang chơi tennis. Quả bóng đi qua đi lại trên lưới. Tại mỗi thời điểm, nếu muốn, bạn đều có thể xác định một cách chính xác vị trí và tốc độ của quả bóng. Chẳng hạn, bạn chỉ cần quay phim trận đấu và sau đó nghiên cứu cuộn phim đó. Bây giờ ta hãy thay hai cầu thủ bằng hai nguyên tử trong một phân tử. Thay vì đánh qua đánh lại quả bóng tennis, hai nguyên tử trao đổi với nhau một electron. Nếu như bạn thử làm cho electron chính những điều đã làm đối với quả bóng tennis, tức là xác định chính xác vị trí và chuyển động của nó, bạn sẽ thất bại một cách thảm hại.

Nguyên nhân của thất bại đó gắn liền với chính thao tác quan sát. Ánh sáng là phương tiện duy nhất để ta liên lạc với electron, để biết nó đang ở đâu và sẽ đi đâu. Muốn quan sát, ta cần phải gửi tới nó những hạt ánh sáng hay photon. Mỗi photon đều có một lượng năng lượng nhất định liên quan đến bước sóng của nó (xem Phụ lục 1). Bước sóng này sẽ quyết định độ chính xác mà ánh sáng có thể vây bọc được thực tại và định vị được electron. Năng lượng photon càng yếu bước sóng của nó sẽ càng dài và thực tại sẽ càng nhòe hơn.

6. P.S. de Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités*, Gauthier-Villars, 1921, p. 3.

Nếu năng lượng photon tăng, bước sóng sẽ giảm và đường bao sẽ chính xác hơn. Nếu ta gửi ánh sáng vô tuyến đến electron để đo vị trí của nó, ta sẽ chỉ có thể nói được rằng nó ở đâu đó trong một vùng rộng có kích thước cỡ bước sóng của ánh sáng đó, tức là khoảng vài chục mét. Nếu ta chiếu electron bằng chùm ánh sáng khả kiến của chiếc đèn pin thì ta có thể định vị electron với độ chính xác cỡ vài chục micrometre. Tia gamma cho phép xác định vị trí của electron một cách cực kỳ chính xác (cỡ một phần tỷ mm).

Bạn có thể tưởng tượng rằng thế thì có vấn đề gì, chỉ cần chiếu electron bằng ánh sáng có năng lượng cao như tia gamma là ta có thể định vị nó chính xác đến bao nhiêu cũng được. Nhưng, lại là chữ nhưng to tướng, chỉ vị trí thôi thì chưa đủ để mô tả thực tại của electron. Chúng ta còn cần phải biết chuyển động (tức vận tốc) của nó nữa. Mà, khi bắn phá electron bằng các photon để dành lấy bí mật về vị trí của nó, chúng ta lại đã làm nhiễu động nó. Các photon sẽ truyền năng lượng cho electron và chuyển động của nó sẽ bị thay đổi. Sự nhiễu động càng lớn nếu năng lượng của các photon càng lớn. Vậy là giờ đây chúng ta phải đối mặt với một vấn đề lưỡng nan: càng làm thu bớt sự nhiễu về vị trí của electron bằng cách chiếu nó bằng các photon có năng lượng cao hơn, chúng ta lại càng làm nhiễu động nó, tức là càng làm nhiễu chuyển động của nó. Chính thao tác xác định đã làm nảy sinh sự bất định.

Chúng ta sẽ không bao giờ giải quyết được vấn đề lưỡng nan này. Cần phải quyết định và lựa chọn. Hoặc là đo vị trí của electron với độ chính xác cao và phải từ bỏ việc biết chuyển động của nó một cách chính xác, hoặc là quan sát vận tốc của nó và chấp nhận vị trí của nó là không chính xác, chứ không bao giờ bạn có thể biết một cách chính xác cả vận tốc lẫn vị trí của nó. Tính bất định này

không phải là do bạn thiếu trí tưởng tượng trong các tính toán của bạn, cũng không phải do các phương tiện đo của bạn không đủ tinh xảo. Mà đây là một thuộc tính cơ bản của tự nhiên được phát hiện vào đầu thế kỷ 20 bởi một trong số những người sáng lập ra vật lý lượng tử, đó là nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg. Tự nhiên tuân theo nguyên lý bất định (xem Phụ lục 4). Thông tin mà bạn thu nhận được về electron không bao giờ có thể là đầy đủ. Tương lai chính xác của nó phụ thuộc vào các thông tin này, do đó bạn cũng sẽ không bao giờ tiếp cận được. Giấc mơ xưa của Laplace về một vũ trụ với guồng máy cực kỳ trơn tru, nơi mà quá khứ, hiện tại và tương lai của từng nguyên tử có thể thấu tóm bởi trí tuệ con người, đã đổ vỡ hoàn toàn. Vĩnh viễn có một phần ngẫu nhiên trong số phận của các nguyên tử.

Tuy nhiên, ngẫu nhiên và nhòe mờ ngự trị trong thế giới vi mô lại trở nên phai nhạt trong thế giới vĩ mô. Về nguyên tắc, chúng ta có thể nhận được cả vị trí lẫn vận tốc với bất cứ độ chính xác nào mà ta mong muốn của quả bóng tennis, của con tàu trên biển, của máy bay trên trời hoặc của ngôi sao trong thiên hà và phát hiện được cả quá khứ lẫn tương lai của chúng. Ánh sáng cho phép chúng ta có được những thông tin ấy tương tác với các vật khác nhau, nhưng năng lượng của ánh sáng này quá nhỏ bé so với năng lượng của các vật đó, đến mức những nhiễu động do nó gây ra có thể bỏ qua. Nghĩa là có thể xem những nhiễu động đó như chưa bao giờ xảy ra. Vì thao tác quan sát thực tế không làm nhiễu động các vật vĩ mô, nên các định luật vật lý mô tả chúng sẽ hoàn toàn là tất định. Các định luật này đã giải thích tốt hành trạng của các vật trong đời sống hàng ngày, quỹ đạo của máy bay, xe lửa và tàu thủy, cả sự sống và cái chết của các ngôi sao và các thiên hà. Thật may mắn cho sức

khỏe tâm lý của chúng ta, bởi vì sự bất định về số phận vốn đã đè rất nặng lên mỗi chúng ta rồi. Chúng ta không cần để cho sự bất định lan tới cả những vật ở xung quanh chúng ta nữa. Như tất cả những ai yêu môn quần vợt, tôi biết chắc rằng nếu tôi giữ cây vợt theo một cách nhất định và vợt quả bóng với một lực có tiết độ thì quả bóng sẽ phải chạm đất ở trong sân chứ không phải rơi một cách ngẫu nhiên ở đâu đó. Bị giới hạn trong thế giới vĩ mô, Newton và Laplace chỉ có thể biết tới quyết định luận. Họ chưa thể tiếp cận tới ngẫu nhiên ở tận trong lòng vật chất.

Quan sát tạo ra thực tại

Một nhà nhân chủng học lặn lội vào tận sâu trong rừng Amazon để nghiên cứu phong tục tập quán của một bộ tộc da đỏ ở đó. Sự hiện diện của ông ta ngay trong cộng đồng những người địa phương đã là một yếu tố gây nhiễu động. Dưới con mắt khảo cứu của nhà khoa học, họ không còn hành xử như là khi chỉ có họ với nhau. Kết quả quan sát của nhà nhân chủng học do vậy mà sẽ thay đổi do chính thao tác quan sát gây ra. Phỏng có ai dám khoe rằng, ít nhất một lần trong đời mình, đã không hề thay đổi cách xử sự dưới cái nhìn của một người khác?

Vậy là quan sát làm thay đổi thực tại và tạo ra một thực tại mới. Cái điều đôi khi đúng đối với con người này lại là một định luật cơ bản của thế giới vi mô. Nói về một thực tại “khách quan” đối với electron, một thực tại tồn tại khi người ta không quan sát nó, cũng chẳng có ý nghĩa là bao bởi vì người ta không bao giờ nắm bắt được nó. Tất cả mọi ý đồ nhằm nắm bắt thực tại khách quan đó đều kết thúc bằng một thất bại cay đắng. Thực tại này sẽ bị thay đổi một cách không thể cứu vãn và biến đổi thành một thực tại “chủ quan”

phụ thuộc vào người quan sát và những dụng cụ đo của anh ta. Thực tại của thế giới vi mô chỉ có nghĩa khi có mặt người quan sát. Chúng ta không còn là những khán giả thụ động trước một màn kịch uy nghi của thế giới các nguyên tử. Sự hiện diện của chúng ta làm thay đổi diễn tiến của vở kịch. Những nốt nhạc mà các nguyên tử gửi cho chúng ta cũng sẽ bị biến đổi đi do chính sự nghe những nốt nhạc ấy của chúng ta. Dạng thức mà giai điệu của thế giới vi mô được tiếp nhận gắn liền với sự hiện diện của chúng ta và những phương trình mô tả thế giới đó cần phải bao hàm một cách tường minh cả thao tác quan sát nữa.

Tính nhị nguyên của vật chất

Vì electron không bao giờ giao phó cho chúng ta đồng thời bí mật về vị trí và bí mật về chuyển động của nó, nên chúng ta cũng không bao giờ có thể nói về quỹ đạo của electron như chúng ta đã từng nói về quỹ đạo của Mặt trăng xung quanh Trái đất. Chúng ta không bao giờ có thể nói rằng electron đi từ điểm A tới điểm B theo một con đường chính xác nào đó, như là chúng ta nói về một chiếc xe hơi đi từ Paris tới Lyon theo xa lộ Nam. Vậy thì nó đi từ A đến B bằng cách nào? Bằng cách vay mượn đồng thời tất cả các con đường khả dĩ từ A đến B. Mọi con đường đều dẫn tới Roma và electron lấy tất cả những con đường đó. Trong một nguyên tử, electron không bằng lòng khôn khéo đi theo một quỹ đạo duy nhất xung quanh hạt nhân như các hành tinh quay quanh Mặt trời, mà nó quay cuồng trong một vũ điệu và đồng thời có mặt khắp nơi trong phòng khiêu vũ của nguyên tử. Làm cách nào mà một electron có thể đồng thời ở trên tất cả các con đường và có mặt ở khắp nơi? Bằng cách đeo cho mình một gương mặt mới, bởi vì electron, photon, hay tất cả

các hạt sơ cấp khác đều có hai gương mặt. Chúng đồng thời vừa là hạt vừa là sóng.

Hạt, khi là sóng, có thể truyền trong không gian trống rỗng bên trong nguyên tử và chiếm toàn bộ không gian đó giống như các sóng tròn truyền và chiếm toàn bộ mặt nước hồ khi người ta ném một hòn đá xuống nước. Nếu như tôi không quan sát nó, thì electron sẽ thoát ra khỏi sự cứng nhắc của thế giới tất định - nơi mà mọi vật đều phải báo cáo một cách chính xác vị trí và chuyển động của chúng - và nó đồng thời có mặt ở khắp nơi. Tôi sẽ không bao giờ có thể nói trước được nó sẽ ở đâu vào một thời điểm xác định nào đó. Nhiều lắm là tôi chỉ có thể đánh giá được xác suất để nó ở chỗ nọ hay chỗ kia mà thôi. Để làm điều đó, trước hết tôi cần phải tính dạng của sóng gắn liền với nó theo một quy trình mà nhà vật lý người Áo Erwin Schrodinger đưa ra vào năm 1926. Sóng của electron, cũng như các sóng trên đại dương, có biên độ rất lớn ở một số chỗ (đó là các đỉnh sóng) và một biên độ khá nhỏ ở những chỗ khác (các nút sóng). Để nhận được xác suất tìm thấy electron, tôi còn cần phải làm theo những chỉ dẫn (cũng được đưa ra vào năm 1926) của nhà vật lý người Đức Max Born, theo đó tôi chỉ cần tính bình phương biên độ của sóng đó. Như vậy, để có cơ may tối đa tìm gặp được electron, tôi sẽ chỉ chọn những nơi hò hẹn của tôi ở các đỉnh sóng và tránh những nút sóng.

Nhưng thậm chí ở các đỉnh sóng, tôi cũng không bao giờ chắc chắn được rằng electron sẽ có mặt ở chỗ hẹn. Có thể là electron sẽ có mặt ở đó 2 trong 3 lần (xác suất 66%) hoặc 4 trong 5 lần (xác suất 80%). Nhưng xác suất sẽ không bao giờ đạt được 100%. Tính xác định đã bị trục xuất ra khỏi thế giới nguyên tử và ngẫu nhiên chiếm ưu thế. Tôi tung một đồng xu lên không trung. Các định luật

của xác suất nói với tôi rằng đồng xu cần phải rơi với số lần sắp và ngẫu nhiên trung bình là như nhau. Nhưng tôi không thể nói chắc là dứt khoát sẽ xảy ra như vậy, cũng như tôi không thể biết chắc chắn sẽ gặp electron ở chỗ các đỉnh sóng.

Ngẫu nhiên gắn liền với bản chất của vật chất vi mô. Đây là sự thất bại hoàn toàn của tính xác định. Einstein vĩ đại, một người theo quyết định luận thâm căn cố đế và cũng là người đầu tiên thừa nhận lưỡng tính sóng - hạt của vật chất, lại hết sức khó chấp nhận vai trò to lớn của ngẫu nhiên trong thế giới các nguyên tử. “Chúa không chơi trò xúc xắc” - ông nói. Nhưng ở đây, ông đã sai lầm. Những tiên đoán của cơ học lượng tử, khoa học thừa nhận vai trò chủ đạo của ngẫu nhiên, đã luôn luôn được khẳng định bởi các thực nghiệm trong phòng thí nghiệm. Bởi vì, nói “ngẫu nhiên” không nhất thiết có nghĩa là “hỗn loạn hoàn toàn” hay “không tiên đoán được”, chẳng qua là không có một lý thuyết tốt mà thôi. Thay vì tiên đoán những sự kiện đơn độc trong thế giới vi mô, chẳng hạn sự rơi của quả táo, quỹ đạo của quả bóng tennis hay chuyển động của Mặt trăng xung quanh Trái đất như trong cơ học cổ điển của Newton hoặc Laplace, cơ học lượng tử mô tả một cách thống kê hành trạng trung bình của nhiều sự kiện trong thế giới vi mô. Không thể chỉ cho chúng ta biết thời điểm chính xác mà một nguyên tử carbon 14 bị phân rã, nhưng bù lại, cơ học lượng tử sẽ cho chúng ta biết trong số rất nhiều nguyên tử carbon 14 về trung bình sẽ có bao nhiêu nguyên tử bị phân rã sau một thời gian chờ đợi là 1 năm, 100 năm hay 10.000 năm. Tính nhân quả ở đây không có ý nghĩa đối với một cá thể nhưng vẫn còn ý nghĩa đối với một tập thể.

Như vậy, sự nhòe lượng tử là một phần không thể tách rời của đời sống một hạt sơ cấp. Trước khi quan sát, nó là nhòe vì nó mang

gương mặt của sóng. Gương mặt này cho phép nó có mặt ở tất cả các con đường dẫn tới Roma. Sau khi sự quan sát bắt được, nó lấy lại gương mặt của hạt. Nhưng sự nhòe vẫn còn đó vì quan sát đã làm nhiễu động nó, và hạt vẫn từ chối giao cho chúng ta đồng thời cả vị trí và chuyển động của nó. Đến đây thì lẽ phải thông thường của bạn nổi xung lên. Làm thế nào mà một hạt lại có thể vừa là sóng lại vừa là hạt được? Ở đây không có gì phải hiểu cả. Tự nhiên vốn đã được làm ra như vậy. Lưỡng tính của các hạt đã được kiểm chứng rất nhiều lần trong các phòng thí nghiệm. Kinh nghiệm có được từ cuộc sống hàng ngày của chúng ta không phải là người dẫn đường tốt khi để cập tới những hạt vô cùng bé. Cũng như Janus, mỗi hạt có hai gương mặt. Chúng đại diện cho hai cách mô tả tự nhiên có giá trị như nhau và bổ sung cho nhau. Trong thế giới của các nguyên tử, nguyên lý bổ sung của nhà vật lý Đan Mạch Niels Bohr sẽ hỗ trợ cho nguyên lý bất định của Heisenberg.

Tất cả đều có thể nếu biết chờ đợi

Khi đó một vấn đề được đặt ra. Nếu ngẫu nhiên ngự trị trong đời sống của các nguyên tử riêng biệt, thì tại sao nó lại biến mất ở thang vĩ mô để nhường chỗ cho quyết định luận? Xét cho cùng thì những vật thể vĩ mô cũng là do các hạt vi mô tạo thành cơ mà. Tại sao Mặt trăng không đột nhiên rời quỹ đạo ellipse của nó xung quanh Trái đất để nhảy múa xung quanh Mộc tinh? Các định luật của cơ học lượng tử nói rằng, về nguyên tắc, điều đó cũng có thể. Nhưng xác suất để một sự kiện như vậy xảy ra là nhỏ tới mức nó chỉ có thể tới nếu chúng ta có một tuổi thọ vĩnh cửu ở phía trước. Chìa khóa của câu trả lời này nằm trong con số cực lớn các nguyên tử (10^{50}) chứa trong Mặt trăng. Khi có mặt một số lớn hạt như vậy,

ngẫu nhiên sẽ được trung hòa và trở nên nhỏ bé để có lợi cho quyết định luận. Nhưng, và đây là điểm quan trọng nhất, nó sẽ không bao giờ hoàn toàn vắng mặt. Sự nhòe lượng tử, về nguyên tắc, cho phép Mặt trăng có thể làm một vòng xung quanh Mộc tinh nếu như nó tồn tại vĩnh viễn. Nhưng cuộc đời chỉ có trăm năm đáng thương của chúng ta, 4,6 tỷ năm của hệ Mặt trời hay ngay cả 15 tỷ năm của vũ trụ đi nữa thì cũng chỉ là một thời khắc ngắn ngủi so với vĩnh cửu. Đó không phải là chuyện mà thức dậy vào ngày mai là bạn phát hiện ngay ra Mặt trăng quay xung quanh Mộc tinh.

Cũng tương tự như vậy, một số lớn nguyên tử chứa trong các vật trong cuộc sống hằng ngày của chúng ta đã ngăn cản không cho ngẫu nhiên thể hiện ra. Nếu bạn đặt một quyển sách lên bàn, bạn sẽ không có nguy cơ tìm thấy nó trong bốn tấm. Những tên cướp có thể còn phải đợi lâu trong góc phố trước khi số tiền có trong két sắt nhà băng tự động nằm trong túi của chúng. Tôi chắc là sẽ không bao giờ thấy được ngày mà bức tranh La Joconde của Leonard de Vinci rời Bảo tàng Louvre để tới ngự trong phòng khách của tôi. Cơ học lượng tử nói rằng có một xác suất khác không để điều đó xảy ra. Tất cả đều có thể miễn là phải chờ đợi. Nhưng sự chờ đợi này có nguy cơ phải rất dài lâu và điều đó giải thích tại sao những câu chuyện về người biến mất ở một điểm nào đó trong không gian rồi lại xuất hiện trở lại ở một điểm khác chỉ có trong các phim truyền hình nhiều tập về khoa học viễn tưởng chiếu trên TV.

Con xúc xắc của Chúa và các gene

Nhưng những điều nói trên phải chăng có nghĩa là ngẫu nhiên lượng tử không có ảnh hưởng gì đến đến sự tồn tại của chúng ta? Chắc chắn là không phải như vậy. Bởi vì, chẳng hạn như chính ngẫu

nhiên này đã góp phần tạo ra năng lượng Mặt trời cần thiết cho toàn bộ sự sống, mà đặc biệt là sự sống của chúng ta trên Trái đất. Ở tâm Mặt trời là một lò lửa khổng lồ nóng tới hàng chục triệu độ (Kelvin), nó tạo ra năng lượng bằng cách tổng hợp các proton và neutron thành helium. Bị dồn đẩy mãnh liệt bởi nhiệt, các proton và neutron lấy hết tốc lực lao vào nhau để va chạm và tổng hợp với nhau. Một proton xông vào một proton khác. Cũng như mọi proton, proton này mang điện tích dương. Lực điện từ ngăn cấm các hạt có điện tích cùng dấu kết hợp với nhau và có cường độ tăng theo mức độ các proton tiến lại gần nhau, nó ra lệnh cho các proton này phải đẩy nhau và quay ngược trở lại. Và điều này diễn ra trong phần lớn thời gian. Đa số các proton tới gần nhau một khoảng cách nào đó rồi quay ngược 180 độ để chuyển động theo một hướng khác. Phần lớn những cuộc hẹn hò đều không thành. Nhưng đôi khi, mệnh lệnh của lực điện từ không được tôn trọng. Cơ học lượng tử cho phép proton vi phạm luật điện từ. Dưới sự ngự trị của nó, mọi thứ đều có thể và đối với nó, mọi luật lệ tạo ra để mà vi phạm. Cơ học lượng tử cho phép các proton tiến gần tới một proton chừng nào còn có thể để tổng hợp với nhau. Những vi phạm lượng tử đối với luật điện từ này sẽ là cực kỳ hiếm hoi nếu như chỉ có một vài proton. Nhưng vì số proton (10^{57}) ở tâm Mặt trời lớn tới mức kết quả tổ hợp lại của các vi phạm đủ để tạo ra độ sáng của ngôi sao của chúng ta. Trái ngược với tên trộm nhà băng, các proton có thể rất nhanh chóng kiếm lợi từ sự nhòe lượng tử do số lượng cực lớn của chúng. Như vậy, thì rõ ràng là ngẫu nhiên lượng tử có trách nhiệm trực tiếp đến sự sống còn của chúng ta. Không có nó để chống đối lại sự cứng nhắc điện từ thì các ngôi sao và các thiên hà không còn sáng vào ban đêm và chúng ta cũng không có mặt ở đây để nói về điều đó.

Sự nhòe lượng tử cũng đã từng phục vụ bạn khi bạn ngồi nghe một đĩa nhạc của Bach qua bộ dàn laser của bạn hoặc xem chương trình “Apostrophes” trên TV. Các dụng cụ nghe nhìn này hoạt động được là nhờ các linh kiện điện tử nhỏ xíu gọi là các “transistor”. Chính chúng đã tạo ra sự khuếch đại dòng điện, một hiện tượng chỉ có thể giải thích được trong khuôn khổ của cơ học lượng tử. Ngay chính bản thân chúng ta cũng mang rất sâu những hậu quả của sự nhòe lượng tử. Nó đã can thiệp vào sự tạo ra các chuỗi xoắn dài các phân tử ADN chịu trách nhiệm cho sự thụ thai trong bụng người mẹ. Chúa chơi trò xúc xắc để xác định hành trang di truyền của chúng ta.

Sự nhòe lượng tử vậy là thực sự sống cùng với chúng ta. Lần tới, nếu bạn có dịp chiêm ngưỡng những đường nét thuần khiết và hoàn hảo của một bức tượng của Rodin, chắc bạn sẽ nói rằng bên dưới cái vẻ ngoài vững chắc không thay đổi và chính xác tuyệt vời đó là một thực tại sôi động và cực kỳ không chính xác. Dưới con mắt xoi mói của chiếc kính hiển vi, bức tượng tưởng như choán đầy không gian đó lại là trống rỗng. (Cái khoảng trống to lớn ngăn cách giữa các nguyên tử đó được sắp thẳng một cách tuyệt hảo trong các mạng tinh thể như hàng ngũ của những người lính rất có kỷ luật). Nhưng, trên hết là khoảng trống ngay bên trong chính các nguyên tử. Hạt nhân chỉ chiếm một phần triệu tỷ (10^{-15}) thể tích của nguyên tử và mất hút trong khoảng mênh mông đó. Hạt nhân trong nguyên tử cũng giống như một hạt thóc đặt giữa một sân bóng đá. Sự trống rỗng đơn điệu chỉ bị phá vỡ khi có một đoàn các electron cuồng nhiệt đi qua theo mọi hướng, chúng nhảy nhót hết chỗ này sang chỗ kia và không dừng ở đâu cả. Các hạt nhân nguyên tử cũng không đứng yên. Chính bản thân chúng lại là phòng nhảy trong

đó các proton và neutron có thể thoải mái chạy nhảy theo nhu cầu chuyển động của chúng. Những chuyển động này ít cuồng nhiệt hơn các electron vì chúng béo và nặng hơn và cũng bởi vì phòng nhảy trong hạt nhân nhỏ hơn phòng nhảy của nguyên tử rất nhiều. Ở thang vi mô, bức tượng của Rodin sẽ biến thành gần như trống rỗng được khuấy động chỉ bởi những dao động lượng tử của các electron, proton và neutron.

Sự vay mượn năng lượng của nhà băng Tự nhiên và các hạt ma

Cơ học lượng tử có đặc tính nổi loạn. Nó thích vi phạm luật và chối bỏ trật tự đã được xác lập. Ngay cả những pháo đài của cơ học cổ điển và thuyết tương đối mà người ta tin là vững chắc nhất và được bảo vệ tốt nhất cũng không chịu nổi sự công phá của nó. Một trong số những pháo đài gây ấn tượng nhất bị sụp đổ, đó là lỗ đen. Như tên của nó đã chỉ rõ, lỗ đen không cho bất cứ cái gì thoát ra ngoài, dù là vật chất hay ánh sáng, một khi đã vượt qua bán kính không thể quay lui. Là một kẻ phàm ăn, nó nuốt ngấu nghiến tất cả những gì đi qua cạnh nó, dù là các ngôi sao trong một thiên hà hay một con tàu vũ trụ và trở nên ngày càng lớn và nặng hơn. Theo thuyết tương đối, vật chất bị lỗ đen nuốt sẽ mất hẳn và vĩnh viễn đối với thế giới bên ngoài lỗ đen. “Hẳn” và “vĩnh viễn” là những từ không tồn tại trong từ vựng của cơ học lượng tử. Đối với nó tất cả đều có thể, miễn là phải biết chờ đợi. Bằng cách dùng cơ học lượng tử, vào năm 1974, nhà vật lý thiên văn người Anh Stephen Hawking đã chứng minh được rằng các lỗ đen không đen đến mức như thế, nó cũng vẫn bị mất khối lượng và bay hơi phát ra ánh sáng. Thật là vô cùng trớ trêu, các lỗ đen lại có thể “phát sáng”!

Cơ học lượng tử thực hiện nhiệm vụ khó khăn đó bằng cách viện đến nguyên lý bất định Heisenberg dưới một dạng khác. Vì tự nhiên không chỉ cản trở việc biết chính xác đồng thời vị trí và vận tốc của electron, mà nó còn làm nhòe cả năng lượng của một hạt sơ cấp, một độ nhòe phụ thuộc vào thời gian sống của hạt đó. Thời gian sống của nó càng ngắn thì năng lượng của nó càng bất định (xem Phụ lục 3). Sự nhòe này về năng lượng cho phép cơ học lượng tử vi phạm định luật bảo toàn năng lượng - một định luật thống trị thế giới vĩ mô. “Trong cuộc đời này không có gì là cho không cả” hay “không thể có được cái gì mà không mất gì cả” - đó là những câu tổng kết định luật đó. Chúng ta cần phải làm việc và tiêu tốn năng lượng để nuôi sống chúng ta. Một chiếc xe hơi chỉ lăn bánh được nếu chúng ta đổ đầy xăng cho nó. Nếu ta cộng tất cả các chi phí năng lượng của chiếc xe, thì tổng năng lượng mà xe tiêu thụ đúng bằng năng lượng của lượng xăng đã sử dụng.

Nhưng trong thế giới lượng tử, tự nhiên hành động khác. Nó không còn tôn trọng định luật bảo toàn năng lượng nữa. Do sự nhòe của năng lượng, nên năng lượng có thể sinh ra ở nơi không có gì cả. Phương châm của nó như sau: “Năng lượng có thể cho không. Nó có thể nhận được mà chẳng phải mất gì”. Tự nhiên có thể cho vay năng lượng mà không yêu cầu phải đáp lại gì và cái năng lượng cho không này có thể làm sinh ra các hạt sơ cấp. Chỉ có điều hoạt động của nhà băng Tự nhiên phải tuân theo nguyên lý bất định. Toàn bộ số năng lượng vay sớm hay muộn gì sẽ phải trả lại, tổng số năng lượng vay càng lớn, thì việc trả lại càng phải nhanh. Mặc dù năng lượng được vay để sinh ra một hạt là rất nhỏ (chúng ta không cảm thấy năng lượng của một hạt nếu nó chạm vào da ta), nhưng lại là quá lớn đối với nhà băng Tự nhiên, khiến cho sự vay mượn đó chỉ kéo dài trong một phần nhỏ của giây. Một khi sự trả nợ hoàn tất,

nhà băng Tự nhiên thu lại năng lượng của nó và cân bằng thu chi, thì hạt cũng biến mất. Các hạt sinh ra từ sự nhòe năng lượng như vậy tồn tại một cách ma quái. Xuất hiện một cách ngẩn ngui và lén lút rồi biến mất. Để mặc chúng, chúng sẽ không bao giờ có thể rời bỏ thế giới các bóng ma và xuất hiện ở thế giới thực. Chúng ta cũng sẽ không bao giờ phát hiện ra chúng bằng các dụng cụ của chúng ta. Đó là các “hạt ảo”, các hạt đang hình thành và không bao giờ trở thành thực cả. Vì để trở thành hạt thực, nó cần phải có năng lượng, nhưng nhà băng Tự nhiên lại từ chối không cho vay dài hạn. Như vậy, không gian bao quanh chúng ta có vô số các hạt ma, chúng xuất hiện rồi biến mất với một tốc độ điên cuồng. Ở một thời điểm đã cho, không gian trong một khối lập phương có mỗi cạnh 1cm có thể chứa tới 1.000 tỷ tỷ tỷ (10^{30}) các electron ảo.

Đừng nên nghĩ rằng chỉ có vật chất mới có quyền chơi với ma. Thực tế sự tồn tại ma quái của nó sẽ chỉ có thể nhờ sự hiện diện cũng không kém phần ma quái của phản-vật chất. Bởi vì nếu như nhà băng Tự nhiên sẵn lòng cho vay năng lượng thì nó lại kiên quyết từ chối không cho vay điện tích. Định luật bảo toàn điện tích cần phải được tôn trọng một cách rất chặt chẽ. Điện tích của không gian trước khi hạt ảo xuất hiện là zero, nên việc tạo ra một electron ảo mang điện âm luôn luôn phải kèm theo sự tạo ra một hạt positron ảo mang điện tích ngược dấu. Như vậy, bên cạnh vũ điệu ma của các hạt ảo còn có vũ điệu cuồng nhiệt của các phản-hạt ảo của chúng.

Tới đây bạn có thể nghĩ rằng các nhà vật lý đúng là có một tâm hồn méo mó. Họ bịa ra các hạt ma không thể phát hiện được để làm cái quái gì nhỉ? Phải chăng vật lý học đang rơi vào cơn mê sảng nặng? May thay, hoàn toàn không phải như vậy, bởi vì nếu các hạt ảo không thể nhìn thấy được trực tiếp thì sự hiện diện của chúng lại

có thể suy ra một cách gián tiếp. Không có sự tồn tại ma của chúng thì một số hành trạng của các nguyên tử sẽ không thể giải thích nổi. Chính chúng là những hạt tải lực hạt nhân mạnh, lực duy trì tập hợp các proton và neutron trong hạt nhân nguyên tử.

Một lợi ích khác của các hạt ảo là trong một số hoàn cảnh đặc biệt chúng có thể trở thành thực và đi vào thế giới thực. Nếu một hạt ảo tìm được người bảo trợ đủ hào phóng để trả giúp món nợ cho nhà băng Tự nhiên, thì nó có thể rời thế giới ma và được vật chất hóa trong thế giới vật lý kèm theo cả phản hạt của nó. Chính hấp dẫn lại rất thích đóng vai người bảo trợ và giúp cho các hạt ảo biến tiềm năng của chúng thành hiện thực và cũng chính ở đây chúng ta sẽ tiếp tục trở lại câu chuyện của chúng ta về lỗ đen.

Các lỗ đen bốc hơi

Lực hấp dẫn của một lỗ đen, như chúng ta đã thấy, là cực kỳ lớn. Vì rất giàu năng lượng, nên hấp dẫn sẽ trả giúp món nợ năng lượng cho các hạt ảo và các phản-hạt của chúng ở ngay sát phía bên kia bán kính không thể quay lui của lỗ đen. Một khi món vay đã được trả, các hạt này sẽ ra khỏi thế giới các bóng ma và bước vào thế giới thực. Chúng ta hãy theo dõi số phận của các cặp electron và phản-hạt của chúng (hay positron) đã được tạo ra bằng cách như vậy. Có nhiều trường hợp có thể xảy ra: hai hạt này có thể lại rơi vào nanh vuốt của lỗ đen và bị nó nuốt chửng, khi đó cuộc du ngoạn của chúng trong thế giới thực quả là ngắn ngủi. Hoặc cũng có thể electron thoát được ra khỏi sự khống chế của lỗ đen nhưng phản hạt của nó, kém may mắn hơn, lại rơi vào vực thẳm đó. Electron này gặp một positron khác cũng vừa thoát khỏi nanh vuốt của lỗ đen và cả hai hủy nhau trở thành ánh sáng. Nếu electron và phản

hạt của nó cùng thoát ra khỏi lỗ đen thì sự gắn bó của chúng cũng sẽ kết thúc bằng sự hủy nhau tạo thành ánh sáng. Như vậy là ánh sáng thoát ra khỏi lỗ đen, tức là lỗ đen “phát xạ”. Năng lượng được trả giúp bởi hấp dẫn để vật chất hóa các hạt ảo xét cho đến cùng có nguồn gốc từ năng lượng gắn liền với khối lượng của lỗ đen. Khối lượng này sẽ giảm theo mức độ hào phóng mà hấp dẫn của lỗ đen cung cấp nguồn năng lượng dự trữ của nó để giúp các hạt từ bóng ma trở thành hiện thực và biến thành ánh sáng. Đúng là lỗ đen đã “bay hơi” thành ánh sáng. Như vậy là Jules đã bị đớp và giết chết bởi lỗ đen rồi xuất hiện trở lại dưới dạng các hạt ánh sáng. Âu cũng là một sự an ủi, dù là nhạt nhẽo!

Tốc độ “bay hơi” không như nhau đối với tất cả các lỗ đen. Mỗi một lỗ đen có một nhiệt độ điều khiển sự bay hơi và nhiệt độ này tỷ lệ nghịch với khối lượng của nó. Lỗ đen càng nặng, nhiệt độ của nó càng thấp thì khối lượng bay hơi thành ánh sáng của nó càng chậm. Như vậy, trái ngược hẳn với con người, lỗ đen béo nhất lại là những lỗ đen sống dai nhất. Thời gian sống của một lỗ đen tỷ lệ với lập phương khối lượng của nó. Cứ tăng gấp đôi khối lượng là sống được lâu hơn 8 lần. Những lỗ đen tạo thành từ cái chết của các ngôi sao có khối lượng lớn hơn khối lượng của nhiều Mặt trời cộng lại. Khối lượng này là rất lớn, và tốc độ bay hơi yếu tới mức những lỗ đen là hậu duệ của các ngôi sao dường như sẽ tồn tại vĩnh viễn. Chẳng hạn, lỗ đen có khối lượng bằng khối lượng của Mặt trời ($2 \times 10^{33}\text{g}$) chỉ có nhiệt độ khoảng một phần mười triệu độ và phải sau 10^{65} năm (1 và 65 số không tiếp sau) mới bay hơi hết, tất nhiên nếu ta thừa nhận rằng có thể làm được điều đó. Bởi vì, cũng hoàn toàn giống như nước trong một ấm đun trà chỉ có thể bay hơi chừng nào nhiệt độ của không khí xung quanh nó thấp hơn nhiệt độ của nước

sôi, lỗ đen cũng chỉ bay hơi nếu không gian bao quanh lạnh hơn nó. Chúng ta biết rằng điều đó không xảy ra ngày hôm nay, bởi vì bức xạ tràn ngập vũ trụ có nhiệt độ là 3^0K . Cần phải đợi hơn 10^{20} năm nữa khi mà sự giãn nở của vũ trụ làm cho vũ trụ lạnh xuống tới một phần mười tỷ độ (với giả thiết rằng vũ trụ không co lại trước đó) thì lỗ đen có khối lượng bằng Mặt trời mới có thể bắt đầu biến dần thành ánh sáng (xem Phụ lục 3).

Như vậy, các lỗ đen có xuất xứ từ các ngôi sao thực tế là tồn tại vĩnh cửu. Nhưng liệu có những lỗ đen có khối lượng nhỏ hơn nhiều và do đó có sự bốc hơi mạnh hơn không? Những lỗ đen có khối lượng nhỏ rất ít xuất hiện. Bởi vì nén các vật không đủ nặng xuống dưới bán kính không thể quay lui để biến chúng thành lỗ đen là cực kỳ khó khăn. Bạn chắc còn nhớ rằng, nếu như bạn nặng 70kg thì tôi cần phải nén bạn chỉ còn bằng một phần trăm ngàn tỷ tỷ cm (10^{-23}cm) bạn mới trở thành một lỗ đen được. Không một quá trình tự nhiên hay công nghệ nào cho phép làm được điều đó. Trong vũ trụ hiện nay, chỉ có lực hấp dẫn là biết biến những ngôi sao nặng tới 10^{33} gram, chứ không phải những người nặng 70kg, thành lỗ đen.

Tuy nhiên, trong lịch sử vũ trụ có những giây khắc, ở ngay lúc mới bắt đầu của nó, khi mà vũ trụ còn rất nhỏ và đặc, đồng thời lực hấp dẫn mạnh tới mức có thể tạo ra những lỗ đen mini nguyên thủy có khối lượng nhỏ. Nhà vật lý thiên văn người Anh Stephen Hawking đã đưa ra giả thuyết rằng trong những phần của giây đầu tiên, vũ trụ có thể sinh ra nhiều lỗ đen mini có khối lượng khoảng 1 tỷ tấn (tức 10^{15} gram). Từ “mini” ở đây cũng có ý nghĩa tương đối thôi. Khối lượng của các lỗ đen mini này nhỏ hơn khối lượng Mặt trời khoảng 1 tỷ tỷ lần nhưng vẫn còn lớn gấp 10 tỷ lần khối lượng con người. Một lỗ đen mini nguyên thủy có nhiệt độ khoảng 120

tỷ độ Kelvin và kích thước chỉ bằng một proton (tức 10^{-13} cm). Nó bức xạ năng lượng với tốc độ khoảng 6000MW tương đương với công suất của nhiều nhà máy điện hạt nhân. Theo mức độ bay hơi, khối lượng của các lỗ đen này giảm dần và nhiệt độ của chúng tăng dần, chúng bức xạ càng mạnh hơn và mất khối lượng càng nhanh hơn. Sau khoảng 15 tỷ năm (tuổi của vũ trụ) một tỷ tấn sẽ chỉ còn 20 microgram (khối lượng của một hạt bụi) và đó là một quả pháo hoa lớn. Các lỗ đen mini kết thúc sự tồn tại của mình bằng một vụ nổ mạnh, giải phóng một lượng năng lượng tương đương với 10 triệu quả bom khinh khí 1 megaton và với mảnh vỡ là 10 triệu tỷ thiên hà. Các tia gamma xuất hiện từ các vụ nổ mạnh đó là những tia gamma có năng lượng lớn nhất. Những quả pháo bông này hiện còn chưa ghi nhận được, khiến cho những lỗ đen mini nguyên thủy vẫn chỉ là giả thuyết.

Tới đây chúng ta đã kết thúc cuộc thám hiểm vào thế giới đầy những điều lạ lùng và huyền ảo của cơ học lượng tử và giờ đây ta đã có thể mở cuốn sách về lịch sử của vũ trụ.



Cuốn sách về lịch sử vũ trụ

Thời gian vũ trụ

Bản hoàn chỉnh của cuốn lịch sử vũ trụ hiện còn chưa kết thúc. Rất nhiều trang sẽ còn phải xem xét và sửa chữa lại trong thời gian tới. Chỉ có những trang nói về thời kỳ hiện tại là còn có ít nhiều cơ may không phải sửa đổi. Sự bắt đầu của tác phẩm này mô tả sự sáng tạo ra vũ trụ và đoạn kết của nó xem xét về tương lai xa và cái chết cuối cùng của vũ trụ đều được dựa trên sự ngoại suy hết sức táo bạo các định luật vật lý hiện thời được đẩy tới mức cực đoan. Nhưng liệu các định luật vật lý có cưỡng lại sự xem xét như vậy hay không? Chỉ có tương lai mới cho chúng ta biết được điều đó, tuy nhiên, câu chuyện về Big Bang là một câu chuyện hay và rất đáng cho chúng ta kể lại.

Như chúng ta đã thấy, thời gian trong vũ trụ kể từ Big Bang là có tính chất co giãn. Nó giãn ra hay co lại tùy thuộc vào chuyển động của người quan sát hoặc tùy thuộc vào lượng vật chất ở gần anh ta.

Cuốn sách lịch sử này sẽ lần ngược trở lại những sự kiện theo dòng thời gian. Nhưng trong vô số các thời gian khả dĩ đó, ta sẽ chọn thời gian nào? Để kể câu chuyện này, chúng ta sẽ chọn cái gọi là thời gian “vũ trụ”, tức là thời gian của một cá nhân được mang theo cùng với sự giãn nở của vũ trụ và thấy phần lớn các thiên hà đều đang chạy ra xa mình. Thời gian này thực tế là đồng nhất với thời gian của Trái đất, của Mặt trời hay của Ngân hà của chúng ta. Tất nhiên, ngoài chuyển động giãn nở, các thiên thể này còn tham gia vào một vũ điệu vũ trụ đầy phóng túng (xem H.27), nhưng những chuyển động này có tốc độ cực kỳ nhỏ so với vận tốc ánh sáng, nên sự biến dạng của thời gian là không đáng kể. Như vậy, một năm của thời gian vũ trụ cũng là thời gian mà Trái đất thực hiện được một vòng quay xung quanh Mặt trời. Những cư dân ở các thiên hà khác cũng sẽ đo cùng thời gian vũ trụ đó. Họ có thể đọc cuốn lịch sử vũ trụ của chúng ta mà không cần phải sửa đổi gì.

Trong khi Jules lao hết tốc lực trên con tàu vũ trụ của mình và thấy các thiên hà phía trước tiến gần lại với ánh sáng của chúng dịch về phía xanh và các thiên hà phía sau lùi xa dần với ánh sáng dịch về phía đỏ, chúng ta có thể yêu cầu anh ta kể câu chuyện về Big Bang mặc dù thời gian của anh ta đã bị chậm lại. Jules cũng có thể kể về lịch sử vũ trụ với thời gian riêng của anh ta đang đồng cứng dần khi tiến gần tới một lỗ đen. Lịch sử đó cũng vẫn như thế chỉ có điều các hiện tượng sẽ xảy ra phức tạp hơn và cuốn sách lịch sử này sẽ dài hơn nhiều mà thôi. Để tránh cho bạn sự buồn tẻ của câu chuyện kéo dài gần như vô tận ấy, chúng tôi chọn con đường đơn giản và thời gian vũ trụ. Bởi lẽ rằng vũ trụ còn chưa tiết lộ cho chúng ta biết tuổi thực của nó, nên chúng ta sẽ tạm lấy nó là 15 tỷ năm. Nếu như sau này, vũ trụ cho biết tuổi của nó trẻ hơn hoặc già hơn thì ta chỉ cần trừ đi hoặc cộng vào một số năm tương ứng.

Để kể về lịch sử của vũ trụ trong toàn bộ về lộng lẫy của nó, các trang của cuốn sách lịch sử này có một tính chất khá đặc biệt: cứ gở tiếp một trang là ta phải nhân với hệ số 10 trong lịch sử vũ trụ. Chẳng hạn, nếu bạn đang ở trang mô tả vũ trụ ở năm thứ 100.000, thì trang tiếp theo sẽ đưa bạn tới năm thứ một triệu. Còn trang tiếp theo nữa sẽ đưa bạn tới năm 10 triệu và cứ tiếp tục như vậy. Sở dĩ cuốn sách cần phải sắp xếp như vậy là do sự hoạt náo của vũ trụ ở ngay lúc bắt đầu của nó. Trong giai đoạn này, các sự kiện diễn ra một cách mãnh liệt và để tính đến chúng một cách chính xác và đầy đủ cần phải giữ lại những thời khắc rất gần nhau, thời gian lúc này cần phải tính bằng phần của giây. Nhưng theo mức độ trưởng thành dần của vũ trụ, sự bùng bột của tuổi thơ và sự hăng hái của tuổi thanh niên sẽ nhường chỗ cho sự điềm đạm chín chắn. Những sự kiện mới và những thay đổi không còn xảy ra một cách thường xuyên nữa và các bản tường trình có thể cách quãng hơn về thời gian mà không để sót những điều quan trọng. Khi đó, thời gian được đo bằng hàng triệu, thậm chí hàng tỷ năm.

Bây giờ chúng ta sẽ mở cuốn sách về lịch sử vũ trụ và bắt đầu cuộc khám phá ra vũ trụ của Big Bang và đi theo các nhà thám hiểm vật lý và thiên văn với vũ khí duy nhất là các định luật vật lý của những vật vô cùng lớn (thuyết tương đối) và của những vật vô cùng nhỏ (cơ học lượng tử) cùng với những quan sát thiên văn (sự chạy trốn của các thiên hà, bức xạ hóa thạch và hàm lượng của các nguyên tố trong vũ trụ).

Ranh giới của tri thức

Đành phải chấp nhận sự thất vọng của bạn khi chúng tôi không thể bắt đầu lịch sử của vũ trụ từ “điểm zero”, tức là từ ngay thời

điểm tạo ra không gian và thời gian. Nhưng bạn hãy an ủi mình là đầu sao nó cũng được bắt đầu từ khoảng thời gian ngắn không thể tưởng tượng nổi sau đó, tức là khoảng 10^{-43} hay 0,000... giây sau vụ nổ nguyên thủy. Số đầu tiên sau dấu phẩy khác không xuất hiện sau 43 con số 0 trước đó. Thời gian loé sáng của đèn flash so với toàn bộ lịch sử vũ trụ cũng lớn hơn cả tỷ tỷ tỷ lần thời gian 10^{-43} giây so với 1 giây. Thậm chí một nhà vật lý thiên văn như tôi hằng ngày đụng chạm với những con số cực lớn hoặc cực nhỏ cũng không thoát khỏi cảm giác lạ lùng vì tính phi thực gây ra bởi con số đó. Tuy nhiên, các định luật vật lý được rút ra từ những quan sát về vũ trụ hiện thời dường như cưỡng lại sự ngoại suy đó tới một quá khứ xa hơn, khi mà vũ trụ còn bé nhỏ, nóng và đặc hơn nhiều.

Ở 10^{-43} giây sau Big Bang, cái mà sau này trở thành vũ trụ quan sát được ngày hôm nay, chỉ có đường kính vền vẹn là 10^{-33} cm. Tức là so với nguyên tử hydrogen nó nhỏ hơn tới 10 triệu tỷ tỷ lần. Vũ trụ lúc này còn non trẻ tới mức ánh sáng chưa truyền được xa và chân trời vũ trụ còn rất gần. Nó nóng (10^{32} °K) và đặc (10 và 96 số 0 tiếp sau x khối lượng riêng của nước) tới mức không thể tưởng tượng nổi. Năng lượng của nó cũng cực kỳ lớn. Nếu muốn đạt tới năng lượng đó chúng ta cần phải xây dựng các máy gia tốc có đường kính không phải vài ba kilometre như máy gia tốc của Trung tâm nghiên cứu hạt nhân châu Âu (CERN) ở Geneve mà phải là vài ba năm ánh sáng. Việc xây dựng một máy gia tốc trong vũ trụ trải dài tới tận những ngôi sao gần nhất như thế còn chưa hiện thực, nên các nhà vật lý rất thích vũ trụ ở giai đoạn đầu này của nó. Vì chẳng phải tốn kém gì. Nó cho phép họ kiểm nghiệm các lý thuyết vật lý tới tận những năng lượng không bao giờ có thể đạt được trên Trái đất. Tất nhiên, máy gia tốc vũ trụ này cũng có những nhược điểm của nó. Chẳng hạn như thực nghiệm là duy nhất, không thể lặp lại

được. Nó lại ở xa trong quá khứ và không thể điều khiển được như các thực nghiệm trong các phòng thí nghiệm. Nhưng ưu điểm của nó mạnh hơn là nhược điểm.

Ở 10^{-43} giây sau vụ nổ lớn, vũ trụ bị nén và có mật độ lớn tới mức lực hấp dẫn vốn thường bị bỏ qua ở thang vi mô lại trở nên quan trọng như các lực khác, tức là như lực hạt nhân mạnh và yếu và lực điện từ. Và, đây chính là điểm yếu cốt tử, vì chúng ta chưa biết mô tả hành trạng của các nguyên tử và ánh sáng khi lực hấp dẫn trở nên lớn như vậy. Vấn đề này đã được Max Planck báo hiệu ngay từ đầu thế kỷ và chính vì thế mà thời gian 10^{-43} giây được gọi là thời gian Planck. Vật lý học trở nên đuối sức và mất hết mọi phương tiện trong khoảng thời gian Planck. Cơ học lượng tử mô tả tốt hành trạng của các nguyên tử và ánh sáng khi lực hấp dẫn nhỏ không đáng kể. Thuyết tương đối cũng giải thích tốt các tính chất của hấp dẫn ở thang vũ trụ khi mà lực điện từ và các lực hạt nhân không còn đóng vai trò hàng đầu nữa. Nhưng chưa ai có thể thống nhất được hai lý thuyết này để mô tả được tình huống trong đó cả bốn lực đều bình đẳng với nhau.

Các nhà vật lý hiện đang dồn hết nỗ lực để tìm ra một “lý thuyết thống nhất” về tự nhiên. Từ vài ba năm nay, họ nghĩ rằng bốn lực chi phối thế giới hiện nay chỉ là các mặt diện khác nhau của chỉ một lực duy nhất và sự ngự trị độc tôn của lực này trải rộng trên toàn vũ trụ, hết như lực điện và lực từ chỉ là những biểu hiện khác nhau của lực điện từ. Sau nhiều cuộc tấn công dồn dập của nhà vật lý người Mỹ Steven Weinberg và nhà vật lý người Pakistan Abdus Salam, lực điện từ và lực hạt nhân yếu đã chịu thống nhất với nhau thành lực điện yếu vào năm 1967. Lực hạt nhân mạnh dường như cũng đã muốn thống nhất với lực điện yếu thành lực điện hạt nhân, mặc dù lý thuyết này mới còn chấp chứng những bước đầu tiên. Cuộc

hôn phối của lực điện từ với hai lực hạt nhân mạnh và yếu đòi hỏi những điều kiện khá đặc biệt. Nó chỉ có thể tồn tại trong một môi trường cực nóng, trong đó năng lượng của các hạt sơ cấp cũng cực kỳ cao như trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ. Nhiệt và năng lượng là những yếu tố bắt buộc phải có để làm cho sự gắn kết của cuộc hôn phối đó được bền vững. Và khi vũ trụ lạnh đi dưới một nhiệt độ nào đó thì sự liên minh này sẽ bị phá vỡ. Chính điều này đã diễn ra trên thực tế trong quá trình giãn nở của vũ trụ và hiện nay ba lực đó đã ly thân. Sự lạnh lẽo của vũ trụ hiện thời đã tiêu hủy sự gắn kết của chúng.

Trong khi đó, lực hấp dẫn vẫn còn ương ngạnh chống lại mọi đề nghị hợp nhất. Nữ hoàng đầy kiêu hãnh chi phối thế giới các vật vô cùng lớn này từ chối liên minh với quốc vương của thế giới các hạt vô cùng nhỏ. Nàng không muốn bị “lượng tử hóa”. Sự thống nhất của cơ học lượng tử với thuyết tương đối hiện thời vẫn là một hàng rào chưa thể vượt qua. Chính Albert Einstein, người đã từng làm việc miệt mài trong suốt hơn ba chục năm cuối cùng của đời mình, cũng đã không vượt qua nổi hàng rào đó. Chừng nào mà sự kháng cự của lực hấp dẫn chưa bị bẻ gãy thì chúng ta còn chưa thể đi xa hơn thời gian Planck. Đây chính là giới hạn nhận thức của chúng ta. Phía sau bức tường Planck vẫn còn ẩn giấu một thực tại mà ta chưa thể tiếp cận được. Trong đó, cặp không - thời gian bốn chiều của vũ trụ chúng ta có thể sẽ hoàn toàn khác hoặc không còn tồn tại nữa. Các nhà vật lý đã từng thử đột nhập chớp nhoáng ra sau bức tường Planck kể lại rằng họ đã thoáng thấy một vũ trụ hỗn độn với 10 hoặc thậm chí tới 26 chiều, trong đó lực hấp dẫn mạnh tới mức nó tổ chức lại cấu trúc của không gian, bằng cách cho thêm nó 6 (hoặc 22) chiều nữa, trong đó không gian bị co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn tạo thành vô số những lỗ đen vi mô và cũng ở đây,

quá khứ, hiện tại và tương lai, thậm chí ngay cả chính thời gian, cũng không còn ý nghĩa nữa. Thực tế, một khoảng thời gian kéo dài vô tận có thể được ẩn giấu phía sau bức tường Planck. Khoảng thời gian 10^{-43} giây này thực ra chỉ là kết quả ngoại suy các định luật vật lý của chúng ta tới điểm zero của thời gian. Nhưng vì, những định luật này hoàn toàn không còn cơ sở ở sau bức tường Planck nữa, nên không có gì là chắc chắn cả.

Đối với các lỗ đen vi mô, chúng có khối lượng cỡ 20 microgram, khối lượng nhỏ nhất có thể tồn tại. Với một đường kính 10^{-33} cm, chúng nhỏ hơn cả proton tới cả 100 tỷ tỷ lần. Với một nhiệt độ cỡ 10^{32} độ, chúng sẽ bay hơi hết trong 10^{-43} giây, biến mất rồi lại xuất hiện trở lại (do sự nhòe của năng lượng lượng tử) trong một vòng luân hồi sống - chết. Vậy thì liệu vũ trụ có đúng là vô cùng nóng và đặc ở ngay lúc bắt đầu của nó không? Thuyết tương đối nói rằng có, nhưng ngay cả ở đây nữa, cũng không có gì là chắc chắn cả. Trong quá khứ, việc xuất hiện các đại lượng vô hạn luôn luôn là dấu hiệu báo trước sự kém cỏi của các lý thuyết của chúng ta chứ không phải do hành trạng cực đoan của vũ trụ, là dấu hiệu về sự thiếu trí tưởng tượng của con người chứ không phải của tự nhiên. Còn cần phải có những năm tháng dài làm việc cực nhọc nữa con người mới có thể đột phá được bức tường Planck. Trong khi chờ đợi, chúng ta đành phải lấy thời gian Planck như là “thời gian zero” của chúng ta vậy. Đó sẽ là thời gian quy chiếu của chúng ta khi nói về nguồn gốc, về sự bắt đầu hay sự sáng tạo ra vũ trụ.

Một sự lạm phát chóng mặt

Bây giờ chúng ta hãy mở trang đầu tiên của cuốn lịch sử vũ trụ. Vũ trụ lúc này có tuổi nhỏ tới mức không thể tưởng tượng nổi là

10^{-43} giây và có nhiệt độ cỡ 10^{32} độ, nó còn nóng bỏng hơn cả địa ngục mà Dante đã tưởng tượng ra. Toàn vũ trụ được chứa trong một hình cầu đường kính 1 phần ngàn cm, cỡ như một chiếc đầu ghim. Và chúng ta chỉ có thể nhìn được một phần cực nhỏ của cái vũ trụ - đầu ghim đó. Chân trời vũ trụ - liên quan tới phần vũ trụ quan sát được và được định nghĩa là khoảng cách mà ánh sáng đi được trong thời gian tồn tại của vũ trụ - chỉ trải dài tới khoảng cách vô cùng nhỏ là 10^{-33} cm. Chúng ta mới chỉ ở sát phía bên này của bức tường Planck. Cặp không-thời gian quen thuộc với chúng ta cũng đã xuất hiện. Không gian ba chiều vĩnh viễn ở trạng thái sinh thành cùng với sự giãn nở của vũ trụ. Nó có hướng trước và hướng sau, hướng phải và hướng trái, hướng trên và hướng dưới. Các chiều khác của không gian vốn tồn tại phía sau bức tường Planck đã bị co lại tới mức không nhìn thấy được nữa. Sự mất đi các chiều này cũng tương tự như một tờ giấy hai chiều bị cuộn lại chặt tới mức nó chỉ còn nhìn như một đường thẳng một chiều. Chân không lượng tử ngự trị. Nhưng đây không phải là cái chân không hiền hòa, tĩnh lặng, không có vật chất và hoạt động gì, mà là một chân không sống động, sôi sục năng lượng, và phía dưới cái mặt ngoài phẳng lặng của nó ẩn giấu một sự sục sôi mãnh liệt. Chúng ta đã thấy rằng, nhờ sự nhòe lượng tử, cái chân không này nhúng những hạt và phản-hạt ma, xuất hiện và biến mất tùy theo sự vay và yêu cầu trả năng lượng của ngân hàng Tự nhiên. Lúc đó, hai lực sẽ chia nhau cai quản vũ trụ: đó là lực điện hạt nhân - kết quả của sự thống nhất giữa lực điện từ và các lực hạt nhân mạnh và yếu - và lực hấp dẫn vẫn còn ngoan cố không chịu hợp nhất.

Tiếp tục lần giở các trang sau và theo mức độ trôi qua của thời gian, vũ trụ đang giãn nở sẽ trở nên ít đặc và nóng hơn. Tới trang thứ 9 của cuốn sách, tức là ở 10^{-35} giây, vũ trụ sẽ lạnh đi khoảng

10.000 lần và ở nhiệt độ vẫn còn nóng khủng khiếp là 10^{27} độ. Nhưng một sự kiện khác thường sắp sửa xảy ra. Sự giảm nhiệt độ của vũ trụ kéo theo sự phân tách lực điện hạt nhân thành hai. Lực hạt nhân mạnh từ đây tách ra khỏi lực điện yếu, kết quả của sự hợp nhất giữa lực điện từ và lực hạt nhân yếu. Lực hấp dẫn vẫn ương ngạnh đứng tách biệt như trước. Thay vì được cai quản bởi nhị đầu chế, vũ trụ từ đây chịu sự thống trị của tam đầu chế. Đây là sự bắt đầu của quá trình phức tạp hóa diễn tiến chậm chạp dẫn đến sự ra đời của chúng ta ngày hôm nay. Vũ trụ mất đi sự đơn giản và “đối xứng” của nó khi lạnh dần. Nó cũng xử sự giống như muối hoặc nước khi làm lạnh vậy. Muối và nước đá khi bị nung nóng trở thành các chất lỏng. Chúng sẽ hoàn toàn mất cấu trúc. Dạng của chúng sẽ không còn một hướng nào được ưu tiên đặc biệt nữa, cũng như vũ trụ cực nóng lúc ban đầu là “đối xứng”. Nhưng khi lạnh dần, muối và nước sẽ kết tinh dưới dạng các khối lập phương. Chúng mất đi sự đối xứng ban đầu. Tất cả các hướng trong đó không còn tương đương với nhau nữa. Vật chất từ đây sẽ ưu tiên cho các mặt của khối lập phương đó. Tương tự như muối và nước, vũ trụ cũng sẽ “kết tinh” khi lạnh dần.

Sự kết tinh ở 10^{-35} giây này có những hậu quả rất quan trọng đối với vũ trụ, và do đó, đối với cả sự tồn tại của chúng ta. Cũng giống như nước khi biến thành nước đá có giải phóng nhiệt, vũ trụ khi kết tinh cũng giải phóng một lượng lớn nhiệt từ chân không. Và cũng tương tự như quả bom nổ làm cho ngôi nhà bay tung tóe, sự phun năng lượng của chân không vào truyền cho vũ trụ một sự giãn nở mạnh mẽ mà nhà vật lý Mỹ Alan Guth gọi là “lạm phát”. Cũng giống như sự lạm phát kinh tế trong một đất nước kéo theo sự mất giá của đồng tiền và sự tăng vọt về giá cả trong một thời gian rất ngắn, “sự lạm phát” của vũ trụ kéo theo sự tăng trưởng đến chóng

mặt thể tích của tất cả các bộ phận của nó trong một thời gian cực kỳ ngắn ngủi. Trong khoảng thời gian lạm phát - kéo dài cỡ một phần nhỏ của giây, từ 10^{-35} đến 10^{-32} giây (các trang từ 9 đến 12 trong cuốn sách lịch sử vũ trụ của chúng ta), cứ sau mỗi 10^{-34} giây vũ trụ lại tăng kích thước của nó lên gấp ba lần. Vì có 100 khoảng 10^{-34} giây trong 10^{-32} giây - thời gian lạm phát - nên mỗi một vùng của vũ trụ sẽ nhân ba kích thước của nó lên 100 lần liên tiếp. Nhân $3 \times 3 \times 3 \dots$ một trăm lần bạn sẽ thấy rằng kích thước của vũ trụ tăng 10^{50} lần ($3100 \approx 10^{50}$), tức thể tích của nó (tỷ lệ với lũy thừa bậc ba của kích thước) tăng 10^{150} (1 và 150 số 0 tiếp sau) lần trong thời kỳ lạm phát. Quá trình giãn nở mãnh liệt này ở giai đoạn đầu của vũ trụ hoàn toàn tương phản với sự “đơn điệu buồn tẻ” của sự giãn nở hiện nay. Trong 10 tỷ năm trở lại đây, vũ trụ chỉ tăng thể tích của nó lên một phần tương đối nhỏ của một tỷ (10^9).

Sự tăng trưởng mạnh mẽ đó của vũ trụ ở giai đoạn đầu của nó cho phép xua tan đi những đám mây đen làm vẩn đục quang cảnh của Big Bang. Chắc bạn còn nhớ câu hỏi được đặt ra về tính đồng nhất rộng khắp của vũ trụ hiện thời. Làm thế nào mà các vùng nằm ở hai đầu khác nhau trong vũ trụ và rõ ràng không thể có liên lạc gì với nhau mà lại có thể phối hợp các tính chất của chúng một cách chính xác đến như thế? Sự liên lạc bị cấm trong quá trình giãn nở thông thường lại trở nên có thể nhờ sự giãn nở lạm phát. Để hiểu điều này, bạn cần biết rằng, sau lạm phát, toàn bộ vũ trụ quan sát được ngày hôm nay lúc đó chỉ có kích thước gần bằng một quả cam, tức là có đường kính cỡ 10cm. Từ nay trở đi, khi tôi nói đến vũ trụ, là muốn nói về cái phần nhỏ bé đó được chứa trong một vũ trụ toàn thể lớn hơn nhiều. Vì vũ trụ đã lớn lên 10^{50} lần, nên nó bắt đầu từ một mẫu nhỏ không gian có đường kính 10^{-49} cm, tức một tỷ tỷ tỷ tỷ lần nhỏ hơn đường kính của một hạt nhân nguyên tử.

Vũ trụ ban đầu này (ở 10^{-35} giây), trước giai đoạn lạm phát, nhỏ tới mức tất cả các bộ phận của nó đều có thể liên lạc được với nhau. Ánh sáng, một phương tiện liên lạc được ưa chuộng giữa các vùng này và truyền với vận tốc 300.000km/s , có thể đi được quãng đường $3 \cdot 10^{-25}\text{cm}$, ngay cả khi nó chỉ có khoảng thời gian vô cùng nhỏ là 10^{-35} giây để truyền. Vùng liên lạc được bây giờ thậm chí còn lớn hơn chính vũ trụ cả 1 triệu tỷ tỷ lần, nên những vùng khác nhau có thể điều phối các tính chất của chúng để trở nên hoàn toàn tương tự nhau là không có vấn đề gì. Sau giai đoạn lạm phát, tức là ở 10^{-32} giây, các vùng của quả cam-vũ trụ không còn liên lạc được với nhau nữa, nhưng chúng vẫn nhớ mình đã từng là như thế nào.

Sự bằng phẳng của phong cảnh vũ trụ dường như cũng có thể giải thích được bởi pha lạm phát. Hình học của không gian được là phẳng trong quá trình lạm phát, giống như một vùng nhỏ trên bề mặt một quả bóng sẽ phẳng ra khi quả bóng được bơm căng lên. Tất cả chúng ta đều biết rằng độ cong của một mặt cầu sẽ càng nhỏ nếu bán kính của nó càng lớn. Chính vì thế vũ trụ trong giai đoạn tăng trưởng khiếm khuyết của nó sẽ trở nên phẳng hơn.

Một đa vũ trụ

Trong thời kỳ lạm phát, tức là khoảng thời gian từ 10^{-35} đến 10^{-32} giây, vũ trụ đã phồng to ra 10^{50} lần để đạt tới kích thước của quả cam có đường kính 10cm . Chân trời vũ trụ - được định nghĩa là vùng không gian liên lạc được với nhau bằng ánh sáng - cũng được mở rộng ra với hệ số đó. Tại 10^{-32} giây, chân trời vũ trụ đã trải dài tới 10^{26}cm , tức là 1000 lần lớn hơn vũ trụ quan sát được ngày hôm nay. Sự lạm phát không chỉ làm phình to cái góc vũ trụ nhỏ bé của chúng ta mà cũng đem lại cho tất cả các phần khác của không gian

một kích thước khổng lồ. Vũ trụ của chúng ta chỉ là một cái bong bóng nhỏ xíu treo trong khoảng bao la vô tận của một siêu vũ trụ lớn gấp cả chục triệu tỷ tỷ lần. Rồi đến lượt mình, cả cái bong bóng siêu vũ trụ này cũng mất hút giữa vô số những bong bóng siêu vũ trụ khác được tạo ra trong pha lạm phát, xuất phát từ những vùng vô cùng nhỏ của không gian và không có liên lạc gì với nhau. Nếu như vũ trụ quan sát được của chúng ta lớn dần theo tuổi, tức cũng là theo mức độ ánh sáng có nhiều thời gian hơn để truyền tới chúng ta, nếu như hằng năm có tới 10 thiên hà vượt qua chân trời vũ trụ để hiện diện trước mắt chúng ta, nếu như siêu vũ trụ của chúng ta ngày càng lộ mặt nhiều hơn, thì chúng ta lại không bao giờ có thể liên lạc được và biết được những điều gì xảy ra trong các siêu vũ trụ khác. Chúng vĩnh viễn nằm ngoài mặt cầu quan sát được của chúng ta. Chúng có thể chứa các ngôi sao, các thiên hà và các dạng khác của sự sống hoặc cũng có thể không có cư dân nào và trống rỗng, chúng có thể là thiên đường mà cũng có thể là địa ngục, điều đó chúng ta sẽ không bao giờ biết được.

Bóng ma Copernicus vậy là đã đi tới tận cùng tác dụng của nó. Không chỉ hài lòng với việc trục xuất Trái đất ra khỏi vị trí trung tâm của hệ Mặt trời, biến Mặt trời thành một ngôi sao nào đó trong vô vàn ngôi sao trong dải Ngân hà, và chính thiên hà cũng chẳng có gì đặc biệt trong khoảng bao la của một vũ trụ chứa tới 100 tỷ thiên hà, nó còn làm cho vũ trụ của chúng ta mất hút trong một siêu vũ trụ và siêu vũ trụ này lại mất hút trong vô số các siêu vũ trụ khác...

Chân không, nguồn gốc của tất cả

Sự giải phóng năng lượng của chân không trong vũ trụ ở giai đoạn lạm phát còn có một hậu quả khác cực kỳ quan trọng. Nó sẽ

cho ra đời các hạt vật chất của vũ trụ. Chúng ta đã biết rằng chân không nguyên gốc là rất sống động với vô số các hạt và phản-hạt ma tồn tại nhờ sự vay mượn năng lượng được thỏa thuận của nhà băng Tự nhiên. Sự phun năng lượng sẽ hoàn trả các khoản vay đó và cho phép các hạt và phản-hạt rời thế giới ma để thâm nhập vào thế giới thực. Các hạt quark, electron, neutrino và các phản hạt của chúng sẽ xuất hiện từ chân không. Nhưng ngay khi được vật chất hóa, các hạt và phản-hạt này gặp và hủy nhau để tạo thành ánh sáng. Những hạt ánh sáng (hay photon) này, đến lượt mình, lại biến mất để tạo thành các cặp hạt và phản-hạt. Có một sự tương tác thường xuyên giữa vật chất, phản-vật chất và bức xạ. Vũ trụ được tắm trong món súp của các quark, electron, neutrino, photon và các phản-hạt của chúng.

Nếu như số hạt bằng số phản-hạt thì lịch sử vũ trụ của chúng ta sẽ dừng lại ở đó. Và tôi cũng sẽ không có mặt để ngồi viết nên các dòng này cũng như bạn cũng sẽ không có mặt để ngồi đọc những dòng chữ đó. Vật chất sẽ hủy với phản-vật chất để chỉ còn lại có các photon. Những photon này sau đó sẽ yếu đi do sự giãn nở của vũ trụ và sự lạnh đi của nó, nên chúng không thể sinh nở ra các hạt và phản-hạt được nữa. Vũ trụ khi đó sẽ chỉ còn choán đầy bởi ánh sáng, còn các hạt sơ cấp, các ngôi sao, các thiên hà, con người, cả bạn và tôi nữa đều không có mặt. Nhưng, thật may mắn cho chúng ta, tự nhiên không phải là vô tư đối với vật chất và phản-vật chất. Nhà vật lý Xô Viết Andrei Sakharov đã phát hiện ra rằng tự nhiên hơi có thiên vị đôi chút đối với vật chất. Chẳng hạn, cứ 1 tỷ phản-quark xuất hiện từ chân không thì sẽ có 1 tỷ cộng 1 hạt quark xuất hiện. Sau đó, vào khoảng 10^{-26} giây (27 trang sau thời kỳ lạm phát), khi mà vũ trụ đã khá lạnh cho phép các quark tạo thành các proton và neutron (được gọi chung là “baryon”) và các phản-quark tạo thành

các phản-proton và phản-neutron (tức các phản-baryon), thì đa số các baryon và phản-baryon sẽ hủy nhau để biến thành ánh sáng. Nhưng thực tế là các quark hơi đông hơn về số lượng so với các phản-quark nên kết quả là có một số proton và neutron còn dư. Đối với mỗi một tỷ hạt và phản-hạt hủy nhau để tạo ra một tỷ photon, chỉ còn một hạt vật chất, đúng bằng tỷ lệ quan sát được trong vũ trụ hiện thời. Như vậy, toàn bộ phản vật chất đã biến mất.

Vậy là một trong số những đám mây đen làm u ám quang cảnh của Big Bang đã bị xua tan. Những quan sát còn chưa giải thích được cũng đã tìm ra câu trả lời. Vật chất có thể xuất hiện từ chân không nếu có năng lượng đủ lớn được phun ra. Chân không là cội nguồn của tất cả, từ các thiên hà, các ngôi sao cho tới cây cối hoa trái và cả tôi lẫn bạn. Ý tưởng về sự nảy sinh từ hư vô (*ex nihilo*) mới ngày hôm qua thôi còn thuộc về tôn giáo, thì dường như ngày hôm nay đã tìm thấy cơ sở khoa học trong vũ trụ học. Chúng ta đang sống trong một thế giới vật chất, chúng ta không có nguy cơ phải gặp phản-bạn và phản-tôi, bởi vì tự nhiên đã dành thêm 1 phần triệu sự ưu ái cho các quark so với các phản-quark. Các hạt ánh sáng giờ đây đang chiếm số đông trong vũ trụ vì đa số các hạt vật chất và phản-vật chất đã hủy nhau.

Món súp quark, electron, neutrino, photon và các phản hạt của chúng xuất hiện sau khoảng thời gian ngắn không thể tưởng tượng nổi là 10^{-32} giây không phải là hoàn toàn đồng đều. Rải rác trong đó cũng có những chỗ “vón cục”, không đều. Đây đó có những chỗ đặc hơn những chỗ khác. Những chỗ bất thường này sau đó được khuếch đại lên để cho ra đời những cấu trúc của tấm thảm vũ trụ: đó là các thiên hà, các ngôi sao, các hành tinh và tất cả những ốc đảo của vũ trụ tạo điều kiện thuận lợi cho sự thăng tiến tới sự phức

tạp hóa và cho phép xuất hiện sự sống. Sự kết tinh của vũ trụ không chỉ cho phép xuất hiện các hạt đầu tiên của vật chất, tổ tiên xa xưa nhất của chúng ta, mà còn gieo mầm những ốc đảo cần thiết cho sự xuất hiện của con người trên sân khấu vũ trụ. Vậy là một đám mây nữa làm u ám quang cảnh Big Bang lại được xua tan, đó là câu hỏi về nguồn gốc của các cấu trúc trong vũ trụ.

Tất nhiên, những chỗ bất thường được nảy sinh phải chịu những hạn chế rất nghiêm ngặt. Chúng không thể quá nhỏ, vì nếu không, trong khoảng thời gian 15 tỷ năm đã trôi qua, chúng không có đủ thời gian để lớn lên tới kích thước hàng trăm ngàn năm ánh sáng của đường kính các thiên hà nằm rải rác trong vũ trụ hiện nay. Chúng cũng không thể là quá lớn, vì sự đồng nhất của bức xạ hóa thạch truyền từ lúc khởi đầu của vũ trụ tới chúng ta ngày hôm nay cho chúng ta biết rằng tất cả những “vón cục” phải nhỏ hơn 0,001%. Gương mặt đúp của vũ trụ, một là sự đồng đều về tổng thể gần như hoàn toàn và hai là sự phong phú đến lạ lùng ở thang nhỏ, đã áp đặt cho những chỗ bất thường đó một sự cân bằng rất tinh vi. Chúng không được quá khiêm tốn nhưng cũng không được phóng tay phung phí vô độ. Các tính toán đơn giản bước đầu chứng tỏ rằng những chỗ bất thường nảy sinh trong thời kỳ lạm phát của vũ trụ là quá lớn, cỡ 100.000 lần hoặc còn hơn nữa. Vì vậy, còn cần phải viết một trang trong cuốn lịch sử vũ trụ để giải thích xem vấn đề này sẽ được giải quyết như thế nào. Trong khi chờ đợi, chúng ta hãy đánh giá bước tiến to lớn có được do đưa vào ý tưởng về pha lạm phát của vũ trụ: thay vì phải viện đến “Đấng sáng tạo” gieo những bất thường trong một vũ trụ đồng đều, giờ đây chính chúng ta cũng tự mình tính toán được những bất thường đó.

Một sự kết tinh mới của vũ trụ

Bây giờ chúng ta hãy rời thời kỳ lạm phát, thời kỳ hết sức hữu ích cho sự tồn tại của chúng ta, để lật sang một trang mới. Trong quá trình giãn nở như vũ bão của vũ trụ, từ một mẫu nhỏ chân không có kích thước nhỏ hơn kích thước một hạt nhân nguyên tử 1 tỷ tỷ tỷ lần tới kích thước của một quả táo, vũ trụ đã lạnh đi một cách đáng kể. Nhưng năng lượng được giải phóng trong quá trình kết tinh đầu tiên của vũ trụ, khi mà lực hạt nhân mạnh tách khỏi lực điện yếu, lại làm cho nhiệt độ leo thang tới 10^{27} °K. Lúc này chúng ta đang ở 10^{-32} giây sau vụ nổ nguyên thủy, tức là ở trang thứ 12 của cuốn sách lịch sử vũ trụ. Quả cam-vũ trụ vẫn tiếp tục quá trình giãn nở, nhưng với một nhịp độ kém mãnh liệt hơn trước, một nhịp độ gần như ngày hôm nay, sau 15 tỷ năm. Khi mà trong thời kỳ lạm phát, các khoảng cách trong vũ trụ tăng như hàm số mũ của thời gian, thì sau đó (cho tới khoảng 300.000 năm) chúng chỉ còn tăng như hàm căn bậc hai của thời gian (xem Phụ lục 5). Trong thời kỳ lạm phát, tức là khoảng từ 10^{-35} giây đến 10^{-32} giây, như chúng ta đã thấy, vũ trụ lớn lên 10^{50} lần. Với tốc độ “sau lạm phát”, các kích thước của vũ trụ chỉ tăng 10 lần trong cùng khoảng thời gian. Sau cuộc chạy đua điên cuồng của thời kỳ lạm phát tiếp đến là những bước chậm như rùa của thời sau lạm phát.

Trong hai mươi trang tiếp theo, tức là từ 10^{-32} giây đến 10^{-12} giây, vũ trụ vẫn tiếp tục lớn lên và trở nên ít nóng và ít đặc hơn, nhưng không có điều gì đặc biệt xảy ra. Đó là một cuộc “vượt qua sa mạc” (hay đây là “sa mạc óc tưởng tượng” của các nhà vật lý?). Các trang tiếp theo cũng tương tự nhau. Vũ trụ bị choán đầy bởi một nhóm các hạt quark, electron và neutrino cùng với các phản-hạt của chúng. Bị nung nóng tới nhiệt độ cực cao, toàn bộ cái thế giới nhỏ bé và xinh

xẻo này hết sức sôi động, chúng lằng xằng theo tất cả các hướng và va chạm vào nhau. Sự gặp gỡ giữa các hạt và phản-hạt của chúng sẽ là sự hủy diệt, chúng sẽ được biến thành các hạt ánh sáng, tức là các photon. Những hạt photon này cũng sẽ không yên, chúng tham gia vào sự náo nhiệt chung. Rồi đến lượt mình, chúng sẽ biến mất để tạo thành một cặp hạt và phản-hạt. Sự sinh và hủy cứ kế tiếp nhau như thế theo một nhịp độ chóng mặt.

Tới trang thứ 32, tức là ở một phần ngàn tỷ (10^{-12}) giây sau thời điểm bắt đầu, vũ trụ đã lớn lên rất nhiều. Giờ đây nó có kích thước chỉ hơi nhỏ hơn quỹ đạo của Trái đất xung quanh Mặt trời. Vũ trụ lúc này vẫn còn rất đặc (đặc hơn hạt nhân của một nguyên tử cỡ 1 triệu triệu lần) và rất nóng (cỡ 1 triệu tỷ độ).

Một sự kiện quan trọng sắp xảy ra và vũ trụ cũng sắp vượt sang giai đoạn quan trọng thứ hai của mình trong quá trình thăng tiến tới sự phức tạp hóa. Thực vậy, nó sắp chịu một “sự kết tinh” mới. Bộ tam đầu chế các lực chi phối vũ trụ sẽ biến thành bộ tứ. Đến lượt mình, sự thống nhất của lực điện từ và lực hạt nhân yếu bị phá vỡ và từ đây hai lực đó tách biệt khỏi nhau. Cùng với lực hấp dẫn và lực hạt nhân mạnh, chúng tạo thành một bộ bốn lực cai quản vũ trụ. Cái chính phủ với bốn vị thủ lĩnh này được sinh ra vào một phần ngàn tỷ giây sau vụ nổ lớn và vẫn còn đứng vững cho tới tận hôm nay. Cũng như trong lần kết tinh đầu tiên, vũ trụ được tiếp nhận thêm một luồng năng lượng nhưng lần này ít hơn lần trước. Thay vì bị lôi cuốn vào một cuộc giãn nở có tính chất lạm phát, lần này vũ trụ giãn nở một cách ôn hòa chậm chạp như rùa.

Sự cầm tù các hạt quark

Ta hãy giả tiếp 6 trang tiếp theo. Vũ trụ bây giờ có tuổi là 1 phần triệu (10^{-6}) giây. Thể tích của nó bây giờ xấp xỉ thể tích của hệ Mặt trời. Nhiệt độ đã giảm xuống chỉ còn 10.000 tỷ độ. Sự sôi động và năng lượng của các hạt cũng giảm xuống theo mức độ lạnh dần của vũ trụ. Chuyển động của các quark và các phản-quark cũng chậm lại đủ để lực hạt nhân mạnh có thể khống chế chúng để tạo thành các hạt quen thuộc hơn, đó là các proton, neutron và các phản hạt của chúng.

Cũng như người chăn cừu, cuối cùng rồi cũng tập hợp được cả đàn lại, vì chúng không còn đủ năng lượng để chạy lăng xăng nữa, lực hạt nhân mạnh cũng gom được các quark và phản-quark lại. Nhưng nó không làm điều đó một cách tùy tiện. Nó nhóm cứ ba quark lại với nhau. Chẳng hạn, các proton và neutron là kết quả gán ba quark lại bởi lực hạt nhân mạnh. Bản thân các quark cũng được chia thành hai loại, tùy theo điện tích của chúng. Loại thứ nhất mang điện tích dương bằng hai phần ba điện tích nguyên tố (e) và loại thứ hai mang điện tích âm bằng một phần ba điện tích nguyên tố. Proton mang điện tích dương, bằng điện tích electron nhưng trái dấu, được tạo bởi hai quark loại một và một quark loại hai. Neutron, như tên của nó đã chỉ ra là không mang điện, được tạo thành từ một quark loại một và hai quark loại hai. Vì proton và neutron cùng các phản-hạt của chúng tồn tại được là nhờ lực mạnh, nên chúng được gọi chung là “hadron”, theo tiếng Hy Lạp có nghĩa là “mạnh”. Vì trong thời kỳ này của lịch sử vũ trụ các hadron đóng vai trò nổi bật trên sân khấu vũ trụ, nên còn được gọi là “thời kỳ hadron”.

Từ đây, các quark và các phản-quark bị mất tự do. Trong giai đoạn lịch sử tiếp theo của vũ trụ, chúng ta không bao giờ còn thấy

chúng ở trạng thái tự do nữa. Để giải phóng chúng ra khỏi xiềng xích, các nhà vật lý cần phải thử bắn phá các nhà tù proton và neutron bằng các chùm hạt được gia tốc tới năng lượng rất cao trong các máy gia tốc khổng lồ với đường kính tới vài ba kilometre, giống như máy gia tốc của CERN ở Geneve, nhưng cho tới tận hôm nay người ta vẫn chưa nhìn thấy một hạt quark tự do nào. Lực mạnh, thật xứng đáng với tên gọi của nó, không bao giờ muốn nói lỏng sự cầm tù của mình cho các hạt quark, bất chấp các cuộc tấn công tới tấp. Cho tới nay, các quark vẫn chỉ là những thực thể lý thuyết được sinh ra bởi trí tưởng tượng phong phú của các nhà vật lý, nhưng sự tồn tại của chúng là cần thiết để hiểu được những tính chất của vật chất xung quanh ta.

Chiến thắng đầu tiên của vật chất

Cùng với sự cầm tù các quark, vũ trụ bước vào thời kỳ hadron và vật chất vượt sang một giai đoạn quan trọng mới trên con đường thăng tiến tới sự phức tạp hóa. Nhưng sự mất tự do của các quark và phản-quark không phải là hậu quả quan trọng duy nhất của sự lạnh đi liên tục của vũ trụ đang giãn nở. Vòng quay khốc liệt của sự hủy vật chất thành ánh sáng và sự chuyển đổi ánh sáng trở lại thành vật chất mà tất cả các hạt và phản-hạt đều phải chịu sắp sửa đứt đoạn. Sự hủy của vật chất có thể còn vẫn tiếp tục, nhưng sự biến ánh sáng thành các hạt sẽ ngày càng khó khăn hơn. Để hiểu được những lý do của điều này, chúng ta cần nhớ lại lời dạy của Einstein, theo đó toàn bộ vật chất là năng lượng. Theo lời dạy này (thật bất hạnh là sự điên rồ của con người đã lạm dụng nó để chế tạo ra bom nguyên tử), cặp hạt - phản hạt có một khối lượng nhất định (bằng hai lần khối lượng của hạt) và do đó có một năng lượng

tương ứng (bằng khối lượng của cặp đó nhân với bình phương vận tốc ánh sáng). Để có thể biến thành một cặp hạt - phản hạt, photon (hạt ánh sáng) cần phải có năng lượng ít nhất phải bằng năng lượng ứng với khối lượng của cặp đó để không vi phạm định luật bảo toàn năng lượng. Tất nhiên, để tạo ra một cặp có khối lượng tương đối lớn như cặp proton - phản proton thì cần phải có năng lượng lớn hơn so với cặp nhẹ hơn như cặp electron - positron.

Các photon đã bị kiệt sức và mất dần năng lượng trong quá trình giãn nở và lạnh đi của vũ trụ: một phần mười ngàn giây sau vụ nổ nguyên thủy, nhiệt độ của vũ trụ hạ xuống chỉ còn 1.000 tỷ độ. Khi đó photon không còn đủ năng lượng để biến thành cặp proton - phản proton hoặc neutron-phản neutron nữa. Trong khi đó, các cặp đã tồn tại sẽ hủy nhau. Bể chứa proton, neutron và các phản hạt của chúng sẽ cạn rất nhanh, nhưng nước từ vòi lại không còn chảy vào nữa để làm đầy bể. Đại đa số các proton và neutron đã biến thành ánh sáng. Nhưng vì tự nhiên hơi có sự ưu ái vật chất hơn (khoảng một phần tỷ) so với phản-vật chất, nên cứ mỗi một tỷ cặp hạt-phản hạt bị hủy để biến thành photon thì có một hạt còn sống sót do không tìm được bạn tình phản-hạt để ôm nó trong một vòng siết tiêu vong. Đây là chiến thắng đầu tiên của vật chất đối với phản-vật chất.

Như vậy là sau một phần mười ngàn của giây đầu tiên trong sự tồn tại của mình, món súp vũ trụ biến thành một hỗn hợp bao gồm chủ yếu là các photon, electron, neutrino và một nhúm nhỏ các proton và neutron với số lượng như nhau. Đây là các proton và neutron thoát chết trong cuộc đại hủy diệt.

Mặc dù trong cuộc chiến giữa vật chất và phản-vật chất, phe phản-vật chất đã phải chịu thất bại nặng nề, các binh đoàn phản-proton và phản-neutron đã bị tiêu diệt sạch, nhưng phản-vật chất

vẫn chưa chấp nhận thua. Nó còn có những cả các tiểu đoàn phản-electron (tức positron) và phản-neutrino, bởi vì, ở nhiệt độ 1000 tỷ độ, các photon vẫn còn đủ năng lượng để biến thành các cặp electron-positron và neutrino-phản neutrino. Vì có sự cân bằng giữa sự chuyển đổi ánh sáng thành các hạt và các hạt thành ánh sáng, nên số lượng của các photon, electron, neutrino và các phản hạt của chúng là bằng nhau. Nạn nhân của cuộc đại hủy diệt, tức là các proton và neutron bây giờ được cách ly vào hàng thiểu số cực kỳ nhỏ bé trong số cứ dân các hạt của vũ trụ. Chỉ có một proton hoặc một neutron trong mỗi 100 triệu hoặc nhiều hơn mỗi loại hạt khác. Thời kỳ hadron, thời kỳ thống trị của các proton và neutron, đã kết thúc. Vai trò chính trên sân khấu lúc này các hạt khác, đó là các hạt nhẹ nhất và tương tác giữa chúng chủ yếu thông qua lực hạt nhân yếu. Khi đồng hồ vũ trụ điểm một phần mười ngàn giây, là “thời kỳ lepton” (tiếng Hy Lạp *lepton* có nghĩa là “yếu”) bắt đầu.

Các neutrino đứng tách riêng ra

Món cocktail nguyên thủy thời kỳ lepton gồm có các photon, electron, neutrino và các phản hạt của chúng cùng với một nhúm proton và neutron. Ngoại trừ các neutrino tách riêng hẳn ra, còn thì toàn bộ thế giới đó bị nung nóng ở nhiệt độ cực cao thường xuyên tương tác với nhau, mỗi một hạt không thể di chuyển mà không đụng ngay với một hạt khác. Như vậy, các hạt ánh sáng mang thông tin không thể xuyên thẳng qua cánh rừng dày đặc các electron, proton và neutron. Ánh sáng ở những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ có năng lượng cực cao gồm các tia gamma do đó đều bị chặn lại. Vũ trụ là hoàn toàn không trong suốt và ngay cả các kính thiên văn mạnh nhất cũng không bao giờ có thể xuyên qua được.

Trong khi đó chính các neutrino lại có thể đi qua cánh rừng rậm các hạt như không, bởi vì chúng chỉ tương tác với phần còn lại của thế giới đó thông qua lực hạt nhân yếu. Mà, như chúng ta đã biết, vùng tác dụng của lực này lại cực kỳ nhỏ, chỉ trong phạm vi có bán kính nhỏ hơn một phần mười triệu tỷ cm. Sau nửa giây tồn tại đầu tiên của vũ trụ (4 trang tiếp theo trong cuốn lịch sử của chúng ta), khi vẫn đang còn trong thời kỳ lepton, vũ trụ không còn đủ đặc và các hạt không quá gần nhau để tương tác yếu có thể phát huy tác dụng nữa. Các neutrino xử sự như không hề tồn tại các hạt khác và chúng không có tương tác gì với các hạt đó. Do không có tương tác nên các neutrino đã có được sự tự do chuyển động quý giá. Thay vì bị cản trở hành động như trong trường hợp đối với các photon, các neutrino tự do tung tủy, chạy nhảy khắp vũ trụ và choán đầy nó với số lượng đông đảo của mình. Các neutrino tách mình ra khỏi các hạt còn lại ngay từ nửa đầu của giây tồn tại đầu tiên của vũ trụ, và chúng cứ lang thang như vậy trong vũ trụ tới tận ngày hôm nay và về số lượng chúng đứng hàng thứ hai chỉ sau các photon tạo nên bức xạ nền của vũ trụ ở 3^0K .

Vào lúc tôi đang ngồi viết những dòng này, hàng trăm tỷ hạt neutrino sinh ra từ những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ vẫn còn tới chạm vào mỗi cm^2 trên da tôi, xuyên qua cơ thể tôi với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng. Mỗi một cm^2 trong không gian chứa tới hàng trăm các neutrino hóa thạch này. Cứ mỗi nguyên tử trong vũ trụ có tới 100 triệu neutrino (so với 1 tỷ photon), thế nhưng cái dân cư cực kỳ đông đúc đó lại chưa bao giờ được phát hiện. Nó vẫn ở trong trạng thái là những tiên đoán của thuyết Big Bang. Lý do ở đây chỉ là bởi vì không có tương tác giữa neutrino và các hạt khác tồn tại trong vũ trụ. Những kính thiên văn và detector của chúng ta vốn tạo từ các hạt khác đó và nếu như neutrino không

tương tác với chúng thì chúng ta cũng không có cơ may nào bắt và nhốt các neutrino đó trong lồng để quan sát được. Mặt khác, các neutrino nguyên thủy theo sự giãn nở của vũ trụ cũng đã mất đi nhiều năng lượng. Thậm chí, nếu ngày hôm nay có may mắn bắt được một hoặc hai hạt neutrino đó thì chúng cũng không còn đủ năng lượng để khởi phát các phản ứng với những hạt khác cấu tạo nên các detector qua đó thể hiện sự hiện diện của mình. Để nhận ra các neutrino ấy cần phải xây dựng những detector có hiệu suất lớn hơn hàng triệu lần các detector hiện có, mà điều đó thì còn chưa thực hiện được.

Như vậy là, trái với các photon của bức xạ vũ trụ ở 3^0K , những hạt dễ dàng bắt được nhờ kính thiên văn vô tuyến của Penzias và Wilson vì chúng dễ dàng tương tác với vật chất, các neutrino nguyên thủy vẫn còn không thể nắm bắt được. Hy vọng duy nhất vào một ngày nào đó có thể kiểm chứng được sự tồn tại của chúng là chúng có khối lượng. Thậm chí chỉ cần có khối lượng bằng một phần mười ngàn khối lượng của electron thôi, thì các neutrino đã thống trị vũ trụ về khối lượng vì số lượng đông đảo của chúng và do ảnh hưởng hấp dẫn của mình chúng có thể làm thay đổi một cách sâu sắc chuyển động của các sao, các thiên hà và thậm chí cả tương lai của vũ trụ. Chúng ta sẽ còn có dịp trở lại đề tài này khi thảo luận về tương lai của vũ trụ. Hiện tại, ta hãy cứ đọc tiếp cuốn lịch sử vũ trụ.

Sự thất bại hoàn toàn của phản vật chất

Ngoài sự tách riêng của các neutrino ra khỏi các hạt khác, thời kỳ lepton cũng còn được đánh dấu bởi sự hủy diệt hoàn toàn phản vật chất. Đồng hồ vũ trụ bây giờ điểm 1 giây. Nhiệt độ vũ trụ đã hạ xuống 1000 lần, tức là khoảng 10 tỷ độ. Vũ trụ vẫn còn đặc tới mức

một cm^3 nặng tới 100kg. Đây là lúc sắp diễn ra cuộc đại hủy diệt lần thứ hai của vật chất và phản vật chất và kịch bản đã từng diễn ra với proton và neutron bây giờ sẽ được lặp lại với các electron. Các photon đã kiệt sức do sự giãn nở của vũ trụ bây giờ không còn đủ năng lượng để biến đổi thành cặp electron - positron nữa. Trong khi đó các cặp đã tồn tại thì biến thành ánh sáng trong vòng siết tiêu vong. Nhưng, cứ mỗi tỷ cặp biến thành ánh sáng như thế, vẫn còn lại một electron đơn độc không có bạn tình và do đó thoát khỏi cuộc thảm sát đó.

Vật chất luôn có chút ít ưu thế hơn phản vật chất. Nó vẫn tiếp tục được hưởng chút ưu ái mà tự nhiên đã dành cho nó trong pha lạm phát và nếu phản vật chất đưa ra 1 tỷ phản-electron thì vật chất sẽ luôn luôn đưa ra 1 tỷ cộng 1 hạt electron. Những đội quân cuối cùng mà phản vật chất tung vào cuộc hỗn chiến này đều bị tiêu diệt sạch. Chiến thắng của vật chất, dù là bị tổn thất nặng nề, bây giờ là hoàn toàn và sự thất bại của phản vật chất cũng là hoàn toàn. Ngay ở giây tồn tại đầu tiên của mình, vũ trụ đã được sắp đặt để có bạn và tôi trên đời chứ không phải là phản-bạn và phản-tôi. Mặt khác, vì sự thiên vị của tự nhiên đối với proton mang điện tích dương và electron mang điện âm là như nhau nên số điện tích dương và âm trong vũ trụ là ngang bằng nhau. Kết quả là tổng điện tích của vũ trụ là zero, nghĩa là chúng ta sống trong một vũ trụ trung hòa về điện.

