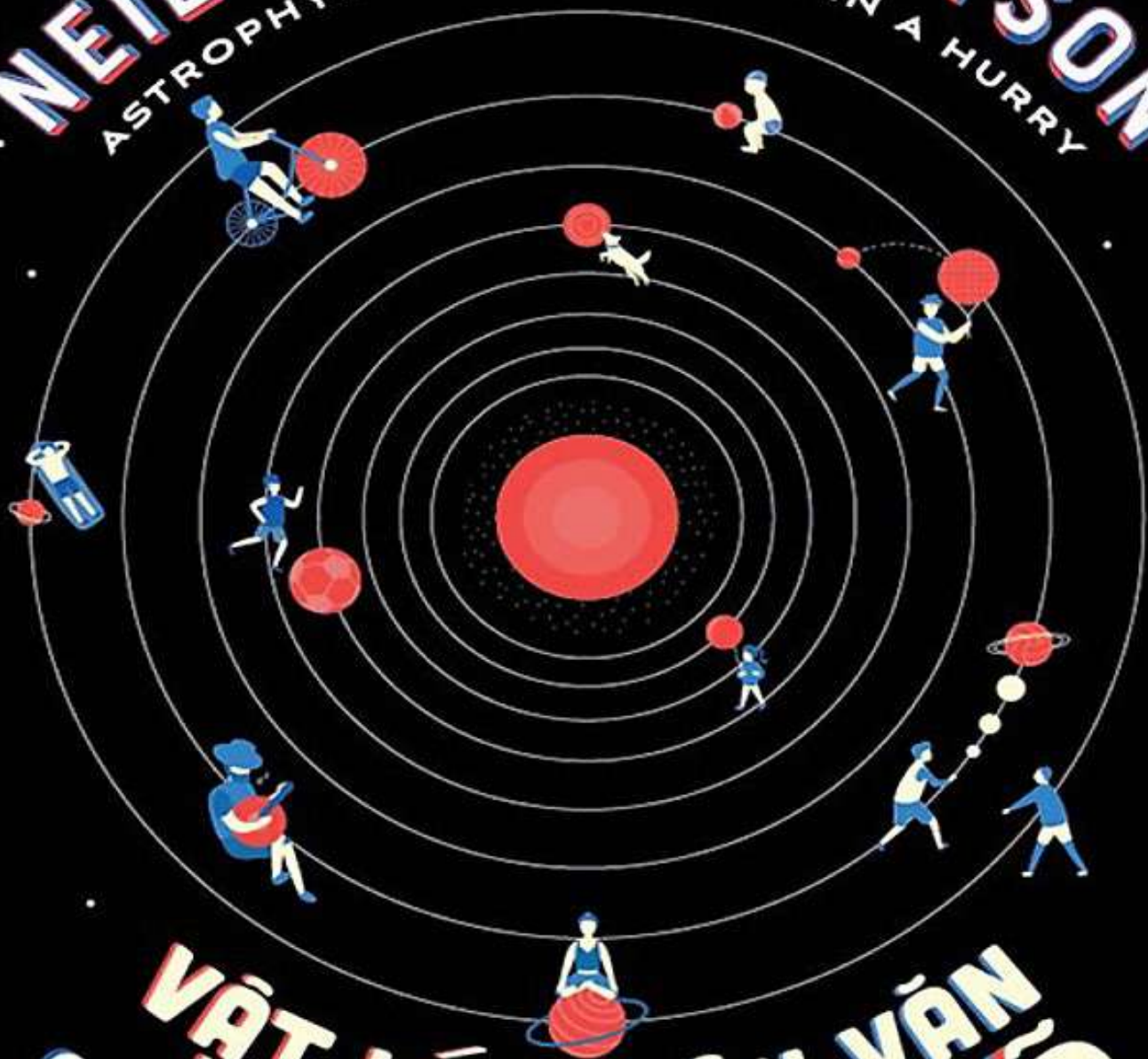


#1 NEW YORK TIMES BESTSELLER

NEIL DEGRASSE TYSON

ASTROPHYSICS FOR PEOPLE IN A HURRY

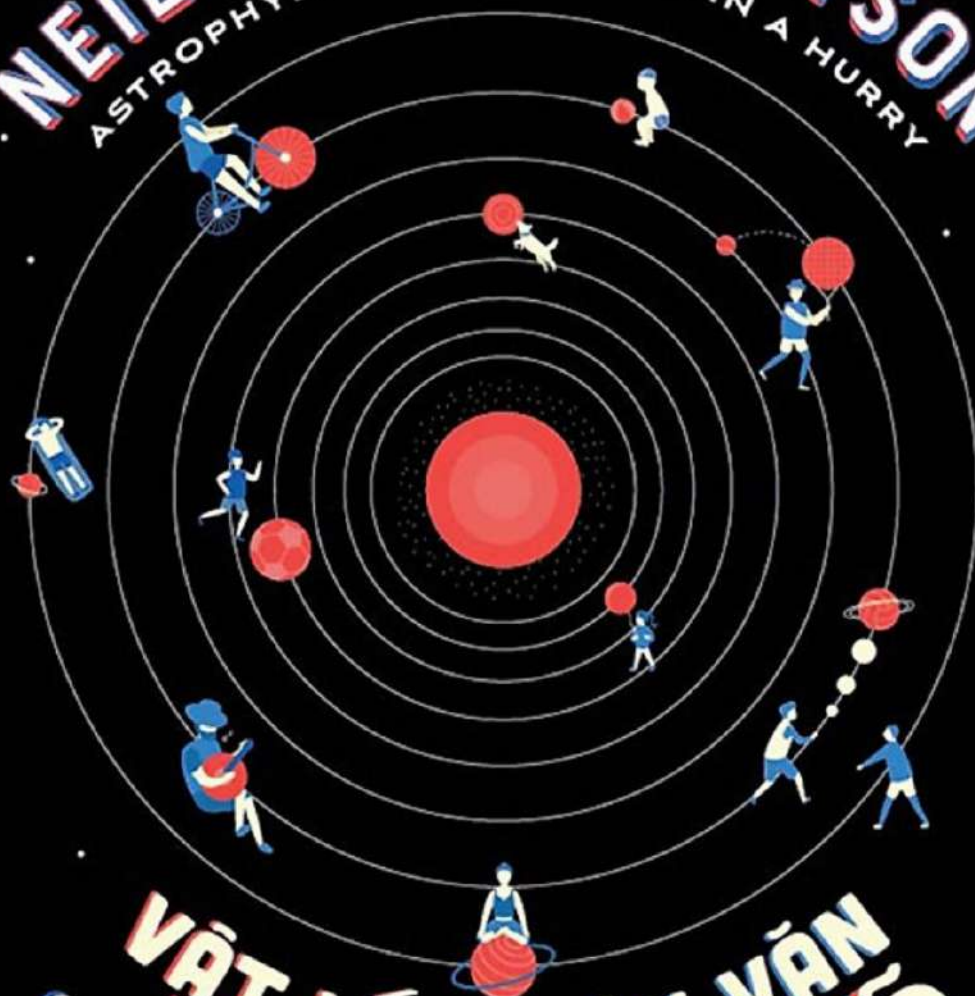


VẬT LÝ THIÊN VĂN
CHO NGƯỜI VỘI VÀ
HỒ HỒNG DĂNG DỊCH

#1 NEW YORK TIMES BESTSELLER

NEIL DEGRASSE TYSON

ASTROPHYSICS FOR PEOPLE IN A HURRY



VẬT LÝ THIÊN VĂN
CHO NGƯỜI VỘI VÀ
HỒ HỒNG DĂNG DỊCH

HOÀNG HỒNG DĂNG
HÀNG HỒNG DĂNG

NEIL DEGRASSE TYSON

Hồ Hồng Đăng dịch

—★—

VẬT LÝ THIÊN VĂN CHO NGƯỜI VỘI VÃ

• ASTROPHYSICS FOR PEOPLE IN A HURRY •

NHÃ NAM & NXB THẾ GIỚI

ebook©vctvegroup | 22-09-2021

LỜI ĐỀ TẶNG

Dành cho những ai quá bận rộn không thể đọc những cuốn sách dày cộp, nhưng vẫn muốn kiếm tìm một lối dẫn vào vũ trụ.

LỜI NÓI ĐẦU

Gần đây, chưa tuần nào trôi qua mà báo chí không đăng tin về một phát kiến đáng lên trang nhất liên quan đến vũ trụ. Có thể những người gác cổng truyền thông ngày một hứng thú với vũ trụ, song mức độ phủ sóng gia tăng này dường như bắt nguồn từ sự mẫn chuộng của công chúng dành cho khoa học ngày càng tinh tế. Đây rầy những bằng chứng cho thấy điều này, từ cách chương trình truyền hình ăn khách lấy cảm hứng, thông tin từ khoa học, cho đến thành công của các phim khoa học viễn tưởng với sự tham gia của dàn diễn viên sáng giá, được nhà sản xuất và đạo diễn trứ danh đưa lên màn ảnh. Và gần đây, phim tiểu sử chiếu rạp kể về các nhà khoa học tầm cỡ dường như tự nó đã trở thành một thể loại riêng. Khắp thế giới còn có sự quan tâm phổ biến dành cho các liên hoan khoa học, ngày hội khoa học viễn tưởng, và các phim tài liệu khoa học trên truyền hình.

Bộ phim đạt doanh thu cao nhất mọi thời đại được một đạo diễn nổi tiếng đặt bối cảnh câu chuyện ở một hành tinh nọ quay quanh một ngôi sao xa xăm. Trong phim một nữ diễn viên nổi tiếng đóng vai nhà sinh học thiên văn. Dù mọi nhánh khoa học đều đã vươn cao trong thời đại này, lĩnh vực vật lý thiên văn lại bền bỉ vươn đến hang cao nhất. Tôi nghĩ tôi hiểu tại sao. Vào lúc này hay lúc khác, mỗi người trong chúng ta hẳn đã nhìn lên bầu trời đêm và tự hỏi : Tất cả mọi thứ có nghĩa gì? Làm sao mọi thứ vận hành? Và, đâu là vị trí của chúng ta trong vũ trụ này?

Nếu bạn quá bận rộn không thể tiếp thu các kiến thức vũ trụ qua các lớp học, sách giáo khoa, hay phim tài liệu, nhưng bạn vẫn muốn tìm một con đường dẫn nhập ngắn nhưng đầy đủ ý nghĩa vào lĩnh vực này, tôi xin gửi đến bạn cuốn *Vật lý thiên văn cho người vội vã*. Trong cuốn sách mỏng này,

bạn sẽ thông suốt ở mức độ cơ bản mọi tư tưởng và phát kiến lớn đã thúc đẩy hiểu biết hiện đại của chúng ta về vũ trụ. Nếu tôi thành công, bạn sẽ thân quen với kiến thức trong lĩnh vực của tôi, và có thể sẽ còn khao khát muốn biết nhiều hơn nữa.

Vũ trụ không có nghĩa vụ phải có nghĩa lý với bạn.

Neil deGrasse Tyson

1. CÂU CHUYỆN VĨ ĐẠI NHẤT TỪNG ĐƯỢC KỂ

Thế giới đã tồn tại biết bao năm dài, kể từ sau một lần được sắp đặt để đi theo những chuyển động thích hợp. Mọi thứ khác đều nổi gót theo sau.

Lucretius, khoảng năm 50 TCN

Lúc khởi đầu, gần mười bốn tỉ năm về trước, tất cả không gian, tất cả vật chất, toàn bộ năng lượng của vũ trụ mà ta biết đều được chất chứa trong một thể tích nhỏ hơn một phần nghìn tỉ kích cỡ của dấu chấm cuối câu văn này.

Các [điều kiện](#) bấy giờ quá nóng, đến nỗi các lực cơ bản của tự nhiên vốn cùng miêu tả vũ trụ đã bị thống nhất thành một. Vũ trụ ra đời thế nào ta còn chưa biết, song cái vũ trụ nhỏ hơn cả đầu kim này chỉ có thể giãn nở mà thôi. Cực kỳ nhanh. Mà ngày nay ta gọi là vụ nổ lớn.

Thuyết tương đối tổng quát do Einstein đề ra năm 1916 cho ta cách hiểu hiện nay về lực hấp dẫn, theo đó sự hiện diện của vật chất và năng lượng làm cong kết cấu không gian và thời gian xung quanh nó. Cuộc hôn phối thành công giữa cơ học lượng tử và điện từ học thế kỷ 20, phần nào, đã thúc đẩy cả nhà vật lý học đua nhau hòa trộn cơ học lượng tử (thuyết về cái cực nhỏ) với thuyết tương đối tổng quát (thuyết về cái cực lớn) thành một thuyết chặt chẽ và mạch lạc là thuyết hấp dẫn lượng tử. Mặc dù vẫn chưa chạm đích, chúng ta biết chính xác nơi nào có rào cản. Một trong số đó là

“kỷ nguyên Planck” của vũ trụ sơ khai. Đây là khoảng thời gian $t = 0$ cho đến $t = 10^{-43}$ giây (một phần mười triệu ngàn-tỉ ngàn-tỉ của một giây) sau lúc khởi đầu, và trước khi vũ trụ nở rộng đến 10^{-35} mét (một phần một trăm triệu tỉ ngàn-tỉ ngàn-tỉ của một mét). Các con số nhỏ không tưởng nổi này được đặt theo tên nhà vật lý học người Đức, Max Planck, ông cũng là người đã giới thiệu ý tưởng về năng lượng bị lượng tử hóa vào năm 1900 và thường được ghi nhận là cha đẻ của cơ học lượng tử.

Sự va chạm giữa trường hấp dẫn và cơ học lượng tử không gây nên vấn đề thực tiễn nào đối với vũ trụ đương đại. Các nhà vật lý thiên văn áp dụng nguyên lý, công cụ của thuyết tương đối tổng quát và của cơ học lượng tử để giải quyết các loại vấn đề rất khác nhau. Nhưng vào thời điểm bắt đầu ấy, trong kỷ nguyên Planck, cái lớn vẫn còn rất nhỏ, nên ta ngờ rằng ắt hẳn đã có một kiểu đám cưới chạy bầu giữa đôi bên. Hỡi ôi, những lời nguyện thề được trao nhau trong hôn lễ vẫn tiếp tục lãng tránh chúng ta, thế cho nên chẳng định luật vật lý nào (mà ta biết) mô tả được hành vi của vũ trụ tại thời kỳ ấy với dù chỉ một chút tự tin.

Dẫu vậy, chúng ta cho rằng đến cuối kỷ nguyên Planck, lực hấp dẫn đã vượt thoát khỏi các lực khác, các lực tự nhiên vẫn còn được thống nhất, rồi đạt được một căn cước độc lập đang được miêu tả khá ổn bởi các lý thuyết hiện hành của chúng ta. Khi vũ trụ trải qua 10^{-35} giây, nó tiếp tục giãn nở, làm loãng toàn bộ mật độ năng lượng, rồi phần còn lại của các lực thống nhất đó bị phân tách thành lực “điện yếu” [electroweak] và lực hạt nhân mạnh [strong nuclear]. Sau đó nữa, lực điện yếu tách thành lực điện từ và lực “hạt nhân yếu” [weak nuclear], từ đó phô bày bốn lực riêng biệt mà ngày nay chúng ta biết đến yêu mến: lực yếu kiểm soát sự phân rã phóng xạ, lực mạnh liên kết các hạt nhân nguyên tử, và lực hấp dẫn liên kết các khối vật chất.

Một phần nghìn tỉ giây đã trôi qua kể từ lúc khởi đầu.

Suốt thời gian này, có sự tương tác không ngừng của vật chất dưới dạng hạ nguyên tử và của năng lượng dưới dạng photon (hạt phi khối lượng tải năng lượng ánh sáng, vừa là sóng vừa là hạt). Vũ trụ đủ nóng cho các

photon tự chuyển đổi năng lượng thành các cặp hạt vật chất-phản vật chất mà ngay tức khắc sẽ hủy lẫn nhau, trả năng lượng về lại photon. Những biến hóa khôn lường này được thu tóm trong phương trình nổi tiếng nhất của Einstein: $E = mc^2$, công thức hai chiều để tính năng lượng có giá trị bằng bao nhiêu vật chất và vật chất giá trị bằng bao nhiêu năng lượng. Phần c^2 là bình phương tốc độ ánh sáng – một con số khổng lồ mà khi nhân thêm khối lượng sẽ nhắc nhở ta nhớ rằng hoạt động này thực chất có thể sinh ra biết bao nhiêu năng lượng.

Ngay trước, trong và sau khi lực mạnh và lực điện yếu già biệt nhau, vũ trụ là nồi lẩu sục sôi các hạt quark, lepton và các anh chị em phản vật chất của chúng, cùng với boson là hạt cho phép diễn ra tương tác. Không họ hạt nào ở đây được cho rằng có thể phân thành thứ gì nhỏ hơn hay cơ bản hơn, dù rằng mỗi họ xuất hiện dưới nhiều dạng thức khác nhau. Hạt photon thông thường là thành viên thuộc họ hạt boson. Các hạt lepton quen thuộc nhất đối với dân không phải chuyên ngành vật lý chính là hạt electron và có lẽ cả neutrino; còn hạt quark quen thuộc nhất là... chà, không có hạt quark quen thuộc nào cả. Mỗi hạt trong sáu tiểu loại của quark được gán cho những cái tên trừu tượng chẳng phục vụ mục đích bác ngữ học, triết học hay sư phạm gì, ngoài trừ việc để tiện phân biệt chúng với nhau, đó là: lên và xuống, duyên và lạ, đỉnh và đáy.

Boson, tiện thể, được đặt theo tên nhà khoa học Ấn Độ, Satyendra Nath Bose. Tên gọi lepton thì bắt nguồn từ *leptos* trong tiếng Hy Lạp, nghĩa là “nhẹ” hoặc “nhỏ”. Từ “quark”, tuy vậy, có nguồn gốc văn chương và giàu trí tưởng tượng hơn nhiều. Nhà vật lý học Murray Gell-Mann vào năm 1964 đã đề xuất hạt quark là thành phần nội tại của các neutron và proton, thời ấy ông vốn nghĩ rằng họ quark chỉ có ba thành viên, và ông rút ra tên gọi quark từ một câu văn khó hiểu đúng chất James Joyce trong cuốn sách *Finnegans Wake*: “Ba quark cho Muster Mark!” Các hạt quark có một cái hay: tất cả tên gọi của chúng đều đơn giản – một điều mà các nhà hóa học, sinh vật học và nhất là các nhà địa chất học dường như không có khả năng đạt được khi cần đặt tên cho mấy món đồ của họ.

Quark là giống vật quái chiêu. Không như proton là hạt mang điện tích +1, hay electron mang điện tích -1, quark lại mang điện tích là phân số tính theo phần ba. Và bạn sẽ không bao giờ bắt được hạt quark ở một mình; nó luôn luôn bám lấy hạt quark khác kể bên. Trên thực tế, lực giữ cho hai (hay nhiều hơn) các hạt này ở gần nhau thậm chí càng tăng mạnh khi bạn càng chia tách chúng – như thể chúng gắn kết bằng một kiểu dây thun hạ nguyên tử nào đó. Chia tách hạt quark đủ mức, dây thun này bật lại và năng lượng tích trữ sẽ vận lực $E = mc^2$ để tạo ra một hạt quark mới ở mỗi đầu, trả bạn lại về khởi điểm.

Trong suốt kỷ nguyên quark-lepton, vũ trụ đủ đậm đặc để cho sự chia cắt tầm trung bình giữa các quark không gắn kết có thể cự lại sự chia cắt giữa các quark có gắn kết. Dưới các điều kiện ấy, tính trung thành giữa các quark kề nhau không còn rõ ràng nữa, và chúng chuyển động tự do giữa chúng với nhau, bất kể việc vẫn ràng buộc với nhau xét về tổng thể. Tình trạng vật chất này, một kiểu vạc nấu quark, được một nhóm các nhà vật lý ở Phòng thí nghiệm Quốc gia Brookhaven phát hiện và báo cáo lại lần đầu tiên năm 2002.

Nhiều bằng chứng lý thuyết gợi ý rằng một gia đoạn của vũ trụ sơ khai, có lẽ thuộc một trong số các lần tách lực, đã phú cho vũ trụ tính bất đối xứng rất ấn tượng, theo đó số hạt vật chất chỉ suýt soát nhiều hơn số hạt phản vật chất: một tỉ lệ một trên một tỉ. Khác biệt nhỏ như thế về quần thể là rất khó nhận thấy giữa bao nhiêu hoạt động liên tục gồm tạo thành, tiêu hủy, và tái tạo của các hạt quark và phản quark, electron và phản electron (được biết nhiều hơn với tên positron), rồi neutrino và phản neutrino. Kẻ đơn chiếc sẽ có muôn vàn cơ hội tìm đối tượng để cùng nhau hủy, và mọi kẻ khác cũng vậy.

Nhưng không lâu hơn nữa. Khi vũ trụ bắt đầu giãn nở và nguội đi, phát triển lớn hơn so với kích cỡ hệ Mặt Trời của chúng ta, nhiệt độ nhanh chóng giảm xuống dưới một nghìn tỉ độ Kelvin.

Một phần triệu giây đã trôi qua kể từ lúc khởi đầu.

Vũ trụ âm ỉm này không còn đủ nóng hay đậm đặc để nấu quark, thế là tất cả chúng đều chộp lấy bạn nhảy cho mình, làm thành một họ hạt nặng mới trường tồn gọi là hadron (từ tiếng Hy Lạp *hadros*, nghĩa là “đặc”). Sự chuyển đổi từ quark thành hadron nhanh chóng dẫn đến sự xuất hiện của proton và neutron cũng như các hạt nặng khác ít quen thuộc hơn, tất cả đều hình thành từ những tổ hợp khác nhau của các loại quark. Ở Thụy Sĩ (ta quay về Trái Đất), nhóm nghiên cứu vật lý hạt châu Âu* dùng một máy gia tốc lớn chiếu các tia hadron va chạm vào nhau nhằm tái hiện chính những điều kiện này. cỗ máy lớn nhất trên thế giới này được gọi bằng cái tên rất đúng ý nghĩa là Máy gia tốc hạt lớn (Large Hadron Collider).