Sự giảm tỷ lệ sinh đẻ các neutron

Sự hủy diệt hoàn toàn phản vật chất sẽ dẫn tới sự mất thăng bằng dân số giữa proton và neutron và có những hậu quả sâu sắc đối với thành phần hóa học tương lai của vũ trụ. Chúng ta đã thấy rằng các proton xuất hiện sau một phần triệu giây đầu tiên của vũ trụ có số

lượng ngang bằng với số neutron do số lượng hai loại quark là như nhau. Nhưng về tuổi thọ thì proton và neutron khác nhau một cách căn bản. Proton tự do sống ít nhất là hàng chục ngàn tỷ tỷ tỷ (10^{31}) năm, thực tế có thể xem là vĩnh viễn. Đây là hạt “gần như” là bền. Trái lại, neutron có một đặc tính là rất không bền. Nó biến hóa rất nhanh thành các hạt khác. Một neutron tự do sẽ phân rã thành một proton, một electron và một neutrino chỉ trong 15 phút. Sự phân rã này được chỉ huy bởi lực hạt nhân yếu. Như vậy, neutron, nếu để tự do, chỉ sau một phần tư giờ ngắn ngủi là biến khỏi bề mặt vũ trụ. Nhưng đã có proton tới cứu nguy. Chúng bù đắp lại số cư dân neutron bị hao hụt bằng cách kết hợp với các electron để biến thành các neutron và các neutrino. Sự biến hóa này được thực hiện cũng là nhờ lực hạt nhân yếu.

Trước khi đồng hồ vũ trụ điểm một giây, số neutron được sinh ra nhờ sự hôn phối của các proton với các electron cũng bằng với số neutron bị phân rã, khiến cho dân số neutron vẫn không đổi và bằng số cư dân proton. Có ẽ hể electron để proton có thể kết hợp để biến thành neutron. Nhưng ngay khi giây thứ nhất điểm, gần như tất cả electron đã bị hủy hết với các phản hạt của chúng. Các proton không còn đủ đối tác electron để kết hợp sinh ra neutron nữa. Tỷ lệ sinh đẻ của dân số neutron từ đây bị suy giảm nghiêm trọng và tiếp tục giảm so với dân số proton. Sự cân bằng về số lượng của hai loại hạt này bị phá vỡ. Khi giây thứ hai điểm thì cứ mỗi chục proton chỉ còn hai neutron, và tỷ lệ này sẽ có vai trò quyết định đối với thành phần hóa học tương lai của vũ trụ. Giây thứ nhất đã kết thúc như vậy, đây là giây chứng kiến sự ra đời của vũ trụ gần như từ hư vô (*ex nihilo*), chứng kiến sự xuất hiện của vật chất và sự chuẩn bị các điều kiện vật lý cần thiết cho sự thăng tiến tới sự phức tạp hóa, giây

thứ hai do có nhiều sự kiện xảy ra nên có tầm quan trọng lớn hơn 10^{17} giây khác của 15 tỷ năm tiếp sau.

Bộ máy chế tạo ra helium

Giây thứ nhất điểm cũng là lúc vang lên hồi chuông cáo chung thời kỳ lepton và mở đầu thời kỳ bức xạ, thời kỳ ngự trị của các photon. Chúng ta chắc còn nhớ các photon này được sinh ra từ vòng siết tiêu vong của các cặp proton - phản proton, neutron-phản neutron trong lần đại hủy diệt thứ nhất và của các cặp electron - positron trong lần đại hủy diệt thứ hai. Chúng thống trị về số lượng so với các proton, neutron và electron hiếm hoi thoát chết từ hai cuộc đại hủy diệt tập thể. Cứ mỗi proton hoặc mỗi electron sống sót có tới 1 tỷ photon và tỷ lệ này còn duy trì tới tận hôm nay. Được choán đầy bởi các photon vẫn còn tương tác mật thiết với vật chất và các neutrino vẫn tính bơ không thèm đếm xỉa đến các hạt khác, vũ trụ hầu như chỉ còn bức xạ. Món súp các hạt ban đầu hầu như đã biến hóa hoàn toàn thành ánh sáng. Các photon thống trị vũ trụ bởi năng lượng của nó và điều khiển tốc độ giãn nở của vũ trụ. Năng lượng của một hạt là tổng của hai loại năng lượng, năng lượng của khối lượng (được tính bằng cách nhân khối lượng của hạt với bình phương vận tốc ánh sáng, theo công thức nổi tiếng của Einstein) và động năng của nó. Vì không có khối lượng, nên toàn bộ năng lượng của photon chỉ là năng lượng của chuyển động đẩy phóng túng của nó. Ở giây đầu tiên của vũ trụ, năng lượng của các photon lớn gấp 10 triệu lần tổng năng lượng của khối lượng và động năng của các hạt vật chất (các proton, neutron và electron). Tuy nhiên, dù số lượng đông và năng lượng cao, nhưng các photon lại luôn luôn ở trạng thái

không thể vượt qua cánh rừng rậm của các hạt proton và electron. Vũ trụ vẫn tiếp tục giấu mặt sau tấm mạng kín mít.

Trong 100 giây tiếp theo, (hai trang tiếp theo trong cuốn lịch sử của chúng ta) vũ trụ mới sắp sửa bước sang một thời kỳ quan trọng trong sự thăng tiến chậm chạp của nó tới sự phức tạp hóa và chuyển thành một bộ máy chế tạo các hạt nhân nguyên tử. Chính các hạt nhân này sau đó sẽ là cần thiết để tạo ra các nguyên tử và nguyên tố hóa học. Để xây nên các hạt nhân nguyên tử, chàng thợ xây vũ trụ phải dùng loại gạch proton và neutron (được gọi chung là nuclon) mà anh ta đã có sẵn. Vừa xây ở đây chính là lực hạt nhân mạnh.

Tất nhiên, cấu trúc đơn giản nhất là cấu trúc chỉ gồm một viên gạch. Lẽ dĩ nhiên Tự nhiên sẽ chọn viên gạch nào bền vững nhất, và do đó proton đã được chỉ định dùng làm hạt nhân của nguyên tử hydrogen. Neutron bị loại bỏ vì không có người thợ xây chân chính nào lại muốn xây một tòa nhà để rồi nó sẽ tan rã sau 15 phút. Cấu trúc phức tạp hơn mà người thợ xây vũ trụ muốn dựng tiếp sau gồm hai nuclon. Một proton và một neutron được gắn kết bằng lực hạt nhân mạnh sẽ tạo ra deuton (đoton) - hạt nhân của deuterium (tức hydrogen nặng). Nhưng các deuton sống rất ngắn ngủi. Liên minh proton-neutron không thật vững chắc và trong những giây đầu tiên sau khi tạo thành, mỗi liên kết của chúng liên tục bị phá vỡ do bị các photon năng lượng cao bắn phá. Như vậy, các deuton biến mất ngay khi vừa mới sinh ra. Do không thể tạo dựng các cấu trúc hai nuclon, nên vũ trụ không thể hy vọng tạo dựng được các hạt nhân phức tạp hơn, với ba, bốn hoặc năm nuclon. Sự thăng tiến trong quá trình phức tạp hóa vậy là bị cắt đứt ngay lập tức. May thay, chỉ cần chờ đợi, bởi vì các photon sẽ mất dần năng lượng theo mức độ giãn nở của vũ trụ. Và chẳng bao lâu sau, chúng không còn đủ năng lượng để phá vỡ các deuton nữa.

Điều này sẽ xảy ra khi đồng hồ vũ trụ điểm 100 giây và nhiệt độ vũ trụ giảm xuống chỉ còn 1 tỷ độ. Các deuton từ giờ có thể tạo thành mà không có vấn đề gì và sự thăng tiến trong quá trình phức tạp hóa lại tiếp tục. Mỗi deuton lại dính kết với một neutron để tạo thành helium 3 (con số viết bên cạnh chỉ tổng số nuclon của hạt nhân), rồi đến lượt mình helium 3 bắt thêm một proton để tạo thành helium 4. Sự bắt này xảy ra bất chấp lực điện từ có xu hướng đẩy proton ra xa hạt nhân helium 3 vì cả hai đều mang điện dương. Nhiệt độ của vũ trụ (quyết định chuyển động mạnh của các hạt) và sự nhòe lượng tử cho phép proton và helium 3 thắng được lực đẩy đó. Helium 4 đã quá quen thuộc với chúng ta, bởi vì chính nó đã làm cho các quả bóng bay xinh đẹp và rực rỡ của trẻ em bay lên trời trong các công viên (quả bóng bay lên được là do helium bơm căng bóng nhẹ hơn nhiều so với không khí bao quanh, thứ không khí mà ta hít thở hằng ngày).

Sự cất cánh bị chặn lại

Trái với các deuton, hạt nhân helium 4 gồm hai proton và hai neutron là rất bền và vững chắc. Một khi đã được sinh ra chúng sẽ sống lâu dài. Dẫu sao, sự bền vững trước mọi thử thách này lại là một bất lợi lớn: nó lại làm tê liệt sự thăng tiến trong quá trình phức tạp hóa. Chính lực đã liên kết các nuclon trong helium 4 đã làm cho chúng tự khép kín và từ chối mọi liên kết với các nuclon khác. Chúng tự thỏa mãn và không chấp nhận sự thâm nhập của các nuclon thêm vào nữa. Người thợ xây vũ trụ đã rất cố gắng thử dựng nên các cấu trúc phức tạp hơn. Anh ta đã thử thêm các nuclon vào hạt nhân helium để tạo ra lithium 5 hoặc beryllium 8 hoặc tổng

hợp hai hạt nhân helium. Nhưng mọi nỗ lực đều vô ích. Các cấu trúc tạo thành đều không bền và đa số các hạt đó phân rã ngay sau khi vừa được sinh ra. Chất vũ không giữ nổi chúng. Tình hình càng nghiêm trọng hơn, vũ trụ không có nhiều thời gian để hành động. Vào thời gian mà helium và deuterium tạo thành (xấp xỉ ba 3 phút sau vụ nổ lớn), vũ trụ đã loãng do giãn nở tới mức các hạt không còn có cơ hội va chạm với nhau và dính kết với nhau để tạo thành các cấu trúc phức tạp hơn nữa. Các phản ứng hạt nhân đều dừng lại.

Như vậy là sự xây dựng các cấu trúc bền vững dừng tại các hạt nhân helium. Trong sự thăng tiến trên con đường phức tạp hóa, vũ trụ đã lâm vào ngõ cụt và không thể đi xa hơn được nữa. Sự cất cánh của nó bị chặn lại. Cái ý định đầu tiên tiến tới sự sống và ý thức đã kết thúc bằng một thất bại đau đớn. Bởi vì nếu vũ trụ buông xuôi trước cuộc thí nghiệm thất bại này, thì ngày hôm nay nó thật ảm đạm và buồn bã: nó sẽ chỉ chứa đầy các đám mây khí helium và hydrogen với một cảnh tượng tẻ nhạt không có một cấu trúc nào phá vỡ sự đơn điệu của nó. Helium khuếch từ mọi liên kết hóa học còn hydrogen tội nghiệp lại không có đối tác nào khác, vũ trụ phải cam chịu một số phận đơn giản và vô sinh. Một vũ trụ như thế sẽ không bao giờ sinh ra được các nguyên tố hóa học nặng hơn và phức tạp hơn cần thiết cho sự xuất hiện cây cối và hoa trái, cho những quả táo của Cézanne hoặc các bông hoa súng của Monet. Và hơn thế nữa, nó sẽ không bao giờ sinh ra được các chuỗi xoắn kép ADN dẫn tới sự ra đời của tôi và của bạn. Tuy nhiên, chúng ta vẫn đang hiện diện đây. Đó là bởi vì khá muộn sau này, vũ trụ lại nỗ lực một lần nữa để đạt tới được sự sống bằng cách tạo ra một bộ máy chế tạo được các nguyên tố nặng hơn. Nhưng hãy khoan nói trước, bây giờ chúng ta hãy trở lại đọc tiếp cuốn lịch sử của chúng ta.

Cứ mười hai hạt nhân hydrogen có một hạt nhân helium

Vào giây tồn tại thứ 100 của mình, vũ trụ có một gương mặt mới: nó bao gồm các hạt nhân hydrogen, hạt nhân helium 4 và một nhóm nhỏ các hạt nhân lithium và deuterium, tất cả được tắm trong một biển các neutrino và photon. Các photon đã mất nhiều năng lượng do sự giãn nở của vũ trụ. Các tia gamma trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ giờ đây đã trở thành các tia tử ngoại. Chỉ cần làm vài phép tính số học đơn giản là ta có thể nhận được chính xác tỷ lệ tương ứng của các hạt nhân helium và hydrogen. Vì hạt nhân của hydrogen chỉ tạo bởi một proton và hạt nhân helium tạo bởi hai proton và hai neutron, nên chỉ cần biết số lượng của proton so với số lượng của neutron là ta có thể nhận được thông tin đó. Ở trên chúng ta đã thấy rằng, ở giây đầu tiên, sự khủng hoảng về tỷ lệ sinh đẻ của neutron đã làm giảm đáng kể số lượng của chúng và cứ mỗi 10 proton thì chỉ còn 2 neutron. Sự khác biệt về số lượng này còn tăng hơn nữa vào giây thứ 100: cứ mỗi 14 proton chỉ còn 2 neutron. Trong một lô bất kỳ gồm 14 proton, thì hai proton sẽ kết hợp với hai neutron để trở thành hạt nhân helium, trong khi đó 12 proton còn lại sẽ là hạt nhân hydrogen. Như vậy, vào cuối ba phút đầu tiên, thì cứ 12 hạt nhân hydrogen sẽ có 1 hạt nhân helium. Vì helium được tạo bởi bốn nuclon và nặng gấp khoảng bốn lần hydrogen chỉ tạo bởi một nuclon, nên lý thuyết Big Bang tiên đoán rằng khoảng chừng một phần tư $[= 4/(4+12)]$ khối lượng của vũ trụ là tạo bởi helium còn ba phần tư là hydrogen (các nguyên tố nặng hơn tạo nên chúng ta và cần thiết cho sự sống chỉ chiếm khoảng 2% khối lượng của vũ trụ).

Thật là một sự bất ngờ dễ chịu! Đây đúng là tỷ lệ mà các nhà thiên văn đã quan sát thấy khi họ nhìn vào trong các ngôi sao hoặc các thiên hà. Đường như rõ ràng là hai nguyên tố phổ biến nhất trong

vũ trụ đã được tạo ra trong những phút tồn tại đầu tiên của vũ trụ và từ đó gần như không có gì thay đổi nữa. Sự phù hợp này là một trong những thắng lợi vĩ đại của lý thuyết Big Bang.

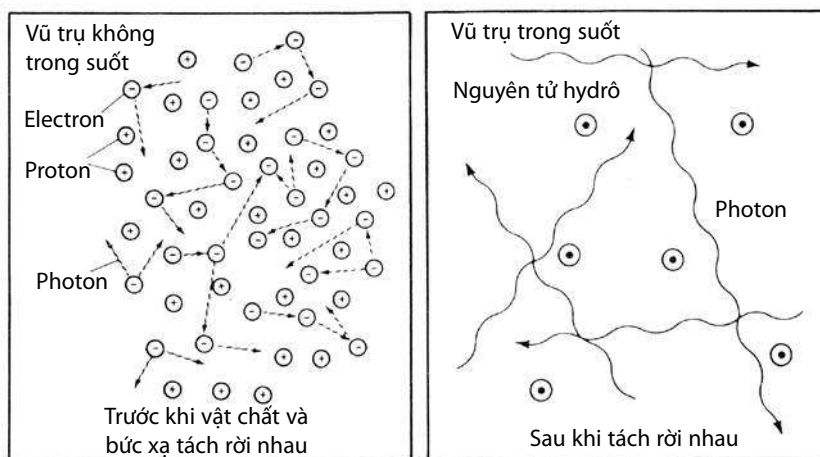
Vũ trụ vén tấm mạng che mặt

Một khi đã qua thời kỳ tạo ra các hạt nhân hydrogen và helium (thời kỳ này thường được gọi là thời kỳ “tổng hợp hạt nhân” nguyên thủy), trong một thời gian dài khoảng 300.000 năm tiếp theo hầu như không có điều gì quan trọng xảy ra. Cứ như là vũ trụ dừng lại để lấy hơi vậy. Tất nhiên, trong thời gian đó vũ trụ vẫn tiếp tục loãng dần trong một không gian lớn lên và lạnh đi. Ngay khi đồng hồ vũ trụ điểm năm 300.000 (11 trang tiếp theo trong cuốn sách lịch sử của chúng ta), nhiệt độ của vũ trụ đã từng là 1 tỷ độ vào giây thứ 100 bây giờ chỉ còn cao hơn 3000 độ một chút, gần xấp xỉ với nhiệt độ của bề mặt Mặt trời. Sự lạnh đi này, cũng như mọi khi, luôn kèm theo sự mất năng lượng của các photon. Ánh sáng tử ngoại không nhìn thấy được tràn ngập vũ trụ bây giờ trở thành màu vàng và nhìn thấy được như ánh sáng Mặt trời. Tuy nhiên, vũ trụ vẫn còn giấu mặt sau tấm mạng kín mít của nó. Chuyển động của các photon mang ánh sáng và thông tin tiếp tục bị chặn lại bởi cánh rừng rậm các electron hiện vẫn còn tự do. Các electron này chưa thể kết hợp với proton để tạo thành nguyên tử hydrogen hoặc với các hạt nhân helium để tạo thành nguyên tử helium vì các photon bao quanh vẫn còn đủ năng lượng để phá vỡ các nguyên tử vừa mới tạo thành và lại giải phóng ra electron và các hạt nhân.

Khi tới năm 300.000 theo lịch vũ trụ, vũ trụ phải chịu một loạt những biến đổi và ghi dấu nó vĩnh viễn. Từ đây, các photon không còn đủ năng lượng để phá vỡ các nguyên tử nữa. Lực điện từ bắt

đầu có tác dụng, nó đẩy cho proton cướp lấy một electron (bạn chắc còn nhớ rằng các điện tích trái dấu hút nhau thông qua lực điện từ) và tạo thành nguyên tử hydrogen và mỗi hạt nhân helium (có điện tích dương lớn hơn hai lần) kết hợp với bốn electron để tạo thành nguyên tử helium. Đây là lần đầu tiên vật chất trung hòa dưới dạng các nguyên tử được bước lên sân khấu.

Một sự kiện đáng ghi nhớ khác, đó là vũ trụ cuối cùng cũng đã chịu bỏ tấm mạng để lộ ra gương mặt của nó. Vì tất cả electron bây giờ đã bị giam cứng trong các nhà lao nguyên tử và không còn electron tự do để chặn đường các photon nữa, nên từ đây photon có thể chu du đi bất cứ đâu mà nó muốn. Vũ trụ từ chỗ hoàn toàn không trong suốt trở nên trong suốt. Vật chất và bức xạ, trước kia kết đôi khăng khít với nhau thì bây giờ tách riêng ra và mãi mãi sống ly thân (H.28). Các photon tới được chúng ta từ năm 300.000 định mệnh này là những photon cổ xưa nhất mà chúng ta có thể bắt được nhờ các kính thiên văn. Chúng tạo thành bức xạ hóa thạch nổi tiếng tràn ngập vũ trụ và cùng với sự giãn nở của vũ trụ là một trong số hai hòn đá tảng của lý thuyết Big Bang. Tất nhiên, bức xạ này ngày hôm nay không còn có nhiệt độ là 3000 độ và cũng không còn có màu vàng của Mặt trời mà giá như chúng ta hiện diện vào đúng năm 300.000 đã có thể nhìn thấy. Nhiệt độ của bức xạ này tiếp tục giảm một cách không gì cưỡng nổi theo mức độ giãn nở của vũ trụ (nó giảm tỷ lệ nghịch với khoảng cách giữa hai điểm nào đó của vũ trụ: ví dụ, nếu vũ trụ giãn nở với kích thước tăng hai lần thì nhiệt độ sẽ giảm đi một nửa). Trong suốt 15 tỷ năm tiếp sau, bức xạ vũ trụ sẽ chạy hết gam màu, từ vàng sang cam, rồi từ đỏ sang đỏ sẫm trước khi trở thành không nhìn thấy đối với mắt người. Bầu trời vốn sáng như bề mặt Mặt trời cứ tối dần rồi nhường chỗ cho bầu



Hình 28. Cuộc ly hôn giữa bức xạ và vật chất. Trong 300.000 năm đầu tiên của vũ trụ, các photon tạo nên bức xạ có năng lượng lớn tới mức chúng ngăn cản sự kết hợp giữa proton và electron để tạo thành các nguyên tử hydrogen. Những proton và electron ở trạng thái tự do này không thể đi bất cứ đâu mà không chạm vào các photon. Vật chất và bức xạ gắn kết khăng khít với nhau và những thăng giáng về mật độ không thể tăng trưởng bằng cách hút hấp dẫn các thăng giáng khác, vì chuyển động của những thăng giáng này bị các photon chặn lại. Ngược lại, chuyển động của các photon cũng bị proton và electron gây cản trở, ánh sáng không thể truyền đi và vũ trụ hoàn toàn không trong suốt (H.28a).

300.000 năm sau vụ nổ nguyên thủy, sự giãn nở của vũ trụ làm cho photon mất dần năng lượng. Khi này các proton và electron cuối cùng đã có thể kết hợp với nhau để tạo thành nguyên tử hydrogen. Những nguyên tử này không còn bị phá hủy bởi các photon đã yếu đi nữa. Sự tạo thành những nguyên tử hydrogen đều kèm theo sự phát các photon tạo nên bức xạ hóa thạch ở 3°K ngày hôm nay, một dấu tích hóa thạch cổ xưa nhất của vũ trụ. Vật chất và bức xạ ly hôn từ đây và vĩnh viễn sống ly thân. Bức xạ không còn cản trở sự chuyển động của vật chất nữa và ngược lại. Vũ trụ trở nên trong suốt và những thăng giáng về mật độ cuối cùng đã có thể tăng trưởng bằng cách hút hấp dẫn các thăng giáng khác về phía chúng. Và sự tạo dựng các cấu trúc của vũ trụ cuối cùng cũng đã được bắt đầu (xem H.28b).

trời đêm tối đen điểm xuyết những ngôi sao làm mê hoặc chúng ta trong những đêm hè đẹp trời. Bức xạ vũ trụ giờ đây lạnh tới mức (nhiệt độ của nó như ta đã biết là 3°K) mà chỉ có những con mắt vô tuyến mới có thể nhìn thấy được.

Sự ngự trị của vật chất

Ở thời điểm vũ trụ vén tấm mạng che mặt của nó, đã diễn ra gần như song song sự chuyển giao quyền lực của bức xạ cho vật chất. Các photon sinh ra trong hai cuộc đại hủy diệt luôn luôn chiếm ưu thế về số đông so với các hạt trong vũ trụ, cứ 1 tỷ photon thì mới có một proton hoặc neutron. Nhưng, về quan điểm năng lượng mà nói, thì tình hình hoàn toàn đảo ngược lại. Trước năm 300.000, năng lượng trong vũ trụ tồn tại dưới dạng bức xạ lớn hơn nhiều so với vật chất. Chính bức xạ này đã dẫn dắt vũ điệu và điều khiển nhịp độ giãn nở của vũ trụ. Nhưng vật chất giờ đây sẽ chuộc lại sự chậm trễ của mình. Năng lượng của nó trở nên ngang bằng với năng lượng của bức xạ. Theo dòng thời gian trôi đi, vật chất sẽ vượt qua bức xạ về năng lượng và ngày càng gia tăng sự cách biệt đó. Trong vũ trụ ngày hôm nay, năng lượng của bức xạ chỉ bằng một phần ngàn năng lượng chứa trong vật chất. Thời kỳ vật chất bắt đầu từ năm thứ 300.000 kéo dài tới tận thời đại chúng ta và sẽ còn duy trì tới một tương lai xa nữa, chừng nào mà vũ trụ chưa tự co lại.

Sự đảo ngược tình thế đầy kịch tính này có thể giải thích một cách dễ dàng. Vũ trụ được tạo ra không chủ tâm là đồng minh của vật chất. Sự giãn nở của nó đã làm cho bức xạ bị mất năng lượng nhiều hơn vật chất. Trong một thể tích bất kỳ của vũ trụ đang giãn nở theo thời gian, số các hạt, bất kể là vật chất hay bức xạ, vẫn luôn luôn không đổi. Do đó cả tỷ lệ 1 tỷ photon trên một hạt vật chất cũng không thay đổi. Nhưng tỷ lệ năng lượng thì thay đổi. Trong khi năng lượng toàn phần của các hạt vật chất (mà chủ yếu là năng lượng của khối lượng bằng khối lượng nhân với bình phương vận tốc ánh sáng, theo hệ thức Einstein) vẫn còn không đổi, thì năng lượng của các hạt bức xạ giảm (tỷ lệ nghịch với kích thước của vũ

trụ). Kết quả là năng lượng của vật chất cuối cùng sẽ vượt quá năng lượng của bức xạ (xem Phụ lục 5).

Vũ trụ hiện ra trong suốt vào năm thứ 300.000, do vật chất thống trị, nó chứa đầy các nguyên tử hydrogen và helium và đã sẵn sàng chuyển sang hồi kích tiếp theo.

Các làng mạc và thành phố của vũ trụ

Bây giờ chúng ta sẽ phải rời mảnh đất vững chắc đã được tạo dựng nên trong thời kỳ từ giây đầu tiên đến năm thứ 300.000 của vũ trụ, thời kỳ mà sự hiểu biết của chúng ta có lẽ là vững chắc nhất. Trái với thời kỳ trước giây đầu tiên, thời kỳ mà những lý thuyết thống nhất lớn của bốn lực mới chập chững những bước đầu tiên và còn đầy bất định, trong thời kỳ tiếp sau đó, để hiểu được các tính chất của màn sương mù vật chất và bức xạ choán đầy vũ trụ khi đó, chúng ta không còn phải vi phạm các định luật vật lý, những định luật đã biết và đã được kiểm chứng nhiều lần trong các phòng thí nghiệm trên Trái đất.

Nhưng giờ đây chúng ta một lần nữa lại phải phiêu lưu trên vùng cát động và tiếp cận một thời kỳ còn được bao bọc trong màn sương mù dày đặc và những chi tiết của nó vẫn còn rất mờ mịt. Lịch sử về thời kỳ này vẫn sẽ còn phải viết tiếp và ở đây chúng ta chỉ có thể cho một phác họa sơ lược. Thời kỳ bí ẩn này là thời kỳ hình thành các thiên hà, nó kéo dài từ hai tới năm tỷ năm đầu tiên của vũ trụ và ứng với hai trang tiếp theo trong cuốn lịch sử vũ trụ của chúng ta. Trong những năm gần đây, lớp sương mù đã được xua đi ít nhiều do một cơn thác lũ những quan sát về hàng chục ngàn thiên hà, giúp ta lập được một bản đồ chính xác hơn về sự phân bố

các thiên hà trong vũ trụ và nhận được một cái nhìn chi tiết hơn về tầm ảnh hưởng vũ trụ. Về phần mình, tấm bản đồ này đã góp phần làm sáng tỏ thời kỳ hình thành các thiên hà.

Còn rất sớm, trước khi bản chất của các thiên hà được làm sáng tỏ, người ta đã biết rằng các thiên hà có xu hướng cụm lại để tạo thành các cấu trúc lớn hơn. Các thiên hà, cũng như con người, đều bộc lộ một bản năng quần cư rất rõ rệt. Chúng cụm lại thành những cộng đồng và tránh sự cô lập và đơn độc. Những cuốn catalog về vị trí của các “tinh vân”, tức là những chấm sáng trên một vùng rộng mà sau này người ta nhận ra là các thiên hà, được xác lập bởi nhà thiên văn người Anh John Herschel ngay từ năm 1864, đã cho thấy rõ ràng rằng vị trí tốt nhất để tìm một tinh vân là ở cạnh một tinh vân khác. Vào đầu thế kỷ, năm 1908, nhà thiên văn Thụy điển Carl Charlier đã táo bạo quả quyết rằng các tinh vân này ở ngoài thiên hà, tức là ở rất xa Ngân hà của chúng ta và ông đã đề xuất một mô hình vũ trụ được phân cấp, trong đó xu hướng cụm lại của các tinh vân được tái tạo một cách vô hạn: hai tinh vân cụm lại thành cặp, các cặp tập hợp lại thành cụm, các cụm tập hợp lại thành đám, các đám lại tập hợp lại thành siêu đám, và cứ như vậy đến vô cùng.

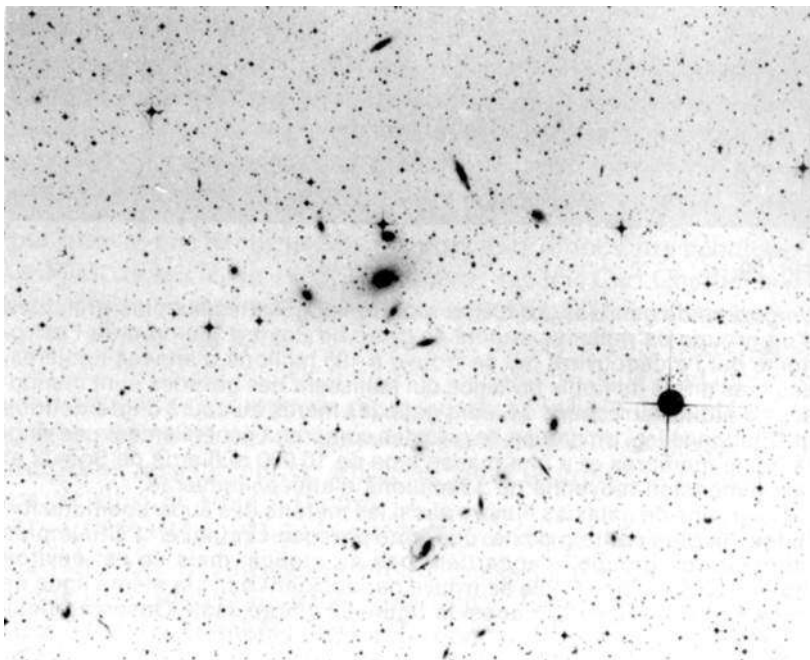
Vào năm 1925, Edwin Hubble đã xác lập được một cách chắc chắn bản chất ở ngoài thiên hà của các tinh vân và đã mở toang những cánh cổng vào thế giới bên ngoài Ngân hà của chúng ta. Khi chụp ảnh những tinh tú ngày càng mờ hơn, tức cũng là ngày càng xa hơn, nhờ các kính thiên văn mới được lắp đặt trên núi Wilson ở California, các nhà thiên văn Mỹ Edwin Hubble và Harlow Shapley (chính là người đã trục xuất Mặt trời ra khỏi vị trí trung tâm của nó trong Ngân hà) đã chứng minh được rằng thiên hà của chúng ta chỉ là một bộ phận của một cấu trúc còn lớn hơn nữa gọi là “cụm

thiên hà địa phương”. Ngoài thiên hà của chúng ta, cụm thiên hà này còn chứa thiên hà Andromede và khoảng mười lăm thiên hà lùn nữa, trong đó có cả các vệ tinh của thiên hà đó, tức các đám mây Magellan lớn và nhỏ. Những cụm thiên hà như thế có kích thước trung bình cỡ 13 triệu năm ánh sáng, lớn gấp khoảng 130 lần kích thước của một thiên hà và có khối lượng cỡ 10.000 tỷ khối lượng Mặt trời ($10^{46}g$) (H.29). Nếu xem các thiên hà là những ngôi nhà thì các cụm thiên hà là các làng mạc của vũ trụ.



Hình 29. Một cụm thiên hà. Bức ảnh cho thấy những thiên hà sáng nhất trong một cụm thiên hà có tên là Bộ sáu Seyfert (theo tên nhà thiên văn đã phát hiện ra nó), ở cách xa chúng ta 195 triệu năm ánh sáng. Những cánh tay mờ có độ sáng yếu chia ra từ các thiên hà bao gồm các ngôi sao được dứt ra khỏi thiên hà mẹ của chúng trong quá trình tương tác hấp dẫn. Một cụm thiên hà thường gồm khoảng hai mươi thiên hà, nó có khối lượng gấp 10.000 tỷ Mặt trời và có kích thước trung bình cỡ 13 triệu năm ánh sáng.

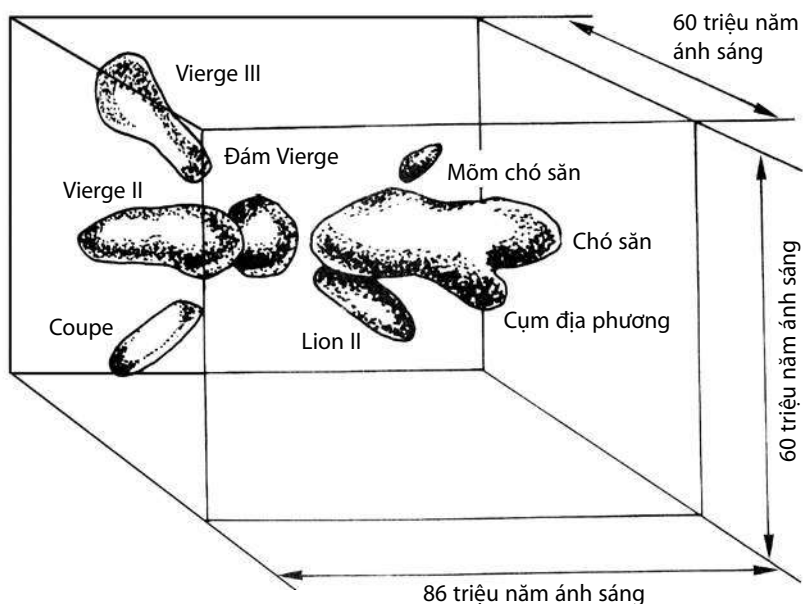
Cụm thiên hà trên bức ảnh cũng minh họa những tác hại của sự chống chọi xảy ra một cách ngẫu nhiên: thiên hà sáng nhất có dạng gần như tròn và đặt ở gần tâm của cụm lại không thuộc vào cụm đó, mà ở xa hơn khoảng 4,5 lần. Nó ngẫu nhiên nằm trên cùng một đường ngắm với cụm thiên hà trên ảnh. Cũng xem H.32. (ảnh, Đài thiên văn Hale)



Hình 30. Một đám thiên hà. Bức ảnh này chụp những thiên hà sáng nhất thuộc đám thiên hà nằm theo hướng chòm sao Pavo, chòm sao chỉ nhìn thấy ở Nam Bán cầu. Đám thiên hà này ở cách xa chúng ta 325 năm ánh sáng. Trong hệ thống phân cấp cấu trúc thì đám thiên hà này có cấu trúc tiếp ngay sau cấu trúc cụm thiên hà (hình 29). Một đám thiên hà điển hình có chứa khoảng một ngàn thiên hà gồm các thiên hà xoắn và ellipse. Các thiên hà ellipse tập trung chủ yếu ở vùng trung tâm (ta có thể thấy một thiên hà ellipse khổng lồ ở trung tâm giống như thiên hà chụp ở hình 40), trong khi đó các thiên hà xoắn tập trung đồng nhất ở vùng ngoại biên. Một đám thiên hà có khối lượng trung bình cỡ 1 triệu tỷ khối lượng Mặt trời và kích thước điển hình là 60 triệu năm ánh sáng. (ảnh, Đài thiên văn Hoàng gia Edimbourg)

Một giai đoạn mới trong nghiên cứu sự phân cấp các cấu trúc của vật chất trong vũ trụ đã được mở ra cùng với việc đưa vào hoạt động một kính thiên văn có đường kính 1,2m - kính thiên văn Schmidt - trên núi Palomar, California vào cuối những năm 1940. Kính thiên văn chuyên để chụp ảnh các vùng rộng lớn của bầu trời này cho phép chỉ trong một vài năm (từ năm 1950 đến 1954) đã ghi lại được trên hàng ngàn tấm kính ảnh tổng thể của bầu trời được nhìn từ Bắc Bán cầu. Bản sao của các tấm kính này hiện nay có ở các đài thiên văn trên toàn thế giới và là kho lưu trữ về vũ trụ và bộ nhớ trực quan cho các nhà thiên văn. Các tấm ảnh này cũng tiết lộ cho thấy những cấu trúc còn lớn hơn cả các cụm thiên hà: đó là các đám thiên hà. Những đám này là tập hợp của hàng ngàn thiên hà liên kết với nhau qua lực hấp dẫn, chúng có kích thước trung bình cỡ 60 triệu năm ánh sáng và có khối lượng lớn gấp vài tỷ lần Mặt trời (10^{48} g) (H.30). Từ Bắc Bán cầu người ta có thể đếm được gần 300 đám thiên hà như vậy. Đó là các thủ phủ tỉnh lẻ của vũ trụ.

Nhưng tổ chức cấu trúc của vũ trụ dường như không dừng ở thang đám thiên hà. Thực vậy, các đám thiên hà lại cụm lại để tạo thành các siêu đám thiên hà. Mỗi siêu đám chứa khoảng 5 hoặc 6 đám, có kích thước cỡ 200 triệu năm ánh sáng và khối lượng cỡ 10 triệu tỷ khối lượng Mặt trời (10^{49} g). Những siêu đám là các thành phố lớn của vũ trụ. Ví dụ, chính “cụm thiên hà địa phương” của chúng ta là một bộ phận của một cấu trúc lớn hơn chứa khoảng một chục các cụm và các đám khác. Cấu trúc mới này được gọi là “siêu đám địa phương” và đã được phát hiện vào năm 1960 bởi một nhà thiên văn Mỹ gốc Pháp Gerard Vaucouleurs (H.31). Trực giác thiên tài của Charlier đã được kiểm chứng, ít nhất cũng là tới tận thang siêu đám thiên hà.

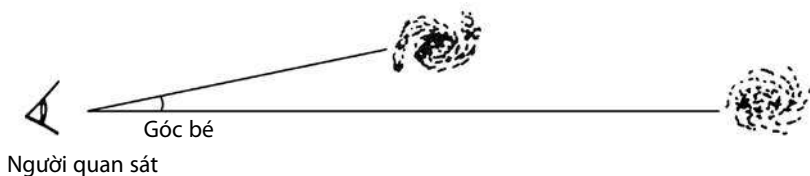


Hình 31. Siêu đám thiên hà địa phương. Đây là cấu trúc lớn nhất của vật chất mà ta biết được trong vũ trụ. Cấu trúc này đứng ngay sau cấu trúc đám thiên hà. Thiên hà chúng ta là một bộ phận của cụm thiên hà địa phương, và chính cụm này lại nằm trong siêu đám thiên hà địa phương được biểu diễn ba chiều trên hình vẽ. Siêu đám thiên hà này gồm khoảng 10.000 thiên hà được tập hợp thành các đám như đám Vierge (Trinh nữ) (chính siêu đám thiên hà địa phương cũng được gọi là siêu đám Vierge) hoặc thành các cụm liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Siêu đám này có dạng một đĩa dẹt chứa khoảng 60% thiên hà, 40% còn lại tạo thành các cấu trúc hình sợi nằm phía trên và hướng về phía đĩa. Ngoài ra còn thấy rất rõ những khoảng trống lớn. Các thiên hà thuộc siêu đám địa phương chỉ chiếm khoảng 5% thể tích thấy được của siêu đám đó. Cụm thiên hà địa phương nằm ở mép đĩa và “rơi” với vận tốc 250km/s hướng về phía đám Vierge nằm ở tâm siêu đám. Chuyển động rơi này có được là do lực hút hấp dẫn của đám Vierge ở tâm tác dụng lên cụm thiên hà địa phương (hình vẽ theo R.B. Tully).

Tắm thắm vũ trụ: những chiếc bánh rán, những sợi dây, những khoảng trống và những bọt bong bóng

Sự tiến bộ nhanh chóng trong hiểu biết của chúng ta về hệ thống phân cấp cấu trúc trong vũ trụ gần như chỉ dựa trên sự phân tích các catalog về vị trí của các thiên hà. Xu hướng cụm lại của các thiên hà

được xác định từ vị trí của chúng được chiếu lên bầu trời. Do không biết được khoảng cách tới các thiên hà, nên các nhà thiên văn đành phải bỏ qua chiều thứ ba, tức chiều sâu của sân khấu vũ trụ. Làm như vậy sẽ có nguy cơ sai lầm do các hiệu ứng chiếu gây ra. Thực vậy, hai thiên hà có vẻ rất gần nhau trên bầu trời, nhưng trên thực tế lại rất xa nhau, nếu như chúng đơn giản cùng nằm trên một đường ngắm của người quan sát (H.29 và 32). Các hiệu ứng chiếu này có thể nhỏ không đáng kể ở các thang nhỏ, trong đó đường ngắm là ngắn, nhưng chúng sẽ là quan trọng ở thang của các đám hoặc siêu đám thiên hà trong đó đường ngắm là rất dài. Như vậy, để có một cái nhìn chi tiết hơn đối với các cấu trúc của vũ trụ ở thang lớn, thì bắt buộc phải tính đến chiều thứ ba. Tuy nhiên, nhờ những tiến bộ kỹ thuật hiện nay, việc đo khoảng cách tới một số lớn thiên hà cuối cùng cũng đã có thể thực hiện được.



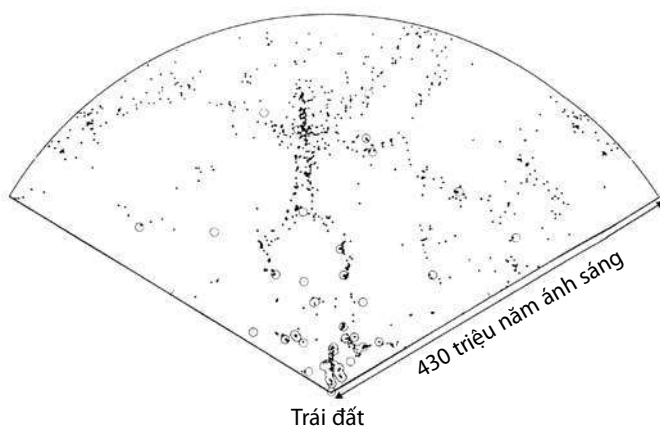
Hình 32. Tác hại của các hiệu ứng chiếu. Hai thiên hà trên hình được chiếu lên bầu trời dường như ở rất gần nhau: góc phân cách chúng là rất nhỏ và chúng gần như nằm trên cùng một đường ngắm của người quan sát. Nhưng trên thực tế chúng lại ở rất xa nhau (xem ví dụ cụ thể ở hình 29). Cách duy nhất để để tính đến điều đó là phải xác định khoảng cách của chúng bằng cách đo độ dịch chuyển về phía đỏ của ánh sáng do chúng phát ra.

Để thâm nhập vào chiều sâu của vũ trụ, chỉ cần viện đến phát minh vĩ đại của Hubble vào năm 1929, theo đó ánh sáng tới từ các thiên hà xa xôi bị dịch chuyển về phía đỏ và độ dịch này sẽ càng lớn nếu thiên hà càng ở xa. Như vậy, chỉ cần phân tích ánh sáng tới từ một thiên hà nhờ một máy quang phổ, rồi đo độ dịch chuyển

của nó về phía đỏ là bạn sẽ nhận được khoảng cách tới thiên hà đó. Sự tiến bộ ban đầu là cực kỳ chậm. Sờ dĩ như vậy là vì, nếu vị trí của hàng ngàn thiên hà có thể ghi trên chỉ một tấm kính ảnh trong một lần quan sát thì các phép đo độ dịch về phía đỏ của ánh sáng tới từ các thiên hà lại đòi hỏi số lần quan sát phải bằng số các thiên hà đó. Vào thời điểm thực hiện phát minh vĩ đại của mình, Hubble chỉ có trong tay các kết quả đo của khoảng ba chục thiên hà. Vào cuối những năm 1970, số thiên hà được đo độ dịch chuyển về phía đỏ chưa vượt quá con số hai ngàn. May thay, sự phát triển của các detector điện tử đã làm cho việc lập bản đồ vũ trụ được dễ dàng hơn nhiều. Các detector này nhạy hơn nhiều so với các tấm kính ảnh. Chúng có thể ghi nhận được từng hạt ánh sáng (photon) một và chỉ trong nửa giờ có thể nhận được lượng thông tin mà Hubble và những người đương thời của ông phải mất cả một đêm.

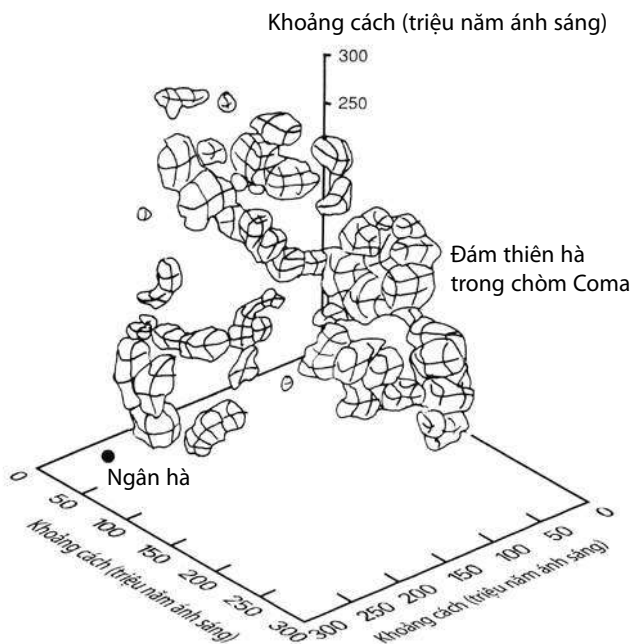
Lúc này những tiến bộ đã diễn ra rất nhanh và quang cảnh vũ trụ hiện ra đầy những điều lạ lùng và bất ngờ. Trước hết, các siêu đám thiên hà - cấu trúc lớn nhất mà chúng ta biết - thay vì là hình cầu lại có dạng khi là những cái bánh rán mỏng khi lại là những sợi mảnh và dài. Bề dày của những chiếc bánh này cỡ 40 triệu năm ánh sáng, chỉ bằng một phần năm đường kính của chúng. Còn các sợi thì có thể vắt ngang qua không gian với chiều dài hàng trăm triệu năm ánh sáng. Nhưng điều đáng ngạc nhiên nhất là sự phát hiện ra những khoảng trống lớn trong vũ trụ. Đây là những vùng rộng lớn có kích thước tới hàng chục triệu năm ánh sáng mà không có một thiên hà nào. Các thiên hà, như chúng ta đã biết, có xu hướng cụm lại thành các làng, các thị trấn và các thành phố, nhưng chúng đã đẩy xa bản năng quần cư này tới mức các vùng nông thôn hầu như hoàn toàn hoang vắng. Bạn có thể ngao du hàng chục triệu năm ánh sáng mà không hề gặp một thiên hà nào. Các thiên hà được phân bố

dưới dạng những chiếc bánh rán mỏng và các sợi dây dài chỉ chiếm một phần mười thể tích của vũ trụ. Trong chín phần mười còn lại chỉ có chân không. Điều còn ngạc nhiên hơn nữa là các khoảng không này dường như lại có dạng những hốc lớn hình cầu, gây cho ta cảm tưởng về những chiếc bong bóng xà phòng vĩ đại mà trên bề mặt của chúng là những chiếc bánh rán và những sợi dây siêu đám thiên hà (H.33). Những hốc trống không này không hề đơn độc trong không gian. Tất cả chúng đều liên thông với nhau và tạo



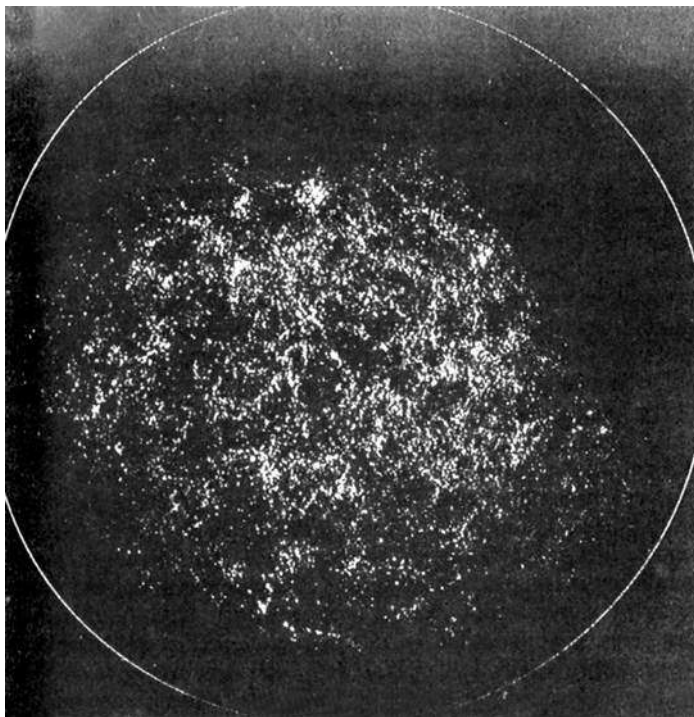
Hình 33. Những khoảng trống lớn của vũ trụ. Bằng cách đo độ dịch chuyển về phía đỏ của ánh sáng của hàng ngàn thiên hà và từ đó nhận được các khoảng cách đến chúng, các nhà vật lý thiên văn đã có thể thâm nhập vào chiều thứ ba của vũ trụ. Cùng với chiều sâu của vũ trụ, một quang cảnh kỳ lạ được hiện ra. Sơ đồ trên hình cho thấy sự phân bố theo chiều sâu của khoảng 1.100 thiên hà có độ sáng biểu kiến lớn nhất trong một lát cắt nhỏ của vũ trụ. Những thiên hà sáng này được đánh dấu bằng các chữ thập. Ta có thể thấy ngay rằng vũ trụ chứa những khoảng không rộng lớn không có một thiên hà sáng nào. Chúng có dạng gần hình cầu với đường kính hàng chục triệu năm ánh sáng. Những liệu những khoảng trống này có chứa các thiên hà có độ sáng rất yếu không? Tôi cùng với các đồng nghiệp đã thực hiện việc lập một bản đồ các thiên hà lùn kém sáng hơn rất nhiều (bằng cách đo độ dịch chuyển về phía đỏ của các thiên hà lùn nhờ một kính thiên văn vô tuyến, vì chúng sáng rất yếu nên không thể quan sát được bằng các kính thiên văn quang học) và đã nhận được cùng một quang cảnh như trên (các thiên hà lùn kém sáng được đánh dấu bằng các vòng tròn trắng trên hình). Điều này có nghĩa là các khoảng trống trong vũ trụ không chứa các thiên hà có độ sáng yếu (hình vẽ theo Lapparent cùng cộng sự và T.X. Thuần cùng cộng sự).

thành một mạng lưới rộng lớn, trong đó bạn có thể đi từ hốc này sang hốc khác mà không vướng phải những chiếc bánh rán hoặc các sợi dây siêu đám thiên hà. Địa hình của vũ trụ bây giờ nhìn giống như địa hình của một miếng bọt biển: nếu bạn xuất phát từ một hốc nào đó của nó, bạn có thể tới được bất kỳ hốc nào khác theo một mê lộ hẳn nhiên là phức tạp, nhưng không bao giờ phải xuyên qua một vách ngăn nào (H.34).



Hình 34. Cấu trúc bọt biển của vũ trụ. Phân bố theo ba chiều của 1.000 thiên hà sáng nhất trong Bán thiên cầu Bắc được biểu diễn trên hình. Các thiên hà mờ nhất được biểu diễn ở đây có độ sáng nhỏ hơn 1600 lần ngôi sao mờ nhất nhìn thấy được bằng mắt trần. Vị trí riêng biệt của một thiên hà được biểu diễn bằng một mặt tròn. Quang cảnh hiện ra thật là kỳ lạ: Những thiên hà tạo thành một mạng lưới các cấu trúc hoàn toàn liên thông với nhau xen kẽ với một hệ thống các hốc hoàn toàn trống rỗng không chứa một thiên hà nào. Địa hình của vũ trụ tựa như một miếng bọt biển, các cấu trúc tạo thành bởi các thiên hà tựa như các vách, còn các khoảng trống như các hốc trong miếng bọt biển đó (hình vẽ theo Davis và các cộng sự).

Điều gì sẽ xảy ra ở thang còn lớn hơn các siêu đám thiên hà? Liệu có một tổ chức của các siêu đám thiên hà hay không? Để trả lời một cách chính xác các câu hỏi đó, phải tiến hành nhiều phép đo độ dịch chuyển về phía đỏ của các thiên hà còn xa hơn nhiều và do đó còn mờ hơn nhiều và tất nhiên sẽ còn khó quan sát hơn nhiều. Còn cần phải kiên nhẫn thêm năm bảy năm nữa. Nhưng trong lúc chờ đợi, ta vẫn có thể tìm kiếm manh mối của câu trả lời bằng cách khảo sát những vị trí được chiếu của một số rất lớn (chừng một triệu) các thiên hà trên một vùng rất rộng lớn của bầu trời. Khi này hiện ra một tấm thảm tuyệt vời của vũ trụ: trong đó các siêu đám dưới dạng những chiếc bánh rán mỏng và các sợi dây dài tạo nên một mẫu dệt với những siêu đám là các nút còn các hốc trống là các mắt (H.35). Như vậy, khi tiến lại gần và xem xét một cách chi tiết hơn, thì quang cảnh vũ trụ từ một bức tranh đơn điệu, nhạt nhẽo và đều đặn lại trở thành một bức thảm dệt hết sức bay bướm trong đó các thiên hà đã dệt nên vô số những hoa văn và motif. Nhiệm vụ của nhà vật lý thiên văn bây giờ là cố gắng tìm hiểu xem vũ trụ đã dệt nên bức thảm đó như thế nào, đồng thời phải hoàn tất các chi tiết của một kịch bản đã được biết chính xác đoạn đầu và đoạn cuối của nó. Bắt đầu là một vũ trụ mà 300.000 năm sau Big Bang, các tính chất của nó chỉ thay đổi chưa đầy 0,001%, như các quan sát về bức xạ hóa thạch bởi vệ tinh Cobe cho thấy. Đoạn cuối là các cấu trúc mà ta quan sát được hiện nay trong vũ trụ. Nhưng làm thế nào mà vũ trụ lại có thể phát triển được một hệ thống phân cấp cấu trúc phong phú đến như vậy mà lại xuất phát từ một trạng thái rất ư đồng đều? Làm thế nào mà cái phức tạp lại có thể nảy sinh từ cái đơn giản? Lực hấp dẫn sẽ giúp chúng ta làm sáng tỏ tình huống này.



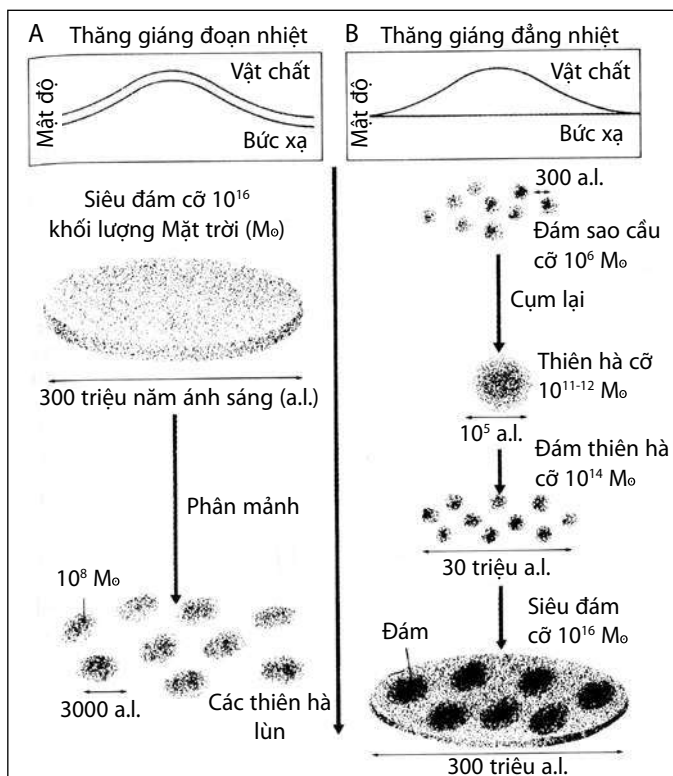
Hình 35. Cấu trúc ở thang rất lớn của vũ trụ. Ta có thể có một ý niệm về cấu trúc ở thang rất lớn của vũ trụ bằng cách khảo sát vị trí của một số rất lớn các thiên hà xa xôi được chiếu lên vòm trời. Tấm bản đồ cho ở trên biểu diễn một triệu thiên hà sáng nhất trong Bán thiên cầu Bắc (trong đó thiên hà mờ nhất có độ sáng nhỏ hơn 160.000 lần ngôi sao mờ nhất có thể quan sát được bằng mắt trần). Tấm bản đồ trên được xây dựng dựa trên các công trình của các nhà thiên văn Mỹ C. D. Shane và C. A. Wirtanen thuộc đài thiên văn Lick, California, trên đó không cho vị trí của các thiên hà riêng lẻ, mà được lập bằng cách chia bầu trời thành các ô vuông nhỏ và đếm số thiên hà trong mỗi ô đó. Việc đếm các thiên hà này đã phải làm bằng tay (chứ không được làm tự động như hiện nay): Shane và Wirtanen đã phải dành cho công việc này ròng rã 12 năm của cuộc đời mình. Và một cảnh tượng hết sức kỳ lạ được hiện ra: các thiên hà đã dệt nên một bức thảm vũ trụ bao la trong đó mầu dệt được tạo bởi một mạng lưới các siêu đám thiên hà dưới dạng những chiếc bánh rán mỏng hoặc các sợi dài; các nút được tạo bởi các đám còn các mắt được tạo bởi các hố rỗng với kích thước cỡ hàng chục triệu năm ánh sáng. Việc giải thích bằng cách nào có thể tạo thành một bức thảm tuyệt vời đó từ một vũ trụ ban đầu cực kỳ đều đặn đến mức đơn điệu là một trong những bài toán cơ bản nhất mà ngành thiên văn vật lý hiện đại còn chưa giải được. (ảnh, P. J. E. Peebles và cộng sự).

Các hạt giống thiên hà

Trong 300.000 năm đầu tiên của vũ trụ, lực hấp dẫn, mặc dù vẫn hiện diện, nhưng có một vai trò rất khiêm tốn. Ẩn mình trong cánh gà, nó để cho các lực khác xuất hiện trên sân khấu. Các lực này đã giúp cho vũ trụ đi những bước đầu tiên trên con đường phức tạp hóa, lực hạt nhân mạnh tạo ra các hạt nhân nguyên tử từ các quark và lực điện từ giúp cho sự sinh nở ra các nguyên tử bằng cách liên kết các hạt nhân với electron. Nhưng chúng ta cũng biết rằng việc tạo ra các nguyên tử hóa học cần cho sự sống đã bị chặn lại rất sớm do các nguyên tử helium rất bền vững và ngăn không cho tạo thành các nguyên tử phức tạp hơn.

Tới đây lực hấp dẫn mới ra tay. Nó đem lại cho vũ trụ một cơ hội thứ hai để tiếp tục thăng tiến trên con đường phức tạp hóa và cứu nguy tình hình bằng cách tạo ra trong sa mạc vũ trụ những ốc đảo thoát khỏi sự lạnh đi liên tục do sự giãn nở của vũ trụ và cho phép sự sống và ý thức có thể xuất hiện. Những ốc đảo này có tên là các hành tinh, những ngôi sao và các thiên hà.

Nhưng bây giờ chúng ta hãy quay ngược trở lại một chút để xét xem tại sao lực hấp dẫn lại bị tê liệt như thế và nó chỉ bắt đầu phàn sự của mình sau năm 300.000. Chúng ta đã biết rằng vũ trụ trước khi trở nên trong suốt hoàn toàn bị tẩm trong món súp gồm vật chất và bức xạ. Một thực tế có ý nghĩa rất cơ bản là món súp này không hoàn toàn trơn tru và đồng đều, mà đây đó có những chỗ bất thường, những thăng giáng về mật độ. Bạn chắc còn nhớ rằng những “chỗ xù xì” này đã được sinh ra trong thời kỳ lạm phát của vũ trụ, tức là ở giây đầu tiên, khi vũ trụ đang ở một trong những giai đoạn “kết tinh” của nó. Hoàn toàn giống như nước đá, kết quả của sự kết tinh của nước, có thể có những khuyết tật - những vết



Hình 36. Những hạt giống của các thiên hà. Để giải thích những cấu trúc quan sát được trong vũ trụ, các nhà vật lý thiên văn cần phải viện đến những bất thường hay còn gọi là những thăng giáng mật độ trong vũ trụ ở giai đoạn bắt đầu của nó. Những thăng giáng này đóng vai trò là những hạt giống của các thiên hà. Chúng đã được quan sát thấy bởi vệ tinh Cobe vào năm 1992 và vào cỡ 0,001%. Có hai kịch bản khả dĩ để giải thích sự hình thành các cấu trúc trong vũ trụ tương ứng với hai loại thăng giáng mật độ khả dĩ. Trong trường hợp những thăng giáng gọi là “đoạn nhiệt” (H.36a), vật chất và bức xạ thay đổi ăn khớp với nhau sao cho giữ nguyên được tỷ lệ 1 tỷ photon trên 1 proton hoặc 1 neutron trong vũ trụ. Bức xạ bị nén trong các thăng giáng này thoát được ra ngoài đồng thời kéo theo vật chất bị nén đi cùng với nó và làm cho những cấu trúc nhỏ nhất bị phá hủy. Những cấu trúc xuất hiện đầu tiên, sau khi được hấp dẫn làm cho những thăng giáng lớn dần lên là những siêu đám thiên hà có dạng như những chiếc bánh rán mỏng (xem H.37) có khối lượng bằng 10 triệu tỷ Mặt trời. Những siêu đám này sau đó được phân mảnh để tạo thành các cấu trúc nhỏ hơn. Trong trường hợp những thăng giáng gọi là “đẳng nhiệt” (H.36b) chỉ có vật chất được nén lại còn bức xạ hoàn toàn là đồng nhất. Những cấu trúc nhỏ nhất không bị phá hủy vì bức xạ không bị cầm tù trong những thăng giáng đó. Những cấu trúc đầu tiên xuất hiện bây giờ là những đám sao cầu nhỏ có khối lượng cỡ 1 triệu Mặt trời. Những cấu trúc lớn hơn (như thiên hà, đám thiên hà và siêu đám thiên hà) sẽ được tạo thành sau đó bằng cách co cụm lại do hấp dẫn.

rạn trong cấu trúc bên trong của nó, vũ trụ khi kết tinh cũng hình thành những khuyết tật, đó là những chỗ bất thường như đã nói trong món súp của nó. Sự tồn tại của chúng ta phụ thuộc vào chính những thăng giáng mật độ này, vì chúng là những hạt mầm sẽ phát triển sau này thành những cây - sao và thiên hà nhờ sự chầm bón chu đáo của người làm vườn Hấp dẫn. Không có những hạt mầm này, những ốc đảo của sự sống - những thiên hà - sẽ không tồn tại.

Nhưng như chúng ta đã biết, những bất thường này không thể là tùy tiện được. Một mặt chúng phải đủ nhỏ để không gây ra những thăng giáng về nhiệt độ lớn hơn những nhiệt độ đã quan sát thấy trong bức xạ hóa thạch ở 3°K (phải dưới 0,01%). Mặt khác, chúng lại phải đủ lớn để trong khoảng thời gian cỡ 15 tỷ năm có thể phát triển thành các cấu trúc hiện nay. Những ngôi sao, thiên hà, đám thiên hà và siêu đám thiên hà mặc dù có khối lượng và kích thước sai khác nhau cả triệu tỷ lần, nhưng lại chỉ là một khả năng nhỏ nhoi trong vô số những khối lượng và kích thước khả dĩ. Cuộc thực nghiệm sẽ hoàn toàn thất bại nếu như nó tạo ra những cấu trúc mà lớn nhất trong đó có kích thước chỉ bằng con vi khuẩn!

Người ta đã biết có hai loại thăng giáng. Thứ nhất là loại thăng giáng trong đó vật chất và bức xạ hành động ăn ý với nhau và chúng biến thiên đồng thời từ nơi này sang nơi khác theo cách sao cho vẫn giữ nguyên tỷ lệ giữa số các hạt bức xạ (photon) và số các hạt vật chất (proton và neutron) là 1 tỷ trên 1. Sự không đổi của tỷ lệ này được gọi là tính “đoạn nhiệt” và những thăng giáng giữ nguyên được tỷ lệ đó cũng được gọi là những “thăng giáng đoạn nhiệt”. Nhưng cũng có thể xảy ra trường hợp bức xạ hành động không hài hòa với vật chất. Vật chất thì biến đổi nhưng bức xạ lại không thay đổi. Những thăng giáng của vật chất khi này được chống lên một

nền bức xạ hoàn toàn đồng nhất và không có những thăng giáng. Trong trường hợp này, nhiệt độ không thay đổi, nên bức xạ được gọi “đẳng nhiệt” và những thăng giáng của vật chất cũng được gọi là “thăng giáng đẳng nhiệt” (H.36).

Những diễn viên của màn kịch: hấp dẫn và sự giãn nở

Hấp dẫn đã tóm lấy các hạt giống nói ở trên và bắt chúng phải “mọc” lên thành các sao và các thiên hà. Sự dôi ra của hấp dẫn gắn liền với sự dôi ra của vật chất chứa trong một thăng giáng mật độ đã hút các thăng giáng khác ở lân cận làm cho chúng nhập vào thăng giáng ban đầu góp phần làm cho nó tăng trưởng. Nhưng, trước khi đồng hồ vũ trụ điểm năm thứ 300.000, những nỗ lực của hấp dẫn đều vô ích. Cũng như các photon không thể xuyên qua cánh rừng rậm các electron và proton, các electron tự do cũng không có nhiều tự do để chuyển động, bởi vì cứ mỗi lần chúng định di chuyển đi đâu đó thì ngay lập tức vấp phải những photon có số lượng còn đông đảo hơn. Các proton, những hạt có khối lượng lớn gấp 1836 lần electron, còn khó lách qua đám đông các photon hơn nhiều. Sự cản trở lưu thông tự do này đã ngăn cấm sự tăng trưởng của các thăng giáng vì các proton và electron không thể kết tập lại, bất chấp những nỗ lực của hấp dẫn muốn làm cho chúng xích lại gần nhau.

Tình hình còn trở nên nghiêm trọng hơn nữa, vì trong suốt 300.000 năm đầu tiên của vũ trụ, những thăng giáng đoạn nhiệt (tức là những thăng giáng trong đó vật chất và bức xạ hành động ăn ý với nhau) lại phải chịu một sự phá hủy nghiêm trọng, loại bỏ đi những thăng giáng nhỏ nhất. Thực vậy, những photon bị cầm tù trong những chỗ không đồng nhất này không chịu bị giam giữ và có xu hướng thoát ra ngoài. Và chúng đã làm được điều đó khi những

thăng giáng còn nhỏ. Bằng cách kéo theo những hạt tạo nên sự dôi vật chất trong những thăng giáng đó sao cho vẫn giữ nguyên được tỷ lệ số photon-baryon, những photon này đã phá hủy những chỗ không đồng nhất. Chỉ có những thăng giáng lớn nhất là còn sống sót sau tai họa tàn phá đó.

Và thời điểm thần kỳ, năm 300.000 đã tới. Vũ trụ trở nên trong suốt và các electron bị cầm tù trong các nguyên tử không còn cản trở chuyển động của các photon nữa. Sự cấm đoán tăng trưởng vốn đè nặng lên các thăng giáng đã bị gỡ bỏ. Vật chất bây giờ có thể tự do di chuyển và không bị bức xạ chặn lại. Hấp dẫn giành lại quyền của mình và hút vật chất vào những chỗ dôi mật độ để làm cho chúng lớn dần lên. Những hạt giống cuối cùng đã có thể bắt đầu nảy mầm. Mặt khác, sự ly thân của bức xạ và vật chất đã làm dừng quá trình phá hủy các thăng giáng. Photon không còn kéo các proton và neutron ra khỏi những chỗ bất thường nữa. Những bất thường hay những thăng giáng này từ đây có thể tăng trưởng mà không còn phải sợ hãi gì nữa.

Nhưng người làm vườn Hấp dẫn vẫn còn phải làm việc không ngơi. Anh ta luôn phải đấu tranh không ngừng chống lại sự giãn nở của vũ trụ, một quá trình luôn nhằm nhe phá hủy công trình của anh ta. Từ năm 300.000 tới tận hôm nay, khoảng cách giữa các thiên hà đã tăng gấp 1.000 lần và mật độ trung bình của vũ trụ giảm đi 1 tỷ lần. Sự giãn nở này thực tế đã làm cho những chỗ không đồng nhất bị loãng đi và làm yếu khả năng hút của chúng đối với nhau. Những chỗ không đồng nhất ấy ngày càng khó tăng trưởng theo dòng thời gian. Tình huống này không khác gì một con ngựa đua cố gắng một cách tuyệt vọng để về đích trong khi đó thì đường đua cứ liên tục được kéo dài ra. Nhưng chúng ta đã biết kết cục của

cuộc chiến này. Hấp dẫn cuối cùng đã giành được chiến thắng. Con ngựa đua cuối cùng cũng đã tới vạch đích. Những chỗ bất thường tăng trưởng cho tới khi khối lượng và lực hấp dẫn của chúng lớn tới mức chúng tách ra khỏi làn sóng giãn nở của vũ trụ và bắt đầu tụ co lại để sinh ra các sao, các thiên hà, các đám thiên hà và các siêu đám thiên hà. Vì không tham gia vào quá trình giãn nở, những cấu trúc này sẽ thoát ra khỏi sự lạnh dần có tính phổ biến và cho phép sự sống có thể xuất hiện. Bây giờ chúng ta sẽ xem xét chi tiết hơn cuộc đấu tranh hào hùng này.

Khối lượng không nhìn thấy được của vũ trụ

Nhưng trước khi xem xét chi tiết cuộc đấu tranh giữa hấp dẫn và sự giãn nở của vũ trụ cũng như lịch sử tăng trưởng của các hạt giống của các thiên hà thành các làng mạc và đô thị hiện nay của vũ trụ, chúng ta cần phải chính xác hóa một dữ liệu cơ bản, đó là lượng vật chất có trong vũ trụ. Do lực hấp dẫn của mình, lượng vật chất này có tác dụng kìm hãm và điều khiển nhịp độ giãn nở của vũ trụ và do đó cả tốc độ tăng trưởng của các hạt giống thiên hà. Bạn có thể bảo tôi rằng việc đó khó gì, chỉ cần đếm số các sao và các thiên hà là xong. Thật không may, bài toán không đơn giản như vậy. Nhà thiên văn có thể dễ dàng đếm các thiên thể phát sáng. Chẳng hạn như các tia gamma, tia X hoặc tia tử ngoại, ánh sáng quang học hay các sóng hồng ngoại hoặc vô tuyến vì các kính thiên văn có thể “nhìn” thấy chúng. (Từ đây trở đi chúng ta sẽ dùng thuật ngữ “nhìn thấy” không phải theo nghĩa thông thường là “cảm nhận bằng mắt” mà theo nghĩa rộng hơn là “cảm nhận bởi các kính thiên văn”). Nhưng không phải mọi thứ trong vũ trụ đều phát sáng: ta hãy lấy một ví dụ cực đoan là các lỗ đen, nó có thể rất nặng nhưng

lại ngăn không cho ánh sáng ở trong bán kính không thể quay lui thoát ra ngoài. Nhà thiên văn đã phải vận dụng hết tài trí của mình (mà ta sẽ đề cập tới trong chương sau) để khắc phục sự không phát sáng đó và thử kiểm kê tất cả các thứ có trong vũ trụ. Những kết quả mặc dù còn rất mong manh, nhưng có một điều chắc chắn: đó là vũ trụ chứa khối lượng không phát sáng lớn gấp 10 đến 100 lần khối lượng sáng. Như vậy, vũ trụ thấy được dường như chỉ là phần nổi rất nhỏ của tảng băng chìm.

Lượng tổng cộng của vật chất không chỉ điều khiển số phận của những thăng giáng mà còn quyết định số phận của chính vũ trụ. Nếu mật độ trung bình (bằng khối lượng thấy được và không thấy được chia cho thể tích) của vũ trụ cao hơn mật độ tới hạn ba nguyên tử hydrogen trong 1m^3 thì lực hấp dẫn đủ mạnh để làm dừng sự giãn nở của vũ trụ và vũ trụ một ngày nào đó sẽ tự co lại. Đây là trường hợp của vũ trụ khép kín. Nếu vũ trụ chứa trung bình ít hơn 3 nguyên tử hydrogen trong 1m^3 thì vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi. Đây là trường hợp của vũ trụ mở (xem Phụ lục 5). Hiện thời, chúng ta chưa biết được lượng vật chất có trong vũ trụ và nó là mở hay đóng. Nhưng nếu vậy, làm thế nào chúng ta có thể kể về lịch sử tăng trưởng của các hạt giống thiên hà? Chúng ta đành phải cầu viện tới các vũ trụ-đồ chơi.

Những vũ trụ-đồ chơi

Trong số các khoa học chính xác, vật lý thiên văn chiếm một vị trí tách biệt. Đây là khoa học duy nhất không cho phép tiến hành thực nghiệm trong phòng thí nghiệm như trong vật lý, hóa học và sinh học. Thực nghiệm đã xảy ra một lần cho mãi mãi khoảng 15 tỷ

năm trước. Chúng ta không thể tạo ra các ngôi sao hoặc các thiên hà trong ống nghiệm được, mà buộc phải quan sát chúng từ xa.

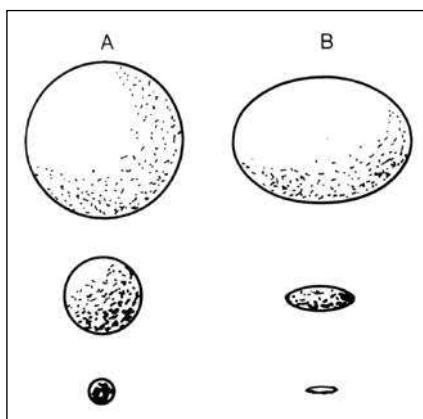
Tuy nhiên, trong những năm gần đây, tình hình đã thay đổi nhiều do sự xuất hiện các máy tính có khả năng thực hiện hàng tỷ phép tính trong một giây. Không có khả năng thực hiện những thực nghiệm trong phòng thí nghiệm, nhà vật lý thiên văn đã bù lại sự thiệt thòi đó của mình bằng cách làm những thí nghiệm bằng số trên các máy tính mạnh cho phép mô phỏng và nghiên cứu sự tiến hóa của vũ trụ. Những ngôi sao, thiên hà, đám thiên hà và siêu đám thiên hà, tất cả đều diễn ra ở đó và máy tính làm nên niềm vui là đùn ra vô số những vũ trụ-đồ chơi. Sở dĩ những vũ trụ này được gọi như vậy là vì đa số trong chúng không tương ứng với một vũ trụ “thực” nào. Để tạo ra một vũ trụ-đồ chơi, nhà vật lý thiên văn phải cung cấp cho máy tính một tập hợp các điều kiện (gọi là các điều kiện ban đầu) mà anh ta cho là “hợp lý” và thích dụng vào năm 300.000, khi vật chất và bức xạ ly thân với nhau. Ngoài những thứ khác, nhà vật lý thiên văn còn cần phải chỉ rõ mật độ toàn phần của vật chất (gồm cả thấy được lẫn không thấy được), những thành phần khác nhau của vật chất đó (proton, neutron, electron, neutrino, v.v...) và những loại thăng giáng ban đầu (đoạn nhiệt hay đẳng nhiệt). Sau đó, anh ta để mặc cho vật chất tiến hóa theo những định luật đã biết về hấp dẫn. Bằng cách đó máy tính có thể theo dõi được sự vận động của hàng trăm ngàn thiên hà. Sau khi cho tiến hóa trong thời gian 15 tỷ năm (nhưng máy tính thì chỉ mất khoảng vài giờ để tính toán sự tiến hóa đó), tức là sau khi khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ trong vũ trụ tăng lên 1.000 lần, nhà vật lý thiên văn ra lệnh cho máy tính dừng lại và tạo ra hình ảnh về vũ trụ-đồ chơi mà anh ta có thể so sánh với hình ảnh của vũ trụ quan sát được hiện thời. Nếu vũ trụ-đồ chơi khác xa vũ trụ quan sát được thì sẽ quăng nó vào sọt

rác. Nhà thiên văn lại quay về tham vấn máy tính giống như một tu sĩ thời cổ đại quay về tham vấn lời sấm truyền ở Delphi. Những điều kiện ban đầu lại được sang sửa đôi chút và máy tính lại tạo ra một vũ trụ-đồ chơi mới, cũng có thể lại vẫn trái ngược với vũ trụ quan sát được... Cứ như vậy cho tới khi vũ trụ-đồ chơi giống với vũ trụ quan sát được. Khi đó, nhà vật lý thiên văn có thể kết luận rằng những điều kiện ban đầu được cung cấp cho máy tính là khá giống với những điều kiện chiếm ưu thế trong vũ trụ ở năm thứ 300.000 của nó và bằng cách đó anh ta đã xua đi được đôi chút bí ẩn bao quanh thời kỳ phát triển đó của vũ trụ. Bây giờ chúng ta hãy xem xét chi tiết hơn các vũ trụ-đồ chơi ấy.

Những chiếc bánh rán quá nhỏ, những hạt giống lại quá to

Đối với vũ trụ-đồ chơi đầu tiên, chúng ta hãy cho nó cái hương vị của vĩnh cửu và gán cho nó sự giãn nở mãi mãi. Mật độ vật chất trung bình của vũ trụ mở này khi đó cần phải nhỏ hơn mật độ tới hạn 3 nguyên tử hydrogen trong 1m^3 . Ta tạm cố định mật độ này là một phần năm mật độ tới hạn. Tại sao lại một phần năm? Đó là bởi vì sự đóng góp của các vật sáng (các sao và thiên hà) chỉ bằng một phần năm mươi của mật độ tới hạn. Nhưng những nghiên cứu về chuyển động của các thiên hà trong các đám thiên hà cho thấy (xem chương sau) khối lượng tối (không sáng) có bản chất chưa biết lớn gấp 10 lần khối lượng sáng trong vũ trụ, tức là đóng góp tổng cộng cỡ một phần năm mật độ tới hạn. Mặt khác, giá trị này cũng phù hợp với lượng vật chất cần thiết để tạo ra các nguyên tố nguyên thủy (như helium và deuterium) trong ba phút đầu tiên của vũ trụ với tỷ lệ tương hợp với tỷ lệ giữa các nguyên tố đó quan sát thấy trong các sao và thiên hà.

Tiếp sau, chúng ta gieo các hạt giống đoạn nhiệt, trong đó những thăng giáng bức xạ kết hôn với những thăng giáng vật chất, vì chính những thăng giáng này đã được tiên đoán bởi các lý thuyết về thống nhất các lực, những lý thuyết mô tả vũ trụ trong những khoảnh khắc đầu tiên của nó. Sau đó, chúng ta chuyển tới thời kỳ ngay sau năm thứ 300.000 của vũ trụ. Lúc này bức xạ vừa mới ly thân với vật chất. Các electron bây giờ bị cầm tù trong các nguyên tử. Sự không còn lưu thông của các hạt này có một ảnh hưởng quyết định đối với hình dạng của các cấu trúc mà hấp dẫn sẽ tạo ra. Hấp dẫn tạo ra các cấu trúc bằng cách hút vật chất tới những thăng giáng mật độ, làm cho chúng ngày càng có khối lượng lớn hơn cho đến khi chúng tự co lại.



Hình 37. Những siêu đám thiên hà có dạng chiếc bánh rán. Những cấu trúc lớn nhất đã biết của vật chất trong vũ trụ là những siêu đám thiên hà. Chúng không có dạng hình cầu mà có dạng một chiếc bánh rán dẹt. Làm thế nào lại xuất hiện được những dạng như thế từ những thăng giáng mật độ ban đầu của vật chất (xem H.36)? Một thăng giáng mật độ ban đầu có dạng cầu hoàn hảo sẽ giữ nguyên dạng cầu đó khi nó co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của chính nó (cột A bên trái). Nhưng, nói chung, các thăng giáng mật độ không có dạng cầu hoàn hảo. Cột B bên phải cho thấy sự co lại của một thăng giáng có kích thước thăng đứng hơi nhỏ hơn kích thước nằm ngang. Lực hấp dẫn sẽ làm phóng đại sự biến dạng này trong quá trình co lại, kích thước thăng đứng sẽ co lại nhanh hơn nhiều so với kích thước nằm ngang. Kết quả cuối cùng là ta sẽ nhận được một cấu trúc rất dẹt giống với cấu trúc của các siêu đám thiên hà.

Trước năm 300.000, các electron tự do đặt vào những thăng giáng mật độ một áp lực như nhau ở tất cả các phía. Không có một hướng nào được ưu ái hơn hướng nào và hấp dẫn, nếu có thể hành động, sẽ tạo ra những cấu trúc có dạng hình cầu. Sau khi biến mất các electron tự do, hấp dẫn - không có sự trợ giúp của áp lực đẳng hướng nói trên - sẽ tạo ra các cấu trúc dẹt có dạng giống như những “chiếc bánh rán” hoặc các sợi dây dài. Điều này có thể hiểu được nếu ta nhớ lại rằng tất cả các chuyển động trong không gian đều có thể quy về ba hướng vuông góc với nhau, cụ thể là các hướng trên-dưới, trái-phải và trước-sau. Một dạng cầu sẽ tương ứng với những chuyển động co lại với biên độ hoàn toàn như nhau và theo cùng một hướng, đồng thời chúng còn phải khởi phát chính xác tại cùng một thời điểm theo cả ba hướng độc lập nói trên. Đó là điều dường như không thể xảy ra. Chỉ cần thử hình dung việc sắp xếp một cuộc gặp gỡ với ba người có lịch làm việc chặt chẽ và hoàn toàn khác nhau là bạn thấy ngay rằng cuộc hẹn đó ít có cơ may thực hiện được. Để bố trí cuộc gặp với hai người hay tốt hơn là gặp riêng từng người sẽ dễ dàng hơn rất nhiều. Cũng như vậy, sẽ là có khả năng nhiều hơn nếu phân đôi về mật độ co lại theo chỉ một hướng, với một chuyển động giãn nở hoặc co lại theo hai hướng khác, nhưng chậm hơn rất nhiều, để tạo thành các cấu trúc dẹt có dạng một cái bánh rán với mật độ rất cao (H.37).

Vũ trụ-đồ chơi tiếp tục sự tiến hóa của nó. Các cấu trúc dẹt tiếp tục tăng trưởng bằng cách tích tụ dần vật chất và cuối cùng nổi lại với nhau để dẹt nên một bức tranh vũ trụ giống như một cái mạng nhện ba chiều khổng lồ. Những vùng dẹt chứa toàn bộ vật chất sáng chỉ chiếm 10% tổng thể tích, trong khi đó 90% thể tích còn lại là trống rỗng. Nếu chúng ta đẩy sự tiến hóa của vũ trụ vượt ra xa tuổi 15 tỷ năm hiện nay của nó, thì ta sẽ thấy rằng cấu trúc ô mạng của

vũ trụ chỉ là tạm thời và trong tương lai xa cấu trúc này sẽ biến mất để nhường chỗ cho những tập trung bất thường của vật chất ngày càng lớn hơn. Theo quan điểm hình thành các cấu trúc này, thì vũ trụ của chúng ta không trẻ (vì các cấu trúc đã được tạo thành) cũng không già (vì cấu trúc ô mạng vẫn còn đang tồn tại). Để tạo thành các thiên hà từ những cấu trúc dẹt vĩ đại này, người ta hình dung ra một quá trình phân mảnh mà bản chất vật lý của nó còn chưa được rõ lắm. Những tính toán còn rất khái lược gợi ý rằng khối lượng điển hình của một trong số các mảnh này bằng khoảng 100 triệu khối lượng của Mặt trời, tức bằng khối lượng của một thiên hà lùn.

Như vậy, trong một vũ trụ mở được gieo những hạt giống thiên hà đoạn nhiệt, những cấu trúc lớn nhất (tức các siêu đám thiên hà) được tạo thành đầu tiên trong khi những cấu trúc nhỏ hơn xuất hiện sau đó do quá trình phân mảnh. Dưới tác dụng của lực hấp dẫn, những thiên hà lùn hút các thiên hà lùn khác để tạo thành các thiên hà bình thường, rồi những thiên hà này, đến lượt mình lại cụm lại thành những cụm hoặc đám thiên hà. Tất cả những cấu trúc này đều rất giống với những cấu trúc quan sát được trong vũ trụ hiện nay. Người ta đã tưởng rằng bài toán về sự hình thành các thiên hà thế là đã được giải quyết. Hỡi ôi! ngày vui ngắn chẳng tày gang. Xem xét một cách kỹ lưỡng hơn, người ta mới phát hiện ra một số phương diện của vũ trụ-đồ chơi này mâu thuẫn hẳn với những quan sát. Trước hết, khối lượng của những cấu trúc xuất hiện đầu tiên chỉ vào cỡ 100.000 tỷ (10^{14}) khối lượng Mặt trời, tức là nhỏ hơn từ 10 đến 100 lần khối lượng quan sát được của các siêu đám thiên hà. Tức là những chiếc bánh rán là quá nhỏ. Hai nữa, và điều này còn nghiêm trọng hơn nhiều, là những hạt giống thiên hà để có thể nảy mầm và tăng trưởng tới kích thước của các cấu trúc hiện nay, sau 15 tỷ năm, lại phải quá lớn. Mà những bất thường lớn như vậy

lại không quan sát thấy trong bức xạ hóa thạch, những thăng giáng này thực tế chỉ cỡ nhỏ hơn 0,001% và có niên đại vào cùng thời gian đó. Niềm hy vọng của chúng ta quả là quá ngắn ngủi.

Vũ trụ với các neutrino có khối lượng

Điều đó có sao đâu, bạn có thể nói với tôi như vậy. Ta chỉ cần để nghị máy tính tính cho chúng ta một vũ trụ-đồ chơi mới. Vũ trụ-đồ chơi trước cần phải có những hạt giống lớn vì mật độ vật chất trung bình của nó quá nhỏ (chỉ bằng một phần năm mật độ tới hạn) và hấp dẫn chưa đủ mạnh để làm cho các hạt giống tăng trưởng tới kích thước mong muốn trong thời gian tồn tại của vũ trụ này. Vậy điều gì sẽ xảy ra nếu vũ trụ có mật độ đúng bằng mật độ tới hạn? Hấp dẫn trong trường hợp này sẽ mạnh hơn, các hạt giống không cần phải lớn như trước và những thăng giáng mật độ sẽ không còn mâu thuẫn với các quan sát về bức xạ hóa thạch nữa. Mặt khác, mật độ tới hạn là mật độ của vũ trụ phẳng, đây là hình học được ưu ái bởi lý thuyết về vũ trụ lạm phát. Chúng ta đã biết rằng vũ trụ tăng trưởng khủng khiếp trong thời kỳ lạm phát lạ thường của nó có phong cảnh hoàn toàn bằng phẳng.

Nhưng, hãy coi chừng! Khi tăng mật độ hoặc lượng vật chất toàn phần, trước hết phải không được vi phạm những hạn chế quan sát khác. Vật chất có thêm này không được gán cho các thiên hà. Vì những thiên hà này dường như chứa khối lượng tối chỉ lớn gấp 10 lần chứ không phải là 50 lần khối lượng sáng. Lượng vật chất có thêm này không thể tồn tại dưới dạng các baryon, vì sự có thêm các proton và neutron trong ba phút đầu tiên của vũ trụ sẽ tạo ra lượng deuterium và helium khác biệt với những số liệu đã quan sát được trong các ngôi sao và các thiên hà. Không thiếu những ứng viên tạo

nên số khối lượng tối và không phải là baryon này. Các lý thuyết có ý định thống nhất bốn lực của tự nhiên thành một lực duy nhất tiên đoán rằng trong những khoảnh khắc đầu tiên của giây đầu tiên của vũ trụ xuất hiện rất nhiều các hạt với những cái tên của hạt này còn lạ lẫm hơn những hạt kia nhưng cũng không kém phần thơ mộng: neutrino, axion, higgsino, gravitino, đơn cực từ, pyrgon, maximon, newtorite, v.v... Một số nhà vật lý thậm chí còn đưa ra những vật thể xa lạ như kim loại quark hay lỗ đen nguyên thủy.

Nhưng bạn có thể hỏi: ngoài neutrino và các lỗ đen nguyên thủy ra, tại làm sao toàn bộ cộng đồng đồng đúc các hạt đó lại chưa bao giờ được nhắc tới ở phần mở đầu của lịch sử vũ trụ? Lý do thật đơn giản: trừ neutrino ra, còn thì cho tới nay chưa có một vật thể hoặc một hạt nào trong cộng đồng đó được phát hiện ra, cả trong vũ trụ cũng như trong các phòng thí nghiệm. Trong khi chờ đợi có những phát hiện mới, thì chúng chỉ sống trong trí tưởng tượng phong phú của các nhà vật lý. Như những nàng tiên tốt bụng nghiêng xuống bên nôi của đứa trẻ sơ sinh, họ ban cho chúng hai tính chất rất đặc biệt làm cho những vật thể xa lạ này đóng một vai trò quan trọng trong việc tạo ra các cấu trúc của vũ trụ, nếu như các vật thể đó tồn tại. Trước hết, tất cả chúng đều có khối lượng. Sau nữa, khác với các proton, electron và photon, chúng tương tác rất yếu với các hạt khác, điều này cho phép chúng truyền đi một cách rất tự do. Sự tự do này có nhiều ảnh hưởng đến thang cấu trúc sẽ xuất hiện trong vũ trụ.

Vũ trụ-đồ chơi mới của chúng ta được nhào nặn theo quy trình sau: ban đầu có một nhúm (một phần năm mươi) vật chất baryon (proton và neutron) phát sáng cộng với một lượng đáng kể vật chất cũng là baryon nhưng là tối, không phát sáng (khoảng một phần năm). Cho tới đây quy trình vẫn như đối với vũ trụ-đồ chơi trước

của chúng ta. Nhưng chúng ta sẽ chọn cái gì làm bốn phần năm còn lại? Chúng ta phải thêm vào vật chất vừa không sáng vừa không phải là baryon. Chắn chắn là chỉ có thể lựa chọn trong số cộng đồng đồng đúc các hạt đã được chào mời. Để vẫn còn bám được chân vào hiện thực, chúng ta sẽ chọn neutrino. Trái với tất cả các ứng viên khác, ít nhất là theo những quan sát trong phòng thí nghiệm, chúng ta biết rằng các hạt này tồn tại. Thật không may là chúng ta lại không biết nó có khối lượng hay không. Theo tiên đoán của các lý thuyết thống nhất bốn lực, thì neutrino có khối lượng và khối lượng này bằng một phần mười ngàn khối lượng của electron, nhưng điều này vẫn còn chưa xác lập được một cách chắc chắn. Nhưng tạm thời chúng ta cứ coi như các neutrino như là có khối lượng và gieo các hạt giống đoạn nhiệt, rồi khảo sát sự tiến hóa của một vũ trụ-đỏ chơi trong đó khối lượng của các neutrino chiếm ưu thế.

Thoạt nhìn, các neutrino có khối lượng dường như là phương thuốc thần kỳ chữa khỏi tất cả mọi bệnh tật của vũ trụ-đỏ chơi trước. Theo quá trình giãn nở của vũ trụ, các neutrino cũng như các photon đều mất dần năng lượng, chúng kiệt sức và chuyển động chậm lại. Chạy khắp vũ trụ với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng lúc ban đầu, chúng đã hệt hơi rất lâu trước năm 300.000, niên đại định mệnh của cuộc ly hôn giữa vật chất và bức xạ. Hấp dẫn, lợi dụng điểm yếu này, đã hút chúng tới những thăng giáng mật độ. Nhưng trái với các photon, các neutrino có thể nhập vào các thăng giáng mà không bị cản trở gì đối với sự chuyển động của chúng do không có tương tác với các hạt khác. Chúng bị bắt bởi các thăng giáng đang ngày một trở nên lớn hơn. Như vậy, sự tăng trưởng của các hạt giống thiên hà có thể bắt đầu ngay sau vụ nổ lớn, trái với vũ trụ trước, trong đó hấp dẫn phải đợi cho tới khi vật chất và bức

xạ ly thân, tức là năm 300.000, mới bắt đầu hành động. Không chỉ có hấp dẫn là mạnh hơn (do mật độ vật chất của vũ trụ lớn hơn) mà những thăng giáng cũng có nhiều thời gian hơn để tăng trưởng. Bây giờ các hạt giống thiên hà lúc đầu có thể nhỏ hơn. Những thăng giáng nhiệt độ mà chúng tạo ra trong bức xạ hóa thạch cũng giảm xuống một cách đáng kể và phù hợp tốt với những giới hạn đã được xác lập bởi quan sát. Một trong những điểm tối của vũ trụ-đồ chơi trước đã biến mất.

Tương tự như trước, những thăng giáng nhỏ nhất cũng sẽ bị phá hủy một cách nghiêm trọng. Các neutrino bị nhốt trong đó còn khó cầm tù hơn cả những photon trong vũ trụ-đồ chơi trước. Chúng thoát ra ngoài và làm tan rã các nhà tù đã nhốt chúng. Vì neutrino có thể chu du xa hơn nhiều so với các photon, nên chúng “tàn phá” những thăng giáng cũng lớn hơn nhiều. Sự tàn phá này xảy ra khá lâu và dừng lại vào năm 300.000, khi mà các neutrino đã kiệt sức do sự giãn nở của vũ trụ. Những thăng giáng thoát khỏi cuộc tàn phá này sẽ lớn dần lên và cấu trúc nhỏ nhất sống sót cũng phải có khối lượng cỡ từ 1 đến 10 triệu tỷ (10^{15} đến 10^{16}) khối lượng Mặt trời, chính xác bằng khối lượng của các siêu đám thiên hà. Cũng như trong vũ trụ-đồ chơi trước, các cấu trúc này có dạng giống như những chiếc bánh rán dẹt dẹt nên bức xạ vũ trụ bao la. Nhưng lần này, những chiếc bánh rán không phải là quá nhỏ, mà chúng có kích thước đúng. Lại một điểm tối nữa cũng biến mất.

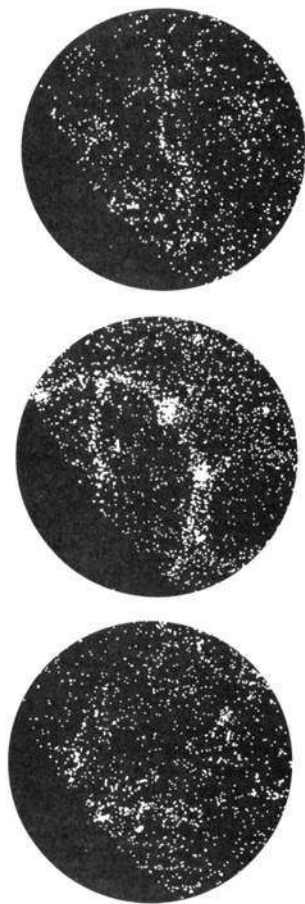
Vậy, liệu đã nói được rằng vũ trụ với các neutrino có khối lượng đã là đáp số hay chưa? Thật không may, cả ở đây nữa, chúng ta cũng nhanh chóng bị cụt hứng. Phong cảnh của một vũ trụ như thế sau 15 tỷ năm tiến hóa không giống với tất cả những gì mà chúng ta đã quan sát được. Nếu các siêu đám thiên hà có kích thước đúng,

thì các đám thiên hà lại có khối lượng quá lớn và các khoảng trống rỗng lại cũng quá lớn. Những sai lệch đó là do vận tốc truyền của các neutrino trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ là quá lớn, chúng đã xóa sạch những cấu trúc nhỏ (H.38a và b).

Vật chất tối “lạnh”

Vậy phải làm gì để khám phá bí mật của sự hình thành các cấu trúc? Làm thế nào thoát ra được ngõ cụt này? Thật ra không phải là thiếu các sáng kiến. Các nhà vật lý hiếm khi tỏ ra thiếu trí tưởng tượng. Nếu các neutrino có khối lượng không giải quyết được vấn đề, thì người ta có thể thay chúng bằng các hạt khác. Để khắc phục sự thiếu hụt các cấu trúc nhỏ trong vũ trụ-đổ chơi với các neutrino có khối lượng, thay vì neutrino, người ta đưa vào những hạt được xem là nặng nhất, chúng chuyển động chậm hơn và do đó để cho những cấu trúc nhỏ sống sót. Vì động năng của các hạt luôn có thể đặc trưng bằng một nhiệt độ (hạt “nóng” là hạt chuyển động rất nhanh, còn hạt “lạnh” là những hạt chuyển động rề rà hơn), nên những hạt chuyển động chậm chạp tạo nên cái, mà theo biệt ngữ của chúng ta, gọi là vật chất tối “lạnh” (còn các neutrino được gọi là vật chất tối “nóng”).

Những ứng viên thì không thiếu. Chỉ cần chọn một cách hợp lý trong số bấy đàn các hạt với những cái tên thơ mộng nói ở trên. Các axion và photino hiện thời được xem là những ứng viên sáng giá để tạo nên vật chất tối “lạnh”. Nhưng, thật không may, ở đây chúng ta lại bước vào một thế giới phi thực phức tạp nhất. Hiện thời, những hạt này chỉ mới tồn tại trong trí tưởng tượng của các nhà vật lý và chúng chỉ là sản phẩm từ những phương trình phức tạp của họ. Không một ai nhìn thấy chúng cả. Mà nếu đã không biết chắc chúng



Hình 38. *Những vũ trụ-đồ chơi.* Do không thể làm thực nghiệm trong phòng thí nghiệm được, các nhà vật lý thiên văn phải làm các thí nghiệm bằng số trên máy tính mạnh để mô phỏng và nghiên cứu sự tiến hóa của các cấu trúc trong vũ trụ. Để xây dựng nên các vũ trụ-đồ chơi này, nhà vật lý thiên văn cung cấp cho máy tính các điều kiện ban đầu: đó là mật độ toàn phần của vật chất, những thành phần khác nhau của vật chất đó (proton, neutron, electron, neutrino v.v...) và những hạt giống thiên hà (đoạn nhiệt hoặc đẳng nhiệt, xem H.36). Sau đó, anh ta để mặc cho máy tính lo chuyện tính toán sự tiến hóa của vật chất theo các định luật vật lý. Máy tính sẽ phân tích chuyển động của từ 30.000 đến 1 triệu các hạt vật chất. Kết thúc sự tiến hóa sau 15 tỷ năm (tuổi của vũ trụ), tức là khi khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ của vũ trụ-đồ chơi tăng lên 1.000 lần, vũ trụ-đồ chơi tính toán được sẽ đem so với vũ trụ đã quan sát được.

có tồn tại hay không thì nói về khối lượng của chúng làm gì? Và liệu có phải đích thực là sự tiến bộ hay không khi ta giải thích một điều bí ẩn này bằng cách đưa ra những thực thể khác cũng bí ẩn không kém? Khoa học, đặc biệt là vật lý thiên văn, cần phải dựa trên thực nghiệm và quan sát. Nếu không tuân theo nguyên tắc đó thì nó sẽ mất độ tin cậy. Các nhà vật lý ý thức rất rõ điều đó. Vì vậy cuộc săn tìm các hạt dẫn đầu trong đoàn duyệt binh của các hạt “lạnh” đang được mở ra với những phương tiện kỹ thuật hiện đại nhất. Nhưng, cho tới nay, những tìm tòi của họ vẫn chưa có kết quả và các hạt lạnh vẫn chỉ là mong muốn.

Trong lúc chờ đợi, người ta thấy rằng quang cảnh của vũ trụ-đỏ chơi trong đó bốn phần năm mật độ tới hạn là vật chất tối lạnh dường như không mâu thuẫn với những quan sát (H.38c). Những cấu trúc xuất hiện đầu tiên cũng có dạng giống như những chiếc bánh rán dẹt, nhưng khối lượng của chúng, như đã tiên liệu, nhỏ hơn rất nhiều. Thay vì có khối lượng so được với các siêu đám thiên hà (10^{16} khối lượng Mặt trời), những cấu trúc này giống các thiên

Hình 38a biểu diễn vũ trụ quan sát được (phần bố của hàng ngàn thiên hà sáng nhất được chiếu lên bầu trời ở Bắc Bán cầu). Hình 38b biểu diễn một vũ trụ-đỏ chơi có mật độ vật chất bằng mật độ tới hạn (sự giãn nở của nó chỉ dừng sau thời gian vô hạn) và khối lượng chiếm ưu thế trong đó là các neutrino có khối lượng. Rõ ràng là phần bố của các thiên hà trong vũ trụ-đỏ chơi này không giống với phần bố mà người ta quan sát được trong thực tế: thay vì các cấu trúc mảnh và dài, người thấy ở đây có những chỗ tập trung rất đông các thiên hà một cách bất thường.

Hình 38c biểu diễn một vũ trụ-đỏ chơi trong đó mật độ vật chất chỉ bằng một phần năm mật độ tới hạn và khối lượng chiếm ưu thế trong đó là vật chất tối lạnh (photino, axion, v.v...). Phần bố của các thiên hà trong vũ trụ-đỏ chơi này giống với phần bố được quan sát trong thực tế. Nhưng nó cũng có nhiều khuyết tật: trước hết là vật chất lạnh hiện thời chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng của các nhà vật lý. Sau nữa, những thăng giáng nhiệt độ được tiên đoán ở đó lại quá lớn so với những thăng giáng quan sát được trong bức xạ hóa thạch. Và cuối cùng, mật độ vật chất nhỏ hơn mật độ tới hạn sẽ dẫn tới sự xung đột với các lý thuyết thống nhất bốn lực.

hà lớn hơn, với khối lượng cỡ 1 tỷ khối lượng Mặt trời. Các thiên hà bình thường được hình thành sau đó bằng cách liên kết các thiên hà lớn lại, rồi các thiên hà bình thường này lại tập hợp lại để tạo nên các cụm và các đám thiên hà. Những cấu trúc đó dệt nên một bức thảm vũ trụ có nhiều điểm giống với bức thảm vũ trụ mà chúng ta đã biết. Nhưng so với vũ trụ-đồ chơi trước, bây giờ thứ tự đảo ngược lại: những cấu trúc nhỏ tạo thành trước rồi sau đó mới tới các cấu trúc lớn hơn.

Vậy, liệu chúng ta có thể ăn mừng thắng lợi hay chưa? Phải chăng chúng ta đã thực sự chọc thủng được bức màn bí mật bao quanh sự hình thành các cấu trúc trong vũ trụ? Lại một lần nữa chúng ta phải kiểm chế sự phấn khởi của mình, vì ở đây xuất hiện một vấn đề nghiêm trọng: trong vũ trụ-đồ chơi này, toàn bộ vật chất tối lạnh gắn liền với các thiên hà, với các đám hoặc siêu đám thiên hà. Mật độ của nó bằng mật độ tới hạn, tức là có ba nguyên tử hydrogen trong 1m^3 . Mà chúng ta đã biết, theo quan sát chuyển động của các thiên hà (sẽ mô tả ở chương sau) thì mật độ vật chất của chúng (cả thấy được lẫn không thấy được) chỉ bằng một phần năm mật độ tới hạn. Một sự mâu thuẫn không thể dung thứ được! Các nhà vật lý thiên văn, vốn không bao giờ thiếu ý tưởng, khi đó đã buộc tội các thiên hà đã lừa dối chúng ta, chúng chỉ cho chúng ta thấy được một phần sự phân bố vật chất trong vũ trụ. Giả sử rằng, họ nói, vũ trụ được choán đầy một cách đồng đều bởi vật chất tối và rằng vật chất này chỉ phát sáng ở những chỗ rất hiếm hoi (những chỗ có mật độ lớn nhất) để trở thành các thiên hà. Khi đó vật chất được xác định trong các thiên hà sẽ chỉ là một phần rất nhỏ so với tổng số. Điều này cũng na ná như từ chiếc máy bay bay trên cao chúng ta muốn đo độ rộng của một đại dương bao la đang chìm trong bóng đêm. Đây đó thấp thoáng ánh sáng của một vài con tàu. Nếu chúng ta dựa

vào khoảng cách giữa các chấm sáng đó để đo thì chắc chắn chúng ta sẽ đánh giá thấp sự rộng lớn của đại dương. Trong đại dương vũ trụ, thay vì nhận được mật độ tới hạn, các thiên hà chỉ cho chúng ta biết một phần năm giá trị thực của mật độ đó.

Những viên gạch đầu tiên có nhỏ xíu không?

Những thiên hà cũng giống như người đàn bà không chung thủy, chúng không nói thật hết với chúng ta. Một giả thiết hần là hấp dẫn, nhưng nó lại chìm chúng ta vào một thế giới hoàn toàn phi thực. Không chỉ chúng ta không có một bằng chứng nào về sự tồn tại thực của vật chất tối lạnh mà chúng ta còn ít hiểu biết hơn nữa về chuyện nó có tràn ngập toàn bộ vũ trụ hay không. Vũ trụ-đồ chơi sau của chúng ta mặc dù dường như là quá phi thực, nhưng nó lại gặp thời và được nhiều nhà vật lý thiên văn ưu ái, vì nó có thể tái tạo lại được những quan sát về bức xạ vũ trụ. Về phần mình, tôi nghĩ rằng đó là một giải pháp quá dễ dàng để che giấu phần lớn nhất của vật chất tối ở xa các thiên hà. Không có sự giúp đỡ của những ngọn đèn pha vũ trụ này, chúng ta sẽ cực kỳ khó khăn trong việc chứng minh sự tồn tại và đo đạc vật chất tối đó. Trong trường hợp ấy, thử hỏi một lý thuyết mà không thể kiểm chứng được bằng thực nghiệm thì phỏng có giá trị gì không? Nhưng trước khi quan tòa tuyên bố lời phán xử cuối cùng, chúng ta hãy đợi xem những phương tiện đẩy ấn tượng đang được thực thi để bắt các hạt của vật chất tối lạnh tối từ không gian có mang lại thành quả gì không và hãy khảo sát các giải pháp khác.

Cho tới nay, tất cả các vũ trụ-đồ chơi của chúng ta đều được gieo các hạt giống đoạn nhiệt chứa cả vật chất lẫn bức xạ. Những hạt giống này đang là mốt vì các lý thuyết thống nhất bốn lực đều tiên

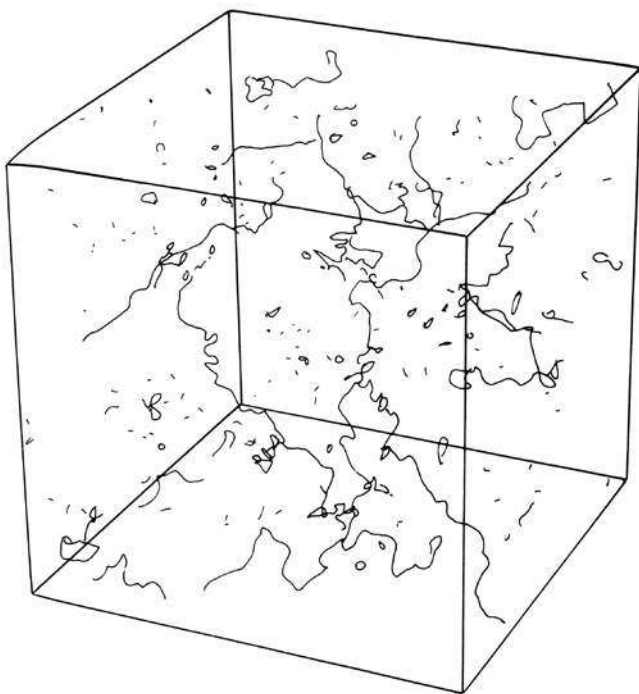
đoán sự tồn tại của chúng. Nhưng điều gì sẽ xảy ra nếu các hạt giống đó là đẳng nhiệt, tức là chúng chỉ chứa có vật chất không thôi? Khi đó sẽ có một sự khác biệt rất cơ bản: nếu không có bức xạ được nén trong những thăng giáng đẳng nhiệt thì sẽ không có sự phá hủy các cấu trúc nhỏ nhất bởi các hạt ánh sáng vùng vẫy đòi tự do. Những cấu trúc xuất hiện đầu tiên sau 300.000 năm sẽ là rất nhỏ: đó là các đám sao cầu (chính là những thiên thể mà Sharley đã dùng để xác định vị trí của Mặt trời trong Ngân hà) có khối lượng gấp cỡ 100.000 khối lượng Mặt trời. Những cấu trúc lớn hơn sẽ được tạo thành sau đó bằng cách kết tập các đám sao đó lại nhờ lực hấp dẫn: những đám sao cầu tập hợp lại thành các thiên hà, các thiên hà tập hợp lại thành đám thiên hà, rồi các đám này tập hợp lại thành các siêu đám. Nhưng cả ở đây nữa, một khó khăn về kích thước cũng xuất hiện: xuất phát từ những đám sao cầu nhỏ sẽ cực kỳ khó dựng nên những siêu đám thiên hà có dạng giống như những chiếc bánh rán dẹt hoặc những sợi dây dài.

Như vậy, sự hiểu biết hiện nay của chúng ta về sự hình thành những cấu trúc trong vũ trụ - những ốc đảo trong sa mạc vũ trụ nơi mà sau này sẽ cho ra đời sự sống - vẫn còn rất sơ lược. Thời kỳ sau năm 300.000 vẫn còn rất mờ mịt. Chúng ta thậm chí còn chưa biết các sự kiện được diễn ra theo trình tự nào. Những cấu trúc đầu tiên được tạo ra là những cấu trúc lớn nhất (các siêu đám thiên hà) rồi sau đó phân mảnh thành những cấu trúc nhỏ nhất (thiên hà) hay là những cấu trúc nhỏ nhất (các đám sao cầu hoặc các thiên hà lùn) xuất hiện trước rồi sau đó kết tập thành các đám và siêu đám thiên hà do sự chăm sóc chu đáo của lực hấp dẫn? (xem H.36). Đa số các vũ trụ-đồ chơi của chúng ta đều không thể dung hòa được tính rất đồng đều lúc ban đầu của vũ trụ với cấu trúc quan sát được ngày hôm nay có dạng một mạng lưới những chiếc bánh rán dẹt và

những sợi dây dài cùng với các hốc trống. Thành công duy nhất là tái tạo lại được bức thảm vũ trụ, một bức thảm chứa đầy vật chất tối lạnh và tắm trong một thế giới hoàn toàn phi thực.

Các nhà vật lý thiên văn vẫn tiếp tục đặt ra những câu hỏi và hăm hở nhào nặn ra những vũ trụ-đồ chơi mới nhờ các máy tính của họ. Chúng ta đã dành vai chính cho lực hấp dẫn trong các vũ trụ-đồ chơi đó, khi giả thiết rằng những hốc trống lớn có đường kính hàng triệu năm ánh sáng và không chứa một thiên hà nào chính là tác phẩm của nó: lực hấp dẫn có hiệu lực tới mức nó có thể làm co cụm được các thiên hà trong các làng mạc và đô thị để cho nông thôn hoàn toàn là hoang vắng! Phát hiện gần đây về dạng phỏng cầu của những hốc trống này (H.33) đã gợi ý rằng hấp dẫn có lẽ không phải là lực duy nhất có liên can. Như chúng ta sẽ thấy dưới đây, chỉ có thể xuất hiện các cấu trúc đầu tiên, tức các đám sao cầu, các thiên hà lùn hoặc các siêu đám thiên hà, nếu có kèm theo sự tạo thành rất nhiều những ngôi sao nặng chỉ sống được khoảng vài triệu năm (một chớp mắt trong lịch sử vũ trụ) và chết vô cùng đau đớn sau những vụ nổ mạnh gọi là những sao siêu mới. Có thể tác dụng liên hợp của những vụ nổ - những quả pháo vũ trụ này - đã quét sạch các thiên hà ra khỏi một vùng không gian và hất chúng lên vách của những chiếc bong bóng lớn hình cầu. Mặt khác, chắc chắn hấp dẫn cũng không phải lực chịu trách nhiệm duy nhất cho cấu trúc sợi của các siêu đám thiên hà. Những lý thuyết thống nhất bốn lực tiên đoán rằng, cũng giống như một tinh thể tạo ra những khuyết tật khi chuyển quá nhanh từ pha lỏng sang pha rắn, vũ trụ cũng chịu những vết rạn dưới dạng những sợi dây dài tới hàng tỷ năm ánh sáng vào các thời kỳ kết tinh trong giai đoạn đầu của vũ trụ. Những vết rạn này được gọi là các “dây vũ trụ”. Chúng đặc tới mức không thể tin nổi: 1cm của dây này có thể nặng bằng cả dãy núi

Alpes, còn bề dày của nó còn nhỏ hơn cả hạt nhân nguyên tử một triệu tỷ (10^{15}) lần. Những dây này có thể là nguồn gốc của những cấu trúc lớn gần như thẳng vạch bởi các thiên hà trên bầu trời (H.39). Các dây vũ trụ hiện nay đã bị lạc mất bởi vì chúng làm nảy sinh những bất thường trong bức xạ hóa thạch lớn hơn rất nhiều so với những quan sát của vệ tinh Cobe.



Hình 39. Những dây vũ trụ. Các lý thuyết có ý định thống nhất bốn lực cơ bản của tự nhiên thành một lực duy nhất trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ tiên đoán rằng trong quá trình lạnh đi ở những phần đầu tiên của giây tồn tại đầu tiên của mình, vũ trụ có những vết rạn dưới dạng các "dây" dài và mảnh trong các thớ không gian giống như được minh họa trong vũ trụ-đồ chơi ở hình trên. Mặc dù chưa quan sát được một dây nào như vậy nhưng một số nhà vật lý thiên văn nghĩ rằng những dây này có thể đã là nguồn gốc của những đám thiên hà hình sợi vạch trên bầu trời.

Dù thế nào đi nữa, không một vũ trụ-đồ chơi nào có thể mang lại sự nhất trí, chùng nào chưa làm sáng tỏ được một cách chính xác lượng vật chất chứa trong vũ trụ và bản chất của vật chất tối. Bộ sưu tập các vũ trụ-đồ chơi khả dĩ có thể sẽ thu hẹp lại nhiều nếu người ta đo được khối lượng của các neutrino hoặc nếu chứng minh được sự tồn tại của một số hạt xa lạ trong các máy gia tốc năng lượng cao. Trong khi chờ đợi, chúng ta chỉ còn biết ngả mũ mà bái phục vũ trụ. Xuất phát từ một màn sương mù gần như đồng nhất tuyệt đối, ở trình độ gần như số không về tổ chức, vũ trụ, bất chấp sự dốt nát của chúng ta, đã biết tạo ra một tác phẩm đích thực trong đó các thiên hà đã dệt nên một tấm thảm tuyệt vời với những motif phức tạp giữa những khoảng trống rộng rộng lớn.

Vũ trụ dưới kính lúp: các thiên hà và các sao

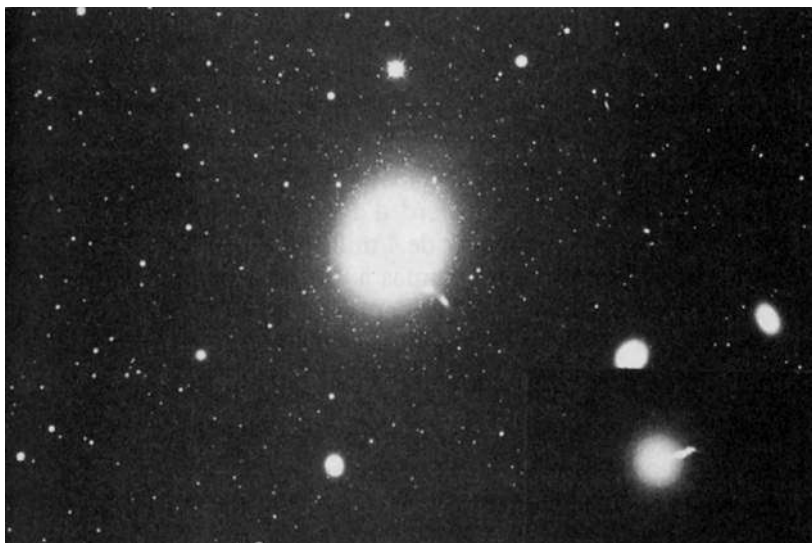
Chúng ta đã chiêm ngưỡng bức tranh vũ trụ thông qua những cấu trúc lớn nhất. Bây giờ, chúng ta hãy tiến lại gần hơn và xem xét qua kính lúp những cấu trúc nhỏ nhất của nó. Ngay cả ở đây người ta chỉ còn biết thán phục trước vẻ đẹp và sự phong phú của các motif. Những viên gạch của vũ trụ xuất hiện, đó là những chấm “tinh vân” mà Kant đã từng gọi là những “hòn đảo-vũ trụ” và ngày nay chúng ta gọi chúng là các thiên hà. Trong giới hạn của chân trời vũ trụ, có tới hàng trăm tỷ thiên hà và con số đó mỗi năm lại tăng lên một chục theo mức độ chân trời vũ trụ lùi lại theo thời gian.

Những thiên hà này ra đời khi đồng hồ vũ trụ điểm 3 tới 4 tỷ năm. Hấp dẫn đã làm việc không ngơi nghỉ từ năm thứ 300.000 hoặc thậm chí còn trước đó nữa và nỗ lực một cách tuyệt vọng để chống lại sự giãn nở của vũ trụ muốn phá tan những công trình của nó, nhưng rồi cuối cùng hấp dẫn cũng đã thành công, nó đã biến

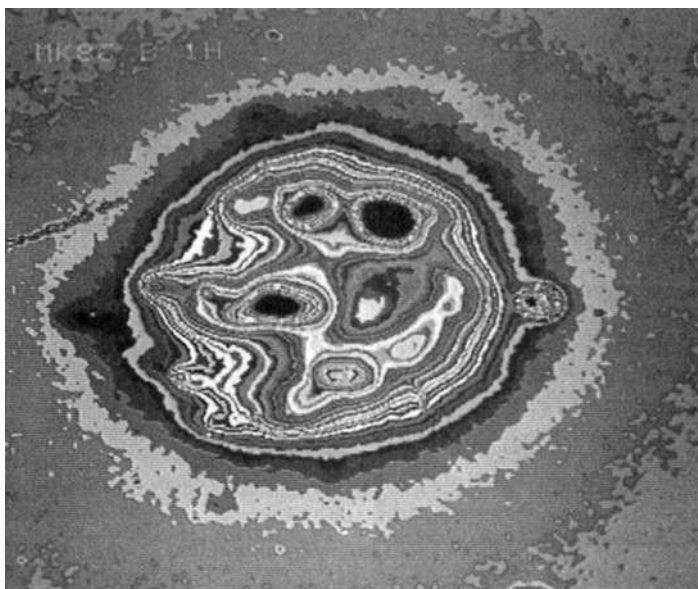
những thăng giáng mật độ thành những thai nhi thiên hà. Những thai nhi này - đó là những đám mây phân tán tạo bởi hydrogen và helium -, kết quả liên kết của các đám mây nhỏ hơn có kích thước bằng các đám sao cầu hoặc các thiên hà lùn hoặc là sự phân mảnh của của các đám mây lớn với kích thước cỡ siêu đám thiên hà sẽ co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của riêng chúng. Sự co lại này có tác dụng nén và làm nóng vật chất ở dạng khí, biến nó thành hàng trăm tỷ các quả bóng nhỏ cực kỳ nóng (nhiệt độ ở tâm đạt tới hàng chục triệu độ) gọi là “các sao”.

Số phận cuối cùng của các thai nhi thiên hà này tùy thuộc vào hiệu quả của việc biến vật chất ở thể khí thành các ngôi sao. Một số có hiệu quả tốt tới mức gần như toàn bộ vật chất khí đều chuyển hóa thành các ngôi sao sau một tỷ năm. Khi đó chúng trở thành những thiên hà ellipse. Sở dĩ gọi như vậy là vì trên bầu trời chúng có dạng là các chấm tinh vân hình ellipse (H.40). Cứ mười thiên hà thì có ba thiên hà thuộc loại này. Những thai nhi khác, ít năng động hơn, chỉ biến được bốn phần năm khối lượng khí thành sao. Một phần năm còn lại bị ép dẹt lại thành một đĩa mỏng tự quay quanh mình chúng với chu kỳ khoảng hai trăm triệu năm. Đĩa khí này tiếp tục chuyển hóa thành các sao với một nhịp độ chậm hơn rất nhiều và chẳng bao lâu sau (chừng vài trăm triệu năm sau khi tạo thành đĩa) chúng có thiên hướng tạo thành những vật dài hình xoắn ốc. Đó là “những thiên hà xoắn ốc” (xem H.20). Chúng là những thiên hà chiếm ưu thế trong dân số thiên hà. Cứ mười thiên hà thì có sáu thiên hà thuộc loại này. Những thai nhi còn lại, lười nhác hơn, phải mất rất nhiều thời gian mới chuyển hóa được vật chất khí thành các sao. Nói chung, đây là các thiên hà lùn, chúng chỉ chứa vài tỷ ngôi sao, ít hơn các thiên hà xoắn ốc cả trăm lần. Khối lượng khí chứa trong chúng so được với khối lượng các ngôi sao trong đó. Không

có một dạng đặc biệt nào, không xoắn cũng không có dạng ellipse, chúng được gọi là “những thiên hà bất thường” (H.41). Cứ mười thiên hà thì có một thiên hà thuộc loại này. Tại sao các thiên hà lại biến thể như thế trong khả năng biến vật chất khí thành các sao? Những nguyên nhân còn rất mù mờ, nhưng có nhiều khả năng là do môi trường gốc gác của nó. Chẳng hạn, trong một môi trường mà những thăng giáng mật độ là rất đặc, khí bị nén mạnh hơn và nóng hơn sẽ dễ dàng phát sáng hơn thành các ngôi sao. Những đám thiên hà, các môi trường đặc tuyệt vời, chứa phần lớn các thiên hà ellipse. Còn các thiên hà đứng cô lập hoặc trong một cụm là những môi trường ít đặc hơn và thường là các thiên hà xoắn ốc.



Hình 40. Những thiên hà ellipse khổng lồ ăn thịt đồng loại. Như tên của nó đã chỉ rõ, dạng được chiếu của thiên hà này lên bầu trời là dạng một hình ellipse. Bức ảnh trên chụp thiên hà Messier 87, thiên hà lớn nhất thuộc đám thiên hà Vierge cách chúng ta khoảng 45 triệu năm ánh sáng. Các nhà thiên văn nghĩ rằng do nuốt một số thiên hà láng giềng trong đám thiên hà này mà Messier mới trở nên lớn như vậy. (ảnh, Đài thiên văn Hale)



Hình 41. Những thiên hà lùn bất thường. Hai bức ảnh trên cho hai ví dụ về các thiên hà bất thường (tức là các thiên hà không xoắn cũng không ellipse; cũng xem H.17 về các đám mây Magellan). Các thiên hà này có kích thước khoảng 15.000 năm ánh sáng và khối lượng cỡ 1 tỷ khối lượng Mặt trời. Chúng chứa rất nhiều khí mà sau đó sẽ được biến đổi dần thành các sao. Vùng sẫm nhất (sáng nhất) biểu diễn những nhà trẻ lớn của các sao (ảnh, T.X. Thuan và H.Loose)

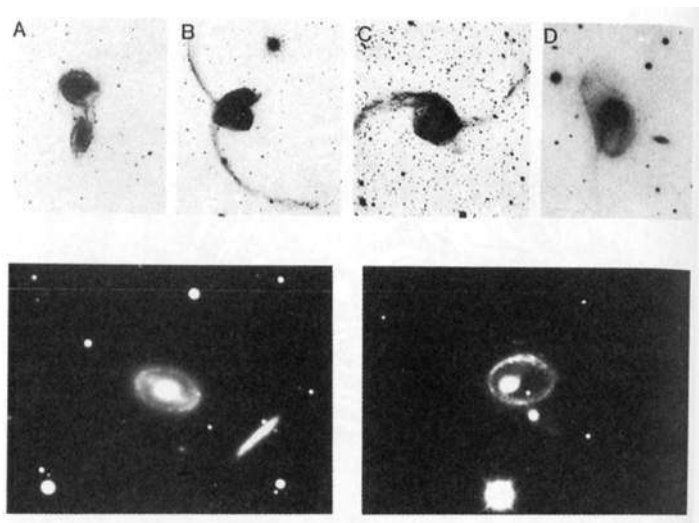
Những tai nạn giao thông trong vũ trụ

Liệu có thể nói rằng các thiên hà, một khi đã được tạo thành, vẫn giữ nguyên được diện mạo và những tính chất “di truyền” có được từ lúc lọt lòng? Chắc chắn là không, bởi vì như chúng ta đã thấy, các thiên hà không sống hoàn toàn biệt lập mà ở giữa những thiên hà khác. Chúng tương tác với môi trường và những tính chất di truyền của chúng sẽ bị thay đổi. Thậm chí một số thiên hà có thể nuốt tươi các thiên hà khác. Hiệu ứng này đặc biệt quan trọng ở tâm các đám thiên hà nơi mà mật độ thiên hà rất cao (từ 1.000 đến 10.000 thiên hà trong một khối lập phương có mỗi cạnh vài triệu năm ánh sáng), tức là 100 đến 1000 lần lớn hơn mật độ của cụm thiên hà địa phương trong đó có Ngân hà của chúng ta. Có nhiều khoảng trống giữa các ngôi sao trong đám sao cầu, thậm chí là đám rất đặc, hơn là giữa các thiên hà trong đám thiên hà. Các thiên hà cách nhau trung bình chỉ bằng 5 lần đường kính của các thiên hà, trong khi các sao trong một đám sao cách xa nhau tới 100.000 đường kính các sao.

Các thiên hà di chuyển trong đám thiên hà với tốc độ cỡ 1.000km/s. Trong khi đó lưu lượng giao thông của các thiên hà lớn tới mức các “tai nạn” vũ trụ thường xuyên xảy ra. Cứ 100 triệu đến 1 tỷ năm lại có một thiên hà có nguy cơ va chạm với một thiên hà khác. Vì tuổi trung bình của các đám thiên hà cỡ gần 4 tỷ năm, nên tất cả các thiên hà quan sát được ngày hôm nay trong một đám phải chịu từ 4 đến 40 va chạm trong quá khứ của nó. Trong đa số trường hợp, các va chạm không phải là trực diện và người ta chỉ phát hiện được những vết xước mà thôi. Tổn thất chỉ giới hạn ở chỗ mất đi những ngôi sao ở phần ngoài của các thiên hà va chạm nhau, chúng bị bứt ra bởi lực hấp dẫn rất mạnh. Những ngôi sao này không còn

thuộc những thiên hà riêng lẻ nữa, chúng tạo nên một biển các sao mà các thiên hà nằm trong đám tằm mình trong cái biển ấy. Chúng phát sáng yếu và phân tán khác với ánh sáng của các thiên hà.

Thi thoảng các va chạm xảy ra dữ dội hơn. Khi đó hai thiên hà mất hoàn toàn bản sắc của chúng và nhập với nhau thành một thiên hà mới nặng hơn và sáng hơn. Nếu hai đối thủ đều là thiên



Hình 42. *Cái bầm sinh và cái kinh nghiệm trong thế giới các thiên hà.* Các thiên hà không sống “biệt lập hoàn toàn” mà có tương tác với môi trường và những tính chất di truyền của chúng sẽ có thay đổi. Chúng có thể va chạm trực diện với các thiên hà khác. Khi đó mỗi thiên hà sẽ mất đi bản sắc riêng của mình và hòa nhập với nhau để tạo thành một thiên hà duy nhất, nặng hơn và sáng hơn. Trong những va chạm vũ trụ đó nhiều ngôi sao được bứt ra khỏi thiên hà mẹ của chúng bởi lực hấp dẫn và bị bắn vào không gian giữa các thiên hà tạo thành các vật sáng mờ. Ảnh 42a cho một ví dụ về sự va chạm của các thiên hà với các vật sáng phóng ra từ đồng lộn xộn các sao do va chạm. Khi tác dụng va chạm đã hết (chưa đầy 1 tỷ năm sau) đồng lộn xộn các sao này sẽ có dạng một thiên hà ellipse.

Nếu các thiên hà va chạm đều là thiên hà xoắn với các đĩa thiên hà thì va chạm có thể xuyên một lỗ vào một trong các đĩa đó tạo ra một thiên hà có dạng hình cái nhẫn (H.42b). Lỗ này không phải tồn tại vĩnh viễn: các sao ở biên sẽ lấp đầy nó sau khoảng 1 tỷ năm và thiên hà hình nhẫn sẽ lại trở thành một thiên hà ellipse (ảnh, F. Schweizer).

hà xoắn, thì sự va chạm dữ dội sẽ làm bắn đĩa khí của chúng vào không gian giữa các thiên hà. Thiên hà mới, không còn vật chất khí nữa sẽ được lột xác thành thiên hà ellipse. Sự biến đổi này cũng triệt để như người thay đổi giới tính vậy (H.42).

Những thiên hà ăn thịt đồng loại

Mặt khác, những màn kịch dữ dội cũng xảy ra ở tâm các đám thiên hà. Nhiều thiên hà biến mất do bị một thiên hà ellipse khổng lồ nuốt sống. Thiên hà khổng lồ này, sáng nhất trong đám thiên hà, nó 10 lần lớn hơn và sáng hơn các thiên hà khác. (Một ví dụ về một thiên hà như thế đã được minh họa trên H.30). Khối lượng cực lớn của thiên hà này đã tác dụng lực hấp dẫn làm kìm hãm chuyển động của các thiên hà đi qua cạnh nó. Các thiên hà bị phanh lại sẽ rơi theo đường xoắn ốc dần tới thiên hà khổng lồ và cuối cùng bị nó “nuốt chửng”. Thiên hà lớn nhất, do đó, ngày càng to thêm bằng cách thôn tính những đồng loại nhỏ hơn và ngày càng trở nên nặng hơn và sáng hơn. Đó là luật rừng được áp dụng cho thế giới các thiên hà. Kẻ “mạnh nhất” càng trở nên mạnh hơn, khốn khổ cho những kẻ “yếu hơn” luôn có nguy cơ bị tiêu diệt. Về trung bình, khoảng thời gian giữa hai “bữa tiệc” liên tiếp của thiên hà ăn thịt đồng loại khoảng chừng 1 tỷ năm. Như vậy là từ khi hình thành đám thiên hà đó đến nay đã phải có tới bốn thiên hà là nạn nhân. Những ngôi sao giữa các thiên hà, sản phẩm của những tai nạn vũ trụ, cũng không thoát khỏi lực hút lực hấp dẫn mạnh của thiên hà khổng lồ. Chúng rơi vào thiên hà này và tạo thành một quang sáng mờ bao quanh nó.

Tất cả chúng ta đều được tạo thành bởi cả “cái bầm sinh” và “cái kinh nghiệm”. Cái bầm sinh là hành trang di truyền mà bố mẹ

chúng ta truyền cho và được ghi trong những chuỗi xoắn kép ADN. Cái kinh nghiệm là kết quả của sự tương tác của chúng ta với môi trường xung quanh: cha mẹ, bạn bè, tình yêu, công việc, nhà trường v.v... Tương tự, các thiên hà cũng là kết quả của cái bẩm sinh và cái kinh nghiệm. Những tính chất “di truyền” của chúng được xác định ngay từ lúc chào đời sẽ không tránh khỏi bị môi trường làm cho thay đổi. Trong suốt cuộc đời mình, các thiên hà có thể mất đi các ngôi sao, đĩa khí của chúng hoặc lớn dần lên bằng cách nuốt các đồng loại của mình. Cũng như một nhà xã hội học khó lòng có thể tách biệt được cái bẩm sinh với cái kinh nghiệm, nhà vật lý thiên văn có nhiệm vụ không dễ dàng là phải bóc tách cái di truyền và môi trường trong các thiên hà. Sự ra đời của chiếc kính thiên văn không gian (xem H.12) chắc chắn sẽ cho một sự trợ giúp đặc lực. Nó cho phép quan sát được các thiên hà ở xa hơn rất nhiều, do đó cũng trẻ hơn rất nhiều (nhìn xa có nghĩa là thấy sớm hơn) và chịu những ảnh hưởng của môi trường cũng ít hơn nhiều. Bằng cách so sánh những tính chất của các thiên hà ở xa, mà chủ yếu là bẩm sinh, với những tính chất của các thiên hà ở gần mà phần lớn là “kinh nghiệm”, ta có thể xác định được tỷ lệ của phần di truyền và phần môi trường.

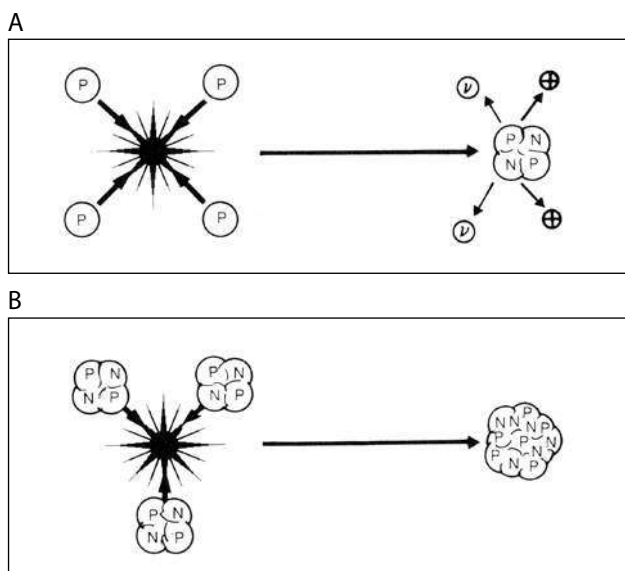
Những ngôi sao đầu tiên

Vũ trụ đã đột ngột dừng lại ở phút thứ ba trên con đường thăng tiến tới sự phức tạp hóa. Đó là do helium nguyên thủy từ chổi kết hợp lại để sinh ra các nguyên tử phức tạp hơn. Vũ trụ cần phải tìm giải pháp mới để thoát ra khỏi ngõ cụt đó và tạo ra cơ hội thứ hai để cất cánh trở lại. Vũ trụ đã làm điều này một cách xuất sắc bằng cách sáng chế ra các thiên hà và các ngôi sao với sự giúp đỡ của lực

hấp dẫn. Các thiên hà là cần thiết để tránh sự lạnh đi và loãng dần do sự giãn nở của vũ trụ. Các thành phần chứa trong thiên hà liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn, chúng không tham gia vào chuyển động chung của vũ trụ và do đó có thể vẫn giữ được nhiệt và năng lượng của mình. Nhưng sự sáng chế ra các thiên hà còn chưa đủ. Chúng chưa đủ đặc để cho phép các nguyên tử hydrogen và helium gặp nhau và kết hợp với nhau, một điều kiện *sine qua non* (không thể thiếu) để tiếp tục con đường thăng tiến tới sự phức tạp hóa. Về trung bình, mỗi mầm thiên hà chỉ chứa một nguyên tử hydrogen (10^{-24} g) trong một xentimét khối, tức là có mật độ nhỏ hơn hàng triệu tỷ lần không khí mà chúng ta đang hít thở hằng ngày. Độ “chân không” của các thiên hà còn cao hơn bất cứ loại chân không nào mà chúng ta có thể tạo ra trong các phòng thí nghiệm.

Vũ trụ cần có những chỗ đặc hơn để tiếp cận tới sự phức tạp hóa. Lúc này nó sáng chế ra các ngôi sao. Trong sự tự co lại của mình do hấp dẫn, mầm thiên hà được phân mảnh thành hàng trăm tỷ những đám mây khí nhỏ gồm hydrogen và helium. Bị ép bởi lực hấp dẫn làm cho có dạng cầu, đến lượt mình, những đám mây nhỏ này lại tự co lại. Mật độ ở tâm của chúng tăng dần. Và chẳng bao lâu sau mật độ này vượt quá mật độ của nước tới 160 lần. Nhiệt độ trong đó cũng tăng lên và đạt tới hàng chục triệu độ. Những nguyên tử hydrogen và helium ở tâm của những bong bóng khí này vốn được sinh ra vào những phút đầu tiên của vũ trụ bây giờ va chạm với nhau một cách điên cuồng làm bắn ra các electron, hạt nhân nguyên tử hydrogen (proton) và hạt nhân nguyên tử helium. Điều này không khỏi gọi cho chúng ta nhớ tới cảnh tượng của vũ trụ ở phút thứ ba. Sự khác biệt duy nhất là bây giờ không có các neutron tự do. Cũng không sao! Các bong bóng khí sẽ chuẩn bị khởi phát những phản ứng hạt nhân bằng cách chỉ dùng các proton. Những hạt này sẽ

tổng hợp theo bốn hạt một để tạo thành hạt nhân helium 4. (Thực tế, hạt nhân helium 4 được tạo thành từ hai proton và hai neutron, hai trong số bốn proton ban đầu được biến thành hai neutron đồng thời phát ra hai positron và hai neutrino) (H.43). Những nhân tố quyết định trong phản ứng tổng hợp này là nhiệt độ và sự nhòe lượng tử. Chúng thắng lực điện có xu hướng đẩy các proton ra xa nhau. Sự tổng hợp các proton thành helium giải phóng năng lượng dưới dạng bức xạ: các bong bóng khí phát sáng. Đó là sự ra đời của các ngôi sao đầu tiên. Niên đại ra đời của các sao hiện chưa được



Hình 43. Giả kim thuật hạt nhân trong lò luyện của các sao. Một ngôi sao như Mặt trời của chúng ta được nuôi và phát sáng nhờ một số rất lớn các phản ứng hạt nhân xảy ra ở lõi của nó. Lõi này được nung nóng tới nhiệt độ 10 triệu độ và mỗi phản ứng tổng hợp bốn proton (hay bốn hạt nhân hydrogen) thành một hạt nhân helium 4 (đồng thời giải phóng hai positron và hai neutrino) (H.43a). Ngôi sao này khi đốt cháy hết toàn bộ lượng hydrogen dự trữ sẽ không còn đủ bức xạ để kháng cự lại lực hấp dẫn của chính nó nữa: lõi của nó sẽ lại tự co lại và nhiệt độ ở vùng trung tâm lại vọt lên tới 200 triệu độ. Khi này sẽ diễn ra sự tổng hợp ba hạt nhân helium thành hạt nhân carbon và lại giải phóng năng lượng (H.43b).

biết một cách chính xác, nhưng người ta nghĩ rằng nó vào khoảng năm tỉ tấn tại thứ ba tỷ hay bốn tỷ gì đó của vũ trụ. Một hậu quả khác của việc giải phóng năng lượng hạt nhân đó là sự tự co lại của các bong bóng khí cuối cùng sẽ dừng lại. Sự cân bằng sẽ được xác lập giữa áp lực của bức xạ có xu hướng làm vỡ tung ngôi sao và áp lực của hấp dẫn bắt nó phải co lại. Nhưng nguồn năng lượng bí ẩn ấy của các sao lấy ở đâu ra? Einstein đã có mặt ở đây để trả lời chúng ta: nếu ta so sánh tổng khối lượng của bốn proton tự do với khối lượng của helium 4, kết quả của phản ứng tổng hợp nói ở trên, thì sẽ ngạc nhiên mà thấy rằng khối lượng của helium 4 không bằng mà hơi nhỏ hơn tổng khối lượng của bốn proton riêng rẽ. Sự hụt khối đó sẽ truyền đi đâu? Nó được chuyển hóa thành năng lượng và chính năng lượng này đã thắp sáng các ngôi sao. Để tính năng lượng giải phóng đó ta chỉ cần nhân độ hụt khối nói trên với bình phương vận tốc ánh sáng.

Một cơ hội mới của vũ trụ

Cho tới đây, sự sáng chế ra ngôi sao chưa mang lại điều gì mới mẻ cả: vì những hạt nhân helium vốn đã tồn tại ngay từ phút thứ ba của vũ trụ. Liệu ngôi sao có thể vượt qua chướng ngại vật là helium và cho vũ trụ một cơ hội thứ hai hay không? Để biết câu trả lời ta hãy đợi cho vùng tâm của ngôi sao xài hết nguồn dự trữ proton của nó, nghĩa là không còn chất đốt hydrogen để đốt nóng nữa. Thời gian chờ đợi này tùy thuộc vào khối lượng của ngôi sao. Vì, cũng như con người, các ngôi sao có thể gầy hoặc béo. Những ngôi sao gầy nhất và nhỏ nhất chỉ có khối lượng bằng một phần mười khối lượng của Mặt trời. Trái lại, những ngôi sao béo nhất và lớn nhất có khối lượng bằng hàng trăm khối lượng Mặt trời và tất nhiên

chúng có vùng trung tâm lớn hơn. Người ta có thể nghĩ một cách ngây thơ rằng nguồn dự trữ hydrogen của các ngôi sao bé này sẽ được kéo dài lâu hơn. Thật là một sai lầm nghiêm trọng! Những kẻ giàu nhất thường lại là những kẻ hoang phí nhất. Những ngôi sao có khối lượng gấp 60 lần Mặt trời tiêu xài theo kiểu đốt nến cả hai đầu. Nó xài cạn kiệt nguồn dự trữ hydrogen của mình chỉ sau vài triệu năm, không là gì so với lịch sử 15 tỷ năm của vũ trụ. Một ngôi sao có khối lượng cỡ Mặt trời thì biết chừng mực hơn. Phải sau 9 tỷ năm nó mới xài hết nguồn dự trữ hydrogen của nó. Nhưng keo kiệt nhất là những ngôi sao có khối lượng chỉ bằng một phần mười khối lượng Mặt trời. Nó có thể đốt lượng hydrogen của nó liên tục trong 20 tỷ năm, hơn cả tuổi của vũ trụ hiện nay.

Bây giờ chúng ta hãy theo dõi số phận của một ngôi sao có khối lượng bằng khối lượng Mặt trời. Các sự kiện diễn ra cũng gần giống như tất cả các sao khác, chỉ có điều tốc độ diễn ra sẽ khác. Những sự kiện kế tiếp nhau với một nhịp độ vốn đã bị kiểm chế đối với các ngôi sao nặng, thì lại càng chậm hơn nhiều đối với các sao nhẹ hơn. Ngôi sao của chúng ta cuối cùng cũng sẽ xài hết nguồn hydrogen dự trữ của nó. Bức xạ của nó sẽ yếu đi và không còn đương đầu nổi với lực hấp dẫn được nữa. Ngôi sao sẽ bị co lại. Mật độ của nó tăng lên và nhiệt độ lên tới hàng trăm triệu độ. Những hạt nhân helium tạo thành do sự đốt hydrogen vẫn không chịu kết đôi. Nhưng rồi một điều thần kỳ đã xảy ra: những hạt nhân helium lại muốn kết ba để trở thành hạt nhân carbon 12 (^{12}C). Đây chính là carbon có trong cây cỏ, trong những trang giấy của quyển sách này hoặc trong những tấm toan (*toil*) của Van Gogh và Matisse. Sự kỳ diệu này thực hiện được là bởi vì tự nhiên đã xếp đặt để cho khối lượng của hạt nhân carbon rất gần với khối lượng của ba hạt nhân helium. Thực ra, nó hơi nhỏ hơn và độ hụt khối này, cũng giống như trước kia, sẽ được

chuyển hóa thành bức xạ. Bức xạ lại một lần nữa được bổ sung thêm, và một lần nữa lại giành được thể cân bằng với lực hấp dẫn. Sự co lại của lõi ngôi sao làm cho nó trở nên đặc hơn và nhỏ hơn, cuối cùng đã dừng lại. Đồng thời với sự co của lõi, bầu khí quyển của sao bị phồng ra quá độ do sự thúc đẩy của luồng năng lượng lớn được giải phóng trong quá trình đốt helium ở tâm của sao. Kích thước của sao bây giờ vượt quá cả trăm lần kích thước ban đầu của nó. Bức xạ thoát ra từ một bề mặt đã hàng chục ngàn lần lớn hơn sẽ loãng đi rất nhiều. Ngôi sao lạnh dần ở bề mặt và màu của nó chuyển dần thành đỏ. Ngôi sao bây giờ trở thành một sao kênh đỏ.

Tại sao một ngôi sao lại có khả năng vượt qua rào chắn helium, điều mà vũ trụ nguyên thủy đã thất bại một cách thảm hại? Đó là bởi vì khó có thể kết hợp ba hạt nhân helium một cách ngẫu nhiên. Cần phải có thời gian. Nhưng một vũ trụ đang giãn nở thì lại không có thời gian cần thiết đó. Vật chất bị loãng dần một cách không thể cưỡng nổi theo mức độ đồng hồ vũ trụ điểm từng phút. Những cơ hội để có sự gặp gỡ như vậy cứ nhỏ nhoi dần từng giây và thực tế là gần như bằng không vào phút thứ ba. Trong khi đó sao kênh đỏ không phải lo lắng gì về sự giãn nở và loãng dần của mật độ vũ trụ. Nó lại có một khoảng thời gian hàng triệu năm, cả một thiên thu so với ba phút, để tạo cơ hội cho những cuộc gặp gỡ đó. Và điều này giải thích tại sao nó lại thành công ở chỗ mà vũ trụ đã thất bại.

Con đường thẳng tiến tới sự phức tạp hóa vậy là bây giờ lại được tiếp tục. Sự sáng chế ra các ngôi sao đã cứu được vũ trụ trên hai phương diện. Từ nay nó đã có những lò luyện kim vũ trụ để hoàn toàn thành thoi chế tạo ra những nguyên tố hóa học cần thiết cho sự sống sau này. Nó đã thoát khỏi căn bệnh vô sinh. Nhưng ngoài ra, như chúng ta đã biết các ngôi sao còn là những bộ máy tạo ra

sự không trật tự. Chúng cho phép vũ trụ tiếp cận tới sự phức tạp hóa mà không vi phạm những định luật của nhiệt động lực học, những định luật muốn rằng sự không trật tự phải luôn luôn tăng.

Những ngôi sao với các lớp như một củ hành

Sự đốt cháy helium thành carbon chỉ kéo dài trong khoảng vài tỷ năm, nhỏ hơn 5 lần so với khoảng thời gian đốt cháy hydrogen thành helium. Vào cuối thời kỳ đó, lõi của các sao kênh đỏ, do không có đủ bức xạ để chống chọi với hấp dẫn, sẽ bắt đầu co lại một lần nữa. Nhiệt độ lúc này đạt tới 1/2 tỷ độ và quá trình đốt carbon bắt đầu. Đối với những ngôi sao có khối lượng gấp 4 lần Mặt trời, thì cuộc sống vẫn tiếp tục. Lõi của chúng bị co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn sẽ nóng lên. Khi nhiệt độ đạt tới ngưỡng 600 triệu độ, sự đốt cháy carbon bắt đầu. Đối với những ngôi sao có khối lượng gấp 9 lần Mặt trời, lò luyện kim thuật hạt nhân còn đi xa hơn nữa. Trong cái nóng như địa ngục của lõi các sao này, những nguyên tố phức tạp và quen thuộc hơn như neon, oxygen, natri, magnesium (magiê), nhôm, silicium, và cả phosphore và lưu huỳnh nữa lần lượt ra đời. Những sao này còn tiến xa trong chừng mực có thể trên con đường phức tạp hóa. Chính trình tự này của các sự kiện còn sẽ được lặp đi lặp lại nhiều lần: khi cạn kiệt chất đốt, lõi sao sẽ co lại và trở nên nóng và đặc hơn. Một chất đốt mới nặng hơn lại được tạo ra, làm nảy sinh những nguyên tố mới và còn nặng hơn nữa. Mỗi một lần lặp lại như vậy các sự kiện lại được tăng tốc và những chu trình đó ngày càng mất ít thời gian hơn. Hơn hai chục nguyên tố hóa học mới ra đời chỉ trong khoảng vài triệu năm.

Hành động này không chỉ diễn ra trong lõi của sao kênh đỏ. Bức xạ được giải phóng bởi các phản ứng hạt nhân xảy ra ở vùng trung

tâm cũng nung nóng tất cả các lớp bên ngoài và cho phép chúng đốt nhiên liệu. Chỉ có điều, nhiệt độ ở các lớp này không đồng đều: trong khi nhiệt độ ở lõi lên tới vài tỷ độ thì ở bề mặt nhiệt độ chỉ khoảng vài ngàn độ. Vì hydrogen chỉ có thể cháy thành helium ở nhiệt độ 10 triệu độ, helium cháy thành carbon ở 100 triệu độ, v.v..., nên nhiên liệu và các sản phẩm cháy sẽ phải thay đổi tùy thuộc vào từng lớp. Như vậy, sao kênh đỏ được cấu trúc thành từng lớp giống như một củ hành, càng ra xa tâm càng nghèo dần các nguyên tố nặng. Vào cuối đời, lõi của sao chủ yếu là sắt, cobalt và nickel, kết quả của sự đốt cháy silicium, phosphore và lưu huỳnh. Bên trên đó, helium tổng hợp để tạo thành carbon, oxygen và neon. Và ở lớp ngoài cùng, hydrogen tổng hợp thành helium. Như vậy là 60% khối lượng của sao này đều tham gia vào cuộc liên hoan đốt cháy. 40% còn lại do quá lạnh nên không tham gia được vào cuộc liên hoan đó. Chúng giữ nguyên vẹn số hydrogen được sinh ra trong ba phút đầu tiên.

Sắt - nguyên tố cứng đầu

Sao kênh đỏ tiếp tục con đường tiến hóa của mình cho tới tận nguyên tố sắt 56. Sự thăng tiến trên con đường phức tạp hóa đã có tiến bộ đáng kể. Với những viên gạch đơn giản là proton và neutron, người thợ xây-ngôi sao đã dựng nên được những tòa nhà đồ sộ như sắt 56, một cấu trúc có hạt nhân bao gồm hai mươi sáu proton và ba mươi neutron. Sao đã có sẵn trong nó hydrogen, carbon, nitrogen và oxygen - những nguyên tố sẽ tạo nên hơn 90% các nguyên tử trong cơ thể chúng ta - và cả những nguyên tố khác mà sau này sẽ tạo nên sự phong phú và đa dạng về hình thức và màu sắc của mọi vật trong cuộc sống. Nhưng các sự kiện lại hổng bét khi sắt xuất hiện. Ngôi sao đã bị chặn hẳn lại trên đà tiến của mình. Nó không

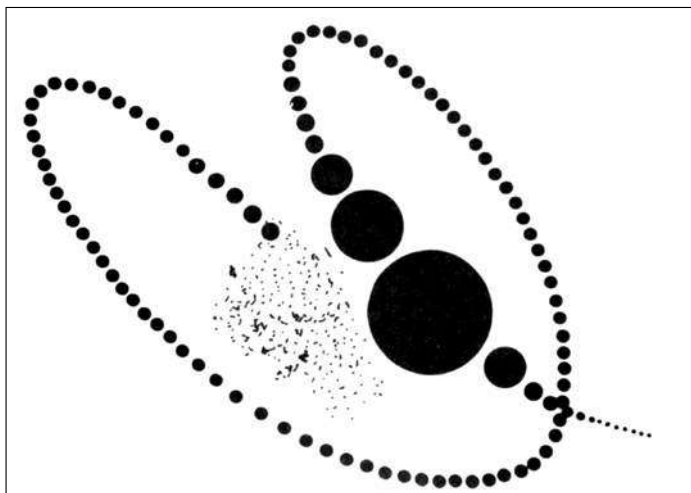
thể đi xa hơn được nữa. Sắt 56 không còn có thể được dùng như một chất đốt. Vì vậy nó không thể cung cấp năng lượng cho sao và giúp nó trong cuộc chiến với lực hấp dẫn. Tại sao lại có cái ngõ cụt này? Trong tất cả các lần đốt trước, khối lượng của sản phẩm cuối cùng luôn luôn nhỏ hơn tổng khối lượng của các hạt nhân nguyên tử được tổng hợp (chẳng hạn như, khối lượng của hạt nhân helium nhỏ hơn khối lượng của bốn proton; khối lượng của hạt nhân carbon nhỏ hơn khối lượng của ba hạt nhân helium, v.v...). Các độ hụt khối này được chuyển hóa thành năng lượng cho phép ngôi sao phát sáng và không bị co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của chính nó. Sự chuyển hóa hydrogen thành helium là tỏa ra nhiều năng lượng nhất. (Thật không may, chính phản ứng tổng hợp này đã gây ra sức tàn phá khủng khiếp của bom khinh khí, tức là bom H. Và con người cũng đang cố gắng chinh phục chính phản ứng này trên Trái đất. Còn cần phải tốn nhiều công sức ghê gớm mới có thể điều khiển được sự tổng hợp hạt nhân, nhưng cũng bỏ công, vì bù lại nó sẽ cho chúng ta một nguồn năng lượng sạch - không có các chất thải phóng xạ - và vô tận - chỉ cần dùng hết các hạt nhân hydrogen trong nước của các đại dương). Các chất đốt nặng hơn oxygen nhưng nhẹ hơn sắt cho ít năng lượng hơn, nhưng vẫn còn đủ để nuôi sống ngôi sao. Tuy nhiên, tất cả đều thay đổi với sự ra đời của sắt 56. Nó chỉ tổng hợp với các hạt nhân khác khi được cung cấp thêm năng lượng. Bắt đầu từ sắt, khối lượng của sản phẩm cuối cùng lại lớn hơn tổng khối lượng của các hạt nhân tham gia phản ứng tổng hợp. Vì vậy, sắt 56 đòi hỏi phải chi phí cho nó một lượng lớn năng lượng mới tham gia vào các phản ứng tổng hợp hạt nhân. Do thiếu năng lượng nên sao không thể thỏa mãn được yêu cầu ấy. Khi hết nhiên liệu, sao ngừng bức xạ. Cảm thấy không bị chống trả bởi bức xạ nữa, lực hấp dẫn giành lại quyền kiểm soát tình hình và tiếp tục nén ngôi sao lại. Ngôi

sao bây giờ buộc phải co lại và chết. Tùy thuộc vào khối lượng của ngôi sao mà cái chết của nó có thể diễn ra thanh thân hay vật vã.

Ba kiểu chết dành cho các sao

Bây giờ chúng ta hãy theo dõi số phận của một ngôi sao có khối lượng nhỏ hơn 1,4 khối lượng Mặt trời. Nó sẽ tắt một cách thanh thân. Khi hết nhiên liệu, ngôi sao sẽ chuyển từ kích thước của các sao đỏ kình (với bán kính khoảng 50 triệu km) về kích thước của Trái đất (bán kính khoảng 6.000km). Ngôi sao trở thành lùn (H.44). Nó vẫn còn nóng vì động năng của quá trình tự co lại chuyển hóa thành nhiệt. Nhiệt độ ở bề mặt của nó bây giờ cỡ 6000 độ. Nhiệt lượng này được bức xạ ra ngoài không gian. Màu của bức xạ trắng như bức xạ Mặt trời, nên sao này bây giờ được gọi là “sao lùn trắng”. Mật độ của nó cũng rất lớn: khối lượng của một xentimét khối nặng tới 1 tấn. Nhưng cái gì đã cản trở các sao lùn trắng không tiếp tục co lại nữa? Chắc chắn không phải là bức xạ, vì nó đã trở nên rất yếu. Nhà vật lý người Đức Wolfgang Pauli, một trong số những người sáng lập ra cơ học lượng tử, đã cho chúng ta câu trả lời. Vào năm 1925, ông phát hiện ra rằng hai electron không thể bị nén lại cùng với nhau: chúng loại trừ nhau (phát minh của Pauli sau này được gọi là “nguyên lý loại trừ”). Ngôi sao khi hết nhiên liệu co lại sẽ nén các electron chứa trong nó vào một thể tích ngày càng nhỏ hơn. Càng bị nén chặt, các electron này càng kháng cự mạnh và tìm cách thoát ra ngoài. Sự kháng cự này tạo nên một áp lực chống lại áp lực của hấp dẫn, làm cho ngôi sao lùn không co lại nữa. Sự đẩy lẫn nhau này giữa các electron không phải là do lực điện từ làm cho các điện tích cùng dấu đẩy nhau mà đây là một trong những biểu hiện của cơ học lượng tử.

Đồng thời với sự tự co lại của lõi, các lớp bên ngoài cũng tách ra khỏi ngôi sao. Được chiếu sáng bởi sao lùn trắng, những lớp này có dạng như một vành đai khí có màu vàng và đỏ gọi là “tinh vân hành tinh” (một cái tên không đạt lắm vì những tinh vân hành tinh và các hành tinh chẳng có quan hệ gì với nhau) (H.45). Cái chết êm ả này là số phận dành cho đa số các sao (kể cả Mặt trời của chúng ta): vì những ngôi sao có khối lượng nhỏ hơn 1,4 khối lượng Mặt trời chiếm đa số trong dân cư của các thiên hà. Cần phải có một kính thiên văn lớn mới xác định được các sao lùn trắng bởi vì chúng sáng rất yếu. Sirius (*Thiên lang*), ngôi sao sáng nhất trên bầu



Hình 44. Sự ra đời, cuộc sống và cái chết của một ngôi sao. Hình vẽ này cho ta một cái nhìn tổng quát trong suốt 100 triệu năm về những giai đoạn khác nhau trong cuộc đời của một ngôi sao cỡ như Mặt trời: ra đời từ sự tự co lại của một đám mây giữa các ngôi sao, sao sẽ đốt hết lượng hydrogen của nó trong 9 tỷ năm rồi biến thành một sao kênh đỏ, sau đó lần lượt đốt hết lượng helium trong khoảng 2 tỷ năm trước khi tự co lại thành một sao lùn trắng. Vào lúc kết thúc cuộc đời của mình, nó trở thành một sao lùn đen, một xác sao chết lạc trong bóng tối của khoảng không bao la của vũ trụ.

trời đêm, có một bạn đồng hành là sao lùn trắng. Phải mất hàng tỷ năm sao lùn trắng mới mất hết nhiệt của mình, và cuối cùng nó trở thành một sao lùn đen và nhập vào hàng ngũ những xác sao chết mất hút trong không gian bao la của vũ trụ, đồng thời gieo vào trong đó những nguyên tố nặng đã được chế tạo ra trong lò luyện ở tâm các ngôi sao đó.

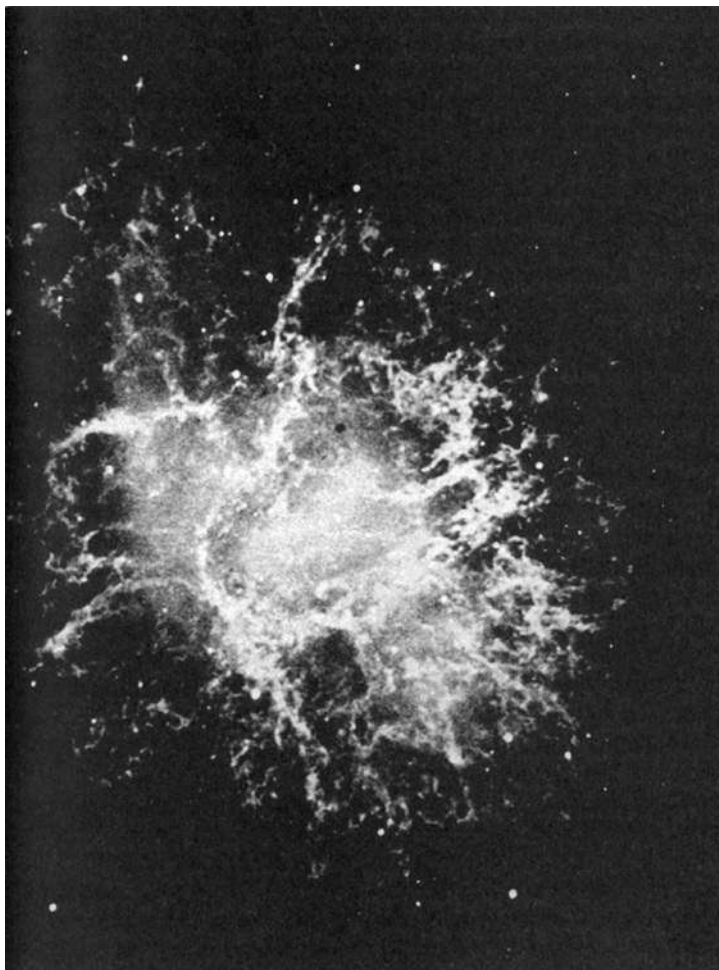
Thế còn điều gì sẽ xảy ra đối với các sao có khối lượng lớn hơn 1,4 khối lượng Mặt trời? Chúng phải trải qua một cơn hấp hối đau đớn hơn rất nhiều. Nhưng ở đây cũng thế, số phận cuối cùng lại rẽ nhánh tùy theo ngôi sao có khối lượng nhỏ hơn hay lớn hơn 5 lần



Hình 45. Một tinh vân hành tinh. Bức ảnh này chụp tinh vân hành tinh Lyre. Đó là một vành đai bao được hắt ra bởi một ngôi sao đang hấp hối có khối lượng nhỏ hơn 1,4 khối lượng Mặt trời. Sao này khi hết nhiên liệu, tự co lại thành một sao lùn trắng (điểm sáng ở tâm của tinh vân). Chính bức xạ của sao lùn trắng đã chiếu sáng tinh vân hành tinh này. (ảnh, Đài thiên văn Hale)

khối lượng Mặt trời. Trước hết, chúng ta quan tâm tới sự kết thúc của một ngôi sao có khối lượng nằm giữa 1,4 và 5 lần khối lượng Mặt trời. Khối lượng gia tăng thêm của ngôi sao này làm cho nó bị nén lại mạnh hơn nữa. Sự tự co lại này xảy ra nhanh tới mức (chỉ một phần của giây) các electron bị đột ngột, không có thời gian để tổ chức sự kháng cự chống lại hấp dẫn. Cửa ải bán kính 6000km của sao lùn trắng đã được vượt qua một cách nhẹ nhàng. Bán kính của lõi sao bây giờ có thể co lại tới tận 10km. Mật độ cuối cùng là cực kỳ lớn. Nó có thể đạt tới 1 tỷ tấn trong 1cm³. Điều này không khác gì bạn nén 100 tháp Eiffel vào một thể tích bằng đầu chiếc bút bi của bạn. Các hạt nhân cũng không thể chống lại một lực nén lớn như thế và bị vỡ ra thành các proton và neutron. Các electron bị ép sát vào các proton tới mức chúng buộc phải phản ứng với nhau để tạo thành neutron và neutrino. Neutrino mà chúng ta đã gặp trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ vẫn trung thành với danh tiếng của mình. Chúng không tương tác với vật chất và do đó ngay lập tức thoát ra ngoài. Lõi của sao bây giờ trở thành một “nhân” chứa toàn neutron. Các neutron khi ở trạng thái tự do chỉ sống được 15 phút, nhưng khi bị cầm tù chúng trở thành gần như bất tử. Bây giờ, đây là các hạt sẽ chống chọi với hấp dẫn và làm cho sao neutron không tự co lại nữa. Như trong trường hợp đối với electron, cũng có một nguyên lý loại trừ đối với các neutron và do đó chúng không thể bị ép quá chen chúc với nhau được.

Vào lúc kết thúc quá trình co lại, thì xảy ra một vụ nổ rất mạnh. Những lớp vỏ của củ hành giàu các nguyên tố nặng bị bắn tung vào không gian với tốc độ hàng ngàn kilometre trong một giây. Độ sáng phát ra trong vụ nổ này tương đương với 100 triệu Mặt trời. Một điểm sáng xuất hiện trên bầu trời. Đó là một “sao siêu mới”. Sự dừng co một cách đột ngột của lõi gây bởi sự chống cự của các



Hình 46. *Tinh vân Cua.* Bức ảnh này chụp phần còn lại của ngôi sao đã nổ trong Ngân hà vào sáng ngày 4 tháng 7 năm 1054. Lõi của sao này tự co lại thành một sao neutron với bán kính 10km nằm ở tâm của tinh vân và thường xuyên gửi các tín hiệu vô tuyến đến chúng ta và cũng được biết đến với cái tên là pulsar (cũng xem H.47). Lớp bao ngoài bị xé rách của sao này vẫn tiếp tục giãn nở và bị đẩy ra phía ngoài bởi năng lượng của vụ nổ ban đầu và hiện nay nó trải rộng trên một khoảng cách hàng trăm tỷ kilometre. Bằng cách đó, nó đã gieo vào môi trường giữa các vì sao những nguyên tố nặng đã được tạo ra trong suốt cuộc đời của ngôi sao này và trong quá trình nổ.

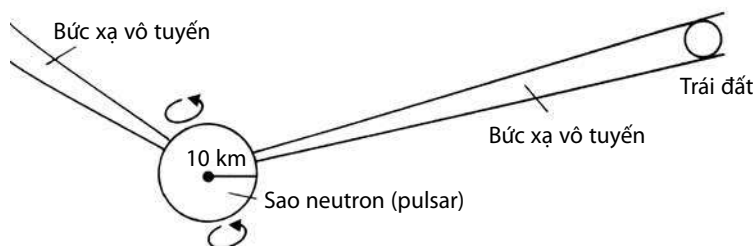
neutron là nguồn gốc của vụ nổ khủng khiếp này. Một sóng xung kích được tạo ra, truyền tới bề mặt và đẩy những lớp bên ngoài của ngôi sao, làm cho nó nổ tung.

Trong các thiên hà, những cái chết bùng nổ như thế này gần như cứ khoảng một thế kỷ lại xảy ra một lần. Con người từ khi bắt đầu ghi chép những quan sát của mình đã từng nhìn thấy khoảng 12 vụ nổ như thế trong Ngân hà của chúng ta. Năm 1571, nhà khoa học trẻ Tycho Brahe đã quan sát được một “sao mới” trong chòm sao Cassiope. Phát minh này đã gieo vào đầu óc ông mỗi hoài nghi về tính bất biến của bầu trời do Aristotle nêu ra. Cái còn lại của vụ nổ sao siêu mới đó hiện nay mang tên ông. Ngày 23/02/1987, một vụ nổ sao siêu mới tại một trong số các thiên hà lùn - những vệ tinh của Ngân hà -, tức đám mây Magellan lớn ở cách chúng ta hơn 150.000 năm ánh sáng, đã làm chấn động giới thiên văn học. Tất cả các phương tiện quan sát hiện đại (những kính thiên văn lớn trên mặt đất, những vệ tinh nhân tạo và những dụng cụ khác mà Tycho Brahe chắc không bao giờ mơ tới) đã hợp sức để nghiên cứu sự kiện đặc biệt này. Thậm chí ngay cả những neutrino thoát ra từ lõi bị co lại của ngôi sao hấp hối đó cũng đã được ghi nhận bởi các detector đặt sâu tới hàng kilometre dưới một mỏ vàng đã ngừng hoạt động. Nhưng một trong số những sao siêu mới nổi tiếng nhất trong các biên niên thiên văn học là sao có nguồn gốc là phần còn lại của một vụ nổ sao mà ngày nay người ta gọi là “tinh vân Cua”. “Ngôi sao khách” này (đây là một cái tên rất đẹp mà các nhà thiên văn học Trung Quốc đặt cho nó) xuất hiện vào buổi sáng ngày 04/7/1054. Nó sáng như Kim tinh, thậm chí ban ngày cũng thấy được và kéo dài hàng tuần lễ. Tuy nhiên, trong những ghi chép thiên văn học ở phương Tây vào thời gian đó, người ta không tìm thấy một nhắc nhở

nào về ngôi sao này. Tác giả của những ghi chép này chắc là tin vào vũ trụ không thay đổi của Aristotle hơn là tin vào chính mắt mình.

Đã khá lâu rồi, ngôi sao khách này không còn nhìn thấy được bằng mắt trần nữa. Với một kính thiên văn, người ta có thể phân biệt được phần còn lại của vụ nổ sao đó, nó phát sáng rất yếu và có dạng giống như một con cua, vì thế nó mới có cái tên như vậy (H.46). Nhưng cái làm cho nó trở nên nổi tiếng, đó là vào năm 1967, người ta phát hiện ra ở trong lòng của nó một sao neutron. Loại sao này đã được các nhà thiên văn Mỹ Walter Baade và Fritz Zwicky hình dung ra ngay từ năm 1934, rõ ràng đây là hậu quả của cái chết của một ngôi sao. Nó được thể hiện dưới dạng một ngôi sao sáng rồi tắt kế tiếp nhau khoảng 30 lần trong một giây, do đó nó còn có tên là “pulsar”. Hành vi kỳ lạ này trước hết là do sao neutron không phát xạ trên toàn bộ bề mặt của nó. Ánh sáng (mà chủ yếu là sóng vô tuyến) xuất hiện thành hai chùm mảnh giống như ánh sáng phát ra từ một đèn pha. Hơn nữa, sao neutron lại quay quanh mình nó rất nhanh, do đó tạo ấn tượng là nó sáng rồi tắt mỗi một lần chùm sáng của nó quét qua Trái đất (H.47). Pulsar sẽ còn đóng vai trò là ngọn đèn pha vũ trụ trong nhiều triệu năm. Nguồn năng lượng dự trữ của nó được tích trữ trong quá trình co lại rồi sẽ cạn kiệt dần. Nó sẽ quay ngày càng chậm hơn và cuối cùng sẽ thôi không bức xạ nữa. Được bao bọc bởi sự im lặng của cõi chết, xác sao này không bao giờ còn được nhìn thấy hoặc nghe thấy nữa. Cứ một ngàn ngôi sao trong Ngân hà của chúng ta thì có một ngôi sao kết thúc cuộc đời của mình thành một pulsar.

Cuối cùng, chúng ta xét cái chết triệt để nhất của các ngôi sao. Đây là số phận dành cho các sao có khối lượng lớn hơn 5 lần khối lượng Mặt trời. Một khối lượng rất lớn khiến cho sự co lại cực kỳ



Hình 47. Pulsar. Pulsar là một sao neutron có bán kính 10km quay rất nhanh quanh mình nó và có vai trò như một ngọn đèn pha vũ trụ. Pulsar không bức xạ trên toàn bộ bề mặt của nó mà bức xạ thành những chùm sáng (chủ yếu là sóng vô tuyến). Một người quan sát trên mặt đất sẽ nhận được tín hiệu vô tuyến từ pulsar mỗi lần khi chùm sáng của nó quét ngang qua Trái đất. Các tín hiệu tới liên tiếp nhau cách nhau một khoảng thời gian đúng bằng thời gian quay trọn một vòng của sao neutron. Pulsar quay nhanh nhất đã phát hiện được cứ 1,6 phần ngàn giây lại gửi tới chúng ta một tín hiệu, tức là nó quay 600 vòng trong một giây. Một con quay đích thực của vũ trụ!

manh mẽ. Lần này, không chỉ các electron mà ngay cả các neutron cũng bị bắt ngờ. Chúng không có thời gian để tổ chức chống lại lực hấp dẫn. Và sự co này không bị chặn lại. Nó nén vật chất ở tâm sao vào một thể tích nhỏ đến mức lực hấp dẫn trở nên cực kỳ lớn. Và bây giờ lõi của sao trở thành một lỗ đen.

Cũng như trong trường hợp trước, sự co lại cực kỳ mạnh mẽ tạo ra một vụ nổ khổng lồ hất tung các lớp ngoài của sao vào không gian: sự ra đời của một lỗ đen cũng được chào mừng bằng một vụ nổ sao siêu mới dữ dội. Lần này, ngôi sao chết thậm chí không còn để lại xác có thể nhìn thấy được. Từ nay, như chúng ta đã biết, nó chỉ thể hiện sự có mặt của mình bằng những hiệu ứng hấp dẫn mà nó tác dụng lên các vật ở gần nó. Nó làm cho thời gian chậm lại. Nó biến các nhà du hành vũ trụ quá táo bạo thành những sợi mì

và nuốt chửng họ. Đối với người quan sát trên Trái đất, lỗ đen rất khó phát hiện. Trừ phi, như chúng ta đã biết, nó cặp đôi với một ngôi sao khác vẫn đang còn phát sáng. Lỗ đen khi đó sẽ hút bầu khí quyển của ngôi sao còn nhìn thấy được về phía mình. Các nguyên tử khí trong bầu khí quyển khi rơi vào lỗ đen này sẽ phát ra các tia X và qua đó tiết lộ sự hiện diện của lỗ đen. Người ta nghĩ rằng có tồn tại một lỗ đen theo hướng chòm sao Cygne (*Thiên nga*), chỗ có một nguồn tia X rất mạnh (xem H.26). Trong Ngân hà, các lỗ đen ít hơn các sao lùn và các pulsar rất nhiều: các sao nặng chỉ chiếm thiểu số trong dân cư của thiên hà này.

Ích lợi của các sao siêu mới

Chúng ta đã thấy rằng vũ trụ sáng chế ra các thiên hà và các sao để thoát ra khỏi ngổ cụt helium. Nhưng tất cả những sản phẩm của lò luyện kim trong các sao, những tòa nhà tráng lệ của các nguyên tố nặng này, cũng chẳng để làm gì nếu chúng bị cầm tù vĩnh viễn trong các ngôi sao. Sở dĩ như vậy là vì giai đoạn tiếp theo trên con đường thăng tiến tới sự phức tạp hóa là sự tạo thành nguyên tử từ các hạt nhân. Cần phải liên kết hạt nhân với các electron thông qua lực điện từ để tiến tới nấc thang các nguyên tử. Nhưng sự liên kết này là không thể làm được ở bên trong các ngôi sao. Chúng quá nóng và các nguyên tử không thể sống sót được ở đó. Vũ trụ cần phải tìm một chỗ lạnh hơn và ít sôi động hơn để tạo ra nguyên tử. Thử hỏi còn đâu tốt hơn là khoảng không gian giữa các vì sao trong các thiên hà? Nhiệt độ ở đây biến thiên từ lạnh băng với nhiệt độ vài trăm độ Kelvin (-173°C) tới hàng chục ngàn độ. Môi trường giữa các vì sao được sưởi nóng - trên 3°K (-270°C) của môi trường giữa các thiên

hà - nhờ bức xạ của những ngôi sao nặng và nóng, và của những vụ nổ sao siêu mới, kết cục của cái chết dữ dội của các ngôi sao đó.

Vậy thì bằng cách nào có thể lấy ra những sản phẩm của các lò luyện kim ở bên trong các ngôi sao? Trước hết là nhờ các tinh vân hành tinh. Nhưng biện pháp này rất kém hiệu quả, vì các tinh vân hành tinh có khối lượng nhỏ, chỉ khoảng vài phần mười khối lượng Mặt trời. Mặt khác, chúng lại được tạo ra bởi các sao già (nhỏ hơn 1,4 khối lượng Mặt trời), mà những ngôi sao này lại không tiến được xa trên con đường tạo ra các nguyên tố nặng. Chẳng hạn, một ngôi sao nhỏ hơn một nửa khối lượng của Mặt trời không thể tạo ra được gì hơn ngoài helium. Lõi của chúng không đủ nóng để thắng được lực điện từ và cho phép tạo được ra những tổ hợp phức tạp hơn từ các proton và neutron. Nhưng vẫn còn một phương tiện thứ hai. Các sao nặng (cỡ vài ba khối lượng Mặt trời hoặc lớn hơn) mất dần các lớp bên ngoài của chúng. Bức xạ mạnh của các sao này thắng được lực hấp dẫn liên kết lớp vỏ bọc đó và hất chúng ra ngoài. Như cơn gió mùa đông bứt những chiếc lá từ những cành cây trơ trụi, cơn gió của sao - kết quả của bức xạ mạnh - cũng bứt đi các lớp vỏ bao để rắc chúng vào không gian giữa các vì sao. Nhưng, một lần nữa phương thức này cũng lại không có hiệu quả. Gió của sao không mang đi được bao nhiêu khối lượng. Các sản phẩm không thoát được rất nhanh ra khỏi các lò luyện. Vũ trụ buộc phải dùng các phương tiện lớn và cho nổ tung ngôi sao. Ý định cuối cùng này đã tỏ ra là đúng đắn. Một khối lượng vật chất lớn gấp nhiều lần Mặt trời vốn đã được làm giàu bởi công trình sáng tạo của ngôi sao được hất ra ngoài không gian. Đây chính là ích lợi đầu tiên của các sao siêu mới: nó đã gieo vào không gian giữa các vì sao những nguyên tố nặng.

Nhưng những sao siêu mới không dừng lại ở đó. Nó tận dụng

năng lượng lớn của mình để tiếp tục theo đuổi việc luyện kim đã bị ngừng lại trong lõi các ngôi sao. Chắc bạn còn nhớ rằng con đường thẳng tiến tới sự phức tạp hóa trong lò luyện kim ở lõi các ngôi sao đến sắt thì dừng lại. Hạt nhân sắt, bền nhất trong tất cả các nguyên tố, từ chối kết hợp với các hạt nhân khác để tạo ra các hạt nhân phức tạp hơn, nếu người ta không cấp năng lượng cho nó. Nhưng sao siêu mới có dư năng lượng đó. Sắt lần này được đốt và các phản ứng hạt nhân đã được cuốn theo. Gần 60 nguyên tố đã ra đời trong vụ nổ sao đó. Lần này thì tự nhiên đã tìm được phương thức thích hợp. Nó sẽ đi đến tận cùng trong quá trình luyện kim này. Các nguyên tố nặng hơn sắt đã ra đời theo cách như vậy. Chúng ta chúc mừng sự sinh nở suôn sẻ của bạc và vàng, những nguyên tố đã trang điểm cho biết bao phụ nữ xinh đẹp, rồi của chì phàm tục hơn và cả uranium nữa, nguyên tố đã tạo ra quả bom nguyên tử tàn phá Hiroshima. Bảng sưu tập 92 nguyên tố có thời gian sống dài trong tự nhiên, tức là những nguyên tố không bị phân rã một cách tự phát sau vài khoảnh khắc, vậy là đã hoàn tất. Nó đi từ những nguyên tố đơn giản nhất và cũng là cổ xưa nhất là hydrogen (proton) và helium (2 proton) rồi vượt qua sắt, ông vua của sự bền vững, rồi tới tận uranium (26 proton).

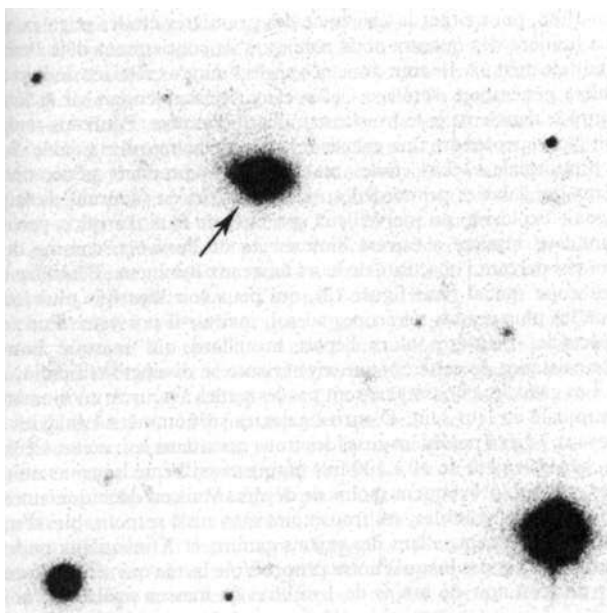
Cuối cùng, sao siêu mới còn thực hiện một công việc ích lợi sau cùng của mình. Với năng lượng lớn khủng khiếp của mình, nó tung vào không gian các electron, proton và các hạt nhân khác được sinh ra trong lò luyện kim của các ngôi sao. Nhờ chuyển động với vận tốc gần vận tốc ánh sáng, các hạt này có thể chu du rất xa trong không gian giữa các vì sao, ngang qua các phần khác nhau của thiên hà. Trong dải Ngân hà những hạt lữ khách này một ngày nào đó sẽ gặp Trái đất của chúng ta. Tại đây các nhà vật lý sẽ bắt chúng

nờ các detector và gọi chúng là các “tia vũ trụ”. Các nhà sinh học cho rằng những cuộc gặp gỡ của các tia vũ trụ với các phân tử gen trong cơ thể chúng ta có thể sẽ làm biến đổi một cách sâu sắc cấu trúc của các gen đó. Vậy là, các sao siêu mới, thông qua các tia vũ trụ, rất có thể đã là nguồn gốc của những đột biến gen đánh dấu quá trình tiến hóa của Darwin và đã dẫn đến sự ra đời của chúng ta từ những tế bào thô sơ.

Quasar

Bây giờ hãy quay trở lại cuốn sách lịch sử của chúng ta. Những ngôi sao đầu tiên đã ra đời. Chúng đóng vai nhà giả kim thuật một cách thật đáng khâm phục. Bằng cách vay mượn khí không có các kim loại (tên gọi tập thể của các nguyên tố nặng hơn hydrogen và helium), các ngôi sao đã hoàn trả lại nó sau khi đã được làm giàu một cách đáng kể. Các ngôi sao nặng chỉ sống trong một khoảng thời gian như chớp mắt. Sau vài triệu năm phát sáng và nhiệt, chúng ra đi vĩnh viễn. Chỉ còn lại những cái xác gọn và đặc, đó là những sao neutron và lỗ đen. Còn đối với những ngôi sao nhẹ hơn, vốn tần tiện và tiết kiệm, chúng không hoang phí năng lượng của mình, do đó chúng sống được khoảng vài tỷ năm. Và một số trong đó vẫn còn sống đến tận hôm nay.

Có nhiều lý do chính đáng để nghĩ rằng thế hệ sao đầu tiên này, trong một số thiên hà, đặc biệt giàu các ngôi sao nặng. Quả là một mùa bội thu các kim loại. Trong khoảng vài triệu năm, có tới cả tỷ xác sao chết dưới dạng các lỗ đen phủ lên lớp đất mùn đỏ của các thiên hà. Một tỷ năm nữa trôi qua và một tỷ các lỗ đen này hút nhau bằng lực hấp dẫn sẽ kết tập lại để tạo thành một lỗ đen khổng lồ nằm ở tâm thiên hà có khối lượng bằng cỡ cả tỷ Mặt trời. Lỗ đen



Hình 48. *Quasar.* Nếu ánh sáng của nó không có sự dịch mạnh về phía đỏ, thì quasar (trên ảnh nó được chỉ bằng mũi tên và có tên là 3C48) rất dễ bị nhận nhầm là một ngôi sao (hãy so sánh ảnh của quasar với ảnh của các sao trên hình). Do đó tên của quasar mới là chữ viết tắt của từ tiếng Anh *quasi-star* (có nghĩa là giả sao hay chuẩn tinh). Đa số các nhà thiên văn đều nghĩ rằng các quasar là những tinh tú ở xa nhất và sáng nhất trong vũ trụ và độ sáng lớn của nó là do tác dụng của một lỗ đen có khối lượng gấp 1 tỷ lần khối lượng Mặt trời và ở ngay trong lòng các quasar, nó xé rách và nuốt chửng các ngôi sao của thiên hà ở kề cận. Thiên hà này thấy được trên hình, nó làm cho quasar có dạng hơi thuẫn. (ảnh, Đài thiên văn Hale)

khổng lồ này sẽ gây ra những tổn hại trong thiên hà khách. Nó sẽ đớp tất cả những ngôi sao đi qua gần nó, biến chúng thành các sợi mì, xé nát chúng rồi nuốt chửng. Lớp khí của các ngôi sao bị xé nát rơi hết tốc lực về phía tâm của lỗ đen, tạo thành một đĩa dẹt xung quanh lỗ đen đó. Khí này được đốt nóng và phát xạ toàn bộ năng lượng của nó trước khi vượt qua bán kính không thể quay lui, nơi mà không còn có thể nhìn thấy bức xạ nữa. Xung quanh lỗ đen hàng

ngàn ngọn lửa phát sáng. Độ sáng đạt tới cỡ lớn gấp 1.000 lần độ sáng của thiên hà khách, tức là bằng độ sáng của 100.000 tỷ Mặt trời hợp lại. Một quasar đã ra đời. Tuy nhiên, năng lượng khủng khiếp của quasar lại chỉ xuất phát từ một vùng có kích thước chỉ lớn hơn hệ Mặt trời của chúng ta 100 lần. Quasar chỉ chiếm một vùng có kích thước khoảng vài tháng ánh sáng, tức là nhỏ hơn kích thước trung bình của một thiên hà cỡ một trăm ngàn lần. Con quỷ nằm ở tâm cung cấp năng lượng cho nó bằng cách xé xác và nuốt tươi các ngôi sao tội nghiệp lại còn nhỏ gọn hơn nữa. Bán kính không thể quay lui của nó chỉ cỡ vài tỷ kilometre, tức là xấp xỉ kích thước của hệ Mặt trời. Đối với người quan sát trên Trái đất, quasar nhỏ tới mức người ta xem nó chỉ là một điểm sáng giống như một ngôi sao (H.48). Chính điều này đã làm cho nó có tên là quasar, đây là tên rút gọn của từ tiếng Anh “quasi-star” có nghĩa là “giả sao” hay còn gọi là “chuẩn tinh”. Cũng chính cái vẻ bề ngoài này đã làm lạc đường hoàn toàn các nhà thiên văn trong những năm đầu của thập kỷ 60. Phân tích ánh sáng của quasar cho thấy nó không giống ánh sáng của bất cứ ngôi sao nào đã biết. Sự điều tra đã phải dậm chân tại chỗ trong nhiều năm. Chỉ vào năm 1963, câu đố này mới tìm được lời giải. Ánh sáng từ các quasar chính là ánh sáng của một tập hợp các sao, nhưng bị dịch về phía đỏ mạnh tới mức chúng khó được nhận ra. Hubble đã dạy chúng ta rằng ánh sáng từ một thiên hà dịch càng mạnh về phía đỏ thì nó ở càng xa. Vì vậy sự dịch mạnh về phía đỏ của ánh sáng quasar đã đặt nó ở biên của vũ trụ quan sát được, tức là xa hơn nhiều so với đa số các thiên hà. Và vì nhìn xa hơn tức là nhìn được sớm hơn, nên diện mạo các quasar đối với chúng ta ngày hôm nay chính là diện mạo của nó vào lúc vũ trụ còn đang ở tuổi thiếu niên, khi mà vũ trụ mới chỉ được vài tỷ tuổi (xem Phụ lục 1).

Các quasar là những cột mốc duy nhất mà hiện nay (tức năm 1988) chúng ta có để xác định niên đại ra đời của những ngôi sao và thiên hà đầu tiên. Ánh sáng từ các quasar tiết lộ cho chúng ta biết chúng đã chứa nhiều kim loại. Vì vậy, chúng phải ra đời sau công trình sáng tạo của thể hệ sao đầu tiên. Những ngôi sao này có nhiều khả năng ra đời trong khoảng từ 3 đến 4 tỷ năm tuổi của vũ trụ. Liệu một ngày nào đó chúng ta có thể chụp được một thiên hà đang ra đời, tức thiên hà “nguyên thủy” hay không? Những sao nặng thuộc thể hệ đầu tiên, trong những thiên hà nguyên thủy, trong cơn giãy chết bùng nổ chắc sẽ phải cho một cảnh tượng tuyệt đẹp như bắn pháo hoa, chiếu sáng khoảng bao la của vũ trụ, như những ngọn đèn chiếu các chùm sáng xuyên qua bóng đêm dày đặc. Có thể là kính thiên văn không gian Hubble (xem H.12) nhìn được bảy lần xa hơn các kính thiên văn lớn nhất ở mặt đất sẽ làm sống lại trước mắt chúng ta cái cảnh tượng đó. Cũng có thể khi đó màn sương mù dày đặc che không cho chúng ta biết về thời kỳ bí ẩn ấy cuối cùng sẽ được xua tan.

Các thiên hà có quasar không phải là những thiên hà duy nhất nuôi dưỡng trong lòng nó con quỷ ăn thịt đồng loại. Những thiên hà khác mang tên “thiên hà có nhân hoạt động” cũng có lỗ đen ở tâm của chúng. Những lỗ đen này thường có khối lượng nhỏ hơn từ 10 đến 100 lần khối lượng của những lỗ đen trong các quasar nên ít gây phá hoại hơn. Nhưng khi xé nát và nuốt chửng các ngôi sao, những lỗ đen này cũng gây ra sự phát xạ mạnh trong vùng tần số từ các tia gamma và tia X cho tới tận các sóng vô tuyến. Ngay cả dải Ngân hà của riêng chúng ta dường như cũng oa trử một lỗ đen có khối lượng nhỏ hơn 1 triệu khối lượng Mặt trời ở tâm của nó. Vũ trụ không thay đổi của Aristotle bây giờ đúng là đã chết hẳn. Những kính thiên văn nhảy với mọi dải tần số của sóng điện từ,

đã tiết lộ cho chúng ta thấy những sự kiện cực kỳ sôi động ở tâm một số thiên hà.