Sự bất đối xứng rất ít giữa vật chất-phản vật chất vốn nấu thành món lẩu quark-lepton giờ đây chuyển đổi tượng qua các hadron, nhưng kèm theo nhiều hệ quả phi thường.

Khi vũ trụ tiếp tục nguội đi, lượng năng lượng sẵn có để tự động tạo ra hạt cơ bản bị sụt giảm. Trong kỉ nguyên hadron, các photon bao quanh không còn có thể cầu viện $E = mc^2$ để chế tạo các cặp quark-phản quark. Không chỉ vậy, các photon xuất hiện từ những lần hủy lẫn nhau còn lại sẽ bị mất đi năng lượng cho một vũ trụ luôn giãn nở, giá trị tụt xuống dưới ngưỡng cần thiết để tạo ra các cặp hadron-phản hadron. Với mỗi một tỉ lần hủy nhau - để lại một tỉ photon - hạt hadron duy nhất còn sót lại. Những kẻ cô độc này rốt cuộc hưởng hết mọi trò vui: giữ vai trò làm nguồn vật chất tối hậu để tạo sinh các thiên hà, tinh tú, hành tinh, kỳ hoa dị thảo, cũng như con người.

Không có sự mất cân bằng một-tỉ-lẻ-một trên một-tỉ giữa vật chất với phản vật chất thì tất cả mọi khối lượng trong vũ trụ sẽ tự triệt tiêu, chỉ còn lại một vũ trụ làm từ photon và *không còn gì khác* – một kịch bản [phải-có-ánh-sáng](#) sau cùng.

Đến lúc này, một giây của thời gian đã trôi qua.

Vũ trụ đã tới cỡ có chiều rộng khoảng vài năm ánh sáng, xấp xỉ khoảng cách từ Mặt Trời đến ngôi sao ở gần nhất. Ở mức một tỉ độ, nó vẫn còn rất

nóng – và vẫn có khả năng nấu được electron, và những hạt này, cùng với các phản đối tác là positron, cứ thoát sinh thoát diệt. Nhưng ở vũ trụ luôn giãn nở, luôn nguội lại, thì số phận của chúng chỉ còn đếm từng ngày (hay đúng hơn, từng giây). Những gì đã xảy ra cho quark, cho hadron, thì cũng xảy ra cho electron: rốt cuộc chỉ có một electron trong số một tỉ là sống sót. Số khác thì triệt tiêu với positron, tay phụ tá phản vật chất của chúng, trong một biến photon.

Đúng quãng này, một electron ứng với mỗi proton “đông cứng” bắt đầu hiện hữu. Khi vũ trụ tiếp tục nguội – nhiệt độ hạ xuống dưới một trăm triệu độ - proton trộn lẫn với proton cũng như với neutron, tạo thành hạt nhân nguyên tử và ấp nở một vũ trụ trong đó 90% các hạt nhân này là hydro và 10% là heli, cùng với các lượng deuteri, triti và liti còn dấu vết.

Hai phút nay đã trôi qua kể từ lúc khởi đầu.

Trong 380.000 năm nữa, không có gì nhiều xảy đến cho món xúp hạt của chúng ta. Suốt hàng thiên niên kỷ này, nhiệt độ duy trì đủ nóng để electron tự do lang thang giữa các photon, đánh chúng văng qua văng lại khi chúng tương tác với nhau.

Nhưng sự tự do này đi đến kết thúc đột ngột khi nhiệt độ vũ trụ giảm xuống dưới ba nghìn độ Kelvin (khoảng một nửa nhiệt độ bề mặt Mặt Trời), và tất cả các electron đều kết hợp với hạt nhân tự do. Cuộc hôn phối đó để lại một bể ánh sáng khả kiến chiếu rọi khắp nơi nơi, vĩnh viễn in dấu lên bầu trời một biên bản cho biết vào thời điểm ấy tất cả vật chất đã ở đâu, và sự hoàn tất quá trình hình thành hạt và nguyên tử trong vũ trụ nguyên sơ.

Trong một tỉ năm đầu tiên, vũ trụ tiếp tục giãn nở và nguội đi trong lúc vật chất bị hút thành những điểm tập kết khổng lồ mà ta gọi là thiên hà. Gần một trăm tỉ thiên hà hình thành, mỗi thiên hà bao gồm hàng trăm tỉ ngôi sao trải qua phản ứng nhiệt hạch ở lõi. Các sao có khối lượng gấp khoảng mười lần Mặt Trời sẽ đạt đủ áp suất và nhiệt độ ở lõi để chế tạo ra hàng tá nguyên tố nặng hơn hydro, bao gồm những nguyên tố cấu thành các hành tinh và mọi dạng sống sinh sôi được trên đó.

Những nguyên tố này sẽ vô dụng một cách đáng kinh ngạc nếu chúng vẫn ở lại nơi chúng hình thành. Nhưng các sao khối lượng cao bất ngờ phát nổ, vung vãi khúc ruột giàu thành phần hóa học đi khắp thiên hà. Sau bảy hay tám tỉ năm bồi đắp như vậy, có một ngôi sao tầm thường (Mặt Trời) đã sinh ra ở một vùng tầm thường (nhánh Orion) trong một thiên hà tầm thường (dải Ngân Hà) thuộc một phần tầm thường của vũ trụ (ngoại vi của siêu cụm thiên hà Xử Nữ).

Đám mây khí mà từ đó Mặt Trời hình thành có trữ lượng nguyên tố nặng đủ để kết hợp và sinh nở ra một danh sách phức tạp các vật thể quay theo quỹ đạo, trong đó bao gồm vài hành tinh khí hay đá, hàng nghìn tiểu hành tinh, và hàng tỉ sao chổi. Trong vài trăm triệu năm đầu tiên lượng lớn các mảnh vụn còn sót lại có quỹ đạo thất thường sẽ bồi tích vào những vật thể lớn hơn. Quá trình này xảy ra dưới dạng va chạm ở năng lượng và tốc độ cao, những va chạm này làm kết xuất bề mặt nóng chảy của các hành tinh đá, ngăn cản sự hình thành của những phân tử phức hợp.

Vật chất có khả năng bồi tích trong hệ Mặt Trời càng lúc càng ít đi, bề mặt các hành tinh bắt đầu nguội dần. Hành tinh mà ta gọi là Trái Đất được hình thành tại một kiểu khu vực Goldilocks (vùng có thể sống được) quanh Mặt Trời, nơi đây đại dương nhìn chung còn ở thể lỏng. Nếu Trái Đất gần Mặt Trời hơn, các đại dương sẽ bốc hơi mất. Nếu Trái Đất ở xa hơn, các đại dương sẽ bị đóng băng. Dù là trường hợp nào, sự sống như ta vẫn biết sẽ không tiến hóa.

Trong các đại dương thể lỏng giàu hóa chất, bằng một cơ chế chưa được khám phá, các phân tử hữu cơ chuyển đổi thành sự sống tự-tái-tạo. Chiếm ưu thế trong nồi súp nguyên sơ này là các vi khuẩn kỵ khí đơn giản - dạng sống sinh sôi ở môi trường thiếu vắng oxy nhưng lại tiết ra sản phẩm phụ là oxy, vốn có tiềm lực hóa học. Những cấu trúc đơn bào sơ khai này vô tình chuyển hóa khí quyển giàu carbon dioxide của Trái Đất thành bầu khí quyển có đủ oxy này, thường đi theo từng cặp (O_2), đã kết hợp bộ ba để hình

thành ozone (O_3) ở khí quyển tầng cao, giữ vai trò một lá chắn bảo vệ bề mặt Trái Đất khỏi hầu hết các photon cực tím từ Mặt Trời gây hại cho phân tử.

Chúng ta có được sự sống đa dạng đáng kể trên Trái Đất, và nếu có những nơi khác trong vũ trụ, là nhờ số lượng dồi dào carbon trong vũ trụ cùng vô số các đơn và đa phân tử chứa chúng. Không nghi ngờ gì: những phân tử gốc carbon tồn tại đa dạng hơn so với tất cả các loại phân tử khác cộng lại.

Nhưng sự sống rất mong manh. Những cuộc chạm trán ngẫu nhiên giữa Trái Đất với các tiểu hành tinh và các sao chổi to lớn có quỹ đạo thất thường, vốn trước đây khá phổ biến, cứ thừa dịp tàn phá hệ sinh thái của chúng ta. Chỉ mới sáu mươi lăm triệu năm về trước (chưa bằng 2% quá khứ Trái Đất), một tiểu hành tinh mười nghìn tỉ tấn đâm sầm vào vùng ngày nay là bán đảo Yucatan và xóa sổ hơn 70% hệ động thực vật trên Trái Đất – bao gồm toàn bộ lũ khủng long ngoại cỡ nổi tiếng. Thảm họa sinh thái này cho phép loài động vật có vú tổ tiên của chúng ta lấp vào khoảng trống mới, thay vì phải an phận làm món khai vị cho bọn khủng long bạo chúa. Một chi có não lớn trong số động vật có vú này, mà ta gọi là linh trưởng, tiến hóa thành một giống và nhiều loài (*Homo sapiens*: người thông minh) đủ trí thông minh để sáng tạo các phương thức và công cụ khoa học – và rồi truy nguyên về nguồn gốc cùng sự tiến hóa của vũ trụ.

Nhưng điều gì xảy ra trước tất cả những chuyện này? Điều gì xảy ra trước cả khởi đầu?

Nhà vật lý thiên văn cũng không biết. Hay đúng hơn, những ý tưởng sáng tạo nhất của chúng ta có rất ít, hoặc gần như không có, cơ sở nào về khoa học thực nghiệm. Đáp lại, một số người có niềm tin tôn giáo xác quyết, cũng có chút chính đáng, rằng hẳn *điều gì đó* đã bắt đầu mọi thứ: một thế lực vĩ đã hơn thảy, một cội nguồn mà từ đó vạn vật phát sinh. Một năng lượng nguyên sơ khởi động tất cả. Trong tâm trí của những người này, “điều gì đó” dĩ nhiên là Thượng Đế.

Nhưng sẽ ra sao nếu vũ trụ đã luôn ở ngoài đó, trong một trạng thái hoặc điều kiện mà chúng ta chưa nhận dạng được – ví dụ là một đa vũ trụ, đã liên tục hạ sinh các vũ trụ? Hay sẽ ra sao nếu vũ trụ hốt nhiên hiện hữu từ hư không? Sẽ ra sao nếu mọi thứ thân thuộc với ta đều chỉ là bản mô phỏng bằng máy tính do giống loài ngoài hành tinh siêu thông minh nào đó dựng lên để giải khuây?