Các phân tử trong không gian giữa các vì sao

Chúng ta đã đến hồi kết thúc câu chuyện và chuyển sang trang cuối cùng trong cuốn lịch sử vũ trụ. Hàng tỷ năm đã trôi qua. Vũ trụ vẫn tiếp tục giãn nở (khoảng cách tăng theo thời gian như hàm lũy thừa với số mũ $2/3$) (xem Phụ lục 5). Nó loãng dần và lạnh đi. Bức tranh vũ trụ với những siêu đám thiên hà, đám thiên hà và cụm thiên hà được dệt nên một cách chậm chạp. Các thiên hà đang sống cuộc đời của chúng. Việc tạo ra các kim loại, đã được bắt đầu từ thế hệ sao đầu tiên, vẫn được theo đuổi ở tâm của chúng. Nhiều thế hệ sao đã tiếp nối nhau. Cũng như các cơ thể sống, những ngôi sao sinh ra, sống cuộc đời của mình rồi chết. Mỗi một thế hệ lại tạo ra một hiện tượng kép. Những ngôi sao nặng tiêu xài rất nhanh cuộc đời của mình và trong cơn hấp hối bùng nổ, chúng hất vào không gian giữa các vì sao một lượng vật chất khí có chứa các kim loại. Lượng vật chất này ngưng tụ thành những đám mây và co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn riêng của chúng để tạo ra những ngôi sao mới. Trong khi đó những ngôi sao nhẹ sống lâu hơn. Chúng nhập với những ngôi sao thuộc thế hệ đầu tiên và các thế hệ sao xen phủ lẫn nhau. Trong khi liên tục biến vật chất khí thành các ngôi sao mới, các thiên hà dần dần giàu kim loại hơn. Giờ đây những kim loại này chiếm gần 2% khối lượng của chúng.

Điều gì sẽ diễn ra bây giờ đối với sự thăng tiến trên con đường phức tạp hóa? Thiên hà đã có hạt nhân của những nguyên tố nặng, sản phẩm của những lò luyện kim trong các ngôi sao nặng, được phân bố rải rác trong không gian giữa các vì sao. Với vật liệu này,

các nguyên tử và phân tử có thể sẽ được cấu thành. Nhưng làm thế nào có thể tạo ra được những cơ hội gặp gỡ của các hạt đó, một điều kiện không thể thiếu để tạo dựng nên những cấu trúc phức tạp hơn? Những đám mây giữa các vì sao khá loãng để có thể là nơi thuận lợi cho những cuộc gặp gỡ đó (mật độ của chúng nhỏ hơn của nước tới 10^{22} lần). Những hạt bụi giữa các vì sao được sinh ra trong lớp bao của các ngôi sao kền đỏ và bị gió của ngôi sao này hất vào không gian, có lẽ thích hợp hơn cho vai trò này. Đó là những hạt rất nhỏ, cỡ một phần ngàn mm. Lõi rắn của chúng chủ yếu được cấu thành từ silicium, oxygen, magnesium và sắt (giống như vỏ Trái đất) được phủ một lớp băng mỏng. Trên hạt này, mảnh đất màu mỡ cho các cuộc gặp gỡ, hạt nhân của các nguyên tố nặng hơn hờ lao vào kết hợp với nhau. Chúng thử nghiệm tất cả các kiểu tổ hợp khả dĩ. Đây đúng là một cuộc liên hoan lu bù của các cuộc hôn phối. Những phân tử gồm hai, ba, bốn thậm chí tới 11 nguyên tử bắt đầu xuất hiện. Các kính thiên văn vô tuyến đã thấy được hàng trăm các phân tử như vậy. Mỗi một phân tử này phát ra một bức xạ vô tuyến riêng, cho phép ta có thể nhận dạng được chúng. Trong số những phân tử phong phú nhất, người ta thấy có các phân tử hydrogen (H_2) và carbon monoxide (CO). Các phân tử nước (H_2O), methane (CH_4) và ammoniac (NH_3) có số lượng ít hơn.

Tất cả các phân tử này dường như có thiên hướng kết hợp theo bộ bốn nguyên tử: nguyên tử carbon (C), nguyên tử hydrogen (H), nguyên tử oxygen (O) và nguyên tử nitrogen (N). Các cơ thể sống được cấu thành hơn 99% từ bốn nguyên tố này. Vậy là những viên gạch xây nên sự sống đã ngạo nghễ hiện diện. Nhưng, bạn sẽ nói, chúng ta còn xa mới tới được những đơn nguyên cơ bản của sự sống (các protein, enzym và các acide nucleic), những đơn nguyên

chứa hàng ngàn nguyên tử hoặc hàng triệu các phân tử của ADN. Tất nhiên là như vậy, tự nhiên không đi ngay tới tận cùng của sự phức tạp. Bài học được rút ra từ sự thừa thãi ê hề các phân tử trong không gian giữa các vì sao không phải là sự thất bại của tự nhiên mà là sự chiến thắng giòn giã của nó. Nó đã tỏ rõ khả năng sáng chế của mình và biết tạo ra cả một vườn bách thú các phân tử trong một môi trường cực kỳ không thuận lợi, một môi trường băng giá và gần như trống rỗng giữa các vì sao. Các nhà thiên văn là những người đầu tiên phải cảm thấy ngạc nhiên. Họ không một chút ngờ rằng lại có một thế giới các phân tử phong phú và đa dạng đến như vậy. Dầu thế nào đi nữa, với tài khéo léo tuyệt vời tạo ra các phân tử của Tự nhiên, chúng ta có quyền tự đắc mà nghĩ rằng nó sẽ dành cho chúng ta độc quyền về sự sống.

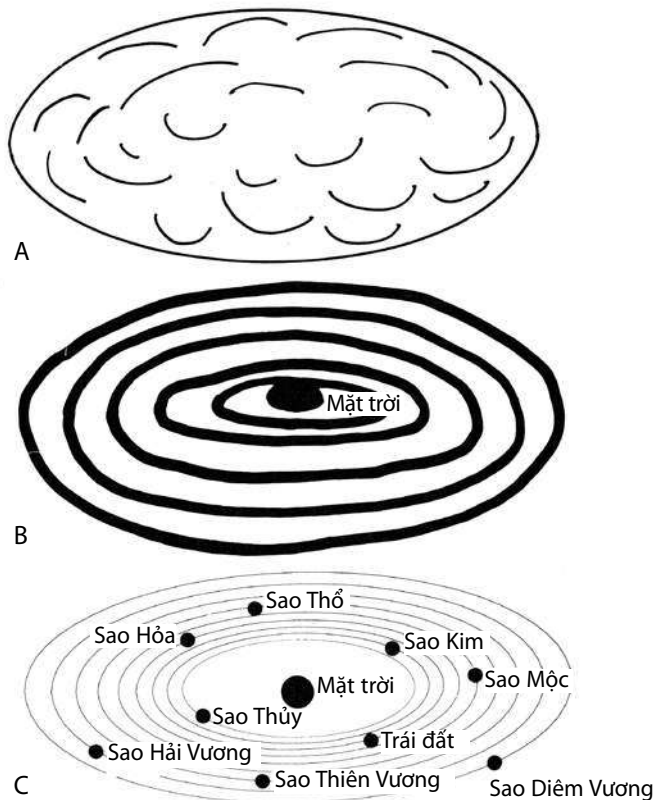
Sự ra đời của các hành tinh

Thời gian cứ trôi đi. Đồng hồ vũ trụ đã điểm 10,4 tỷ năm. Trong số hàng trăm tỷ thiên hà có trong vũ trụ quan sát được, chúng ta hãy chú ý tới một thiên hà với những vật xoắn ốc rất đẹp. Nó có tên là dải Ngân hà. Trong cái góc heo hút nhỏ bé của nó, nằm ở hai phần ba khoảng cách từ tâm tới mép của thiên hà này, có một đám mây giữa các vì sao đang co lại. Chuyển động co lại của nó có thể là do sự khởi phát của một sao siêu mới ở gần đó. Nhiệt độ ở tâm đám mây tăng dần. Từ vài chục độ, sau vài triệu năm nó dễ dàng vượt qua cái cửa ải 10 triệu độ, tại đây các phản ứng hạt nhân bắt đầu khởi phát. Đám mây khí phát sáng. Nó đã trở thành một ngôi sao. Vậy là, Mặt trời, ngôi sao thuộc thế hệ thứ ba, đã ra đời.

Tự nhiên vẫn kiên trì theo đuổi con đường thẳng tiến của nó tới sự phức tạp hóa. Các phân tử chỉ gồm khoảng chục nguyên tử không

còn đủ đối với nó nữa. Những điều kiện của môi trường giữa các vì sao còn lạnh hơn cả vùng cực và những khoảng “gần như trống rỗng” đến chóng mặt ở đó quá là khắc nghiệt để tạo ra những cấu trúc phức tạp hơn. Để sinh nở ra sự sống, cần phải tìm ra một môi trường dễ chịu hơn. Khi đó tự nhiên đã hình dung ra các hành tinh. Để tạo nên cái nôi này, nó sử dụng các hạt bụi giữa các vì sao nằm rải rác trong các đám mây. Tại thời điểm các đám mây này co lại, các hạt này thoát ra ngoài. Một số bắt đầu quay xung quanh Mặt trời tạo nên các vành như các vành Thổ tinh. Trong lòng các vành này, một số hạt bụi hơi lớn hơn các hạt khác bắt đầu bắt những hạt khác đó. Rồi chúng lớn dần lên. Khối lượng của chúng cũng tăng dần: 1g, 1kg, 1 tấn, rồi lên tới hàng tỷ tấn. Chẳng bao lâu sau, gần như toàn bộ vật chất của các vành thu vào 9 vật thể rắn hình cầu (hấp dẫn rất thích dạng cầu). Vậy là hệ Mặt trời bắt đầu sự tồn tại của mình với Mộc tinh là lớn hơn cả (xem H.49). Xung quanh mỗi hành tinh (trừ Thủy tinh và Kim tinh) đều có một bầu đoàn các đám ngưng tụ nhỏ, đó là các mặt trăng. Trái đất có một Mặt trăng của mình, Mộc tinh và Thổ tinh cũng ngự ở giữa vài chục vệ tinh như vậy. Những thứ còn sót lại trở thành các thiên thạch và các tiểu hành tinh. Một số lớn các thiên thạch này tới đập vào các hành tinh vừa mới tạo thành. Những hố hình phễu rải rác trên bề mặt của Mặt trăng và Thủy tinh là những bằng chứng căm lặng về thời kỳ bắn phá dữ dội đó.

Thời kỳ bắn phá mạnh mẽ này kéo dài khoảng vài trăm triệu năm. Trái đất với khối lượng cỡ 6000 tỷ tỷ tấn đã bắt đầu chuẩn bị cho sự sống. Rất nhiều núi lửa tuôn xuống mặt đất những dòng nham thạch dài và nóng bỏng, ngược nhìn Mặt trời vội vã đi ngang qua bầu trời. Hành trình đi qua bầu trời của nó, từ lúc mọc tới lúc lặn chỉ vùn vụt có hai giờ rưỡi: Trái đất lúc đầu quay quanh mình



Hình 49. Sự hình thành hệ Mặt trời. Hệ Mặt trời là kết quả của sự co lại của đám mây khí giữa các vì sao có kích thước hàng ngàn tỷ kilometre. Khi co lại, đám mây này dẹt đi (a) và tâm của nó trở nên đặc và nóng đến mức các phản ứng hạt nhân có thể khởi phát (cũng xem H.43): đây là sự ra đời của Mặt trời (b). Khí ít đặc hơn ở mép đám mây đến lượt mình cũng ngưng tụ lại thành các hành tinh và tiểu hành tinh. Hệ Mặt trời ra đời (c).

nó chỉ hết có 5 giờ. Rồi nó bị hãm cho chậm lại nhiều do lực hấp dẫn của Mặt trăng tác dụng. Trái đất cứ tiếp tục chậm lại. Rồi một ngày 24 giờ sẽ được kéo dài ra tới 28 giờ, các tuần, các tháng và các năm cũng như vậy... Nhưng những ai vốn không thích các thói quen của mình bị xáo trộn cũng đừng có lo. Ngay cả khi họ có sống tới

trăm tuổi đi nữa thì ngày của họ nhiều nhất cũng chỉ kéo dài thêm vài ba chục giây mà thôi. Sự chuyển động chậm lại của Trái đất hầu như không thể cảm nhận được trong cuộc đời của một con người.

Sự thăng tiến tới sự sống

Một tỷ năm đã trôi qua kể từ lúc Hệ Mặt trời ra đời. Trái đất đã lạnh đi rất nhiều. Trên bề mặt của đại dương dung nham xuất hiện những khối đá xám - mẫm mống của các lục địa. Lớp dung nham hóa rắn cứ lần rộng dần ra và cuối cùng phủ kín 30% bề mặt Trái đất. Đồng thời với quá trình hóa rắn này, dung nham cũng thải ra một lượng lớn khí chứa trong nó. Bao quanh Trái đất lúc đó là một bầu khí quyển dày hơn 100 lần bầu khí quyển ngày hôm nay. Là hỗn hợp của hydrogen, ammoniac (NH_3), methane (CH_4), nước (H_2O) và khí carbonic (CO_2), bầu khí quyển nguyên sơ này rất độc hại và không thích hợp với sự sống. Trái đất vẫn tiếp tục lạnh đi. Nước trong bầu khí quyển nguyên sơ bắt đầu ngưng tụ. Và bắt đầu có mưa. Những trận mưa như trút làm ngập lụt Trái đất cho tới khi, cuối cùng, các đại dương chiếm ba phần tư bề mặt của hành tinh này.

Dưới tác dụng không ngừng của các tia tử ngoại năng lượng cao của Mặt trời còn non trẻ chiếu xuống (các tia tử ngoại của Mặt trời có thể dễ dàng xuyên qua bầu khí quyển nguyên sơ, tầng ozone [O_3] lúc đó còn chưa có vì toàn bộ oxygen còn đang bị cấm tù trong nước), bị quất túi bụi bởi những hạt tích điện có năng lượng lớn và những cú sét kinh hoàng trong những cơn giông lớn thường xuyên nổ ra, các phân tử còn đơn giản trong bầu khí quyển nguyên sơ lao vào cuộc truy hoan tổ hợp với nhau. Bầu khí quyển của Trái đất bây giờ dày đặc hơn cả triệu tỷ lần môi trường giữa các vì sao. Những va chạm xảy ra thường xuyên hơn rất nhiều. Các chất “hữu cơ” đã bắt

đầu xuất hiện. Hai mươi loại amino acide, mỗi loại tạo bởi ba chục nguyên tử, đã quá dư thừa. Nhờ mưa, các chất hữu cơ hòa tan dần trong nước đại dương. Cuối cùng, nước đã đóng vai trò vĩ đại của mình là làm chất xúc tác cho sự sống. Do khả năng hòa tan cực lớn của mình, nước có thể tiếp đón rất nhiều phân tử lạ lùng nhất. Do có mật độ lớn hơn hàng triệu lần khí quyển của Trái đất, nước là nơi gặp gỡ và kết hợp với nhau tuyệt vời nhất. Hơn nữa, với tư cách là một chủ nhân hoàn hảo, nó biết cách bảo vệ những vị khách mời của mình trước những tác dụng có hại của Mặt trời và giông bão.

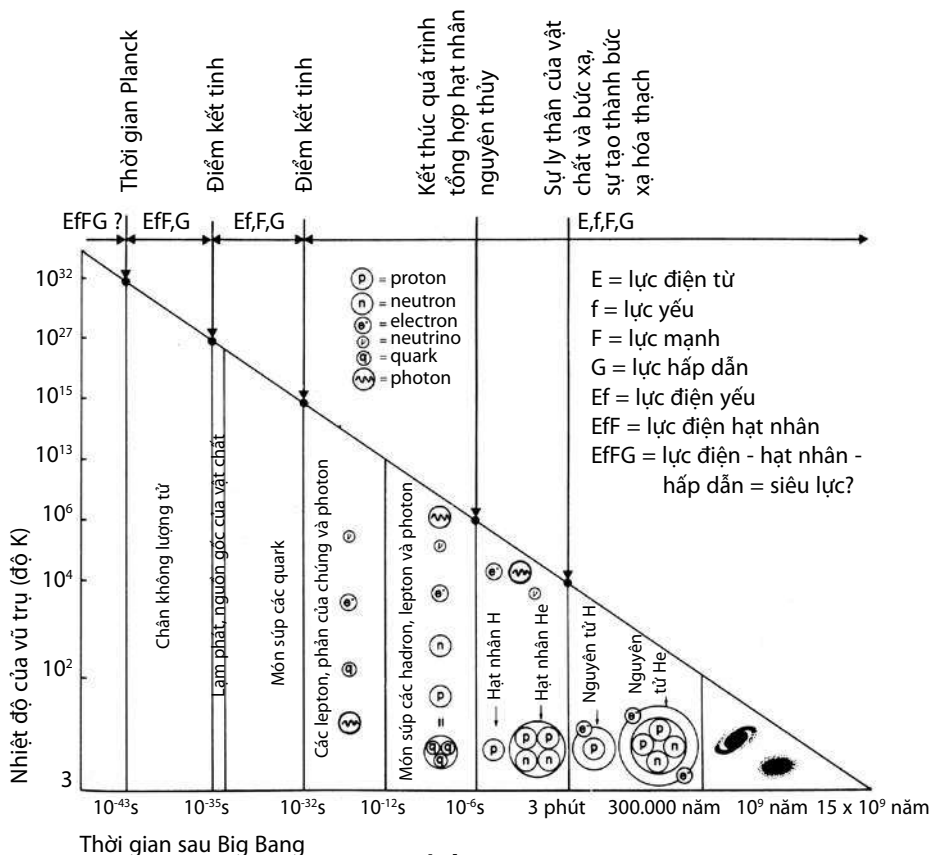
Trong một môi trường thuận lợi như vậy, các amino acide sẽ kết tập lại thành những chuỗi dài, và sau hàng trăm triệu năm, các protein ra đời. Sau đó đến lượt các protein tập hợp lại để tạo ra các chuỗi xoắn kép của các phân tử ADN. Những phân tử này đã phát hiện ra bí mật của sự bất tử: chúng biết cách sinh sản. Và cũng chính những phân tử này sẽ truyền lại hành trang di truyền của tất cả các cơ thể sống. Rồi, đến năm tồn tại thứ 11,5 tỷ của vũ trụ, đến lượt các tế bào ra đời. Mỗi tế bào chứa tới hàng triệu phân tử ADN, chúng sẽ là những viên gạch xây dựng nên sự sống. Các vi khuẩn và tảo xanh - những cơ thể đơn bào - nảy nở trong các đại dương và đó là những dạng sớm nhất của sự sống. Các hóa thạch cổ xưa nhất đều có niên đại vào khoảng thời gian này. Rồi ba tỷ năm nữa trôi qua. Trong thời gian dài thoi thóp đó, tầng vỏ lục địa đã được hình thành. Khi đồng hồ vũ trụ điểm 14,4 tỷ năm, tức là 600 triệu năm trước, những cơ thể đa bào đầu tiên, như loài sứa, đã xuất hiện. Thêm 100 triệu năm nữa, những con sò và những con thân giáp đầu tiên ra đời. Rồi sau 100 triệu năm nữa, đến lượt loài cá. Vào cùng thời gian, tức là khoảng 450 triệu năm trước, Trái đất đã phủ đầy cây cối và rừng. Các loài thực vật đã có những ảnh hưởng

sâu sắc đến bầu khí quyển của Trái đất. Chúng hấp thụ nước từ đất qua rễ và khí carbon của không khí qua lá. Dùng năng lượng Mặt trời, chúng chuyển đổi các chất đó thành đường và thải ra oxygen: đó là quá trình quang hợp. Các nguyên tử oxygen bay lên khí quyển. Một số kết hợp thành bộ ba để tạo ra ozone. Lúc này hình thành tầng ozone có tác dụng lọc đi các bức xạ tử ngoại của Mặt trời và bảo vệ cho chúng ta không bị ung thư da. Trái đất là hành tinh duy nhất của hệ Mặt trời có oxygen tự do trong bầu khí quyển của nó. Và cũng chính tầng ozone này, không may, giờ đây lại trở thành một vấn đề thời sự: con người do làm ô nhiễm cái tổ sinh thái của mình bởi khói các nhà máy và xe hơi đã làm thủng một lỗ lớn trên tầng ozone và cái lỗ này ngày một to thêm.

Được bầu khí quyển bảo vệ trước những tác dụng có hại của Mặt trời, giờ đây tất cả đã sẵn sàng cho sự sống bước ra khỏi nước và tràn lên mặt đất. Ba trăm triệu năm trước, chim và động vật bò sát (như rắn, thằn lằn, rùa) đã xuất hiện. Tiếp thêm 75 triệu năm nữa, đến lượt các con khủng long ra đời. Chúng ngự trị Trái đất trong suốt gần 160 triệu năm. Trong thời gian đó, khoảng 230 triệu năm trước, tầng vỏ lục địa bị vỡ ra và các lục địa bắt đầu tách rời nhau. Rồi đột ngột, khoảng 65 triệu năm trước, các con khủng long biến mất. Một số người cho rằng vào thời kỳ đó một tiểu hành tinh có đường kính hàng chục km đã tới đâm vào Trái đất. Cú va đập đó đã tạo ra một hố hình phỏng rất lớn (ta không còn thấy nữa vì nó đã bị xóa do những chuyển động của vỏ Trái đất) và hất lên không trung một lượng bụi khổng lồ. Tới mức bụi tạo thành một tấm màn che hoàn toàn không trong suốt, ngăn không cho ánh sáng Mặt trời tới được Trái đất. Cây cối do không thể thực hiện được quá trình quang hợp đã chết hết. Trái đất lạnh đi và bắt đầu một mùa đông kéo dài. Các

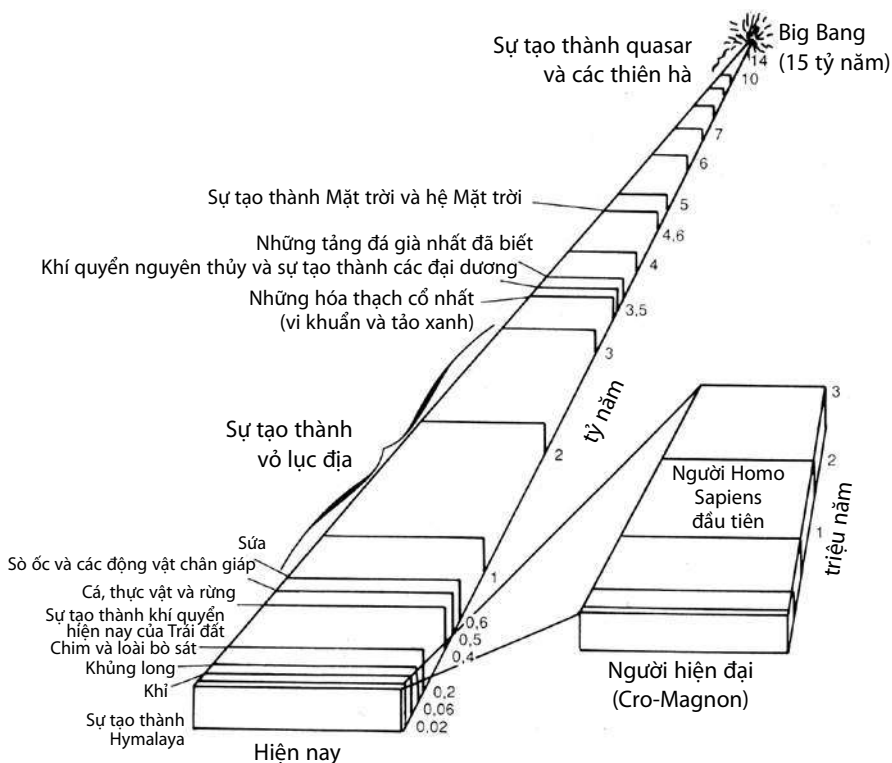
con khủng long (và các loài khác ăn thực vật) đều không thể chống cự lại được lạnh và đói. Chúng đều bị loại bỏ. Nhưng lý thuyết này không được đồng đảo chấp nhận và cái chết đau đớn của các con khủng long vẫn còn là một điều bí ẩn. Dầu thế nào đi nữa, thì bất hạnh của kẻ này đã mang lại hạnh phúc cho kẻ khác. Những động vật có vú đã xuất hiện lần đầu tiên vào khoảng 100 triệu năm trước và cuối cùng đã có thể yên tâm tiến hóa và hoàn toàn tự do trên các đồng cỏ xanh tươi (mọi chuyện đã trở lại trật tự sau khi các lớp bụi đã rơi xuống đất và ánh sáng Mặt trời lại có thể sưởi ấm hành tinh chúng ta). Khoảng 20 triệu năm trước loài khỉ xuất hiện. Đó cũng là thời điểm mà tầng vỏ lục địa của Ấn Độ va chạm với tầng vỏ của châu Á và làm dựng lên dãy Himalaya. Và con người có trí tuệ (*Homo sapiens*) chỉ mới ra đời vào khoảng 2 triệu năm trước.

Sự thăng tiến lâu dài trên con đường phức tạp hóa, bắt đầu từ 15 tỷ năm trước, cuối cùng đã tới được con người (xem H.50). Bắt đầu từ chân không, rồi món súp ban đầu của các hạt sơ cấp, vũ trụ đã biết tạo dựng nên con người gồm tới 30 tỷ tỷ tỷ (3×10^{28}) hạt, có khả năng sinh sản và sinh sôi. Vào giai đoạn cuối cùng, sự tiến hóa của vũ trụ tăng tốc một cách đáng kể. Con người chỉ là một chớp mắt trong lịch sử của vũ trụ. Nếu toàn bộ lịch sử này được quy về chỉ một ngày, thì mãi tới 5 giờ chiều Mặt trời và Trái đất mới xuất hiện. Cái căn bản của sự thăng tiến tới con người chỉ được làm vào giờ cuối cùng. Con súa bước ra sân khấu lúc 23h2', cá xuất hiện lúc 23h22', chim và bò sát lúc 23h41'. Những con khủng long đi qua lúc 23h45' và rời sân khấu 9 phút sau. Khỉ xuất hiện lúc 23h58' và con người bước ra chỉ trước nửa đêm có 11,5 giây. Còn con người văn minh và công nghệ của bốn ngàn năm trở lại đây chỉ chiếm vài phần trăm cuối cùng của giây trong ngày, chừng một chớp sáng của



Hình 50a

Hình 50. Lịch sử của vũ trụ. Hình 50a mô tả chi tiết tỷ năm đầu tiên của vũ trụ và sự lạnh dần đi của nó. Dùng các kiến thức mới nhất về vật lý các hạt sơ cấp, các nhà vật lý thiên văn đã có thể phác thảo một lịch sử của vũ trụ cho tới tận 10^{-41} giây sau Big Bang. Những kiến thức vật lý đã biết không thể ngoại suy tới trước giới hạn đó, vì khi đó cần phải có một lý thuyết lượng tử của hấp dẫn. Có thể là ở 10^{-41} giây bốn lực cơ bản của tự nhiên (lực điện từ, lực hấp dẫn, lực hạt nhân mạnh và yếu) hợp nhất thành một lực duy nhất. Theo sự trôi của thời gian, vũ trụ giãn nở và lạnh đi. Pha lạm phát, tức là thời kỳ trong đó vũ trụ nở to ra theo hàm mũ, bắt đầu từ 10^{-35} giây và kết thúc ở 10^{-32} giây. Trong suốt thời gian đó, khi mà lực mạnh và lực điện yếu tách riêng ra, vũ trụ là đồng nhất và hình học của nó là phẳng, đồng thời những hạt giống của những thiên hà sau này đã được gieo và các hạt quark, electron và neutrino cùng với những phản hạt của chúng đã xuất hiện từ chân không. Tự nhiên có một chút ưu ái đối với các quark hơn là các phản-quark (cỡ một phần tỷ) và điều này dẫn đến hậu quả là vũ trụ tương lai được tạo bởi vật chất chứ không phải phản-vật chất, đồng thời cứ một tỷ photon thì có một hạt vật chất.



Hình 50b

Ở 10^{-32} giây, lực yếu và lực điện từ tách khỏi nhau. Từ đây có bốn lực hiện diện trong vũ trụ. Món súp các quark, electron, neutrino, photon và các phản-hạt của chúng tồn tại cho tới tận 10^{-6} giây, tại đây xảy ra sự hủy phần lớn các proton và neutron (những hạt đã được tạo ra bởi các quark) với các phản-hạt của chúng. Vũ trụ bây giờ chứa đầy các photon, neutrino và một số ít các proton, neutron (cỡ 1 tỷ lần nhỏ hơn số photon) và các electron. Trong khoảng lân cận ba phút, sự tổng hợp hạt nhân nguyên thủy của các hạt nhân hydrogen và helium kết thúc. Sau đó không có gì quan trọng xảy ra cho tới tận năm 300.000. Khi vũ trụ đã khá lạnh để cho phép các electron kết hợp với các hạt nhân để tạo thành các nguyên tử hydrogen và helium. Quá trình này kèm theo sự phát bức xạ hóa thạch mà hiện nay chúng ta quan sát được ở nhiệt độ 3°K. Các electron kết hợp với các hạt nhân không còn cản trở các photon truyền đi nữa. Vũ trụ trở nên trong suốt (cũng xem H.28). Tại lân cận một tỷ năm, những quasar và các phôi thiên hà đầu tiên được hình thành.

Hình 50b trình bày chi tiết các sự kiện quan trọng diễn ra trong 14 tỷ năm cuối cùng: sự hình thành Mặt trời, và hệ thống các hành tinh của nó. 4,6 tỷ năm trước, hình thành bầu khí quyển và các lục địa của Trái đất. 500 triệu năm trước, xuất hiện sự sống trên Trái đất và sự tiến hóa của các loài cho tới xuất hiện *Homo sapiens* đầu tiên vào khoảng 2 triệu năm trước.

đèn flash. Liệu con người có đủ khôn ngoan để tránh được cuộc tự sát hạt nhân và sinh thái đồng thời duy trì được sự sống trên hành tinh tươi đẹp của mình để đi cùng với vũ trụ tiếp tục quá trình tiến hóa dù là chỉ trong vài tỷ năm tới? Sự sống chắc là sẽ không ngừng thăng tiến trên con đường phức tạp hóa. Liệu nó sẽ còn dành cho chúng ta những điều bất ngờ nào nữa không?

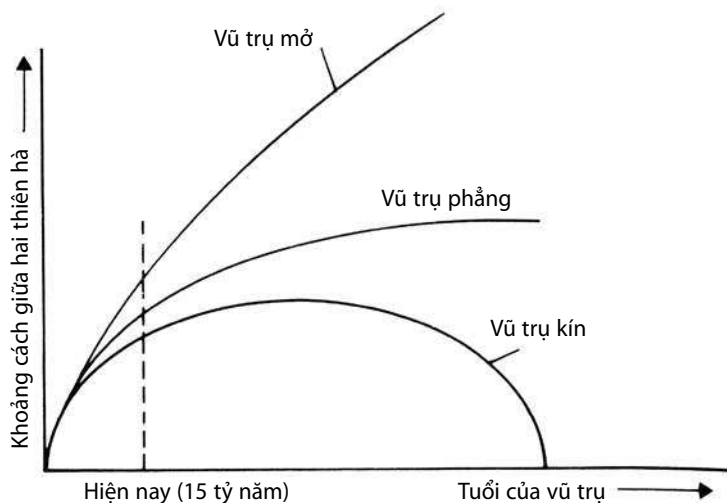


Vật chất tối và tương lai của vũ trụ

Ba tham số cho vũ trụ

Chúng ta đã dành khá nhiều thời gian để xem xét quá khứ của vũ trụ. Chúng ta cũng đã chia sẻ những biến cố bất ngờ của nó, đã từng lo lắng khi nó đi vào ngõ cụt helium rồi thở phào nhẹ nhõm khi nó sáng chế ra các ngôi sao. Chúng ta đã vỗ tay vui mừng khi vũ trụ làm màu mỡ không gian bởi các sao siêu mới và sự ra đời của Mặt trời cùng với hệ thống các hành tinh của nó. Rồi chúng ta khám phục sự phát triển không gì cưỡng nổi của sự sống trên Trái đất, dẫn tới sự ra đời của chúng ta. Say mê với cuốn sách lịch sử của vũ trụ, chúng ta cũng lại muốn biết những gì sẽ diễn ra sau đó. Nghĩa là chúng ta tò mò muốn biết tương lai của vũ trụ. Liệu nó có giãn nở mãi mãi và trở nên vô hạn (tức là mở) không? Hay một ngày nào đó nó sẽ dừng giãn nở và tự co lại (tức là vũ trụ kín)? (H.51)

Tương lai này không thể đọc trên các lá bài hay trong cái hình cầu pha lê của các nhà chiêm tinh, mà nó chứa đựng trong ba con số gọi



Hình 51. *Tương lai của vũ trụ.* Lực hấp dẫn tác dụng bởi vật chất (thấy được và không thấy được) làm chậm quá trình giãn nở của vũ trụ. Nhưng vì chúng ta chưa biết cách đo chính xác toàn bộ lượng vật chất, nên cũng chưa biết được số phận tối hậu của vũ trụ. Nếu mật độ vật chất nhỏ hơn mật độ tới hạn ứng với ba nguyên tử hydrogen trong 1m^3 , thì lực hấp dẫn không thể làm dừng quá trình giãn nở và sự giãn nở sẽ là "mở". Những quan sát hiện nay dường như thiên về loại vũ trụ này. Nếu mật độ của vũ trụ đúng bằng mật độ tới hạn, thì vũ trụ sẽ chỉ ngừng giãn nở sau một khoảng thời gian vô hạn. Vũ trụ mà chúng ta gọi là phẳng này (xem H.23) sẽ có một số phận giống như là vũ trụ mở. Nếu mật độ của vũ trụ lớn hơn mật độ tới hạn, thì vũ trụ sau khi đạt tới kích thước cực đại sẽ tự co lại. Trong vũ trụ mà ta gọi là "kín" này, các thiên hà sẽ ngày càng xích lại gần nhau và sẽ phân rã thành các hạt ánh sáng và vật chất ở một nhiệt độ và mật độ cực cao. Liệu rồi vũ trụ có lại tái sinh từ đồng tro tàn của nó hay không? (xem H.56).

là các tham số vũ trụ, nếu như người ta tin nhà toán học người Nga Alexandre Friedmann. Năm 1922 Friedmann đã xây dựng một mô hình toán học dựa trên thuyết tương đối rộng được Einstein công bố 1915. Mô hình này vừa có ưu điểm là rất đơn giản vừa mô tả tốt vũ trụ quan sát được. Tham số đầu tiên liên quan tới tuổi của vũ trụ (và thường được gọi là tham số Hubble). Nó cho chúng ta biết

nhịp độ của các sự kiện, độ nhanh chậm kế tiếp nhau của chúng và thời gian phát triển của mỗi sự vật. Sự tiến hóa của vũ trụ diễn ra với một tốc độ chóng mặt, giống như các bộ phim cũ quay nhanh thời Charlot hay là tiến những bước chậm như rùa? Chúng ta biết rằng sự tiến hóa của vũ trụ diễn ra trong khoảng 10 đến 20 tỷ năm. Nếu vũ trụ khước từ không cho chúng ta biết tuổi chính xác của nó, thì đó là bởi vì chúng ta còn chưa biết đo một cách chính xác chiều sâu của vũ trụ.

Tham số thứ hai mô tả sự giảm tốc của vũ trụ đối với quá trình giãn nở của nó (người ta gọi nó là tham số giảm tốc). Toàn bộ thiên hà đều chịu ảnh hưởng hấp dẫn của tổng khối lượng (cả thấy được lẫn không thấy được) chứa trong vũ trụ. Thiên hà bị hãm lại trong chuyển động giãn nở: nó giảm tốc.

Tham số thứ ba có liên quan đến tham số thứ hai. Nhưng thay vì mô tả sự giãn nở chậm lại của vũ trụ, nó tấn công vào chính nguyên nhân đã gây ra sự giảm tốc đó. Nó đặc trưng cho khối lượng hay chính xác hơn là mật độ (khối lượng chia cho thể tích) của vũ trụ (do đó người ta gọi nó là tham số mật độ). Nếu vũ trụ chứa ít hơn ba nguyên tử trong 1m^3 , sự giãn nở sẽ không thể dừng lại. Trái lại, chỉ cần có hơn ba nguyên tử trong 1m^3 là tất cả sẽ đảo lộn: vũ trụ sẽ phải chịu số phận tự co lại trong tương lai. Mật độ tới hạn quyết định số phận của vũ trụ là một con số cực kỳ nhỏ, nếu ta nhớ rằng trong một gram nước có chứa tới 1 triệu tỷ tỷ (10^{24}) nguyên tử hydrogen. Về trung bình vũ trụ là cực kỳ trống rỗng.

Người ta đã bỏ ra không biết bao nhiêu công sức để quan sát trong hơn năm chục năm trở lại đây nhằm đo được những tham số vũ trụ này. Những công sức đó không phải là vô ích. Bởi vì những tham số này không chỉ cho chúng ta biết số phận của vũ trụ mà

còn mở ra cho chúng ta những cánh cửa vào lịch sử của nó (như chúng ta đã thấy trong câu chuyện về sự hình thành các cấu trúc). Tuy nhiên, mặc dù những nỗ lực phi thường đó và đã có những tiến bộ nhất định, nhưng các tham số vũ trụ vẫn còn chưa được xác định với độ chính xác cần thiết. Cũng như tất cả những cái có đặc tính cơ bản, bí mật không dễ gì đột phá được. Con nhân sư vũ trụ không phải bao giờ cũng trả lời.

Giờ đây chúng ta hãy chiêm ngưỡng kỹ lưỡng hơn những nỗ lực không mệt mỏi của các nhà thiên văn và kho báu những phát minh và trí tưởng tượng đã được họ tung ra. Sau khi đã theo dõi cuộc đấu tranh khốc liệt nhằm buộc vũ trụ phải thú nhận tuổi thực của mình, giờ đây chúng ta sẽ xem xét các phương tiện đã được triển khai để buộc nó phải tiết lộ chuyển động chậm lại của mình.

Độ giảm tốc của vũ trụ

Nếu muốn đo độ giảm tốc của chiếc xe của bạn, bạn chỉ cần biết vận tốc của nó ở hai thời điểm khác nhau, thời điểm mà bạn bắt đầu đạp phanh và thời điểm chiếc xe dừng lại. Nếu ban đầu nó đang chạy với vận tốc 100km/h (hay 27,8m/s) và nếu bạn cần 2 giây để phanh xe lại hoàn toàn, tức là để đạt tới vận tốc bằng 0, thì độ giảm tốc, tức là độ giảm tốc độ trong một đơn vị thời gian (ở đây là 1 giây) sẽ là $(27,8 - 0) \text{ m/s}$ chia cho 2 giây và bằng $13,9 \text{ m/s}^2$. Về nguyên tắc, người ta cũng có thể đo độ giảm tốc của vũ trụ theo cách đó. Chỉ cần đo vận tốc của một thiên hà nào đó (bằng cách dùng hiệu ứng Doppler) ở hai thời điểm khác nhau, từ đó suy ra hiệu vận tốc, rồi chia nó cho khoảng thời gian giữa thời điểm đó là bạn nhận được độ giảm tốc của vũ trụ. Nhưng trên thực tế, những phép đo này không thể áp dụng được. Sự chuyển động chậm lại của các thiên hà

do sự giảm tốc của vũ trụ là vô cùng nhỏ không thể ghi nhận được trong 100 năm của tuổi thọ con người hoặc ngay cả trong 2 triệu năm của loài người. Cần phải đợi hàng tỷ năm mà điều đó không nằm trong khả năng của chúng ta.

May thay, tự nhiên hào phóng lại tới cứu giúp chúng ta. Nó cho chúng ta một phương tiện quý giá để khám phá những bí mật của vũ trụ. Vì nó không cho phép chúng ta đợi thời gian trôi đi, nên nó thu xếp để chúng ta có thể dạo chơi trong quá khứ. Ánh sáng mang thông tin cho phép chúng ta phiêu du ngược theo dòng thời gian bởi vì sự truyền của nó không phải là tức thời. Mặc dù ánh sáng có vận tốc lớn nhất trong vũ trụ, nó cũng chỉ có thể truyền được 300.000km trong một giây và phải mất một khoảng thời gian nhất định mới tới được chúng ta. Nghĩa là chúng ta quan sát vũ trụ luôn luôn với một độ trễ nhất định. Bằng cách bắt ánh sáng của các thiên hà ngày càng xa hơn, chúng ta có thể ngược dòng thời gian trở về quá khứ của vũ trụ: các kính thiên văn đích thực là những cái máy thời gian đưa ta trở về quá khứ. Như vậy, để đo độ giảm tốc của vũ trụ, về nguyên tắc, chỉ cần đo vận tốc của hai thiên hà ở hai khoảng cách khác nhau. Điều này tương đương với việc đo vận tốc giãn nở của vũ trụ ở hai thời điểm khác nhau, và do đó ta có thể nhận được độ giảm tốc của vũ trụ.

Vấn đề về độ sâu của vũ trụ lại một lần nữa gây trở ngại trên con đường của chúng ta. Để biết độ giảm tốc của vũ trụ chúng ta đồng thời phải biết tuổi của các thiên hà và vận tốc của chúng. Mà để biết tuổi, chúng ta lại phải biết khoảng cách của chúng. Ban đêm, chúng ta dùng độ sáng biểu kiến của đèn pha ô tô (mà ta đã biết độ sáng thực của nó) để xác định khoảng cách giữa mình và chiếc ô tô đó. Cũng tương tự như vậy, như chúng ta đã thấy, nhà thiên văn cần

phải dựa vào các ngọn hải đăng vũ trụ mà anh ta đã biết rõ độ sáng thực của nó để nhận được chiều thứ ba của vũ trụ. Trong số vô vàn thiên thể tồn tại trong vũ trụ, các thiên hà ellipse khổng lồ ở tâm của các đám thiên hà dường như được thiết kế để đóng vai trò những ngọn hải đăng đó. Chúng cực kỳ sáng; do chúng sáng gấp tới 5 lần các thiên hà có kích thước bình thường, nên người ta có thể nhìn thấy chúng ở những khoảng cách rất xa. Trong chuyến phiêu du của chúng ta về quá khứ, những thiên hà ellipse cho phép chúng ta lần ngược theo thời gian ít nhất cũng tới tận một nửa số tuổi của vũ trụ. Mặt khác, độ sáng thực của các thiên hà này chúng ta đã biết rõ và nó chỉ thay đổi rất ít từ thiên hà này sang thiên hà khác, chỉ ít là đối với các thiên hà ellipse khổng lồ ở gần (sự sai khác là dưới 40%). Sự gần như không đổi về độ sáng thực này là một tính chất cực kỳ cần bản của một ngọn hải đăng: người thủy thủ cần phải biết một cách chắc chắn rằng nếu ánh sáng của ngọn hải đăng là mờ thì có nghĩa là con tàu của anh ta đang ở xa bờ. Khả năng anh ta thực sự ở gần những khối đá ngầm ở ven bờ, có nguy cơ đâm thủng con tàu, mà độ sáng của ngọn hải đăng lại yếu do độ sáng thực của nó suy giảm là điều không được phép tồn tại. Cũng như vậy, để thử khám phá những bí mật của sự giảm tốc của vũ trụ, nhà thiên văn đo độ sáng biểu kiến (kết hợp nó với độ sáng thực sẽ biết được khoảng cách và do đó biết được tuổi) và độ dịch chuyển về phía đỏ (cho viết vận tốc theo hiệu ứng Doppler) của hàng trăm thiên hà (trên thực tế đo được càng nhiều thiên hà càng tốt để bù trừ những biến thiên nhỏ của độ sáng giữa các thiên hà và những sai số của các phép đo riêng biệt). Để thực hiện được nhiệm vụ đó, nhà thiên văn đã phải tận dụng hết khả năng có thể của các kính thiên văn và các detector điện tử. Anh ta săn bắt những thiên hà xa nhất, xa tới mức độ sáng của cả một thiên hà chỉ thu về còn vài hạt ánh sáng (photon). Nhà

thiên văn cố gắng lần ngược lại quá khứ càng xa càng tốt: hiệu vận tốc giãn nở của vũ trụ sẽ càng lớn và do đó càng dễ đo hơn vì hiệu thời gian lớn. Còn đối với chúng ta, chúng ta chỉ còn biết xoa tay mãn nguyện: cuối cùng rồi ta cũng đã biết được tham số giảm tốc. Vũ trụ rốt cuộc đã phải tiết lộ số phận tối hậu của nó.

Những thiên hà ellipse khổng lồ không phải là những ngọn hải đăng tin cậy

Thành công chỉ có thể nếu như độ sáng thực của các thiên hà ellipse không thay đổi theo thời gian và trong không gian. Nhưng, giờ đây người ta lại biết rằng các thiên hà này có độ sáng thay đổi do hai nguyên nhân. Trước hết, độ sáng của chúng thay đổi là do sự tiến hóa của các sao. Các thiên hà tạo thành từ các sao mà các sao thì sinh ra, sống hết cuộc đời của mình rồi chết, do đó độ sáng của chúng thay đổi. Độ sáng của thiên hà là độ sáng tích hợp của tất cả các sao chứa trong nó nên do vậy cũng sẽ phải thay đổi theo thời gian. Cứ 1 tỷ năm nó lại giảm vài phần trăm. Các thiên hà xa được quan sát vào lúc chúng đang ở tuổi thanh niên sôi nổi nên độ sáng thực của nó lớn hơn những thiên hà gần được quan sát vào lúc đã đứng tuổi, điềm đạm hơn. Nếu sự thay đổi độ sáng do quá trình tiến hóa này của các sao không được tính đến, thì khoảng cách tới những thiên hà ở xa sẽ được đánh giá thấp đi (vì bạn nghĩ rằng nó sáng hơn do ở gần hơn) và độ giảm tốc của vũ trụ do đó sẽ được đánh giá cao lên (vì các thiên hà xa ở sát các thiên hà gần hơn, do đó độ giảm tốc lớn hơn). Sự suy yếu về độ sáng khoảng vài phần trăm trong một tỷ năm thoạt nhìn có thể tưởng là rất nhỏ, không đáng kể. Nhưng sai số do nó đưa vào trong việc xác định độ giảm tốc của vũ trụ lại lớn tới mức chúng ta không thể phân biệt được vũ

trụ là mở và giãn nở vĩnh viễn hay là đóng và trong tương lai sẽ tự co lại. Mà sự phân biệt này lại là mục tiêu tối thượng của chúng ta.

Chúng ta đã thất bại vì các thiên hà ellipse khổng lồ không phải là những phương tiện tốt để xác định khoảng cách do độ sáng của chúng thay đổi theo thời gian. Bạn có thể nói, chuyện đó chẳng hề gì! Vì chúng ta đã biết nguyên nhân của sự thay đổi độ sáng đó, nên chỉ cần tính và hiệu chỉnh lại độ sáng của các thiên hà ellipse khổng lồ là ta có thể phục hồi địa vị làm ngọn hải đăng của chúng. Khốn thay, nói thì dễ mà làm thì khó. Để tính được sự tiến hóa của các thiên hà do sự tiến hóa của các sao, chúng ta cần phải biết tốc độ tạo thành của các sao trong các thiên hà như một hàm số của thời gian và phân bố khối lượng của chúng, hai đại lượng mà hiện nay chúng ta còn rất mù mờ. Vấn đề về sự hình thành các sao sẽ vẫn còn là một trong số những vấn đề cơ bản trong vật lý thiên văn, chừng nào mà vấn đề đó chưa được giải quyết thì sự tiến hóa của các thiên hà chưa thể tính được với độ chính xác cần thiết.

Những bữa tiệc của các thiên hà

Một nguyên nhân nữa của sự tiến hóa trong các thiên hà ellipse khổng lồ là do thói tham ăn của chúng tới mức ăn thịt cả những đồng loại nhỏ hơn. Chúng ta đã thấy rằng trong vùng trung tâm rất dày đặc của các đám thiên hà, các thiên hà tương tác hấp dẫn với nhau. Sự tương tác này sẽ làm chậm chuyển động của các thiên hà nhỏ và làm cho chúng rơi theo đường xoắn ốc vào thiên hà ellipse khổng lồ ở tâm của đám thiên hà đó và cuối cùng bị thiên hà ấy nuốt chửng. “Sự ăn thịt đồng loại” này làm cho thiên hà lớn nhất cứ to dần lên và do đó cũng ngày càng trở nên sáng hơn.

Hậu quả cuối cùng của sự tiến hóa gọi là “động” này sẽ là đảo ngược với hậu quả do sự tiến hóa của các sao gây ra. Các thiên hà ellipse khổng lồ ở gần do được quan sát khi đã đứng tuổi nên được bổ sung độ sáng thực nhiều hơn so với các thiên hà xa được quan sát trong lúc còn đang độ tuổi thanh niên: chúng chưa có nhiều thời gian để ăn thịt đồng loại và do đó chưa tích được nhiều thức ăn. Lại một lần nữa độ sáng lại tăng cỡ vài phần trăm sau mỗi tỷ năm và điều này đủ để làm nhiễu loạn hoàn toàn mọi nỗ lực của chúng ta nhằm xác định sự giảm tốc của vũ trụ. Và một lần nữa, sự thiếu hiểu biết của chúng ta về quá trình ăn thịt đồng loại này tới mức chúng ta không tính được nó với độ chính xác cần thiết.

Nói tóm lại, việc xác định tham số giảm tốc trong một tương lai gần sẽ còn rất nhiều trắc trở. Những hiệu ứng của sự tiến hóa đã bịt mắt chúng ta, ngăn cản không cho chúng ta phân biệt được giữa vũ trụ mở và vũ trụ kín. Liệu chúng ta có thể dùng các ngọn hải đăng vũ trụ khác thay cho các thiên hà ellipse khổng lồ để thoát ra khỏi ngõ cụt này không? Khi phát hiện ra các quasar vào năm 1963, người ta đã hy vọng rất nhiều ở chúng. Đây là những ngọn đèn pha lý tưởng vì chúng cực kỳ sáng, thậm chí cả khi nằm mãi tận ở biên của vũ trụ. Nhưng rồi chúng ta lại phải nhanh chóng thất vọng. Từ quasar này sang quasar khác, độ sáng thay đổi tới cả ngàn lần và vì vậy không thể dùng chúng như các ngọn hải đăng vũ trụ được. Những ứng viên khác cũng đã được đề xuất, nhưng xét đến cùng, vấn đề cơ bản và còn ít hiểu biết về sự tiến hóa của các thiên hà vẫn là một rào chắn mà chúng ta chưa thể vượt qua. Kính thiên văn không gian (xem H.12) liệu có giải tỏa được tình hình này không? Sau khi tạt cận thị của nó đã được sửa chữa, kính Hubble đã có thể quan sát được xa hơn và bắt được nhiều thiên hà

ở tuổi còn ít hơn nhiều và mới ở giai đoạn đầu của quá trình tiến hóa. Đem so những quan sát này với những quan sát các thiên hà ở gần đã tiến hóa khá xa, sẽ cho phép chúng ta tinh lọc được các hiệu chỉnh cho sự tiến hóa. Có thể chỉ khi đó vũ trụ mới chịu tiết lộ với chúng ta tốc độ chậm lại của nó.

Khối lượng không nhìn thấy của vũ trụ

Trong khi chờ đợi, ta có cần phải từ bỏ mọi hy vọng biết được số phận tối hậu của vũ trụ hay không? Hoàn toàn không, bởi vì tham số thứ ba, tức mật độ vật chất trong vũ trụ, cũng có thể giúp ta trả lời được câu hỏi này. Độ giảm tốc của vũ trụ phụ thuộc vào lượng vật chất chứa trong đó. Như vậy, bằng cách kiểm kê tổng lượng vật chất có trong vũ trụ, chúng ta sẽ có một phương tiện khác để biết được tương lai của nó.

Chúng ta hãy quay trở lại Pasadena, California năm 1933. Trong phòng làm việc tại Viện Công nghệ California, nhà thiên văn người Thụy Sĩ tên là Fritz Zwicky đang kiểm tra đi kiểm tra lại những tính toán của mình. Ông vừa mới hoàn thành một loạt các quan sát về chuyển động của các thiên hà trong đám thiên hà Vierge nhằm xác định khối lượng toàn phần của đám thiên hà này. Ông đã tính hết những sai số có thể đã phạm phải: các sai số liên quan với quan sát hoặc do thiếu dữ liệu, những giả thuyết quá đơn giản hóa, v.v... Nhưng cũng chẳng làm được gì hơn. Ông buộc phải chấp nhận điều đã quan sát được: đó là khối lượng toàn phần của đám thiên hà lớn hơn rất nhiều tổng khối lượng của các thiên hà riêng lẻ.

Đây là lần đầu tiên quan sát nêu ra sự tồn tại của một lượng rất lớn vật chất không nhìn thấy được. Năm mươi lăm năm sau, vấn đề về vật chất không nhìn thấy (hay còn gọi là vật chất tối - ND)

vẫn còn ám ảnh lương tri các nhà vật lý thiên văn. Rất nhiều quan sát được tích lũy từ đó chỉ làm tăng thêm sự có lý cho kết luận của Zwicky. Khối lượng không nhìn thấy được dường như có mặt khắp nơi. Chúng xâm lấn tất cả những cấu trúc đã biết của vũ trụ, từ những thiên hà lùn gầy còm cho đến các siêu đám thiên hà khổng lồ nhất. Thậm chí cả những nhà vật lý hạt sơ cấp gần đây cũng xông vào vấn đề này. Họ cao giọng tuyên bố một cách mạnh mẽ về sự có mặt của một lượng lớn vật chất không nhìn thấy được. Vật chất tối đã trở thành đứa con cưng của họ. Bằng cách che giấu nó dưới những tấm màn không nhìn thấy, họ hy vọng sẽ mang lại một sự kính trọng cho tất cả những hạt ngoại lai và nặng, mà theo họ, chúng đã được sinh ra trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ và cho đến nay vẫn chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng quá ư phóng túng của họ.

Với rất nhiều day dứt, nhưng nhà thiên văn cũng buộc phải chấp nhận ý tưởng rằng mình sống trong một vũ trụ giống như một tảng băng chìm, với hầu hết khối lượng của nó không thể trực tiếp truy xét được bằng những dụng cụ của mình. Nhưng có một sự khác nhau căn bản giữa một tảng băng chìm và vũ trụ: chúng ta biết khối lượng phần chìm của tảng băng được làm bằng gì trong khi đó bản chất của khối lượng không nhìn thấy thì vẫn còn là một thách thức to lớn đối với trí tuệ con người. Trong bảng liệt kê của chúng ta về lượng vật chất có chứa trong vũ trụ, chúng ta phải hết sức chú ý đưa vào cả vật chất thấy được cũng như không thấy được.

Làm thế nào cân được vũ trụ?

Vậy làm thế nào đo cái không thấy được? Thoạt nhìn, đây là một nhiệm vụ dường như bất khả thi. May thay, Newton đã có mặt và cho chúng ta biết rằng, lời giải đơn giản hơn chúng ta tưởng: khi

mà vật chất cần nghiên cứu được phân thành nhiều vật thể riêng rẽ, chẳng hạn như các sao hay các thiên hà, thì lực vạn vật hấp dẫn vô cùng thân thiết của ông sẽ là người dẫn dắt vũ điệu. Để nhận được khối lượng toàn phần của một tập hợp các sao hoặc thiên hà liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn, thì chỉ cần nghiên cứu chuyển động (mà người ta có thể đo được nhờ hiệu ứng Doppler) của các sao hay các thiên hà riêng rẽ. (Giả sử rằng tập hợp này ở trạng thái cân bằng, không giãn nở cũng không co lại). Những vận tốc cao khi đó sẽ là dấu hiệu của khối lượng lớn. Chúng cần phải cao để cân bằng lại với lực hút hấp dẫn mạnh của khối lượng lớn đó. Trái lại, những vận tốc nhỏ cho biết sự có mặt của một khối lượng nhỏ.

Một điểm căn bản là, những chuyển động này đo *toàn bộ* vật chất hiện có, bất kể sáng hay tối, thấy được hay không thấy được. Để minh họa, ta hãy quay về hệ Mặt trời, trong đó các hành tinh chuyển động ngoạn mục trong trường hấp dẫn của Mặt trời. Hãy thử hình dung có một bàn tay khổng lồ bóp Mặt trời tới bán kính không thể quay lui và nó trở thành một lỗ đen. Các hành tinh bây giờ vẫn tiếp tục quay quanh lỗ đen đó như không hề có chuyện gì xảy ra. Hậu quả thảm hại duy nhất, đó là do thiếu năng lượng, sự sống trên Trái đất sẽ tắt. Bây giờ chúng ta hãy tưởng tượng có những người ngoài Trái đất tới thăm hệ Mặt trời của chúng ta. Khi quan sát chuyển động của các hành tinh, họ sẽ không khó khăn gì suy ra rằng, chỗ mà Mặt trời của chúng ta ở bây giờ là một vật không nhìn thấy được có khối lượng đúng bằng khối lượng của Mặt trời. Cũng theo tinh thần của những ý tưởng đó mà nhà thiên văn người Pháp Le Verrier và nhà thiên văn người Anh John Adams vào năm 1846 đã phát hiện ra Hải Vương tinh khi xem xét những nhiễu động gây bởi một khối lượng chưa biết tác dụng lên chuyển động của hành tinh này. Một nghiên cứu rất chi tiết về quỹ đạo của các con tàu

thăm dò của Mỹ mang tên Surveyor quay xung quanh Mặt trăng cho thấy Mặt trăng không phải là đồng nhất mà có sự phân bố mật độ khác nhau. Các chuyển động cũng tiết lộ cho nhà thiên văn thấy được “tấm bản đồ” về trường hấp dẫn. Nhờ Newton, giờ đây chúng ta đã có thể tiến hành cuộc tổng kiểm kê trong vũ trụ. Trước hết, chúng ta hãy tìm kiếm khối lượng không thấy được.

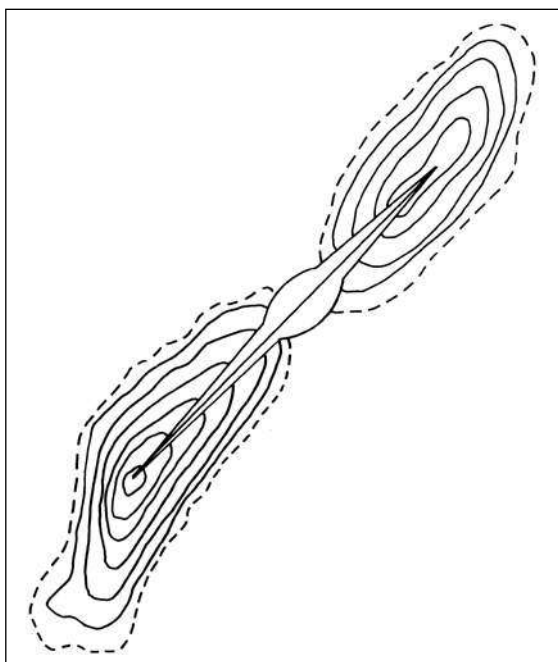
Nguyên lý vũ trụ học

Hiển nhiên là trên thực tế chúng ta không thể lập một danh sách về các thứ có trong *toàn* vũ trụ. Nhiều đời người cũng không đủ để làm việc đó. Chúng ta cần phải thừa nhận một nguyên lý đơn giản hóa, giúp ta thực hiện được nhiệm vụ ấy. Chính ở đây bóng ma Copernicus lại xuất hiện. Nó nhắc cho chúng ta nhớ rằng cả Trái đất, Mặt trời, lẫn các thiên hà, cụm thiên hà địa phương rồi cả siêu đám thiên hà địa phương nữa đều không phải là những chỗ được đặc ân hay đặc biệt gì. Chính những cấu trúc này được tái tạo thành hàng tỷ những cái tương tự trong khoảng bao la của vũ trụ. Cái xó xỉnh của chúng ta trong vũ trụ chẳng có gì là đặc biệt cả. Thế thì tại sao chúng ta lại không đánh cược rằng tất cả các xó xỉnh khác của vũ trụ cũng sẽ tương tự, rằng vũ trụ tương tự nhau ở mọi nơi (người ta nói rằng nó là đồng nhất) và theo mọi hướng (nó là đẳng hướng)? Các nhà vũ trụ học đã chấp nhận sự đánh cược đó. “Nguyên lý vũ trụ học” cho rằng vũ trụ là đồng nhất và đẳng hướng, nó là một trong những tiền đề cơ bản của thuyết tương đối rộng của Einstein. Và nguyên lý này đã được khẳng định một cách ngoạn mục bởi những quan sát về bức xạ hóa thạch ở 3°K tràn ngập toàn vũ trụ. Nhiệt độ này không thay đổi quá 0,01% từ góc này đến góc khác của bầu trời. Thế là chúng ta đã có thể thở phào nhẹ nhõm. Bây giờ chỉ cần liệt

kê khối lượng và đo mật độ vật chất trung bình xung quanh chúng ta là đủ. Theo nguyên lý vũ trụ học thì mật độ trung bình của vật chất trong phần còn lại của vũ trụ cũng y chang như thế. Tuy nhiên, điều hết sức lưu ý là phải kiểm kê một thể tích đủ lớn để nó có thể đại diện được cho phần còn lại của vũ trụ, một thể tích ít nhất cũng phải bao gồm trong nó siêu đám thiên hà địa phương.

Có một cái gì đó tối xung quanh các thiên hà

Chúng ta hãy bắt đầu cuộc khám phá những cái không thấy được. Trước hết, ta hãy thám hiểm “ngôi vườn” của chúng ta, tức là vùng lân cận Mặt trời. Chúng ta hãy theo dõi chuyển động của các ngôi sao trong vùng bán kính 300 năm ánh sáng xung quanh Mặt trời. Như trên một sàn quay thiên hà khổng lồ, các ngôi sao này quay không một mỗi xung quanh tâm của Ngân hà. Phóng qua không gian với vận tốc 230km/s, Mặt trời quay hết một vòng trong 250 triệu năm. Hoàn toàn giống như những chú ngựa gỗ trên sàn quay, lúc nâng lên, lúc hạ xuống, các ngôi sao trong quá trình quay xung quanh tâm thiên hà cũng còn chuyển động lên và xuống theo phương vuông góc với đĩa thiên hà (với vận tốc tương ứng là 10km/s). Chuyển động lên-xuống này cho biết mật độ toàn phần của vật chất trong đĩa. Một mật độ cao sẽ được thể hiện bởi chuyển động nhanh trong khi đó chuyển động lờ lờ sẽ phản ánh một mật độ thấp. Rồi chúng ta cộng toàn bộ vật chất trong vùng lân cận Mặt trời mà kính thiên văn thấy được: các sao, các sao lùn trắng, khí hydrogen (nguyên tử và phân tử). Điều ngạc nhiên đầu tiên: mật độ vật chất thấy được chỉ bằng một nửa mật độ toàn phần. Như vậy, trong cái vườn nhỏ bé của chúng ta khối lượng không thấy được ngang bằng với khối lượng thấy được.



Hình 52. Đĩa khí của một thiên hà xoắn nhìn qua kính thiên văn vô tuyến. Đĩa khí hydrogen của một thiên hà xoắn, mặc dù không nhìn thấy được, nhưng lại phát ra các sóng vô tuyến. Với một kính thiên văn vô tuyến, ta có thể nhìn thấy nó trải trên một vùng có bán kính gấp 2 tới 3 lần bán kính của đĩa nhìn thấy được, tạo bởi các ngôi sao. Nghiên cứu chuyển động của khí hydrogen này cho phép ta kết luận về sự tồn tại một quầng lớn có khối lượng và không nhìn thấy được, có bản chất còn chưa rõ, và bao quanh phần thấy được của thiên hà xoắn (xem H.53).

Hãy tiếp tục cuộc thám hiểm của chúng ta. Do các hạt bụi giữa các vì sao trong mặt phẳng thiên hà hấp thụ ánh sáng thấy được, nên với các kính thiên văn quang học không thể nhìn xa hơn khu vườn của chúng ta (để nắm bắt được thế giới ngoài thiên hà, chúng ta phải chĩa các kính thiên văn quang học theo hướng vuông góc với mặt phẳng thiên hà, nơi mà sự hấp thụ của các hạt bụi giảm đi đáng kể). Trái lại, thiên hà lại là trong suốt đối với các sóng vô tuyến được phát bởi khí hydrogen ở dạng nguyên tử. Các sóng này có thể

truyền từ phần này sang phần kia của Ngân hà mà không bị hấp thụ. Hơn nữa, trong mặt phẳng của các thiên hà xoắn, khí hydrogen thường trải rộng ra xa hơn các sao tới 2 hoặc 3 lần, cách tâm thiên hà tới tận 100.000 năm ánh sáng (xem H.52). Chuyển động của các nguyên tử hydrogen sẽ cho phép chúng ta khảo sát được một vùng rộng hơn 300 lần vùng lân cận của Mặt trời. Thay vì khoanh vườn, bây giờ là cả một khu phố mở ra trước sự tò mò của chúng ta.

Các nguyên tử hydrogen, cũng như các ngôi sao, chuyển động cân bằng trên những quỹ đạo gần tròn xung quanh tâm thiên hà với tốc độ vài trăm kilometre trong một giây. Những chuyển động này chứa đựng trong chúng bí mật về sự phân bố khối lượng trong Ngân hà (hay trong toàn bộ một thiên hà xoắn khác). Khối lượng bên trong quỹ đạo của một nguyên tử hydrogen càng lớn sẽ tương ứng với chuyển động tròn của nguyên tử này càng nhanh và ngược lại. Như vậy, để lập được bản đồ khối lượng, chỉ cần nghiên cứu chuyển động quay của khí hydrogen như một hàm của khoảng cách tới tâm thiên hà (nói theo ngôn ngữ trong nghề thì việc đó được gọi là lập một “đường cong quay”).

Các nhà thiên văn vô tuyến đã hăng hái bắt tay vào việc. Và, lại một lần nữa, sự bất ngờ về kích cỡ lại chờ họ ở cuối con đường. Người ta thấy một điều rất lạ lùng là: vận tốc quay của các nguyên tử hydrogen luôn luôn không đổi. Dù ở bất cứ chỗ nào (trừ khi ở rất gần tâm thiên hà) các nguyên tử này cũng “kiên quyết” chỉ quay với cùng một vận tốc là 230km/s. Các nhà thiên văn hoàn toàn sững sốt về chuyện này. Họ vốn đã quen với ý tưởng rằng toàn bộ vật chất của thiên hà nằm trong đĩa phát sáng của nó. Nhưng, nếu quả thật như vậy, thì các nguyên tử hydrogen nằm ở ngoài đĩa nhìn thấy được phải chuyển động chậm hơn (vận tốc quay luôn luôn tỷ lệ nghịch với căn

bạc hai khoảng cách từ chúng đến tâm thiên hà). Chính thực tế các nguyên tử hydrogen không hề có một dấu hiệu nào tỏ ra kiệt sức, chuyển động chậm lại, đã ngụ ý sự hiện diện của một vật chất tối, không nhìn thấy nằm ở bên ngoài đĩa nhìn thấy được của thiên hà.

Trong trường hợp thiên hà của chúng ta, đĩa khí chỉ có bán kính khoảng 70.000 năm ánh sáng. Vậy thì làm thế nào có thể đi xa hơn trong cuộc khảo sát vật chất không nhìn thấy được này? Cần phải tìm những đối tượng ở xa hơn, nhưng luôn liên kết với thiên hà của chúng ta bởi lực hấp dẫn. Trong trường hợp này chúng ta phải dùng tới chuyển động của các đám sao cầu (chính là các đám sao đã trục xuất Mặt trời ra khỏi vị trí trung tâm của nó) và các thiên hà lùn (chẳng hạn như những đám mây Magellan), những vệ tinh quay quanh Ngân hà của chúng ta. Tổng khối lượng của vật chất khi đó có thể kiểm kê cho tới tận khoảng cách 200.000 năm ánh sáng tính từ tâm thiên hà. Những chuyển động này đều đã được phân tích kỹ lưỡng và lại rút ra kết luận đã nói ở trên: có một cái gì đó tối bao quanh thiên hà của chúng ta. Vậy khối lượng bí mật này nằm ở đâu? Liệu nó có được phân bố trong một thể tích hình cầu xung quanh thiên hà hay là nó bị nhốt trong một đĩa không nhìn thấy được nổi dài thêm cái đĩa mà chúng ta đã nhìn thấy? Nếu những chuyển động tiết lộ về sự có mặt của khối lượng không nhìn thấy, thì chúng lại không chỉ cho chúng ta biết sự phân bố của nó. Cần phải viện đến những lập luận gián tiếp ở cấp độ lý thuyết. Chúng ta đã biết rằng, những ngôi sao nằm trong đĩa thiên hà ngoài việc tham gia vào một “sàn quay” chóng mặt, quay hết tốc lực với vận tốc 230km/s, chúng còn chuyển động lên xuống một cách lờ lờ với vận tốc 10km/s theo phương vuông góc với mặt phẳng đĩa. Những chuyển động nhấp nhô này là cực kỳ yếu so với chuyển động quay

và các tính toán chứng tỏ rằng các ngôi sao sẽ phải được tổ chức thành một cấu trúc giống như một thanh khổng lồ, rồi từ đó chẻ ra các tay xoắn sau một vòng quay của sàn quay, tức là sau khoảng 250 triệu năm. Nhưng thực tế thiên hà của chúng ta không có một cấu trúc như vậy ở tâm của nó. Điều này có thể giải thích được nếu như bao quanh thiên hà nhìn thấy được của chúng ta là một quầng hình cầu có khối lượng và không nhìn thấy được. Nó sẽ ngăn cản việc tạo thành thanh khổng lồ đó ở trung tâm. Chuyển động của các sao, của các nguyên tử, của các đám sao cầu và của các thiên hà lùn, những cái mốc của vật chất không nhìn thấy, cho chúng ta biết khối lượng của quầng tăng tỷ lệ thuận với khoảng cách tới tâm của thiên hà thấy được. Khối lượng của quầng nằm trong mặt cầu giới hạn bởi Mặt trời (bán kính khoảng 30.000 năm ánh sáng) bằng 100 tỷ (10^{11}) khối lượng của Mặt trời, cỡ khối lượng toàn phần của đĩa. Khi đi ra 6 lần xa hơn (với bán kính 180.000 năm ánh sáng), khoảng cách của cái mốc cuối cùng của chúng ta (một thiên hà lùn), khối lượng của quầng không nhìn thấy được trở thành 6 lần lớn hơn, tức là gấp 600 tỷ lần khối lượng Mặt trời.

Quy mô của khối lượng không nhìn thấy

Nhưng cái quầng không nhìn thấy của các thiên hà mở rộng đến đâu? Làm thế nào thăm dò được những giới hạn của chúng? Để làm điều đó chúng ta cần phải phát hiện những cột mốc xa hơn nữa. Hãy nhớ lại rằng những thiên hà thường “sống” từng cặp (được gọi là “thiên hà đôi”) liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Chuyển động của một thiên hà này đối với thiên hà kia về nguyên tắc có thể cho ta biết khối lượng toàn phần, cả thấy được lẫn không thấy được, của cặp thiên hà đó. Khi ấy có thể thăm dò khối lượng không thấy

được tới tận những khoảng cách lớn gấp 7 lần bán kính quang học của thiên hà, tức là tới tận 300.000 năm ánh sáng. Như vậy, bây giờ không phải chúng ta chỉ khảo sát mấy khu phố lân cận nữa mà là cả một thành phố. Lại một lần nữa, khối lượng không nhìn thấy lại buộc ta phải thừa nhận sự hiện diện của nó. Vậy là, “có một cái gì đó tối” bao quanh từng thiên hà trong cặp cho tới ít nhất là 300.000 năm ánh sáng. Khối lượng không nhìn thấy trong bán kính này (luôn tỷ lệ với bán kính đó) giờ đây lớn gấp 10 lần khối lượng của đĩa nhìn thấy, tức là cỡ 1000 tỷ khối lượng Mặt trời.

Dường như không phải lúc nào ta cũng có thể đạt tới giới hạn của cái không nhìn thấy. Chúng ta cần chuyển tới thang 10 lần lớn hơn thang của các thiên hà đôi và quay ráp khối lượng tối trong các cụm thiên hà. Giờ đây chúng ta không phải khảo sát một thành phố nữa, mà là khảo sát cả một tỉnh có thành phố của chúng ta. Trước hết, chúng ta hãy khảo sát cụm thiên hà địa phương. Ngoài dải Ngân hà của chúng ta, cụm này còn chứa người láng giềng gần gũi của nó, đó là thiên hà Andromede. Trên quan điểm của các lực hấp dẫn, thì cụm địa phương có thể được xem như một thiên hà đôi chỉ gồm Ngân hà và Andromede, vì các thiên hà khác là lùn và có khối lượng không đáng kể. Vậy thì làm thế nào xác định được khối lượng của cụm địa phương? Chúng ta sẽ sử dụng phương thức cũ và khảo sát chuyển động của Andromede.

Thật lạ lùng! Thay vì chạy ra xa Ngân hà của chúng ta như hầu hết các thiên hà khác, Andromede lại tiến thẳng về phía thiên hà chúng ta với vận tốc 90km/s! Ánh sáng của nó thay vì dịch về phía đỏ lại quay về phía xanh! Tuy nhiên, ở lúc bắt đầu, tức 13 tỷ năm trước, Andromede chắc cũng chạy ra xa thiên hà chúng ta như các thiên hà khác. Chuyển động giãn nở gây bởi vụ nổ nguyên thủy buộc

nó phải như vậy. Nhưng rồi chuyển động này đã bị đảo ngược ở một thời kỳ nào đó trong lịch sử vũ trụ. Khối lượng toàn phần của cụm địa phương cần phải đủ lớn để phanh bằng lực hấp dẫn không cho Andromeda chạy trốn và buộc nó phải quay ngoắt lại 180 độ. Một tính toán đơn giản cho chúng ta thấy rằng khối lượng đó phải cỡ 2.000 tỷ khối lượng của Mặt trời. Nếu Ngân hà và Andromeda, vốn đã rất giống nhau, có cùng khối lượng, thì mỗi thiên hà này “cân nặng” 1.000 tỷ khối lượng của Mặt trời, tức là 10 lần lớn hơn cân nặng của các phần thấy được của chúng hiện nay. Con số này gợi cho chúng ta nhớ tới một điều: nó chính xác bằng khối lượng nhận được trong khảo sát các thiên hà đôi của chúng ta. Tuy nhiên, khoảng cách giữa Andromeda và Ngân hà (2,3 triệu năm ánh sáng) lớn gấp 7 lần khoảng cách giữa cặp thiên hà đôi. Từ đây chỉ có thể rút ra một kết luận: chúng ta đã đạt tới giới hạn của cái không nhìn thấy với các thiên hà đôi. Chúng ta không cần phải khảo sát xa hơn nữa làm gì, vì sẽ không mang lại điều gì hơn thế.

Để thật an tâm, chúng ta hãy khảo sát thêm chuyển động của các thiên hà trong các cụm thiên hà khác. Kích thước trung bình của chúng, cỡ 6 tỷ năm ánh sáng, cho chúng ta vùng khảo sát 20 lần lớn hơn các thiên hà đôi. Nhưng kết luận rút ra thì vẫn giống như trước. Trong các cụm thiên hà cũng không có nhiều vật chất tối hơn các thiên hà đôi. Vật chất không nhìn thấy trải trên một vùng nằm trong bán kính 300.000 năm ánh sáng xung quanh các thiên hà. Chúng được phân bố trong các quảng không lồ có khối lượng bằng 1.000 tỷ Mặt trời và tạo nên 90% khối lượng toàn phần của thiên hà (H.53).



Hình 53. Có cái gì đó tối bao quanh các thiên hà. Những nghiên cứu về chuyển động của các ngôi sao và khí trong các thiên hà xoắn cho thấy rằng các thiên hà này được bao quanh bởi những quầng khổng lồ không nhìn thấy được, lớn và nặng hơn phần thấy được của chúng từ 5 tới 10 lần. Khối lượng tối này dường như có mặt ở khắp nơi nhưng bản chất của chúng vẫn còn là điều bí mật.

Về vật chất tối giữa các thiên hà

Chúng ta hãy tiến lên một thang nữa của vũ trụ và bắt tay tìm kiếm vật chất không nhìn thấy trong các đám thiên hà. Cứ mười thiên hà thì có một nằm trong các đám này (đa số các thiên hà khác thì nằm trong các cụm). Giờ đây chúng ta có một khu vực tìm kiếm rộng tới 15 triệu năm ánh sáng. Đây là phần lớn của một nước mở ra cho chúng ta thám hiểm. Chính ở một trong số các đám thiên hà này, thiên hà Vierge, mà Fritz Zwicky (người Thụy Sĩ) đã lần đầu

tiên phát hiện ra vật chất tối. Lại một lần nữa chúng ta hãy theo dõi chi tiết chuyển động của các thiên hà trong các đám này. Lần này thì kết quả không giống như trước. Khối lượng không nhìn thấy trong các đám có số lượng lớn gấp từ 2 đến 3 lần so với trong các cụm và các thiên hà đôi. Như vậy, khối lượng không nhìn thấy (chiếm hơn 90% tổng khối lượng của các đám) gồm hai loại: một loại gắn với các thiên hà riêng rẽ nằm trong đám và loại kia là khối lượng không nhìn thấy được định vị giữa các thiên hà trong đám và hai loại này có khối lượng xấp xỉ nhau.

Bây giờ, chúng ta còn phải làm bước cuối cùng nữa, đó là khảo sát cấu trúc lớn nhất đã biết của vật chất trong vũ trụ, đó là các siêu đám thiên hà. Chúng ta sẽ đặc biệt tập trung xem xét siêu đám thiên hà địa phương của chúng ta. Khu vực nghiên cứu bây giờ là cả một nước. Nó trải rộng trên một vùng có kích thước tới 60 triệu năm ánh sáng. Siêu đám thiên hà địa phương chứa tới 10.000 thiên hà tập hợp thành các cụm và các đám liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn. Những thiên hà này được tổ chức thành một cấu trúc khổng lồ dưới dạng một chiếc bánh rán dẹt. Cụm thiên hà địa phương của chúng ta nằm ở mép của chiếc bánh đó trong khi ở tâm của nó là đám thiên hà Vierge (xem H.31). Cụm địa phương không phải là bất động. Nó rẽ không gian tằm trong bức xạ hóa thạch như một con tàu rẽ nước, với tốc độ 600km/s. Chuyển động này được thể hiện ở sự hơi nóng lên (khoảng 0,2%) của bức xạ vũ trụ trước mũi con tàu-cụm thiên hà địa phương và sự hơi lạnh đi ở phần vệt rẽ nước đuôi tàu. (Trong khi cụm thiên hà địa phương rẽ khoảng bao la của vũ trụ, ở phía trước các hạt ánh sáng lao tới gặp nó và ánh sáng của chúng được quan sát từ mặt đất sẽ bị dịch về phía xanh do hiệu ứng Doppler. Nghĩa là chúng nóng lên. Trái lại, ánh sáng

từ phía sau chạy ra xa cụm thiên hà địa phương và bị dịch về phía đỏ. Nghĩa là nó lạnh đi). Cụm thiên hà địa phương chuyển động là do nó bị hút bởi hai lực hấp dẫn: một được tác dụng bởi khối lượng của đám thiên hà Vierge cũng ở trong siêu đám thiên hà địa phương và một bởi khối lượng của siêu đám thiên hà láng giềng, tức là siêu đám thiên hà Hydre và Centaure (xem H.27). Lại một lần nữa, chúng ta có thể dùng chuyển động rơi của cụm địa phương tới đám thiên hà Vierge (với vận tốc 250km/s, và chuyển động rơi tới siêu đám Hydre và Centaure là nhanh hơn, với vận tốc cỡ 550km/s) để khảo sát khối lượng không nhìn thấy trong siêu đám thiên hà địa phương. Lần này, cũng không có gì bất ngờ. Lượng vật chất không nhìn thấy ở thang siêu đám thiên hà cũng giống như ở thang đám thiên hà.

Vậy liệu cuộc tìm kiếm vật chất không nhìn thấy của chúng ta đã có thể dừng lại ở đây hay chưa? Liệu thể tích của siêu đám thiên hà địa phương đã đủ lớn để cho chúng ta thưởng ngoạn toàn bộ vũ điệu tuyệt vời của vũ trụ và do đó cả toàn bộ khối lượng của nó hay chưa? Liệu ở ngoài siêu đám thiên hà chúng ta có tìm thấy chuyển động giãn nở của vũ trụ trong sự thể hiện thuần túy nhất của nó không? Còn rất mới đây thôi người ta nghĩ là có. Nhưng những đám mây đen lại đã lấp ló ở phía chân trời. Siêu đám thiên hà địa phương và siêu đám Hydre và Centaure thay vì ngoạn ngoạn tuân theo sự giãn nở của vũ trụ, chúng lại rẽ về phía chòm sao Chử thập Nam, với tốc độ hàng trăm km/s, có lẽ là do bị hút bởi một nơi tập trung khối lượng cực lớn mà bản chất của nó chúng ta còn chưa biết. Do không có thông tin chi tiết hơn, chúng ta tạm gọi nó là “Nhân hút lớn” (xem H.27). Khối lượng của nhân hút này ước chừng cỡ 30 lần lớn hơn khối lượng của siêu đám địa phương và tương đương với khối lượng của hàng chục ngàn thiên hà. Các nhà

thiên văn hiện đang nỗ lực hết sức để khẳng định sự tồn tại của Nhân hút lớn này. Nếu họ thành công, chúng ta sẽ cần phải sửa đổi lại khối lượng và mật độ của vũ trụ cho cao hơn. Công việc hiện vẫn còn đang tiếp tục...

Những ngôi sao và hành tinh bị thui chột

Sự tìm kiếm khối lượng không nhìn thấy phải dừng lại ở đây, có lẽ cũng chỉ là tạm thời. Trong khi chờ đợi, khối lượng này, thông qua lực hấp dẫn, vẫn khiến người ta phải cảm nhận được nó ở mọi thang nấc được khảo sát. Nó chiếm khoảng 90% khối lượng của vũ trụ. Vậy là Fritz Zwicky lại đã đặt ra một khó khăn mới!

Sau khi cơn choáng váng qua đi, nhà thiên văn - và cả bạn đọc nữa - cần trấn tĩnh lại và cố để biết được nhiều hơn nữa. Bản chất của khối lượng không nhìn thấy là gì? Nó được tạo ra bởi những cái gì? Đây là cuộc lặn sâu xuống nước lạnh của khoảng vô biên để thử nhận biết cái vũ trụ-tảng băng chìm kia, sau khi đã phát hiện ra là nó tồn tại...

Cũng cần phải nói ngay rằng, chúng ta vẫn còn chưa biết gì về bản chất của khối lượng không nhìn thấy. Bí mật vẫn còn được giữ kín hoàn toàn. Sau năm mươi lăm năm nghiên cứu, sự hiểu biết của chúng ta cũng không tiến bộ được bao nhiêu. Một số quan sát cho phép khẳng định những cái không thể tạo nên khối lượng không nhìn thấy, nhưng dẫu vậy, những giả thiết khả dĩ vẫn còn rất nhiều. Bị tước mất các photon mang thông tin, để khám phá bí mật về bản chất của khối lượng không nhìn thấy, nhà thiên văn không khác gì dò dẫm trong đêm tối và chỉ còn có cách tiếp cận rất gián tiếp, và do đó có nhiều bất định. Tình trạng mù mờ của chúng ta tới mức

chỉ có sự vô lý gắn liền với giả thuyết này mới cản trở tôi không cho rằng vô số các bản của cuốn sách này nổi trôi trong không gian là khối lượng không nhìn thấy!

Bây giờ chúng ta hãy xem xét một số ứng viên đã được giới thiệu để đóng vai khối lượng không nhìn thấy. Không có ứng viên nào tạo được sự nhiệt tình nhất trí của ban giám khảo. Trước tiên là các sao bị thui chột, đây là các sao có khối lượng nhỏ hơn một phần trăm khối lượng Mặt trời và nhiệt độ ở tâm của nó không đủ cao để các phản ứng nhiệt hạch có thể khởi phát ở đó. Vì quá bé so với các sao và có màu tối do không phát sáng, những ngôi sao bị thui chột này cũng được biết đến dưới cái tên là “sao lùn nâu”. Thổ tinh, nữ hoàng của các hành tinh trong hệ Mặt trời của chúng ta, với khối lượng bằng một phần mười khối lượng Mặt trời, cũng chính là một ngôi sao bị thui chột. Nó không thể tự phát sáng: ánh sáng rất đẹp mà nó phát ra vào những đêm đẹp trời chỉ là ánh sáng Mặt trời được phản xạ từ đó. Có thể là Pierre Corneille đã nghĩ tới những ngôi sao bị thui chột này khi ông thốt lên: “cái ánh sáng mờ nhạt kia rơi từ các ngôi sao”... Rồi tiếp sau là các hành tinh bị thui chột, những tiểu hành tinh biết mấy thân thiết đối với cậu Hoàng tử bé của Antoine de Saint-Exupery. Là những khối đá với quang cảnh nhàm nhở có kích thước từ vài kilometre đến hàng trăm kilometre, những tiểu hành tinh có khối lượng nhỏ tới mức lực hấp dẫn không thể nhào nặn chúng thành những hình cầu. Trong khi chờ có bước tiến mới, những ngôi sao và các hành tinh bị thui chột vẫn là những ứng viên có thể được chấp nhận cho khối lượng không nhìn thấy: ban giám khảo không thể tìm được bằng chứng đủ sức thuyết phục để loại bỏ chúng.

Chúa có chơi các hạt cosmino không?

Chúng ta không thể nói chính điều đó đối với các sao chổi, những quả cầu tuyết và băng khổng lồ chỉ phát sáng khi đi vào hệ Mặt trời của chúng ta do phản xạ ánh sáng Mặt trời. Nếu chúng quả thực tạo nên 90% khối lượng của vũ trụ thì người ta phải thấy chúng tới thăm hệ Mặt trời của chúng ta một cách thường xuyên hơn. Thế còn xác các sao chết? Xét cho cùng, chúng ta biết rằng những sao chết để lại các sao lùn trắng, sao neutron và các lỗ đen. Các xác sao nhỏ gọn và không sáng này, nếu như chúng đủ nhiều cũng sẽ hoàn toàn xứng đáng được chỉ định tạo nên khối lượng không nhìn thấy. Nhưng chúng ta lại phải nhanh chóng thất vọng: các ngôi sao, như chúng ta đã biết, khi chết phóng ra những kim loại nặng được chế tạo trong lòng của chúng. Nếu 90% khối lượng vũ trụ được tạo bởi những xác sao chết, thì lượng kim loại nặng do chúng phóng ra lại vượt quá xa lượng những kim loại này đã quan sát được trong các ngôi sao và các thiên hà. Chỉ còn những lỗ đen mini nguyên thủy có thể đã được sinh ra trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ. Chúng không có họ hàng gì với các sao, do đó hạn chế về độ phổ cập của các kim loại nặng không có liên quan gì đến chúng. Nhưng giờ đây người ta sẽ phải thấy chúng bùng nổ với ánh sáng tương đương với hàng triệu tỷ thiên hà. Mà, những vụ nổ như vậy khôn thay lại hoàn toàn không có.

Thế còn những đám mây khí hydrogen nguyên tử? Chúng sẽ phát quá mạnh các sóng vô tuyến so với những sóng mà người ta quan sát được. Những đám khí hydrogen nóng và bị ion hóa thì sao? Những nguyên tử hydrogen trong khí nóng va chạm với nhau rất mạnh. Lực điện từ không còn đủ mạnh để giữ proton và electron trong các nguyên tử hydrogen nữa. Các proton và electron được giải phóng và

người ta nói rằng khí đã bị ion hóa. Tại tâm của các đám thiên hà có khí hydrogen được nung nóng tới hàng triệu độ và sự hiện diện của nó được thể hiện ở sự phát mạnh các tia X đã được ghi nhận bởi các đài quan sát trên không gian. Nhưng khối lượng của khí hydrogen nóng này chỉ chiếm 10% khối lượng của các đám thiên hà đó.

Cho tới đây không có gì còn có sức thuyết phục nữa. Sự ngụp lặn của chúng ta trong nước lạnh cũng chẳng đem lại kết quả gì. Đối mặt với một tình trạng như vậy, chúng ta chỉ còn có cách quay sang các khả năng khác, ít quen thuộc hơn. Những tư biện về bản chất của khối lượng không nhìn thấy do vậy đã bước sang một bước ngoặt mới nhờ những phát triển mới đây nhất trong lĩnh vực vật lý hạt: các “lý thuyết thống nhất lớn” với mục đích thống nhất bốn lực cơ bản của tự nhiên thành một lực duy nhất trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ. Như chúng ta đã thấy, những lý thuyết này tiên đoán rằng tồn tại một lô các hạt, tất cả đều có khối lượng và mang những cái tên càng lúc càng xa lạ và thơ mộng: neutrino, gravitino, photino (chúng ta sẽ gọi chung tất cả các hạt có tên kết thúc bằng chữ “no” này là “cosmino”), axion v.v... Ngoài trừ neutrino, còn thì tất cả các hạt đó hiện chỉ tồn tại trong trí tưởng tượng của các nhà vật lý. Còn đối với việc đo khối lượng của các neutrino, thì đây lại là một vấn đề hóc búa nữa. Các nhà vật lý Mỹ, Nga, Đức và Pháp đang làm việc ngày đêm để tìm ra khối lượng của neutrino. Nhưng cho tới nay, họ vẫn chưa thành công.

Trong khi chờ đợi, chúng tôi chỉ thông báo rằng, nếu các neutrino có khối lượng bằng một phần triệu khối lượng của electron, thì do số lượng đông, chúng sẽ chiếm phần chủ yếu khối lượng của vũ trụ. Thậm chí các neutrino có thể làm dừng quá trình giãn nở của nó, nếu như khối lượng của chúng bằng một phần mười ngàn khối lượng

của electron. Nhưng, như chúng ta đã biết, vũ trụ với các neutrino có khối lượng, không thể dẹt nên được bức thăm vũ trụ đẹp đẽ của các thiên hà. Trong khi đó vật chất lạnh không nhìn thấy (photino, higgsino v.v...) có thể làm công việc đó tốt hơn, nhưng tính hiện thực của chúng còn cần phải được khẳng định. “Chúa không chơi trò xúc xắc” - Einstein đã nói như vậy. Thế liệu Ngài có chơi các hạt cosmino không? Tự nhiên vốn nhiều mưu mẹo và giải pháp cuối cùng cho bài toán khối lượng không nhìn thấy chắc sẽ không khiến tất cả chúng ta phải ngạc nhiên. Dẫu thế nào đi nữa, giờ đây dường như đã xác lập được rằng 90 đến 98% khối lượng trong vũ trụ là không thấy được. Lại một lần nữa chúng ta phải khâm phục sự khôn ngoan của con cáo, kẻ đã khẳng định với cậu Hoàng tử bé: “Cái căn bản không thể nhìn thấy bằng mắt”. Nhưng cái căn bản ấy là gì đây?

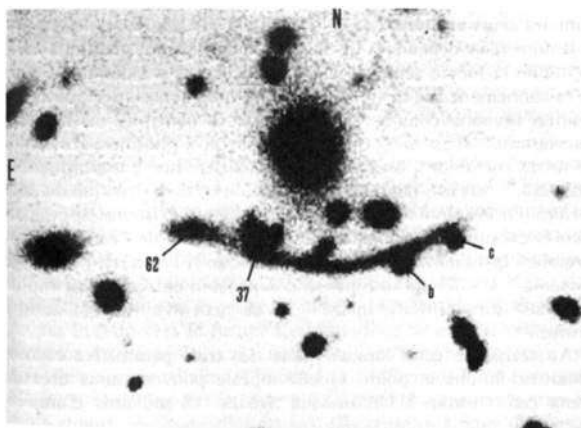
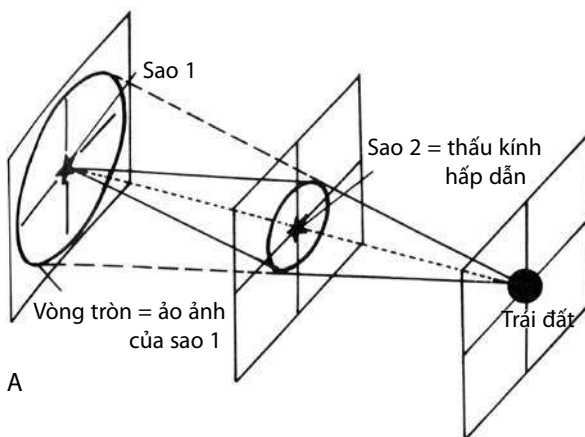
Những ảo ảnh vũ trụ

Vậy là sự bí ẩn của khối lượng không nhìn thấy vẫn còn nguyên đó. Tuy nhiên, một ánh sáng hy vọng đã le lói phía chân trời: từ vài năm nay, các nhà thiên văn đã phát hiện ra một hiện tượng mới có nhiều hứa hẹn sẽ làm sáng tỏ được nhiều câu hỏi về lượng vật chất toàn phần (cả thấy được cũng như không thấy được) trong vũ trụ và sự phân bố của nó trong không gian. Đó là hiện tượng ảo ảnh hấp dẫn.

Những ảo ảnh hấp dẫn được tạo ra khi hai (hoặc nhiều) tinh tú ở cách Trái đất những khoảng khác nhau, nhưng cả hai lại cùng với Trái đất nằm đúng (hoặc gần đúng) trên một đường thẳng và trên bầu trời chúng nhìn như là trùng nhau. Ánh sáng từ một tinh tú ở xa hơn, chẳng hạn là một quasar, để tới được chúng ta, sẽ cần

phải đi qua trường hấp dẫn của tinh tú ở gần hơn và khi đó nó sẽ bị lệch đi (xem H.25 minh họa sự lệch của tia sáng khi đi qua gần Mặt trời). Sự lệch này của tia sáng sẽ dẫn đến làm thay đổi, biến dạng hoặc thậm chí còn nhân lên hình ảnh của quasar. Ngay từ năm 1936, sử dụng thuyết tương đối rộng, Einstein đã chứng minh được rằng, nếu hai ngôi sao nằm thẳng hàng với Trái đất, thì ngôi sao ở xa hơn, ngoài hình ảnh quen thuộc là một điểm sáng, còn có một ảnh khác có dạng một vành sáng bao quanh nó (H.54a). Vành sáng này tạo nên một loại ảo ảnh vũ trụ, một ảo giác quang học, vì chúng thực sự không tồn tại. Trường hợp này tương tự với ảo ảnh trong sa mạc, ở đó người lữ hành khát và mệt vô cùng thất vọng vì phát hiện ra rằng cái ốc đảo đẹp đẽ mà anh ta hy vọng có thể giải cơn khát té ra chỉ là một ảo ảnh. Ảo ảnh trong sa mạc cũng là kết quả của sự làm lệch tia sáng, chỉ có điều không phải do trường hấp dẫn của một tinh tú mà là do lớp không khí bên trên sa mạc bị đốt nóng. Tinh tú ở gần Trái đất hơn có lực hấp dẫn làm lệch ánh sáng của tinh tú xa hơn được gọi là “thấu kính hấp dẫn”. Cũng hoàn toàn giống như thấu kính trong cặp kính của bạn làm cong ánh sáng để sửa tật cận thị của mắt bạn, thấu kính hấp dẫn cũng làm cong các tia sáng của các tinh tú để tạo ra những ảo ảnh hấp dẫn.