Những ý tưởng vui mang tính triết học này thường không thỏa mãn được ai. Dầu vậy, chúng nhắc ta nhớ rằng sự thiếu hiểu biết là trạng thái trí óc tự nhiên của một nhà khoa học nghiên cứu. Những ai tin rằng họ không có gì là không biết thì chẳng hề tìm kiếm, hay vấp phải, ranh giới giữa cái biết và cái không biết trong vũ trụ.

Một điều ta biết, và là điều ta có thể khẳng định không e dè, là vũ trụ có một khởi đầu. Vũ trụ còn tiếp tục tiến hóa. Và đúng vậy, mỗi một nguyên tử trong cơ thể ta có thể được truy nguyên về vụ nổ lớn và lò luyện nhiệt hạch bên trong những ngôi sao khối lượng lớn từng phát nổ hơn năm tỉ năm về trước.

Chúng ta là bụi sao được mang vào đời, rồi được vũ trụ trao quyền năng để giải mã chính mình – và chúng ta chỉ mới bắt đầu mà thôi.

2. Ở TRÁI ĐẤT CŨNG NHƯ TRÊN THIÊN ĐƯỜNG

Cho tới khi Sir Isaac Newton viết ra định luật vạn vật hấp dẫn, người ta chẳng có lý do gì để cho rằng định luật vật lý ở nhà mình sẽ giống với mọi nơi khác trong vũ trụ. Dưới Trái Đất có các thể sự xảy ra và trên trời cao có các chuyện thiên đường vận động. Theo giáo lý của Kitô giáo thời bấy giờ, Thiên Chúa cai quản cõi thiên đường và vì thế nơi ấy nằm ngoài tầm hiểu biết của các đầu óc ngu muội phàm phu. Khi Newton đã phát hiện rằng trọng lực kéo quả táo chín từ trên cành xuống cũng hướng dẫn vật thể bị tung lên cao chuyển động theo quỹ đạo cong và chỉ dẫn cho Mặt Trăng quay quanh Trái Đất. Định luật hấp dẫn của Newton còn hướng dẫn cho hành tinh, tiểu hành tinh và sao chổi đi theo quỹ đạo quanh Mặt Trời và giữ cho hàng trăm tỉ ngôi sao đi theo quỹ đạo trong dải Ngân Hà của chúng ta.

Tính phổ quát này của định luật vật lý thúc đẩy khám phá khoa học hơn bao giờ hết. Và lực hấp dẫn chỉ mới là khởi đầu. Hãy tưởng tượng niềm hứng khởi bao trùm giới thiên văn học thế kỷ 19 khi lăng kính phòng thí nghiệm, thứ bẻ gãy ánh sáng thành quang phổ đủ màu, lần đầu được xoay hướng lên Mặt Trời. Quang phổ không chỉ đẹp, mà còn chứa đựng muôn vàn thông tin về vật thể phát ra ánh sáng, bao gồm nhiệt độ và hợp chất của nó. Nguyên tố hóa học bộc lộ bản thân thông qua dãy vạch sáng tối đặc thù cắt ngang dải quang phổ. Sung sướng và ngạc nhiên, người ta phát hiện rằng các dấu hiệu hóa học đặc trưng trên Mặt Trời cũng có cùng gốc rễ với những gì có trong phòng thí nghiệm. Không còn là công cụ riêng của nhà hóa học nữa, lăng kính cho thấy rằng dấu Mặt Trời có khác biệt với Trái Đất đến đâu

về kích cỡ, khối lượng, nhiệt độ, vị trí, vẻ bề ngoài, thì cả hai đều chứa cùng thứ: hydro, carbon, oxy, nitơ, canxi, sắt, và nhiều nữa. Nhưng hơn cả bảng liệt kê thành phần chung dài thậm thụt, quan trọng là nhận thức được rằng các định luật vật lý quyết định dấu hiệu quang phổ trên Mặt Trời cũng chính là các định luật vận hành dưới Trái Đất, cách xa chín mươi ba triệu dặm trường.

Khái niệm đầy tính phổ quát này thật màu mỡ đến độ ở chiều ngược lại nó cũng được áp dụng thành công. Việc phân tích kỹ hơn quang phổ Mặt Trời hé lộ dấu hiệu về một nguyên tố chưa hề có bản tương ứng nào mà ta biết trên Trái Đất. Do thuộc về Mặt Trời, chất mới được đặt cho cái tên bắt nguồn từ tiếng Hy Lạp là *helios* (“Mặt Trời”), và chỉ mãi sau này nó mới được phát hiện trong phòng thí nghiệm. Bởi thế, heli trở thành nguyên tố đầu tiên và duy nhất trong bảng tuần hoàn nguyên tố hóa học được khám phá ở một nơi không phải Trái Đất.

Xem nào, các định luật vật lý áp dụng được trong hệ Mặt Trời, nhưng liệu chúng có áp dụng cho xuyên khắp thiên hà? Xuyên khắp vũ trụ? Xuyên suốt thời gian? Từng bước một, các định luật được kiểm nghiệm. Những sao lân cận cũng hé lộ chất hóa học quen thuộc. Các ngôi sao đôi xa xôi, bị buộc quay chung một quỹ đạo quanh nhau, dường như cũng thông tỏ định luật hấp dẫn của Newton. Cùng lẽ ấy, các thiên hà đôi cũng vậy.

Giống như trầm tích phân tầng địa chất đóng vai dòng thời gian biểu thị các biến cố trên Trái Đất, càng nhìn xa hơn vào không gian, ta càng nhìn lùi sâu hơn vào quá khứ. Quang phổ từ các vật thể xa xôi nhất trong vũ trụ cho thấy dấu hiệu hóa học tương đồng với những gì ta thấy ở không gian và thời gian lân cận. Quả thật, nguyên tố nặng thời ấy thừa thớt hơn - chúng được chế tạo chủ yếu trong các thế hệ sao liên tiếp phát nổ - nhưng định luật miêu tả quy trình nguyên tử và phân tử tạo thành dấu hiệu quang phổ vẫn không đổi. Cụ thể, đại lượng được gọi là hằng số cấu trúc tinh tế (fine-structure constant), thứ quy định dấu vân tay cơ bản của mọi nguyên tố, vẫn không thay đổi gì qua hàng tỉ năm trời.

Dĩ nhiên, không phải mọi vật, mọi hiện tượng trong vũ trụ đều phải có bản tương ứng trên Trái Đất. Hẳn bạn chưa bao giờ đi qua đám mây plasma chói sáng hàng triệu độ, và hẳn bạn chưa bao giờ bắt gặp lỗ đen trên phố. Điều quang trọng ở đây là tính phổ quát của các định luật vật lý mô tả chúng. Khi phép phân tích quang phổ lần đầu được áp dụng cho ánh sáng phát ra từ tinh vân liên sao (interstellar nebulae), một lần nữa, người ta phát hiện dấu hiệu đặc trưng không có bản tương ứng trên Trái Đất. Lúc bấy giờ, bảng tuần hoàn các nguyên tố không có chỗ nào rõ ràng để chen khít nguyên tố mới vào. Đáp lại, các nhà vật lý thiên văn chế ra cái tên *nebulium* để tạm gọi, cho tới chừng nào họ làm rõ những gì đang diễn ra. Hóa ra trong không gian, tinh vân bụi khí quá loãng đến độ nguyên tử có thể dịch chuyển một đoạn xa mà không va chạm. Dưới điều kiện này, electron trong nguyên tử có thể làm những thứ mà ta chưa từng thấy trong phòng thí nghiệm dưới mặt đất. *Nebulium* chỉ đơn giản là dấu hiệu của oxy bình thường đang làm những chuyện phi thường.

Tính phổ quát của định luật vật lý cho biết rằng nếu chúng ta đáp xuống một hành tinh khác có nền văn minh xa lạ và thịnh vượng, thì họ cũng sẽ hoạt động dựa theo cùng các định luật mà ta đã phát hiện và kiểm nghiệm tại đây trên Trái Đất – cả khi giống loài xa lạ đó có đức tin rất khác ta về chính trị và xã hội. Hơn nữa, nếu bạn muốn bắt chuyện với sinh vật ngoài hành tinh, dẫu cá họ không nói được tiếng Anh, tiếng Pháp, lẫn tiếng Hoa. Bạn thậm chí không biết liệu bắt tay với họ - nếu quả tình họ có tay để mà bắt – sẽ được xem là một hành động chiến tranh hay hòa bình. Hy vọng khá nhất của bạn là tìm một cách giao tiếp bằng ngôn ngữ khoa học.

Từng có nỗ lực giao tiếp như vậy được thực hiện vào những năm 1970 với tàu *Pioneer 10* và *11*, rồi *Voyager 1* và *2*. Cả bốn tàu vũ trụ đều được cấp đủ năng lượng, sau khi được trợ giúp bằng lực hấp dẫn từ các hành tinh khổng lồ, để vượt thoát hoàn toàn khỏi hệ Mặt Trời.

Tàu *Pioneer* mang một bản khắc bằng vàng cho thấy, bằng hình vẽ khoa học, sơ đồ hệ Mặt Trời, vị trí của chúng ta trong dải Ngân Hà, và cấu trúc nguyên tử hydro. Tàu *Voyager*, hơn thế nữa, còn kèm theo một album

thu âm lưu đủ loại âm thanh phong phú từ Đất mẹ, bao gồm âm thanh nhịp tim con người, “bài hát” của cá voi, những bản nhạc tinh tuyển khắp thế giới, trong đó có tác phẩm của Beethoven và Chuck Berry. Dù điều này nhân tính hóa thông điệp, ta cũng không rõ tai sinh vật ngoài hành tinh có thấu được chút nào những gì họ nghe hay không – đó là ta đã giả định họ có tai để mà nghe. Một vở diễn nhại lại điều này mà tôi rất thích là tiểu phẩm hài trên chương trình *Saturday Night Live* của đài NBC, chẳng bao lâu sau khi tàu *Voyager* cất cánh; trong tiểu phẩm này họ trưng ra dòng chữ phản hồi từ những sinh vật ngoài hành tinh đã tìm thấy con tàu. Dòng tin yêu cầu đơn giản, “Gửi thêm Chuck Berry”.

Khoa học lớn mạnh không chỉ dựa trên tính phổ quát của các định luật vật lý mà còn dựa trên sự tồn tại và bền vững của các hằng số vật lý. Hằng số hấp dẫn, còn được nhiều nhà khoa học gọi là “G lớn”, cung cấp cho phương trình hấp dẫn của Newton phép đo để biết độ mạnh của lực tới cỡ nào, và nó đã được kiểm nghiệm tuyệt đối ở nhiều dạng khác nhau qua nhiều năm trời ròng rã. Thử làm phép tính, bạn sẽ thấy rằng độ trưng (luminosity: một đại lượng đo độ sáng) của một ngôi sao phụ thuộc rất lớn vào G lớn. Nói cách khác, nếu trong quá khứ mà G lớn có khác đi dù chỉ một chút, thì công suất năng lượng Mặt Trời sẽ biến thiên nhiều hơn bất cứ thứ gì các hồ sơ sinh học, khí hậu học, địa chất học có thể chỉ ra.