Einstein nghĩ rằng sự thẳng hàng của hai ngôi sao với Trái đất là cực kỳ ít khả năng xảy ra và hiện tượng ảo ảnh hấp dẫn cũng chỉ là chuyện ở trong lý thuyết mà thôi. Một năm sau, vào năm 1937, Fritz Zwicky (chính là người đã phát hiện ra khối lượng không nhìn thấy) đã nắm lấy ý tưởng đó của Einstein, nhưng thay vì các ngôi sao, ông đề nghị lấy các thiên hà và đám thiên hà làm các thấu kính hấp dẫn. Mọi chuyện vẫn chỉ dừng lại ở đó trong suốt 42 năm tiếp sau, vì chưa có ai đã từng nhìn thấy một ảo ảnh hấp dẫn nào trên bầu trời. Cho đến tận năm 1979, khi một cặp quasar được phát hiện.



Hình 54. Thấu kính hấp dẫn và khối lượng không nhìn thấy. Vào năm 1936, Einstein đã dùng thuyết tương đối rộng chứng minh được rằng nếu hai ngôi sao cùng nằm trên một đường ngắm của người quan sát trên Trái đất, thì ngôi sao gần Trái đất hơn (ngôi sao 2 trên H.54a) sẽ có tác dụng như một thấu kính hấp dẫn làm biến dạng ảnh của ngôi sao xa hơn (ngôi sao 1): trường hấp dẫn của ngôi sao 2 đã làm lệch ánh sáng của ngôi sao 1 (cũng xem H.25) và người quan sát trên mặt đất, thay vì chỉ thấy một chấm sáng tại vị trí thực của ngôi sao 1, sẽ còn thấy một vành tròn sáng có tâm tại vị trí thực của ngôi sao 1 (H.54a). Như vậy, vành tròn sáng này là một loại ảo ảnh vũ trụ; nó không tồn tại thực mà chỉ là ảnh biến dạng của một ngôi sao. Einstein đã đưa ra khái niệm thấu kính hấp dẫn như một khái niệm thuần túy lý thuyết, vì ông nghĩ rằng sự nằm tuyệt đối thẳng hàng của hai ngôi sao đối với Trái đất là rất ít có khả năng xảy ra.

Hai quasar này nằm rất gần nhau trên bầu trời và những tính chất của chúng hoàn toàn hết như nhau: ngay cả sự dịch về phía đỏ, ngay cả màu sắc v.v... Sự tương tự gần như hoàn toàn này khiến cho các nhà thiên văn cảnh giác. Đây không thể là sự trùng lặp ngẫu nhiên được. Nhưng, nếu một trong hai quasar đó chỉ là ảo ảnh hấp dẫn của quasar kia thì sao? Điều này sẽ giải thích được một cách tự nhiên sự giống nhau gần như hoàn toàn của hai quasar đó. Nhưng để tạo ra được ảo ảnh cần phải có một thấu kính hấp dẫn. Khi khảo sát một cách hết sức thận trọng vùng bầu trời xung quanh các quasar này, người ta đã phát hiện được một thiên hà chồng lên một trong hai quasar. Không còn nghi ngờ gì nữa: ảo ảnh vũ trụ đã được tìm thấy. Thực tế chỉ có một quasar. Thiên hà nằm thẳng hàng với quasar và Trái đất (điều này làm cho người quan sát trên Trái đất thấy ảnh của quasar và thiên hà chồng chập lên nhau) và ở trong khoảng giữa

Nhưng ở đây, Einstein đã nhầm! Năm 1987, người ta đã phát hiện được, nếu không phải là vành sáng lớn, thì ít nhất cũng là một phần của vành sáng ấy, đó là một cung sáng khổng lồ nằm theo hướng của một đám thiên hà ở khoảng cách chừng 4 tỷ năm ánh sáng và có tên là Abell 370 (ảnh 54b, *Saucall và các cộng sự*). Sự giải thích cung sáng này cũng giống như giải thích cho trong H.54a, chỉ có điều phải sửa đổi một chút: thay vì ngôi sao 2 bây giờ là đám thiên hà Abell 370 (mà chủ yếu là phần trung tâm, phần đặc nhất của nó) đóng vai trò thấu kính hấp dẫn. Thay cho ngôi sao 1 bây giờ là một thiên hà. Ảnh của thiên hà bị làm biến dạng bởi phần trung tâm của đám thiên hà thành một cung sáng khổng lồ. Ảnh không phải là một vành sáng trọn vẹn là do thiên hà và lõi của đám thiên hà không tuyệt đối thẳng hàng với Trái đất. Bằng cách đo các khoảng cách thông qua các độ dịch chuyển về phía đỏ của ánh sáng từ các thiên hà trong đám và từ cung sáng, người ta đã chứng minh được rằng cung này ở rất xa so với đám thiên hà, cách chúng ta khoảng 6 tỷ năm ánh sáng.

Hiện nay, người ta đã biết tới hơn một chục các cung sáng khổng lồ theo hướng tới đám thiên hà. Những tính chất của các cung này (như hình dạng, chiều dài, định hướng v.v...) cho phép người ta suy ra khối lượng toàn phần (thấy được cũng như không thấy được) thuộc phần trung tâm của đám thiên hà, phần đã gây ra các cung sáng đó. Như vậy, các thấu kính hấp dẫn có thể được xem là những công cụ mới cho phép các nhà thiên văn tìm ra khối lượng không thấy được của vũ trụ.

của chúng chính là thấu kính hấp dẫn đã gây ra ảo ảnh là quasar thứ hai. Từ đó người ta còn phát hiện ra nhiều ảo ảnh vũ trụ khác. Thậm chí cả những vành sáng (hay nói đúng hơn là một phần của vành sáng đó) được Einstein tiên đoán cũng đã được nhìn thấy theo hướng của đám thiên hà (H.54b). Sự tồn tại của hiện tượng ảo ảnh hấp dẫn là có thực và không còn nghi ngờ gì nữa.

Nhưng giữa các ảo ảnh vũ trụ và khối lượng không thấy được thì có quan hệ gì với nhau? Ảo ảnh vũ trụ là kết quả của sự tương tác phức tạp giữa ánh sáng của một tinh tú (sao, quasar, thiên hà hoặc đám thiên hà) với trường hấp dẫn của một thấu kính hấp dẫn. Ảo ảnh này phụ thuộc vào khối lượng toàn phần của vật chất (thấy được và không thấy được) và sự phân bố không gian của chúng trong thấu kính. Mặt khác, quỹ đạo của ánh sáng cũng chịu ảnh hưởng của trường hấp dẫn gây bởi toàn bộ vật chất giữa các thiên hà (thấy được cũng như không thấy được) tồn tại trong không gian giữa tinh tú và thấu kính cũng như giữa thấu kính và Trái đất. Do vậy, những ảo ảnh vũ trụ có thể cho chúng ta biết không chỉ về vật chất không thấy được trong thấu kính mà còn cả trong không gian giữa các thiên hà nữa.

Vào lúc tôi ngồi viết những dòng này, những ảo ảnh vũ trụ còn chưa giúp được gì nhiều cho chúng ta trong việc khám phá bí mật của khối lượng không nhìn thấy. Chúng chủ yếu mới khẳng định những thực tế có liên quan với khối lượng không nhìn thấy mà chúng ta đã biết. Chẳng hạn, sự hiện diện của những cung sáng trong những đám thiên hà (xem H.54b) bao hàm sự tồn tại vật chất tối 10 lần lớn hơn vật chất sáng ở lõi của những đám thiên hà, một kết luận mà chúng ta đã biết khi nghiên cứu chuyển động của các thiên hà trong những đám thiên hà. Sau hơn một chục năm tìm kiếm,

người ta đã biết hơn hai chục ảo ảnh vũ trụ. Sự tương đối hiếm hoi của chúng nói với chúng ta rằng không gian giữa các thiên hà không thể chứa đầy những lỗ đen có khối lượng lớn (cỡ 1 tỷ khối lượng Mặt trời), vì nếu có, chúng đã tạo ra những thấu kính hấp dẫn rất tốt. Dẫn sao đi nữa, cũng cần phải hy vọng rằng những nghiên cứu lý thuyết và quan sát về các ảo ảnh vũ trụ một ngày nào đó cũng sẽ hé lộ cho chúng ta bí mật của vật chất tối trong vũ trụ.

Theo những thông tin mới nhất, vũ trụ là mờ

Bây giờ hãy quay trở lại với mối quan tâm chính của chúng ta. Chúng ta mong muốn xác định được mật độ của vật chất trong vũ trụ để biết được tương lai của nó. Để làm điều đó, hoàn toàn không cần phải biết bản chất của khối lượng không nhìn thấy. Chỉ cần biết nó có tồn tại là đủ. Trước hết, chúng ta hãy tính mật độ khối lượng sáng thuộc các ngôi sao và thiên hà: nó xấp xỉ một phần năm mươi mật độ tối hạn. Bây giờ chúng ta sẽ thêm khối lượng tối vào. Nó gấp 10 lần mật độ của khối lượng sáng. Như vậy, mật độ toàn phần của vật chất trong vũ trụ bằng một phần năm mật độ tối hạn.

Trên đây chúng ta đã chọn con đường các thiên hà để nhận được mật độ của vật chất. Nhưng chúng ta cũng có thể vay mượn một con đường hoàn toàn khác, đó là con đường các nguyên tử deuterium. Chắc là bạn còn nhớ, nguyên tố này đã được sản xuất ra trong ba phút đầu tiên của vũ trụ. Sự tồn tại của nó rất nhạy cảm với mật độ của vật chất trong vũ trụ. Độ phổ cập của deuterium trong các sao và thiên hà cũng kéo theo mật độ vật chất bằng một phần năm mật độ tối hạn. Một vũ trụ có mật độ cao hơn sẽ xóa sạch mọi dấu vết của deuterium do sự đốt nhiệt hạch ngay trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ.

Hai phương pháp hoàn toàn độc lập với nhau lại dẫn đến cùng một đáp số, chúng tỏ đáp số là đáng tin cậy. Mật độ vật chất trung bình trong vũ trụ chỉ là một nguyên tử hydrogen trong 1m^3 . Như vậy, cần phải có ít nhất một lượng vật chất ba lần lớn hơn mới có thể làm dừng sự giãn nở của vũ trụ (còn nếu mật độ đó đúng bằng mật độ tới hạn thì chuyển động giãn nở của vũ trụ chỉ dừng lại sau một khoảng thời gian vô hạn). Trừ khi có những đột phá mới, còn thì với những hiểu biết của chúng ta hiện nay, vũ trụ là mở. Nhưng câu trả lời này cũng chưa thật dứt khoát như người ta mong muốn. Những sự kiện mới vẫn có nguy cơ xuất hiện và đặt lại vấn đề. Qua những cuộc viễn du triển miên của chúng ta, chúng ta đã thấy lảng vảng trong bóng tối những con quỷ cực nặng và đầy hiểm họa, như “Nhân hút lớn” chẳng hạn! Nếu sự tồn tại của các con quỷ này được khẳng định, thì chúng ta sẽ phải chỉnh lại mật độ của vũ trụ cho cao hơn. Và lại, con đường các thiên hà cũng có thể là sai lầm. Giả thử rằng toàn bộ vật chất của vũ trụ gắn liền với các thiên hà và đám thiên hà. Nhưng nếu chúng ta bị các thiên hà này đánh lừa thì sao? Nếu như có một thành phần khối lượng không nhìn thấy, phân bố đồng đều trong vũ trụ, không tuân theo sự phân bố của các thiên hà? Nó sẽ tránh được toàn bộ phương pháp dùng chuyển động của các thiên hà để đo khối lượng. Khi đó chúng ta sẽ rơi vào địa vị của một người đánh rơi chiếc chìa khóa đầu đó ngoài phố trong đêm, nhưng lại cứ khẳng khẳng chỉ tìm kiếm quanh những cây đèn đường vì rằng đó là những chỗ duy nhất được chiếu sáng.

Tuy nhiên, chúng ta vẫn còn con đường deuterium, bạn có thể nói như vậy. Nó đã chẳng cho cùng một đáp số đó sao. Nhưng cả ở đây nữa, cũng vẫn có những lỗ hổng trong lập luận. Deuterium chỉ có thể cho chúng ta biết về vật chất không thấy được tạo bởi proton và neutron, tức là vật chất baryon. Nó câm lặng hoàn toàn đối với

các neutrino, photino, gravitino và các cosmino khác, nói ngắn gọn là đối với toàn bộ vật chất phi baryon, bởi vì vật chất này không can thiệp vào sự sinh cũng như hủy các deuterium. Mà các nhà vật lý lại tiên đoán sự tồn tại của các hạt ngoại lai này là để tạo nên cuộc hôn phối giữa bốn lực của vũ trụ trong những khoảnh khắc đầu tiên của nó. Họ cũng nói với chúng ta rằng nếu những khoảnh khắc ban đầu vũ trụ thực sự trải qua một pha giãn nở cực kỳ nhanh (có tên là pha “lạm phát”) thì nó *chỉ* có thể có mật độ tới hạn mà thôi.

Để kết thúc một cuộc săn tìm khá dài ba tham số của vũ trụ, ta hãy điếm qua tình hình. Liệu chúng ta có thể rút ra bài học luân lý gì từ câu chuyện này không? Một vũ trụ 15 tỷ năm tuổi, chứa một mật độ vật chất bằng một phần năm mật độ tới hạn và giãn nở mãi mãi đã mô tả khá tốt vũ trụ mà chúng ta quan sát được. Tuổi của nó cũng phù hợp với tuổi của những ngôi sao già nhất nằm trong các đám sao cầu. Nó có thể tạo ra những lượng helium và deuterium mà ta đã quan sát được.

Nhưng cũng vẫn còn khá nhiều vấn đề. Tuổi của vũ trụ phụ thuộc vào hằng số Hubble mà hằng số này được xác định sai khác nhau một thừa số bằng 2. Sự xác định nó dựa trên những cột mốc khoảng cách là rất bấp bênh. Tình hình đối với tham số độ giảm tốc cũng thực sự không mấy lạc quan. Những hiệu ứng của quá trình tiến hóa trong các thiên hà lớn tới mức chúng làm che lấp toàn bộ hiệu ứng của sự giảm tốc. Còn đối với tham số mật độ vật chất, thì có khả năng một phần lớn vật chất trong vũ trụ (cỡ 5 lần lớn hơn khối lượng mà chúng ta thực sự đã biết hoặc còn có thể lớn hơn nữa) vẫn còn hoàn toàn né tránh được sự phát hiện của chúng ta. Mặc dù số vật chất này chiếm ít nhất là 90% khối lượng của vũ trụ, nhưng chúng ta không may có ý niệm gì về bản chất của chúng.

Việc xác định chính xác các tham số vũ trụ vẫn còn phải tiếp tục làm. Trong hơn 5 năm trở lại đây, chúng ta đã có những tiến bộ, nhưng con đường phải đi tiếp vẫn còn rất dài. Như vẫn thường xảy ra trong khoa học, khi mà một số câu hỏi được giải đáp, thì lại xuất hiện những câu hỏi mới và còn phức tạp hơn trước. Theo mức độ tiến lên của chúng ta, con đường phải đi không ngừng dài thêm và cột đích cũng tiếp tục dịch ra xa. Kính thiên văn không gian (H.12) và những kính thiên văn lớn khác trên mặt đất (H.11) vẫn hé mở cho chúng ta thấy ánh sáng của hy vọng. Nhưng vẫn còn phải làm việc một cách khùng khiếp, để ở cuối chặng đường, vũ trụ mới tiết lộ cho chúng ta biết số phận của nó.

Mặt trời sẽ tắt

Ý đồ tiên đoán tương lai của vũ trụ của chúng ta đã kết thúc với một nửa là thất bại. Chúng ta tin là đã biết rằng sự giãn nở của vũ trụ là vĩnh viễn, nhưng chúng ta vẫn chưa tin chắc một cách tuyệt đối. Dẫu vậy, chúng ta vẫn không cưỡng nổi ham muốn đóng vai trò nhà tiên tri. Vì chỉ có hai con đường đời khả dĩ cho vũ trụ, thế thì tại sao không đi theo cả hai con đường ấy và xem chúng sẽ dẫn chúng ta tới đâu? Chúng ta đã ngoại suy khá xa từ hiện tại về quá khứ và dường như là đã khá thành công. Thế thì tại sao lại không làm như vậy đối với tương lai? Các phương trình đâu có biết về hướng của thời gian. Tất nhiên, chúng ta có thể lần ngược lại theo thời gian nhờ các kính thiên văn và kiểm tra xem quá khứ có phù hợp với các phương trình đó hay không. Nhưng chúng ta không thể làm như vậy đối với tương lai. Nếu ánh sáng có thể mang lại cho chúng ta những thông tin xưa cũ, thì nó lại không thể nói gì với chúng ta về tương lai. Không có sự kiểm chứng bằng thực nghiệm, ít nhất là ở

thang thời gian của con người, thì những tiên đoán về tương lai chỉ là một bài tập phù phiếm. Nhưng trong khoa học, thường rất khó từ bỏ con đường đang mời gọi. Ai mà biết được những vinh quang và những điều tuyệt vời nào đang đợi mình ở cuối con đường đó?

Vậy chúng ta hãy chấp nhận chuyến viễn du này vào tương lai. Nhưng trước khi khởi hành, chúng ta cần phải quy định luật chơi một cách chính xác đã. Những tiên đoán của chúng ta sẽ dựa trên sự ngoại suy các định luật vật lý hiện thời. Trong lúc đang chơi, chúng sẽ không được phép thay đổi. Chẳng hạn như hấp dẫn sẽ không được yếu đi trong tương lai. 15 tỷ năm qua dường như đã khẳng định với chúng ta rằng các định luật vật lý không thay đổi theo thời gian. Sau đó, chúng ta giả thiết rằng chúng ta đã có trong tay đầy đủ kiến thức vật lý cần thiết, một giả thuyết khá liêu lĩnh. Nửa đầu của thế kỷ 20 đã từng chứng kiến sự xuất hiện của hai lực mới (lực hạt nhân mạnh và yếu) và sự sáp nhập của cơ học lượng tử và thuyết tương đối. Thế thì tại sao chúng ta dám cất lên tiếng nói cuối cùng? Nhưng dẫu sao thì cũng phải làm với những cái mà ta có. Và lại, chúng ta cần tin chắc rằng cho dù trí tuệ của con người có được thể hiện như là một món quà độc hại đối với sự tiến hóa về sinh thái của Trái đất thì nó cũng không bao giờ có thể làm thay đổi được quá trình tiến hóa của vũ trụ.

Trước hết, chúng ta hãy xét số phận của một vũ trụ mở, bởi vì nó chính là vũ trụ hiện khá phù hợp với những quan sát. Trong hàng chục tỷ năm tới, vũ trụ vẫn tiếp tục loãng ra và lạnh đi do sự giãn nở của nó. Sẽ không có những sự kiện nổi bật ở thang vũ trụ. Vũ trụ bình thản và tĩnh lặng đi tiếp con đường yên bình của nó. Một vài sự kiện tuy không đáng kể ở thang vũ trụ nhưng cũng làm nhiễu động cuộc sống thường ngày đơn điệu trong Ngân hà của chúng ta.

Trong ba tỷ năm nữa, đám mây Magellan lớn, một thiên hà lùn, vệ tinh hiện đang quay quanh Ngân hà và cách nó 150.000 năm ánh sáng sẽ rơi vào thiên hà chúng ta. Thiên hà lùn này bị lực hấp dẫn của Ngân hà hãm lại và đã khởi phát một chuyển động xoắn ốc dẫn thẳng tới cái miệng mở há hốc của thiên hà chúng ta. Thiên hà ăn thịt đồng loại này khi đó sẽ sáng tương đương với hơn một tỷ Mặt trời. Thêm 700.000 triệu năm nữa (tức là sau đây 3,7 tỷ năm) thì cả Andromede, thiên hà láng giềng gần gũi nhất của chúng ta (ở khoảng cách 2,3 triệu năm ánh sáng), hiện đang lao về phía chúng ta với vận tốc 90km/s, cũng sẽ đâm mạnh vào thiên hà chúng ta. Sự va chạm này không gây ra quá nhiều hư hại, vì giữa các ngôi sao trong thiên hà còn có quá nhiều khoảng trống (trung bình 3 triệu năm ánh sáng). Hai thiên hà sẽ thâm nhập vào nhau và mất đi đĩa khí hydrogen của chúng. Mặt trời sẽ hơi phải sửa đổi lại quỹ đạo của nó một chút và quỹ đạo của các hành tinh trong hệ Mặt trời cũng sẽ bị nhiễu động ít nhiều, có thể có nhiều nguy cơ xảy ra động đất. Nhưng, nói tóm lại không có gì phải lo lắng cả.

Mọi chuyện trở nên nghiêm trọng hơn cùng với sự xuất hiện của một sự kiện sắp sửa xảy ra, vì sự sống sót của loài người sẽ phụ thuộc vào sự kiện này. Trong khoảng 4,5 tỷ năm nữa, Mặt trời sẽ đốt hết nguồn hydrogen dự trữ của nó. Khi đó nó bắt đầu xài tới helium. Nguồn năng lượng mới này sẽ làm cho lớp bao bên ngoài của Mặt trời phồng to tới kích thước lớn cỡ 100 lần kích thước hiện nay của nó và Mặt trời biến thành một sao kênh đỏ. Thủy tinh bấy giờ sẽ lạc trong lớp vỏ bao ngoài phát sáng của nó. Người trên Trái đất sẽ thấy cái đĩa đỏ của Mặt trời chiếm một phần lớn bầu trời của họ (khoảng một phần năm). Ngôi sao kênh đỏ lúc này sẽ đốt nóng Trái đất của chúng ta tới 1200°C. Bầu khí quyển sẽ bay mất. Nước

biển sẽ bay hơi. Đất đá sẽ nóng chảy. Rừng sẽ cháy trụi. Sự sống không còn có thể tồn tại được nữa. Chút chút chít...chít của chúng ta sẽ phải lên tàu vũ trụ sơ tán tới mép của hệ Mặt trời, đến những thế giới xa xôi của Hải Vương tinh và Diêm Vương tinh để tránh xa nanh vuốt nóng bỏng của ngôi sao kình đồ. Nhưng sự tạm trú đó cũng chẳng được dài lâu. Hai tỷ năm sau nữa, đến lượt mình, nguồn dự trữ helium cũng cạn kiệt và Mặt trời sẽ tắt để lại cái xác là một sao lùn trắng cứ lạnh dần rồi biến thành sao lùn đen (xem H.44). Đây là lúc phải tìm kiếm một nguồn năng lượng khác, một Mặt trời khác. Khi đó, cuộc xâm chiếm thuộc địa trong thiên hà có thể sẽ bùng phát và những cuốn truyện khoa học viễn tưởng viết về nó chắc là sẽ rất ăn khách.

Đêm dài

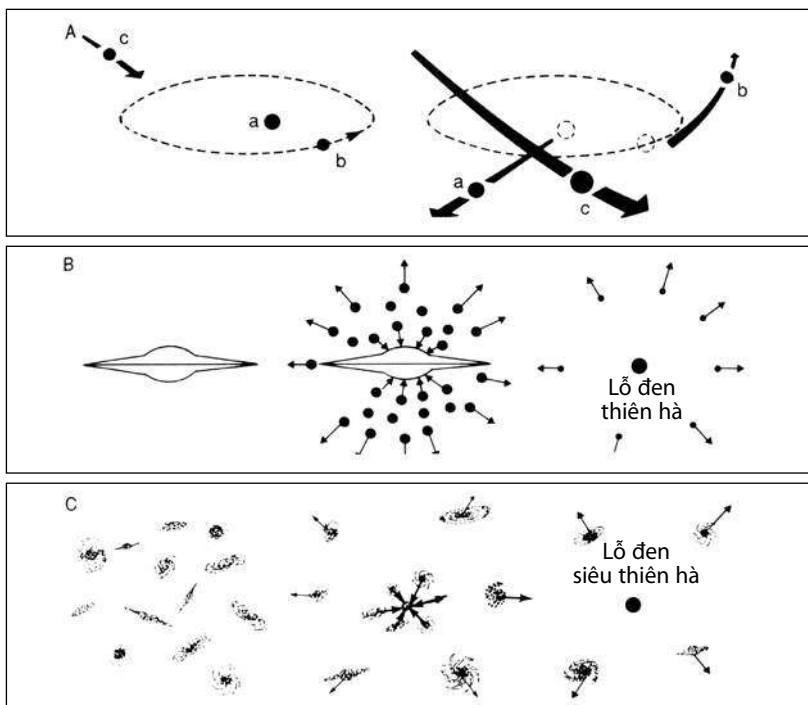
Sau một khoảng thời gian lâu hơn nữa, tất cả các sao trong vũ trụ sẽ đều tắt. Các thiên hà không còn phát sáng nữa. Chúng đã cạn kiệt nguồn khí hydrogen dự trữ và không thể tạo ra những ngôi sao mới. Lò luyện kim tuyệt vời trong các ngôi sao cũng dừng hoạt động vĩnh viễn. Chúng không bao giờ còn chiếu sáng vũ trụ nữa. Phong cảnh thiên hà đầy rẫy những xác sao chết nằm rải rác khắp nơi. Các lỗ đen, sao neutron và sao lùn đen nhan nhản nằm giữa vô số các hành tinh, tiểu hành tinh và các thiên thạch. Một màn đêm đen dày vô tận bao trùm lên vũ trụ (chỉ ít là dưới con mắt của con người chúng ta, nhưng vũ trụ vẫn tối trong bức xạ hóa thạch ngày càng lạnh thêm do sự giãn nở của nó, nên vẫn là sáng đối với các con mắt vô tuyến). Vũ trụ khi này đã già hơn cả trăm lần. Khoảng cách trung bình giữa các thiên hà đã tăng từ 1 triệu tới 20 triệu năm ánh sáng. Kỷ nguyên của các sao vậy là kéo dài được 1000 tỷ (10^{12}) năm.

Cuối thời kỳ này, 100 tỷ ngôi sao của mỗi thiên hà chết đã trở thành bấy nhiêu cái xác nhưng vẫn còn liên hệ với nhau bởi lực hấp dẫn và vẫn tiếp tục không mệt mỏi đi theo những quỹ đạo cũ của mình. Nhưng, khi có trong tay thời gian không hạn chế, lực hấp dẫn sẽ mưu toan sắp xếp lại vạn vật. Thông qua nó, các xác sao chết tương tác và trao đổi năng lượng với nhau. Một số thì nhận được thêm còn một số thì lại mất đi năng lượng (vì năng lượng cần phải bảo toàn). Những sao nhận được thêm năng lượng thì biến năng lượng thêm này thành vận tốc. Chúng sẽ chuyển động nhanh hơn, mở rộng quỹ đạo ra và tới được tận mép thiên hà. Bị cuốn theo đà đó, chúng sẽ thoát ra khỏi sự cầm tù của thiên hà mẹ và chạy mất hút trong khoảng không gian bao la giữa các thiên hà. Còn những xác sao mất năng lượng, chúng sẽ mất vận tốc và rơi về phía tâm thiên hà, tạo ra ở đó một cái nhân ngày càng đặc hơn. Khi đồng hồ vũ trụ điểm 1 tỷ tỷ (10^{18}) năm, thiên hà sẽ bay hơi gần hết. 99% các sao chết của nó đã bị mất. Một tỷ phần nhỏ các sao thoát được sự trục xuất đó (khoảng 1 tỷ trong số đó) sẽ ở trong nhân của thiên hà. Nhân này ngày càng nặng và đặc hơn, sẽ tiếp tục co lại cho tới khi đạt tới bán kính không thể quay lui (bằng cỡ một nửa khoảng cách giữa Mặt trời và Diêm Vương tinh, hành tinh xa nhất trong hệ Mặt trời). Khi đó nó sẽ trở thành một lỗ đen. Trong thời gian nhân thiên hà co lại, do sự chen chúc của giao thông, rất nhiều va chạm trực diện sẽ xảy ra giữa các xác sao chết khiến cho chúng vỡ bay tung toé. Vật chất từ vì đạo đã phát sáng. Những quả pháo khổng lồ được khởi phát chiếu sáng màn đêm đen như mực của các thiên hà chết. Toàn bộ phổ của bức xạ điện từ đều có mặt, từ các tia gamma qua ánh sáng thấy được cho tới các sóng vô tuyến. Ngày hội vẫn còn tiếp tục sau khi tạo thành lỗ đen, vì nó đốt và xé nát các ngôi sao chết làm cho vật chất được nung nóng của chúng

phát sáng. Như vậy, thiên hà lại phát sáng và có độ sáng như trong thời kỳ mà nó nuôi một quasar trong lòng nó, khoảng vài tỷ năm sau vụ nổ nguyên thủy. Thời kỳ tươi đẹp này chỉ kéo dài 1 tỷ năm và lại một lần nữa bóng tối ám ảnh và cái lạnh băng giá lại ngự trị. Những thiên hà của thời xa xưa chỉ còn là những lỗ đen thiên hà với khối lượng cỡ 1 tỷ khối lượng Mặt trời.

Các đám thiên hà cũng không được yên. Chúng cũng biến thành các lỗ đen sau 10^{27} năm. Cũng như các sao trong trường hợp trước, tất cả hàng ngàn thiên hà trong mỗi đám thiên hà đều tham gia cuộc chơi trao đổi năng lượng thông qua lực hấp dẫn. Và cũng như trước, những thiên hà nhận được thêm năng lượng (99%) sẽ rời đám thiên hà mẹ và trở thành các lỗ đen thiên hà trong khi những thiên hà mất năng lượng tụ tập nhau ở tâm đám để tạo thành một lỗ đen siêu thiên hà có khối lượng bằng cả 1000 tỷ khối lượng Mặt trời với bán kính không thể quay lui là 3000 tỷ km (H.55).

Như vậy, khi đồng hồ vũ trụ điểm 1 tỷ tỷ tỷ (10^{27}) năm, khi mà các thiên hà đã tách ra xa nhau tới 1 tỷ tỷ (10^{18}) năm ánh sáng, thì bức thảm vũ trụ tuyệt mỹ của các thiên hà và các đám thiên hà hoàn toàn biến mất. Lạc trong đêm trường của vũ trụ là vô số các lỗ đen thiên hà và siêu thiên hà bị cuốn theo bởi sự giãn nở của vũ trụ. Ở giữa những con quỷ khổng lồ đó là nhưng nhúc nhích những mảnh vỡ đủ loại (các tiểu hành tinh, sao chổi, hành tinh, sao lùn đen, sao neutron, các lỗ đen nhỏ có khối lượng cỡ vài ba Mặt trời), những kẻ thắng trong cuộc chơi trao đổi năng lượng đã bị hất ra khỏi thiên hà mẹ hoặc đám thiên hà ban đầu.



Hình 55. Sự hình thành lỗ đen thiên hà và siêu thiên hà. Những ngôi sao chết trao đổi năng lượng với nhau thông qua tương tác hấp dẫn khi chúng đi qua cạnh nhau. Trong H.55A, ngôi sao c truyền năng lượng cho các sao a và b, là hai sao liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn và quay quanh nhau thuộc một hệ sao đôi. Do nhận được thêm năng lượng, các sao a và b bay về hai hướng khác nhau và phá vỡ hệ sao đôi.

Nhờ trò trao đổi năng lượng này, 90 đến 99% các sao của thiên hà (những sao nhẹ nhất) là kẻ thắng. Chúng có đủ năng lượng để rời khỏi thiên hà mẹ, thiên hà sẽ bay hơi hết sau 10^{18} năm. Trong khi đó những ngôi sao nặng nhất (chiếm khoảng 1 đến 10%) là những kẻ thua và vì không có đủ năng lượng nên rơi vào tâm thiên hà. Lực hấp dẫn sẽ làm cho chúng tự co lại thành lỗ đen thiên hà với khối lượng bằng một tỷ khối lượng Mặt trời, vết tích duy nhất còn lại của thiên hà ban đầu một thời đã có khối lượng cỡ 100 tỷ Mặt trời (H.55B).

Chính hiện tượng bốc hơi và tạo thành lỗ đen thiên hà cũng diễn ra trong các đám thiên hà. Ở đây, tham gia vào cuộc trao đổi năng lượng không phải là các sao trong một thiên hà nữa, mà là toàn bộ các thiên hà, với mỗi thiên hà chứa tới 100 tỷ ngôi sao. Sau 10^{27} năm, 90 đến 99% các thiên hà (những thiên hà nhẹ nhất) sẽ bay hơi khỏi đám thiên hà mẹ. Và đám thiên hà ban đầu bây giờ chỉ còn lại một lỗ đen siêu thiên hà có khối lượng cỡ 1000 tỷ Mặt trời, kết quả của sự co lại do hấp dẫn của các thiên hà thua - tức là những thiên hà nặng nhất - trong cuộc chơi trao đổi năng lượng (H.55C).

Sự bay hơi của các lỗ đen

Các lỗ đen cũng không phải là vĩnh cửu. Chúng ta đã biết rằng, cơ học lượng tử, bất chấp cơ học cổ điển, đã làm cho chúng bay hơi và biến thành bức xạ. Nó thực hiện điều phi thường này bằng cách vay mượn năng lượng của trường hấp dẫn của lỗ đen để giúp cho các hạt ảo nhưng nhúc bèn ngoài bán kính không thể quay lui được vật chất hóa. Những hạt này, một khi đã ở trong thế giới hiện thực, sẽ biến thành ánh sáng trong những cuộc gặp gỡ tuyệt mệnh với các phản hạt của chúng. Sự cho vay năng lượng này được thể hiện ở sự giảm khối lượng của lỗ đen (khối lượng và năng lượng là tương đương, Einstein đã nói với chúng ta như vậy). Lỗ đen càng gầy đi thì nó càng nóng lên (nhiệt độ của lỗ đen tỷ lệ nghịch với khối lượng của nó) và nó càng bức xạ mạnh hơn. Quá trình này được gia tốc cho tới khi lỗ đen bay hơi hết hoàn toàn trong cuộc hóa thân thành ánh sáng. Tất nhiên, cần phải có thời gian để cơ học lượng tử hoàn thành nhiệm vụ đó. Và cũng càng cần phải có nhiều thời gian hơn vì các lỗ đen là nặng hơn (tuổi thọ của lỗ đen tỷ lệ với lập phương khối lượng của nó). Nhưng cơ học lượng tử chẳng đi đâu mà vội. Nó có cả một khoảng thời gian vô tận phía trước...

Như chúng ta đã thấy, cơ học lượng tử không thể bắt đầu hành động làm bay hơi bất cứ lúc nào mà nó muốn. Nó phải đợi cho tới khi vũ trụ đủ lạnh. Thực tế, cũng như nước sôi chỉ có thể bay hơi khi nó tiếp xúc với không khí lạnh hơn (nhiệt chỉ truyền từ nóng sang lạnh chứ không ngược lại), các lỗ đen cũng chỉ có thể bay hơi khi chúng nóng hơn bức xạ hóa thạch bao quanh chúng. Nhiệt độ của lỗ đen có khối lượng cỡ Mặt trời chỉ là một phần mười triệu (10^{-7}) độ, của lỗ đen thiên hà là một phần mười triệu tỷ (10^{-16}) độ và của lỗ đen siêu thiên hà là một phần mười tỷ tỷ (10^{-19}) độ. Vào năm

thứ 10^{20} , vũ trụ đã đủ lạnh để cho các lỗ đen có khối lượng Mặt trời có thể bay hơi. Các lỗ đen thiên hà bắt đầu quá trình bay hơi dẫn đến tiêu vong của nó vào năm 10^{34} . Còn những lỗ đen siêu thiên hà thì phải đợi đến năm 10^{39} mới bắt đầu quá trình chuyển hóa thành ánh sáng. Thời gian sẽ qua đi và cơ học lượng tử vẫn kiên nhẫn làm công việc của mình. Các lỗ đen có khối lượng cỡ Mặt trời chuyển đổi hoàn toàn thành ánh sáng vào năm 10^{65} . Rồi năm vũ trụ 10^{92} tới và bây giờ đến lượt các lỗ đen thiên hà biến mất. Các lỗ đen siêu thiên hà sẽ chịu chung số phận đó vào năm 10^{100} (xem Phụ lục 3). Tất cả chỉ chiếu sáng ngắn ngủi bóng đêm dày đặc trong cơn hấp hối bùng nổ phát sáng của chúng. Vào thời gian cực kỳ xa nữa, sẽ chỉ còn các sao neutron, sao lùn đen, các hành tinh, các tiểu hành tinh, và các mảnh vỡ nhỏ bé khác, những kẻ thắng trong cuộc chơi trao đổi năng lượng và lạc ra khỏi các thiên hà mẹ, nhảy vào đại dương bao la của bức xạ luôn luôn giá lạnh hơn (nhiệt độ của nó sẽ chỉ còn 10^{-60} độ trên độ không tuyệt đối vào năm 10^{100}).

Kim cương cũng không phải là vĩnh cửu

Trong xã hội chúng ta, kim cương vừa là tượng trưng cho sự giàu sang vừa là tượng trưng cho tính vĩnh cửu. Nó không chỉ trang điểm cho vòng cổ của những người phụ nữ sang trọng mà cũng còn được xem là thứ bền vững mãi mãi, không thể hao mòn, vì trong các khoáng tự nhiên nó là cứng nhất. Sự bất tử của kim cương đã được kiểm chứng một cách chắc chắn ở thang 100 năm của đời người, 2 triệu năm của loài người hoặc thậm chí cả 15 tỷ năm của lịch sử vũ trụ. Nhưng điều đó sẽ không còn đúng nữa ở thang 10^{65} năm. Vào cuối thời gian rất dài này, nhiệt độ của kim cương sẽ ở gần không

độ tuyệt đối tới mức các nguyên tử tạo nên nó cần phải đông cứng trong một cấu trúc tinh thể vĩnh cửu, được gắn kết bằng lực điện từ. Sẽ đúng là như thế nếu cơ học cổ điển là người có quyền nói tiếng nói cuối cùng. Nhưng lại một lần nữa, cơ học lượng tử không đếm xỉa đến những điều cấm đoán của cơ học cổ điển. Nó giải phóng các nguyên tử ra khỏi sự đông cứng và tháo bỏ cho chúng khỏi xiềng xích của các lực điện từ. Khi đó, các nguyên tử dần dần sẽ rời khỏi vị trí của mình, lượn quanh trong kim cương và sẽ được sắp xếp lại. Kim cương rắn bây giờ có tính chất như một chất lỏng, nó có thể thay đổi hình dạng tùy thích. Vốn xưa nay được chế tác một cách tinh xảo nhờ bàn tay khéo léo của những người thợ kim hoàn, giờ đây, dưới tác dụng của lực hấp dẫn, chúng chỉ còn ở dạng cầu, mòn sáo.

Nhưng cơ học lượng tử vẫn còn chưa kết thúc công việc của mình. Khi đó nó còn thử làm thay đổi ngay cả bản chất các nguyên tử của kim cương. Tự nhiên vốn lười nhác. Nó theo đuổi một chính sách tốn ít công sức nhất và không muốn chi nhiều năng lượng hơn mức cần thiết. Toàn bộ hệ thống cần phải tiến hóa tới trạng thái có năng lượng cực tiểu. Trong thế giới nguyên tử, trạng thái sắt là trạng thái có năng lượng nhỏ nhất. Sắt vốn là đứa con cưng của tự nhiên. Tự nhiên đã ban cho nó một cấu trúc bền vững nhất có thể có được (hạt nhân của nó gồm 26 proton và 30 neutron) và muốn rằng toàn bộ vật chất nguyên tử đều sẽ trở thành sắt. Cơ học lượng tử đã buộc các hạt nhân nguyên tử nặng hơn sắt phải phân hạch và bỏ đi những proton và neutron dư thừa. Còn những hạt nhân nhẹ hơn thì phải tổng hợp với nhau để có thêm những proton và neutron còn thiếu. Tất cả rồi sẽ biến thành sắt. Bạn chắc còn nhớ, đây chính là các phản ứng tổng hợp hạt nhân đã làm cho các ngôi sao phát sáng. Chúng xảy ra ồ ạt trong lõi của các ngôi sao được nung nóng đến

hàng chục triệu độ. Trong sự băng giá của vũ trụ tương lai, những phản ứng này xảy ra hiếm hoi hơn rất nhiều. Cần phải có thời gian, rất nhiều thời gian, chúng mới có thể xảy ra. Cơ học lượng tử sẽ phải mất 10^{1500} mới có thể biến toàn bộ vật chất thành sắt. (Những chủ nhân may mắn của các hạt kim cương có thể ăn ngon ngủ yên: vì không phải ngay ngày mai, khi thức dậy thì các đồ trang sức quý giá của họ đã biến thành các cục sắt). Thời đại mới của sắt bắt đầu. Bên ngoài các sao neutron, tất cả đều trở thành các quả cầu sắt, từ những hạt bụi nhỏ cho tới các sao lùn đen có khối lượng cỡ vài ba Mặt trời, rồi đến các hành tinh và các tiểu hành tinh. Những phản ứng hạt nhân tạo thành sắt tỏa năng lượng, nhưng cũng không ngăn cản được sự lạnh đi không cưỡng nổi của vũ trụ tới không độ tuyệt đối (nhiệt độ khi đó cỡ 10^{-1000} độ).

Những quả cầu sắt vẫn chưa nằm thấp nhất trong thang năng lượng. Dưới nó còn có các quả cầu neutron và lỗ đen còn thấp hơn nữa. Một lần nữa cơ học lượng tử lại ra tay. Nó sẽ biến những hạt nhân sắt thành các neutron. Proton trong những hạt nhân này sẽ kết hợp với các electron để biến thành neutron và neutrino. Các neutrino sẽ mất hút trong không gian trong khi những quả cầu sắt biến hóa thành những quả cầu neutron. Và vũ trụ bây giờ bước vào thời kỳ neutron. Trong khi đó cơ học lượng tử vẫn kiên trì công việc của mình. Giờ đây nó bắt đầu biến hầu hết vật chất thành các lỗ đen. Nó cho phép các neutron trong những vật thể neutron vốn xếp hàng thẳng tắp thành những mạng tinh thể như hàng ngũ chỉnh tề của một đội quân có kỷ luật có thể chệch khỏi hàng ngũ đôi chút. Một số neutron ở bề mặt sẽ lạc vào không gian. Một số khác rơi về phía tâm và tích tụ ở đó và làm cho các quả cầu neutron co lại thành các lỗ đen. Sự biến hóa các quả cầu sắt ban đầu thành các quả cầu

neutron, rồi sau đó thành các lỗ đen sẽ được chào đón bằng vô số những chùm pháo hoa giải phóng neutrino và tia X, nhưng cũng còn có cả ánh sáng thấy được, giải thoát cho vũ trụ ra khỏi bóng đêm dày đặc trong chốc lát.

Tất cả những điều này diễn ra cực kỳ chậm chạp. Vào cuối giai đoạn này, vũ trụ đã có tuổi cỡ $10^{10^{76}}$ năm (tuổi chính xác phụ thuộc vào khối lượng nhỏ nhất khả dĩ bị co lại thành lỗ đen). Một cái tuổi thật không thể hình dung nổi. Để viết ra toàn bộ con số này tôi phải viết con số 1 và tiếp sau nó là các con số 0 với số lượng bằng số nguyên tử hydrogen trong hàng trăm tỷ thiên hà của vũ trụ quan sát được. Toàn bộ số sách được viết từ buổi bình minh của loài người cho đến nay cũng không chứa hết con số đó. Thậm chí giả dụ tôi có đủ giấy viết cần thiết đi nữa, tôi cũng không thử làm việc đó. Nếu đặt một con số 0 hết 1 giây, thì tôi sẽ phải mất 10^{68} năm mới viết xong con số đó. Vào lúc đó thì tất cả các thiên hà và đám thiên hà đã biến thành lỗ đen và các lỗ đen có khối lượng cỡ Mặt trời đã bay hơi hết.

Trong một tương lai xa xôi như thế (xem Bảng 2), những lỗ đen bay hơi trong một thời gian tương đối ngắn. Chẳng hạn, gần như toàn bộ vật chất (kể cả những viên kim cương quý giá của chúng ta) đều kết thúc cuộc đời của mình thành ánh sáng. Vũ trụ sẽ chỉ còn là một đại dương các photon và neutrino (cũng như các hạt khác hiếm hoi hơn như proton và electron) mà từ đó mỗi ngày nhiệt lại mất đi một chút. Nhiệt độ ngày càng tiến dần đến không độ tuyệt đối nhưng không bao giờ đạt tới nó. Đây đó, rải rác trong bóng đêm băng giá vẫn còn trôi nổi những hạt bụi cực nhỏ (khối lượng chưa tới 20 microgram và không thể biến thành lỗ đen) được cuốn theo sự giãn nở của vũ trụ. Vũ trụ vẫn tiếp tục quá trình giãn nở của nó,

ngày một loãng hơn: nó sẽ “rỗng” dần vật chất và bức xạ. Nhưng “chân không” cũng không bao giờ đạt được một cách hoàn toàn. Những hạt ma, hiện rồi lại biến, do sự vay và trả năng lượng cho nhà băng Tự nhiên, được cho phép bởi sự nhòe lượng tử về năng lượng, vẫn còn lẩn quất ở đó vĩnh viễn.

Bảng 2
Tương lai xa của một vũ trụ mở

Thời gian (tính bằng năm)	Sự kiện
10^{12}	Các ngôi sao sẽ tắt.
10^{18}	Các thiên hà sẽ trở thành các lỗ đen thiên hà
10^{27}	Các đám thiên hà sẽ trở thành các lỗ đen siêu đám thiên hà.
$[10^{32} - 10^{36}]$	[Các proton sẽ chết.]
10^{100}	Các lỗ đen sẽ bay hơi.
10^{1500}	Toàn bộ vật chất (ở ngoài các sao neutron) sẽ biến thành các quả cầu sắt.
$10^{10^{76}}$	Các ngôi sao neutron và các quả cầu sắt sẽ co lại thành các lỗ đen. Các lỗ đen này sẽ bay hơi thành ánh sáng.

Proton bất tử hay sẽ chết?

Kim cương không phải là vĩnh cửu. Cuối cùng rồi chúng cũng sẽ co lại thành các lỗ đen và bay hơi thành ánh sáng. Nhưng điều này phải mất một thời gian gần như là vô hạn. Con số mô tả khoảng thời gian này dài tới mức người ta không thể viết ra toàn bộ được, ngay cả khi dành cả đời người để làm việc đó. Cái chết của kim cương có thể sẽ xảy ra trong thời hạn ngắn hơn rất nhiều, nếu như một tiên đoán của các lý thuyết mới về thống nhất các lực được chứng tỏ là đúng. Tiên đoán này tước đi tính bất tử của proton, hạt mà cho tới nay người ta vẫn xếp vào hàng của bốn hạt bất tử cùng với photon, neutrino và electron. Tất cả các hạt còn lại đều sẽ phân rã sau một khoảng thời gian nào đó dưới tác dụng của các lực điện từ hoặc lực hạt nhân yếu, thành các hạt nhẹ hơn. Chúng ta đã biết rằng neutron ở trạng thái tự do trung bình chỉ sống được 15 phút.

Theo các lý thuyết thống nhất lớn, proton bị đẩy xuống hàng các hạt “trần thế”, nhưng vẫn còn một tuổi thọ rất đáng kính nể. Nó chỉ phân rã sau một khoảng thời gian cỡ 10^{32} năm hoặc còn lâu hơn nữa. Nhưng người ta chưa bao giờ quan sát thấy một proton chết cả. Mặc dù cơ thể chúng ta có tới 3×10^{28} proton, nhưng cũng phải đợi ít nhất là 3000 năm, tức là gấp 30 lần thời gian của một đời người, mới có một proton biến mất. Để bổ khuyết cho sự ngắn ngủi của đời người, các nhà vật lý vốn luôn luôn khẩn trương đã rình rập cái chết của proton trong những khối chất lớn. Trong 1000 tấn vật chất, có khoảng 5×10^{32} proton và trung bình sẽ có 5 proton cần phải phân rã trong 1 năm. Những thí nghiệm này thường được tiến hành ở sâu trong lòng đất hàng kilometre để chắn các proton và electron do các sao siêu mới phóng ra có trong tia vũ trụ (tương tác của các tia vũ trụ với khối chất có thể dễ lẫn với cái chết của proton). Một

hầm mỏ vàng bị bỏ hoang đã lâu ở bang Nam Dakota (Hoa Kỳ), một mỏ khác ở gần Bangalore, Ấn Độ và hai đường hầm dưới dãy núi Mont Blanc (Pháp) đã góp phần vào những thí nghiệm này. Các nhà vật lý rình rập cái chết của proton đã có mặt ở đây thay cho những người tìm vàng. Nhưng cho tới tận nay, không một proton nào được phát hiện là đã phân rã. Vậy liệu các proton có gắn với bất tử hơn là người ta đã nghĩ không? Công việc vẫn đang còn tiếp tục...

Trong mọi trường hợp, nếu proton sẽ chết, thì số phận của vũ trụ mở sẽ rẽ hẳn sang một ngã khác sau khi hình thành các lỗ đen thiên hà và siêu đám thiên hà. Những mảnh vỡ đầy rẫy trong không gian cũng sẽ chịu một số phận hoàn toàn khác. Các sao lùn đen và sao neutron sẽ phải chứng kiến hàng năm có tới 10^{25} đến 10^{57} proton của chúng bị phân rã thành positron (phản hạt của electron), neutrino và photon. Các neutrino vốn luôn khước từ các tương tác, sẽ chuẩn khỏi các xác sao chết này để mất hút trong khoảng bao la của vũ trụ. Những hạt khác sẽ bị các sao hấp thụ trở lại khiến cho chúng hơi bị nóng lên, tới nhiệt độ 3^0K đối với các sao lùn đen có khối lượng nhỏ nhất và tới 100^0K đối với các sao neutron. Các sao chết khi đó gần như sống lại đôi chút. Chúng phát sáng rất yếu cho tới tận năm 10^{30} . Khi tới năm 10^{33} , tất cả các proton sẽ phân rã hết thì các sao chết cũng chấm dứt sự tồn tại của chúng. Những viên kim cương quý giá của chúng ta và các vật khác trong vũ trụ cũng sẽ chịu chung số phận đó. Vũ trụ sẽ chỉ còn là một đại dương mênh mông lênh láng của các hạt electron, positron, neutrino và photon. Đây đó cũng còn một số đảo nhỏ không nhìn thấy, đó là những lỗ đen thiên hà và siêu thiên hà. Những đảo này kéo lê sự tồn tại của chúng cho đến tận năm 10^{100} , như trước.

Thế còn số phận của các positron và electron? Nếu chúng có thể ôm siết nhau, chúng sẽ cũng lập tức biến thành ánh sáng. Một vũ trụ

mở trong đó mật độ vật chất nhỏ hơn mật độ tới hạn, sẽ loãng tới mức các electron và positron rất hiếm có cơ hội gặp nhau. Trong số 10^{42} cặp electron-positron, chỉ có khoảng 1 cặp là có thể nằm trong vòng tay của nhau để biến thành ánh sáng. Các electron và các phản hạt của chúng sẽ còn sống tách rời nhau rất lâu nữa.

Trong trường hợp vũ trụ đặc hơn, chẳng hạn với mật độ bằng mật độ tới hạn, các hạt cũng vẫn còn rất cách xa nhau - khoảng cách trung bình giữa chúng cỡ 1 tỷ lần lớn hơn kích thước của vũ trụ quan sát được ngày hôm nay - nhưng cũng đủ gần để các lực điện từ có thể tác dụng và liên kết 1 electron với 1 positron, tạo thành các nguyên tử positroni khổng lồ. Trong phòng khiêu vũ mênh mông với kích thước cỡ 1 tỷ tỷ năm ánh sáng của nguyên tử positroni, cơ học lượng tử cho phép các electron nhảy múa quay cuồng cho tới khi chạm vào positron sau khoảng 10^{120} năm và biến thành ánh sáng.

Cũng như trong trường hợp proton bất tử, vũ trụ mở cuối cùng sẽ trở thành một biển của photon, neutrino cộng thêm các positron nhưng sẽ không có các proton và các hạt bụi cực nhỏ. Chỉ có điều con đường chết của proton sẽ diễn ra nhanh hơn nhiều so với con đường co lại của các quả cầu sắt thành các quả cầu neutron và các lỗ đen. Với tốc độ viết một số 0 mất 1 giây, tôi sẽ chỉ cần 2 phút để viết xong toàn bộ con số 10^{120} .

Lò lửa địa ngục

Do những con quỷ có khối lượng lớn, chẳng hạn như những “Nhân hút lớn”, có nguy cơ lang thang trong bóng đêm vũ trụ, do dân số cực kỳ đông đảo của các hạt sinh ra trong những phần giây tồn tại đầu tiên của vũ trụ và từ trí tưởng tượng đầy sáng tạo của các

nhà vật lý, có thể choán đầy vũ trụ bằng khối lượng của chúng, nên khả năng tồn tại một vũ trụ kín có mật độ cao hơn mật độ tới hạn cũng không thể loại trừ. Khi đó sự giãn nở vũ trụ sẽ dừng và vũ trụ sẽ tự co lại. Bóng đêm băng giá sẽ được thay thế dần bằng ánh sáng và nhiệt và ngọn lửa địa ngục sẽ thay thế cho sự lạnh lẽo hiu quạnh.

Tương lai của một vũ trụ kín sẽ diễn ra với một nhịp độ được quy định bởi mật độ vật chất. Mật độ này sẽ làm kìm hãm quá trình giãn nở bằng lực hấp dẫn mà nó tác dụng. Sự dừng lại của quá trình giãn nở càng chậm nếu mật độ càng nhỏ và do đó cả lực hấp dẫn nữa càng nhỏ. Một vũ trụ có mật độ đúng bằng mật độ tới hạn sẽ giãn nở mãi mãi nhưng ngày càng chậm dần. Số phận của nó cũng không khác gì số phận của một vũ trụ mở. Một vũ trụ có mật độ gần hai lần mật độ tới hạn (tức là chứa 6 nguyên tử hydrogen trong 1m^3) sẽ ngừng giãn nở sau 40 tỷ năm (khi đó tuổi của nó sẽ là 50 tỷ năm).

Bây giờ chúng ta hãy đi cùng vũ trụ thứ hai này và chia sẻ những biến cố của nó. Trong giai đoạn đầu, những sự kiện trong vũ trụ kín cũng giống như trong vũ trụ mở. Ba tỷ năm sau đó, trước hết, đám mây Magellan lớn bị tiêu diệt bởi thiên hà ăn thịt đồng loại, rồi xảy ra sự va chạm lớn với thiên hà Andromede sau 3,7 tỷ năm. Tiếp đó, sau khoảng 4,5 tỷ năm, Mặt trời phồng lên thành sao khổng lồ, lượng nhiệt tăng lên lớn tới mức sự sống phải rút khỏi Trái đất và cái chết của Mặt trời để lại một xác sao tị nghiệp, đó là một sao lùn trắng mà sau đó khoảng vài chục tỷ năm sẽ biến thành một sao lùn đen. Vũ trụ vẫn tiếp tục giãn nở nhưng giảm tốc dần. Các thiên hà vẫn còn đủ thời gian để tạo ra nhiều thế hệ các sao nữa và những nghĩa địa sao ngày càng được bổ sung nhiều xác sao mới.

Rồi tới năm 50 tỷ. Vũ trụ đã tăng gấp ba lần kích thước của nó.

Khoảng cách giữa các thiên hà, thay vì 1 triệu, bây giờ trung bình là 3 triệu năm ánh sáng. Nhiệt độ của bức xạ hóa thạch bây giờ giảm đi ba lần, chỉ còn là 1°K trên không độ tuyệt đối. Lực hút hấp dẫn cuối cùng đã giành chiến thắng trước lực đẩy gây ra bởi vụ nổ ban đầu. Chính lực hấp dẫn từ nay sẽ là người dẫn dắt vũ điệu. Vũ trụ bắt đầu co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn riêng của nó. Các thiên hà ngừng chạy ra xa nhau, chúng đảo hướng chuyển động và bắt đầu rơi về phía nhau. Hậu thế của chúng ta sẽ thấy ánh sáng của các thiên hà ở gần dịch về phía xanh (do hiệu ứng Doppler). Ánh sáng của những thiên hà xa nhất thì vẫn còn dịch về phía đỏ, vì tin tức về sự co lại của vũ trụ trong những vùng xa (được thể hiện bởi sự dịch về phía xanh của ánh sáng tới từ các thiên hà đó) phải hàng chục tỷ năm sau mới tới được với chút chút... chút của chúng ta.

Vũ trụ tiếp tục quá trình co lại của mình trong khoảng 100 tỷ năm mà không có điều gì đặc biệt xảy ra. Các thiên hà cũng vẫn tiếp tục tiến lại gần nhau. Bức xạ hóa thạch bị nén trong một vũ trụ ngày một nhỏ hơn sẽ nóng dần lên. Khi vũ trụ đã co lại được khoảng một phần năm kích thước hiện nay của nó, các đám thiên hà bị ép sát nhau như những con cá mòi trong hộp sẽ bắt đầu quá trình hợp nhất lại và mất dần bản sắc của mình. Những sự kiện này diễn ra với tốc độ ngày càng cao. Khoảng 900 triệu năm sau nữa, và trong một vũ trụ nhỏ chỉ còn bằng một phần trăm vũ trụ hiện nay của chúng ta, sẽ đến lượt các thiên hà sát nhập với nhau và mất dần diện mạo riêng của chúng. Vũ trụ bây giờ sẽ là một cánh đồng sao mờ mịt trong bức xạ hóa thạch ở nhiệt độ 300°K (tức 27°C), nghĩa là nóng không kém gì Trái đất hiện nay. Sự co lại của vũ trụ đã truyền cho các sao này nhiều năng lượng khiến chúng lướt trong không gian với vận tốc tới 3000km/s .

Sự co lại vẫn tiếp tục: 100 triệu năm nữa trôi qua và vũ trụ đã nhỏ đi, chỉ còn bằng một phần ngàn vũ trụ hiện nay. Bức xạ hóa thạch được nung nóng tới 3000°K , gần như nhiệt độ ở bề mặt của các sao. Đêm tối sẽ biến mất. Ánh sáng của bầu trời cũng sẽ chói lòa như ánh sáng Mặt trời. Các ngôi sao lướt trong không gian với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng (300.000km/s) khiến cho chúng bị dẹt lại như những chiếc bánh rán. Sau 900.000 năm nữa, nhiệt độ sẽ đạt tới 10.000°K . Bề mặt của các sao bắt đầu bay hơi. Các phân tử, rồi nguyên tử trong bầu khí quyển của các sao không còn chịu nổi sức nóng ghê gớm đó và bắt đầu phân ly, giải phóng các hạt nhân và electron choán đầy không gian. Ánh sáng sẽ ngày càng khó mở đường xuyên qua cánh rừng rậm electron. Vũ trụ trở nên hoàn toàn không trong suốt, như trong 300.000 năm tồn tại đầu tiên của nó. Sự tiến hóa diễn ra một cách dồn dập. Nhiệt độ tiếp tục tăng. Các ngôi sao bay hơi ngày càng nhiều thành các hạt nhân và electron. 100.000 năm sau nữa, nhiệt độ của vũ trụ sẽ đạt tới 10 triệu độ K, nóng không kém gì ở tâm Mặt trời. Nhiệt độ cực cao này sẽ khởi phát các phản ứng hạt nhân trong các sao và gây ra cái chết bùng nổ của chúng. Trong cảnh nhốn nháo của các vụ nổ hạt nhân ấy, các ngôi sao bay hơi thành các chùm hạt nhân, electron và photon. Các hạt nhân được giải phóng không thể chịu nổi trong một lò thiêu đốt như thế sẽ phân rã rất nhanh thành proton và neutron.

Vũ trụ lúc này gần như lấy lại gương mặt trẻ thơ xưa kia của mình: cũng vẫn là một đại dương của các hạt và ánh sáng như trước, nhưng bây giờ rải rác còn nhiều lỗ đen, xác của những ngôi sao chết ngày xưa. Những lỗ đen tham ăn này hấp tấp đớp tất cả những gì đi qua gần nó, bất kể là các hạt hay ánh sáng, để càng béo lên và càng tăng tính háu ăn của mình. Sự tăng trưởng của chúng

ngày càng được tăng tốc. Một số sáp nhập với nhau và ngày càng có nhiều những thứ chứa trong vũ trụ bị chúng nuốt chửng. Các sự kiện diễn ra với tốc độ ngày càng cao. Trong một ngàn năm sau đó, cửa ải 10.000 tỷ độ K sẽ được vượt qua. Năng lượng của các photon bây giờ cao tới mức chúng có thể sinh ra các cặp hạt-phản hạt. Các phản-electron và phản-proton xuất hiện. Rồi các proton, neutron và các phản-hạt của chúng bị phá vỡ, giải phóng các quark và phản-quark. Món súp vũ trụ trở thành một hỗn hợp của các quark, electron, neutrino và các phản hạt của chúng. Ba lực (điện từ, hạt nhân mạnh và yếu) hợp nhất thành một, còn lực hấp dẫn vẫn ương ngạnh đứng tách ra ngoài. Tất cả sẽ diễn ra như cuốn phim về Big Bang quay ngược lại trừ một điều là, vũ trụ bây giờ không đồng nhất hơn nhiều do sự có mặt của nhiều lỗ đen. Vũ trụ vẫn tiếp tục co lại (cho tới tận 10^{-28} cm, tức là 1 triệu tỷ lần nhỏ hơn đường kính của hạt nhân nguyên tử hydrogen) và được nung nóng lên đến một nhiệt độ định mệnh 10^{32} độ. Đến đây, chúng ta không thể đi cùng với vũ trụ xa hơn nữa trong quá trình tiếp tục co lại của nó. Cái chết tối hậu của nó (Big Crunch - Vụ co lớn) lảng tránh chúng ta cũng như những khoảnh khắc chào đời ngay đầu tiên của nó sau Vụ nổ lớn (Big Bang). Bức tường Planck, giới hạn của tri thức, lúc đó sẽ chắn ngay trước mặt chúng ta. Những định luật đã biết của vật lý học sẽ dừng lại ở đây và chúng ta không thể ngoại suy xa hơn nữa (Bảng 3).

Bảng 3

Các sự kiện diễn ra ngược tới Vụ co lớn của một vũ trụ kín

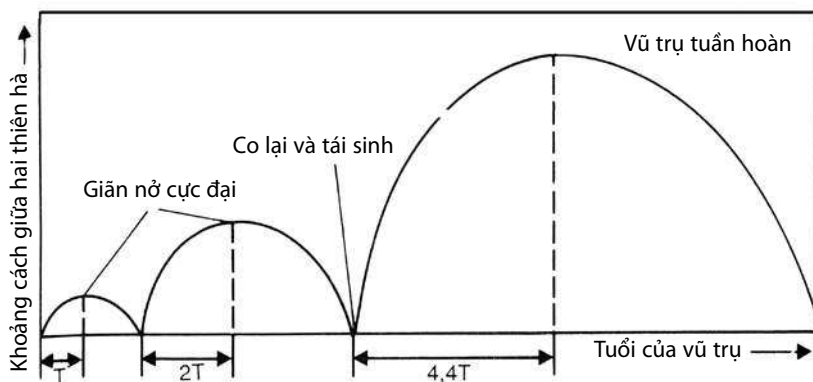
Thời gian trước Vụ co lớn (tính bằng năm)	Sự kiện
- 10^9	Các đám thiên hà hợp nhất.
- 10^8	Các thiên hà hợp nhất.
- 10^6	Các sao dẹt đi như chiếc bánh rán, lướt trong không gian với vận tốc gần vận tốc ánh sáng.
- 10^5	Các lớp bao ngoài các sao bay hơi thành các hạt sơ cấp. Ánh sáng không thể truyền đi: vũ trụ trở nên hoàn toàn không trong suốt.
- 10^3	Các ngôi sao bùng nổ. Các lỗ đen, xác chết của các ngôi sao xua, nuốt vật chất xung quanh và lớn lên rất nhanh.
- 1	Vũ trụ chứa đầy món súp quark, electron, neutrino và các phản hạt của chúng.

Vũ trụ có tuần hoàn không?

Điều gì sẽ xảy ra sau bức tường Planck? Liệu vũ trụ có chết trong mật độ và nhiệt độ vô hạn hay không? Hay có một cơ chế còn chưa biết sẽ làm dừng Vụ co lớn, cho phép vũ trụ “bật trở lại” và bắt đầu

một Big Bang mới? Liệu nó có thể, như con chim phượng hoàng, tái sinh từ đống tro tàn của nó hay không? Liệu nó có trải qua một loạt các chu kỳ giãn nở và co lại kế tiếp nhau hay không? Những câu hỏi này sẽ không có câu trả lời chừng nào chúng ta còn chưa biết cách mô tả hấp dẫn trong thế giới các hạt vô cùng bé. Trong mọi trường hợp, có điều này là chắc chắn: các vòng tuần hoàn có thể kế tiếp nhau, nhưng chúng sẽ không giống nhau. Mỗi một vòng kế tiếp sẽ nhận được thêm năng lượng, bởi vì sự nóng lên trong quá trình co lại sẽ thắng sự lạnh đi trong quá trình giãn nở. Sự có thêm năng lượng này làm cho vũ trụ nở ra ngày càng mạnh hơn trước khi co lại. Nghĩa là các vòng tuần hoàn sẽ được kéo dài ra (H.56). Mỗi một vòng lại được thu hoạch một vụ mới các lỗ đen cùng với phần mất trật tự (hay entropy) của nó. Vũ trụ kế tiếp sẽ càng trở nên không đồng nhất hơn và mất trật tự hơn. Thực tế là vũ trụ của chúng ta cực kỳ đồng nhất ở giai đoạn ban đầu của nó, như bức xạ hóa thạch đã chứng tỏ, ngụ ý rằng nếu vũ trụ là tuần hoàn, thì chúng ta ở một trong những vòng ngay đầu tiên của nó (điều này hẳn không vừa lòng bóng ma Copernicus, vì nó hàm ý rằng chúng ta sống vào một thời điểm đặc ân trong lịch sử vũ trụ) hoặc rằng, vũ trụ sau bức tường Planck đã biết tẩy đi tất cả những thứ “xù xì” do các lỗ đen gây ra và lập lại trật tự trong cái không trật tự.

Một câu đố cuối cùng liên quan đến mũi tên thời gian. Chúng ta đã biết rằng, hướng của mũi tên thời gian vũ trụ - cũng trùng với hướng của thời gian tâm lý và thời gian nhiệt động học - có liên quan với sự giãn nở của vũ trụ. Điều này phải chăng có nghĩa là hướng của thời gian vũ trụ sẽ đảo ngược trong vũ trụ đang co lại? Nhưng nếu thời gian tâm lý cũng làm đúng như vậy, thì liệu hậu thế của chúng ta có ấn tượng rằng chúng vẫn đang sống trong



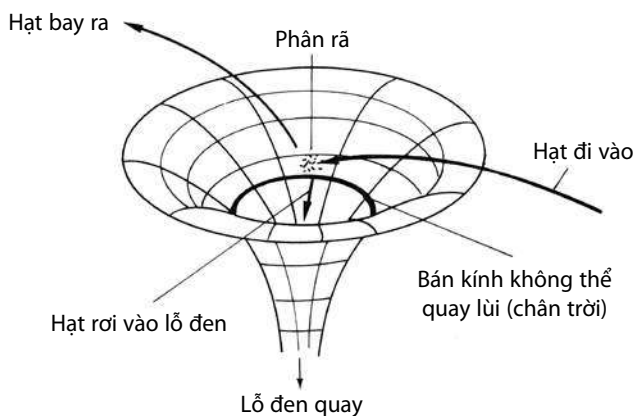
Hình 56. Một vũ trụ tuần hoàn. Một vũ trụ kín (xem H.51) tự co lại liệu có thể được tái sinh từ đống tro tàn của nó, như con chim phượng hoàng, để bắt đầu một vòng mới, có thể với các định luật vật lý mới không? Không ai biết điều đó, vì vật lý học hiện thời hoàn toàn mất cơ sở ở những mật độ và nhiệt độ vô cùng lớn. Trong mọi trường hợp, thậm chí nếu vũ trụ có bắt đầu một vòng tuần hoàn mới, thì những vòng kế tiếp sau sẽ không giống nhau. Vũ trụ sẽ ngày càng tích tụ được nhiều năng lượng hơn sau mỗi vòng, điều này sẽ dẫn đến hậu quả là, mỗi vòng tiếp sau sẽ kéo dài hơn và kích thước cực đại của vũ trụ cũng ngày càng lớn hơn.

một vũ trụ đang giãn nở hay không? Lại một lần nữa không có câu trả lời dứt khoát. Ngay ban đầu, chẳng có gì đặc biệt xảy ra khi vũ trụ bắt đầu co lại: ánh sáng của các thiên hà xa vẫn tiếp tục dịch về phía đỏ và chỉ dịch sang xanh sau cả tỷ năm. Nếu vậy, thì thời gian đổi hướng để làm gì?

Thuần dưỡng các lỗ đen

Tương lai của vũ trụ không phải là màu hồng. Tùy theo mật độ vật chất chứa trong đó mà vũ trụ sẽ bị nghiền nát trong lò lửa địa ngục hoặc là bị kéo giãn mãi mãi trong băng giá. Vậy thì liệu sự sống có được duy trì trong một tương lai xa như thế không? Cứ cho rằng

hậu thế của chúng ta có đủ khôn ngoan để tránh được sự tự sát hạt nhân và sinh thái, rằng nhịp độ tiến bộ của công nghệ không hề bị chậm lại, thử hỏi chúng sẽ phải áp dụng những chiến lược gì để sống sót và duy trì được tính khả trú của vũ trụ? Chúng ta sẽ chỉ cần quan tâm tới vấn đề sống sót của hậu thế tiềm tàng của chúng ta trong một vũ trụ mở. Thực vậy, đối với một vũ trụ kín, vấn đề này sẽ được giải quyết một cách nhanh chóng. Hoàn toàn không có một cơ may nào để cho chút chít chít...chít của chúng ta thoát ra được: trong vài chục tỷ năm nữa chúng sẽ bị hủy diệt trong lò thiêu địa ngục. Nhiệt độ vô hạn sẽ xóa sạch mọi dạng của sự sống.



Hình 57. Khai thác các lỗ đen. Để trích ra năng lượng từ các lỗ đen (được biểu diễn trên hình bằng không gian cong) cần phải gửi cho chúng các hạt phóng xạ. Một hạt như vậy có thể sẽ phân rã thành hai hạt mới ở ngay phía ngoài bán kính không thể quay lùi của lỗ đen. Một trong hai hạt mới đó bị nuốt chửng bởi lỗ đen còn hạt kia sẽ thoát ra ngoài với năng lượng còn lớn hơn cả năng lượng của hạt phóng xạ ban đầu. Năng lượng thu được này (mà người ta có thể khai thác để cung cấp cho nhu cầu năng lượng của chúng ta) có được với cái giá phải trả là năng lượng quay của lỗ đen sẽ giảm dần, tức là chúng sẽ quay chậm dần.

Chính cơ chế này cũng sẽ vận hành khi các lỗ đen bay hơi. Nhưng cặp hạt, thay vì là các sản phẩm phóng xạ, bây giờ được vật chất hóa nhờ vay năng lượng được thỏa thuận của trường hấp dẫn mạnh bao quanh lỗ đen. Cũng như trước, một trong hai hạt này sẽ rơi vào lỗ đen trong khi đó hạt còn lại thoát ra ngoài mang theo năng lượng được vay của lỗ đen. Và như vậy, lỗ đen sẽ bay hơi một cách chậm chạp.

Sự sống sót trong một vũ trụ mở trước hết tùy thuộc vào sự tiếp cận được một nguồn năng lượng. Cái chết của Mặt trời sẽ không tránh khỏi dẫn tới một cuộc di trú giữa các vì sao và tìm kiếm một Mặt trời mới. Rồi đến lượt mình, sau khoảng chục tỷ năm, Mặt trời này cũng sẽ tắt và cuộc tìm kiếm một ngôi sao mới nữa lại bắt đầu. Và cứ như thế mãi, cho tới thời kỳ 1000 tỷ năm sau, khi mà tất cả các ngôi sao sẽ tắt và các thiên hà không còn phát sáng nữa. Đây là lúc cáo chung của kỷ nguyên năng lượng nhiệt hạch của các ngôi sao. Vũ trụ lúc này chỉ còn những cánh đồng bao la ngổn ngang những xác sao chết: đó là những sao lùn trắng, sao neutron và các lỗ đen. Một điều nghịch lý là bây giờ chỉ có những lỗ đen là có thể khai thác để lấy năng lượng. Hậu thế của chúng ta ban đầu có thể trích ra năng lượng quay của các thiên thể giấu mặt này. Bởi vì các lỗ đen, cũng giống như các sao, đều tự quay quanh mình chúng. Mặt trời quay một vòng hết hai mươi sáu ngày. Các sao đã co lại, tức là tự thu mình lại, sẽ còn quay nhanh hơn nữa, cũng như các vận động viên trượt băng nghệ thuật sẽ quay nhanh hơn khi họ thu mình lại bằng cách duỗi tay và áp sát dọc theo thân mình. Chẳng hạn, các sao neutron quay nhanh nhất có thể đạt tới gần 1000 vòng một giây. Tốc độ quay là một trong ba đại lượng chính đặc trưng cho một lỗ đen (hai đặc trưng khác là khối lượng và điện tích, nhưng điện tích thường bằng không vì các sao tiền bối nói chung là trung hòa về điện). Theo nhà vật lý người Anh Roger Penrose thì các hậu thế của chúng ta, để lấy năng lượng ra từ các lỗ đen, thì cần phải “nuôi” những con quỷ quay tít mù này bằng các chất thải phóng xạ. Nếu một hạt phóng xạ đi vào cái miệng há hốc của lỗ đen được tách làm hai trước khi vượt qua bán kính không thể quay lui, thì một trong hai hạt mới đó sẽ bị lỗ đen nuốt chửng, nhưng hạt còn lại, trong những điều kiện nhất định, có thể sẽ thoát ra ngoài với năng

lượng còn lớn hơn cả hạt phóng xạ ban đầu, vì nó mang theo một phần năng lượng quay của lỗ đen và lỗ đen sẽ quay chậm lại một chút. Hậu thế của chúng ta chỉ cần thu hồi những hạt thoát ra đó. Làm như vậy là họ ném hòn đá trúng hai đích: thứ nhất là loại bỏ được những chất thải phóng xạ độc hại, hai nữa là cung cấp được năng lượng cần thiết (H.57).

Nhưng họ sẽ phải luôn luôn dè chừng. Thời kỳ từ 10^{12} đến 10^{27} năm là một thời kỳ có rất nhiều xáo trộn: những xác sao chết tham gia vào cuộc chơi trao đổi năng lượng và kết cục là 90% lỗ đen bị hất ra khỏi thiên hà mẹ. Hậu thế của chúng ta sẽ phải lập tức rời bỏ lỗ đen đã được khai thác xong, ngay khi nó có nguy cơ bị hất ra, để phòng không bị cùng hất ra khoảng không bao la giữa các thiên hà. Họ sẽ phải đi tìm một lỗ đen khác trong thiên hà và sự khai thác lại được bắt đầu. Sau một thời gian di trú dài hết từ lỗ đen này sang lỗ đen khác, cuối cùng họ sẽ có mặt ở tâm thiên hà để khai thác lỗ đen thiên hà có khối lượng gấp 1 tỷ lần khối lượng Mặt trời, sản phẩm của sự kết tập các lỗ đen bị thua trong cuộc chơi trao đổi năng lượng. Trải qua những cuộc di trú tương tự, các nền văn minh khác trong thiên hà (nếu như chúng tồn tại) cuối cùng cũng lại sẽ tới chính lỗ đen thiên hà này. Tất cả đều tụ tập ở mép của lỗ đen có bán kính không thể quay lui 3 giờ ánh sáng này (cỡ kích thước của hệ Mặt trời). Họ sẽ có những cuộc đàm phán lớn với nhau và cùng nhau khai thác lỗ đen đó. Khi năng lượng quay của lỗ đen đã cạn kiệt, họ lại phải tới khai thác lỗ đen siêu thiên hà, có khối lượng gấp 1000 tỷ (10^{12}) lần khối lượng Mặt trời. Nhưng rồi chính lỗ đen này cũng sẽ mất dần năng lượng quay của nó và sẽ quay chậm dần cho tới khi không quay nữa.

Khi đó hậu thế của chúng ta sẽ quay sang khai thác năng lượng

của bức xạ, kết quả bay hơi của các lỗ đen. Họ sẽ xây dựng những kho dự trữ lớn xung quanh các lỗ đen, bên ngoài bán kính không thể quay lui, để dự trữ năng lượng quý giá đó. Năng lượng này nhỏ hơn nhiều năng lượng trích ra từ sự quay của các lỗ đen. Hậu thế của chúng ta sẽ trở nên hết sức tiết kiệm. Họ buộc sẽ phải ngủ đông trong một thời gian dài để không tiêu tốn quá nhiều năng lượng. Trong khi đó, sự bay hơi làm cho khối lượng của các lỗ đen cứ nhỏ dần. Nhiệt độ của chúng tăng lên và sự mất vật chất cũng được gia tốc cho tới khi xảy ra sự bùng nổ cuối cùng. Để làm chậm cái chết của các lỗ đen, hậu thế của chúng ta bắt đầu cuộc săn tìm những rác rưởi trong vũ trụ: đó là những hành tinh, tiểu hành tinh, sao chổi, v.v... để nuôi những con quỷ lỗ đen này, làm cho chúng béo lên và do đó làm chậm quá trình bay hơi của chúng (thời gian sống của các lỗ đen tỷ lệ với lập phương khối lượng của chúng) (xem Phụ lục 3). Cũng như con người cổ đại thuần dưỡng các động vật hoang dã để phòng ăn thịt những khi đói, con người trong tương lai sẽ làm chủ và nuôi dưỡng các lỗ đen để hồng sống sót. Trong nỗ lực tối hậu của mình để làm chậm sự bay hơi cuối cùng, hậu thế của chúng ta thậm chí có thể còn phải hợp nhất các lỗ đen với nhau. Vào cuối 10100 năm, tất cả các lỗ đen thiên hà cũng như siêu thiên hà đều đã hóa thân hết thành bức xạ.

Những dạng khác của sự sống

Sự sống sẽ ra sao ở cuối khoảng thời gian dài đó? Liệu nó có thể tiếp tục tồn tại trong một vũ trụ có năng lượng hạn hẹp như vậy không? Liệu nó có thể sống sót khi phải đối mặt với cuộc khủng hoảng năng lượng không thể giải quyết nổi đó? Sự sống, như chúng ta đã biết, được tạo bằng xương bằng thịt, bằng những phân tử hữu

cơ và các chuỗi xoắn kép ADN, không thể duy trì trong một vũ trụ bằng giá như vậy. Quá trình chuyển hóa của một dạng như thế của sự sống đòi hỏi một nguồn năng lượng liên tục mà khi đó không thể cung cấp. Nhà vật lý người Anh Freeman Dyson nghĩ rằng sự sống vẫn có thể duy trì nếu nó biết làm cho dạng và quá trình chuyển hóa của nó thích nghi với một môi trường luôn luôn lạnh giá hơn. Ông chấp nhận quan điểm lạc quan cho rằng sự sống sót của ý thức và trí tuệ không phụ thuộc vào bản chất của một vật liệu cụ thể nào được dùng làm giá tựa, mà vào độ phức tạp của sự sắp xếp vật liệu đó. Chẳng hạn, ta sẽ hoàn toàn không cần tới chuỗi xoắn kép các phân tử hữu cơ ADN để tạo ra bộ não. Một đám mây các hạt bụi vi mô (chỉ nặng khoảng 20 microgram và không bao giờ có thể co lại thành lỗ đen) hoặc như nếu các proton là bền vững, thì một đám mây các electron và positron với một tổ chức tinh xảo, cũng sẽ làm tốt công việc đó. Các dạng này của sự sống, khi biết làm cho quá trình chuyển hóa của chúng thích nghi với cái lạnh ngày càng khắc nghiệt hơn và bằng cách ngủ đông trong những khoảng thời gian ngày càng dài hơn để tiết kiệm năng lượng, sẽ có thể trụ vững được mãi mãi. Tất nhiên, chúng ta đang ở trong một thế giới của truyện khoa học viễn tưởng. Nhưng không nên đánh giá thấp tự nhiên. Chỉ cần một chục tỷ năm, xuất phát từ một chân không gần như trống rỗng, thế mà nó đã tạo ra một vũ trụ các sao và các thiên hà cũng như một trí tuệ đủ phát triển để truy vấn vũ trụ đã sinh ra nó. Ai mà biết, nếu có được sự bất tử, tự nhiên sẽ còn có thể làm được những chiến công hiển hách nào nữa?

VII

Một vũ trụ ngẫu nhiên hay tất yếu?

Bóng ma Copernicus bị nghi vấn

Vào thế kỷ 16, Copernicus đã trục xuất con người ra khỏi vị trí trung tâm của họ trong hệ Mặt trời. Từ đó bóng ma của ông không ngừng ám ảnh chúng ta và gây ra nhiều sự phá hủy khác. Trái đất mất đi vị trí trung tâm của nó, rồi đến lượt mình, Mặt trời cũng lại được xếp vào hàng những ngôi sao bình thường và được đặt ở nơi ngoại ô heo hút của dải Ngân hà. Rồi ngay cả Ngân hà cũng lại chìm lấp trong hàng trăm tỷ thiên hà của vũ trụ quan sát được. Con người cũng bị thu lại bé nhỏ không đáng kể so với khoảng bao la của vũ trụ. Sự xuất hiện của trí tuệ và ý thức chỉ là một sự kiện ngẫu nhiên, một sự tình cờ trên con đường vạn dặm của vũ trụ. Vũ trụ không cần tới sự có mặt của chúng ta và nó cũng chẳng mấy bận tâm về chuyện đó. Việc xem ý thức của con người chẳng có giá trị gì đã khiến cho một số người thất vọng sâu sắc. Ngay từ thế kỷ 17, Blaise Pascal đã phải thốt lên đầy lo lắng trước “sự im lặng vĩnh

cửu của không gian vô hạn” và mãi ba thế kỷ sau mới được đáp lại bởi lời kêu gọi tuyệt vọng của nhà sinh học người Pháp Jacques Monod: “Con người mất hút trong khoảng bao la thờ ơ của vũ trụ, nơi mà từ đó nó đã xuất hiện một cách ngẫu nhiên⁽⁷⁾” và của nhà vật lý người Mỹ Steven Weinberg: “Càng hiểu về vũ trụ thì lại càng cảm thấy nó vô nghĩa⁽⁸⁾”.

Đối mặt với viễn cảnh ảm đạm đó, đã có cả một phong trào được tổ chức để chống lại. Bóng ma Copernicus đã được đưa ra xem xét lại. Một mối vẻ sức tàn phá của nó, trong suốt vài chục năm trở lại đây, một số nhà vật lý đã có mưu toan phá vỡ cái gông xiềng đè nặng của nó và đưa con người trở lại vị trí đặc ân của mình trong vũ trụ. Đối với họ, con người không phải xuất hiện do ngẫu nhiên trong một vũ trụ thờ ơ. Mà trái lại, cả hai sống cộng sinh khăng khít với nhau: nếu vũ trụ có như ngày hôm nay, đó là bởi vì con người hiện diện ở đây để quan sát nó và đặt ra những câu hỏi. Sự tồn tại của con người đã được ghi sẵn trong từng nguyên tử, từng ngôi sao, từng thiên hà và trong từng định luật vật lý chi phối vũ trụ. Những tính chất của vũ trụ chỉ cần thay đổi một chút là chúng ta đã không có mặt ở đây để nói về nó. Như vậy, gương mặt của vũ trụ và sự tồn tại của chúng ta gắn liền với nhau không thể cắt rời. “Vũ trụ đã có chính xác những tính chất cần thiết để sinh ra con người có ý thức và trí tuệ”. Nhà thiên văn người Anh Brandon Carter, một trong số những người cầm đầu cuộc tấn công đồng loạt chống lại bóng ma Copernicus và là tác giả của phát biểu ở trên, đã đặt tên cho phát biểu đó là “nguyên lý vị nhân” (*nhân* ở đây có nghĩa là con người).

7. Jacques Monod, *Le Hasard et la nécessité*, Le Sueil, 1970.

8. S. Weinberg, *Ba phút đầu tiên của vũ trụ*, bản dịch tiếng Việt của Lê Tâm, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1998.

Chỉ còn phải xem cuộc tấn công này có căn cứ hay không. Bây giờ chúng ta sẽ xem xét những cơ sở chính của lập luận đó.

Những con số trong tự nhiên

Bạn hãy tung một quả bóng lên không. Nó sẽ vẽ nên một đường cong duyên dáng trong không gian trước khi rơi xuống đất. Đường cong này không phải là vu vơ mà có một dạng toán học rất xác định. Một nhà vật lý sẽ nói với bạn rằng nó chỉ có thể là một hình ellipse, một parabol hoặc một hyperbole. Anh ta cũng có thể cho bạn biết quả bóng đã ở bao lâu trên không và vị trí chính xác mà nó sẽ rơi xuống mặt đất. Để cho được những chỉ dẫn đó, nhà vật lý sẽ dùng hai loại thông tin: trước hết, là các định luật vật lý và sau đó là cái mà người ta gọi là “điều kiện ban đầu”. Định luật vật lý chi phối quỹ đạo của quả bóng là định luật hấp dẫn: lực hấp dẫn hút quả bóng về phía Trái đất tỷ lệ thuận với tích khối lượng của chúng và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Phát biểu định tính “tỷ lệ” này có thể chuyển thành định lượng (tức là cho phép chúng ta tính được một cách chính xác) nếu ta đưa vào định luật một con số gọi là “hằng số hấp dẫn” và theo truyền thống người ký hiệu nó bằng chữ cái G . Như vậy, định luật Newton bây giờ cũng có thể phát biểu như sau: Lực hấp dẫn *bằng* tích của G với hai khối lượng và chia cho bình phương khoảng cách giữa chúng. Số G này sẽ quy định độ lớn của lực hấp dẫn. Nếu nó lớn lực hấp dẫn sẽ mạnh, còn nếu nó nhỏ lực hấp dẫn sẽ yếu. Giá trị của G đã được đo nhiều lần trong các phòng thí nghiệm và có giá trị rất nhỏ: lực hấp dẫn là lực yếu nhất trong số tất cả các lực. Nhưng chưa có một lý thuyết vật lý nào, và đây chính là điểm yếu, có thể giải thích được tại sao G

lại có giá trị đó mà không có giá trị khác. Con số đó đã được “ban cho” chúng ta và cần phải sống chung với nó.

Định luật Newton không đủ để xác định đường cong duyên dáng của quả bóng trong không gian. Còn cần phải biết các điều kiện ban đầu nữa, đó là vị trí chính xác trong không gian của quả bóng lúc rời tay ta và vận tốc ném ban đầu. Được ném càng mạnh thì vận tốc ban đầu này càng lớn và sẽ rơi xuống đất càng xa. Còn nếu người ném yếu ớt hơn thì tốc độ này sẽ nhỏ hơn và sẽ chạm đất gần hơn.

Những gì đúng với trái bóng cũng đúng cả với vũ trụ. Sự tiến hóa và số phận của vũ trụ cũng phụ thuộc vào chính tính nhị nguyên nói trên: đó là các định luật vật lý được chi phối bởi một số các con số (những tham số này được gọi là “các hằng số cơ bản của tự nhiên”) và các điều kiện ban đầu, là những điều kiện mà các năng tiên bao quanh cái nôi của vũ trụ lúc nó ra đời vào thời điểm Big Bang ban cho.

Vậy để mô tả được vũ trụ phải cần tới bao nhiêu “con số” đó? Những hiểu biết hiện nay của chúng ta cho biết rằng cần có khoảng hơn một chục. Cũng như hằng số G quy định độ lớn của lực hấp dẫn, có hai tham số nữa điều khiển độ lớn của các lực hạt nhân mạnh và yếu. Rồi còn có c , vận tốc ánh sáng và cũng là vận tốc lớn nhất trong vũ trụ. Sau đó là h , có tên là hằng số Planck (cũng là tên của bức tường giới hạn tri thức của chúng ta), nó quy định kích thước của các nguyên tử. Sở dĩ các nguyên tử là nhỏ bé, đó là bởi vì h rất nhỏ. Tiếp sau nữa là các tham số đặc trưng cho khối lượng của các hạt sơ cấp. Tất nhiên, có khối lượng của electron, nhưng cũng còn khối lượng của proton nữa. (Tại sao lại không có khối lượng của quark vì chính proton được tạo thành từ các quark kia mà? Đó là bởi vì các quark chưa bao giờ phát hiện được ở trạng thái tự do và cho đến

nay chúng vẫn chỉ là các thực thể thuần túy lý thuyết). Tiếp nữa là e , điện tích của electron (điện tích của proton cũng bằng thế nhưng trái dấu). Sau đó còn một số hằng số nữa. Người ta đếm được cả thảy khoảng mười lăm hằng số. Những con số này, như tên gọi của chúng đã chỉ rõ, thực sự là các hằng số. Chúng dường như không thay đổi theo thời gian và không gian. Hậu thế xa của chúng ta hay những người ngoài hành tinh sống ở đầu kia của vũ trụ cũng sẽ đo được chính những con số đó. Chúng ta có thể kiểm chứng điều này bằng cách lần ngược lại thời gian và thăm dò không gian nhờ quan sát những thiên hà xa. Tính chất của các thiên hà này cũng không khác nhiều thiên hà chúng ta, điều này chỉ có thể hiểu được nếu những hằng số nói trên không thay đổi một cách đáng kể. (Trong mọi trường hợp, sự không đổi này của các tham số của tự nhiên sẽ rất hữu ích vào ngày mà chúng ta tiếp xúc với những nền văn minh ngoài Trái đất. Chúng ta sẽ liên lạc với họ bằng ánh sáng khi sử dụng chính những dữ liệu vật lý đó [cùng khối lượng của proton, cùng khối lượng của electron, cùng vận tốc ánh sáng v.v...]. Nếu khác đi, tất cả sẽ trở nên hỗn độn và không thể đối thoại được).

Vậy chúng ta hiện đã liệt kê hết những “con số” của tự nhiên chưa? Không ai biết. Nếu như ngày mai lại phát hiện ra những lực khác, thì bản danh sách này sẽ lại kéo dài thêm. Nhưng nó cũng có thể sẽ rút ngắn lại. Các nhà vật lý đang làm việc hết sức tích cực để rút ngắn bản danh sách đó. Họ muốn thống nhất bốn lực cơ bản thành một lực duy nhất. Nếu như họ thành công, họ có thể mô tả bốn lực chỉ bằng một tham số thay cho nhiều tham số trước đó. Và, biết đâu họ lại có thể phát minh ra một lý thuyết đồ sộ có thể tiên đoán được cả vận tốc ánh sáng, hằng số của thế giới nguyên tử (h) hay khối lượng của electron cũng nên? Hoặc một nguyên lý thống

nhất lớn mô tả được toàn bộ vũ trụ mà không cần tới một hằng số đã cho nào khiến cho bản danh sách rút lại thành số 0? Vật lý học hiện nay còn rất rất xa nguyên lý vĩ đại đó. Ngay cả việc thống nhất hấp dẫn với các lực khác chúng ta vẫn còn chưa làm được. Vì vậy chúng ta còn chưa chắc chắn để nói về một nguyên lý vĩ đại như thế là có ý nghĩa hay không. Trong khi chờ đợi, chúng ta đành chấp nhận những con số nói trên như những “dữ liệu” của vật lý học. Chúng ta chấp nhận ánh sáng truyền với vận tốc 300.000 km/s chứ không phải 1km/s hoặc khối lượng của proton gấp 1826 lần khối lượng electron chứ không phải ngược lại, để xem những “hằng số” vật lý này sẽ dẫn đến sự phong phú đa dạng các cấu trúc trong vũ trụ trong đó có sự sống như thế nào.

Các vật trong cuộc sống hàng ngày

Những con số của tự nhiên điều khiển cuộc sống hàng ngày của chúng ta. Chúng xác định kích thước và khối lượng của các vật trong cuộc sống. Chúng làm cho thế giới như nó tồn tại ngày hôm nay chứ không là gì khác. Điều tưởng như là hiển nhiên này lại phản ánh khả năng lựa chọn vô hạn đối với các kích thước và khối lượng mà tự nhiên có trong tay để dựng nên vạn vật trong vũ trụ. Chẳng hạn, các hành tinh thay vì là những khối cầu có kích thước hàng ngàn kilometre có thể thu về kích thước của một hạt bụi. Con người cũng có thể có tầm vóc như một con vi khuẩn. Rồi tại sao, ngày, tức thời gian quay tròn một vòng của Trái đất quanh mình nó, lại chỉ là 24 giờ? Tại sao tất cả các vật làm cho sự sống đáng được sống lại như chúng đang hiện hữu chứ không là gì khác? Tại sao đỉnh núi cao nhất trên Trái đất không vượt quá 10km? Tại sao những bông hoa lại không thể ở độ cao quá 1m và cây cối không

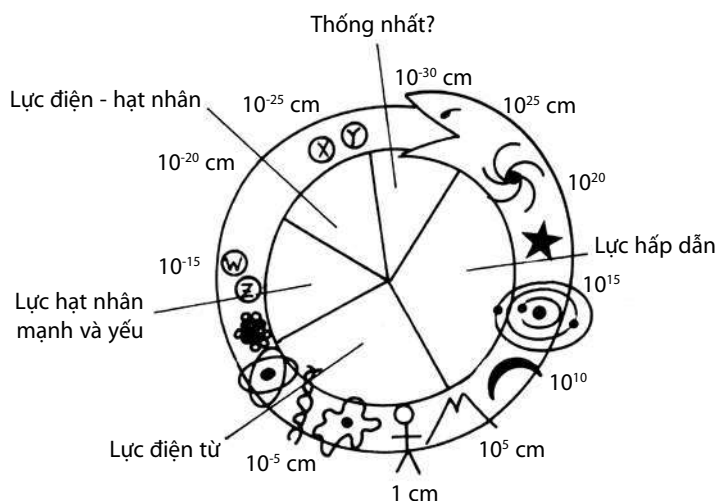
thể cao quá vài chục mét? Tại sao giọt nước mưa lại chỉ có đường kính cỡ vài cm? Câu trả lời nằm trong chính những con số, những hằng số cơ bản của tự nhiên.

Mọi vật đều được cấu tạo bởi các nguyên tử và chính các nguyên tử này đã cho chúng sự rắn chắc. Nguyên tử là kết quả của sự cân bằng giữa hai lực: một là lực điện từ hút electron về phía các proton trong hạt nhân, phụ thuộc vào cả khối lượng mp của proton lẫn khối lượng me và điện tích e của electron và hai là lực chống lại lực trên, nó là hệ quả của nguyên lý loại trừ Pauli, theo đó các electron không được ở quá sát nhau và lực này có liên quan tới hằng số Planck (h). Hằng số hấp dẫn G không liên quan vào đây vì lực hấp dẫn không đóng vai trò gì trong thế giới các nguyên tử (lực hấp dẫn giữa một proton và một electron nhỏ hơn lực điện từ giữa chúng tới 10^{40} lần). Các “con số” mp , me , e và h điều khiển hai lực sao cho kích thước của các nguyên tử là cực kỳ nhỏ bé, chỉ cỡ một phần trăm triệu xentimét. Tự nhiên hoàn toàn có thể tạo dựng các nguyên tử có kích thước bằng cả tháp Eiffel khi chọn các hằng số khác đi, nhưng nó đã không làm như vậy.

Sau đó các nguyên tử được tổ chức thành các mạng tinh thể để tạo nên các vật rắn có hình dạng và màu sắc phong phú tô điểm cho sự sống: các chậu hoa, Khái hoàn môn, những bức tranh của Degas và Monet, v.v... Do sự nhỏ bé của G , lực hấp dẫn sẽ không tham gia vào, chừng nào khối lượng của vật chưa vượt quá 100 tỷ tỷ tấn (tức 10^{26} gram), đây là trường hợp của hầu hết các vật trong cuộc sống hằng ngày. Vượt quá khối lượng này, lực hấp dẫn sẽ đủ lớn để có tiếng nói của mình. Nó chỉ thích có dạng cầu và biến tất cả các vật có khối lượng lớn hơn 10^{26} gram thành những quả cầu mà chúng ta gọi là các hành tinh. Thật may là chúng ta không phải

chịu điều này! Nếu như G lớn hơn nhiều, lực hấp dẫn sẽ can thiệp vào những khối lượng nhỏ hơn nhiều và khi đó có lẽ chúng ta sẽ sống trong một thế giới buồn tẻ và đơn điệu trong đó chỉ dung nạp một hình dạng duy nhất là hình cầu! (Chúng ta đã biết rằng trong tương lai xa, cơ học lượng tử cũng sẽ quy tất cả các dạng về dạng cầu. Nhưng khi đó chúng ta sẽ không còn được làm bằng xương bằng thịt mà là dưới dạng một đám mây bụi hoặc electron dày đặc ngập chìm trong bóng đêm băng giá, và như thế có lẽ chúng ta sẽ chẳng còn cảm giác thẩm mỹ nữa).

Để cho một hành tinh có thể sống được, nó cần phải có một bầu khí quyển bảo vệ cho chúng ta chống lại những tác dụng độc hại của các tia tử ngoại của Mặt trời và cho phép thăng tiến trên con đường phức tạp hóa, tạo ra được các phân tử hữu cơ và sự sinh sôi của sự sống. Hành tinh cũng cần phải đủ nặng để giữ được bầu khí quyển, nhưng lại không được quá nặng để bầu khí quyển không quá dày và chắn hết ánh sáng Mặt trời, nguồn năng lượng của chúng ta. Những con số nói với chúng ta rằng một hành tinh như vậy phải có bán kính cỡ 6400km và khối lượng xấp xỉ 6×10^{27} gram, chính là các tham số của Trái đất. Lực ly tâm - lực làm hành khách bị ép vào thành xe khi người lái xe ngoặt quá đột ngột ở những khúc đường vòng - cũng sẽ có xu hướng làm lệch mạng tinh thể của Trái đất, làm vỡ các mối liên kết của các nguyên tử và phân tử và làm cho hành tinh vỡ tung ra. Vì vậy, hành tinh không được quay quá nhanh. Lại một lần nữa, theo các hằng số vật lý, một ngày có 24 giờ là phù hợp nhất. Vậy, đỉnh núi cao nhất có thể có trên Trái đất là cao bao nhiêu? Đó là ngọn núi cao sao cho mạng tinh thể của vỏ Trái đất còn có thể mang được nó mà không bị phá vỡ. Một vài phép tính nhỏ và các hằng số vật lý chỉ ra rằng chiều cao của ngọn núi cao



Hình 58. Sự hiệu chỉnh chính xác bốn lực của vũ trụ. Con rắn cần đuôi này minh họa miền tác dụng của mỗi lực. Lực hấp dẫn kiểm soát ở thang vũ trụ (các thiên hà, sao, hành tinh và Mặt trăng). Lực điện từ hoạt động ở thang từ con người cho đến các nguyên tử qua các con amoeba và những chuỗi xoắn kép ADN. Lực hạt nhân mạnh và yếu kiểm soát miền các hạt nhân nguyên tử và hạt sơ cấp. Ở các thang còn nhỏ hơn nữa (chẳng hạn như thang của vũ trụ lúc ban đầu), các lực hạt nhân và lực điện từ thống nhất thành lực điện hạt nhân. Liệu lực hấp dẫn có thống nhất với lực điện hạt nhân để tạo thành một “siêu lực” duy nhất ở những thang còn nhỏ hơn nữa không? Cường độ tương đối của bốn lực này đã được điều chỉnh một cách rất chính xác nhằm cho phép sự sống và ý thức xuất hiện. Chỉ cần các lực này khác đi chút ít là chúng ta sẽ không có mặt trên đời này để bàn về chúng (hình vẽ theo S. Glashow).

nhất không được vượt quá một phần trăm bán kính Trái đất, tức là khoảng 64km. Trên thực tế, ngọn Himalaya không vượt quá 7km.

Các hằng số vật lý cũng cho chúng ta biết tại sao kích thước của con người không vượt quá cỡ 2m: một cơ thể có kích thước lớn hơn sẽ dễ bị gãy vỡ khi bị vấp ngã. (Điều này cũng áp dụng được cho cả ngựa, voi hoặc hươu cao cổ. Các hằng số không biết phân biệt riêng con người). Các hằng số còn cho chúng ta biết rằng con người chiếm một vị trí rất chính xác trong khoảng giữa nguyên tử và hành tinh. Khối lượng và kích thước của nó là trung bình nhân

của khối lượng và kích thước của một nguyên tử và một hành tinh (trung bình nhân của hai số là căn bậc hai của tích hai số đó: chẳng hạn, 9 là trung bình nhân của 3 và 27; trong khi đó trung bình cộng của chúng là 15).

Như vậy, khoảng mười lăm hằng số vật lý quyết định quang cảnh xung quanh chúng ta. Hệ thống thứ bậc tuyệt vời của các cấu trúc và khối lượng trong vũ trụ, từ nguyên tử nhỏ nhất cho tới đám thiên hà lớn nhất qua các thang nấc trung gian là con người, hành tinh, sao và thiên hà, đều phụ thuộc vào những con số này (H.58). Và chính những hằng số đó cũng giới hạn chiều cao của các đỉnh núi và ngăn cản không cho chúng ta có kích thước chỉ bằng một con vi khuẩn. Nhưng điều kỳ lạ nhất, đó là chính những hằng số vật lý này kết hợp với các điều kiện ban đầu của vũ trụ đã cho phép nảy nở sự sống cũng như sự xuất hiện của ý thức và trí tuệ. Sự sống tồn tại được phụ thuộc vào sự cân bằng rất mong manh và sự hội đủ các hoàn cảnh đặc biệt. Chỉ cần thay đổi một chút các tham số hoặc các điều kiện ban đầu là vũ trụ sẽ hoàn toàn khác và chúng ta sẽ không tồn tại.

Các vũ trụ-đồ chơi cần cỗi

Không cưỡng được sự thôi thúc muốn làm đấng tạo hóa, các nhà vật lý đã nhận thấy xác suất để xuất hiện sự sống và trí tuệ trong một vũ trụ với các tham số và điều kiện ban đầu nào đó là cực kỳ nhỏ. Để khắc phục hạn chế là chúng ta chỉ có một vũ trụ duy nhất để tiến hành quan sát, tức là vũ trụ của chúng ta, họ đã tạo ra những vũ trụ ảo và theo dõi sự tiến hóa giả định của chúng nhờ các phương trình phức tạp và những máy tính mạnh. Cũng hoàn toàn giống như họ đã sử dụng các vũ trụ-đồ chơi để nghiên cứu sự hình thành bức thăm

vũ trụ tuyệt vời của các thiên hà, các nhà vật lý thiên văn sẽ sử dụng các vũ trụ-đồ chơi để nghiên cứu những điều kiện cần thiết cho sự xuất hiện sự sống và ý thức. Các vũ trụ-đồ chơi này có tất cả các tham số và điều kiện ban đầu khác nhau. Trong một vũ trụ như vậy, lực hạt nhân yếu được giả định là ít mạnh hơn, nhưng trong một vũ trụ khác thì lực điện từ lại được giả định là mạnh hơn. Vũ trụ sau nữa lại được giả định là chứa nhiều vật chất tới mức nó sẽ co lại sau một giây trong khi một vũ trụ khác nữa lại chứa rất nhiều lỗ đen khiến cho nó hoàn toàn không đồng nhất. Câu hỏi ngàn vàng ở đây là: các vũ trụ-đồ chơi này liệu có biết leo lên những thang nấc khác nhau của hình chóp biểu diễn độ phức tạp để cuối cùng đạt tới ý thức không? Liệu chúng có biết sáng chế ra các thiên hà, sao, hành tinh và các đại dương nguyên thủy để tạo ra sự sống không? Câu trả lời cho những câu hỏi đó thoát đầu thật bất ngờ. Sự sống như chúng ta biết hoàn toàn không có một cơ may nào để xuất hiện trong một vũ trụ dù chỉ hơi khác vũ trụ của chúng ta. Tất cả các vũ trụ-đồ chơi đều khô cằn, ở đó không xuất hiện sự sống và ý thức. Bây giờ ta không thay đổi một tham số nào, trừ giá trị của tham số chi phối cường độ của lực hạt nhân mạnh được tăng lên một chút (chẳng hạn, vài phần trăm), khi đó các proton, hạt nhân nguyên tử hydrogen, không thể còn ở trạng thái tự do nữa. Chúng sẽ biến hết thành các hạt nhân nặng bằng cách kết hợp với các proton và neutron khác. Không có hydrogen cũng có nghĩa là vĩnh biệt nước, vĩnh biệt các phân tử AND và vĩnh biệt sự sống. Những ngôi sao cũng vẫn có thể hình thành nhưng sẽ tắt rất nhanh, vì thiếu nhiên liệu hydrogen. Giờ ta lại giảm một chút cường độ của lực hạt nhân mạnh. Khi đó ta lại nhảy sang thái cực ngược lại: sẽ không có một hạt nhân nào khác ngoài hydrogen có thể sống sót. Các hạt nhân hydrogen không còn kết hợp với nhau để cháy thành

helium. Các phản ứng hạt nhân không thể khởi phát và các ngôi sao, nguồn năng lượng sống còn, cũng không thể phát sáng được.

Như vậy là lực hạt nhân mạnh khuốc từ mọi thay đổi. Bây giờ ta hãy tạm gác nó sang một bên và thử tăng giá trị của tham số chi phối lực điện từ. Các electron tích điện âm sẽ liên kết mạnh hơn với các hạt nhân mang điện dương. Những phản ứng hóa học có tác dụng sắp xếp lại các electron giữa các hạt nhân thuộc các nguyên tố khác nhau, bây giờ đòi hỏi nhiều năng lượng hơn và sẽ hiếm xảy ra, vì thế sự tạo thành các chuỗi xoắn kép ADN là cực kỳ khó thực hiện. Nếu chúng ta giảm tí chút lực điện từ, thì cả các liên kết hóa học lẫn các phân tử hữu cơ đều không thể có. Không còn cách nào khác, chúng ta hãy thử giảm G . Hấp dẫn khi này sẽ trở nên yếu tới mức các đám mây giữa các vì sao không còn có thể tự co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn của mình để đạt tới mật độ và nhiệt độ đủ cao để khởi phát các phản ứng hạt nhân. Các ngôi sao sẽ không phát sáng nữa. Điều đó cũng có nghĩa là chấm hết các phản ứng hóa học cũng như năng lượng cho sự sống. Tăng G cũng không đem lại kết quả gì hơn. Lỗi các ngôi sao, do bị nén quá mạnh bởi trọng lượng của các lớp ngoài, trở nên nóng và đặc tới mức các phản ứng hạt nhân sẽ diễn ra hết tốc lực. Chất đốt hydrogen bị tiêu thụ hết rất nhanh, thậm chí quá nhanh, khiến cho sự tiến hóa của vũ trụ không có đủ thời gian để leo hết các nấc thang cần thiết trên con đường thăng tiến tới sự sống.

Một lập luận tương tự cũng được áp dụng cho các tham số khác. Nhưng kết luận thì vẫn luôn chỉ có một: đó là các tham số không có tính cơ giã. Chỉ cần hơi thay đổi các giá trị của chúng một chút thôi là cơ may nảy nở sự sống lập tức bị loại bỏ. Nhưng điều gì sẽ xảy ra khi các điều kiện ban đầu thay đổi? Liệu chúng có cho chúng

ta những vũ trụ-đồ chơi màu mỡ hơn không? Nhưng một lần nữa, ở đây, lại phải rút ra kết luận rằng những điều kiện ban đầu của vũ trụ chúng ta là rất đặc biệt và mọi thay đổi đều kéo theo sự gạt bỏ sự sống.

Một vũ trụ được hiệu chỉnh cực kỳ chính xác

Một trong những điều kiện ban đầu quan trọng nhất của vũ trụ là lượng vật chất của nó chứa trong một đơn vị thể tích (gọi là mật độ vật chất hay khối lượng riêng). Đại lượng này, như chúng ta đã thấy, quyết định số phận của vũ trụ. Một vũ trụ ban đầu rất đặc sẽ có thời gian sống rất ngắn. Quá trình giãn nở kéo dài một năm, một tháng hoặc thậm chí chỉ một giây và lực hấp dẫn sẽ gây ra sự co lại và nghiền nát trong lò lửa địa ngục. Sự sống không có đủ thời gian cần thiết để leo hết những bậc thang của con đường phức tạp hóa. Các sinh vật được cấu tạo bởi các nguyên tố nặng (như carbon chẳng hạn) được tạo ra trong lõi các sao. Để các hạt nhân này có sẵn để sử dụng, cần phải đợi một thế hệ các sao sống hết cuộc đời của chúng và thiêu hủy trong cơn hấp hối bùng nổ để gieo vào không gian giữa các vì sao những sản phẩm cháy của chúng. Rồi lại còn phải đợi sự sáng chế ra các hành tinh và kiên nhẫn trong thời gian tiến triển dài của các amino acide cho tới tận bộ não con người. Tổng cộng lại ít nhất phải tới vài tỷ năm. Quá dễ, bạn có thể nói với tôi như vậy. Chỉ cần giảm mật độ ban đầu đi để kéo dài thời gian sống của vũ trụ ra và cho sự sống có đủ thời gian để phát triển thôi mà. Nhưng không nên nhảy sang một thái cực khác. Một vũ trụ có mật độ rất nhỏ đúng là sẽ có thời gian sống dài hơn. Nhưng vật chất ở đó lại loãng tới mức các sao và các thiên hà không thể ngưng tụ ở đó và nó cũng sẽ chịu chung số phận vô sinh mà thôi.

Thực tế, chỉ một vũ trụ có một mật độ cực kỳ chính xác là có thể vừa có thời gian sống dài vừa cho phép hình thành các sao và thiên hà. Đó là trường hợp thiên hà của chúng ta. Ta đã biết rằng nó có mật độ rất gần với mật độ tới hạn (ba nguyên tử hydrogen trong 1m^3), tức là mật độ của vũ trụ chỉ làm dừng sự giãn nở của nó trong một khoảng thời gian vô hạn. Theo những thông tin mới nhất, thì vũ trụ của chúng ta chỉ có mật độ cỡ một phần năm mật độ tới hạn. Nó cũng có thể bằng mật độ tới hạn nếu vũ trụ chứa vô số hạt sơ cấp sinh ra trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ hoặc có nhiều những con quỷ nặng, như “Nhân hút lớn” chẳng hạn, lang thang trong khoảng bao la của vũ trụ. Trong mọi trường hợp, việc mật độ của vũ trụ hiện nay là rất gần với mật độ tới hạn trong khi nó hoàn toàn có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn mật độ đó hàng ngàn, thậm chí hàng triệu lần, quả thật là một điều kỳ lạ. Những tính toán cho thấy rằng sự sai khác của mật độ thực và mật độ tới hạn tăng theo thời gian. Sự sai khác này đã được phóng đại lên với một hệ số cỡ 1 triệu triệu lần kể từ thời kỳ tổng hợp hạt nhân nguyên thủy. Thực tế là hai mật độ này vẫn còn gần bằng nhau sau 15 tỷ năm tiến hóa có nghĩa là, vào thời sản xuất ra hydrogen và helium, khoảng 3 phút đầu tiên sau Big Bang, mật độ của vũ trụ không khác với mật độ tới hạn hơn một phần triệu triệu. Mật độ của vũ trụ đã được hiệu chỉnh một cách hoàn hảo để các thiên hà - những ốc đảo của sự sống- có thể xuất hiện trong sa mạc vũ trụ và sự tiến hóa của vũ trụ có đủ thời gian cần thiết để đạt tới trí tuệ. Quang cảnh của vũ trụ tương ứng với mật độ tới hạn là phẳng và hoàn toàn không có độ cong. Nếu có đủ vật chất để tạc cho quang cảnh này những núi non và thung lũng, thì vũ trụ sẽ lập tức co lại sau vài giây.

Ngoài ra, còn có những hiệu chỉnh khác cũng rất chính xác. Vũ trụ đồng nhất và đẳng hướng ở mức độ rất cao. Những tính chất

của nó ở khắp nơi và theo mọi hướng đều gần như nhau. Nhiệt độ của bức xạ hóa thạch từ điểm này đến điểm khác của bầu trời chỉ biến thiên khoảng 0,001%. Điều này thật là may mắn cho chúng ta. Trong một vũ trụ ban đầu đã quá hỗn độn và mất trật tự thì sẽ không thể hình thành một thiên hà nào. Những chuyển động hỗn loạn sẽ tiêu tán thành nhiệt, làm nóng vũ trụ và ngăn cản sự hình thành các thiên hà. Một vũ trụ đồng nhất thì đúng rồi, nhưng lại cũng không được thái quá. Nó vẫn cần phải chứa đầy đó những hạt không đồng nhất, sau này sẽ nảy mầm dưới dạng các thiên hà, ốc đảo cho sự sống. Lại một lần nữa tất cả đều dựa trên sự cân bằng: vũ trụ không được quá đồng nhất để cho phép tồn tại những hạt giống thiên hà, nhưng lại cũng không được quá không đồng nhất để cho phép chúng tăng trưởng. Sự điều chỉnh ban đầu, lại một lần nữa, tỏ ra chính xác một cách đáng kinh ngạc: sự khác biệt về tốc độ giãn nở của vũ trụ lúc ban đầu của nó (ở thời gian Planck, 10^{-43} giây) theo các hướng khác nhau của không gian phải không được lớn hơn 10^{-40} (một số cực nhỏ: số 1 đứng sau 40 số 0). Người ta có thể so sánh độ chính xác của sự hiệu chỉnh này với tài khéo léo của một thiện xạ có khả năng bắn tên trúng bia là một hình vuông mỗi cạnh 1cm đặt cách xa 15 tỷ năm ánh sáng, tức kích thước của vũ trụ...

Chắc chắn là khi nói về sự sống và trí tuệ, chúng ta đã đưa ra một giả thuyết có thể còn tranh cãi về sự sống và trí tuệ tương tự như của chúng ta, tức là cũng dựa trên hoạt động sinh hóa của các phân tử khổng lồ gồm hydrogen, carbon và oxygen v.v... Con đường sinh hóa có thể không phải là con đường duy nhất dẫn tới ý thức. Nhà vật lý người Mỹ gốc Anh Freeman Dyson, như chúng ta đã thấy, đã đưa ra ý tưởng về một bộ não xuất phát từ đám mây các hạt bụi vi mô hoặc một tập hợp các electron và positron. Nhưng những đề xuất này vẫn còn mang tính khoa học viễn tưởng. Cho tới hiện nay,

con đường sinh hóa dẫn tới sự sống vẫn là con đường duy nhất mà chúng ta biết. Có thể đây là biểu hiện của quan niệm hơi thái quá xem mình là cái rốn và xem con người nói chung là trung tâm của vũ trụ, điều mà bóng ma Copernicus không thể đồng tình. Nhưng thử hỏi chúng ta có thể làm được gì khác khi mà trong tay không có các thông tin phụ thêm?

Trong mọi trường hợp, chắc chắn rằng các hằng số cơ bản của tự nhiên và các điều kiện ban đầu đã được hiệu chỉnh cực kỳ chính xác để vũ trụ có thể vượt qua các giai đoạn từ các hạt sơ cấp, qua các hành tinh, các sao, các thiên hà rồi tới sự sống sinh hóa. Chỉ một sự thay đổi nhỏ là vũ trụ sẽ trở nên vô sinh và cũng chẳng còn con người để quan sát nó. Người ta nghĩ gì về sự hội đủ những điều kiện một cách đáng ngạc nhiên như thế? Một số người chỉ thấy ở đó kết quả của sự ngẫu nhiên. Vũ trụ trong trường hợp đó là ngẫu nhiên. Sự thực nếu các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu có các giá trị chỉ là sự trùng hợp may mắn dẫn đến sự sống thì cũng chẳng có gì đáng quan tâm nhiều. Con người mất hút “trong khoảng bao la thờ ơ của vũ trụ nơi mà từ đó nó đã sinh ra”. Thái độ đó tất nhiên sẽ được bóng ma Copernicus ủng hộ, nhưng cũng gây ra biết bao nỗi tuyệt vọng.

Đối với những người khác, sự hội đủ các điều kiện không phải là ngẫu nhiên, nó có ý nghĩa của nó và nếu vũ trụ tồn tại như nó hiện có, thì đó là để xuất hiện ý thức và trí tuệ. Ngay từ ban đầu, vũ trụ đã chứa trong những hạt giống của nó các điều kiện cần có để tới đích là người quan sát. Nó có xu hướng tự ý thức về mình bằng cách sáng tạo ra trí tuệ. “Ở đâu đó, nó biết rằng con người rồi sẽ xuất hiện”⁽⁹⁾. Những người ủng hộ quan điểm này, mà đứng đầu là nhà

9. F.J Dyson, *Les Dérangiers d'univers*, Payot, 1987.

vật lý thiên văn người Anh Brandon Carter, thậm chí đã nâng nó lên địa vị của một nguyên lý, nguyên lý vị nhân! (Tính từ “vị nhân” ngụ ý rằng chỉ có con người mới được hưởng đặc ân có ý thức và trí tuệ và điều này lại một lần nữa phản ánh quan điểm xem con người là trung tâm của vũ trụ một cách thái quá đồng thời cũng phản ánh tính kiêu căng phù phiếm của con người được đặt không đúng chỗ. Những con amoeba, khỉ và cá heo có quyền lên tiếng phản đối. Nhà vật lý thiên văn người Canada gốc Pháp Hubert Reeves đã đề nghị thay “nguyên lý vị nhân” bằng một thuật ngữ chung hơn là “nguyên lý về độ phức tạp” và được phát biểu như sau: “Vũ trụ ngay từ thời xa xưa nhất mà công cuộc khảo sát của chúng ta vươn tới được đã có những tính chất cần thiết để dẫn dắt vật chất leo lên từng nấc thang của quá trình phức tạp hóa”⁽¹⁰⁾). Phát biểu này đã đưa lại sự bình đẳng giữa con người và loài linh trưởng).

Với nguyên lý vị nhân, sự thất bại của bóng ma Copernicus sẽ là hoàn toàn. Con người dưới ánh sáng của vũ trụ học hiện đại đã lấy lại vị trí hàng đầu của nó. Không phải là vị trí trung tâm trong hệ Mặt trời và trong vũ trụ như trước thời Copernicus nữa, mà là ở trong ý định của vũ trụ. Con người không còn hoảng sợ sự bao la vô tận của vũ trụ vì nó được tạo ra là để thích nghi với con người. Vũ trụ sở dĩ phải rộng lớn như vậy là bởi vì nó cần có tuổi tác đủ cao để con người có thời gian bước ra sân khấu. Tuổi cần thiết này cần phải cao hơn hàng tỷ năm và điều này giải thích tại sao vũ trụ lại có kích thước cỡ 15 tỷ năm ánh sáng chứ không phải chỉ cỡ hệ Mặt trời mà thời trước Copernicus người ta đã gán cho nó.

10. H. Reeves, *L'Heure de s'enivrer*, Le Seuil, 1986.

Các vũ trụ song song

Nguyên lý vị nhân đã đăng quang cho vũ trụ mang tính mục đích: nó có xu hướng tiến tới ý thức. Phản ứng về điều này như thế nào? Nhà khoa học thì nghi ngờ một cách rất chính đáng về toàn bộ lập luận mang tính mục đích luận này. Khoa học hiện đại ra đời bằng cách vứt bỏ một cách có hệ thống và triệt để sự giải thích các hiện tượng tự nhiên thông qua các “nguyên nhân cuối cùng” hay các “dự định tối thượng” vốn là thủ đoạn riêng của các tôn giáo. Nói như nhà văn Bernardin de Saint-Pierre: “Quả bí ngô sở dĩ to như vậy là để cả nhà ăn”, làm thế chẳng khác gì con đà điểu cứ rúc đầu vào cát để không nhìn thấy những nguyên nhân sâu xa hơn. Cũng như thế chúng ta có thể nói: “Vũ trụ có phong cảnh bằng phẳng và đồng nhất như vậy là vì mục đích con người và những điều kiện ban đầu này là cần thiết để thực hiện mục đích đó” và vậy là chúng ta có thể yên tâm với điều đó và không cần phải tìm kiếm xa hơn nữa. Nếu như vậy, chúng ta sẽ không bao giờ tìm ra pha lạm phát trong những phần giây đầu tiên của lịch sử vũ trụ, điều đã giúp chúng ta giải thích một cách tự nhiên những tính chất đồng nhất và bằng phẳng mà không cần phải viện đến “những nguyên nhân cuối cùng”: trước khi có sự tăng trưởng theo hàm mũ (lạm phát), vũ trụ nhỏ bé tới mức tất cả các phần vô cùng nhỏ của nó tiếp xúc với nhau cho phép chúng đồng nhất hóa. Sau lạm phát, các vùng không còn tiếp xúc với nhau nữa nhưng chúng vẫn “nhớ” là đã từng như vậy. Còn đối với hình học của không gian, nó bị phẳng ra trong quá trình lạm phát giống như bề mặt của một quả bóng bay trở nên phẳng hơn khi nó được bơm phồng ra. Viện đến quá nhiều “dự định tối thượng”, người ta sẽ có nguy cơ bỏ qua những phát minh lớn.

Vậy thì nhà khoa học, người không đồng ý gán sự điều chỉnh

cực kỳ chính xác các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu cho sự ngẫu nhiên, sẽ phải làm gì nếu anh ta cũng phủ nhận luôn cả tính mục đích của vũ trụ? Anh ta sẽ phải cầu cứu sự giúp đỡ của cơ học lượng tử và đưa vào khái niệm các vũ trụ song song.

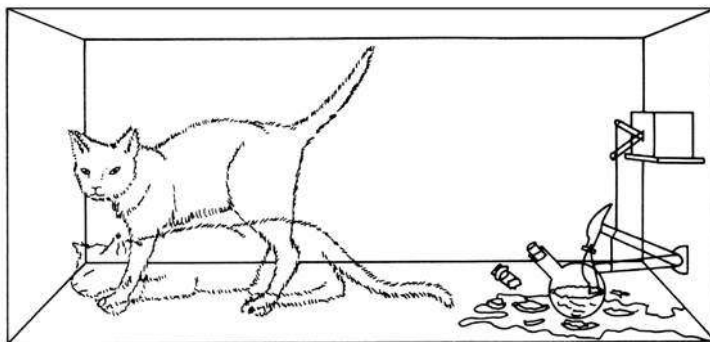
Như chúng ta đã biết, cơ học lượng tử bao bọc thế giới các nguyên tử và hạt sơ cấp bằng một sự mờ nhòe lớn. Electron, thay vì khôn ngoan đi theo những quỹ đạo rất xác định xung quanh hạt nhân nguyên tử như Trái đất quay xung quanh Mặt trời, lại có thể quay cuồng tít mù và đồng thời có mặt ở khắp nơi trong phòng khiêu vũ nguyên tử. Khi tôi không quan sát electron, nó bèn bỏ cái mặt nạ hạt của mình và đeo vào bộ mặt sóng. Không thể nào định vị nó một cách chắc chắn được. Tôi chỉ có thể biết trước xác suất gặp nó ở đây hoặc ở kia. Sóng electron, cũng như sóng biển, có vùng biên độ lớn (đỉnh sóng) và những vùng biên độ nhỏ (nút sóng). Như vậy, xác suất để gặp electron - tỷ lệ với bình phương biên độ sóng - sẽ là cực đại ở đỉnh sóng và là cực tiểu ở nút sóng. Chừng nào tôi chưa dùng một dụng cụ đo nào để quan sát electron, thì tôi chỉ có thể mô tả thực tại của nó bằng xác suất. Quyết định luận ở đây hoàn toàn bị trục xuất. Bây giờ tôi cho dụng cụ đo của tôi hoạt động và tiến hành quan sát ở một nơi nào đó trong nguyên tử, chẳng hạn ở đỉnh của một sóng. Electron sẽ biến thành hạt và xuất hiện - hoặc không - ở nơi được quan sát. Nếu tôi định vị được nó ở chỗ đó, tôi có thể tự hỏi liệu nó đã có mặt ở đó trước khi sự quan sát bắt được nó hay không. Trong trường hợp câu trả lời là khẳng định, tôi sẽ vấp phải một vấn đề nghiêm trọng về mặt khái niệm: nếu electron đã có mặt ở đó và không ở đâu khác nữa thì xác suất gặp nó ở tất cả các chỗ khác trong cái phòng khiêu vũ mệnh mông của nguyên tử cần phải bằng 0. Thế nhưng, theo cơ học lượng tử, khi đã mang bộ

mặt sóng, electron sẽ có xác suất khác không ở tất cả các nơi khác. Liệu cơ học lượng tử có phạm sai lầm gì ở đây không?

Các nhà vật lý như Albert Einstein và Erwin Schrodinger, những người không thích nghĩ rằng Chúa chơi trò xúc xắc với tự nhiên, đều nỗ lực tìm kiếm những ví dụ về tình huống trong đó cơ học lượng tử phạm sai lầm (thật là sự trớ trêu của số phận, chính Schrodinger là người đã dạy chúng ta cách tính dạng sóng của electron và của các hạt khác và cũng là người định nghĩa rằng xác suất định vị của chúng tỷ lệ với bình phương biên độ của sóng này). Đặc biệt, Schrodinger đã tưởng tượng ra một tình huống trong đó các nghịch lý của cơ học lượng tử tràn cả vào thế giới vĩ mô của cuộc sống hằng ngày của chúng ta. Ông nói, chúng ta hãy xét một con mèo nhốt trong một buồng có đặt một lọ chất độc cyanure. Phía trên của lọ có treo một cái búa, như thanh kiếm Damocles, được điều khiển bởi một chất phóng xạ, tức là chất mà hạt nhân của nó sẽ phân rã tự phát sau một khoảng thời gian nào đó. Khi xảy ra sự phân rã đầu tiên, chiếc búa sẽ rơi xuống đập vỡ chiếc lọ và chất độc sẽ tràn ra giết chết con mèo. Cho tới đây, chưa có gì là thật đặc biệt cả. Nhưng vấn đề sẽ xuất hiện ngay khi chúng ta thử tiên đoán số phận của con mèo. Sự sống của nó phụ thuộc vào phân rã đầu tiên của các hạt nhân phóng xạ. Mà, sự phân rã này chỉ được mô tả thông qua xác suất: có 50% cơ may cho một hạt nhân bị phân rã (hoặc không phân rã) sau một giờ. Chừng nào chúng ta chưa thâm nhập vào trong phòng để kiểm tra xem con mèo còn sống hay đã chết, chừng nào chúng ta chưa can thiệp vào với tư cách là người quan sát, thì chúng ta chỉ có thể nói rằng sau một giờ chú miu là tổ hợp của 50% con mèo sống và 50% con mèo chết (xem H.59). Vậy là tính bất định của thế giới nội nguyên tử đã chiếm lĩnh cả thế giới vĩ mô thông qua chất

phóng xạ. Schrodinger đã không chấp nhận cách mô tả thực tại như vậy. Đối với ông, con mèo chỉ có thể là đã chết hoặc còn sống. Nói về con mèo treo lơ lửng giữa cái sống và cái chết và chỉ quyết định được nó còn sống hay đã chết một cách dứt khoát khi người quan sát vào trong phòng, theo ông là một điều hoàn toàn vô lý. Những khó khăn về mặt khái niệm không dừng lại ở đó: ngay cả khi chúng ta chấp nhận vai trò tối thượng của người quan sát, thậm chí chấp nhận rằng người quan sát có thể làm tiêu tan sự nhòe lượng tử và sự nhòe số phận của con mèo đi nữa thì liệu điều đó có xảy ra với một đối tượng được quan sát là toàn bộ vũ trụ hay không? Theo định nghĩa, vũ trụ bao gồm tất cả. Và như vậy thì không thể có một người quan sát ở bên ngoài vũ trụ được (trừ đáng tối cao: chúng ta sẽ xem xét chi tiết về khả năng này ở chương sau). Điều đó phải chăng có nghĩa là, do không có người quan sát bên ngoài, nên vũ trụ chỉ là nhòe, nó không được tạo bởi một thực tại duy nhất mà là tổ hợp của nhiều thực tại có giá trị như nhau. Giả thuyết này không thể là một giả thuyết tốt: các vật bao quanh chúng ta chỉ có một thực tại duy nhất và cụ thể. Sự nhòe của các nguyên tử không tồn tại trong cuộc sống hàng ngày.

Để giải quyết những khó khăn về mặt khái niệm này và tránh được chuyện con mèo được treo giữa cái sống và cái chết, vào năm 1957, nhà vật lý người Mỹ là Hugh Everett đã đưa ra khái niệm về các vũ trụ song song. Theo ông, mỗi lần phải lựa chọn và quyết định, thì vũ trụ được chia làm hai bản gần như tương tự nhau. Trong một bản con mèo là sống và trong bản thứ hai con mèo là chết. Hai vũ trụ song song này đều là hiện thực như nhau. Cả hai vũ trụ đều chứa hai người quan sát hoàn toàn như nhau do được nhân bản ra. Các vũ trụ này hoàn toàn không có liên quan với nhau: người quan



Hình 59. Con mèo treo giữa cái sống và cái chết hay là những nghịch lý của cơ học lượng tử. Cơ học lượng tử mô tả thực tại thông qua xác suất. Một số nhà vật lý (trong đó có Einstein) không thích cách giải thích không mang tính tất định đó đối với thế giới hiện thực. Để chứng tỏ nó là sai lầm, nhà vật lý người Áo là Erwin Schrodinger đã tưởng tượng ra một tình huống sau: một con mèo được nhốt trong buồng có đặt một lọ chất độc cyanure bên dưới một cái búa được điều khiển bởi một chất phóng xạ. Ngay khi có phân rã đầu tiên của chất phóng xạ, chiếc búa sẽ rơi xuống và làm vỡ lọ, chất độc sẽ tràn ra và giết chết con mèo. Theo các định luật của cơ học lượng tử thì chúng ta không thể tiên đoán một cách chính xác khi nào phân rã đầu tiên sẽ xảy ra. Chúng ta chỉ có thể nói thông qua các xác suất: chẳng hạn, có 50% cơ may là phân rã sẽ xảy ra (hoặc không xảy ra) sau một giờ. Như vậy, đối với con mèo chúng ta chỉ có thể nói (khi không bước vào trong phòng) là, sau một giờ nó sẽ tồn tại dưới dạng tổ hợp 50% con mèo sống và 50% con mèo chết, một cách mô tả thực tại mà Schrodinger xem là không thể chấp nhận được. Lý thuyết về các vũ trụ song song đã được đưa ra để tránh loại nghịch lý đó. Theo lý thuyết này, có tồn tại một vũ trụ trong đó con mèo là chết và một vũ trụ khác song song với vũ trụ thứ nhất, nhưng hoàn toàn không có liên quan gì với nó, trong đó con mèo là sống.

sát trong vũ trụ này không bao giờ có thể xem xét những cái xảy ra trong vũ trụ kia. Còn đối với electron mặc bộ quần áo sóng và quay tít mù trong phòng khiêu vũ mênh mông của nguyên tử, thì khái niệm vũ trụ song song sẽ đặt sự bình đẳng giữa vị trí được quan sát và tất cả các vị trí khác tại đó xác suất (bằng bình phương biên độ sóng) khác không. Electron chiếm tất cả các vị trí, bất kể nó có được quan sát hay không, nhưng mỗi vị trí đó ở trong các vũ trụ song

song khác nhau. Từ rất nhiều các vũ trụ đó, người quan sát chọn lọc lấy một vũ trụ cụ thể với vị trí đã được xác định chính xác của electron. Bất cứ vũ trụ nào cũng là hiện thực như vũ trụ cạnh nó, và vì vậy sự hiện diện của một người quan sát ở bên ngoài cần thiết để làm tiêu tan sự nhòe lượng tử không còn lý do để tồn tại nữa.

Bạn có thể phản đối và cũng rất có lý rằng khái niệm các vũ trụ song song là quá xa lạ. Lương tri của bạn bất bình với ý tưởng rằng những trò đồng đánh chỉ của một electron mà thậm chí phải phân chia vũ trụ thành vô số những bản sao gần như đồng nhất với nhau, trong đó ý thức và cá tính của bạn cũng được tái tạo tới vô hạn. Nhưng liệu lương tri có thể là người dẫn đường tốt trong thế giới xa lạ như cơ học lượng tử không? Trong mọi trường hợp, khái niệm đa vũ trụ không hề mâu thuẫn với bất cứ các thí nghiệm nào trong các phòng thí nghiệm cả. Chừng nào còn chưa có bằng chứng ngược lại thì người ta không thể vứt bỏ nó. Vậy là, về nguyên tắc, mỗi một lần có sự lựa chọn hoặc quyết định, vũ trụ lại lao vào một cuộc hoan lạc phân chia, cuồng nhiệt phân thân. Dù chỉ một nguyên tử thay đổi trạng thái trong một ngôi sao nào đó chìm lấp trong một thiên hà xa xôi, và chính thiên hà này cũng lạc trong khoảng bao la của không gian, là thế giới bao quanh chúng ta lại được phân thân thành hai bản sao tương tự nhau. Một số vũ trụ này không khác mấy so với vũ trụ của chúng ta. Chúng chỉ được phân biệt, chẳng hạn, bởi vị trí của một electron trong chỉ một nguyên tử. Phải tinh tường lắm mới nhận ra sự khác biệt này. Những vũ trụ khác thì khác nhiều hơn, ví dụ, bởi số lượng những con mèo sống chẳng hạn. Còn có những vũ trụ khác nữa trong đó Judas chưa từng phản bội Chúa, cuộc Cách mạng Pháp chưa hề xảy ra, nước Pháp còn đang ở chế độ quân chủ, Napoleon chưa từng bị thua trận Waterloo, Hitler chưa từng tồn tại,

thống chế Petin không ký Hiệp ước hữu chiến v.v... Có những vũ trụ còn khác một cách cơ bản hơn nữa: chúng có những hằng số vật lý khác và những điều kiện ban đầu khác, với những định luật vật lý khác. Tất cả những gì có thể xảy ra đều xảy ra trong một tập hợp rộng lớn các vũ trụ đó. Nhưng không có một trường hợp nào, các vũ trụ song song, dù là khác nhau chỉ một electron hay có những định luật vật lý hoàn toàn khác, mà thực nghiệm của chúng ta có thể tiếp cận được. Chúng cũng hiện thực như vũ trụ của chúng ta nhưng nghiêm cấm vĩnh viễn đối với chúng ta.

Nếu chấp nhận khái niệm các vũ trụ song song, sẽ không còn phải thảo luận về vũ trụ của chúng ta qua các “nguyên nhân cuối cùng” hoặc gán cho nó dự định để làm xuất hiện con người. Sự chính xác gần như hoang đường của việc điều chỉnh các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu không còn là điều đáng ngạc nhiên nữa. Các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu được lựa chọn trong số vô hạn các khả năng có thể bởi chính sự tồn tại của chúng ta. Đại đa số các vũ trụ song song lúc bắt đầu không có những điều kiện cần thiết cho sự xuất hiện của sự sống và sẽ không có ý thức. Trong các vũ trụ cần cỗi đó, sẽ không có ai để đặt ra những câu hỏi. Sở dĩ chúng ta có mặt ở đây để nói về điều này là do vũ trụ của chúng ta đã có những tham số “màu mỡ”. Dưới ánh sáng mới này, con người không còn là mục đích của vũ trụ cứu mang nó nữa (cách phát biểu “mạnh” của nguyên lý vị nhân) mà chỉ đơn giản là người quan sát và những tính chất của vũ trụ cần phải phù hợp với sự tồn tại của nó (cách phát biểu “yếu” của nguyên lý vị nhân).

Xem ra chúng ta lại đang ở trong thế giới của những câu chuyện khoa học viễn tưởng. Sự tồn tại của những vũ trụ song song không thể kiểm chứng được, vì chúng lảng tránh mọi quan sát của chúng

ta. Tuy nhiên, khái niệm đa vũ trụ đã không ngừng xuất đầu lộ diện dưới những dạng khác nhau trong tiến trình của vật lý học. Đối với nhà vật lý Mỹ John Wheeler, vũ trụ đi qua một dãy không cùng các chu trình giãn nở và co lại. Sau mỗi lần co lại tới mật độ và nhiệt độ vô hạn, vũ trụ lại tái sinh như con chim phượng hoàng từ đống tro tàn của mình để bắt đầu một chu kỳ giãn nở mới (xem H.56). Nhưng ở mỗi chu trình mới, vũ trụ lại xuất phát với những hằng số vật lý, những điều kiện ban đầu và thậm chí cả những định luật vật lý khác. Đa số các chu trình này không có những điều kiện cần thiết để xuất hiện trí tuệ. Chu trình ứng với vũ trụ của chúng ta thật may mắn có những tham số “màu mỡ” cần thiết và vì thế mới có tôi ngồi để viết những dòng này và có bạn để đọc những dòng đó. Wheeler đã thay sự phân thân cuồng nhiệt của các vũ trụ theo Everett bằng một sự kế tiếp vô hạn các vũ trụ, nhưng ý tưởng thì cũng vẫn như vậy: một vô hạn các vũ trụ, trong đó các hằng số vật lý, các điều kiện ban đầu và thậm chí cả các định luật vật lý cũng có thể thay đổi tùy ý. Lại một lần nữa, các vũ trụ này, hoàn toàn không có liên hệ gì với nhau. Cơ sở khoa học của vũ trụ tuần hoàn của Wheeler còn mong manh hơn cả cơ sở của các vũ trụ song song của Everett: chúng ta thậm chí còn chưa biết vũ trụ có đủ vật chất để tự co lại hay không. Còn chuyện biết những gì xảy ra ở nhiệt độ và mật độ cực cao sau bức tường Planck (liệu có phải vũ trụ khởi động lại với những hằng số vật lý mới?) thì vật lý học hiện nay chưa có đủ phương tiện để lên tiếng.

Ta còn nhớ, khái niệm đa vũ trụ cũng đã từng xuất đầu lộ diện khi mô tả pha lạm phát trong cuốn sách về lịch sử vũ trụ. Trong kịch bản đó, vũ trụ của chúng ta chỉ là cái bong bóng nhỏ bé lạc trong khoảng bao la của một cái bong bóng-siêu vũ trụ còn rộng lớn hơn

rất nhiều. Cái bong bóng-siêu vũ trụ này đến lượt mình lại lạc trong trong vô số những cái bong bóng-siêu vũ trụ khác. Mặc dù hiểu biết của chúng ta về những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ còn rất sơ lược nhưng điều lý thú cần phải thấy là đa vũ trụ xuất hiện một cách tự nhiên từ các lý thuyết thống nhất, những lý thuyết nhằm thống nhất các lực cơ bản của tự nhiên thành một lực duy nhất. Các vũ trụ này không phải được đưa ra chỉ để giải quyết các nghịch lý của cơ học lượng tử (như trong trường hợp vũ trụ của Everett) hoặc để giải thích sự điều chỉnh chính xác của vũ trụ (như trường hợp các vũ trụ tuần hoàn của Wheeler), nên có thể chúng đáng tin cậy hơn. Nhưng dù sao chúng cũng vẫn có một khiếm khuyết nghiêm trọng trên phương diện khoa học: đó là chúng không thể được kiểm chứng bằng những quan sát, vì chúng không có liên hệ với nhau, mà đặc biệt là không có liên hệ với vũ trụ của chúng ta.

Giải thích lại sự ngẫu nhiên

Ta nghĩ gì về nguyên lý vị nhân? Thật khó mà phủ nhận rằng cần phải có một sự hiệu chỉnh hết sức đặc biệt các tham số vật lý để ý thức (dựa trên hóa học carbon) mới có thể xuất hiện được. Nhà triết học Pangloss de Voltaire cũng không nghĩ là mình nói hay như thế khi ông tuyên bố rằng: “mọi thứ đều tốt trong một thế giới tốt nhất của tất cả các thế giới khả dĩ”. Tất cả đều tốt là bởi vì thế giới tốt nhất ấy đã được hiệu chỉnh một cách chu đáo cho sự ra đời của chúng ta. Bóng ma Copernicus chỉ còn biết cúi đầu khâm phục. Chính bản thân sự tồn tại của chúng ta đã là một sự kiện đặc biệt và mang nhiều thông tin. Nhà thiên văn biết rằng vũ trụ mà anh ta sẽ quan sát đêm nay có những tính chất cần phải phù hợp với thực tế là anh ta đang hiện diện ở đây. Nhưng hiểu biết đó liệu

có giúp cho anh ta nắm bắt được tốt hơn những nguyên lý cơ bản chi phối vũ trụ không? Nguyên lý vị nhân liệu có chỗ đứng của nó trong tiến trình của khoa học không? Khoa học có đặc tính tiên đoán. Những điều kiện ban đầu được cho chính xác (chẳng hạn, vị trí và vận tốc ban đầu của quả bóng mà ta ném lên không khí), các định luật vật lý được áp dụng (chẳng hạn, định luật vạn vật hấp dẫn của Newton) và những tiên đoán sẽ được thực hiện (quả bóng sẽ rơi xuống đất khi nào và ở đâu), những tiên đoán này có thể được kiểm chứng bằng các phép đo chính xác. Nguyên lý vị nhân lại vận hành theo chiều ngược lại. Đó là một phát biểu mang tính chất *hậu nghiệm*. Chúng ta biết rằng chúng ta tồn tại. Vậy từ đó chúng ta có thể rút ra điều gì về các điều kiện ban đầu và các nguyên lý chi phối vũ trụ? Nguyên lý vị nhân có thật là vô sinh và mất hoàn toàn khả năng tiên đoán như người ta vẫn nhiều lần buộc tội nó hay không?

Cần phải thừa nhận rằng, từ khi Brandon Carter phát biểu nó vào năm 1974, nguyên lý vị nhân chưa mang lại cho chúng ta một mùa thu hoạch các phát minh khoa học nào. Tôi có cảm tưởng rằng, ngay trong bản thân nó, nguyên lý này cũng chưa phát lộ những chân lý lớn. Nhưng nó có thể dẫn đường cho trực giác chúng ta và chỉ cho chúng ta con đường đúng để khám phá những bí mật của tự nhiên. Tôi chợt nhớ tới một ví dụ. Năm 1961, mười ba năm trước khi nguyên lý vị nhân được Brandon Carter phát biểu một cách chính thức, nhà vật lý người Mỹ Robert Dicke đã phát hiện được một sự trùng hợp lạ lùng: vũ trụ và các sao có tuổi gần như nhau, tức là khoảng chục tỷ năm. Dicke ngay lập tức hiểu rằng sự trùng hợp này hoàn toàn không phải là ngẫu nhiên mà là tất yếu: vũ trụ cần phải có tuổi đủ lớn để có thời gian tạo ra carbon, nguyên tố cần thiết cho sự tồn tại của con người nói chung và của các nhà vật lý

nói riêng. Vũ trụ sẽ không thể đi xa hơn helium trong ba phút đầu tiên, mà phải đợi cho tới khi sáng chế ra sao, lò luyện kim của nó và cơn hấp hối bùng nổ của nó để vung vãi những sản phẩm cháy của nó vào không gian, một thời gian kéo dài phải hàng tỷ năm. Tuổi của vũ trụ cũng không thể quá lớn hơn tuổi thọ của các ngôi sao. Một vũ trụ quá già sẽ chỉ còn các xác sao chết, những sao lùn trắng, sao neutron hoặc các lỗ đen. Và các nhà vật lý cũng không thể sống ở đó được. Tuổi của vũ trụ không phải là ngẫu nhiên mà được xác định chính bởi sự hiện hữu của chúng ta. Dicke lẽ ra đã có thể dùng lập luận này để chống lại lý thuyết vũ trụ dừng (*steady state*), một địch thủ mạnh của thuyết Big Bang vào những năm năm mươi. Lý thuyết này tiên đoán rằng vũ trụ không có bắt đầu cũng không có kết thúc với tuổi không giới hạn trong quá khứ cũng như trong tương lai. Trong lý thuyết đó, không có mối quan hệ rõ ràng nào giữa tuổi của vũ trụ và tuổi của các ngôi sao. Dicke lẽ ra phải lập luận (nhưng ông ta đã không làm) rằng, sự tương tự về tuổi của hai đối tượng đó sẽ làm cho cán cân lệch về phía có lợi cho khẳng định có điểm khởi đầu của vũ trụ, tức là có lợi cho lý thuyết Big Bang. Nhưng nếu có làm thì ông cũng không thể đứng vững ở đó. Bởi lẽ, nói rằng lý thuyết Big Bang đúng là bởi vì, trong lý thuyết này, sự hiện diện của chúng ta đã giải thích được một cách tự nhiên sự trùng hợp giữa tuổi của vũ trụ và tuổi của các ngôi sao chắc cũng không thuyết phục được ai. Nhưng việc tính đến thực tế tồn tại của chúng ta là vô cùng đặc biệt có thể sẽ giúp hướng dẫn cho trực giác của chúng ta và chỉ hướng cho những quan sát. Chẳng hạn, sự suy luận của Dicke, nếu được xem xét một cách nghiêm túc, có thể đã làm cho phát minh vào năm 1965 mang lại chiến thắng cho thuyết Big Bang đến sớm hơn, đó là phát hiện ra bức xạ hóa thạch của vũ trụ nóng và đặc trong giai đoạn bắt đầu của nó. Nguyên lý vị nhân có

thể hướng dẫn sự suy nghĩ của chúng ta, nhưng trong bất cứ trường hợp nào cũng không thể thay thế cho những tìm tòi các nguyên lý vật lý lớn chi phối tự nhiên cũng như không thể thay thế cho những quan sát để kiểm chứng những nguyên lý đó.

Jacques Monod đã nghĩ rằng toàn bộ sự tiến hóa của vũ trụ dẫn tới con người chỉ là một chuỗi những cú gieo xúc xắc may mắn, một dãy những trùng hợp hạnh phúc mà có lẽ sẽ không bao giờ tái diễn nữa. Nhà sinh hóa này nghĩ về những cuộc gặp gỡ ngẫu nhiên giữa các hạt quark để tạo nên các hạt nhân nguyên tử, giữa những hạt nhân ở tâm các ngôi sao để nuôi dưỡng ngọn lửa của chúng, giữa những nguyên tử - sản phẩm cháy của các ngôi sao - để tạo nên các phân tử trong không gian giữa các vì sao và tạo nên các hành tinh, giữa các phân tử hữu cơ của đại dương nguyên thủy để sinh ra những chuỗi xoắn kép ADN. Con người xuất hiện sau một chuỗi dài những ngẫu nhiên may mắn đó, nhưng nó cũng rất có thể không bao giờ xuất hiện. Khái niệm các vũ trụ song song và đa vũ trụ cùng với nguyên lý vị nhân mang lại cho khái niệm ngẫu nhiên một ý nghĩa hoàn toàn khác với ý nghĩa mà Monod gán cho nó. Ngẫu nhiên thực sự không phải nằm ở những cuộc gặp gỡ của các hạt, các quark, các nguyên tử hay phân tử mà ở trong sự lựa chọn các hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu. Một khi những lựa chọn đó được quyết định thì vật chất đã chứa trong nó những mầm mống nảy nở ra ý thức và sự thai nghén của vũ trụ sẽ dẫn tới sự xuất hiện của chính chúng ta mà không gì cưỡng lại nổi.

Nhà khoa học và mục đích luận

Ý tưởng đa vũ trụ đã cho phép nhà khoa học làm dịu đi sự nghi ngờ của mình đối với mục đích luận và tránh được ý tưởng về một

“dự định tối thượng” của vũ trụ. Nhưng mỗi một lần được đắm mình trong một khúc fugue của Bach hoặc một bản sonata của Mozart, hoặc đứng chiêm ngưỡng những bông hướng dương của Van Gogh hoặc những quả táo của Cézanne, hay mỗi khi tràn đầy hứng khởi trước những sắc màu ấm dịu của buổi hoàng hôn hay ngẩn ngơ trước một phong cảnh đẹp, là một lần nổi hoài nghi lại thúc dục trong lòng nhà khoa học: dù thế nào, ngộ nhỡ vẫn có một “dự định tối thượng” thì sao? Khẳng định rằng không có mà lại chẳng có một bằng chứng nào thì cũng là một thái độ thiếu khoa học và giáo điều chẳng khác gì tuyên bố rằng có tồn tại một “dự định” như vậy. Hơn nữa, thừa nhận sự vô hạn các vũ trụ mà không thể kiểm chứng được cũng không làm thỏa mãn trí tuệ. Tại sao vũ trụ lại phải lao vào một cuộc hoan lạc phân thân, tạo thành những vũ trụ cần cỗi chỉ vì để tạo ra một vũ trụ màu mỡ? Điều đó dường như thuần túy và giản đơn là một sự lãng phí, hoàn toàn không phù hợp với sự giản dị và tiết kiệm của các định luật đã biết của tự nhiên.

Nói về dự án tối thượng cũng có nghĩa là nói về một Đấng tối cao, tức là Chúa Trời. Dám hòa trộn Chúa Trời với khoa học, theo một số nhà khoa học như Monod và Weinberg, là một sự nhạo báng tối tệt. Họ xem rằng phương pháp khoa học không thể trả lời được một cách trực tiếp vấn đề về sự tồn tại của “dự án tối thượng” hoặc Đấng tối cao và họ cũng có lý. Chúa Trời không thể được chứng minh như một định lý toán học. Ngài cũng không thể được kiểm chứng bằng những quan sát nhờ kính thiên văn hay bằng những phép đo trong các phòng thí nghiệm hoặc tính toán trên máy tính điện tử. Người ta chỉ có đức tin hay không tin mà thôi. Song, những phát minh trong những năm gần đây của vũ trụ học đã soi sáng vấn đề cơ bản nhất mà cũng cổ xưa nhất đó bằng một ánh sáng mới. Và bất kể một sự xem xét nghiêm túc nào về sự tồn tại của Chúa

cũng phải tính đến những phát minh đó. Xét cho đến cùng, những câu hỏi mà một nhà vũ trụ học đặt ra cũng gần gũi một cách đáng ngạc nhiên với những câu hỏi được đặt ra bởi một nhà thần học: Vũ trụ đã được tạo ra như thế nào? Có điểm bắt đầu của thời gian và không gian không? Vũ trụ có điểm kết thúc không? Nó tới từ đâu và sẽ đi đến đâu? Lãnh địa của Chúa Trời là một lãnh địa bí ẩn và không thể nhìn thấy được, là lãnh địa của cái vô cùng bé và cái vô cùng lớn. Nhưng lãnh địa này ngày hôm nay không chỉ độc quyền thuộc về các nhà thần học mà còn thuộc về cả các nhà khoa học nữa. Khoa học hiện diện ở đây có nhiệm vụ tích lũy các phát minh và làm đảo lộn những viễn cảnh. Nhà thần học không có quyền thờ ơ nữa. Chúng ta hãy đối chứng những lập luận tôn giáo và triết học liên quan tới sự tồn tại của Chúa với những quan điểm khoa học mới về vũ trụ. Và chúng ta sẽ xem xét cuộc đối mặt này giữa Chúa và vũ trụ học hiện đại.

VIII

Chúa trời và Big Bang

Có nhất thiết phải có nguyên nhân đầu tiên hay không?

Một trong những lập luận thường được dùng nhất để chứng minh sự tồn tại của Chúa Trời và cũng thu hút được sự chú ý của các nhà triết học và thần học vĩ đại nhất ở mọi thời đại, từ Platon và Aristotle qua Thomas d'Aquin cho tới Emmanuel Kant là lập luận liên quan tới chuỗi các nguyên nhân: mọi sự vật đều có một nguyên nhân. Nhưng không thể có một dãy vô hạn các nguyên nhân được. Sớm muộn gì rồi cũng phải dẫn đến nguyên nhân đầu tiên, nguyên do của mọi thứ chứa trong vũ trụ. Cái nguyên nhân đầu tiên đó là Chúa Trời.

Lập luận này hiển nhiên là dựa trên khái niệm của phương Tây về thời gian tuyến tính. Một sự kiện A được xảy ra, rồi A gây ra B và đến lượt mình B gây ra C và cứ tiếp tục như thế. Trong một số triết học và tôn giáo phương Đông, chẳng hạn như đạo Phật, thời gian không phải là tuyến tính mà là tuần hoàn. Sự kiện A gây ra sự kiện B, rồi sự kiện B gây ra sự kiện C và đến lượt mình, C lại gây

ra A. Vòng này sẽ khép kín và do đó không còn cần thiết phải có nguyên nhân đầu tiên. Lại một lần nữa, những tính chất bí ẩn của cơ học lượng tử cũng không loại trừ khả năng này. Thực vậy, trong những năm 60, một lý thuyết vật lý đã tuyên bố rằng *không có* hạt sơ cấp, rằng mỗi hạt đều được cấu tạo từ những hạt khác và hầu như tất cả các hạt ở trong mỗi một hạt: A được tạo bởi B và C, B được tạo bởi A và C, và C được tạo bởi A và B. Lý thuyết này hiện đã lỗi thời, vì lý thuyết với một hệ thống thứ bậc các hạt ngày càng sơ cấp hơn dường như mô tả tự nhiên tốt hơn: vật chất được cấu tạo bởi các phân tử, phân tử lại được cấu tạo bởi các nguyên tử, nguyên tử tạo bởi các electron và hạt nhân mà những viên gạch xây nên các hạt nhân là proton và neutron, rồi các nuclon này được tạo bởi các quark. Cho đến hiện nay đây phân cấp này dừng lại ở đó.

Sự nhòe lượng tử đã làm vỡ tung lập luận về nguyên nhân đầu tiên. Trong thế giới nội nguyên tử của các hạt sơ cấp, những mối quan hệ nhân quả và quyết định luận không còn dùng được nữa. Các hạt ma có thể xuất hiện, như chúng ta đã thấy, một cách bất ngờ và không thể tiên đoán được bằng cách vay mượn năng lượng của ngân hàng Tự nhiên. Không thể biết một cách chắc chắn chúng sẽ xuất hiện ở đâu và khi nào, chỉ có thể biết được xác suất xuất hiện của chúng ở nơi này hoặc nơi kia. Chúng có nhiều cơ may xuất hiện trong vùng không gian cong và chứa đầy năng lượng hấp dẫn ở gần bán kính không thể quay lui của một lỗ đen trong Ngân hà hơn là trong vùng không gian phẳng của gian phòng nơi bạn đang ngồi đọc cuốn sách này: tuy nhiên, do những trò ma thuật của cơ học lượng tử, xác suất để các hạt ma xuất hiện bất ngờ gần bàn tay bạn, dù là vô cùng nhỏ, những vẫn khác không. Các hạt ma không có những nguyên nhân chính xác và hành trạng của chúng không thể tiên đoán được.

Như chúng ta cũng đã biết, các nhà vật lý nghĩ rằng những cái đã đúng đối với các hạt sơ cấp cũng sẽ đúng đối với toàn vũ trụ ở những giai đoạn ban đầu của nó. Sự nhòe lượng tử cho phép thời gian và không gian, rồi sau đó cả vũ trụ nữa xuất hiện một cách tự phát từ chân không. Vào thời điểm Planck (10^{-43} giây) vũ trụ có kích thước chỉ cỡ 10^{-33} cm, tức là nhỏ hơn nguyên tử cả triệu tỷ tỷ lần và cơ học lượng tử chi phối thế giới nội nguyên tử có thể phát huy tác dụng của nó. Vậy là vũ trụ không cần phải có nguyên nhân đầu tiên. Nó xuất hiện là nhờ những thăng giáng lượng tử. Một khi đã được sinh ra, quá trình lạm phát sẽ làm cho nó phồng to lên theo quy luật hàm mũ trong những phần giây đầu tiên, các quark và phản-quark bước lên sân khấu và bắt đầu sự thai nghén vũ trụ đưa đến chúng ta dưới sự dẫn dắt của các quy luật vật lý và sinh học. Cách mô tả sự sáng tạo ra vũ trụ như thế giống một cách lạ lùng với với sự sáng tạo *ex nihilo* (từ hư không) đã được rất nhiều tôn giáo viện đến. Điều khác biệt lớn ở đây là sự xuất hiện của vũ trụ bởi những ma thuật của sự nhòe lượng tử dường như không nhất thiết phải có một nguyên nhân đầu tiên cũng như không nhất thiết phải tồn tại Chúa Trời. Sự xuất hiện của vũ trụ hoàn toàn có thể giải thích được bằng những quá trình thuần túy vật lý.

Chúa Trời và thời gian

Cơ học lượng tử đã làm cho khái niệm nguyên nhân đầu tiên trở nên lỗi thời. Nhưng đó chưa phải là tất cả. Chính bản thân khái niệm “nguyên nhân dẫn đến kết quả” cũng mất đi ý nghĩa quen thuộc của nó khi nói về vũ trụ. Bởi lẽ khái niệm này đã giả thiết trước về sự tồn tại của thời gian: nguyên nhân có trước kết quả. Cha mẹ phải có trước con cái chứ không phải ngược lại. Thời gian trôi theo chiều

từ nguyên nhân đến kết quả. Nhưng vật lý hiện đại lại cho rằng thời gian và không gian được tạo ra đồng thời với vũ trụ. Khái niệm này không phải là mới: chính thánh Augustin đã viết ngay từ thế kỷ thứ 4 sau CN rằng thế giới không phải được tạo ra trong thời gian mà là với thời gian. Sẽ thật là khôi hài nếu nghĩ rằng Chúa đã phải đợi một khoảng thời gian dài vô hạn rồi mới đột nhiên quyết định tạo ra vũ trụ. Cụm từ “Chúa sáng tạo ra vũ trụ” phỏng có ý nghĩa gì nếu như thời gian còn chưa tồn tại và nó chỉ được tạo ra cùng với vũ trụ”? Hành động sáng tạo chỉ có ý nghĩa trong thời gian. Nghĩ rằng Chúa tồn tại “trước” vũ trụ cũng sẽ là vô lý chẳng kém gì câu hỏi cái gì có “trước” Big Bang. “Trước” là không có ý nghĩa bởi vì rằng thời gian khi đó còn chưa xuất hiện.

Để tránh những mâu thuẫn về mặt logic, các nhà vật lý còn đưa ra nhiều lý thuyết, cái này còn kỳ quặc hơn cái kia. Nhà vật lý Mỹ John Wheeler (tác giả của vũ trụ tuần hoàn) đã đề nghị đảo thứ tự nhân quả trong thời gian: nguyên nhân không tới trước mà là tới sau kết quả; vũ trụ không cần phải có một đấng sáng tạo nào, bởi vì chính con người là nguyên do để nó xuất hiện. Do mối liên hệ nhân quả bí ẩn giữa con người và vũ trụ tác động theo chiều ngược với hướng thời gian quen thuộc, sự tồn tại của chúng ta sẽ là nguyên nhân truy hồi gây ra sự xuất hiện của vũ trụ. Đó là nguyên lý vị nhân được đẩy tới mức cực đoan. Sự đảo ngược trật tự nhân quả trong thời gian như thế có thể sẽ dẫn đến những mâu thuẫn logic khác còn nghiêm trọng hơn - chẳng hạn như bạn có thể cản trở sự gặp gỡ của bố mẹ bạn và cả sự ra đời của bản thân bạn - và đa số các nhà vật lý đã không chấp nhận lý thuyết này. Nhưng một số lý thuyết vật lý cũng không loại trừ tính nhân quả truy hồi. Những hạt có tên là “tachyon” chuyển động còn nhanh hơn cả ánh sáng có

thể sẽ có ảnh hưởng tới quá khứ. Thật may cho sức khỏe tinh thần của chúng ta, những hạt này hiện vẫn chỉ ở trong trí tưởng tượng đầy phóng túng của các nhà vật lý. Trong một số tình huống, cơ học lượng tử (lại là nó!) dường như ngụ ý rằng hành động quan sát có thể làm thay đổi một tình huống nào đó trong quá khứ. Nhưng điều đó chỉ xảy ra ở mức nội nguyên tử và chưa có bằng chứng nào cho thấy toàn bộ vũ trụ cũng là đối tượng của loại nhân quả hồi cổ này.

Cũng còn có những khó khăn khác về mặt khái niệm liên quan với ý tưởng về Chúa ngự trị trong thời gian. Sự trôi qua của thời gian được bộc lộ bằng những thay đổi. Nhưng liệu có thể nói về một Chúa thay đổi, nếu như Người chính là nguyên nhân đầu tiên của mọi biến đổi trong vũ trụ? Và ai làm cho Chúa thay đổi? Mặt khác, như Einstein đã từng dạy chúng ta, thời gian không phải là phổ quát. Nó có thể biến thiên từ điểm này đến điểm khác của vũ trụ. Thời gian ở gần một lỗ đen không giống như thời gian ở trên Trái đất. Nó là co giãn và ý chí con người có thể làm cho nó thay đổi. Một cú nhấn ga thôi là thời gian sẽ chậm lại. Thời gian thậm chí có thể đổi hướng và dừng lại nếu như vũ trụ tự co lại. Chúa ngự trị trong thời gian sẽ không còn toàn năng nữa. Ngài cũng sẽ phải chịu những thay đổi về thời gian do những lỗ đen, những sao neutron và những trường hấp dẫn khác gây ra hoặc do chính những hành động của con người. Nghĩa là chấm hết sự toàn năng của Chúa.

Giải pháp cho tình trạng lưỡng nan này là có một Chúa Trời ở ngoài thời gian, một Chúa Trời vượt lên trên thời gian. Nhưng điều này lại làm xuất hiện những khó khăn mới: một Chúa có thể nói là vô ngã như thế sẽ chẳng cứu rỗi được chúng ta. Chúa mà chúng ta hằng tâm cầu nguyện phải là một Đức Chúa có khả năng đồng cảm, có thể hài lòng hoặc bất bình trước những tiến bộ về đạo đức của

con người, có thể quyết định chấp thuận lời thỉnh cầu của chúng ta hoặc trừng phạt chúng ta, có thể trù tính và làm thay đổi tương lai của chúng ta, nói một cách ngắn gọn là một Chúa có những hành động theo thời gian. Một Đức Chúa ở ngoài thời gian sẽ chẳng giúp được gì cho chúng ta. Mặt khác, nếu Chúa vượt lên trên thời gian thì tức là Ngài đã biết được tương lai. Thế thì tại sao Ngài vẫn cứ phải lo toan về sự tiến bộ trong cuộc đấu tranh của loài người chống lại cái ác? Bởi kết quả của nó Ngài đã biết trước rồi cơ mà. Một Đức Chúa ở ngoài thời gian sẽ không thể suy nghĩ được, bởi vì bản thân quá trình tư duy cũng là một hoạt động theo thời gian. Vậy là sự hiểu biết của Chúa không thay đổi theo dòng thời gian. Mà Chúa lại cần phải biết trước mọi thay đổi theo thời gian của một nguyên tử nhỏ nhất trong vũ trụ.

Như vậy, vật lý hiện đại cho chúng ta khả năng lựa chọn giữa một Chúa Trời có bản ngã nhưng không có toàn năng và một Chúa toàn năng nhưng lại vô ngã. Thời gian có thể co giãn không cho phép Chúa vừa có bản ngã lại vừa toàn năng.⁽¹¹⁾

Chúa và quá trình phức tạp hóa

Ai trong số chúng ta lại chưa từng biết tới những khoái cảm thẩm mỹ tuyệt vời khi nghe một bản nhạc hay hoặc khi chiêm ngưỡng một tác phẩm nghệ thuật, một người đàn bà đẹp hay một phong cảnh mỹ lệ? Trong những giờ phút đặc ân đó, chúng ta không thể chấp nhận rằng vũ trụ không có ý nghĩa và không có “dự định tối thượng”. Chúng ta sẽ nghĩ rằng một vẻ đẹp và một sự phức tạp dường ấy

11. P. Davies, *God and the New Physics*, Simon and Schuster, 1983.

không thể là thành quả của sự ngẫu nhiên thuần túy được và nhất định phải có một Đấng sáng tạo nào đó. Nghĩ như thế là chúng ta đã theo bản năng lấy lại một trong những luận điểm ưa chuộng của các nhà thần học để chứng minh sự tồn tại của Chúa: chỉ có Đấng sáng tạo mới có thể tạo ra được một tự nhiên phức tạp và sắp xếp đẹp đẽ đến như vậy. Một tổng giám mục người Anh là William Paley đã viết vào năm 1802: “Trong khi dạo chơi, nếu có vấp phải một hòn đá tôi cũng không băn khoăn tự hỏi về nguồn gốc của hòn đá đó. Nó có lẽ đã ở đó nhiều thế kỷ rồi. Nhưng nếu tôi tình cờ thấy một chiếc đồng hồ nằm trên đất tôi sẽ tự nhủ rằng đó là tác phẩm của người thợ đồng hồ”. Trình độ tổ chức và mức độ phức tạp của chiếc đồng hồ là bằng chứng về sự tồn tại của người thợ đồng hồ. Cũng như vậy, trình độ tổ chức và mức độ phức tạp của vũ trụ chứng tỏ sự tồn tại của Chúa-người thợ đồng hồ.

Lập luận này xem ra rất có sức thuyết phục. Thật không may, khoa học hiện đại lại hoàn toàn không phù hợp với một suy luận như thế. Nó nói với chúng ta rằng các hệ thống rất phức tạp vẫn có thể là kết quả của một quá trình tiến hóa hết sức tự nhiên theo các định luật của vật lý hoặc sinh học đã được biết rất rõ và không cần gì phải viện đến Chúa-người thợ đồng hồ cả. Sự phức tạp không nhất thiết phải kéo theo Đấng sáng tạo hay “dự định tối thượng”. Trong cuốn sách về lịch sử vũ trụ chúng ta đã thấy rằng, xuất phát từ một trạng thái nguyên thủy rất đơn giản, một món súp các hạt sơ cấp, và đi theo các định luật vật lý và sinh học rất xác định, vũ trụ đã biết tạo dựng nên bức thảm vũ trụ tuyệt vời của các thiên hà và làm xuất hiện tại một trong số các thiên hà đó một ý thức có khả năng quan sát nó. Một khi đã được khởi phát, vũ trụ không cần một người thợ đồng hồ nào để phát triển độ phức tạp của nó.

Thoạt nhìn, điều này có vẻ như mâu thuẫn hiển nhiên với nguyên lý hai của nhiệt động lực học (môn vật lý nghiên cứu năng lượng và nhiệt). Nguyên lý này nói rằng mức độ hỗn loạn toàn phần của vũ trụ sẽ luôn luôn tăng, rằng các nhà thờ nguy nga không được bảo trì sẽ dần đổ nát, những bông hồng rồi sẽ héo tàn, các đồ vật cũng như sinh vật sẽ già cũ và hao mòn theo năm tháng, rằng thời gian sẽ làm cho những vật xinh đẹp trở nên xấu xí, trật tự trở thành hỗn độn. Việc xuất hiện sự sống, một trạng thái có trình độ tổ chức và độ phức tạp cực cao, xuất phát từ một độ phức tạp zero, một chân không chứa đầy năng lượng hấp dẫn, dường như là một thách thức đối với vật lý học.

Nhưng như chúng ta đã biết cái dường như là một nghịch lý lớn này thực tế lại không phải như vậy. Nếu bạn liệt kê hết những cái là trật tự và hỗn loạn trong vũ trụ (mức độ hỗn loạn được đo định lượng bằng một hàm mà các nhà vật lý gọi là entropy) thì mức độ hỗn loạn vẫn chiếm phần hơn và nó luôn luôn tăng theo thời gian. Nhiệt động lực học hoàn toàn cho phép một số chỗ đặc biệt có thể xác lập tính trật tự, tổ chức thành những cấu trúc, dựng nên sự phức tạp và cho ý thức xuất hiện. Miễn là ở những chỗ khác có mức độ hỗn loạn lớn hơn để bù lại và đảm bảo sao cho cán cân luôn nghiêng về phía mức độ hỗn loạn tăng. Trật tự mà sự sống trên Trái đất đại diện chỉ có thể có được là nhờ sự hỗn loạn lớn hơn được tạo ra bởi Mặt trời bằng cách biến những nguyên tử hydrogen thành năng lượng, ánh sáng và nhiệt. Tất cả các cấu trúc của vũ trụ, như các thiên hà và các hành tinh, tồn tại được là nhờ hai nhân tố: sự giãn nở của vũ trụ và sự sáng tạo ra hỗn loạn bởi các ngôi sao. Sự giãn nở của vũ trụ là một nhân tố căn bản có tác dụng làm lạnh bức xạ hóa thạch và tạo ra sự mất cân bằng về nhiệt độ giữa các ngôi sao và

không gian bao quanh chúng. Đến lượt mình, sự mất cân bằng này cho phép các ngôi sao biến thành một guồng máy chế tạo ra sự hỗn loạn. Chúng phóng ánh sáng nóng và hỗn loạn vào ánh sáng lạnh hơn và trật tự hơn bao quanh chúng. Sự hỗn loạn này do đó được truyền từ ánh sáng nóng sang ánh sáng lạnh làm cho độ hỗn loạn toàn phần tăng lên và những góc trật tự có thể xuất hiện mà không vi phạm nguyên lý hai của nhiệt động lực học. Mặt khác, sự giãn nở của vũ trụ còn cần thiết cho sự tồn tại của chính các ngôi sao. Chính sự giãn nở này, khi làm loãng vũ trụ, đã hạn chế quá trình tổng hợp hạt nhân nguyên thủy ở mức các hạt nhân nguyên tử nhẹ nhất và điều này cho phép sau ba phút đầu tiên ba phần tư khối lượng baryon (proton và neutron) là được tạo bởi hydrogen và phần còn lại là bởi helium. Không có giãn nở, vũ trụ sẽ biến hoàn toàn vật chất thành sắt và khi đó thì vĩnh biệt các nguồn dự trữ hydrogen duy trì lò lửa và sự hỗn loạn trong các ngôi sao! Mà không có sự hỗn loạn này, thì cũng vĩnh biệt luôn sự trật tự, sự sống và cả ý thức nữa.

Như vậy, độ phức tạp và tổ chức có thể xuất hiện một cách tự phát trong một vũ trụ giãn nở và có khả năng sáng chế ra các ngôi sao. Bàn tay tổ chức của Chúa dường như không còn là cần thiết nữa.

Chúa Trời và sự sống

Bạn chắc vẫn còn hoài nghi. Thôi thì cứ chấp nhận rằng, bạn nói, các cấu trúc của vũ trụ có những nguyên nhân tự nhiên và không cần tới sự can thiệp của Chúa đi. Nhưng thế còn sự sống thì sao? Liệu nó có cần tới một nguyên nhân siêu nhiên, tức là Chúa không? Xét cho tới cùng thì con người là một tổ hợp của 30 tỷ tỷ tỷ các hạt vô tri. Mà tổng của các hạt vô tri thì chỉ có thể là một vật vô tri mà

thời. Nếu loài người, động vật và thực vật là các cơ thể sống, thì đó là do Chúa đã đưa thêm vào tổ hợp của các nguyên tử một thành phần hết sức căn bản là sự sống.

L luận chúng này không thể đứng vững được bởi một thực tế là cái toàn thể có thể lớn hơn tổng số học của các thành phần riêng lẻ và ở trình độ vĩ mô nó có thể có những tính chất mà ở trình độ vi mô không có. Bạn hãy thử chiêm ngưỡng một bức tranh theo trường phái điểm họa của Goerges Seurat. Vô số những điểm của bức tranh, tất cả đều rực rỡ sắc màu, nhưng sẽ chẳng gọi cho bạn điều gì nếu như bạn chiêm ngưỡng từng điểm riêng lẻ. Chỉ khi bạn lùi ra xa chiêm ngưỡng bức tranh trong tổng thể của nó thì các nhân vật và phong cảnh mới hiện rõ hình hài và bức tranh mới có ý nghĩa. Cũng tương tự như vậy, các nốt nhạc rời rạc chỉ để lại cho chúng ta sự lạnh lẽo. Nhưng chỉ khi chúng được một thiên tài như Beethoven hoặc Mozart xâu chuỗi lại thành một bản giao hưởng hay bản sonata là âm nhạc sẽ làm chúng ta xúc động. Những từ ngữ trong một cuốn từ điển là lạnh lùng và vô nghĩa, nhưng khi được Rimbaud hay Baudelaire dựng thành một bài thơ, chúng sẽ khiến chúng ta rung động sâu sắc. Toàn thể có những phẩm chất mà các bộ phận không có. Cũng tương tự, người ta có thể hình dung được các nguyên tử hoàn toàn vô tri, nhưng khi kết hợp lại theo các định luật vật lý và sinh học, vượt qua một ngưỡng nào đó về độ phức tạp và trình độ tổ chức, sẽ làm nảy sinh sự sống mà không cần sự trợ giúp của Chúa. Sự sống là kết quả của một hiện tượng tập thể. Người ta không thể quy nó về một tập hợp các tế bào, các chuỗi xoắn kép ADN hay những chuỗi nguyên tử được.

Chúng ta hoàn toàn còn chưa biết gì về những quá trình làm nảy sinh sự sống từ những nguyên tử vô tri. Cần phải đạt tới một độ

phức tạp và trình độ tổ chức tối thiểu nào để sự sống bắt đầu xuất hiện? Và làm thế nào có thể đạt tới độ phức tạp đó bằng những con đường vật lý và hóa học? Như chúng ta đã biết, sự sống có lẽ bắt đầu con đường thăng tiến của nó trong bầu khí quyển nguyên sơ của Trái đất. Vào năm 1953, hai nhà hóa học Mỹ là Stanley Miller và Harold Urey trong một thí nghiệm vẫn còn nổi tiếng đến hiện nay đã tái tạo được trong ống nghiệm của họ bầu khí quyển sơ khai của Trái đất: một hỗn hợp của ammoniac, methane, hydrogen và nước. Họ cho phóng điện qua toàn bộ khí quyển đó để mô phỏng những cơn giông bão gầm thét trên mặt đất 4,6 tỷ năm trước. Sau một vài ngày, các phân tử cơ sở của sự sống - các amino acid - đã xuất hiện. Miller và Urey vậy là đã đi đúng con đường để tiến tới giải mã bí mật của sự sống. Nhưng con đường từ các amino acid tới được các chuỗi xoắn kép ADN có khả năng sinh sản còn rất xa vời. Nguồn gốc của sự sống vẫn còn là một trong những thách thức khoa học vĩ đại nhất. Tất cả những điều mà chúng ta có thể nói được bây giờ, đó là nguồn gốc này tương hợp với các quy luật tự nhiên đã biết và không nhất thiết phải cần đến sự can thiệp của Chúa.

Chúa và ý thức

Một khi đã được tạo ra, sự sống sẽ tự tăng tốc để tới đích là trí tuệ và ý thức, lý trí và tinh thần. Khoảng 3,5 tỷ năm trước, những dạng đầu tiên của sự sống, những tế bào sống đầu tiên, đã xuất hiện trên Trái đất. Trong gần 3 tỷ năm, tức là khoảng ba phần tư thời gian trôi qua kể từ lúc dạng sống đầu tiên xuất hiện trên Trái đất đến ngày nay, sự tiến hóa là cực kỳ chậm chạp và chưa vượt qua được giai đoạn đơn bào. Rồi, non một tỷ năm sau đó, sự tiến hóa đã chuyển sang một tốc độ cao hơn: các động vật đa bào (nhuỷên

thể, cá, bò sát, và có vú) tràn ngập Trái đất. Sau đó khoảng non một triệu năm, tức là khoảng 3% tuổi của sự sống, ba loài có trí khôn đầu tiên xuất hiện: linh trưởng, cá heo và chuột. Và rồi, sau khoảng non 2 triệu năm nữa, xuất hiện *Homo sapiens* có ý thức và “linh hồn”.

Thật khó mà nói thật chính xác ý thức đã xuất hiện vào giai đoạn nào. Những con đười ươi, khỉ đột và tinh tinh dường như cũng có khả năng xúc cảm rất giống con người: yêu đương, đau khổ và vui sướng. Dường như chúng thậm chí cũng đã có sự manh nha về ngôn ngữ. Nhưng liệu chúng có khả năng trừu tượng hóa không? Trong mọi trường hợp, người ta chưa từng thấy chúng say mê sáng tác các bản giao hưởng, các vở kịch, viết tiểu thuyết hay vẽ và điêu khắc. Lại một lần nữa, câu hỏi cũ lại được đặt ra: liệu ý thức có cần sự can thiệp của Chúa không? Có cần phải “bơm” linh hồn vào cái thể xác được tạo bởi hàng tỷ nguyên tử hay không? Có cần phải “cấy ghép” tinh thần vào bộ não tạo bởi hàng tỷ neuron không?

Lại một lần nữa, câu trả lời là những câu hỏi này không có ý nghĩa. Đặt ra những câu hỏi như vậy là nhầm lẫn những khái niệm mô tả ở các trình độ hoàn toàn khác nhau. Nói về những nguyên tử của một cơ thể hay các neuron của một bộ não đó là nói về những nốt nhạc rời rạc hay là những từ ngữ trong một cuốn từ điển. Trong khi đó, nói về sự sống và ý thức là chuyển tới một trình độ khác, đó là vứt bỏ cách mô tả quy giản luận để chấp nhận cách mô tả tập thể và chỉnh thể luận, là quy chiếu tới giai điệu của một bản giao hưởng hoặc cốt truyện của một cuốn tiểu thuyết. Thể xác và tâm hồn không phải là những khái niệm mà người ta có thể đặt ở cùng một trình độ mô tả. Đặt chúng ngang bằng nhau (như Descartes đã làm khi nói về nhị nguyên: thể xác-linh hồn) là làm mỗi cho những câu hỏi vô lý loại: thể linh hồn ở đâu trong không gian và thời gian?

(Descartes tin rằng tuyến yên là nơi cư trú của linh hồn; còn Teilhard de Chardin lại nghĩ rằng ý thức được phân chia cho từng nguyên tử của cơ thể, một ý tưởng hoàn toàn không có một sơ sở thực nghiệm nào). Rồi, linh hồn ở đâu trước khi thể xác ra đời? Và nó sẽ đi đâu sau khi thể xác mất đi? Hay Chúa là một kho dự trữ sẵn những linh hồn để rồi cấy ghép nó cho các tập hợp nguyên tử? Những câu hỏi này hoàn toàn là vô nghĩa, bởi vì tinh thần và thể xác không phải là hai chất vật chất phân biệt, cái này chứa cái kia. Người ta không thể nói về chúng khi đặt chúng trên cùng một bình diện.

Với cách mô tả ở hai trình độ tinh thần và thể xác, không gì có thể cản trở sự xuất hiện hoàn toàn tự nhiên và tự phát của ý thức, nếu như sự tiến hóa vượt qua một ngưỡng nào đó của độ phức tạp và trình độ tổ chức. Tia lửa của Chúa không còn cần thiết nữa. Kết luận này có những hệ quả không mấy dễ chịu đối với lòng tự ái của chúng ta: bộ não chẳng qua cũng chỉ là một bộ máy biết suy nghĩ, một tổng số những thành phần tạo nên một loại xã hội và chính những quan hệ nội tại của cái xã hội đó tạo nên cái mà chúng ta gọi là tinh thần⁽¹²⁾. Điều này cũng muốn nói rằng những chiếc máy, nếu chúng trở nên đủ phức tạp, cũng có thể biết tư duy và cảm giác. Những cái máy có cả trái tim. Tất nhiên, mặc dù những khả năng trí tuệ của các máy móc có trí khôn hiện nay đã vượt chúng ta trong nhiều lĩnh vực (chúng tính toán nhanh hơn nhiều và không có sai sót và có thể đánh bại chúng ta về cờ), nhưng khả năng cảm giác của chúng còn rất hạn chế: chúng nhìn không tốt, nhận dạng rất khó khăn người đối thoại với mình, chỉ hiểu được khoảng 10.000 từ (với điều kiện người ta phải nói với chúng rất chậm và rất rõ) và

12. M. Minsky, *La Société de l'esprit*, Interédition, 1988.

nói bằng một giọng rất khàn. Nhưng những máy móc có trí tuệ này mới chỉ tồn tại khoảng 15 năm nay (mà chúng đã đạt tới độ phức tạp so được với côn trùng) trong khi con người là sản phẩm của cả hàng triệu năm tiến hóa! Viễn cảnh của những máy móc biết tư duy trong tương lai không phải là rất hấp dẫn lắm, nhưng nó không bị loại trừ bởi khoa học về trí tuệ nhân tạo hiện nay.

Chúa và người ngoài Trái đất

Nếu chúng ta chấp nhận giả thuyết cho rằng sự sống và ý thức xuất hiện một cách tự nhiên trên Trái đất mà không cần sự giúp đỡ nào của Chúa, thì ta phải xem xét tới khả năng về sự tồn tại của các dạng trí tuệ khác trong vũ trụ. Dù sao, vũ trụ quan sát được cũng chứa tới 100 tỷ thiên hà, mỗi thiên hà lại là tập hợp của 100 tỷ ngôi sao. Nếu mỗi ngôi sao cũng có một bầu đoàn cỡ một chục hành tinh như Mặt trời của chúng ta, thì trong vũ trụ cả thảy sẽ có tới 100.000 tỷ tỷ (10^{23}) hành tinh. Vậy thì tại sao chỉ duy nhất hành tinh của chúng ta là có sự sống? (Nó đúng là hành tinh duy nhất trong số 9 hành tinh của hệ Mặt trời. Sự khảo sát Hỏa tinh, một hành tinh thích hợp nhất với sự sống như chúng ta biết sau Trái đất, bởi con tàu thăm dò Viking của Mỹ đã không hề phát hiện thấy người sao Hỏa cũng như các cơ thể sống khác). Tại sao những thang bậc của độ phức tạp lại chỉ được thăng tiến trên Trái đất? Điều này xem ra không mấy chắc chắn và bóng ma Copernicus đã hết sức bất bình vì người ta chỉ xem xét mỗi giả thuyết đó. Có một cuộc tranh luận hết sức rộng lớn về đề tài này. Một số người nghĩ rằng chúng ta là duy nhất trong vũ trụ vì chưa bao giờ chúng ta nhận được một thông điệp nào tới từ vũ trụ. Nhưng người ta cũng có thể đáp lại rằng sở dĩ như vậy là do chúng ta còn chưa có đủ công nghệ hoặc tri thức

cần thiết để bắt và giải mã được những thông điệp từ không gian vũ trụ hoặc là người ngoài Trái đất không hề có ý định liên lạc với chúng ta và họ chỉ quan sát chúng ta từ xa như những khán giả xem những con thú nhốt trong lồng ở các vườn bách thú. Sự không có bằng chứng không phải là bằng chứng về sự không có.

Sự tồn tại của các nền văn minh ngoài Trái đất dù thế nào đi nữa cũng đặt ra những câu hỏi thần học hết sức lý thú, mà chủ yếu liên quan tới Ki-tô giáo. Theo tôn giáo này, chúng ta đã kế thừa “tội tổ tông” từ tổ tiên chúng ta là Adam và Eva. Một loài người khác ngoài Trái đất được phát triển độc lập trên một hành tinh khác sẽ không phải hưởng di sản đó: họ không có tội? Mặt khác, Chúa đã phái con trai của mình là Jesus Christ xuống Trái đất để cứu rỗi loài người. Liệu có thể có nhiều Jesus Christ ngoài Trái đất tới thăm từng hành tinh màu mỡ để cứu rỗi những cư dân sống ở đó hay không? Thoạt nhìn, những câu hỏi này có vẻ như vô lý nhưng rồi các nhà thần học sẽ phải đối mặt với chúng nếu như mai này chúng ta tiếp xúc được với những nền văn minh đó.

Giordano Bruno đã từng nêu ra những câu hỏi này ngay từ những năm 1600 khi đưa ra ý tưởng về một vũ trụ vô hạn chứa một số vô hạn các thế giới được cư trú bởi vô số những dạng khác nhau của sự sống để làm sáng danh Chúa. Nhưng Giáo hội, thay vì phải tìm cách giải quyết vấn đề đó, lại đi bịt miệng Bruno bằng cách thiêu sống ông trên giàn lửa.

Sự đánh cược cuối cùng

Vũ trụ học hiện đại đã làm thay đổi một cách sâu sắc những ý niệm của chúng ta liên quan đến bản chất của thời gian và không gian, đến nguồn gốc của vật chất, đến sự phát triển của sự sống và ý

thức, đến trật tự và hỗn loạn, đến quan hệ nhân quả và quyết định luận. Nó đề cập tới những đề tài mà từ lâu là độc quyền của tôn giáo và soi sáng những vấn đề đó bằng một ánh sáng mới. Dùng những chiếc búa tạ là các định luật vật lý và toán học để công phá bức tường bao quanh thực tại vật lý, các nhà vũ trụ học và thiên văn học cuối cùng đã đối mặt với các nhà thần học.

Thoạt nhìn, vật lý hiện đại dường như đã loại bỏ sự tất yếu của Chúa. Hai luận chứng thường được dùng để chứng minh sự tồn tại của Chúa dường như đã bị bác bỏ. Luận chứng về nguyên nhân đầu tiên là không có ý nghĩa bởi vì sự nhòe lượng tử đã loại bỏ quyết định luận trong thế giới vi mô. Luận chứng về Chúa - người thợ đồng hồ, người sáng tạo ra cái đẹp, ra tổ chức và độ phức tạp cũng không phải là không thể đánh bại. Trật tự có thể xuất hiện trong những ốc đảo của sa mạc vũ trụ bao la mà không cần sự can thiệp của Chúa, nếu như một sự hỗn loạn lớn hơn được tạo ra ở những nơi khác. Những ngôi sao là tác giả của sự hỗn loạn đó, chúng phun ánh sáng nóng của chúng vào vũ trụ đã lạnh đi do giãn nở. Sự sống và ý thức cũng nảy nở từ vật chất mà không cần tới tia lửa của Chúa, bởi vì đây là những hiện tượng tập thể, là những biểu hiện của chỉnh thể luận.

Tuy nhiên, sự hoài nghi cũng vẫn còn. Sự tiến hóa của vũ trụ, như chúng ta đã biết, đã được điều chỉnh một cách hết sức chu đáo để dẫn đến sự ra đời của chúng ta. Những hằng số vật lý và các điều kiện ban đầu chỉ cần thay đổi chút xíu là chúng ta sẽ không có mặt trên đời này để nói về nó. Toàn bộ sự thai nghén của vũ trụ có thể giải thích được bằng các quy luật tự nhiên (các định luật rời rạc mà các nhà vật lý hy vọng một ngày nào đó sẽ được thống nhất thành một siêu định luật duy nhất, hay một nguyên lý thống nhất lớn), nhưng vẫn còn cần phải xác lập những hằng số vật lý và định

nghĩa chính xác các định luật (hay nguyên lý lớn) đó. Đối mặt với tình hình đó, có hai thái độ khả dĩ. Người ta có thể viện đến một Đấng tối cao, tác giả của các định luật đó, người dàn dựng và hiệu chỉnh tất cả hoặc chia phần lớn cho ngẫu nhiên bằng cách đưa vào đa vũ trụ hoặc các vũ trụ song song. Trong giả thuyết này, có vô số những vũ trụ với mọi tổ hợp khả dĩ của các hằng số vật lý và điều kiện ban đầu. Đa số các vũ trụ này có những tổ hợp bất lợi và khô cằn. Riêng vũ trụ của chúng ta, do ngẫu nhiên, có được một tổ hợp “trúng số độc đắc” mà bản thân chúng ta chính là phần thưởng của giải độc đắc đó. Còn chuyện vũ trụ của chúng ta dường như được hiệu chỉnh một cách cực kỳ chính xác thì chẳng qua chỉ là thuần túy trùng hợp mà thôi.