Đường đi và phương tiện vũ trụ chúng ta là như thế đấy.

Trong tất cả các hằng số, tốc độ ánh sáng là nổi tiếng nhất. Bất kể bạn chạy nhanh tới đâu, bạn sẽ không bao giờ vượt mặt một tia sáng. Tại sao? Chưa từng có thí nghiệm nào trên đời cho thấy một vật thể dưới bất kỳ hình dạng nào lại có thể đạt tốc độ ánh sáng. Thực tế ấy được dự đoán và lý giải bằng các định luật vật lý đã qua kiểm nghiệm chặt chẽ. Tôi biết những lời này nghe có vẻ bảo thủ. Trong quá khứ, một số tuyên bố dựa trên cơ sở khoa học nhưng cực kỳ dân dòn đã đánh giá thấp tài nghệ của các nhà sáng chế và kỹ sư: “Chúng ta sẽ không bao giờ bay được”, “Việc bay lượn sẽ không bao giờ thương mại hóa được”, “Chúng ta sẽ không bao giờ tách được nguyên tử”, “Chúng ta sẽ không bao giờ vượt qua được bức tường âm thanh”,

“Chúng ta sẽ không bao giờ đi đến được Mặt Trăng”. Điểm chung ở đây là không định luật vật lý nào cản đường phát triển của chúng.

Tuyên bố “Chúng ta sẽ không bao giờ chạy nhanh hơn tia sáng” cũng là một dự đoán định tính khác. Nó nảy ra từ các nguyên lý vật lý cơ bản đã được thời gian kiểm nghiệm. Trong tương lai trên đường cao tốc danh cho những nhà du hành liên sao, biển hiệu sẽ hiên ngang đề rằng:

*Tốc Độ Ánh Sáng
Không Chỉ Là Ý Tưởng Hay Ho
Mà Nó Là Luật.*

Không giống như bị thổi còi vì chạy xe quá tốc độ trên những con đường ở Trái Đất, cái hay của định luật vật lý là nó không cần đến các cơ quan bắt buộc người ta thực thi đúng luật lệ, mặc dù tôi từng sở hữu chiến áo thun lập dị ghi dòng chữ “TUÂN THỦ LỰC HẤP DẪN”.

Tất cả phép đo lường đều chỉ ra rằng những hằng số cơ bản mà ta biết, và các định luật vật lý tham chiếu đến chúng, đều không phụ thuộc vào thời gian lẫn địa điểm. Chúng thật sự bất biến.

Nhiều hiện tượng tự nhiên làm ra nhiều định luật vật lý đang vận hành cùng lúc. Thực tế này thường phức tạp hóa việc phân tích và, trong đa số trường hợp, cần đến máy tính tốc độ cao để tính toán những gì đang diễn ra cũng như theo dõi các tham số quan trọng. Tháng Bảy năm 1994 khi sao chổi Shoemaker-Levy 9 lao vào bầu khí quyển giàu khí của Sao Mộc rồi phát nổ, mô hình máy tính chính xác nhất được kết hợp từ các định luật cơ học chất lưu, nhiệt động lực học, chuyển động học và tương tác hấp dẫn. Khí hậu và thời tiết là đại diện nổi bật khác cho các hiện tượng rắc rối (và khó dự đoán). Nhưng định luật cơ bản chi phối chúng vẫn có tác dụng. Vết Đỏ Lớn trên Sao Mộc, một xoáy nghịch dữ dội đã và đang cuộn cuộn trong ít nhất 350 năm, vận hành theo cùng quá trình vật lý tạo bão xoáy trên Trái Đất và những nơi khác trong hệ Mặt Trời.

Một loại chân lý phổ quát khác là các định luật bảo toàn, theo đó một lượng đo được vẫn giữ nguyên *bất kể chuyện gì có xảy ra*. Ba định luật tối trọng là bảo toàn khối lượng và năng lượng, bảo toàn mômen động lượng quay và tuyến tính, và bảo toàn điện tích. Những định luật này có mặt rành rành trên Trái Đất, và bất cứ nơi đâu ta nghĩ đến – từ lĩnh vực vật lý hạt cho đến cấu trúc vĩ mô của vũ trụ.

Mặc cho khoe khoang là thế, không phải thứ gì trên thiên đường cũng hoàn hảo. Thực tế là ta không thể nhìn, sờ, hay ném cái nguồn của 85% lực hấp dẫn ta đo được trong vũ trụ. Thứ vật chất tối huyền bí này, mà cho đến nay ta chưa dò ra được gì ngoại trừ lực hấp dẫn của nó tác dụng lên vật chất mà ta nhìn thấy, có thể được cấu thành từ các hạt lạ lắm mà ta chưa khám phá hay xác định được. Tuy nhiên, một số ít các nhà vật lý thiên văn thấy không thuyết phục và cho rằng không có vật chất tối – chỉ cần sửa định luật hấp dẫn của Newton là được. Đơn giản là cứ thêm một ít thành phần vào mấy phương trình thì mọi thứ sẽ ổn.

Có lẽ một ngày nào đó chúng ta sẽ thấy quả thật định luật hấp dẫn của Newton cần được điều chỉnh. Như thế cũng tốt thôi. Trước đây điều này đã từng xảy ra. Thuyết tương đối tổng quát của Einstein năm 1916 đã mở rộng cái nguyên lý hấp dẫn của Newton theo một cách có thể áp dụng được cho cả vật thể khối lượng cực lớn. Định luật hấp dẫn của Newton bị gãy đổ khi đặt trong địa hạt mở rộng này, là địa hạt ông chưa biết đến. Bài học ở đây là mức độ tự tin của chúng ta xuôi theo một dải các điều kiện mà trong phạm vi đó, một định luật đã qua kiểm nghiệm và xác minh. Dải đó càng rộng thì định luật ấy càng mạnh và càng có quyền lực trong việc miêu tả vũ trụ. Đối với tương tác hấp dẫn ở quy mô đời thường, định luật Newton rất ổn. Nó đưa ta đến Mặt Trăng rồi chở ta về lại Trái Đất an toàn vào năm 1969. Đối với lỗ đen và cấu trúc quy mô lớn trong vũ trụ, ta lại cần đến thuyết tương đối tổng quát. Và nếu bạn chèn khối lượng thấp cùng tốc độ thấp vào phương trình của Einstein, thì theo nghĩa đen (hay phải nói, theo nghĩa *toán học*) chúng trở thành phương trình của Newton – càng có lý do để tăng sự tự tin vào hiểu biết của bản thân về những gì chúng ta vốn cho là đã hiểu.

Với nhà khoa học, tính phổ quát của định luật vật lý biến vũ trụ thành một nơi giản dị tuyệt trần. Nếu phải so sánh, bản tính con người – lãnh vực chuyên môn của nhà tâm lý học – mới là thứ gay go vô bờ bến. Ở Mỹ, hội đồng trường tại địa phương bầu chọn các môn để giảng dạy trong trường học. Trong một số trường hợp, lá phiếu đưa ra còn tùy thuộc vào làn sóng xã hội và tôn giáo nào đang bất chấp ập đến. Khắp thế giới, các hệ đức tin khác nhau dẫn đến sự bất đồng chính trị mà không phải lúc nào cũng có thể hòa giải. Sức mạnh và vẻ đẹp của định luật vật lý nằm ở chỗ chúng áp dụng được ở khắp mọi nơi, dù bạn có chọn tin chúng hay không.

Sau các định luật vật lý, mọi thứ khác chỉ là quan điểm.

Không phải khoa học gia không tranh cãi. Có chứ. Đầy ra. Nhưng những lúc như thế, chúng tôi sẽ phát biểu ý kiến về cách lý giải dữ liệu không đầy đủ hoặc tuềnh toàng trên tiền tuyến đầy máu lửa của tri thức chúng ta. Bất cứ nơi đâu, bất cứ khi nào một định luật vật lý được khơi lên trong thảo luận, thì chắc chắn rằng cuộc tranh luận sẽ rất ngắn gọn. Không, ý tưởng chế tạo động cơ vĩnh cửu của anh sẽ không bao giờ thành công; nó vi phạm định luật về nhiệt động lực học đã qua kiểm nghiệm kỹ càng. Không, cô không thể dừng cỗ máy thời gian cho phép bản thân quay về quá khứ và giết mẹ mình trước khi cô ra đời – thế là vi phạm luật nhân quả. Và bạn không thể tự nhiên bay bổng, lượn lờ trên mặt đất mà không vi phạm các định luật về động lượng, dù bạn có ngồi theo tư thế kiết già (lotus position – liên hoa tọa) đi chăng nữa^{*}.

Kiến thức về các định luật vật lý có thể, trong một số trường hợp, cho bạn sự tự tin để đương đầu với những người khiếm nhã. Vài năm trước, tôi đi uống ca cao nóng cuối ngày ở một quán tráng miệng tại Pasadena, California. Gọi kèm kem béo, dĩ nhiên rồi. Khi món được dọn ra, tôi không thấy chút gì gọi là kem. Sau khi tôi nhắc người phục vụ rằng ca cao của mình thiếu kem béo, anh ta khẳng định bởi kem lắng xuống đáy nên tôi không nhìn thấy nó. Nhưng kem béo có độ đặc thấp và sẽ nổi lên trên mọi thứ chất lỏng mà người ta uống. Thế là tôi đưa ra cho anh phục vụ hai lý giải khả dĩ: hoặc ai đó đã quên cho kem béo vào cốc ca cao nóng của tôi, hoặc

định luật vật lý phổ quát bị thay đổi trong nhà hàng của anh ấy. Chưa tin, anh chàng mang đến một phần kem béo để tự kiểm chứng. Sau khi nhấp nhô một, hai lần, kem béo trôi lên trên, nổi như phao.

Bạn còn cần bằng chứng nào hơn để thấy tính phổ quát của các định luật vật lý?

3. PHẢI CÓ ÁNH SÁNG

Sau vụ nổ lớn, lịch trình chính của vũ trụ là giãn nở, cứ mãi làm loãng độ tập trung của năng lượng đang lấp đầy không gian. Mỗi thời khắc trôi qua, vũ trụ lớn thêm một chút, nguội đi một chút và mờ đi một ít. Trong lúc ấy, vật chất và năng lượng chung sống trong một dạng xúp mờ đục, ở đây các electron chạy rong không giới hạn liên tục là photon tán xạ tứ tung.

Trong suốt 380.000 năm mọi thứ diễn ra như thế.

Ở kỷ nguyên sơ khai ấy, photon chưa di chuyển bao xa đã chạm trán electron. Thuở ấy, nếu nhiệm vụ của bạn là phải nhìn xuyên vũ trụ, bạn sẽ thất bại. Mọi photon bạn trông thấy đều phải phóng đi từ một electron ngay trước mũi bạn mới chỉ vài [nano và pico giây](#) trước đấy thôi. Vì đấy là khoảng cách xa nhất mà thông tin có thể truyền đi trước khi đến mắt bạn, cả vũ trụ chỉ thuần một màn sương mờ đục tỏa sáng theo mọi hướng bạn nhìn. Mặt Trời cũng hành xử tương tự vậy.

Bạn có thể đoán được, nhiệt độ giảm thì hạt chuyển động càng lúc càng chậm. Thế nên đúng vào lúc ấy, khi nhiệt độ vũ trụ lần đầu hạ xuống dưới mức 3.000 độ Kelvin nóng bỏng, electron chậm lại vừa đủ để bị proton đi qua bắt lấy, từ đấy sinh ra cho thế giới những nguyên tử đủ lông đủ cánh, cho phép các photon bị quấy rối trước đó được tự do, di chuyển trên lộ trình không bị gián đoạn dọc ngang vũ trụ.

“Phông nền vũ trụ” này là hiện thân của chút tàn dư ánh sáng từ một vũ trụ sơ khai sôi sục, chói lóa, và ta có thể quy nó về một nhiệt độ, tùy theo các photon trội đại diện cho thang quang phổ nào. Khi vũ trụ tiếp tục nguội, những photon đã sinh ra trong thang quang phổ khả kiến (có thể nhìn thấy

bằng mắt thường) bị mất đi năng lượng vào tay một vũ trụ giãn nở và rồi cuộc trượt xuống trên quang phổ, biến hóa thành photon hồng ngoại. Mặc dù photon ánh sáng khả kiến cứ yếu dần yếu dần, chúng vẫn không ngừng là photon.

Tiếp theo trên quang phổ là gì? Ngày nay, vũ trụ đã giãn nở với hệ số 1.000 kể từ khi photon được thả tự do, và vì thế nền vũ trụ, đến lượt nó, cũng nguội lại với hệ số 1.000. Tất cả mọi photon ánh sáng khả kiến từ kỷ nguyên ấy chỉ còn 1/1.000 sức mạnh. Giờ đây chúng là vi sóng, mà dự vào đây ta rút ra thuật ngữ hiện đại “nền vi sóng vũ trụ” (cosmic microwave background), gọi tắt là CMB. Cứ đà này thẳng tiến thì 50 tỉ năm nữa các nhà vật lý thiên văn rồi sẽ viết về bức xạ nền sóng vô tuyến vũ trụ (cosmic radiowave background).

Khi có thứ gì đó sáng lên vì bị nung nóng, nó sẽ phát ánh sáng đủ mọi thang của quang phổ, nhưng sẽ luôn đạt đỉnh điểm ở đâu đó. Với loại đèn gia dụng thấp sáng bằng dây tóc kim loại, mọi bóng đèn đạt đỉnh ở đoạn hồng ngoại, cũng là tác nhân lớn nhất gây ra hiệu suất thấp khi dùng nó làm nguồn sáng khả kiến. Giác quan của chúng ta phát hiện tia hồng ngoại chỉ qua cảm giác âm ấm trên da. Cuộc cách mạng đèn LED trong công nghệ chiếu sáng tân tiến đã tạo ra ánh sáng khả kiến thuần khiết mà không hao phí điện năng trên những thang bất khả kiến của quang phổ. Nhờ vậy bạn mới bắt gặp mấy câu quảng cáo trên bao bì đại loại: “Đèn LED 7 Watt thay cho đèn sợi đốt 60 Watt.”

Là tàn dư của thứ đã từng một thời sáng rực rỡ, CMB có một “lý lịch” đúng như ta dự đoán là kiểu vật thể phát bức xạ nhưng đang nguội dần: nó đạt đỉnh ở một thang quang phổ nhưng cũng bức xạ ở những thang khác trên quang phổ. Trong trường hợp này, ngoài việc đạt đỉnh ở phần vi sóng, CMB còn phát ra sóng vô tuyến và một số cực ít ỏi photon năng lượng cao.

Vào giữa thế kỷ 19, phân khoa vũ trụ học (cosmology – đừng nhầm với cosmetology là thẩm mỹ học) chẳng có bao nhiêu dữ liệu. Mà khi dữ liệu đã khan hiếm, thì những ý tưởng thông minh, mộng mơ, xung khắc lại tràn đầy.

Sự tồn tại của CMB được dự đoán bởi nhà vật lý học người Mỹ gốc Nga George Gamov và đồng nghiệp vào những năm 1940. Nền tảng cho các ý tưởng này đến từ công trình năm 1927 của nhà vật lý học kiêm linh mục người Bỉ George Lemaître, người thường được công nhận là “cha đẻ” của vũ trụ học vụ nổ lớn. Nhưng chính các nhà vật lý học người Mỹ như Ralph Alpher và Robert Herman, vào năm 1948, mới áng chừng xem nhiệt độ của nền vũ trụ là bao nhiêu. Tính toán của họ căn cứ vào ba trụ cột: 1) thuyết tương đối tổng quát của Einstein năm 1916; 2) phát hiện của Edwin Hubble năm 1929 rằng vũ trụ đang giãn nở; và 3) ngành vật lý nguyên tử đang được phát triển trong phòng thí nghiệm trước và trong Dự án Manhattan, cũng là dự án đã chế tạo bom nguyên tử cho Chiến tranh thế giới thứ hai.

Mặc dù Gamov là người gợi ý rằng vũ trụ từng có một thời nóng hơn, và người ta có thể biết tình trạng vật lý của vũ trụ sơ khai, thì chính Herman và Alpher mới là những người đề xuất nhiệt độ 5 độ Kelvin. À, dự đoán đó đơn giản là sai. Nhiệt độ được đo chính xác của các vi sóng này là 2,725 độ, đôi khi được viết gọn là 2,7 độ, và nếu lười viết số, sẽ chẳng ai trách nếu bạn làm tròn nhiệt độ vũ trụ thành 3 độ.

Hãy dừng lại một chút ở đây. Herman và Alpher dùng kiến thức vật lý nguyên tử vừa mới thu thập được từ phòng thí nghiệm thời bấy giờ để áp dụng vào các điều kiện giả định trong vũ trụ sơ khai. Từ đó, họ suy đoán xuôi thêm hàng tỉ năm về sau, tính toán nhiệt độ hợp lý của vũ trụ hiện tại. Việc dự đoán ấy ngay cả khi được tính xấp xỉ khá xa đáp án thực tế vẫn là thắng lợi đáng kinh ngạc cho tri kiến của loài người. Họ có thể sai lệch đến hàng chục, hàng trăm lần, hay dự đoán thứ gì đó chẳng hề hiện diện ở đấy. Nhận xét về kỳ tích này, nhà vật lý thiên văn người Mỹ J. Richard Gott cho biết, “Dự đoán bức xạ nền tồn tại rồi tính nhiệt độ đúng đến hệ số 2, cũng giống như dự đoán một đĩa bay bề ngang [50 feet](#) sẽ đáp xuống bãi cỏ trong Nhà Trắng, thế mà thay vào đó, một đĩa bay 27 feet lại thực sự xuất hiện.”

Quan sát trực tiếp CMB lần đầu tiên được tình cờ thực hiện vào năm 1964 bởi 2 nhà vật lý người Mỹ, Arno Penzias và Robert Wilson, ở Phòng thí nghiệm Điện thoại Bell (Bell Telephone Laboratories), một chi nhánh

nghiên cứu của AT&T. Vào những năm 1960, mọi người đều biết về vi sóng, nhưng hầu như không ai sở hữu đủ công nghệ để dò tìm chúng. Phòng thí nghiệm Bell, đơn vị tiên phong trong ngành thông tin liên lạc, đã phát triển một ăng-ten cực mạnh có dạng kèn đồng thợ săn riêng cho mục đích này.

Nếu định phát hay nhận tín hiệu, bạn sẽ không muốn bị quá nhiều nguồn tín hiệu khác gây nhiễu. Penzias và Wilson mong muốn đo được độ nhiễu vi sóng nền mà máy của họ thu nhận, hòng cho phép liên lạc rõ ràng, không tạp âm trong băng tần của phổ tần số này. Họ không phải nhà vũ trụ học. Họ là phù thủy công nghệ đang cải tiến một đầu thu vi sóng, không hề biết đến tiên đoán của Gamov, Herman và Alpher.

Thứ mà Penzias và Wilson dứt khoát không tìm kiếm là bức xạ nền vi sóng vũ trụ; họ chỉ cố mở một kênh viễn thông mới cho AT&T.

Penzias và Wilson thực hiện thí nghiệm của mình rồi loại khỏi dữ liệu những nguồn nhiễu sóng mà họ xác định được và biết là đến từ mặt đất hoặc trong vũ trụ, nhưng có một phần tín hiệu không chịu biến mất, mà họ thì chẳng tìm ra được cách khử nó. Cuối cùng họ nhìn vào bên trong lòng chảo ăng-ten thì thấy lũ bồ câu làm tổ ở đấy. Thế nên họ lo rằng một chất điện môi trắng (phân bồ câu) có thể là nguyên do của tín hiệu, vì họ cứ dò trúng tín hiệu này bất kể có chĩa thiết bị dò về hướng nào. Cả hai đành lau sạch chất điện môi ấy thì tiếng nhiễu sóng giảm được chút ít, song vẫn còn tín hiệu sót lại. Bài báo họ công bố năm 1965 trên *Astrophysical Journal* (Tập san Vật lý thiên văn) toàn bộ viết về “nhiệt độ ăng-ten phụ trội”^{*} không thể lý giải này.

Trong lúc đó, một nhóm các nhà vật lý ở Princeton, dẫn đầu là Robert Dicke, đang thiết kế thiết bị dò chuyên dụng để tìm kiếm CMB. Nhưng họ không có được tài nguyên như Phòng thí nghiệm Bell, nên tiến độ công trình hơi chậm hơn. Thời khắc Dicke cùng đồng nghiệp nghe nói đến kết quả của Penzias và Wilson, đội Princeton biết chính xác nhiệt độ ăng-ten phụ trội vừa quan trắc được là gì. Tất cả đều trùng khớp: nhất là nhiệt độ, và việc tín hiệu đến từ mọi hướng trên bầu trời.

Năm 1978, Penzias và Wilson đoạt giải Nobel nhờ phát hiện của họ. Đến năm 2006, hai nhà vật lý thiên văn Jonh C. Mather và George F. Smoot cũng chia nhau giải Nobel nhờ quan trắc CMB trên một phổ dải rộng, đưa vũ trụ học từ một ao làng non nớt chứa các ý tưởng sáng giá mà thiếu kiểm chứng trở thành địa hạt của khoa học thực nghiệm, chính xác.

Vì ánh sáng cần thời gian để đi từ những vùng xa xôi trong vũ trụ đến chúng ta, nên nếu nhìn vào không gia sâu thẳm, ta thật sự có thể thấy được hàng tỉ năm về trước. Do đó nếu những dân cư có trí tuệ ở thiên hà xa tít tắp muốn đo nhiệt độ của bức xạ nền vũ trụ vào thời điểm mắt ta nhìn thấy, họ sẽ có được nhiệt độ cao hơn mức 2,7 độ, bởi họ đang sống ở một vũ trụ trẻ hơn, nhỏ hơn và nóng hơn chúng ta.