Còn chúng ta sẽ có thái độ nào đây? Đối mặt với vấn đề lưỡng nan này, con người của khoa học, mặc dù kiến thức đầy mình, vẫn cảm thấy thiếu thốn và chưa được trang bị như những người láng giềng của mình. Khoa học sẽ chẳng có ích lợi gì khi nói về đức tin. Nhà khoa học phải đo lường mọi sự mạo hiểm và nhảy xuống nước. Anh ta sẽ phải đánh cược, như Pascal. Về phần mình, tôi sẵn sàng đánh cược cho sự tồn tại của đấng tối thượng. Giả thuyết về một đa vũ trụ tưởng tượng và không thể kiểm chứng được là trái quan điểm của tôi về tính đơn giản và tiết kiệm. Không đi quá xa như nhà triết học Áo Karl Popper, mà đối với ông: “cái không thể quan sát được hoặc bị bác bỏ thuộc về ma thuật hoặc thần bí chứ không thuộc lĩnh vực khoa học”⁽¹³⁾, tôi nhận thấy giả thuyết về vô số vũ trụ không thể quan sát được là không có căn cứ. Và lại, tôi cũng thích có một sự lựa chọn tự do. Trong thế giới của các vũ trụ song

13. K. Popper, *Logic of Scientific Discovery*, Harper and Row, 1965.

song, tất cả những gì có thể xảy ra đều sẽ xảy ra. Giả thử rằng vào một tối thứ sáu, tôi phải lựa chọn giữa đi xem phim hay ngồi nhà xem một chương trình TV. Lý thuyết đa vũ trụ nói rằng tôi sẽ làm cả hai cùng một lúc. Vũ trụ và tôi sẽ phân thân. Trong một vũ trụ tôi sẽ đi xem phim và trong một vũ trụ khác tôi sẽ ở nhà xem TV. Mọi sự lựa chọn một khi đã bị bắt buộc thì không còn là lựa chọn nữa. Một tên tội phạm, trong thế giới của các vũ trụ song song, sẽ có điều kiện thuận lợi để biện hộ trước quan tòa: các định luật của cơ học lượng tử đã buộc anh ta phải phạm tội. Nếu anh ta không phạm tội ở vũ trụ này thì dù sao một trong các bản sao của anh ta sẽ phạm tội ở một vũ trụ song song khác. Vả lại, nếu đánh cược cho ngẫu nhiên sẽ chỉ mang đến sự vô nghĩa và tuyệt vọng. Tiếng kêu thống thiết của Monod và Weinberg là bằng chứng của điều đó. Thế thì tại sao lại không đặt cược cho cái có ý nghĩa và hy vọng?

IX

Giai điệu bí ẩn

Một vũ trụ dừng và sự tạo vật chất không ngừng

Tự nhiên không yên lặng. Nó thường xuyên thích thú gửi đến chúng ta những nốt nhạc rời rạc. Nhưng nó không bao giờ chịu trao cho chúng ta tổ chức của các nốt nhạc đó cũng như không tiết lộ cho chúng ta bí mật giai điệu của nó. Nhiệm vụ của chúng ta là phải khám phá ra bí mật ấy, phát hiện ra giai điệu đó và viết bản dàn bè cho nó. Giai điệu của Big Bang đã được chấp nhận và tập hợp được đa số các nhà vũ trụ học. Tuy nhiên, đối với một thiểu số các nhà vật lý thiên văn, thì Big Bang nghe không thật. Họ cũng nghe chính những nốt nhạc ấy, nhưng giai điệu mà họ dựng lại từ những nốt nhạc đó lại hoàn toàn khác. Hiện tồn tại rất nhiều lý thuyết vũ trụ học đối địch nhau với ý định hạ bệ Big Bang, nhưng cho tới nay chưa có lý thuyết nào thành công. Giờ chúng ta hãy đóng tai lắng nghe những giai điệu khác nhau đó.

Sau Big Bang, lý thuyết vũ trụ học xem ra có thể được đẩy đi xa nhất đó là lý thuyết vũ trụ dừng (*steady state*). Lý thuyết này đã

được ba nhà thiên văn người Anh là Hermann Bondi, Thomas Gold và Fred Hoyle xây dựng vào năm 1948. Nó đã có ảnh hưởng to lớn tới tư tưởng vũ trụ học vào những năm 50 và 60, và đã kích thích nhiều nghiên cứu nhằm tách biệt nó với Big Bang.

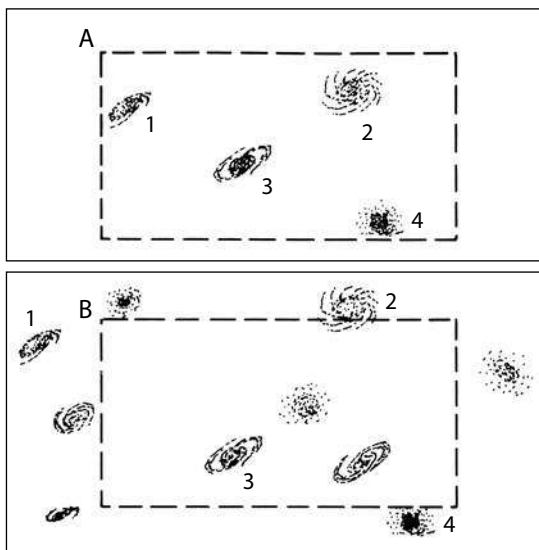
Lý thuyết vũ trụ dừng ra đời đồng thời từ nỗi ưu tư về mỹ học, sự băn khoăn về triết học và tôn giáo và cũng từ một quan sát mà sau này người ta phát hiện ra là sai lầm. Nỗi ưu tư về mỹ học bắt nguồn từ nguyên lý vũ trụ học, một trong những tiên đề cơ bản của thuyết tương đối tổng quát và là nguyên lý sẽ được khẳng định sau đó một cách hết sức ngoạn mục bởi quan sát bức xạ hóa thạch của vũ trụ. Theo nguyên lý này thì vũ trụ là đồng nhất và đẳng hướng, tức là như nhau ở mọi nơi và theo mọi hướng. Thế thì tại sao ta không đi xa hơn thế? Tại sao ta lại không mở rộng tính đồng nhất và đẳng hướng của không gian sang cả thời gian? Khi đó ta sẽ có một nguyên lý vũ trụ học hoàn hảo, một vũ trụ không biến đổi cả theo không gian lẫn thời gian. Vũ trụ tại mọi thời điểm sẽ là như nhau: nó là dừng. Lý thuyết này cũng vứt bỏ khái niệm tiến hóa và biến đổi gắn liền với lý thuyết Big Bang. Ý tưởng của Aristotle về tính bất biến của bầu trời lại nổi lên nhưng dưới một dạng khác.

Trong lý thuyết vũ trụ dừng, vũ trụ không có điểm bắt đầu cũng không có điểm kết thúc. Đây chính là chỗ những băn khoăn về triết học và tôn giáo xen vào. Trong những năm 50 và 60, khái niệm về sáng thế và sự khởi đầu (và do đó cả khái niệm về đấng tối thượng) trong lĩnh vực khoa học đã bốc mùi dị giáo. Đa số các nhà vũ trụ học đều không muốn nghe nói về nó và họ vô cùng mừng rỡ khi có một lý thuyết đặt lên khay bạc dâng cho họ một vũ trụ đã tồn tại suốt thời gian. Điều này cho phép họ tổng tiền vào quên lãng vấn đề sáng thế mà vẫn giữ được lương tâm thanh thản. Mặt khác, một vũ

trụ có tuổi vô hạn sẽ cho phép họ giải quyết được vấn đề đặt ra bởi tuổi tương ứng của vũ trụ và Trái đất theo những đánh giá vào thời điểm đó. Thực vậy, nếu ta chấp nhận Big Bang, thì theo Hubble vũ trụ chỉ có tuổi là 2 tỷ năm, trong khi đó các phép đo những nguyên tố phóng xạ trong vỏ Trái đất lại cho thấy tuổi của Trái đất là 4,6 tỷ năm. Làm sao Trái đất lại có thể già hơn vũ trụ được? Bondi, Gold và Hoyle kết luận mô hình Big Bang chắc là sai. Tuy nhiên, ngày hôm nay chúng ta biết rằng sai lầm ở đây không phải là của Big Bang mà là của Hubble. Ông đã sai lầm trong việc đánh giá độ sáng thực của các ngọn hải đăng vũ trụ - các sao cepheid. Hiện nay người ta xác định được tuổi của vũ trụ là 15 tỷ năm và như vậy trong lý thuyết Big Bang, không có chuyện bộ phận lại già hơn toàn thể, Trái đất lại già hơn vũ trụ.

Nhưng làm thế nào có thể dung hòa được ý tưởng về một vũ trụ bất biến theo thời gian với quan sát về sự giãn nở của vũ trụ? Nếu các thiên hà thường xuyên chạy ra xa nhau, nếu càng ngày càng có nhiều khoảng trống giữa chúng được tạo ra, thì vũ trụ không thể luôn luôn như nhau theo thời gian được. Để cứu nguyên lý vũ trụ hoàn hảo, Bondi, Gold và Hoyle đã buộc phải thừa nhận rằng vật chất (và do đó cả các thiên hà nữa) không ngừng được tạo ra để bù trừ một cách chính xác những khoảng trống do sự giãn nở của vũ trụ sinh ra. Mức nước trong bể có vòi chảy ra liên tục sẽ vẫn được giữ nguyên như cũ nếu ta không ngừng bổ sung nước sạch cho nó. Nhưng lương tri chúng ta bất bình: có ai thấy vật chất tự phát xuất hiện ở các góc phố đâu. Tuy nhiên, tốc độ cung cấp vật chất cho vũ trụ là cực kỳ nhỏ (chỉ cần thêm một nguyên tử hydrogen cho mỗi thể tích 1 lít của không gian trong hàng tỷ năm) mà điều này thì không thể cảm nhận được và cũng không thể đo được. Cơ chế

không ngừng tạo ra vật chất không thể giải thích được, nhưng xét cho tới cùng thì vào những năm 50 sự tạo vật chất trong Big Bang cũng không giải thích được (nhưng chúng ta đã thấy ở các chương trước rằng hiện nay đã có một cách giải thích khả dĩ trong khuôn khổ của Big Bang nhờ vật lý các hạt sơ cấp). Đặc biệt, để tránh những thành tạo lớn, Bondi, Gold và Hoyle đã phải viện đến một dãy vô hạn những thành tạo vô cùng nhỏ (H.60).



Hình 60. Vũ trụ dừng và Big Bang. Lý thuyết vũ trụ học nghiêm túc nhất đối địch với Big Bang cho tới tận những năm 60 là lý thuyết vũ trụ ở trạng thái dừng. Hình trên minh họa lý thuyết vũ trụ dừng đã thừa nhận sự tạo ra vật chất không ngừng như thế nào để duy trì cho vũ trụ luôn luôn không đổi bất chấp sự giãn nở của nó. Trong hình A, bốn thiên hà được đánh số từ 1 đến 4, tham gia vào sự giãn nở của vũ trụ. Ở giai đoạn tiếp sau, do giãn nở, khung đứt nét của hình A được nới rộng và choán đầy toàn bộ hình B. Bốn thiên hà được đánh số bây giờ đã ở cách xa nhau, tạo ra giữa chúng một khoảng trống lớn hơn. Trong lý thuyết Big Bang khoảng trống này sẽ ngày một tăng (ít nhất là trong vũ trụ mở và cho tới khi sự giãn nở đạt cực đại trong vũ trụ kín). Trong lý thuyết vũ trụ dừng, các thiên hà mới (không được đánh số) được tạo ra theo cách để duy trì số thiên hà là không đổi trong khung đứt nét mới. Tốc độ sinh ra vật chất là cực kỳ nhỏ (một nguyên tử hydrogen cho mỗi thể tích 1 lít của không gian trong hàng tỷ năm) không thể đo được. Chính phát hiện ra bức xạ hóa thạch ở 3°K vào năm 1965 đã bắn phát súng ân huệ làm cho lý thuyết vũ trụ dừng chết hẳn.

Những kết quả quan sát đã nhanh chóng gieo rắc sự hoài nghi đối với vũ trụ dừng. Những quasar được phát hiện vào đầu những năm 60 dường như là đang chết và giảm dần theo mức độ tăng dần tuổi của vũ trụ. Số lượng các quasar nở rộ vào khoảng chục tỷ năm trước nhưng giờ đây đã bị giảm đi tương đối nhiều (nhà thiên văn có thể tiến hành nghiên cứu nhân khẩu học các quasar theo thời gian bằng cách quan sát những quasar ngày càng xa hơn và dùng nguyên lý “càng nhìn xa càng thấy sớm hơn”). Có một sự tiến hóa của các quasar, một khái niệm mà lý thuyết vũ trụ dừng không thể dung hợp. Những phát súng ân huệ thực ra đã được bắn vào năm 1965 bởi phát minh ra bức xạ hóa thạch. Vì lý thuyết vũ trụ dừng vứt bỏ ý tưởng về sự bắt đầu nóng và đặc của vũ trụ, nên nó không thể cho một cách giải thích tự nhiên nào đối với bức xạ tràn ngập toàn vũ trụ này. Vậy là giai điệu của vũ trụ dừng được mai táng ở nghĩa địa những bản nhạc chết.

Nhưng nếu như vũ trụ không giãn nở?

Cũng có những giai điệu khác đã được đề xuất. Một số có ý định hát đi một trong hai hòn đá tảng của tòa lâu đài Big Bang: đó là sự giãn nở của vũ trụ (hòn đá tảng kia là bức xạ hóa thạch). Bạn chắc còn nhớ rằng, sự giãn nở của vũ trụ được thể hiện bởi chuyển động ra xa nhau của các thiên hà. Cuộc đời của một con người chúng ta, mà thậm chí cả vài thiên niên kỷ của loài người văn minh, cũng là quá ngắn ngủi để quan sát được trực tiếp sự thay đổi về vị trí của các thiên hà trên bầu trời, như chúng ta quan sát chuyển động của con người hoặc xe cộ. Để chứng minh sự chuyển động của chúng, Hubble đã sử dụng hiệu ứng Doppler, theo đó ánh sáng sẽ thay đổi màu khi nó được phát ra bởi một vật thể chuyển động. Do ánh

sáng của các thiên hà dịch về phía đỏ, nên chúng chuyển động ra xa chúng ta. Hơn nữa, vận tốc lùi ra xa của các thiên hà (nhận được bằng cách đo độ dịch chuyển về màu) còn tỷ lệ với khoảng cách đến các thiên hà đó, và từ đây suy ra chuyển động giãn nở của vũ trụ.

Một số lý thuyết đặt vấn đề xem xét lại cách giải thích sự dịch về phía đỏ của ánh sáng tới từ các thiên hà là do chuyển động giãn nở. Những lý thuyết này đưa ra lý lẽ rằng sự mất năng lượng gây ra sự dịch chuyển về phía đỏ không phải do sự giãn nở của vũ trụ gây ra mà là hệ quả của sự “mệt mỏi” được tích tụ bởi các photon trên con đường vạn dặm giữa các thiên hà và các vì sao trong một vũ trụ tĩnh và bất biến tuyệt đối để tới được các kính thiên văn của chúng ta. Năm 1935 Hubble và nhà vật lý Mỹ Richard Tolman đã đề xuất một mô hình vũ trụ tĩnh (không giãn nở) với một ánh sáng “đã mệt mỏi”, có thể tái tạo lại được tính tỷ lệ của độ dịch chuyển về phía đỏ với khoảng cách tới các thiên hà. Những lý thuyết về ánh sáng mệt mỏi lại có rất nhiều yếu điểm. Nhà vật lý thiên văn người Pháp Jean-Claude Pecker đã đề xuất rằng các photon mất năng lượng của mình trên con đường vạn dặm là do chúng tương tác với một loại hạt mới có khối lượng nhỏ hơn khối lượng của electron. Cơ chế này không được đa số các nhà vật lý thiên văn chấp nhận, bởi lẽ cho tới tận ngày hôm nay cái hạt mới đó vẫn chưa bao giờ quan sát được, dù là trong phòng thí nghiệm hay trong vũ trụ. Ngoài nguyên nhân chính xác về sự mệt mỏi của ánh sáng, lý thuyết này còn có nhiều khuyết tật khác. Nó tiên đoán những mối liên hệ giữa các tính chất của thiên hà (chẳng hạn như kích thước và độ sáng biểu kiến) và độ dịch chuyển về phía đỏ của chúng, nhưng đều mâu thuẫn với quan sát. Nhưng khối đá ngầm chính mà lý thuyết ánh sáng mệt mỏi, cũng như tất cả các lý thuyết khác, sẽ va phải đó là bức xạ hóa

thạch. Thực vậy, lý thuyết này không có cách nào giải thích được sự tồn tại của bức xạ đó.

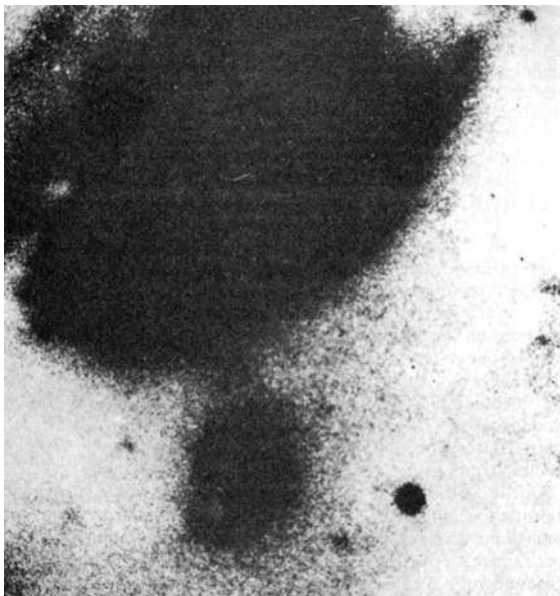
Những dịch chuyển về phía đỏ không do sự giãn nở của vũ trụ

Có khá nhiều cuộc tấn công khác vào lý thuyết Big Bang và vào cách giải thích gọi là “vũ trụ học” quy sự dịch về phía đỏ của ánh sáng các thiên hà cho sự giãn nở của vũ trụ. Không phải là ngẫu nhiên mà những cuộc tấn công này từ phía một thiểu số các nhà thiên văn lại gia tăng gấp bội cường độ ngay sau khi phát hiện ra các quasar vào năm 1963. Những quasar có bề ngoài giống như ngôi sao, nhưng có độ dịch về phía đỏ lớn hơn nhiều so với độ dịch về phía đỏ quan sát được của các ngôi sao và các thiên hà. Những dịch chuyển lớn về phía đỏ này, theo hiệu ứng Doppler, có nghĩa là các quasar chạy trốn với vận tốc rất lớn và ở rất xa chúng ta, nếu như chúng tham gia vào sự giãn nở của vũ trụ được mô tả bởi định luật Hubble: chúng ở biên của vũ trụ. Nhưng, những quasar lại có độ sáng biểu kiến lớn, ngay cả khi chúng ở rất xa. Điều này có nghĩa là năng lượng được giải phóng từ trong lòng chúng phải rất lớn, tương đương với năng lượng được giải phóng của cả 100.000 tỷ Mặt trời hay 1.000 thiên hà. Mặt khác, năng lượng cực lớn này lại có nguồn gốc từ một vùng có kích thước chỉ vài ba tháng ánh sáng, tức là nhỏ hơn một phần trăm ngàn kích thước của một thiên hà hay chỉ xấp xỉ 100 lần lớn hơn kích thước của hệ Mặt trời. (Các nhà thiên văn có được một ý niệm về kích thước của các quasar là bởi vì ánh sáng từ chúng biến thiên. Ánh sáng này có cường độ tăng hoặc giảm trong khoảng thời gian một vài tháng. Kích thước của quasar là khoảng

cách mà ánh sáng đi được trong khoảng thời gian đó, tức là vài ba tháng ánh sáng).

Như vậy, lõi của các quasar là cực kỳ đặc và có năng lượng cực lớn. Chúng ta cũng đã biết rằng, những con quỷ lỗ đen cũng có khối lượng lớn cỡ 1 tỷ Mặt trời và bằng cách xé nát và nuốt chửng các ngôi sao tội nghiệp thuộc thiên hà kế cận đi ngang qua, chúng cũng có thể tạo ra được năng lượng lớn như thế trong một thể tích cũng nhỏ gọn như vậy. Nhưng viện đến những lỗ đen có khối lượng lớn, tức là lại quay về khuôn khổ của thuyết tương đối rộng, mà hiện còn chưa kiểm chứng được là điều mà một số nhà thiên văn không muốn. Họ thích vứt bỏ giả thuyết vũ trụ học để đổi lấy các quasar hơn. Nếu như sự dịch lớn về phía đỏ của ánh sáng từ các quasar không phải là do sự giãn nở của vũ trụ, thì hệ thức giữa độ dịch về phía đỏ và khoảng cách đã được xác lập cho các thiên hà sẽ không thể được dùng để suy ra khoảng cách của các quasar nữa. Chúng có thể ở rất gần (một giả thuyết được gọi là “địa phương”) và năng lượng của chúng là hoàn toàn bình thường và không cần phải viện đến các lỗ đen có khối lượng lớn để giải thích nữa.

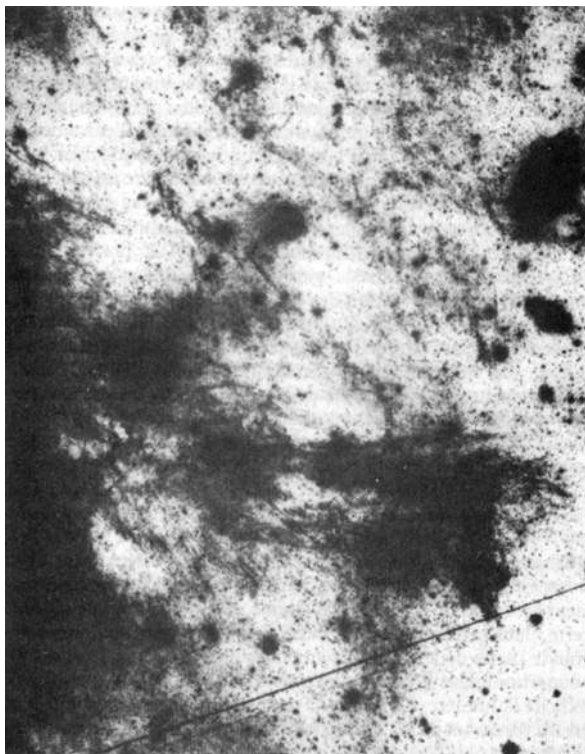
Cuộc tấn công cách giải thích vũ trụ học về các quasar nổi bật nhất là của nhà thiên văn Mỹ Halton Arp. Theo ông, có nhiều ví dụ về các thiên hà và quasar kết đôi hoặc thành cụm, tức là ở cùng khoảng cách tới chúng ta, nhưng lại có sự dịch về phía đỏ hoàn toàn khác nhau (những dịch chuyển này đối với các quasar tất nhiên là lớn hơn nhiều so với các thiên hà). Và như vậy những dịch chuyển về phía đỏ này không thể là do sự giãn nở của vũ trụ, bởi vì, nếu như vậy, các thiên thể ở cùng một khoảng cách phải có cùng độ dịch về phía đỏ. Nhưng, làm thế nào có thể chứng minh được rằng các tinh tú tạo thành cặp hoặc thành cụm thực sự ở cùng một khoảng



Hình 61. Sự dịch về phía đỏ không phải do sự giãn nở của vũ trụ? Nhà thiên văn Mỹ Halton Arp đã đặt vấn đề nghi vấn cách giải thích “vũ trụ học” đối với sự dịch về phía đỏ của ánh sáng phát ra từ các thiên hà và các quasar. Theo ông, định luật Hubble - một trong số những hòn đá tảng của thuyết Big Bang, quy sự dịch về phía đỏ cho sự giãn nở của vũ trụ - không còn ứng dụng được cho một số quasar và thiên hà. Định luật Hubble tiên đoán rằng các thiên thể ở cùng một khoảng cách tới chúng ta sẽ có cùng độ dịch chuyển về phía đỏ. Nhưng, Arp lại tin rằng mình đã tìm được những ví dụ về các cặp tinh tú mà theo ông ở cùng một khoảng cách tới chúng ta nhưng lại có độ dịch chuyển về phía đỏ hoàn toàn khác nhau. Một trong số những ví dụ đó được minh họa ở hình trên. Đây là bức ảnh chụp một thiên hà (trên) và một quasar (dưới). Thiên hà (NGC 4319) có độ dịch về phía đỏ nhỏ tương ứng với vận tốc chạy ra xa là 1700km/s. Quasar (Markarian 205) có độ dịch về phía đỏ lớn gấp 12 lần tương ứng với vận tốc “chạy trốn” là 20250km/s. Theo Arp, thiên hà và quasar này mặc dù có độ dịch về phía đỏ rất khác nhau nhưng lại ở cùng một khoảng cách tới chúng ta vì chúng được nối với nhau bởi một cầu ánh sáng (có thể nhìn thấy được trên bức ảnh ở giữa hai thiên thể này). Nhưng những nhà thiên văn khác lại tỏ ra nghi vấn tính hiện thực của cầu ánh sáng, họ cho rằng đó có thể là do những hiệu ứng gây ảo giác của quá trình chụp ảnh hoặc là do những tinh vân phản xạ được nhìn qua phép chiếu (xem H.62). Cách giải quyết duy nhất cho cuộc luận chiến này là đo các vận tốc dọc theo cầu ánh sáng. Nếu phép đo cho thấy rằng vận tốc tăng dọc theo cầu ánh sáng từ vận tốc của thiên hà tới vận tốc của quasar thì sự dịch về phía đỏ không có nguồn gốc vũ trụ học (tức là không do sự giãn nở của vũ trụ) và sẽ không có gì còn phải nghi ngờ nữa. Nhưng khốn thay, độ sáng của các cầu ánh sáng này quá yếu, nên các phép đo vận tốc không thể thực hiện được với các dụng cụ hiện có (ảnh, H.C.Arps).

cách tới chúng ta và sự gần gũi của chúng trên bầu trời không phải chỉ là kết quả của hiệu ứng chiếu? Hai tinh tú có thể dường như ở rất gần nhau trên bầu trời nhưng trên thực tế lại rất xa nhau nếu như chúng đơn giản cùng nằm trên đường ngắm của người quan sát (xem H.32). Thông thường, chỉ có sự dịch về phía đỏ mới chỉ ra khoảng cách, cho phép xác định được chiều sâu của vũ trụ và lập được bản đồ của nó. Nhưng trong trường hợp cụ thể này, phương pháp đó không còn dùng được nữa vì mối quan hệ giữa độ dịch về phía đỏ và khoảng cách đang bị nghi vấn. Arp đã phải cầu viện đến các phương tiện khác để chứng minh sự gắn kết về không gian giữa các thiên hà và các quasar của ông. Ông đã chỉ ra các cầu ánh sáng nối các thiên hà và quasar (H.61) hoặc còn lưu ý về sự giống thẳng hàng của chúng, mà theo Arp, điều này gợi ý rằng chúng có cùng một nguồn gốc. Nhưng những người ủng hộ cách giải thích vũ trụ học lại nghi vấn về tính hiện thực của những cầu ánh sáng này. Họ xem chúng hoặc là do những hiệu ứng gây ảo giác trong quá trình chụp ảnh hoặc là do những đám mây khí bụi trong Ngân hà phản xạ ánh sáng của các ngôi sao và được nhìn qua phép chiếu lên các thiên thể của Arp (những đám mây này được gọi là những “tinh vân phản xạ”) (H.62). Mặt khác, sự giống thẳng hàng, theo họ, cũng chỉ là ngẫu nhiên chứ không phản ánh mối liên hệ thực giữa chúng.

Vậy nguyên nhân dẫn đến sự dịch về phía đỏ của các quasar là gì nếu như không phải là do sự giãn nở của vũ trụ? (Cách giải thích vũ trụ học đối với sự dịch về phía đỏ của các thiên hà nói chung không được đặt thành vấn đề, mặc dù Arp vẫn muốn có một thành phần không có nguồn gốc vũ trụ học trong một số thiên hà). Do sự giống thẳng hàng mà ông đã phát hiện ra, Arp đã tưởng tượng ra những vụ nổ lớn trong lòng các thiên hà sinh, các thiên hà này phóng các thiên hà và các quasar vào khoảng bao la giữa các thiên



Hình 62. Các tinh vân phản xạ của Ngân hà và các cầu sáng của Arp. Tính hiện thực của các cầu sáng của Arp nối các thiên hà và các quasar có độ dịch về phía đỏ rất khác nhau (xem H.61) đã bị nhiều nhà thiên văn nghi ngờ. Một trong số nhiều cách giải thích đã được đưa ra cho rằng các cầu sáng này chẳng qua chỉ là các tinh vân phản xạ (tức là các đám mây khí bụi phản xạ ánh sáng của các ngôi sao) ở các vĩ độ cao trong Ngân hà được nhìn qua phép chiếu giữa thiên hà và quasar và gây ra ảo giác về cầu ánh sáng nối chúng với nhau. Những ví dụ về các tinh vân phản xạ này có cấu trúc sợi dài đặc trưng được cho trong hình trên. Chúng chỉ có thể thấy được trên những tấm kính ảnh rất nhạy (ảnh, A. Sandage).

hà. Sự dịch về phía đỏ cũng được giải thích nhờ hiệu ứng Doppler, tức là cũng được gây bởi chuyển động. Tuy nhiên, chuyển động này không có nguồn gốc là sự giãn nở của vũ trụ, mà là do vụ nổ phóng các thiên hà và quasar chuyển động. Theo ý kiến của tôi, điểm yếu của lý thuyết này là, nói chung, không có sự dịch về phía xanh. Thực

vậy, trong một sơ đồ phóng, thiên hà hoặc quasar đều có khả năng như nhau hoặc bị phóng về phía chúng ta và điều này sẽ dẫn tới sự dịch về phía xanh hoặc bị phóng ra xa chúng ta và điều này sẽ dẫn tới sự dịch về phía đỏ.

Cuộc tranh cãi hay nói đúng hơn là cuộc luận chiến này (bởi vì liệu có thể gọi cuộc đối thoại của những người điếc là tranh cãi được không?) về bản chất của sự dịch về phía đỏ của ánh sáng các quasar vẫn còn tiếp tục mặc dù tiếng nói của phe “phi vũ trụ học” đang ngày một yếu dần. Tôi nghĩ rằng sự tồn tại của sự dịch về phía đỏ không có nguồn gốc vũ trụ học chỉ có thể được xác nhận hoặc bị từ chối vào một ngày mà các dụng cụ trở nên đủ nhạy để đo được sự dịch về phía đỏ của ánh sáng rất yếu phát ra từ các cầu sáng. Nếu những phép đo này chỉ ra được sự dịch về phía đỏ tăng dọc theo cầu sáng từ độ dịch về phía đỏ của các thiên hà tới độ dịch về phía đỏ lớn hơn của các quasar, thì sự gắn kết về mặt không gian và sự tồn tại của các độ dịch về phía đỏ không có nguồn gốc vũ trụ học mới được chấp nhận. Trong khi chờ đợi, sự chứng minh về khả năng tồn tại của chúng sẽ không đủ sức thuyết phục để làm lay chuyển cấu trúc tuyệt vời của Big Bang.

Cũng có những tiếng kêu cảnh báo khác liên quan đến bản chất của sự dịch về phía đỏ. Nhà thiên văn Mỹ William Tifft đã đưa ra những kết quả nói rằng những khác biệt về vận tốc giữa các thiên hà thuộc một cặp hoặc trong một đám (được đo dựa trên sự quan sát các độ dịch về phía đỏ) luôn luôn là bội của một số rất xác định, 73km/s! Những kết quả này đã được cộng đồng các nhà thiên văn đón tiếp một cách hết sức hoài nghi và không gây được sự hăm hở kiểm chứng của các nhà nghiên cứu khác. Chừng nào những kết quả của Tifft chưa được kiểm chứng một cách độc lập, thì chúng cũng không thể được chấp nhận là nghiêm túc được.

Nhanh hơn ánh sáng hay lực hấp dẫn có thể biến thiên?

Một số cuộc tấn công khác không hướng trực tiếp vào lý thuyết Big Bang mà là vào thuyết tương đối rộng, nền tảng của lý thuyết đó. Một tiếng kêu cảnh báo lớn đã thốt ra khi người ta phát hiện thấy trong các nguồn sóng vô tuyến (các tinh tú phát ra phần lớn nhất năng lượng của chúng dưới dạng các sóng vô tuyến) có những chuyển động gọi là “siêu sáng”, tức là có vận tốc lớn hơn vận tốc ánh sáng. Thuyết tương đối rộng của Einstein ngay khi đó sẽ không còn hiệu lực nữa, bởi vì một trong số các tiên đề cơ bản của nó là không có gì chuyển động nhanh hơn vận tốc ánh sáng. Thật may thay, đó chỉ là một báo động giả. Hiện tượng siêu sáng này có thể giải thích được ngon lành trong khuôn khổ của thuyết tương đối rộng bởi hiệu ứng ảo giác do thực tế là nguồn sóng vô tuyến này được phóng ra từ một thiên hà (thấy được) với vận tốc gần vận tốc ánh sáng, theo hướng gần chính xác với hướng tới Trái đất, nhưng không hề vượt quá vận tốc này.

Thuyết tương đối rộng cũng còn dựa trên một giả thuyết ngầm định về sự không đổi của hằng số hấp dẫn, tức là nó không biến thiên theo không gian và thời gian. Một số lý thuyết vũ trụ học đã đặt vấn đề nghi vấn giả thuyết này. Tất cả chỉ là do một sự trùng hợp lạ lùng. Bạn chắc là còn nhớ rằng, lực hấp dẫn không đóng một vai trò nào trong thế giới các nguyên tử và người dẫn dắt vũ điệu ở đây là lực điện từ: tỷ số giữa lực điện từ và lực hấp dẫn tác dụng giữa một electron và một proton là một con số cực lớn, cỡ 10^{40} (số 1 và 40 con số 0 tiếp theo). Nhà vật lý người Anh Paul Dirac, một trong số những cha đẻ của cơ học lượng tử, vào năm 1937, đã đưa ra nhận xét rằng con số này cũng xuất hiện trong một bối cảnh hoàn toàn khác: đó là tỷ số của tuổi vũ trụ và thời gian để ánh sáng

đi qua một khoảng cách bằng đường kính của proton. Theo Dirac đây không phải là sự trùng hợp ngẫu nhiên mà là biểu hiện của một định luật sâu sắc của tự nhiên, của mối liên hệ vẫn còn là bí ẩn giữa hai thế giới vô cùng nhỏ và vô cùng lớn.

Nhưng có một điều không ổn. Tuổi của vũ trụ không phải là cố định mà nó tăng theo thời gian. Sự trùng hợp mà Dirac nêu ra chỉ có giá trị ở thời đại chúng ta. Khi đó Dirac yêu cầu rằng hằng số hấp dẫn G - hằng số quy định cường độ của lực hấp dẫn-, giảm dần theo thời gian. Như vậy, tỷ số giữa lực điện từ và lực hấp dẫn tác dụng giữa một electron và một proton sẽ tăng theo thời gian sao cho vẫn đảm bảo sự bằng nhau của tỷ số đó với tỷ số của tuổi vũ trụ và thời gian để ánh sáng đi qua một khoảng cách bằng đường kính của proton. Sự thay đổi của G được đòi hỏi vượt quá xa những giới hạn mà người ta quan sát được. Lý thuyết này tiên đoán sự thay đổi quỹ đạo của các hành tinh thuộc hệ Mặt trời, nhưng không phù hợp với các quan sát. Nếu G giảm, lực hấp dẫn giữ các hành tinh trên quỹ đạo của chúng xung quanh Mặt trời sẽ phải yếu dần. Các hành tinh sẽ phải dịch ra xa dần Mặt trời, nhưng thực tế người ta không thấy như vậy.

Sửa đổi các định luật Newton

Cũng có những cuộc tấn công vào định luật vạn vật hấp dẫn của Newton. Động cơ của những cuộc tấn công này là do sự bí ẩn của vật chất tối trong vũ trụ. Bạn chắc còn nhớ rằng, các nhà thiên văn khi nghiên cứu chuyển động của các sao và khí trong các thiên hà xoắn hoặc chuyển động của các thiên hà trong một đám theo định luật Newton, họ đã đi tới kết luận rằng chúng ta sống trong một vũ trụ-tàng băng chìm, trong đó 90 đến 97% khối lượng là không nhìn

thấy được. Hơn nữa, bản chất của khối lượng không nhìn thấy được này chúng ta lại hoàn toàn không biết. Đối mặt với tình huống khó chịu này, một số nhà thiên văn đã đề xuất phải sửa đổi định luật hấp dẫn của Newton. Xét cho đến cùng, họ nói, nếu như định luật này đã được kiểm chứng nhiều lần trong các phòng thí nghiệm và ở quy mô hệ Mặt trời thông qua việc nghiên cứu quỹ đạo của các hành tinh, thì nó lại chưa hề được kiểm chứng một cách trực tiếp ở quy mô thiên hà, đúng là nơi mà vật chất tối biểu hiện. Bằng cách dùng một định luật hấp dẫn khác trong đó lực hấp dẫn của hai vật không còn tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng thì chuyển động của các thiên hà sẽ không nhất thiết phải kéo theo sự có mặt của một lượng rất lớn vật chất không nhìn thấy được. Lúc này, cái cảm giác hết sức khó chịu là phải sống trong một vũ trụ mà phần lớn nhất trong thực tại của nó chúng ta lại không biết, cái cảm giác ấy sẽ không còn chỗ để tồn tại nữa.

Tuy nhiên, đề xuất này đã không gây được làn sóng hưởng ứng của cộng đồng các nhà thiên văn. Trước hết, đó là bởi vì khối lượng không thấy được chỉ biểu hiện thông qua chuyển động của các sao và khí trong các thiên hà và chuyển động của các thiên hà trong các đám thiên hà. Chúng ta đã biết rằng, hàm lượng của các nguyên tố được chế tạo ra trong Big Bang (hydrogen, deuterium và helium) cũng kéo theo một lượng cỡ như thế các khối lượng không thấy được. Mặt khác, những tiên đoán của lý thuyết dựa trên lực hấp dẫn sửa đổi cũng còn rất mù mờ và khó kiểm chứng được bằng thực nghiệm. Nhưng điều nghiêm trọng nhất, đó là việc đặt vấn đề nghi vấn định luật hấp dẫn của Newton cũng có nghĩa là nghi vấn thuyết tương đối rộng, nền tảng của thuyết Big Bang, vì thuyết tương đối rộng sẽ quy về lý thuyết Newton trong những tình huống mà ở đó các vận tốc đều nhỏ hơn vận tốc ánh sáng. Trong khi đó một lý

thuyết cải tiến thuyết tương đối rộng còn chưa được xây dựng. Trong khoa học, phá hủy chưa đủ, còn cần phải xây dựng ngay tại chỗ nữa.

Một vũ trụ học vật chất - phản vật chất

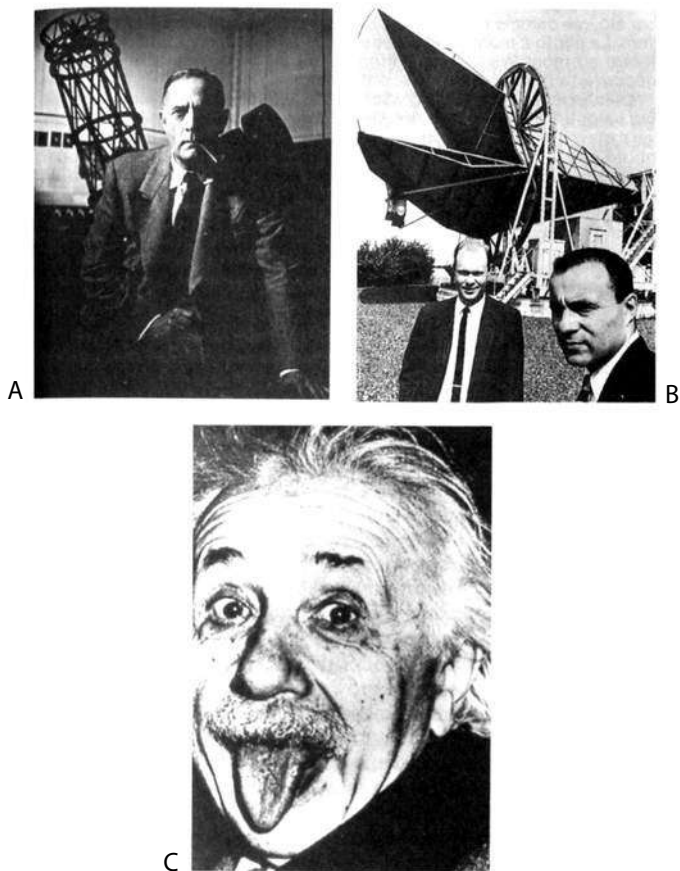
Bây giờ chúng ta sẽ đề cập tới những vũ trụ học vật chất-phản vật chất. Những tên tuổi gắn với các lý thuyết này là các nhà vật lý Thụy điển Hannes Alfvén và Oskar Klein và nhà vật lý người Pháp Roland Omnès. Theo Alfvén và Klein, cần phải tồn tại một đối xứng hoàn hảo giữa vật chất và phản vật chất, cũng như trong vũ trụ phải có các bạn và tôi cùng với các phản-bạn và phản-tôi. Điều sau bắt đầu sự tồn tại của mình dưới dạng một siêu thiên hà khổng lồ với lượng vật chất và phản-vật chất như nhau. Thiên hà này sẽ co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn và khi mật độ ở lõi trở nên đủ cao, sẽ có sự hủy giữa vật chất và phản-vật chất, kết quả là sẽ giải phóng ra một lượng lớn bức xạ. Bức xạ này sẽ làm đảo ngược chuyển động co lại của vật chất và phản-vật chất còn lại và biến chuyển động đó thành chuyển động giãn nở.

Những vũ trụ học vật chất-phản vật chất không phù hợp với một số quan sát. Trước hết, các tia vũ trụ - những luồng gió các hạt tích điện được giải phóng trong cơn hấp hối bùng nổ của những ngôi sao nặng và thổi tới chúng ta từ vùng cực biên của Ngân hà - chỉ gồm vật chất (proton và electron). Hai nữa, người ta cũng không quan sát thấy lượng rất lớn các tia X - kết quả của sự hủy của vật chất và phản vật chất. Sau nữa, vật lý hạt sơ cấp nói với chúng ta rằng, tự nhiên có sự ưu ái nhỏ đối với vật chất (lớn hơn so với phản vật chất khoảng một phần triệu) và ý tưởng về sự đối xứng hoàn hảo là hoàn toàn sai lầm. Cuối cùng, còn một trở ngại tối hậu: đó là không một vũ trụ vật chất-phản vật chất nào có thể giải thích được bức xạ hóa

thạch một cách tự nhiên. Đến đây, chúng ta đã kết thúc cuộc viễn du qua các giai điệu khác nhau. Không có một giai điệu nào có thể hạ bệ được Big Bang. Không một giai điệu nào có được một vẻ đẹp mơn trớn và một sự giản dị đầy quyến rũ cũng như mô tả tốt những đường nét rất lắt léo của vũ trụ như lý thuyết Big Bang. Các lý thuyết đối địch với nó, do không được sự nhiệt tình tiếp nhận của đa số trong cộng đồng khoa học, nên trong mọi trường hợp đều chỉ là kết quả làm việc của một người hoặc một ekip gồm vài ba nhà nghiên cứu. Chính vì thế mà các lý thuyết này không được phát triển như người ta có thể hy vọng. Chúng không có đủ sức mạnh để thắng nổi lý thuyết Big Bang, hoặc là bởi vì chúng vẫn còn được bao bọc bởi một bức màn toán học trừu tượng, không cho phép đối chiếu lý thuyết với quan sát, hoặc bởi vì những tiên đoán của chúng mâu thuẫn trực tiếp với quan sát (tất cả đều vấp phải vật trở ngại là bức xạ hóa thạch), hoặc còn bởi vì chúng đưa vào những định luật vật lý mới một cách hoàn toàn tùy tiện.

Sự đánh cược của nhà khoa học

Nếu như các lý thuyết đối địch không hạ bệ được lý thuyết Big Bang, thì điều đó không có nghĩa là chúng - những giai điệu khác ấy - không có ích lợi gì và không có vai trò gì trong hành trình của khoa học. Trong khoa học, cũng như trong tất cả các lĩnh vực khác, luôn cần phải cảnh giác với thời thượng. Một lý thuyết được số đông ủng hộ chưa chắc đã là một lý thuyết tốt. Đa số những người chấp nhận nó đã không thông qua một cuộc thẩm định có phê phán, mà có thể là do tính di hòa vi quý và quán tính của tư duy, đơn giản là bởi vì lý thuyết này được bảo vệ một cách mạnh mẽ bởi một số ít những người lãnh đạo cực kỳ hùng biện. Do vậy, những lý thuyết



Hình 63. Ba hòn đá tảng của lý thuyết Big Bang và những người đã phát minh ra chúng. Về cơ bản lý thuyết Big Bang dựa trên ba cột đỡ: hai ở cấp độ quan sát và một ở cấp độ lý thuyết. Quan sát thứ nhất có liên quan tới sự dịch về phía đỏ của ánh sáng từ các thiên hà được giải thích là do vận tốc chạy ra xa của chúng. Nhà thiên văn Mỹ Edwin Hubble vào năm 1929 đã phát hiện ra rằng vận tốc đó càng lớn thì thiên hà càng ở xa. Định luật này, được gọi là định luật Hubble, thường được xem như một bằng chứng có sức thuyết phục nhất về sự giãn nở của vũ trụ. Bức ảnh A chụp Hubble đứng trước kính thiên văn đường kính 2,5m trên núi Wilson ở California, kính thiên văn đã cho phép ông thực hiện phát minh vĩ đại của mình.

Quan sát thứ hai là quan sát về bức xạ hóa thạch ở 3°K tràn ngập toàn vũ trụ. Bức xạ này được phát ra khi vũ trụ mới được 300.000 năm tuổi, lúc nó còn rất nóng và đặc. Bức ảnh B chụp hai nhà thiên văn vô tuyến Mỹ Arno Penzias và Robert Wilson đứng trước kính thiên văn vô tuyến

không chính thống đóng vai trò đặc biệt quan trọng: chúng có tác dụng ngăn cản không cho những người bảo vệ lý thuyết chính thống tự mãn về những thành công bước đầu của mình, chúng buộc họ phải thường xuyên cảnh giác, canh chừng những chỗ rạn nứt, khuyết tật trong cấu trúc đã được dựng nên. Nếu những chỗ rạn nứt là quá lớn không thể hàn gắn được thì tòa nhà sẽ đổ và một tòa nhà khác sẽ phải dựng nên thay thế. Những cuộc cách mạng khoa học đã diễn ra đúng như vậy. Cơ học lượng tử xuất hiện là do cơ học cổ điển tỏ ra không có khả năng giải thích được những tính chất của các nguyên tử. Nhưng cũng cần phải thận trọng để không nhảy sang một thái cực khác và không phá sạch trơn ngay khi mới gặp khó khăn nhỏ nhất. Xây dựng trên một đồng hoang tàn là một công việc cực kỳ nặng nhọc. Không nên vội vã thừa nhận những dịch chuyển về phía đỏ không có nguồn gốc vũ trụ học chỉ đơn giản vì sự giải thích năng lượng của các quasar bằng các lỗ đen không hợp gu với mình hoặc sửa đổi lại định luật hấp dẫn chỉ bởi vì bản chất của vật chất tối vẫn còn là điều bí ẩn. Liệu những khó khăn này là do những yếu kém trong trí tưởng tượng của chúng ta hay là do khuyết tật của cấu trúc Big Bang?

đã giúp họ phát hiện ra bức xạ hóa thạch vào năm 1965. Chiếc kính thiên văn này, được đặt tại New Jersey (Hoa Kỳ) thuộc Phòng thí nghiệm của hãng điện thoại Bell, là tương đối nhỏ so với những kính thiên văn vô tuyến lớn hơn (như kính trên H.64). Sự quan sát một bức xạ phân tán khắp nơi không cần tới một kính thiên văn lớn, mà chỉ cần một detector cực nhạy và chính xác. Mà, chính một detector như vậy đã được Penzias và Wilson chế tạo để thu tín hiệu từ vệ tinh viễn thông đầu tiên Telstar: vậy là điện thoại đã cung cấp cho Big Bang hòn đá tảng thứ hai của mình.

Đa số các lý thuyết đều gặp khó khăn khi giải thích một cách tự nhiên hai quan sát trên. Chỉ có thuyết tương đối rộng được Albert Einstein (ảnh C, với một vẻ mặt rất nghịch ngợm) công bố vào năm 1915 là vượt qua được hai thử thách đó một cách kiêu hãnh. Bằng cách thống nhất không gian và thời gian nó được dùng làm cột đỡ về mặt lý thuyết của Big Bang.

Đối mặt với tất cả các lý thuyết đối địch này, với rất nhiều những giai điệu khác nhau, nhà vũ trụ học phải cân nhắc lợi hại và ra quyết định của mình. Cũng như đa số các đồng nghiệp khác, tôi - chắc là các bạn cũng đã đoán ra - sẽ đặt cược cho lý thuyết Big Bang (H.63). Ngoài sự đơn giản và đẹp đẽ, lý thuyết này còn có một phẩm chất nhất thiết phải có của một lý thuyết tốt: đó là khả năng tiên đoán lớn của nó. Những tiên đoán quan trọng nhất của lý thuyết Big Bang (bức xạ hóa thạch và tính phổ cập của hydrogen và helium) đều đã được quan sát xác nhận một cách ngoạn mục. Nhờ có sự đóng góp của những ý tưởng của vật lý các hạt sơ cấp, nhờ sự thống nhất của cái vô cùng bé và vô cùng lớn, lý thuyết này sẽ ngày càng được làm cho giàu có hơn và cho phép có thể trả lời được ngay cả những câu hỏi sâu sắc nhất, cơ bản nhất mà người ta có thể đặt ra: Vũ trụ đã được sáng tạo ra như thế nào? Cái gì là nguồn gốc của vật chất?

Nhà vũ trụ học không thuộc trường phái chính thống người Thụy điển Hannes Alfvén (tác giả của vũ trụ vật chất-phản vật chất) đã tung ra lời buộc tội rằng “Big Bang là một chuyện thần thoại, có thể là một thần thoại tuyệt vời, xứng đáng được đặt ở vị trí danh dự trong kho tàng các chuyện thần thoại như thần thoại Hindu về vũ trụ luân hồi, thần thoại về quả trứng vũ trụ của Trung Hoa, thần thoại kinh thánh về sự Sáng thế trong 6 ngày, thần thoại vũ trụ học của Ptolemy và nhiều thần thoại khác”⁽¹⁴⁾. Tôi nghĩ rằng Alfvén đã lầm. Dưới ánh sáng của những điều đã được nói tới, không còn nghi ngờ gì nữa, Big Bang giờ đây đã vượt xa một chuyện thần thoại rất nhiều. Nó đã có những danh hiệu cao quý của một khoa học. Đây là một lý thuyết có sức khoẻ cường tráng, cho tới nay đã có khả năng

14. Xem Tạp chí *La Recherche*, No. 69, 1976, trang 610.

chống đỡ được mọi cuộc tấn công và hiện vẫn còn là một lý thuyết mô tả vũ trụ tốt nhất. Nếu như một ngày nào đó Big Bang cần phải được thay thế bằng một lý thuyết vũ trụ tinh xảo hơn, thì lý thuyết mới này cũng sẽ phải gộp vào trong nó những thành tựu của Big Bang giống như lý thuyết Einstein đã gộp vào trong nó những thành tựu của vật lý Newton.

Vũ trụ của Big Bang là vũ trụ cuối cùng trong chuỗi kế tiếp những vũ trụ, bắt đầu từ vũ trụ thần linh, đến các vũ trụ thần thoại, vũ trụ toán học và vũ trụ địa tâm. Chắc chắn nó sẽ không phải là vũ trụ tối hậu: nếu như chúng ta là những người có quyền nói tiếng nói cuối cùng, là những người được chọn để khám phá ra bí mật của giai điệu vũ trụ, thì đó mới là điều hết sức đáng ngạc nhiên. Trong tương lai chắc sẽ còn có một chuỗi dài các vũ trụ mới, ngày càng tiệm cận tới Vũ trụ thực (với chữ V viết hoa để phân biệt nó với những vũ trụ do con người sáng tạo ra). Nhưng, liệu chúng ta có bao giờ đạt tới mục đích cuối cùng, có bao giờ tới được Chân lý tối hậu mà ở đó Vũ trụ sẽ tiết lộ cho chúng ta toàn bộ vẻ đẹp rực rỡ của nó và giai điệu của vũ trụ sẽ trao cho chúng ta toàn bộ bí mật của nó? Để trả lời câu hỏi này, chúng ta cần phải xem xét một cách chi tiết các giai đoạn đóng vai trò những cột mốc trên con đường nhận thức, từ thời điểm chúng ta bắt được những tín hiệu của tự nhiên, những nốt nhạc rời rạc của nó cho tới tận thời điểm mà tri thức và ánh sáng lóe ra.

Số hóa các hình ảnh

Vào lúc ăn sáng, bạn mở tờ nhật báo buổi sáng. Ở trang khoa học, có hai dòng tít lớn thu hút sự chú ý của bạn: “Một nhà thiên văn đã quan sát được một ngôi sao đang ra đời” và “Các nhà vật lý

ở Trung tâm nghiên cứu hạt nhân châu Âu (CERN) ở Geneve đã phát hiện ra một hạt cơ bản mới”. Ngay lập tức, trí óc của bạn liên tưởng ngay tới một nhà thiên văn ngồi trong bóng đêm quan sát qua kính thiên văn sự ra đời của ngôi sao, tựa như một người đàn ông nhìn vợ mình đang sinh nở trong phòng hộ sinh của một bệnh viện. Tiếp ngay sau là hình ảnh một nhóm các nhà vật lý, tất cả đều mặc blu trắng, đang nghiêng xuống những dụng cụ của mình và reo lên sung sướng trước vẻ đẹp của hạt cơ bản mới, tựa như các bậc cha mẹ nghiêng xuống vành nôi mặt tròn trề hạnh phúc trước vẻ đẹp của đứa bé mới sinh.

Tất cả những hình ảnh đó đều không phải là xa rời thực tế. “Những phát hiện” về ngôi sao đang sinh thành hay một hạt cơ bản mới đã phải mất hàng tháng hoặc thậm chí hàng năm sau quan sát hoặc thực nghiệm ban đầu. Cần phải thực hiện rất nhiều công đoạn trước khi thông tin nhận được từ kính thiên văn hoặc máy gia tốc mới trở thành được tri thức. Công đoạn đầu tiên là biến thông tin thành các con số, tức là được “số hóa”. Trong trường hợp ngôi sao, điều này được làm thông qua một detector điện tử gắn liền với kính thiên văn do nhà thiên văn điều khiển trong một căn phòng sáng trưng ánh điện. Detector thu hình ảnh của ngôi sao và biến nó thành các con số: những điểm sáng nhất của hình ảnh được gán cho những con số cao nhất, trong khi những con số nhỏ hơn được gán cho những điểm sáng yếu hơn. (Chính kỹ thuật này cũng đã được áp dụng cho các đĩa CD để làm cho âm thanh trong và thuần khiết hơn, chỉ có một điểm khác là thay vì ánh sáng ở đây là âm thanh được số hóa).

Còn đối với hạt sơ cấp, do nó là quá nhỏ bé (một phần mười ngàn tỷ [10^{-13}] cm) và nói chung có thời gian sống ngắn tới mức

(cỡ một phần trăm ngàn tỷ [10^{-23}] giây) không một detector nào có thể ghi nhận một cách trực tiếp được. Các kính hiển vi điện tử mạnh nhất hiện nay cũng không thể nhìn được nhỏ hơn khoảng một phần trăm triệu (10^{-8}) cm. Dụng cụ điện tử nhanh nhất cũng sẽ bất lực đối với các sự kiện xảy ra trong khoảng thời gian nhỏ hơn một phần tỷ (10^{-9}) giây. Nếu vậy thì làm thế nào có thể “nhìn thấy” được hạt cơ bản đó? Người ta cho chúng đi vào một buồng chứa đầy chất lỏng. Hạt cơ bản sẽ tương tác với các nguyên tử chất lỏng và để lại trên đường đi của nó một chuỗi các bọt khí nhỏ (chính vì vậy mà những bình chất lỏng lớn này được gọi là các “buồng bọt”). Những bọt khí này lớn lên rất nhanh cho tới khi có thể chụp ảnh được. Ảnh của quỹ đạo hạt, cũng như trong trường hợp ảnh của ngôi sao, sau đó sẽ được “số hóa”.

Các hình ảnh số hóa được ghi trên các băng từ giống như một bản sonata của Mozart được ghi trên băng cassette của bạn. Sau đó, nhà thiên văn hoặc nhà vật lý sẽ rời kính thiên văn hoặc máy gia tốc mang theo những băng từ đã ghi được. Rồi, tại trường đại học hoặc phòng thí nghiệm của mình, trong nhiều ngày, nhiều tháng hoặc thậm chí nhiều năm, anh ta sẽ “xem” ảnh của ngôi sao hoặc quỹ đạo của hạt sơ cấp trên một màn hình TV như bạn ngồi xem một bộ phim qua đầu video của bạn. Anh ta cũng có thể thay đổi độ tương phản hoặc màu sắc của hình ảnh để làm nổi rõ một chi tiết này hay khác. Nhờ những máy tính mạnh, anh ta có thể “xử lý” hình ảnh, loại bỏ đi tất cả những “nhiều ký sinh” để làm tăng chất lượng của hình ảnh. Cuối cùng, các hình ảnh cần phải được “giải thích”. Để làm điều này, anh ta phải dùng đến toàn bộ kho tàng các mô hình và lý thuyết mà anh ta đã có sẵn. Nhà thiên văn sẽ phải viện đến những lý thuyết về sự hình thành các sao. Nhà vật lý sẽ

phải dùng tới toàn bộ kiến thức của mình về tương tác giữa các hạt sơ cấp và những tính chất của chúng. Cuối cùng, sau những suy tư kéo dài và nhiều cuộc thảo luận với đồng nghiệp, một kết luận mới được xác lập và tri thức mới lộ rạng. Tri thức này được chất lọc và ký thác trong một bài báo và được gửi cho một tạp chí khoa học để công bố. Chỉ ở thời điểm này, phát minh mới được thông báo trên các phương tiện truyền thông và bạn mới được thông tin về nó trên tờ báo buổi sáng của bạn.

Bạn đọc chắc đã thừa hiểu rằng, nhà khoa học không sáng tác giai điệu của mình từ những nốt nhạc trình nguyên mà tự nhiên gửi tới. Những nốt nhạc này không tránh khỏi đã bị làm biến đổi bởi các dụng cụ quan sát và phân tích (kính thiên văn, buồng bọt, máy tính, v.v...) và bởi chính bộ não của người quan sát giải thích chúng.

Con mắt giải thích

Nhưng, nói như vậy phải chăng có nghĩa là chúng ta có thể nắm bắt được những nốt nhạc trình nguyên và nắm bắt được thực tại nguyên sơ không có một chút nhân tạo nào, nếu chúng ta vứt bỏ các kính thiên văn và các dụng cụ trung gian và chỉ tin vào con mắt của chính chúng ta thôi? Mới đây, người ta vẫn còn nghĩ rằng, mắt có thể hoạt động như một camera truyền hình, nó chỉ truyền hình ảnh mà không có giải thích gì hết: mắt quét một cảnh và ghi lại vô số điểm sáng. Những tín hiệu được gửi cho bộ não, rồi bộ não sẽ dựng lại cảnh đã ghi được và gây cho chúng ta cảm giác nhìn thấy. Trong sơ đồ đó, độ nét của các chi tiết phong cảnh quan sát được phụ thuộc vào kích thước các tế bào của võng mạc ghi nhận ánh sáng: các tế bào càng lớn thì hình ảnh sẽ càng nhòe. Loài khỉ không tiếp nhận thực tại một cách chi tiết như con người: phải chăng điều

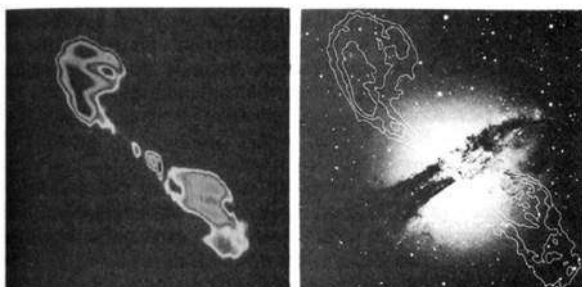
đó muốn nói rằng võng mạc của chúng được phân chia ít tinh xảo hơn? Những nghiên cứu mới đây về cơ chế của thị giác cho thấy rằng hoàn toàn không phải như vậy. Mắt gồm rất nhiều tế bào có dạng hình nón chứa đầy một chất lỏng màu tím. Hình nón này sẽ trở nên không màu khi hạt ánh sáng đập vào. Phải mất một khoảng thời gian nhất định nó mới lấy lại được màu tím vốn có của nó và tất nhiên trong khoảng thời gian đó nó hoàn toàn mất khả năng “nhìn thấy”. Sự mất khả năng hoạt động tạm thời của các tế bào hình nón không màu, về nguyên tắc, ngụ ý rằng mắt người không thể tạo được một hình ảnh chi tiết và liên tục. Hình ảnh này sẽ phải là rất thô với những vùng sáng (tương ứng với các hình nón hoạt động) xen kẽ những vùng tối (tương ứng với các hình nón không hoạt động). Tuy nhiên, những hình ảnh tới được chúng ta từ thế giới bên ngoài không hề điểm những chấm tối và những chi tiết tuyệt vời trong một bức tranh của Monet hoặc một bức tượng của Rodin đã gây cho chúng ta nhiều khoái cảm. Các nhà sinh học đã giải thích nghịch lý bề ngoài này là do sự bố trí của các tế bào hình nón. Những hình nón này liên hệ với nhau theo cách sao cho các tín hiệu được gửi tới não cùng nhau gây cho chúng ta cảm giác về một hình ảnh sáng không có những chấm tối, mặc dù trên thực tế hình ảnh đó có điểm những chấm tối tạo bởi các hình nón không hoạt động. Vậy là, ở mức thị giác sơ cấp nhất, thực tại cũng đã được giải thích và những nốt nhạc cũng đã được sửa đổi.

Hiển thị cái không nhìn thấy được

Mắt trần của nhà thiên văn đã hết tác dụng. Từ khi Galileo hướng chiếc kính thiên văn đầu tiên tới Mặt tinh và những vệ tinh của nó vào năm 1610, tình hình đã thay đổi rất nhiều. Nhờ những chiếc

kính thiên văn khổng lồ được điều khiển bởi các máy tính mạnh, con mắt của nhà thiên văn không ngừng được hoàn thiện, có thể khám phá được những tinh tú ngày càng mờ hơn và ở càng xa hơn với những chi tiết càng chính xác hơn. Thậm chí nhà vật lý thiên văn còn có thể chinh phục cả những cái không nhìn thấy được. Anh ta đã phát minh ra các kính thiên văn có khả năng thu được những ánh sáng mà mắt người không nhìn thấy. Các kính thiên văn vô tuyến và hồng ngoại đã phát hiện ra một vũ trụ với một vẻ đẹp và giàu có lạ lùng. Sau đó, nhà thiên văn còn được giải phóng khỏi trọng lực từ ngàn xưa để “vệ tinh hóa” tầm nhìn của mình. Những kính thiên văn nhạy với các tia tử ngoại, tia X hoặc gamma được mang theo các vệ tinh bắn lên không gian cách Trái đất hàng trăm hoặc hàng ngàn kilometre, vượt lên trên bức màn chắn mờ đục của bầu khí quyển, cho phép chiêm nghiệm một vũ trụ cực kỳ sôi động. Vậy là, nhà thiên văn từ nay đã làm chủ được tất cả các loại ánh sáng, tức là chinh phục được toàn bộ bức xạ điện từ (Phụ lục 1).

Cũng hoàn toàn giống như các hình ảnh thấy được, những hình ảnh không thấy được cũng được số hóa (những tín hiệu vô tuyến hoặc tia X càng mạnh tương ứng với các con số càng lớn, những tín hiệu càng yếu tương ứng với các con số càng nhỏ) và được ghi trên các băng từ. Người ta sẽ xem các hình ảnh này trên một màn hình TV và những hình ảnh của các thiên hà (phát) vô tuyến hoặc tia X sẽ xuất hiện với những màu sắc (giả) rực rỡ và trong vẻ đẹp lộng lẫy của chúng: cái không thấy được đã được hiển thị (xem H.64).



Hình 64. *Hiện thị hóa cái không nhìn thấy được.* Nhà thiên văn đã chinh phục cái không nhìn thấy được bằng cách xây dựng các kính thiên văn có khả năng thu được những ánh sáng mà mắt người không nhìn thấy. Ảnh A chụp kính thiên văn vô tuyến khổng lồ Very Large Array (VLA) (có nghĩa là dãy rất lớn các kính thiên văn) của Mỹ đặt tại New Mexico. Đây là kính thiên văn lớn nhất thế giới thuộc loại này. VLA gồm 27 kính thiên văn, mỗi cái có đường kính 25m, được đặt trên các đường ray (cho phép chúng có thể di chuyển được) tạo thành một chữ Y khổng lồ với mỗi nhánh kéo dài tới 21km (ảnh, NRAO).

27 kính thiên văn nói trên được điều khiển bởi các máy tính mạnh. Những máy tính này có nhiệm vụ tổ hợp các tín hiệu vô tuyến thu được từ mỗi kính thành một tín hiệu duy nhất, số hóa nó và xử lý bằng các phép tính toán học rất phức tạp trước khi gửi nó tới một màn hình TV. Ảnh B chụp qua ánh sáng (sóng) vô tuyến của một thiên hà (có tên là Centaurus A) như nó được thấy trên màn hình TV: cái không nhìn thấy đã được hiện thị (ảnh, NRAO).

Trong đa số các trường hợp, ánh sáng vô tuyến tới từ một thiên hà cùng với cả ánh sáng thấy được. Đây cũng là trường hợp của thiên hà nói ở trên. Ảnh C cho thấy ảnh chụp bằng ánh sáng vô tuyến được chồng lên ảnh chụp bằng ánh sáng nhìn thấy. Rõ ràng là ảnh chụp bằng ánh sáng nhìn thấy khác một cách đáng kể so với bằng ánh sáng vô tuyến. Trong khi thiên hà nhìn thấy có dạng một thiên hà ellipse với một dải bụi lớn vắt ngang qua (dải này tối do bụi hấp thụ mạnh ánh sáng nhìn thấy), thì ánh sáng vô tuyến lại tập trung vào hai "vòi" kéo dài, xuất phát từ tâm thiên hà nhìn thấy và vuông góc với dải bụi. Các nhà thiên văn cho rằng hai vòi này đi ra từ một lỗ đen lớn có khối lượng gấp hàng trăm lần Mặt trời nằm ở tâm của thiên hà nhìn thấy. Như vậy là, con mắt vô tuyến bổ sung cho "con mắt nhìn thấy" nhờ đó mà phát hiện được sự giàu có và phức tạp của vũ trụ (ảnh, NRAO và Đài thiên văn Cerro-Tololo)

Máy móc cũng có thể lừa dối chúng ta

Như chúng ta đã biết, theo mức độ ngày càng phức tạp và tinh xảo của các dụng cụ cũng như theo mức độ những cái không nhìn thấy được chinh phục, nhà thiên văn cũng ngày càng xa rời thực tại nguyên sơ và những nốt nhạc trình nguyên. Thực tại được lọc qua những mạch điện tử vô cùng rối rắm, rồi được xử lý, số hóa và được dựng lại bởi các máy tính mạnh và qua những xử lý toán học hết sức phức tạp. Ở thời kỳ ban đầu, Galileo đã rất khó thuyết phục các đồng nghiệp về một thực tại tuyệt vời mà ông đã phát hiện ra nhờ chiếc kính thiên văn của mình. Họ đều nghĩ rằng các vệ tinh của Mộc tinh và những hố hình phễu trên Mặt trăng chẳng qua chỉ là những ảo ảnh quang học do thấu kính của kính thiên văn gây ra. Bởi xét cho cùng thì thấu kính làm lệch tia sáng và phóng đại các ảnh. Thế thì tại sao chúng lại không tạo ra những ảo ảnh quang học?

Vấn đề về tính xác thực của các ảnh đã được phóng đại lên cả ngàn lần trong thiên văn học hiện đại. Tôi luôn luôn có cảm giác mạnh về tính phi thực khi tôi sử dụng kính thiên văn vô tuyến khổng lồ ở New Mexico (Hoa Kỳ) (xem H.64). Đó không chỉ bởi vì dụng cụ này là khổng lồ (nó gồm 27 kính thiên văn, mỗi cái có đường kính 25m, đặt trên một diện tích đường kính 27km, lớn bằng thành phố Paris và các vùng phụ cận của nó) mà còn bởi vì tôi quan sát những tinh tú không nhìn thấy phát ánh sáng vô tuyến thông qua một dụng cụ mà tôi không trực tiếp kiểm soát được. Tôi hoàn toàn phó mặc cho các máy tính. Đó là các máy tính nối với 27 kính thiên văn, có nhiệm vụ tổ hợp ánh sáng vô tuyến thu được của từng kính thiên văn đó, số hóa nó, xử lý nó bằng các phép tính toán học phức tạp trước khi chiếu ảnh lên một màn hình TV màu. Có một số rất lớn các công đoạn giữa các tín hiệu nguyên sơ và hình ảnh

cuối cùng khiến ta có quyền tự hỏi có bao nhiêu phần của “chân lý khách quan” trong hình ảnh đó. Các đồng nghiệp của Galileo đã có lý khi họ tỏ ra hoài nghi: trong khoa học, một kết quả - hay một quan sát - chỉ có thể được chấp nhận sau khi đã được kiểm chứng một cách độc lập bởi các nhà nghiên cứu khác, dùng những kỹ thuật hoặc những dụng cụ đo khác. Thực tế, rất ít có khả năng để cùng một sai số được lặp lại mỗi một lần hoặc các máy trong mọi cơ hội đều đánh lừa chúng ta.

Thực tại được lựa chọn và bị biến đổi

Về nguyên tắc, những khó khăn kỹ thuật nói ở trên đều có thể khắc phục được. Chỉ cần thực hiện một cách cẩn chu từng công đoạn, chế tạo một cách cẩn thận các dụng cụ đo, lập trình một cách chính xác trên máy tính, nói tóm lại là cố gắng không để một sai sót do con người nào được lọt lưới. Nếu chỉ tính đến các máy móc, thì về lý thuyết, thực tại có thể được phản ánh một cách khách quan nhất có thể được. Nhưng cái mà ta không thể khắc phục được, đó là chính con người và bộ não của nó. Con người không thể quan sát tự nhiên một cách hoàn toàn khách quan được. Bởi vì luôn có sự tương tác của thế giới bên trong của nó và thế giới bên ngoài. Sự tiến triển của thế giới bên trong thường xuyên có ảnh hưởng tới sự cảm nhận thế giới bên ngoài, và ngược lại, sự tiếp xúc với thế giới bên ngoài cũng sẽ làm biến đổi thế giới bên trong. Thế giới bên trong của nhà khoa học sẽ bị nhồi nhét các khái niệm, các mô hình và các lý thuyết trong suốt quá trình đào tạo nghề nghiệp của anh ta. Do đó, thế giới bên trong khi được phóng chiếu ra bên ngoài sẽ không còn cho phép nhà khoa học nhìn được các sự kiện “trần trụi” và khách quan, cũng như không có sự giải thích nào. Ngay cả

người khách quan nhất trong số các nhà nghiên cứu cũng có những “thiên kiến”. Thực tế, những thiên kiến này (mà nhà nghiên cứu lịch sử khoa học người Mỹ Thomas Kuhn gọi chung là “hình mẫu” [*paradigm*]) còn đóng vai trò là động lực trong tiến trình khoa học. Không có một quan niệm được tiếp nhận từ trước, tức là không có hình mẫu nào hết, thì làm sao trong số vô số thông tin mà tự nhiên gửi cho, trong một thác lũ các sự kiện ập tới, nhà khoa học có thể lựa chọn được những thông tin và sự kiện quan trọng nhất, có khả năng nhất trong việc phát hiện ra những quy luật và nguyên lý là những yếu tố mang nhiều thông tin nhất? Sự lựa chọn thực tại là một phần căn bản của tiến trình khoa học và những vĩ nhân trong khoa học đều biết đi thẳng tới những cái căn bản và bỏ qua những cái không quan trọng.

Chính vì vậy mà thực tại không tránh khỏi bị thế giới bên trong của nhà khoa học làm cho biến đổi và chúng ta sẽ chỉ thấy những cái mà chúng ta muốn thấy mà thôi. Ai mà không cảm thấy lâng lâng khó nói lên lời khi tình yêu khiến chúng ta xúc động, khi tất cả những thứ mới hôm qua thôi vẫn còn xấu xí và vô hồn bỗng trở nên đẹp đẽ không thể mô tả nổi? Nhìn thấy một chiếc bánh Madeleine, Proust bỗng thấy lại cả một thời thơ ấu đã mất. Một góc phố buồn tẻ, một điệu nhạc vu vơ bỗng nhiên khiến chúng ta xúc động chỉ bởi vì những sự kiện quan trọng của đời ta đã gắn bó với chúng. Nhà khoa học cũng không tránh khỏi quy tắc đó. Nhà tự nhiên học người Anh Charles Darwin, cha đẻ của thuyết tiến hóa, đã kể lại câu chuyện đáng yêu sau: ông đã lang thang suốt một ngày trên bờ một con sông và không thấy gì ngoài đá sỏi và nước. Mười một năm sau, ông trở lại chính những nơi đó để tìm kiếm dấu vết của thời kỳ băng hà xa xưa. Giờ đây băng chúng đã hiện ngay ra trước

mắt ông. Một núi lửa đã tắt cũng không thể để lại những dấu vết về sự hoạt động trước kia của mình để thấy hơn là băng hà cổ xưa này. Darwin đã phát hiện ra cái mà ông cần tìm ngay khi ông biết nhìn.

Như vậy, thực tại phụ thuộc khẳng khái vào hành trang khái niệm của nhà khoa học. Nó được lựa chọn và bị làm cho biến đổi bởi những “thiên kiến” của anh ta. Trong vật lý thiên văn, một ví dụ gây ấn tượng nhất về sự phụ thuộc khẳng khái của “thực tại” vào kho khái niệm, theo ý kiến của tôi, đó là vấn đề khối lượng không nhìn thấy. Khối lượng này không phát ra một loại ánh sáng nào và do đó hoàn toàn không thể quan sát một cách trực tiếp được, thậm chí ngay cả khi nhà thiên văn làm chủ được mọi góc ngách của bức xạ điện từ. Vật chất không nhìn thấy này không thể bị đẩy ra quá xa với thực tại xác thực. Tuy nhiên, đa số các nhà vật lý thiên văn đều nghĩ rằng 90 đến 99% khối lượng trong vũ trụ là được tạo bởi vật chất tối đó, bởi vì nếu ta tin vào định luật hấp dẫn của Newton, thì chuyển động của các ngôi sao và khí trong các thiên hà cũng như chuyển động của các thiên hà trong các đám thiên hà sẽ hoàn toàn khác nếu như vật chất tối đó không tồn tại. Cũng như vậy, tòa nhà Big Bang được dựa trên thuyết tương đối rộng. Nếu không có chỗ dựa là lý thuyết này, nó sẽ sụp đổ. Con người đã tạo ra vũ trụ bằng cách phóng chiếu thế giới bên trong của mình ra thế giới bên ngoài.

Sự tương tác như thế giữa thế giới bên trong và thế giới bên ngoài cũng giải thích được tại sao khoa học lại ra đời ở châu Âu sớm hơn ở bất cứ một nơi nào khác. Nhà khoa học không làm việc biệt lập. Môi trường văn hóa xung quanh sẽ làm thay đổi thế giới bên trong của anh ta và định hướng những tìm tòi của anh ta. Theo nhà hóa học người Bỉ Ilya Prigogine, thì “khoa học chỉ xuất hiện tùy thuộc vào ý tưởng cho rằng con người được vũ trụ tạo ra. Nếu con người

tin rằng có một Đấng tối cao là nguồn gốc của thế giới và quyết định tương lai của nó thì đó là bởi vì có tồn tại những quy luật và một tương lai xác định. Và nhiệm vụ của con người là phải giải mã được những quy luật thần thánh đó”⁽¹⁵⁾. Newton, một con người thấm đẫm tinh thần của Ki-tô giáo, đã chính là hiện thân của khoa học Phương Tây ấy, đó là sự khấn trương tìm kiếm trong các định luật của tự nhiên sự phản ánh về Chúa. Khoa học không ra đời ở Trung quốc, mặc dù ở đây người ta đã phát minh ra thuốc súng và la bàn, đó là bởi vì ở đây không có khái niệm về một Chúa Trời chi phối vũ trụ bằng những quy luật. (Theo Khổng Tử, thế giới ra đời từ hai lực đối lập là Dương và Âm).

Sự lên men nội tại

Nhưng nếu nhà khoa học chỉ thấy những cái mà họ tìm kiếm, nếu anh ta đặt mọi sự kiện mới trong khuôn khổ khái niệm đã có sẵn, thì làm sao có tiến bộ, làm sao có được những tri thức mới? Về bản chất, nhà nghiên cứu là bảo thủ và cái mới xuất hiện rất khó khăn. Mọi ý định gieo mồi hoài nghi và làm lay chuyển tòa nhà đang tồn tại đều vấp phải sự chống đối quyết liệt. Và, thường thường, những sự kiện mà sau này được phát hiện là “không bình thường” (tức là không nằm trong khuôn khổ khái niệm quen thuộc) ban đầu đều phải uốn mình theo những ý niệm thịnh hành, khi mà chúng không thể đơn giản bị bỏ qua được. Ví dụ nổi bật nhất về tính xu thời này là việc Ptolemy thêm hết ngoại luân này vào ngoại luân khác để giải thích chuyển động của các hành tinh xung quanh Trái đất cố định

15. Xem bài phỏng vấn của G. Sorman đăng trong báo *Le Figaro Magazine*, ngày 5 tháng 3 năm 1988.

nằm ở trung tâm vũ trụ. Tính bảo thủ cũng không quá tai hại như ban đầu người ta tưởng: dẫu sao nó cũng tạo ra một van an toàn chống lại những nghi vấn thường xuyên và luôn luôn gây đảo lộn. Nó cũng đảm bảo cho khoa học tiến triển đều đặn trong những thời gian bình thường và giữ cho khoa học tránh được trạng thái hỗn độn dễ làm cho nó bị tê liệt.

Tuy nhiên, cũng cần để cho khoa học phát triển. Những cuộc cách mạng sẽ nổ ra khi những sự kiện mới được tích tụ và không còn khuôn mình trong sơ đồ cũ nữa, nhưng chủ yếu là khi xuất hiện những thiên tài có khả năng phát hiện ra những mối liên hệ mới giữa những sự kiện mà trước đó tưởng như chẳng có quan hệ gì với nhau. Toàn bộ vũ trụ là có quan hệ với nhau, mỗi bộ phận đều phản ánh cái toàn thể như sau này chúng ta sẽ thấy. Tiến trình của khoa học là lựa chọn và phân nhỏ thực tại. Ở một giai đoạn nào đó, nó chỉ có thể giải mã một phần nhỏ của cái tổng thể. Và mỗi một lần có mối quan hệ mới xuất hiện, khoa học lại nhảy một bước thần kỳ về phía trước. Newton phát hiện ra lực vạn vật hấp dẫn bằng cách xác lập mối quan hệ giữa chuyển động rơi của quả táo với chuyển động của Mặt trăng xung quanh Trái đất. Thuyết tương đối rộng đã nảy sinh ở Einstein ngay khi ông phát hiện thấy mối quan hệ lẫn nhau giữa không gian và thời gian.

Phát hiện các mối quan hệ lẫn nhau này cũng đẩy những hành động sáng tạo và tưởng tượng giống như khi Picasso vẽ bức *“Những cô gái xứ Avignon”*, khi Beethoven sáng tác các bản giao hưởng hay khi Proust tìm lại được những năm tháng ấu thơ trong tiểu thuyết *“Tìm lại thời gian đã mất”* của ông. Những phát minh khoa học lớn xuất hiện hoàn toàn không phải ngẫu nhiên. Chúng là sản phẩm của một sự lên men mạnh mẽ bên trong, được nuôi dưỡng bởi những

yếu tố bên ngoài tưởng như tách rời nhau, làm tiêu hóa chúng rồi nhả lại những yếu tố đó sau khi đã làm cho chúng thay hình đổi dạng, thống nhất lại và liên hệ chặt chẽ với nhau.

Con lắc Foucault

Khoa học thường xuyên theo đuổi những mối liên hệ mới. Thực vậy, vũ trụ mà khoa học muốn mô tả dường như là hoàn toàn liên hệ với nhau. Toàn bộ vũ trụ hiện ra đây bí ẩn ở khắp mọi nơi và ở mọi thời gian. Mỗi bộ phận của nó đều phản ánh cái toàn thể. Hai thực nghiệm có bản chất hoàn toàn khác nhau đã khẳng định với chúng ta điều này.

Thực nghiệm thứ nhất liên quan tới con lắc Foucault. Nhà vật lý người Pháp là Léon Foucault muốn chứng minh rằng Trái đất quay quanh mình nó. Vào năm 1851, trong một thí nghiệm vẫn còn nổi tiếng đến tận ngày nay, ông đã cho treo một con lắc (đơn giản chỉ gồm một vật nặng treo vào đầu một sợi dây dài) vào mái vòm của đền Panthéon ở Paris. Con lắc, một khi thả cho dao động, có một hành trạng rất lạ: mặt phẳng mà trong đó con lắc chuyển động quét qua không khí (gọi là mặt phẳng dao động), theo thời gian, sẽ quay xung quanh một trục thẳng đứng. Chẳng hạn, nếu ban đầu con lắc dao động theo hướng bắc - nam thì sau ít giờ nó sẽ dao động theo hướng đông - tây. (Tại các cực của Trái đất, mặt phẳng dao động sẽ quay trọn một vòng sau thời gian một ngày. Ở Paris, do hiệu ứng vĩ độ, trong 24 giờ mặt phẳng dao động chỉ quay được một phần của vòng).

Tại sao mặt phẳng dao động của con lắc Foucault lại quay? Foucault trả lời rằng chuyển động này chỉ là biểu kiến, trong thực tế, mặt phẳng đó vẫn cố định và chỉ có Trái đất quay mà thôi. Và ông

đã dừng lại ở đó. Tuy nhiên, câu trả lời đó chưa đầy đủ, bởi vì một chuyển động chỉ có thể được mô tả đối với không có chuyển động. Trái đất quay là đối với một vật nào đó không quay. Không tồn tại chuyển động tuyệt đối. Nếu chỉ có một vật duy nhất trong vũ trụ thì ta không thể nói về chuyển động của vật đó, bởi vì chuyển động này không thể so sánh với một vật nào khác. Để mô tả chuyển động quay của Trái đất, lẽ ra Foucault phải đưa ra những vật cố định để so sánh. Nhưng làm thế nào tìm được các vật đó và nhất là làm thế nào đảm bảo được chúng là cố định? Chính con lắc Foucault giúp ta làm được việc này. Vì con lắc, một khi đã thả cho dao động, sẽ có mặt phẳng dao động cố định, nên chỉ cần định hướng con lắc theo hướng tới một tinh tú mà ta muốn kiểm tra sự cố định của nó. Nếu tinh tú được kiểm tra quả thật là bất động thì nó sẽ luôn luôn phải nằm trong mặt phẳng dao động của con lắc. Ngược lại, nếu tinh tú đó là chuyển động thì nó sẽ chậm chạp lệch ra khỏi mặt phẳng dao động đó.

Chúng ta sẽ lần lượt kiểm tra các thiên thể mà chúng ta đã biết, bắt đầu từ những thiên thể ở gần nhất rồi tới những thiên thể ở xa hơn. Trước hết, ta hãy định hướng mặt phẳng dao động của con lắc tới Mặt trời. Chỉ mất công vô ích. Bởi vì chỉ sau một tháng, Mặt trời đã rời khỏi mặt phẳng dao động. Những ngôi sao gần nhất, trong vòng bán kính vài năm ánh sáng, nằm trong mặt phẳng dao động lâu hơn, nhưng rồi sau một vài năm cũng sẽ chệch ra ngoài. Điều gì sẽ xảy ra đối với thiên hà Andromede, ở cách chúng ta 2,3 triệu năm ánh sáng? Nó có khá hơn, nhưng rồi cũng đi ra khỏi mặt phẳng dao động. Tiếp theo đến đám các thiên hà địa phương, ở khoảng cách khoảng 40 triệu năm ánh sáng. Thời gian nằm trong mặt phẳng dao động tăng lên một cách đáng kể theo mức độ các thiên thể ở xa dần, nhưng chúng vẫn chậm chạp rời khỏi mặt phẳng đó. Không

còn cách nào khác, chúng ta đành định hướng cho con lắc hướng tới đám thiên hà ở cách xa vài tỷ năm ánh sáng, mà ta chỉ thấy được nhờ những kính thiên văn lớn nhất. Sự kiên nhẫn của chúng ta đã được đền bù: không còn sự lệch ra khỏi mặt phẳng dao động nữa.

Những kết quả này là hoàn toàn có thể hiểu được. Chúng ta đã biết rằng vũ điệu quay cuồng của vũ trụ được chống chọi với chuyển động giãn nở của nó. Trái đất quay xung quanh Mặt trời, Mặt trời lại quay xung quanh tâm của Ngân hà. Ngân hà lại được hút về phía tâm của cụm thiên hà địa phương. Và đến lượt mình, cụm này lại hướng tới tâm của đám thiên hà địa phương. Rồi đám thiên hà địa phương lại rơi về phía một khối lớn và phức tạp các thiên hà có tên là Nhân hút lớn (xem H.27). Chỉ ở ngoài xa đám thiên hà địa phương những chuyển động của vũ điệu vũ trụ mới suy giảm và sự giãn nở của vũ trụ mới được biểu hiện một cách thuần túy nhất. Chính những chuyển động của vũ điệu đã làm cho các thiên thể lệch ra ngoài mặt phẳng dao động của con lắc Foucault. Sự lệch này chỉ chấm dứt khi các thiên thể ở đủ xa để không tham gia vào vũ điệu đó.

Kết luận rút ra từ những thí nghiệm này là hết sức lạ lùng: con lắc Foucault dao động hoàn toàn không đếm xỉa gì đến địa phương xung quanh nó, bất chấp cả Trái đất, Mặt trời cho tới cả các cụm và đám thiên hà địa phương. Nó hiệu chỉnh hành trạng của nó theo các thiên hà ở xa, hay cũng có nghĩa là theo toàn vũ trụ, bởi vì toàn bộ vật chất nhìn thấy được của vũ trụ là nằm trong các thiên hà. Nói một cách khác, tất cả những gì đang ngầm diễn ra trong mỗi chúng ta đều được quyết định trong khoảng bao la của vũ trụ, tất cả những gì đang xảy ra trên hành tinh nhỏ bé của chúng ta đều được chi phối bởi toàn bộ hệ thống phân cấp các cấu trúc của vũ

trụ. Mỗi một bộ phận đều mang trong nó cái toàn thể và phụ thuộc vào phần còn lại. Vũ trụ là một chỉnh thể. Chính kết luận này cũng đã được nhà triết học và vật lý học người Áo Ernst Mach (tác giả của các vận tốc siêu thanh) rút ra vào cuối thế kỷ 19, khi ông cũng trở về vấn đề các vật thể quay. Nhà vật lý này cho rằng khối lượng của mỗi vật - đại lượng đo quán tính, tức mức độ chống lại chuyển động của chúng - là kết quả ảnh hưởng của toàn vũ trụ lên vật đó. Theo ông, khi bạn tốn công để đẩy chiếc xe bị chết máy hoặc để xô dịch bàn ghế trong phòng khách của bạn, thì sự chống lại chuyển động mà bạn cảm nhận được chính là được phát ra từ khoảng bao la của vũ trụ. Mach chưa bao giờ mô tả một cách chi tiết ảnh hưởng bí ẩn này của vũ trụ tác động lên chiếc xe hoặc trong phòng khách của bạn và từ đó cũng không có ai làm được điều đó.

Dẫu thế nào đi nữa, hành trạng của con lắc Foucault cũng buộc chúng ta phải rút ra kết luận rằng, có tồn tại một loại tương tác hoàn toàn khác với những tương tác đã được mô tả bởi vật lý học, một loại tương tác bí ẩn không có liên quan với lực hoặc trao đổi năng lượng mà chỉ có tác dụng làm liên kết toàn bộ vũ trụ.

Tính không thể chia cắt của vũ trụ

Con lắc Foucault đã chứng minh cho chúng ta thấy rằng, vũ trụ là một chỉnh thể ở thang vĩ mô. Bây giờ chúng ta cũng sẽ thấy rằng, thế giới nội nguyên tử cũng không thể chia cắt được. Bằng chứng về điều này dựa trên một thực nghiệm nổi tiếng được Albert Einstein, Boris Podolsky và Nathan Rosen đề xuất vào năm 1930 với mục đích tìm ra điểm yếu trong cách giải thích xác suất của cơ học lượng tử đối với thực tại. Ta hãy tưởng tượng, họ nói, một hạt bị phân rã tự phát thành hai hạt ánh sáng A và B. Không gì cho phép ta có thể

nói *trước* hướng bay ra của hai hạt này. Chỉ có một điều được biết chắc chắn: đó là do đối xứng, chúng cần phải bay theo hai hướng ngược nhau. Nếu hạt A bay về hướng tây thì hạt B sẽ bay về hướng đông. Vậy, chúng ta hãy đặt các dụng cụ đo và kiểm tra: đúng là hạt A bay về hướng tây và hạt B bay về hướng đông. Tất cả diễn ra đúng như chúng ta dự đoán.

Nhưng chúng ta chưa tính đến tính không tất định của thế giới nội nguyên tử. Cơ học lượng tử nói với chúng ta rằng, A không thể có hướng chính xác trước khi dụng cụ đo bắt được nó. Khi đó nó đeo bộ mặt sóng nên không thể lấy bất cứ một hướng nào. Chỉ sau khi tương tác với detector, A mới biến thành hạt và “cho biết” rằng nó bay về hướng Tây. Nhưng nếu như A không “biết” nó sẽ bay theo hướng nào trước khi bị dụng cụ đo bắt thì làm sao B có thể “đoán” trước được hướng bay của A mà định hướng quỹ đạo của mình sao cho cũng bị bắt ở cùng thời điểm nhưng theo hướng ngược lại? Điều này là hoàn toàn không có ý nghĩa. Einstein và các đồng nghiệp của ông do đó rút ra kết luận rằng, cơ học lượng tử đã chọn con đường sai lầm, rằng thực tại không thể được mô tả thông qua các xác suất và Chúa không chơi trò xúc xắc: trước khi xuất phát A đã “biết” trước hướng mà nó sẽ bay theo và nó thông báo điều đó với hạt B trước khi chúng tách ra khỏi nhau để cho hạt B bay theo hướng ngược lại. A và B đều có một thực tại khách quan rất xác định, độc lập với hành động quan sát. Nhưng Einstein đã nhầm. Những thực nghiệm trong phòng thí nghiệm luôn cho phần đúng thuộc về cơ học lượng tử. Và cơ học lượng tử đã giải thích rất tốt tính chất của các nguyên tử: A không hề “biết” nó sẽ bay theo hướng nào, Chúa cũng chơi trò xúc xắc và các hạt không có một thực tại khách quan độc lập với hành động quan sát. Vậy thì làm thế nào có thể giải quyết được nghịch lý EPR (tên viết tắt của ba tác giả)?

Nghịch lý này sẽ thực sự chỉ là nghịch lý nữa nếu chúng ta giả thiết rằng thực tại được “định xứ” trên mỗi hạt ánh sáng, rằng các hạt này là phân biệt và tách rời, chúng không ảnh hưởng gì đến nhau hết. Nhưng nó sẽ không còn là nghịch lý nữa nếu chúng ta chấp nhận ý tưởng cho rằng hai hạt ánh sáng, thậm chí cách xa nhau hàng tỷ năm ánh sáng, trước khi được ghi nhận bởi dụng cụ đo đều là một bộ phận của cùng một chỉnh thể, chúng thường xuyên liên lạc với nhau thông qua một tương tác bí ẩn. Điều đó giải thích tại sao B “biết” ngay tức thời tất cả những gì xảy ra với A: chúng không cần phải gửi thông báo cho nhau. Thực tại không phải là cục bộ mà là toàn bộ. Không còn có “ở đây” hoặc “ở kia” nữa. Tất cả đều liên hệ với nhau và “ở đây” cũng đồng nhất với “ở kia”.

Con lắc Foucault và thí nghiệm EPR đã buộc chúng ta phải vượt qua những khái niệm vốn đã quen thuộc về không gian và thời gian. Chúng ta đã được dẫn tới kết luận rằng, vũ trụ có một cấp độ tổng thể và không thể chia cắt được, dù là ở thang vĩ mô hay vi mô. Một ảnh hưởng hiện diện ở khắp nơi và đầy bí ẩn làm cho mỗi cái bộ phận đều chứa cái toàn thể và cái toàn thể phản ánh từng cái bộ phận. Tất cả các sinh vật trong vũ trụ, toàn bộ vật chất, quyển sách mà bạn đang cầm trên tay, đồ đạc ở xung quanh bạn, quần áo mà bạn đang mặc, tất cả các vật mà chúng ta đồng nhất với các mảnh của thực tại đều chứa cái toàn thể được ẩn giấu giữa chúng. “Mỗi chúng ta ai cũng đều giữ cái vô hạn trong lòng bàn tay mình”⁽¹⁶⁾.

Như vậy, khoa học phương Tây, vì sự bó buộc mà phải là một khoa học mang tính quy giản luận (cần phải cô lập ra các mảnh của

16. William Blake, *Auguries of Innocence*, trong *Toàn tập của William Blake*, Oxford University Press, 1989.

thực tại để nghiên cứu chúng một cách chi tiết và phát triển dần lên) nay đang ngày càng hội tụ dần tới một cái nhìn tổng thể (mà người ta gọi là chỉnh thể luận) về vũ trụ. Những ý định hiện nay nhằm thống nhất các định luật vật lý chỉ là một biểu hiện của xu hướng đó. Khoa học đã dạy chúng ta rằng, chúng ta chia sẻ với toàn bộ vật chất của vũ trụ một lịch sử chung, chúng ta là con của các ngôi sao, là anh em với các loài thú hoang dã, là họ hàng xa với những cây mỹ nhân xinh đẹp trên đồng nội. Khoa học cũng nói với chúng ta rằng, chúng ta mang trong mình toàn bộ vũ trụ, rằng chúng ta hoàn toàn không thể cắt rời khỏi vũ trụ. Liệu ý thức về sự thuộc về vũ trụ này có tránh được cho chúng ta một tội sát hại nhân hay sinh thái không? Trong mọi trường hợp, nhà khoa học không có sự lựa chọn. Hay diễn đạt theo câu nói nổi tiếng của André Malraux: “Khoa học ở thế kỷ 21 sẽ là tâm linh hoặc là không”.