Hóa ra bạn có thể thực sự kiểm nghiệm giả thuyết này. Phân tử xyanogen CN (có một thời là thành phần hoạt tính trong chất khí mà đao phủ sử dụng đối với tội phạm sát nhân chịu án tử) bị kích thích khi tiếp xúc với vi sóng. Nếu có vi sóng ấm hơn vi sóng ở trong CMB của chúng ta, chúng sẽ kích thích phân tử nhiều hơn một chút. Trong mô hình vụ nổ lớn, xyanogen ở các thiên hà xa và trẻ hơn ngập trong một nền vũ trụ ấm áp hơn xyanogen ở dải Ngân Hà của chúng ta. Và đó chính xác là điều ta quan sát được.

Bạn không thể bịa ra chuyện này.

Tại sao điều kể trên lại có chút thú vị? Vũ trụ đã mờ đục đến tận 380.000 năm sau vụ nổ lớn, nên bạn không thể chứng kiến cảnh vật chất thành hình, dẫu bạn có ngồi hàng ghế sát sân khấu đi nữa. bạn không thể nhìn thấy nơi mà các cụm thiên hà và khoảng không gian trống đang hình thành. Trước khi bất kì ai có thể nhìn thấy thứ gì đáng thấy, photon phải di chuyển xuyên vũ trụ mà không gặp trở ngại, trong vai trò người vận tải thông tin.

Điểm mà mỗi photon bắt đầu chuyển du hành xuyên vũ trụ chính là vị trí nó đã va đập vào electron cuối cùng đứng cản đường – gọi là “điểm gây tán xạ cuối cùng”. Khi càng nhiều photon thoát ra mà không va đập, chúng

tạo thành “bề mặt” tán xạ cuối, luôn giãn nở và sâu khoảng độ 120.000 năm. Bề mặt đó là nơi tất cả nguyên tử trong vũ trụ được sinh ra: một electron nhập vào một hạt nhân nguyên tử, và một xung năng lượng nhỏ dưới dạng photon vút bay về miền thăm xa màu đỏ hoang vu.

Đến lúc này một số vùng trong vũ trụ đã bắt đầu hợp nhất bởi sức hút hấp dẫn giữa các phần của chúng. Photon nào tán xạ lần cuối khỏi electron trong những vùng này đạt một diện mạo khác, hơi nguội hơn số photon tán xạ khỏi các electron ít va chạm thuộc những vùng vô định. Nơi vật chất tích tụ, cường độ hấp dẫn tăng lên, cho phép càng lúc càng nhiều vật chất tụ hợp. Những vùng này gieo mầm cho sự hình thành siêu cụm thiên hà trong lúc để lại những vùng khác khá trống rỗng.

Khi vẽ ra bản đồ chi tiết cho nền vi sóng vũ trụ, bạn sẽ nhận thấy rằng nó không hoàn toàn trơn nhẵn. Nó vẫn có những điểm hơi nóng hơn và hơi nguội hơn mức trung bình. Rồi bằng cách nghiên cứu biến thiên nhiệt độ này trong CMB – tức là, bằng cách nghiên cứu cấu trúc bề mặt của lần tán xạ cuối – ta có thể suy ra cấu trúc và nội tình vật chất vào thời vũ trụ sơ khai. Ngày nay ta biết vật chất trải khắp không gian như thế nào bởi ta thấy được các thiên hà, cụm và siêu cụm thiên hà lân cận. Để xác định bằng cách nào các hệ này nảy sinh, ta dùng thiết bị dò tín hiệu loại tốt nhất, chính là CMB – một nang thời gian (time capsule) hữu hiệu cho phép nhà vật lý thiên văn tái dựng lịch sử vũ trụ theo chiều ngược lại. Việc nghiên cứu mẫu hình của nó cũng giống như thực hành một dạng não tượng học của vũ trụ, ta sẽ phân tích khối sọ của một vũ trụ sơ sinh.

Khi bị giới hạn bởi những quan sát khác về vũ trụ xa xăm và vũ trụ hiện tại, CMB cho phép bạn giải mã mọi kiểu thuộc tính cơ bản của vũ trụ. So sánh sự phân bố kích cỡ và nhiệt độ giữa những mảng ấm và nguội thì bạn có thể suy ra lực hấp dẫn mạnh đến nhường nào vào thời điểm ấy và vật chất tích tụ nhanh chóng ra sao, qua đó cho phép bạn suy luận có bao nhiêu vật chất thường, vật chất tối và năng lượng tối trong vũ trụ. Từ đây, chẳng khó khăn gì để nói liệu vũ trụ có giãn nở mãi mãi hay không.

Thứ vật chất thông thường chính là những gì tạo nên tất cả chúng ta. Nó có lực hấp dẫn và tương tác với ánh sáng. Vật chất tối là chất bí ẩn tuy có lực hấp dẫn nhưng không tương tác với ánh sáng theo bất kì cách nào mà ta biết. Năng lượng tối là một áp suất huyền bí trong chân không của vũ trụ và hoạt động theo hướng đối nghịch với lực hấp dẫn, buộc vũ trụ giãn nở nhanh hơn tốc độ đáng lẽ của nó.

Kết quả kiểm tra não tưởng cho thấy rằng chúng ta hiểu cách vũ trụ vận hành, nhưng vũ trụ đa phần được làm nên từ những thứ ta mù tịt. Bất kể những mảng mà ta thiếu sự hiểu biết sâu sắc, ngày nay, lần đầu tiên, ngành vũ trụ học đã có một điểm neo đậu, bởi lẽ CMB hé mở cánh cổng cho tất cả chúng ta bước vào: bề mặt tán xạ cuối. Đó là điểm mà vật lý kỳ thú xảy ra, và là nơi ta tìm hiểu về vũ trụ trước và sau khi ánh sáng của nó được thả tự do.

Phát hiện giản đơn về nền vi sóng vũ trụ biến vũ trụ học thành một thứ còn hơn cả chuyện thần thoại. Nhưng chính bản vẽ chi tiết, chính xác của nền vi sóng vũ trụ mới là thứ chuyển hóa vũ trụ học thành bộ môn khoa học hiện đại. Những nhà vũ trụ học có cái tôi rất lớn. Làm sao lại không, một khi nghề nghiệp của bạn là suy luận ra điều gì dẫn đến sự tồn tại của vũ trụ? Khi chưa có dữ liệu, những lý giải của họ chỉ là giả thuyết. Ngày nay, mỗi quan trắc mới, mỗi mẫu dữ liệu, lại tạo nên một thanh gươm hai lưỡi: nó cho phép vũ trụ học lớn mạnh, có được nền tảng như rất nhiều ngành khoa học còn lại, nhưng nó cũng hạn chế các lý thuyết mà người ta đã nghĩ đến khi chưa có đủ cứ liệu để phán xét đúng sai.

Không ngành khoa học nào có thể đạt đến độ hoàn bị mà thiếu điều này.

4. GIỮA NHỮNG THIÊN HÀ

Trong đại danh mục các bộ phận cấu thành vũ trụ, thiên hà là thứ thường được nhắc đến. Những ước lượng gần đây nhất cho thấy rằng vũ trụ quan sát được có thể chứa hàng trăm tỉ thiên hà. Sáng ngời, đẹp dễ và dày đặc sao, thiên hà tô điểm cho khoảng trống tối tăm trong không gian, chẳng khác gì thành phố dọc một đất nước vào ban đêm. Nhưng khoảng không của vũ trụ trống rỗng đến mức nào? (Vùng thôn dã giữa các thành phố trông trải ra sao?) Đúng là các thiên hà đập vào mắt bạn, đúng là chúng xui khiến ta tin không có điều gì khác đáng quan tâm, song vũ trụ còn chứa đựng nhiều thứ khó dò trong quăng giữa các thiên hà. Biết đâu những thứ ấy càng thú vị hơn, hay càng quan trọng hơn đối với sự tiến hóa của vũ trụ, hơn là bản thân các thiên hà.

Tên tiếng Anh dành cho Ngân Hà, thiên hà xoắn ốc của chúng ta, là Milky Way (con đường sữa), dựa theo vẻ ngoài của nó như dòng sữa đổ ra khi ta dưng mắt trần nhìn lên bầu trời đêm nơi Trái Đất*. Phải nói rằng, ngay từ “galaxy” (thiên hà) cũng bắt nguồn từ tiếng Hy Lạp *galaxias* nghĩa là “như sữa”. Bộ đôi thiên hà láng giềng gần chúng ta nhất, cách 600.000 năm ánh sáng, đều nhỏ và có hình dạng không đều. Nhật ký hàng hải của Ferdinand Magellan xác định những vật thể vũ trụ này trong chuyến du hành vòng quanh thế giới nổi tiếng vào năm 1519. Để vinh danh ông, ta gọi chúng là Đám mây Magellan Lớn và Nhỏ, và chúng được nhìn thấy chủ yếu từ Nam bán cầu, trông như hai mảng mây neo đậu đằng sau những vì tinh tú trên trời. Thiên hà lớn hơn thiên hà chúng ta và ở gần chúng ta nhất thì cách một triệu năm ánh sáng, ở bên ngoài những ngôi sao vẽ nên chòm [Andromeda](#). Thiên hà xoắn ốc này, ngày nay được gán cho cái tên Tinh vân

lớn Andromeda (Great Nebula in Andromeda), là một thiên hà song sinh sáng lòa và có phần đồ sộ hơn dải Ngân Hà. Lưu ý rằng tên gọi cho mỗi hệ đều không nhắc đến sự tồn tại của sao: Ngân Hà, Đám mây Magellan, Nebula Andromeda*. Cả ba đều được đặt tên trước khi phát minh ra kính viễn vọng, thế nên vào lúc ấy chúng vẫn chưa bị phân thành những nhóm sao cấu thành chúng.

Như sẽ trình bày rõ hơn ở chương 9, nếu không nhờ lợi ích của kính viễn vọng hoạt động trên nhiều dải tần số ánh sáng thì có lẽ chúng ta vẫn còn tuyên bố không gian giữa các thiên hà là trống rỗng. Nhờ sự hỗ trợ từ thiết bị dò và lý thuyết hiện đại, ta đã khảo sát được vùng thôn dã của vũ trụ và vén mở đủ mọi thứ khó dò tìm: thiên hà lùn (dwarf galaxy), sao bỏ chạy (runaway star), sao bỏ chạy phát nổ, khí phát tia X triệu độ, vật chất tối, thiên hà xanh nhạt, đám mây khí có mặt khắp mọi nơi, hạt tích điện năng lượng cao ngoại hạng, và năng lượng chân không lượng tử bí ẩn. Với danh sách như vậy, ta có thể lập luận rằng tất cả những thứ vui thú nhất trong vũ trụ lại diễn ra ở quãng giữa các thiên hà, thay vì nằm ngay trong các thiên hà ấy.