Bí mật của giai điệu

Chúng ta hãy nhắc lại câu hỏi ban đầu của chúng ta: Liệu một ngày nào đó vũ trụ có tiết lộ cho chúng ta tổng thể của cái thực tại rực rỡ của nó hay không? Liệu chúng ta có khám phá ra bí mật của cái giai điệu thực của nó hay không? Dưới ánh sáng của những điều được trình bày ở trên, thì điều đó dường như rất khó và thậm chí không thể. Chính hành động quan sát đã làm biến đổi thực tại, như cơ học lượng tử đã từng dạy chúng ta. “Thực tại” này sau đó lại được con mắt của chúng ta, những dụng cụ đo của chúng ta và những “thiên kiến” của chúng ta giải thích và làm cho biến đổi. Và nghiêm trọng hơn nữa, do không thoát khỏi khả năng hữu hạn của mình, chúng ta mãi mãi chỉ có thể nghiên cứu được một phần nhỏ bé của vũ trụ bao la, một vũ trụ toàn bộ là một chỉnh thể. Với cái

giá là những nỗ lực phi thường của trí tưởng tượng và óc sáng tạo, những thiên tài ngày càng phát hiện ra nhiều mối liên hệ và khoa học cũng ngày càng tiến bộ. Nhưng sẽ không bao giờ phát hiện được *tất cả* các mối liên hệ. (Nhân đây, thiết nghĩ cũng rất bổ ích để nhắc lại những công trình của nhà toán học người Áo Kurt Godel, người đã chứng minh được vào năm 1931 rằng sẽ mãi mãi tồn tại trong toán học những mệnh đề không thể chứng minh được. Tương tự như không thể chứng minh được mọi điều trong toán học, trí tuệ con người cũng sẽ mãi mãi không thể hiểu được toàn thể Vũ trụ).

Chúng ta sẽ không bao giờ tiếp cận được Vũ trụ với chữ V viết hoa. Giai điệu của nó sẽ vĩnh viễn còn là điều bí ẩn. Nhưng lẽ nào đó là cái lý để chúng ta chán nản và vứt bỏ mọi cuộc tìm kiếm? Tôi hoàn toàn không nghĩ như vậy. Con người sẽ không bao giờ thoát khỏi nhu cầu cấp bách là phải tổ chức thế giới bên ngoài thành một sơ đồ hài hòa và thống nhất. Sau vũ trụ Big Bang, con người sẽ tiếp tục sáng tạo ra những vũ trụ khác, ngày càng gần với Vũ trụ thực hơn, dù là không bao giờ đạt tới, nhưng chúng sẽ soi sáng và ngợi ca sự tồn tại của cái Vũ trụ thực ấy.

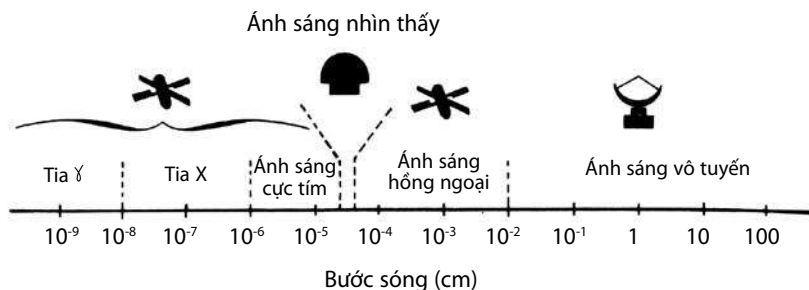
Phụ lục

Những phụ lục dưới đây là dành cho các bạn đọc muốn biết thêm thông tin định lượng về một số chủ đề đã được trình bày trong cuốn sách. Tuy nhiên, những thông tin này không nhất thiết phải biết mới hiểu được những vấn đề đó. Trong các Phụ lục, thay vì cho các phương trình đầy đủ chúng tôi thường sẽ chỉ cho mối quan hệ của một số đại lượng này với một số đại lượng khác. Chính vì vậy mà chúng tôi thường sử dụng ký hiệu μ có nghĩa là “tỷ lệ với”. Chẳng hạn, $a \propto b^2$ là muốn nói rằng nếu b tăng gấp đôi thì a sẽ tăng gấp 2 bình phương, tức là tăng gấp 4.

I. Ánh sáng và hiệu ứng Doppler

Bạn ném một hòn đá xuống hồ nước. Những sóng tròn sẽ lan truyền từ nơi hòn đá chạm mặt nước cho đến tận bờ hồ. Khoảng cách giữa hai đỉnh sóng kế tiếp được gọi là bước sóng. Số đỉnh sóng tới được bờ trong một giây (nhận được bằng cách lấy vận tốc truyền sóng chia cho bước sóng) gọi là tần số của sóng. Cũng như vậy, một nguồn sáng sẽ phát các sóng ánh sáng đồng tâm truyền với vận tốc 300.000km/s, chỉ có điều các sóng này không phải hình tròn mà là hình cầu. Ánh sáng cũng được đặc trưng bởi bước sóng λ và tần số f tỷ lệ nghịch với λ ($f = c / \lambda$ với c là vận tốc ánh sáng). Bước sóng hoặc tần số của ánh sáng xác định năng lượng E của nó. Ánh sáng có năng lượng càng lớn nếu tần số của nó càng cao hay bước sóng của nó càng ngắn ($E \propto f$ hay $E \propto 1 / \lambda$).

Phổ của các sóng điện từ nhận được bằng cách thay đổi bước sóng hoặc tần số của ánh sáng. Tia gamma có bước sóng ngắn nhất (khoảng một phần mười tỷ cm), tần số lớn nhất (các sóng tới với số lượng là 300 tỷ tỷ [$3 \cdot 10^{20}$] trong một giây) và có năng lượng lớn nhất. Theo thứ tự giảm dần về năng lượng hoặc tần số, hay một cách tương đương, với sự tăng về bước sóng ta lần lượt có tia X, ánh sáng tử ngoại, ánh sáng thấy được, ánh sáng hồng ngoại và ánh sáng (sóng) vô tuyến. Ánh sáng thấy được chỉ chiếm một vùng phổ rất nhỏ, với bước sóng nằm trong khoảng giữa 3 và 7 phần trăm ngàn cm và tới đập vào mắt chúng ta với tần số khoảng một triệu tỷ (10^{15}) trên giây. Đối với ánh sáng vô tuyến, bước sóng của nó có thể đạt tới 1km và với tần số tương đối nhỏ, cỡ 300.000/s (H.A1). Bầu khí quyển của Trái đất không trong suốt với mọi dạng ánh sáng. Chỉ có ánh sáng thấy được và một phần nhỏ ánh sáng hồng ngoại và ánh sáng vô tuyến là có thể đi qua nó và được thu bởi các kính thiên văn đặt trên Trái đất. Những ánh sáng khác chỉ có thể thu được ở bên trên bầu khí quyển Trái đất nhờ các kính thiên văn đặt trên các vệ tinh.



Hình A1. Phổ sóng điện từ và những dụng cụ dùng để thu chúng

Bước sóng của ánh sáng (hay tần số hoặc năng lượng của nó) sẽ bị thay đổi khi nguồn sáng chuyển động đối với người quan sát (hoặc khi người quan sát chuyển động đối với nguồn sáng: ở đây chỉ tính đến chuyển động tương đối). Nếu nguồn sáng chuyển động ra xa, ánh sáng sẽ mất nhiều thời gian hơn để đến được tới người quan sát, bước sóng quan sát được, $l(q.sát)$, tức khoảng cách giữa hai đỉnh sóng kế tiếp tới người quan sát sẽ dài hơn so với bước sóng của ánh sáng được phát ra, $l(phát)$, theo công thức:

$$\frac{l(q.sát)}{l(phát)} = 1 + \frac{v}{c}$$

trong đó v là vận tốc tương đối của nguồn sáng và người quan sát; c là vận tốc ánh sáng. Tần số và năng lượng của ánh sáng quan sát được sẽ nhỏ hơn so với ánh sáng phát ra. Nếu thay vì chuyển động ra xa, nguồn sáng chuyển động lại gần, thì bước sóng quan sát được sẽ ngắn hơn bước sóng của ánh sáng phát ra. Khi đó, trong công thức trên ta chỉ cần thay dấu cộng (+) thành dấu trừ (-). Tần số và năng lượng của ánh sáng quan sát được trong trường hợp này sẽ tăng thay vì giảm. Hiện tượng này gọi là “hiệu ứng Doppler” theo tên nhà vật lý đã nghiên cứu nó. Chính nhờ dùng công thức trên và một radar mà cảnh sát đo được vận tốc xe ô tô của bạn trên xa lộ. Viên cảnh sát đã biết trước tần số (hoặc bước sóng, $l(phát)$) do radar phát ra. Anh ta có một dụng cụ đo tần số (hoặc bước sóng, $l(q.sát)$) của sóng vô tuyến phản xạ ở phía sau xe của bạn. Chỉ cần áp dụng công thức trên là viên cảnh sát xác định được vận tốc v của xe bạn ! Hiệu ứng Doppler cũng áp dụng được cho âm thanh. Tất cả chúng ta chắc đều nhận thấy rằng tiếng còi xe sẽ trở nên gắt hơn (tần số cao hơn) khi xe tiến lại gần và trở nên trầm hơn (tần số thấp hơn) khi xe chạy ra xa.

Trong trường hợp ánh sáng thấy được, ánh sáng đỏ là có bước sóng dài (cũng tức là có tần số và năng lượng nhỏ) hơn so với ánh sáng xanh. Chính vì vậy mà người ta đã dùng thuật ngữ “dịch chuyển về phía đỏ” để chỉ hiện tượng bước sóng của ánh sáng phát trở nên dài ra do chuyển động chạy ra của nguồn sáng đối với người quan sát (giống như chuyển động chạy ra xa của các thiên hà do sự giãn nở của vũ trụ) thậm chí đối với cả những ánh sáng không phải là nhìn thấy. Độ dịch chuyển về phía đỏ được định nghĩa là độ thay đổi tương đối của bước sóng so với bước sóng phát:

$$z = \frac{l(q.sát) - l(phát)}{l(phát)} = \frac{v}{c}$$

Ngược lại, hiện tượng co ngắn bước sóng của ánh sáng phát do chuyển động tiến lại gần của nguồn sáng được gọi là “dịch chuyển về phía xanh”. Công thức tính cho trường hợp này cũng tương tự như dịch chuyển về phía đỏ, chỉ có điều khác là tử số của công thức trên được thay bằng $l(phát) - l(q.sát)$. Các công thức cho ở trên chỉ đúng đối với những vận tốc rất nhỏ so với vận tốc ánh sáng c . Khi v tiến tới gần c , ta phải dùng công thức cho bởi thuyết tương đối hẹp:

$$\frac{l(q.sát)}{l(phát)} = \frac{1 + v / c}{(1 - v^2 / c^2)^{1/2}}$$

Kết quả ta được

$$z = \frac{l(q.sát) - l(phát)}{l(phát)} = \frac{1 + v / c}{(1 - v^2 / c^2)^{1/2}} - 1$$

Theo công thức trên, rõ ràng là khi v tiến gần đến c , mẫu số sẽ tiến dần tới 0 và độ dịch chuyển về phía đỏ z sẽ trở nên rất lớn.

Những tinh tú có độ dịch về phía đỏ lớn nhất mà ta biết được là các quasar. Trong trường hợp này, giá trị z lớn nhất vào cỡ 4,4, tức là ánh sáng của nó dịch về phía đỏ 440%. Để so sánh, z của một thiên hà gần trong đám thiên hà Vierge ở cách chúng ta 44 triệu năm ánh sáng chỉ có giá trị là 0,003. Ánh sáng của nó chỉ dịch về phía đỏ 0,3%. Từ định luật Hubble, định luật liên hệ độ dịch về phía đỏ với khoảng cách, suy ra rằng các quasar với độ dịch chuyển lớn về phía đỏ ở rất xa chúng ta, tận biên giới của vũ trụ. Vì nhìn xa tức là nhìn được sớm, nên quan sát một quasar với $z = 4,4$ tương đương với việc lần ngược lại thời gian trở về thời kỳ mà tuổi của vũ trụ mới được 2 tỷ năm, tức là nhỏ hơn một phần năm tuổi hiện nay của nó. Những tinh tú với z lớn giống như các di vật khảo cổ sẽ giúp ta giải mã quá khứ của vũ trụ.

Rất gần đây thôi, các độ dịch về phía đỏ đã biết của các thiên hà là rất nhỏ so với độ dịch của các quasar: chúng không vượt quá 1. Nhưng vào năm 1988, những thiên hà ở rất xa đã được phát hiện và chúng có z đạt tới cỡ 3,5 so được với độ dịch của các quasar. Những quan sát này ngụ ý rằng các thiên hà đã được sinh ra từ rất sớm, khoảng 2 đến 3 tỷ năm sau Big Bang. Mọi mô hình của vũ trụ có tham vọng mô tả sự hình thành của các thiên hà đều phải tính đến điều đó. Vũ trụ-đỏ chơi được choán đầy bởi vật chất tối và lạnh (Chương V) mà đa số các nhà vũ trụ học hiện nay đều tán thưởng lại không phù hợp với thực tế đó, bởi vì các thiên hà trong vũ trụ này hình thành quá muộn, khoảng 5 tỷ năm sau Big Bang.

2. Sự co giãn của cặp không-thời gian

Với sự ra đời của thuyết tương đối hẹp của Einstein vào năm 1905, thời gian và không gian mất đi đặc tính phổ quát và tuyệt đối

mà chúng đã có từ thời Newton. Từ đây chúng sẽ có những tính chất cá biệt và phụ thuộc vào chuyển động của người quan sát. Một người quan sát đứng yên sẽ thấy thời gian t_0 của một người quan sát khác chuyển động giãn ra một hệ số γ được định nghĩa bởi

$$\gamma = \frac{1}{(1 - v^2 / c^2)^{1/2}}$$

trong đó v là vận tốc của người quan sát đang chuyển động và c là vận tốc ánh sáng. Nói một cách khác:

$$t = \gamma t_0$$

Như vậy, nếu Jules chu du trong con tàu vũ trụ của mình với vận tốc bằng 87% vận tốc ánh sáng, thì Jim, người anh em sinh đôi của anh ta ở mặt đất sẽ thấy thời gian của Jules trôi hai lần chậm hơn thời gian của mình: kim đồng hồ trên con tàu sẽ chạy hai lần chậm hơn và Jules đánh răng sẽ mất khoảng thời gian 2 lần lớn hơn. Các quá trình sinh học cũng sẽ chậm lại: chẳng hạn, đối với 1 năm trên Trái đất, Jules sẽ chỉ già đi 6 tháng. Sự giãn nở của thời gian sẽ càng lớn nếu vận tốc của con tàu càng gần tới vận tốc ánh sáng. Nếu Jules chuyển động với vận tốc bằng 99,99% vận tốc ánh sáng, thì 10 năm trên con tàu sẽ ứng với 707 năm trên Trái đất. Sự giãn nở này của thời gian đã được kiểm chứng nhiều lần, đặc biệt là trong máy gia tốc các hạt sơ cấp: các hạt này có thời gian sống dài hơn rất nhiều khi chúng được gia tốc tới vận tốc gần với vận tốc ánh sáng.

Nhưng mọi chuyện động đều là tương đối cơ mà, bạn rất có lý để phản đối như vậy. Nếu Jim thấy Jules chuyển động với vận tốc v trong con tàu của mình thì Jules cũng có thể xem mình là đứng yên còn Jim chuyển động ra xa cũng với vận tốc v . Và khi đó Jules sẽ thấy thời gian của Jim trên Trái đất bị giãn ra cũng hệt như Jim

đã thấy thời gian của Jules bị giãn ra. Nếu vận tốc của con tàu bằng 87% vận tốc ánh sáng thì 1 năm của Jules cũng tương đương với 6 tháng của Jim. Hai quan điểm này đều có giá trị như nhau và sẽ không có vấn đề gì chừng nào hai người chưa gặp nhau.

Nhưng giả thử rằng, do qua một mẻ về những chuyến chu du liên miên, Jules quyết định quay về nhà để gặp Jim. Khi đó một vấn đề quan trọng được đặt ra: Jules và Jim, ai sẽ già hơn ai? Câu trả lời khi này là dứt khoát: Jim ở trên Trái đất sẽ già hơn. Nếu Jules du hành với vận tốc bằng 87% vận tốc ánh sáng và khoảng thời gian chu du của anh ta đo theo đồng hồ trên con tàu là 10 năm, thì Jules sẽ già đi 10 tuổi, trong khi đó Jim ở Trái đất đã già đi 20 tuổi. Tại sao lại như vậy? Đó là bởi vì tình hình không còn đối xứng đối với Jules và Jim như khi Jules chuyển động với vận tốc v không đổi nữa. Để quay trở về, Jules cần phải giảm tốc, dừng lại rồi gia tốc theo chiều ngược lại. Và người bị gắn chặt trên ghế và cảm nhận hiệu ứng tăng tốc và giảm tốc là Jules chứ không phải là Jim. Jules biết chắc chắn rằng mình đang chuyển động: đối với anh ta, sẽ thật là vô lý nếu nghĩ rằng vào đúng lúc anh ta lái cho con tàu quay 180 độ, thì Trái đất và vũ trụ hoàn toàn dừng lại để tăng tốc theo hướng ngược lại. Chuyển động với vận tốc không đổi là hoàn toàn đối xứng đối với Jules và Jim, nhưng sẽ không còn là đối xứng nữa đối với chuyển động giảm tốc hoặc tăng tốc. Như vậy, khi Jules trở về Trái đất anh ta sẽ trẻ hơn Jim. Anh ta không thể vừa trẻ hơn vừa già hơn được. Những tính toán kể đến các quá trình giảm tốc và tăng tốc đều dẫn tới cùng kết luận đó, dù là chúng được nhìn theo quan điểm của Jules hay của Jim.

Trong thuyết tương đối, không gian và thời gian liên hệ khăng khít với nhau. Điều này nói lên rằng sự giãn nở của thời gian nhất

thiết phải kéo theo sự co lại của không gian. Jim không chỉ thấy thời gian của Jules giãn ra mà anh ta còn thấy không gian của Jules co lại. Ví dụ, đối với Jim con tàu của Jules bị co lại một cách đáng kể. Nếu l_0 là chiều dài con tàu, thì Jim sẽ đo được chiều dài l của nó theo công thức:

$$l = l_0 / \gamma = l_0 (1 - v^2 / c^2)^{1/2}$$

Chính đại lượng γ làm giãn thời gian đã làm co không gian. Nếu Jules chuyển động với vận tốc bằng 87% vận tốc ánh sáng, Jim sẽ thấy con tàu không gian co lại còn một nửa. Những biến đổi đồng thời này có thể được xem như sự chuyển hóa lẫn nhau giữa thời gian và không gian. Tỷ lệ chuyển đổi ở đây là 300.000km không gian cho 1 giây thời gian. Chuyển động không phải là nhân tố duy nhất làm biến dạng không gian và thời gian. Trường hấp dẫn cũng có thể làm như vậy. Trường hấp dẫn của một lỗ đen có thể làm gập không gian lại và làm dừng hẳn thời gian. Nhưng đó là đề tài của thuyết tương đối rộng và chúng ta sẽ không đề cập tới ở đây.

Đồng thời với thời gian giãn nở và không gian co lại, khối lượng m_0 của một vật chuyển động cũng tăng lên theo công thức:

$$m = m_0 \gamma = \frac{m_0}{(1 - v^2 / c^2)^{1/2}}$$

Lại chính đại lượng γ cũng chi phối cả sự thay đổi của khối lượng. Jim sẽ thấy con tàu của Jules có khối lượng tăng gấp đôi khi nó chuyển động với vận tốc bằng 87% vận tốc ánh sáng. (Nhưng Jules lại không thấy khối lượng con tàu của mình thay đổi). Khối lượng cứ lớn dần theo mức độ vận tốc tăng dần và trở thành vô hạn khi vận tốc của nó đạt tới vận tốc ánh sáng. Năng lượng cần

thiết để tăng tốc cho con tàu cũng tăng cho tới khi trở thành vô hạn. Điều này chứng tỏ rằng không thể tăng tốc cho một vật để nó có vận tốc ánh sáng: vì toàn bộ năng lượng dự trữ của vũ trụ cũng không đủ để làm việc đó.

Sự tăng khối lượng theo vận tốc sẽ làm cho các va chạm của một vật chuyển động nhanh trở nên rất nguy hiểm cho dù nó có thể có khối lượng nhỏ. Một hạt cát được tăng tốc tới vận tốc gần vận tốc ánh sáng có thể có khối lượng lớn bằng cả một hành tinh. Va chạm với hạt cát này sẽ làm cho Trái đất vỡ ra hàng ngàn mảnh.

3. Các lỗ đen

Làm thế nào tạo ra các lỗ đen? Chỉ cần nén một khối lượng (bất kể là khối lượng nào, một đồng xu, một cái ghế, một người, một ngọn núi, một ngôi sao hay một thiên hà) vào một thể tích đủ nhỏ để lực hấp dẫn ở đó lớn tới mức ánh sáng, đối tượng có vận tốc lớn nhất trong vũ trụ (300.000km/s), cũng không thoát ra ngoài được. Bán kính mà ta phải nén vật qua đó để nó trở thành lỗ đen được gọi là “bán kính không thể quay lui” (nghĩa là một vật nào đó khi lọt vào trong bán kính này sẽ không thể đi ra được nữa) hay “bán kính Schwarzschild” (tên nhà vật lý đã phát hiện ra bán kính này). Bán kính R này tỷ lệ thuận với khối lượng được nén:

$$R \propto M$$

(Công thức chính xác là $R = 2GM/c^2$, trong đó G là hằng số hấp dẫn và c là vận tốc ánh sáng).

Mặt trời với khối lượng 2.10^{33} g có bán kính không thể quay lui là 3km. Tháp Eiffel với khối lượng 6.900 tấn có bán kính quay lui là một phần tỷ tỷ (10^{-18}) xentimét. Một người với khối lượng 70kg

sẽ trở thành lỗ đen nếu được nén tới bán kính nhỏ hơn 10^{-23}cm . Do bán kính không thể quay lui của các vật trong cuộc sống hàng ngày là vô cùng bé, nên dễ dàng hiểu được tại sao chúng không thể tự co lại thành lỗ đen: khối lượng và do đó lực hấp dẫn của chúng không đủ lớn để thắng được sự chống lại của các lực điện từ, lực liên kết các nguyên tử và làm cho các vật đó ở trạng thái rắn, cũng như không đủ để nén các vật đó tới kích thước cực kỳ nhỏ như vậy. Chỉ những ngôi sao và các thiên hà là có đủ khối lượng và lực hấp dẫn để tự co lại thành các lỗ đen.

Mật độ (khối lượng riêng) của lỗ đen là

$$\rho = \frac{\text{Khối lượng}}{\text{Thể tích}} = \frac{3M}{4\pi R^3} \propto \frac{M}{M^3} \propto \frac{1}{M^2} \propto \frac{1}{R^2}$$

Vì mật độ tỷ lệ nghịch với bình phương khối lượng, nên lỗ đen rất nặng không nhất thiết phải rất đặc. Mật độ của lỗ đen có khối lượng bằng khối lượng Mặt trời là khá lớn (cỡ $1,8 \cdot 10^{16} \text{ g/cm}^3$), nhưng một lỗ đen với khối lượng cỡ 4,2 tỷ Mặt trời chỉ có mật độ như của không khí mà chúng ta đang hít thở hằng ngày ($0,001 \text{ g/cm}^3$).

Nhà vật lý thiên văn người Anh Stephen Hawking đã chứng minh được rằng, xét cho tới cùng, các lỗ đen không phải hoàn toàn là đen. Cơ học lượng tử cho phép chúng sẽ bay hơi chậm chạp thành ánh sáng. Tốc độ bay hơi được điều khiển bởi nhiệt độ T của lỗ đen. Nhiệt độ này càng nhỏ nếu khối lượng lỗ đen càng lớn:

$$T \propto \frac{1}{M}$$

Thời gian t (bay hơi) để lỗ đen bay hơi hoàn toàn tỷ lệ với lập phương của khối lượng:

$$t \text{ (bay hơi)} \propto M^3$$

Nhiệt độ của một lỗ đen có khối lượng bằng khối lượng Mặt trời là vào khoảng một phần mười triệu (10^{-7}) độ Kelvin và thời gian bay hơi của nó cỡ 10^{65} năm. Nhiệt độ của một lỗ đen thiên hà có khối lượng cỡ 1 tỷ (10^9) Mặt trời là 10^{-16} độ Kelvin và thời gian bay hơi của nó cỡ 10^{92} năm, trong khi đó nhiệt độ của một lỗ đen siêu thiên hà có khối lượng cỡ 1 nghìn tỷ (10^{12}) Mặt trời là 10^{-19} độ Kelvin và thời gian bay hơi của nó cỡ 10^{100} năm.

Tất nhiên, cũng như nước nóng trong một cốc trà chỉ có thể bay hơi khi không khí bao xung quanh nó là lạnh (nhiệt chỉ có thể truyền từ nóng sang lạnh), các lỗ đen cũng chỉ có thể bay hơi nếu nhiệt độ của nó cao hơn nhiệt độ của bức xạ hóa thạch tràn ngập vũ trụ. Điều kiện này không được thỏa mãn trong vũ trụ hiện nay vì nó có nhiệt độ 3°K sau 15 tỷ năm tiến hóa. Do nhiệt độ $T(\text{vũ trụ})$ của vũ trụ biến thiên như (xem Phụ lục 5):

$$T(\text{vũ trụ}) \propto \frac{1}{R(\text{vũ trụ})} \propto \frac{1}{t^{2/3}}$$

trong đó t là tuổi của vũ trụ, chúng ta suy ra rằng một lỗ đen có khối lượng cỡ Mặt trời sẽ chỉ bắt đầu bay hơi ở tuổi $t = 10^{20}$ năm, khi mà nhiệt độ của vũ trụ giảm xuống chỉ còn bằng một phần 10 triệu độ Kelvin. Một lỗ đen thiên hà sẽ phải đợi đến tận $t = 10^{34}$ năm, và lỗ đen siêu thiên hà phải đợi tới $t = 10^{39}$ năm mới có thể bắt đầu bay hơi.

Về nguyên tắc, khối lượng của lỗ đen có thể lớn tùy ý. Tuy nhiên, nó không được nhỏ hơn 20 microgam ($2 \cdot 10^{-5}$ g). Một lỗ đen có khối lượng như vậy (gọi là khối lượng Planck) sẽ có nhiệt độ lên tới 10^{32} độ Kelvin và sẽ bay hơi hết trong thời gian 10^{-43} giây (thời

gian Planck). Những con số này đặc trưng cho vũ trụ ở lúc bắt đầu của nó ở bức tường Planck, nơi mà vật lý ngày nay mất chỗ đứng. Hawking đã gợi ý rằng ở thời điểm này vũ trụ đặc tới mức không gian bị co lại thành vô số những lỗ đen mini (hay lỗ đen nguyên thủy) có khối lượng Planck và bay hơi hết rồi lại tái sinh sau mỗi 10^{-43} giây trong một vòng đời. Những lỗ đen này còn chưa bao giờ phát hiện được.

4. Nguyên lý bất định trong cơ học lượng tử

Ngẫu nhiên và sự nhòe ngụy trị trong thế giới nguyên tử. Tôi không thể mô tả chuyển động của một electron trong nguyên tử như mô tả chuyển động của quả bóng được ném lên không khí hoặc chuyển động của con tàu rẽ sóng trên đại dương. Chuyển động của electron không thể nắm bắt được vì tại mỗi thời điểm tôi không đo được chính xác đồng thời vị trí và vận tốc của nó, như tôi có thể làm được đối với quả bóng hoặc con tàu. Sự bất định này không thể hạn chế được cho dù dụng cụ đo của tôi có tinh xảo đến đâu chăng nữa. Nó gắn liền ngay với chính động tác đo. Chẳng hạn, khi đo vị trí của một electron, tôi cần phải chiếu sáng nó và khi làm như vậy, những hạt ánh sáng mà tôi gửi tới electron ấy đã làm nhiễu động vận tốc của nó rồi. Nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg đã biểu thị sự bất định này trong thế giới nguyên tử bằng một bất đẳng thức. Gọi Δx là độ bất định khi đo vị trí và Δv là độ bất định khi đo vận tốc thì tích của chúng sẽ luôn không được nhỏ hơn một số rất nhỏ bằng $h/2\pi$ (với h là hằng số Planck và bằng $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s):

$$\Delta x \Delta v \geq \frac{h}{2\pi}$$

Như vậy, nếu chúng ta làm giảm độ bất định về vị trí (Δx tiến gần tới 0) thì độ bất định về vận tốc lại phải tăng lên để bù lại, đảm bảo sao cho tích $\Delta x \cdot \Delta v$ phải luôn luôn lớn hơn $h/2\pi$. Tôi không bao giờ có thể làm giảm được đồng thời cả Δx và Δv .

Thời gian sống của một hạt càng ngắn thì năng lượng của nó càng bất định. Chính quy tắc này cho phép cơ học lượng tử vi phạm định luật bảo toàn năng lượng ngay trong thế giới vĩ mô để cho phép sinh ra các hạt ma hay các hạt ảo. Vì một hạt ảo có thời gian sống cực ngắn, nên nó có thể vay một năng lượng ΔE ở nhà băng Tự nhiên để xuất hiện trong một thời gian ngắn. Trong đa số trường hợp, tự nhiên sẽ đòi lại năng lượng của nó và hạt ảo sẽ biến mất sau thời gian Δt . Nhưng đôi lúc, hạt ảo tìm được nhà tài trợ hào phóng giúp nó trả món nợ năng lượng cho nhà băng Tự nhiên và đi vào thế giới thực. Trường hấp dẫn có năng lượng để cho và điều này giải thích tại sao các hạt ảo có thể được vật chất hóa trong một trường hấp dẫn mạnh, chẳng hạn như trường hấp dẫn tồn tại ở gần một lỗ đen ngay bên ngoài bán kính không thể quay lui của nó. Cũng tương tự, chính sự nhòe lượng tử đã cho phép toàn bộ vũ trụ vọt ra từ một chân không nội nguyên tử.

5. Các tham số vũ trụ và sự tiến hóa của vũ trụ

Quá trình tiến hóa của vũ trụ (quá khứ, hiện tại và tương lai của nó) được quyết định bởi sự tranh đấu giữa hai lực đối lập: lực tạo thành từ vụ nổ ban đầu dẫn đến sự giãn nở của vũ trụ và lực hấp dẫn tác dụng bởi toàn bộ vật chất (thấy được cũng như không thấy được) chứa trong vũ trụ làm kìm hãm sự giãn nở đó. Ngay từ năm 1922, nhà toán học Nga Alexandre Friedmann đã sử dụng thuyết

tương đối rộng được công bố năm 1915 của Albert Einstein để nhận được các phương trình mô tả cuộc đấu tranh khốc liệt đó. Trong phiên bản đơn giản nhất, những phương trình này dựa trên ba tham số gọi là «các tham số vũ trụ». Tham số thứ nhất đặc trưng cho sự giãn nở của vũ trụ trong khi hai tham số còn lại liên hệ mật thiết với nhau và đặc trưng cho sự kìm hãm chuyển động giãn nở đó.

Tham số thứ nhất được ký hiệu là H và được gọi là *tham số Hubble* vì nó hiện diện trong định luật được Hubble phát hiện vào năm 1929, định luật mô tả sự giãn nở của vũ trụ:

$$v = H.r$$

trong đó v là vận tốc chạy ra xa của một điểm nào đó trong vũ trụ đối với một điểm khác (tính bằng km/s) và r là khoảng cách giữa hai điểm đó (tính bằng triệu năm ánh sáng). Những quan sát chứng tỏ rằng tham số Hubble hiện nay có giá trị nằm trong khoảng từ 15 đến 30 km/(s. triệu năm ánh sáng) (xem Chương IV). Nghịch đảo của tham số Hubble cho tuổi của vũ trụ (tuổi này chỉ là gần đúng; nó sẽ là chính xác nếu như vũ trụ không giảm tốc):

$$\text{Tuổi} \propto \frac{1}{H} \left\{ \begin{array}{l} = 10 \text{ tỷ năm đối với } H = 30 \text{ km s}^{-1} \text{ (triệu năm ánh sáng)}^{-1} \\ = 20 \text{ tỷ năm đối với } H = 15 \text{ km s}^{-1} \text{ (triệu năm ánh sáng)}^{-1} \end{array} \right.$$

Như vậy, tuổi của vũ trụ vẫn còn bất định với một hệ số 2. Rõ ràng là, do tham số Hubble tỷ lệ nghịch với tuổi của vũ trụ nên nó sẽ thay đổi theo thời gian. Tham số này rất lớn vào lúc bắt đầu của vũ trụ và giảm dần theo tuổi tác của nó.

Tham số vũ trụ thứ hai ký hiệu là q mô tả *sự giảm tốc* của vũ trụ do sự kìm hãm của lực hấp dẫn của toàn bộ vật chất chứa trong

vũ trụ gây ra. Theo định nghĩa, độ giảm tốc là độ giảm của vận tốc trong một đơn vị thời gian (chẳng hạn 1 giây):

$$q \propto \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

trong khi vận tốc là độ thay đổi của khoảng cách trong một đơn vị thời gian:

$$v \propto \frac{\Delta r}{\Delta t} = \dot{r}$$

Chúng ta dùng dấu chấm trên đầu một đại lượng để ký hiệu đạo hàm của nó theo thời gian. Vậy,

$$q \propto \frac{\Delta \dot{r}}{\Delta t} = \ddot{r}$$

Công thức chính xác được cho bởi các phương trình Friedmann là:

$$q = - \frac{\ddot{r} \dot{r}}{\dot{r}^2}$$

Dấu trừ ở đây có nghĩa là vũ trụ giảm tốc (dấu cộng sẽ tương ứng với vũ trụ tăng tốc). Tùy theo q nhỏ hơn, bằng hay lớn hơn $1/2$ mà vũ trụ sẽ là mở (giãn nở vĩnh viễn), phẳng (giãn nở chỉ dừng sau một thời gian vô hạn) hay là kín (nó sẽ tự co lại).

Tham số vũ trụ thứ ba ký hiệu là d , nó là *mật độ trung bình của vật chất* (thấy được cũng như không thấy được) trong vũ trụ. Tham số này liên hệ khăng khít với tham số giảm tốc q , vì lực hấp dẫn gây bởi chính lượng vật chất này đã kìm hãm sự giãn nở của vũ trụ. Các phương trình Friedmann chứng tỏ rằng lực hấp dẫn sẽ là đủ mạnh

để làm dừng được sự giãn nở của vũ trụ nếu như d không nhỏ hơn mật độ tới hạn có giá trị bằng:

$$d(\text{tới hạn}) = \frac{3H^2}{8\pi G}$$

trong đó G là hằng số hấp dẫn. Đối với $H = 15 \text{ km.s}^{-1} \cdot (\text{triệu năm ánh sáng})^{-1}$, thì $d(\text{tới hạn}) = 3$ nguyên tử hydrogen trong 1m^3 hay $4,5 \cdot 10^{-30} \text{g/cm}^3$. $d(\text{tới hạn})$ sẽ trở thành 12 nguyên tử hydrogen trong 1m^3 , tức $1,8 \cdot 10^{-28} \text{g/cm}^3$ đối với $H = 30 \text{ km.s}^{-1} \cdot (\text{triệu năm ánh sáng})^{-1}$. Trường hợp trong đó $d > d(\text{tới hạn})$ là trường hợp vũ trụ đóng. Nếu $d = d(\text{tới hạn})$, sự giãn nở của vũ trụ sẽ chỉ dừng sau một thời gian vô hạn, tức vũ trụ là phẳng. Nếu $d < d(\text{tới hạn})$, vũ trụ sẽ giãn nở mãi mãi, tức vũ trụ là mở. Cho tới nay, chúng ta mới chỉ kiểm kê thấy mật độ vật chất (thấy được cũng như không thấy được) bằng một phần năm mật độ tới hạn, nghĩa là hiện chúng ta đang sống trong một vũ trụ mở, một vũ trụ giãn nở vĩnh viễn.

Tham số giảm tốc q liên hệ với tham số mật độ d bởi hệ thức:

$$q = \frac{d}{2d(\text{tới hạn})} = \frac{4\pi Gd}{3H^2}$$

Nếu bằng cách nào đó đo được chính xác ba tham số H , q và d (một số phương pháp đo này đã được mô tả trong các Chương IV và VI), thì chúng ta có thể biết hệ thức trên có được nghiệm đúng hay không và bằng cách đó chúng ta cũng sẽ kiểm tra được sự đúng đắn của thuyết tương đối rộng ở thang toàn vũ trụ.

Bây giờ chúng ta sẽ chuyển sang xem xét những giai đoạn chính trong sự tiến hóa của vũ trụ:

1/ Trước tiên là có một *thời kỳ lạm phát* (10^{-35} giây $< t < 10^{-32}$ giây) trong đó vũ trụ giãn nở theo thời gian như một hàm mũ:

$$r \propto e^{Ht}$$

trong đó r là khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ trong vũ trụ và H là tham số Hubble trong pha lạm phát. Pha này, do sự kết tinh của vũ trụ, không được mô tả bởi các phương trình Friedmann. Trái lại các phương trình này mô tả rất tốt các giai đoạn tiếp sau.

2/ *Thời kỳ đoạn bức xạ* (1 giây $< t < 300.000$ năm) trong đó mật độ bức xạ d (*bức xạ*) lớn hơn mật độ vật chất d (*vật chất*) và điều khiển sự tiến hóa của vũ trụ. Trong giai đoạn này, vũ trụ giãn nở tỷ lệ với căn bậc hai của thời gian:

$$r \propto t^{1/2}$$

Còn nhiệt độ T tỷ lệ nghịch với khoảng cách:

$$T \propto \frac{1}{r} \propto \frac{1}{t^{1/2}}$$

Mật độ vật chất giảm tỷ lệ nghịch với thể tích:

$$d(\text{vật chất}) \propto \frac{1}{r^3} \propto \frac{1}{t^{3/2}}$$

Nhưng mật độ bức xạ giảm còn nhanh hơn nữa:

$$d(\text{bức xạ}) \propto \frac{1}{r^4} \propto \frac{1}{t^2}$$

Sở dĩ có sự khác biệt này là do năng lượng ứng với khối lượng vật chất được bảo toàn trong quá trình giãn nở của vũ trụ, trong

khi đó năng lượng bức xạ lại giảm như $1/r$. Theo mức độ già đi của vũ trụ, sự cách biệt giữa mật độ bức xạ và mật độ vật chất sẽ giảm dần. Và tới năm 300.000 hai mật độ này là bằng nhau.

3/ *Thời kỳ vật chất* ($t > 300.000$ năm) bắt đầu từ khi đó và kéo dài cho tới tận hôm nay. Trong pha này, vật chất chiếm ưu thế và điều khiển sự giãn nở của vũ trụ. Sự giãn nở này được mô tả bởi hệ thức:

$$r \propto t^{2/3}$$

Nhiệt độ, mật độ của vật chất và mật độ bức xạ giảm theo thời gian theo các quy luật sau:

$$T \propto \frac{1}{r} \propto \frac{1}{t^{2/3}}$$

$$d(\text{vật chất}) \propto \frac{1}{r^3} \propto \frac{1}{t^2}$$

$$d(\text{bức xạ}) \propto \frac{1}{r^4} \propto \frac{1}{t^{8/3}}$$

Vũ trụ ngày hôm nay có nhiệt độ là 3^0K . Mật độ vật chất khoảng 10^{-30} g/cm^3 , trong khi đó mật độ bức xạ vào khoảng $7 \cdot 10^{-34} \text{ g/cm}^3$, tức là nhỏ hơn khoảng 1430 lần.

Thuật ngữ

Andromede (*Adromeda Galaxy*). Tập hợp dày đặc gồm khoảng vài ngàn thiên hà liên kết với nhau qua lực hấp dẫn, có kích thước trung bình cỡ 60 triệu năm ánh sáng và khối lượng trung bình cỡ vài triệu tỷ khối lượng Mặt trời (xem H.30)

Bán kính không thể quay lui (*Radius of non return*). Bán kính được phát hiện bởi nhà thiên văn Đức Karl Schwarzschild (nên cũng được gọi là bán kính Schwarzschild) xác định chân trời của một lỗ đen. Một khi đã vượt qua bán kính này, cả hạt vật chất cũng như ánh sáng đều không thể quay trở lại và thoát ra ngoài lỗ đen.

Baryon. Tên chung để gọi các hạt sơ cấp chịu tác dụng của lực hạt nhân mạnh.

Big Bang. Lý thuyết vũ trụ học theo đó vũ trụ nguyên thủy cực kỳ nóng và đặc đã bắt đầu sự tồn tại của mình bằng một vụ nổ lớn xảy ra khoảng 20 tỷ năm trước tại chỉ một điểm không gian. Vụ nổ này đánh dấu sự bắt đầu của quá trình giãn nở mà nay vẫn còn đang tiếp diễn.

Bức xạ hóa thạch hay bức xạ nền vũ trụ (*Cosmic background radiation*). Bức xạ vô tuyến tràn ngập toàn vũ trụ xuất hiện vào thời mà vũ trụ mới được 300 000 năm tuổi. Nhiệt độ của bức xạ này hiện nay là 3°K và biến thiên không quá 0,001% ở tại mọi điểm trong vũ trụ. Bức xạ hóa thạch là đồng nhất và đẳng hướng phù hợp với nguyên lý vũ trụ học. Cùng với sự giãn nở của vũ trụ, bức xạ hóa thạch là một trong hai cột trụ của lý thuyết Big Bang.

Bước sóng (*Wavelength*). Khoảng cách giữa hai đỉnh sóng (hoặc hõm sóng) liên tiếp của một sóng ánh sáng (hoặc sóng vật chất, như sóng biển chẳng hạn) (xem Phụ lục 1)

Chân không lượng tử (*Quantum vacuum*). Không gian choán đầy bởi các hạt và phản-hạt ảo xuất hiện rồi lại biến mất theo các vòng sinh tử trong khoảng thời gian rất ngắn nhờ nguyên lý bất định.

Chân trời vũ trụ (*Cosmological horizon*). Ranh giới của vùng quan sát được của vũ trụ. Khoảng cách tới chân trời đúng bằng khoảng cách mà ánh sáng đi được kể từ Big Bang. Vũ trụ quan sát được lớn dần theo mức độ già đi của vũ trụ và ánh sáng sẽ có nhiều thời gian hơn để tới được chúng ta. Trung bình mỗi năm có thêm 10 thiên hà rơi vào vùng quan sát được của vũ trụ.

Chuyển động lùi (*Retrograde motion*). Chuyển động biểu kiến có chiều ngược với chiều thông thường của các hành tinh so với các ngôi sao.

Cosmino. Các hạt sơ cấp có khối lượng nhưng không chịu tác dụng của lực hạt nhân mạnh. Sự tồn tại của chúng được tiên đoán bởi lý thuyết thống nhất các lực, nhưng chưa phát hiện được, trừ neutrino. Tuy nhiên, đối với neutrino người ta lại chưa biết nó có khối lượng hay không.

Cơ học lượng tử (*Quantum mechanics*). Lý thuyết vật lý được phát triển vào đầu thế kỷ 20 mô tả vật chất và bức xạ ở thang nội nguyên tử. Theo lý thuyết này, vật chất và bức xạ vừa là sóng vừa là hạt và chúng chỉ có thể được mô tả thông qua các xác suất. Hạt ánh sáng cũng được gọi là “lượng tử năng lượng” do đó mà có tên của lý thuyết này. Cũng xem: *Nguyên lý bổ sung*, *Nguyên lý loại trừ* và *Nguyên lý bất định*.

Cụm thiên hà (*Group of galaxies*). Tập hợp gồm khoảng vài chục thiên hà liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn, có kích thước cỡ 6 triệu năm ánh sáng và có khối lượng trung bình nằm trong khoảng từ 1000 đến 10000 tỷ khối lượng Mặt trời (xem H.29).

Cụm thiên hà địa phương (*Local group*). Cụm thiên hà có chứa Ngân hà của chúng ta và thiên hà Andromede. Hai thiên hà trên, mỗi thiên hà có khối lượng cỡ 1000 tỷ khối lượng Mặt trời vì vậy chúng choán hầu hết khối lượng của cụm thiên hà này. Các thành viên khác của cụm thiên hà địa phương là các thiên hà lùn có khối lượng từ 10 triệu đến 10 tỷ khối lượng Mặt trời.

Dây vũ trụ (*Cosmic string*). Vết nứt trong kết cấu của không gian, có dạng mảnh (10^{-28}cm) và dài, được tạo ra do sự lạnh đi của vũ trụ trong những phần giây đầu tiên, theo lý thuyết thống nhất các lực.

Dịch chuyển về phía đỏ (*Red shift*). Sự thay đổi màu của ánh sáng do chuyển động ra xa của nguồn sáng (Hiệu ứng Doppler). Độ thay đổi màu này tỷ lệ với vận tốc của chuyển động ra xa của nguồn sáng. Độ dịch về phía đỏ của một thiên hà tỷ lệ với khoảng cách của nó (Định luật Hubble).

Đám mây Magellan (*Magellan clouds*). Hai thiên hà lùn, vệ tinh của Ngân hà, ở cách xa chúng ta 150 triệu năm ánh sáng. Đám mây nhỏ chứa khoảng 100 triệu Mặt trời và đám mây lớn chứa khoảng 1 tỷ. Được phát hiện bởi nhà hàng hải Magellan, hai thiên hà này nhìn thấy ở Nam Bán cầu.

Đám sao Hyades (*Hyades*). Đám sao thiên hà nằm trong Ngân hà đóng vai trò cơ bản trong việc xác định thang khoảng cách trong vũ trụ.

Đám sao cầu (*Globular cluster*). Tập hợp hình cầu của khoảng 100000 ngôi sao già liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn.

Đám sao thiên hà (*Galactic cluster*). Tập hợp có hình dạng không đều đặn của khoảng vài trăm ngôi sao trẻ. Các ngôi sao này không liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn, nhưng tụ tập lại bởi vì chúng cùng được sinh ra do sự co lại và phân mảnh của cùng một đám mây giữa các vì sao. Đám sao thiên hà sẽ tan rã đi sau khoảng vài trăm triệu năm (xem H.15).

Đám thiên hà (*Cluster of galaxies*). Tập hợp dày đặc vài nghìn thiên hà liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn, có kích thước trung bình khoảng 60 triệu năm ánh sáng và có khối lượng trung bình cỡ vài triệu tỷ khối lượng Mặt trời (xem H.30)

Đĩa thiên hà (*Galactic disk*). Tập hợp các sao, khí và bụi trong một thiên hà xoắn có dạng một chiếc bánh rán dẹt. Đĩa này có đường kính khoảng 90000 năm ánh sáng và bề dày 300 năm ánh sáng. Trong Ngân hà, tất cả các sao đều quay quanh tâm thiên hà, mỗi một vòng hết 250 triệu năm với vận tốc 230km/s (xem H.20).

Định luật Hubble (*Hubble law*). Định luật được phát minh vào năm 1929 bởi nhà thiên văn Mỹ Edwin Hubble, theo đó, khoảng cách tới các thiên hà tỷ lệ với độ dịch về phía đỏ và do đó theo hiệu ứng Doppler, tỷ lệ với vận tốc của chúng. Ý tưởng về sự giãn nở của vũ trụ là dựa trên định luật này. Định luật Hubble cùng với quan sát về bức xạ hóa thạch đã tạo nên hai hòn đá tảng của lý thuyết Big Bang (xem H.21). Cũng xem *Tham số Hubble*.

Điểm hội tụ (*Convergent point*). Điểm trên bầu trời mà dường như các ngôi sao thuộc đám sao thiên hà hội tụ về đó. Điểm hội tụ được dùng để xác định khoảng cách đến đám sao ấy (xem H.16).

Độ Kelvin (*Kelvin*). Đơn vị đo nhiệt độ. Trong thang nhiệt độ Kelvin (K), điểm không là không độ tuyệt đối, nhiệt độ thấp nhất khả dĩ. Để đổi sang thang nhiệt độ bách phân (C), chỉ cần trừ đi 273: $T(C)$

= $T(K) - 273$. Như vậy, không độ tuyệt đối ứng với -273°C . Nước biến thành đá ở 0°C hay 273°K . Nước sôi ở 100°C hay 373°K .

Deuterium. Nguyên tố hóa học có hạt nhân được cấu tạo bởi 1 proton và 1 neutron, được tạo một phần lớn trong ba phút đầu tiên của vũ trụ. Xem *Tổng hợp hạt nhân*.

Electron. Hạt nhẹ nhất trong số các hạt sơ cấp có điện tích. Electron có khối lượng 9.10^{-28} g và mang điện tích âm.

Entropy. Hàm xác định trạng thái hỗn loạn của một hệ. Entropy toàn phần của một hệ cô lập luôn luôn tăng, tức là mức độ hỗn loạn của hệ cũng phải luôn luôn tăng (Nguyên lý hai của nhiệt động lực học, một khoa học về năng lượng và nhiệt).

Hadron. Tên chung để gọi các hạt sơ cấp chịu tác dụng của lực hạt nhân mạnh. Các hadron được cấu tạo bởi các quark. Các hadron cũng là các baryon.

Hành tinh (Planet). Thiên thể hình cầu có đường kính lớn hơn 1000km, không có nguồn năng lượng hạt nhân riêng, quay quanh một ngôi sao và phản xạ ánh sáng của nó.

Hành tinh ngoài (Superior planet). Hành tinh thuộc hệ Mặt trời nằm xa Mặt trời hơn Trái đất. Hỏa tinh, Mộc tinh, Thổ tinh, Thiên Vương tinh, Hải Vương tinh và sao Diêm Vương tinh là các hành tinh ngoài.

Hành tinh trong (Inferior planet). Hành tinh thuộc hệ Mặt trời nằm trong khoảng giữa Mặt trời và Trái đất. Thủy tinh và Kim tinh là các hành tinh trong.

Hạt sơ cấp (Elementary particle). Thành phần cơ bản tạo nên vật chất và bức xạ. Những hạt được xem là “sơ cấp” cũng tiến hóa theo thời gian, theo mức độ phát triển của tri thức con người. Ví dụ, proton

và neutron đã từng được tưởng là các hạt sơ cấp, nhưng hiện nay chúng được xem là do ba quark cấu tạo thành. Còn gọi là hạt cơ bản.

Hạt ảo (*Virtual particle*). Hạt sơ cấp ma tu tập trong chân không lượng tử. Sự tồn tại của các hạt này là nhờ nguyên lý bất định và sự nhòe lượng tử về năng lượng. Thời gian sống của các hạt này rất ngắn và không thể quan sát trực tiếp được. Chúng trở thành hạt “thực” khi có sự phun năng lượng, chẳng hạn như trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ. Một hạt ảo luôn luôn xuất hiện cùng với phản-hạt ảo của nó (điện tích toàn phần cần phải bảo toàn: nó ban đầu bằng không, và sẽ còn cần phải như vậy sau đó).

Hạt giữa các vì sao (*Interstellar grain*). Hạt bụi nhỏ có kích thước khoảng một phần triệu xentimét được sinh ra trong những lớp bao của các sao khổng lồ đỏ. Các hạt này hấp thụ phần ánh xanh của các ngôi sao và làm cho chúng kém sáng hơn và đỏ hơn.

Hạt nhân (*Nucleus*). Tập hợp các proton và neutron liên kết với nhau bằng lực hạt nhân mạnh. Điện tích của hạt nhân bằng tổng điện tích của các proton và là dương. Hạt nhân nhỏ hơn nguyên tử tới 100 ngàn lần (kích thước của nó cỡ 10^{-13} cm) và chỉ chiếm một phần triệu tỷ của tổng thể tích nguyên tử.

Helium. Nguyên tố hóa học có hạt nhân được cấu tạo bởi hai proton và hai neutron (helium 4). Cũng tồn tại một helium khác hiếm hơn, gồm hai proton và một neutron (helium 3). Helium được tạo ra trong ba phút đầu tiên và tạo nên một phần tư vật chất trong vũ trụ. Xem **Tổng hợp hạt nhân**.

Hydrogen. Nguyên tố nhẹ nhất trong số tất cả các nguyên tố hóa học. Các nguyên tử của nguyên tố này tạo bởi một proton và một electron và tạo nên ba phần tư vật chất của vũ trụ. Xem **Tổng hợp hạt nhân**.

Hiệu ứng Doppler (*Doppler effect*). Sự biến thiên về năng lượng và màu của ánh sáng (hoặc âm thanh) do chuyển động tương đối của nguồn sáng so với người quan sát. Nếu nguồn chuyển động ra xa, năng lượng sẽ giảm và ánh sáng sẽ dịch về phía đỏ (âm trở nên trầm hơn). Nếu nguồn chuyển động lại gần, năng lượng sẽ tăng và ánh sáng sẽ dịch về phía xanh (âm trở nên cao hơn).

Khoảng không vũ trụ (*Void*). Phần của vũ trụ trải rộng tới hàng chục triệu năm ánh sáng mà không chứa một thiên hà nào.

Khối lượng không thấy được / Vật chất tối (*Dark matter*). Vật chất có bản chất còn chưa rõ, không phát ánh sáng nào. Sự tồn tại của khối lượng không thấy được này suy ra từ những nghiên cứu về chuyển động của các sao, khí trong các thiên hà cũng như từ chuyển động của các thiên hà trong các đám thiên hà hoặc từ nghiên cứu độ phổ biến tương đối của các nguyên tố hóa học được tạo ra trong Big Bang. Khối lượng không nhìn thấy có thể chiếm tới 90 đến 99% toàn bộ khối lượng của vũ trụ.

Không độ tuyệt đối (*Absolute zero*). Điểm không của thang nhiệt độ Kelvin, bằng -273°C và tương ứng với trạng thái hoàn toàn không có chuyển động của các hạt. Đây là nhiệt độ thấp nhất khả dĩ.

Lạm phát (*Inflation*). Thời kỳ giữa 10^{-35} và 10^{-32} giây sau Big Bang, trong đó vũ trụ giãn nở theo hàm mũ, kích thước tăng gấp ba lần sau mỗi 10^{-34} giây. Theo sự tiên đoán của lý thuyết thống nhất các lực, thì sự lạm phát này là do sự phun năng lượng gây bởi sự tách của lực điện hạt nhân thành lực điện yếu và lực hạt nhân mạnh.

Lepton. Tên gọi chung các hạt sơ cấp không chịu tác dụng của lực hạt nhân mạnh. Electron và neutrino thuộc số các lepton.

Lỗ đen (*Black hole*). Kết quả của sự co lại của vật chất (ví dụ của một ngôi sao có khối lượng gấp 5 Mặt trời), tạo ra một trường hấp

dẫn cực mạnh và không gian bị cong tới mức cả vật chất cũng như ánh sáng đều không thoát được ra ngoài.

Lỗ đen nguyên thủy hay lỗ đen mini (*Primordial black hole or Mini black hole*). Lỗ đen có khối lượng rất nhỏ so với Mặt trời. Theo nhà thiên văn Stephen Hawking, thì những lỗ đen mini này đã có thể đã được tạo thành lúc khởi đầu của vũ trụ, vào thời gian Planck (10^{-43} giây) khi mà mật độ của nó cực lớn. Những lỗ đen nguyên thủy này có khối lượng cỡ 20 microgram và bán kính không thể quay lui cỡ 10^{-33} cm. Hiện nay đây vẫn chỉ là những thực thể lý thuyết chứ chưa quan sát được.

Lực điện hạt nhân (*Electronuclear force*). Lực tạo thành do sự thống nhất của lực điện từ với hai lực hạt nhân mạnh và yếu.

Lực điện từ (*Electromagnetic force*). Lực chỉ tác dụng giữa các hạt tích điện. Nó làm cho các hạt tích điện trái dấu hút nhau và cùng dấu đẩy nhau.

Lực điện yếu (*Electoweak force*). Lực tạo thành do sự thống nhất của lực điện từ và lực hạt nhân yếu.

Lực hạt nhân mạnh (*Strong nuclear force*). Lực mạnh nhất trong số bốn lực của tự nhiên, nó liên kết các quark để tạo thành proton và neutron và liên kết các proton và neutron để tạo thành hạt nhân nguyên tử. Phạm vi tác dụng của lực hạt nhân mạnh là cỡ kích thước của hạt nhân nguyên tử (10^{-13} cm). Lực này không tác dụng lên photon và electron.

Lực hạt nhân yếu (*Weak nuclear force*). Lực gây ra sự phân rã của các nguyên tử và hiện tượng phóng xạ. Nó chỉ tác dụng ở thang nội nguyên tử (10^{-15} cm).

Lực hấp dẫn (*Gravitational force*). Lực hút tác dụng giữa các khối

lượng. Đây là lực yếu nhất và có tầm tác dụng xa nhất trong số bốn lực của tự nhiên.

Lý thuyết ánh sáng mệt mỏi (*Theory of tired light*). Lý thuyết vũ trụ học, theo đó sự dịch về phía đỏ của ánh sáng các thiên hà không phải do sự giãn nở của vũ trụ mà là do sự mất năng lượng của ánh sáng trong quá trình truyền của nó trong không gian giữa các thiên hà và giữa các vì sao gây bởi một nguyên nhân còn chưa biết.

Lý thuyết các vũ trụ song song / đa vũ trụ (*Paralell or Multiple universes*). Lý thuyết mà theo đó vũ trụ sẽ được phân thân mỗi khi có sự lựa chọn hoặc có những khả năng khác nhau có thể xảy ra. Giữa các vũ trụ song song này không thể có mối liên lạc nào.

Lý thuyết thống nhất (*Grand unified theory- GUT*). Những lý thuyết có ý định thống nhất lực điện từ, lực hạt nhân yếu và lực hạt nhân mạnh thành một lực duy nhất gọi là lực điện-hạt nhân. Sự thống nhất này chỉ có thể trong những môi trường có năng lượng rất cao và nhiệt độ rất lớn, như trong trường hợp những khoảnh khắc ban đầu của vũ trụ. Cũng đã có những ý định được tiến hành nhằm thống nhất cả lực hấp dẫn, nhưng cho tới nay vẫn chưa thành công.

Lý thuyết vũ trụ dừng (*Steady- State theory*). Lý thuyết vũ trụ học dựa trên nguyên lý vũ trụ học hoàn hảo, theo đó vũ trụ ở mọi thời điểm, ở mọi nơi và theo mọi hướng đều tương tự nhau. Để bù lại khoảng không giữa các thiên hà do sự giãn nở của vũ trụ, lý thuyết này đã thừa nhận vật chất được sáng tạo không ngừng.

Máy quang phổ (*Spectroscope*). Dụng cụ để phân tách ánh sáng thành các thành phần khác nhau.

Mật độ tới hạn (*Critical density*). Mật độ vật chất tạo ra một vũ trụ phẳng, không có độ cong và bằng ba nguyên tử hydrogen trong 1m^3 .

Một vũ trụ có mật độ tới hạn sẽ chỉ dừng giãn nở sau một khoảng thời gian vô hạn. Một vũ trụ có mật độ lớn hơn mật độ tới hạn có độ cong dương và sẽ tự co lại trong tương lai (người ta gọi đó là vũ trụ kín). Một vũ trụ có mật độ tới hạn sẽ chỉ dừng giãn nở sau một khoảng thời gian vô hạn. Một vũ trụ có mật độ nhỏ hơn mật độ tới hạn có độ cong âm và sẽ giãn nở mãi mãi (người ta gọi đó là vũ trụ mở). Những quan sát hiện nay dường như thiên về một vũ trụ mở (xem Phụ lục 5).

Môi trường giữa các vì sao (*Interstellar medium*). Không gian giữa các vì sao trong một thiên hà. Môi trường này chứa khí nguyên tử (chủ yếu là hydrogen) và khí phân tử (chủ yếu là carbon monoxide và hydrogen phân tử, nước, v.v...; người ta có thể đếm được hàng trăm loại phân tử) và bụi (các hạt giữa các vì sao).

Năm ánh sáng (*Light year*). Khoảng cách đi được bởi ánh sáng (có vận tốc 300000km/s) trong một năm và bằng 9460 tỷ km. Tương tự, 1 ngày-ánh sáng = 26 tỷ km; 1 giờ-ánh sáng = 1,1 tỷ km; 1 phút-ánh sáng = 18 triệu km và 1 giây-ánh sáng = 300000 km.

Ngân hà (*Milky Way*). Tên tưởng tượng của thiên hà chúng ta.

Nghịch lý Olbers (*Olbers paradox*). Câu hỏi do nhà thiên văn Đức Heinrich Olbers đặt ra: Tại sao bầu trời đêm lại tối đen? Ngày hôm nay chúng ta biết rằng đêm là đen bởi vì vũ trụ có điểm bắt đầu và nó không chứa một số vô hạn các sao.

Ngoại luân (*Epicycle*). Quỹ đạo một hành tinh có dạng một vòng tròn có tâm nằm trên một vòng tròn lớn hơn và Trái đất nằm ở tâm của vòng tròn lớn đó. Ngoại luân được sáng chế ra để tính đến chuyển động của các hành tinh trong vũ trụ địa tâm (xem H.5).

Nguyên lý bất định (*Uncertainty principle*). Nguyên lý được phát biểu bởi nhà vật lý người Đức Werner Heisenberg, theo đó vận tốc và vị trí của một hạt không thể đo chính xác đồng thời bất kể dụng cụ đo có thể hoàn thiện tới mức nào: đó chính là sự nhòe lượng tử. Nguyên lý bất định cũng được áp dụng đối với năng lượng của một hạt sơ cấp có thời gian sống rất ngắn. Sự nhòe lượng tử cho phép xuất hiện các hạt và phản-hạt ảo trong chân không lượng tử (xem Phụ lục 4).

Nguyên lý bổ sung (*Principle of complementarity*). Nguyên lý được phát biểu bởi nhà vật lý Đan Mạch Niels Bohr, theo đó vật chất và bức xạ có thể vừa là sóng vừa là hạt, hai cách mô tả tự nhiên này bổ sung cho nhau. Nguyên lý này là một trong số các hòn đá tảng của cơ học lượng tử.

Nguyên lý loại trừ (*Exclusion principle*). Nguyên lý phát biểu bởi nhà vật lý người Đức Wolfgang Pauli, theo đó hai hạt đồng nhất thuộc một loại nào đó (như electron và neutron) không thể ở trong những trạng thái như nhau (tức là được đặc trưng bởi cùng vị trí và cùng vận tốc). Nguyên lý này cho phép hiểu được tại sao các sao lùn trắng và sao neutron không co lại dưới tác dụng của lực hấp dẫn: các electron trong sao lùn trắng và các neutron trong sao neutron không thể được nén quá (nếu không chúng sẽ có cùng vị trí và vận tốc) và chống lại sự nén của lực hấp dẫn.

Nguyên lý Mach (*Mach's principle*). Giả thuyết do nhà vật lý người Áo đưa ra, theo đó khối lượng của một vật -đại lượng đo “quán tính” của nó - được xác định bởi phân bố của toàn bộ vật chất trong vũ trụ.

Nguyên lý vị nhân (*Anthropic principle*). Ý tưởng, theo đó vũ trụ được điều chỉnh một cách rất chính xác để xuất hiện con người và ý thức.

Nguyên lý vũ trụ học (*Cosmological principle*). Giả thuyết, theo đó vũ trụ là tương tự nhau ở mọi nơi (đồng nhất) và theo mọi hướng (đẳng hướng). Nguyên lý này đã được khẳng định một cách ngoạn mục bởi quan sát bức xạ hóa thạch.

Nguyên lý vũ trụ học hoàn hảo (*Perfect cosmological principle*). Nguyên lý này là sự tổng quát hóa của nguyên lý vũ trụ học cho không gian sang thời gian: vũ trụ là tương tự nhau ở mọi nơi, theo mọi hướng và trong mọi thời điểm. Không có sự tiến hóa của vũ trụ theo không gian và theo thời gian. Nguyên lý này là nền tảng của lý thuyết vũ trụ học về vũ trụ dừng.

Nguyên tố nguyên thủy (*Primordial element*). Những nguyên tố hóa được tạo ra trong Big Bang, trong ba phút đầu tiên của vũ trụ. Đó trước hết là hydrogen (tạo nên ba phần tư khối lượng của vũ trụ) và helium (tạo nên một phần tư khối lượng của vũ trụ) cộng với một số lượng nhỏ deuterium và lithium.

Nguyên tố nặng (*Heavy element*). Tên gọi chung các nguyên tố hóa học có hạt nhân nặng hơn hạt nhân helium. Cũng còn được gọi là các “kim loại”. Các nguyên tố nặng được tạo ra trong các sao và các sao siêu mới.

Nhân hút lớn (*Great Attractor*). Tập hợp các thiên hà với khối lượng cỡ gấp 100 triệu tỷ khối lượng Mặt trời hút siêu đám thiên hà địa phương và làm cho nó rơi về phía Nhân hút đó (xem H.27).

Neutrino. Hạt trung hòa chỉ chịu tác dụng của lực hạt nhân yếu và, nếu như có khối lượng, cũng chịu tác dụng của lực hấp dẫn. Được tạo ra với số lượng rất lớn trong những khoảnh khắc đầu tiên của vũ trụ và với số lượng ít hơn trong các sao và trong các sao siêu mới, các neutrino có thể sẽ chiếm một phần lớn khối lượng của vũ trụ nếu khối lượng của nó chỉ cần bằng một phần ngàn khối lượng

của electron. Với khối lượng bằng một phân mười ngàn khối lượng electron, lực hấp dẫn của chúng có thể làm dừng sự giãn nở của vũ trụ và làm cho nó tự co lại. Hiện nay người ta vẫn chưa biết neutrino có khối lượng hay không.

Neutron. Hạt trung hòa tạo bởi ba quark và là một thành phần của hạt nhân nguyên tử cùng với proton. Neutron nặng hơn electron 1836 lần và nặng hơn proton.

Nuclon. Tên gọi chung các hạt tạo nên hạt nhân nguyên tử. Nuclon có thể là neutron hoặc proton.

Phản-hạt (*Antiparticle*). Hạt sơ cấp tạo nên phản-vật chất và có hầu hết những tính chất giống như các hạt tạo nên vật chất. Một trong những khác biệt chính của hạt và phản-hạt của nó là điện tích của chúng trái dấu nhau. Phản-hạt của electron gọi là positron, của proton là phản-proton v.v... Các hạt trung hòa như photon thì là chính phản-hạt của chúng. Khi hạt và phản-hạt của nó va chạm với nhau, chúng sẽ hủy nhau để tạo thành ánh sáng. Chúng ta sống trong một vũ trụ vật chất. Phản-vật chất là cực kỳ hiếm: người ta chỉ thấy nó trong các tia vũ trụ hoặc trong máy gia tốc các hạt ở năng lượng cao.

Photon. Hạt sơ cấp của bức xạ, không có khối lượng và chuyển động với vận tốc lớn nhất khả dĩ (300000km/s). Tùy theo năng lượng mà nó mang, hạt ánh sáng có thể là (theo thứ tự năng lượng giảm dần) photon gamma, X, tử ngoại, thấy được, hồng ngoại và vô tuyến (xem Phụ lục 1).

Positron. Phản hạt của electron.

Proton. Hạt tích điện dương được cấu tạo bởi ba quark. Proton cũng là một thành phần của hạt nhân nguyên tử cùng với neutron. Proton nặng hơn electron 1836 lần.

Pulsar. Xem *Sao neutron*.

Quầng thiên hà (*Galactic halo*). Tập hợp các ngôi sao già và nằm trong các đám sao cầu, có dạng cầu và nằm bao quanh một thiên hà xoắn. Những quan sát cũng gợi ý có tồn tại một quầng không nhìn thấy bao quanh quầng nhìn thấy, nặng hơn và lớn hơn khoảng 10 lần.

Quark. Hạt sơ cấp, thành phần cấu tạo nên proton và neutron, các quark có điện tích phân số bằng $1/3$ hoặc $2/3$ điện tích của electron và chịu tác dụng của lực hạt nhân mạnh. Hiện nay quark vẫn chỉ là một thực thể lý thuyết vì chưa bao giờ được cô lập trong phòng thí nghiệm.

Quasar. Thiên thể có bề ngoài giống như một ngôi sao (quasar là tên viết tắt của từ tiếng Mỹ “*quasi-star*”) nhưng có ánh sáng bị dịch rất mạnh về phía đỏ, nên theo định luật Hubble, có khoảng cách rất lớn. Các quasar là những đối tượng ở xa nhất và sáng nhất trong vũ trụ. Năng lượng lớn như thế của chúng có thể là do một lỗ đen với khối lượng lớn cỡ 1 tỷ Mặt trời do nuốt các ngôi sao và thiên hà kề cận. Một thiểu số các nhà thiên văn cho rằng sự dịch mạnh về phía đỏ của ánh sáng các quasar không có liên quan gì tới sự chuyển động ra xa của chúng và thực tế là chúng ở rất gần.

Sao (*Star*). Quả cầu khí tạo gồm 98% là hydrogen và helium và 2% là các “nguyên tố nặng” ở trạng thái cân bằng giữa hai lực đối kháng: lực hấp dẫn có xu hướng nén nó lại và lực của bức xạ tạo bởi các phản ứng hạt nhân diễn ra trong lòng nó có xu hướng làm cho nó nổ tung ra. Mặt trời có khối lượng bằng $2 \cdot 10^{33}$ gram và khối lượng của các sao nằm trong khoảng giữa 0,1 và 100 lần khối lượng Mặt trời.

Sao chổi (*Comet*). Một bong bóng băng và bụi có một lõi với kích thước khoảng vài kilometre. Nó chỉ thấy được khi đi gần Mặt trời

do phản xạ ánh sáng của Mặt trời. Băng bay hơi dưới sức nóng của Mặt trời tạo thành một cái đuôi dài trở theo hướng ngược với Mặt trời và có chiều dài tới vài trăm triệu kilometre.

Sao đôi (*Binary*). Cặp sao liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn và quay quanh nhau.

Sao kình đỏ (*Red giant*). Ngôi sao đã hết nhiên liệu hydrogen và đốt cháy helium. Sự phun năng lượng do đốt helium làm phồng lớp bao bên ngoài cho tới khi kích thước của nó lớn gấp hàng chục lần ngôi sao ban đầu, vì vậy mới có tên là kình (khổng lồ). Đồng thời, bề mặt của ngôi sao này cũng lạnh đi làm cho ánh sáng của nó có màu đỏ.

Sao lùn đen (*black dwarf*). Sao lùn trắng đã phát tán hết động năng của các electron của nó vào không gian. Nó trở thành một xác sao chết không nhìn thấy được.

Sao lùn nâu (*Brown dwarf*). Sao “thui chột” có khối lượng nhỏ hơn một phần trăm khối lượng Mặt trời. Cũng giống như hành tinh, sao lùn nâu không đủ nặng, đặc và nóng để khởi phát các phản ứng hạt nhân làm phát sinh năng lượng trong lõi của nó.

Sao lùn trắng (*White dwarf*). Thiên thể nhỏ (do đó mới có tên là lùn: đường kính của nó chỉ cỡ 10.000km, cỡ đường kính Trái đất) và đặc (10^5 đến 10^8 gram trên cm^3). Sao lùn trắng là kết quả của sự co lại của một ngôi sao có khối lượng nhỏ hơn 1,4 khối lượng Mặt trời đã xài hết nhiên liệu. Theo nguyên lý loại trừ, các electron của sao lùn trắng không thể bị nén quá sát nhau và do đó tạo một áp lực chống lại lực hấp dẫn làm cho nó không thể co tiếp được nữa. Chuyển động của các electron làm nóng sao lùn và nó phát ánh sáng trắng ra không gian.

Sao neutron (*Neutron star*). Thiên thể có kích thước rất nhỏ (bán kính cỡ 10km) và đặc (10^{14} gram trên cm^3), là kết quả của sự co lại

của một ngôi sao có khối lượng nằm trong khoảng 1, 4 đến 5 lần khối lượng Mặt trời và đã xài hết nhiên liệu. Được cấu tạo gần như chỉ bởi các neutron, nó quay nhanh và phát hai chùm sóng vô tuyến, mỗi vòng mỗi chùm quét qua Trái đất một lần. Sự quét này được biểu hiện bằng sự kế tiếp của các tín hiệu sau những khoảng thời gian cách đều nhau và do đó mà còn có tên là pulsar (xem H.47).

Sao siêu mới (Supernova). Cái chết bùng nổ của một ngôi sao đã cạn kiệt nhiên liệu. Vụ nổ có thể đạt tới độ sáng cỡ 100 triệu Mặt trời. Lớp bao ngoài của ngôi sao này bị hất ra bên ngoài trong khi lõi của nó co lại để trở thành một sao neutron (trong trường hợp khối lượng của nó nằm trong khoảng từ 1,4 đến 5 lần khối lượng Mặt trời) hoặc một lỗ đen (trong trường hợp khối lượng của nó lớn gấp 5 lần khối lượng Mặt trời). Rất nhiều hạt (proton và electron), gọi là tia vũ trụ, được phóng vào không gian với một năng lượng rất lớn. Còn gọi là siêu tân tinh.

Siêu đám thiên hà (Supercluster). Tập hợp hàng chục ngàn thiên hà tụ tập lại thành các cụm và đám, liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn. Có dạng chiếc bánh rán dẹt và có kích thước trung bình tới 90 triệu năm ánh sáng, các siêu đám thiên hà có khối lượng cỡ 10 triệu tỷ (10^{16}) khối lượng Mặt trời.

Siêu đám thiên hà địa phương (Local supercluster). Siêu đám thiên hà có chứa Ngân hà chúng ta (do đó có tên là “địa phương”). Cụm thiên hà địa phương chứa Ngân hà được đặt ở mép đĩa có dạng chiếc bánh rán dẹt của siêu đám này. Nằm ở tâm siêu đám này là đám thiên hà có tên là Vierge (siêu đám thiên hà địa phương cũng còn gọi là “siêu đám thiên hà Vierge”) (xem H.31)

Tham số giảm tốc (Deceleration parameter). Con số đo sự giảm tốc của quá trình giãn nở của vũ trụ (xem Phụ lục 5).

Tham số Hubble (*Hubble parameter*). Hằng số tỷ lệ giữa vận tốc chạy ra xa của một thiên hà và khoảng cách của nó trong định luật Hubble. Nghịch đảo của tham số Hubble là tuổi của vũ trụ nếu tốc độ giãn nở của vũ trụ không chậm lại. Do sự giảm tốc, nên nghịch đảo của tham số Hubble chỉ cho cận trên của tuổi vũ trụ. Phép đo tham số Hubble cho tuổi của vũ trụ nằm trong khoảng từ 10 đến 20 tỷ năm (xem Phụ lục 5).

Tham số vũ trụ học (*Cosmological parameter*). Con số trong lý thuyết vũ trụ học xác định số phận của vũ trụ, quá khứ, hiện tại và tương lai của nó.

Thăng giáng đẳng nhiệt (*Isothermal fluctuation*). Thăng giáng mật độ trong đó chỉ có vật chất biến thiên còn bức xạ vẫn còn đồng đều (xem H.36).

Thăng giáng đoạn nhiệt (*Adiabatic fluctuation*). Thăng giáng mật độ trong đó vật chất và bức xạ biến thiên hài hòa với nhau sao cho luôn có 1 tỷ photon trên mỗi baryon (xem H.36).

Thăng giáng mật độ (*Density fluctuation*). Sự không đồng đều về mật độ trong không gian tạo ra các hạt giống của các thiên hà. Những chỗ không đồng đều này được thể hiện bởi những thăng giáng nhỏ về nhiệt độ trong bức xạ hóa thạch. Những thăng giáng nhiệt độ này đã được vệ tinh COBE quan sát được và vào cỡ ba mươi phần triệu độ (xem H.36).

Thấu kính hấp dẫn (*Gravitational lens*). Tinh tú (sao, thiên hà, quasar, đám thiên hà) nằm thẳng hàng và ở trong khoảng giữa Trái đất và một tinh tú khác ở xa hơn, có trường hấp dẫn làm lệch các tia sáng của tinh tú ở xa để tạo ra một ảo ảnh vũ trụ. Ảnh của tinh tú ở xa sẽ bị biến dạng (được phóng đại lên hoặc thu nhỏ lại), bị biến đổi hoặc được nhân lên. Những ảo ảnh này xuất hiện ở gần các

ảnh thực. Ảo ảnh hấp dẫn là kết quả tương tác của ánh sáng phát ra từ tinh tú ở xa với không chỉ trường hấp dẫn của thấu kính hấp dẫn mà với cả toàn bộ trường hấp dẫn mà ánh sáng đó cần phải đi qua để tới được Trái đất. Như vậy, nghiên cứu các ảo ảnh vũ trụ sẽ cho chúng ta biết được lượng vật chất toàn phần (thấy được cũng như không thấy được) đã gây ra trường hấp dẫn đó và sự phân bố không gian của chúng trong thấu kính cũng như trong không gian giữa các thiên hà.

Thị sai (Parallax). Góc tương ứng với chuyển động biểu kiến của một thiên thể đối với các ngôi sao ở xa, được quan sát ở hai vị trí khác nhau (ví dụ, từ hai vị trí đối kính của Trái đất trên quỹ đạo quay quanh Mặt trời) (xem H.14).

Thiên hà (Galaxy). Tập hợp từ 10 triệu (đối với thiên hà lùn) đến 10.000 tỷ (đối với thiên hà khổng lồ) các ngôi sao liên kết với nhau bởi lực hấp dẫn. Thiên hà là đơn vị cơ bản của các cấu trúc trong vũ trụ. Một thiên hà trung bình (như Ngân hà chúng ta) chứa khoảng 100 tỷ Mặt trời.

Thiên hà bất thường (Irregular galaxy). Thiên hà (thường là lùn) không xoắn cũng không ellipse. Nó chứa một số lớn các ngôi sao trẻ cùng với nhiều khí và bụi (xem H.41). Xem Đám mây Magellan.

Thiên hà có lõi hoạt động (Active galaxy). Thiên hà mà phần ánh sáng và năng lượng lớn nhất của nó được sinh ra ở vùng trung tâm gọi là “lõi” có kích thước rất nhỏ (cỡ từ vài giờ đến vài tháng ánh sáng, tức là cỡ hàng tỷ lần nhỏ hơn toàn bộ thiên hà đó). Năng lượng này có thể là do sự hoạt động của lỗ đen có khối lượng gấp hàng chục triệu lần khối lượng Mặt trời nằm ở tâm thiên hà, lỗ đen này nuốt những ngôi sao đi qua cạnh nó.

Thiên hà đôi (*Binary*). Cặp thiên hà liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn và quay quanh nhau.

Thiên hà ellipse (*Elliptical galaxy*). Thiên hà có dạng chiếu trên bầu trời hình ellipse. Nói chung, nó chứa các ngôi sao già và ít hoặc không chứa khí và bụi (xem H.40)

Thiên hà lùn (*Dwarf galaxy*). Thiên hà có kích thước và khối lượng nhỏ. Kích thước trung bình cỡ 15000 năm ánh sáng, tức 6 lần nhỏ hơn một thiên hà bình thường. Khối lượng của thiên hà lùn nằm trong khoảng từ 100 triệu đến 1 tỷ khối lượng mặt trời, tức là nhỏ hơn khối lượng của một thiên hà bình thường từ 1000 đến 10000 lần. Các thiên hà lùn có thể thuộc loại ellipse hoặc bất thường, nhưng các thiên hà xoắn lùn dường như không tồn tại (xem H.41). Xem Đám mây Magellan.

Thiên hà xoắn (*Spiral galaxy*). Thiên hà với một khối hình cầu các sao nằm ở giữa một đĩa dẹt các sao có chứa khí và bụi giữa các vì sao. Các sao trẻ và sáng vạch nên các dải đẹp có dạng xoắn ốc nằm trong mặt phẳng đĩa (xem H.20).

Thời gian Planck (*Planck time*). Bằng 10^{-43} giây. Đây là thời điểm mà vật lý hiện đại không còn chỗ đứng hay là giới hạn mà tri thức hiện nay có thể đạt tới. Để vượt qua thời gian Planck, cần phải có một lý thuyết lượng tử về hấp dẫn trong đó lực hấp dẫn được thống nhất với các lực khác. Tuy nhiên, lý thuyết này hiện còn đang xây dựng.

Thời kỳ bức xạ (*Radiation era*). Thời kỳ của lịch sử vũ trụ tiếp ngay sau thời kỳ lepton, kéo dài khoảng từ một giây sau Big Bang cho đến năm 300000. Trong thời kỳ này mật độ bức xạ (tức là mật độ photon) vượt hẳn mật độ vật chất và điều khiển sự tiến hóa của vũ trụ. Trong thời kỳ này, các nguyên tử, hành tinh, sao, thiên hà vẫn còn chưa xuất hiện.

Thời kỳ hadron (*Hadron era*). Thời kỳ của lịch sử vũ trụ kéo dài khoảng từ một phần triệu giây cho đến một phần mười ngàn giây, trong đó chiếm ưu thế trong vũ trụ là các hadron (proton, neutron và các phản-hạt của chúng) ở trạng thái cân bằng với các photon. Thời kỳ hadron kết thúc khi các photon đã bị yếu đi do sự giãn nở của vũ trụ và không thể biến hóa thành cặp hadron - phản hadron được nữa.

Thời kỳ lepton (*Lepton era*). Thời kỳ của lịch sử vũ trụ tiếp ngay sau thời kỳ hadron, trong đó chiếm ưu thế trong vũ trụ là các lepton (electron và neutrino) ở trạng thái cân bằng với các photon. Thời kỳ lepton kéo dài khoảng từ một phần mười ngàn giây đến một giây khi các photon đã bị yếu đi do sự giãn nở của vũ trụ và không thể biến hóa thành cặp electron- positron được nữa.

Thời kỳ vật chất (*Matter era*). Thời kỳ của lịch sử vũ trụ tiếp ngay sau thời kỳ bức xạ, kéo dài khoảng từ năm 300000 cho tới tương lai xa, trong đó mật độ vật chất lớn hơn mật độ bức xạ và điều khiển sự tiến hóa của vũ trụ.

Thuyết tương đối hẹp (*Special relativity*). Lý thuyết về những chuyển động với vận tốc gần vận tốc ánh sáng, do Einstein đề xướng năm 1905. Lý thuyết này chứng minh rằng không gian và thời gian liên hệ mật thiết với nhau, chúng không còn có tính phổ quát nữa mà phụ thuộc vào chuyển động của người quan sát.

Thuyết tương đối rộng (*General relativity*). Lý thuyết về hấp dẫn được đề xướng bởi Einstein vào năm 1915, chính xác hơn lý thuyết của Newton. Hai lý thuyết này khác nhau chủ yếu trong những tình huống mà trường hấp dẫn là cực mạnh, chẳng hạn như trường hấp dẫn bao quanh các lỗ đen hoặc các pulsar. Thuyết tương đối rộng là cơ sở lý thuyết của lý thuyết Big Bang.

Tia gamma (*Gamma ray*). Các hạt ánh sáng có năng lượng lớn nhất.

Tia vũ trụ (*Cosmic ray*). Các hạt (chủ yếu là các proton và electron) được gia tốc tới năng lượng rất cao bởi các vụ nổ sao siêu mới và bởi từ trường ở giữa các vì sao.

Tia X (*X ray*). Hạt ánh sáng có năng lượng lớn nhất sau tia gamma.

Tiểu hành tinh (*Asteroid*). Các thiên thể bằng đá có kích thước có thể đạt tới 1000km, nhưng có dạng không đều; thực tế chúng không đủ nặng để lực hấp dẫn “tạc” cho nó dạng hình cầu như trong trường hợp các hành tinh.

Tinh vân (*Nebula*). Thiên thể có dạng bên ngoài phân tán. Nó có thể là một thiên hà hoặc một đám mây khí và bụi trong Ngân hà.

Tinh vân hành tinh (*Planetary nebula*). Lớp khí bao được hắt ra khi một sao có khối lượng nhỏ hơn 1,4 khối lượng Mặt trời co lại thành sao lùn trắng và được chiếu sáng bởi bức xạ của sao lùn trắng này.

Tính ăn thịt đồng loại của thiên hà (*Galactic cannibalism*). Quá trình theo đó chuyển động của một thiên hà bị hãm bởi lực hấp dẫn của một thiên hà khác nặng hơn và rơi theo đường xoắn ốc tới thiên hà nặng rồi bị nó nuốt sống. Thiên hà bị nuốt mất hoàn toàn bản sắc của mình, các sao của nó hòa trộn với các sao của thiên hà đã nuốt nó.

Tính đẳng hướng (*Isotropy*). Tính chất mà theo đó vũ trụ là giống nhau theo mọi hướng. Xem **Nguyên lý vũ trụ học**.

Tính đồng nhất (*Homogeneity*). Tính chất mà theo đó vũ trụ là giống nhau ở mọi nơi. Chẳng hạn, số các thiên hà trong một đơn vị thể tích về trung bình là như nhau ở mọi nơi trong vũ trụ. Xem **Nguyên lý vũ trụ học**, **Bức xạ hóa thạch**.

Tính phẳng (*Flatness*). Hình học của vũ trụ không có độ cong toàn cục, trong đó mật độ vật chất của nó bằng mật độ tới hạn (ba nguyên

tử hydrogen trong 1m^3). Theo các quan sát, vũ trụ hiện nay có mật độ rất gần với mật độ tới hạn (khoảng một phần năm).

Tổng hợp hạt nhân (*Nucleosynthesis*). Sự tạo thành các hạt nhân nguyên tử bởi những phản ứng hạt nhân hoặc trong Big Bang (sự tổng hợp hạt nhân khi này gọi là sự tổng hợp hạt nhân nguyên thủy, tạo ra các nguyên tố nhẹ hydrogen và helium) hoặc trong lòng các ngôi sao (những nguyên tố nặng hơn helium nhưng nhẹ hơn sắt, hoặc trong các vụ nổ sao siêu mới (các nguyên tố nặng hơn sắt).

Vật chất “lạnh” (*“Cold” matter*). Vật chất gồm các hạt sơ cấp có khối lượng tương đối lớn và vận tốc truyền tương đối nhỏ (thuật ngữ “lạnh” dùng để chỉ nhiệt độ thấp và do đó cũng có nghĩa là động năng nhỏ). Axion và photino là những ví dụ về vật chất lạnh.

Vật chất “nóng” (*“Hot” matter*). Vật chất gồm các hạt sơ cấp có khối lượng nhỏ và chuyển động với vận tốc lớn (thuật ngữ “nóng” dùng để chỉ nhiệt độ cao và do đó cũng có nghĩa là động năng rất lớn). Neutrino là một ví dụ về vật chất nóng.

Vật chất phi-baryon (*Nonbarionic matter*). Vật chất gồm các hạt sơ cấp không chịu tác dụng của lực hạt nhân mạnh. Neutrino là một ví dụ về vật chất phi baryon.

Vũ trụ địa tâm (*Geocentric universe*). Mô hình vũ trụ trong đó Trái đất chiếm vị trí trung tâm, còn Mặt trời, các sao và các hành tinh quay quanh Trái đất.

Vũ trụ học (*Cosmology*). Môn khoa học nghiên cứu những cấu trúc lớn của vũ trụ và sự tiến hóa của chúng.

Vũ trụ kín (*Closed universe*). Vũ trụ trong đó mật độ vật chất cao hơn mật độ tới hạn. Nó sẽ co lại trong tương lai.

Vũ trụ mở (*Open universe*). Vũ trụ trong đó mật độ vật chất thấp hơn mật độ tới hạn. Nó sẽ giãn nở mãi mãi.

Vũ trụ nhật tâm (*Heliocentric universe*). Mô hình vũ trụ trong đó Mặt trời chiếm vị trí trung tâm.

Vũ trụ quan sát được (*Observable universe*). Phần của vũ trụ mà ánh sáng của nó có đủ thời gian để đến được chúng ta và được giới hạn bởi chân trời vũ trụ.

Vũ trụ tuần hoàn (*Cyclic universe*). Vũ trụ trải qua một chuỗi những quá trình giãn nở và co lại kế tiếp nhau.

Cepheid. Các sao có độ sáng biến thiên một cách rất đặc biệt: thời gian giữa hai cực đại (hoặc cực tiểu) về độ sáng - gọi là chu kỳ - phụ thuộc vào độ sáng thực của nó. Sao cepheid càng sáng thì chu kỳ (có thể là vài ngày tới vài tháng) càng dài. Các nhà thiên văn đã lợi dụng những tính chất này để dùng các sao cepheid như những phương tiện để xác định khoảng cách. Chỉ cần xác định vị trí các sao này trong một thiên hà gần và quan sát sự biến thiên độ sáng của chúng để biết được chu kỳ, do đó biết được độ sáng thực của nó. Kết hợp độ sáng này với độ sáng biểu kiến quan sát được ta sẽ biết được khoảng cách. Edwin Hubble đã sử dụng các sao cepheid để chứng minh sự tồn tại của các thiên hà khác nằm ngoài xa thiên hà chúng ta. Thật không may là các sao cepheid lại không đủ sáng để có thể nhìn thấy từ mặt đất tới những khoảng cách lớn hơn 13 triệu năm ánh sáng.

Tài liệu tham khảo

- J. Audouze, J. C. Carrière và M. Cassé, *Conversation sur l'invisible*, Belfond, Paris, 1988
- J.D. Barrow và F.J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Press, New York, 1986
- M. Cassé, *Nostalgie de la lumière*, Belfond, Paris, 1987
- G. Cohen - Tannoudji và M. Spiro, *La Matière - Espace - Temps*, Fayard, Paris, 1986
- P.W. Davies, *God and the New Physics*, Simon and Schuster, New York, 1983
- P.W. Davies, *Superforce*, Payot, Paris, 1987
- F.J. Dyson, *Les Dérangeurs d'univers*, Payot, Paris, 1987
- E.R. Harrison, *Masks of the Universe*, Macmillan Publishing Co., New York, 1985
- J.N. Islam. *Le Destin ultime de l'univers*, Belfond, Paris, 1984
- F.Jacob, *Le Jeu des possibles*, Fayard, Paris, 1981
- T.S. Kuhn, *La Structure des revolutions scientifiques*, Fayard, Paris, 1982

- M. Lachièze - Rey, *Connaissance du cosmos*, Albin Michel, Paris, 1987
- J.P. Luminet, *Les Trous noirs*, Belfond, Paris, 1988
- M. Minsky, *La Société de l'esprit*, Interédition, Paris, 1988
- J. Monod, *Le Hasard et la nécessité*, Le Seuil, Paris, 1970
- T. Montmerle và N. Prantzos, *Les Supenovae*, Press du CNRS et du CEA, 1988
- K. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, Harper and Row, New York, 1965
- H. Reeves, *Patience dans l'azure*, Le Seuil (poch), Paris, 1988
- H. Reeves, *L'Heure de s'enivrer*, Le Seuil, Paris, 1986
- E. Schatzman, *Les Enfants d'Uranie*, Le Seuil, Paris, 1986
- S. Weinberg, *Les Trois premières minutes de l'univers*, Le Seuil, Paris, 1978 (Bản dịch tiếng Việt: “Ba phút đầu tiên - NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà nội, 1998)

Lời cảm ơn của dịch giả

Trước hết, người dịch đặc biệt cảm ơn sự giúp đỡ cả về vật chất lẫn tinh thần của Giáo sư Jean Trần Thanh Vân và tác giả Trịnh Xuân Thuận. Chúng tôi cũng chân thành cảm ơn TS Nguyễn Hữu Đức, TS Nguyễn Hồng Chương đã đọc kỹ bản thảo và cho nhiều ý kiến quý báu. Cuối cùng, xin cảm ơn tất cả bạn bè và người thân đã thường xuyên động viên và khích lệ chúng tôi trong quá trình dịch quyển sách này.

Phạm Văn Thiều

Mục lục

Lời nói đầu cho bản dịch tiếng Việt	7
Lời nói đầu	9
I Các vũ trụ trong quá khứ	13
II Từ dải ngân hà đến vũ trụ	65
III Những diễn viên của màn kịch: các thiên hà và cặp không gian - thời gian	97
IV Big Bang ngày hôm nay	147
V Cuốn sách về lịch sử vũ trụ	201
VI Vật chất tối và tương lai của vũ trụ	315
VII Một vũ trụ ngẫu nhiên hay tất yếu?	379
VIII Chúa trời và Big Bang	411
IX Giai điệu bí ẩn	429
Phụ lục	471
Thuật ngữ	489
Tài liệu tham khảo	512
Lời cảm ơn của dịch giả	514

GIẢI ĐIỀU BÍ ẨN

Trịnh Xuân Thuận

Phạm Văn Thiều dịch

Chịu trách nhiệm xuất bản: NGUYỄN MINH NHỰT

Chịu trách nhiệm nội dung: NGUYỄN THẾ TRUẬT

Biên tập: HẢI VÂN - TUỜNG VY - NAM AN

Bìa: BÙI NAM

Sửa bản in: AN VY

Trình bày: NGUYỄN VÂN

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: nxbtre@hcm.vnn.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

Giai điệu bí ẩn và con người đã tạo ra vũ trụ

“Tự nhiên không hoàn toàn câm lặng. Giống như một dàn nhạc ở xa, nó thường trên người, hé lộ với chúng ta những nốt hoặc những đoạn nhạc rời rạc. Tuy nhiên, không bao giờ nó cho chúng ta biết tổng hòa của những nốt nhạc đó và cũng không tiết lộ cho chúng ta bí mật về giai điệu của chúng. Bằng cách nào đó chúng ta cần phải khám phá ra bí mật của cái giai điệu ẩn giấu ấy đang nghe được trọn vẹn bản nhạc với tất cả vẻ đẹp hoàn mỹ của nó”.

Bằng một ngôn ngữ giản dị, trong sáng và giàu chất văn học, tác giả đã dẫn dắt chúng ta lần theo hành trình của công cuộc khám phá đó từ thời cổ đại cho tới tận hôm nay.