Trong bất kỳ một thể tích không gian nào được khảo sát cẩn thận, số thiên hà lùn cũng trội hơn số thiên hà lớn với tỉ lệ hơn mười trên một. Bài luận đầu tiên tôi viết về vũ trụ, trong khoảng đầu thập niên 1980, có tiêu đề là *The Galaxy and the Seven Dwarfs* (tạm dịch: Thiên hà và bảy chú lùn), đề cập đến gia đình hàng xóm bé nhỏ của Ngân Hà. Kể từ ấy, con số thống kê các thiên hà lùn trong khu vực đã đếm được lên đến hàng tá. Trong lúc các thiên hà kích cỡ bình thường bao gồm hàng trăm tỉ ngôi sao thì các thiên hà lùn chỉ manh mún một triệu sao, càng khiến ta khó dò tìm chúng gấp một trăm nghìn lần. Chẳng trách đến nay chúng vẫn còn được phát hiện mới ở ngay trước mũi chúng ta.

Hình ảnh thiên hà lùn không còn sản sinh thêm các sao thường trông như những vết lem luốc tí hon tẻ nhạt. Những chú lùn nào vẫn hình thành sao thì đều có hình dạng khác thường và nói hơi phũ phàng thì đều nom như một mớ tàn tạ. Các thiên hà lùn có ba điểm gây khó khăn cho việc dò tìm:

chúng nhỏ, do đó dễ bị bỏ qua khi thiên hà xoắn gợn cảm cứ lôi cuốn sự chú ý của ta. Chúng bị mờ, do đó bị bỏ lỡ trong rất nhiều cuộc khảo sát thiên hà mà người ta cắt bỏ những gì ở dưới một mức độ chói (brightness) định sẵn. Và chúng có mật độ sao thấp bên trong, thế nên khó tương phản so với ánh chói xung quanh đến từ bầu khí quyển ban đêm của Trái Đất và các nguồn sáng khác. Tất cả đều đúng. Nhưng bởi lẽ các chú lùn có số lượng áp đảo hơn thiên hà “bình thường”, có lẽ chúng ta cần điều chỉnh lại định nghĩa thế nào là bình thường.

Bạn sẽ thấy rằng hầu hết các thiên hà lùn (mà ta biết) quanh quẩn gần các thiên hà lớn hơn, quay quanh chúng như thể vệ tinh. Hai Đám mây Magellan đều là một phần trong gia đình lùn của Ngân Hà. Tuy nhiên sinh mệnh của các thiên hà vệ tinh có thể rất gieo neo. Hầu hết mô hình máy tính về quỹ đạo của chúng cho thấy sự phân rã dần dần mà sau rốt sẽ dẫn đến việc những chú lùn xúi quẩy bị xé nát, rồi bị thiên hà chính nuốt chửng. Ngân Hà có dính líu đến ít nhất một vụ ăn tươi đồng loại thế này trong vòng một tỉ năm qua, khi nó tiêu hóa một thiên hà lùn mà tàn tích còn rơi rụng thành dòng suối tinh tú quay quanh trung tâm thiên hà, bên kia những ngôi sao của chòm sao Cung Thủ (Sagittarius). Hệ này được gọi là Sao Lùn Cung Thủ, dù đáng ra nên lấy tên là Bữa Trưa.

Trong một môi trường mật độ cao các cụm thiên hà, hai hay nhiều thiên hà thường va chạm và để lại sau lưng một bãi hoang tàn hoành tráng: những cấu trúc xoắn ốc bị uốn cong đến không thể nhận dạng, những vụ bùng phát sao mới xảy ra tạo thành những vùng được sản sinh từ những va chạm dữ dội của mây khí, và hàng trăm triệu ngôi sao phân tán qua lại sau khi vừa thoát khỏi lực hấp dẫn của cả hai thiên hà ấy. Một số ngôi sao tập hợp thành những kiểu đối tượng có thể gọi là thiên hà lùn. Các ngôi sao khác tiếp tục lên đèn. Khoảng 10% tổng số thiên hà cho thấy bằng chứng một vụ chạm trán hấp dẫn quan trọng từng xảy ra với một thiên hà lớn khác – và con số đó có thể còn cao gấp năm lần ở các thiên hà trong cụm.

Với ngần ấy bát nháo, sẽ có bao nhiêu mảnh thiên hà đổ nát trôi dạt khắp không gian liên thiên hà, đặc biệt là bên trong những cụm thiên hà?

Không ai biết chắc điều này. Việc đo đạc rất khó khăn vì các sao cô lập thì quá mờ không thể phát hiện đơn lẻ được. Chúng ta phải trông cậy vào khả năng dò ra chút ánh sáng mờ nhạt hợp thành từ tia sáng của tất cả các sao cộng lại. Trên thực tế, việc quan sát các cụm giúp ta dò ra các chút ánh sáng ấy trong quãng giữa các thiên hà, nó gợi ý rằng có thể số sao lang thang vô gia cư cũng bằng số sao có bên trong bản thân các thiên hà.

Châm thêm dầu vào cuộc thảo luận này, chúng ta còn (dù không tìm kiếm) phát hiện thấy hơn một tá siêu tân tinh (supernova) đã phát nổ cách rất xa những nơi mà ta cho rằng là thiên hà “chủ nhà” của chúng. Ở những thiên hà bình thường, cứ mỗi ngôi sao phát nổ theo cách này, thì có hàng trăm nghìn cho tới một triệu sao sẽ không phát nổ, do đó siêu tân tinh biệt lập có thể làm lộ toàn bộ quần thể những ngôi sao chưa được dò thấy. Siêu tân tinh là những sao đã tự mình nổ tung thành từng mảnh vụn, trong quá trình ấy, đã tạm thời (trong hơn vài tuần) tăng độ sáng của chúng lên một tỉ lần, làm cho chúng có thể được nhìn rõ từ khắp vũ trụ. Nếu một tá siêu tân tinh vô gia cư là con số khá nhỏ, thì vẫn còn nhiều siêu tân tinh hơn đợi chờ ta khám phá, vì hầu hết công cuộc tìm kiếm chúng sẽ, một cách rất hệ thống, giám sát số thiên hà đã biết chứ không phải các không gian trống.

Còn nhiều điều đáng nói về cụm thiên hà hơn là chỉ những thiên hà cấu thành nên cụm và các ngôi sao bướng bỉnh. Việc đo đạc bằng kính viễn vọng nhạy với tia X đã hé lộ một đám khí liên các cụm, tràn lấp không gian, và có nhiệt độ lên tới hàng chục triệu. Khí này quá nóng đến nỗi nó phát sáng mạnh trong phần tia X của phổ. Chính chuyển động của các thiên hà giàu khí xuyên qua trung gian này rồi sẽ ép buộc chúng từ bỏ khả năng hình thành sao mới. Điều này giải thích mọi chuyện. Nhưng khi bạn tính toán tổng khối lượng hiện diện trong đám khí bị làm nóng này, ở hầu hết cụm thiên hà nó vượt quá khối lượng của tất cả thiên hà trong cụm đến gấp mười lần. Tệ hơn, các cụm tràn ngập vật chất tối, mà thật tình cờ vật chất tối là thứ chứa đựng đến gấp mười lần khối lượng của mọi thứ khác. Nói cách khác, nếu kính viễn vọng quan sát được khối lượng thay vì ánh sáng, thì thiên hà

yêu dấu của chúng ta ở trong cụm thiên hà sẽ trông như đốm sáng tầm phào giữa một khối cầu lực hấp dẫn.

Ở phần còn lại của không gian, bên ngoài các cụm thiên hà, người ta mới phát hiện rằng có một quần thể thiên hà đã lớn mạnh từ cách nay rất lâu. Ta nhìn vũ trụ không phải như những gì nó đang hiện là, mà như những gì nó từng một lần đã là. Như đã ghi nhận ở trên, việc ta phóng tầm mắt vào vũ trụ cũng tương tự như một nhà địa chất học nhìn qua các địa tầng trầm tích, từ đó lịch sử hình thành đất đá được phô bày trước mắt. Khoảng cách vũ trụ quá mênh mông nên thời gian để ánh sáng đến được chúng ta có thể là hàng triệu năm hay thậm chí hàng tỉ năm. Khi vũ trụ chỉ mới đạt nửa số tuổi hiện tại, một giống thiên hà kích cỡ trung bình rất xanh và rất mờ nhạt đã lớn mạnh. Chúng ta thấy chúng. Chúng đúng nghĩa đen là những nơi có từ ngày xưa ngày xưa, đại diện cho những thiên hà xa tít tắp. Màu xanh lam của chúng có từ sự phát sáng của các sao có độ sáng mạnh, nhiệt độ cao, khối lượng cao, tuổi thọ ngắn và vừa mới hình thành. Các thiên hà này nhợt nhạt không chỉ vì chúng ở xa mà còn vì quần thể của các ngôi sao phát sáng bên trong chúng khá thưa thớt. Như những còn khủng long từng đến rồi đi, để lại các loài chim là những hậu duệ duy nhất cho đến hiện tại, các thiên hà xanh nhạt ấy cũng không còn tồn tại nữa, nhưng đoán chừng chúng có phiên bản tương ứng trong vũ trụ ngày nay. Liệu các ngôi sao của chúng có cháy hết? Hay chúng đã trở thành xác chết vô hình phân tán khắp vũ trụ? Chúng có tiến hóa thành thiên hà lùn quen thuộc của ngày nay không? Hay chúng bị nuốt chửng bởi thiên hà khác lớn hơn? Chúng ta không biết, song vị trí của chúng trong dòng thời gian của lịch sử vũ trụ thì chắc chắn có.

Với tất cả những thứ này ở giữa các thiên hà lớn, ta dễ cho rằng một vài trong số đó sẽ cản trở tầm nhìn của ta hướng về những thứ xa hơn. Điều này có thể là vấn đề đối với những vật thể xa xôi bậc nhất vũ trụ., chẳng hạn chuẩn tinh (quasar: tựa như một ngôi sao). Chuẩn tinh là lõi của thiên hà siêu sáng, ánh sáng của nó thường phải di chuyển hàng tỉ năm xuyên không gian trước khi đến được kính viễn vọng của chúng ta. Vì là nguồn sáng cực

kì xa xôi, đây có thể là con chuột thí nghiệm để ta thử dò tìm các món tạp nhạp chặn đường.

Chắc chắn, khi bạn phân tách ánh sáng chuẩn tinh thành các màu thành phần, hé lộ quang phổ, thì quang phổ này khó đọc do có sự hiện diện lẫn lút của mây khí chen ngang. Mọi chuẩn tinh mà ta biết, bất kể tìm thấy nó ở nơi nào trên bầu trời, đều biểu lộ đặc điểm của hàng tá đám mây hydro biệt lập rải rác khắp không gian và thời gian. Loại vật thể liên thiên hà độc nhất này được xác định lần đầu tiên vào quãng đầu thập niên 1980, và tiếp tục là một mảng năng động trong nghiên cứu vật lý thiên văn. Chúng đến từ đâu? Chúng chứa đựng khối lượng tổng cộng bao nhiêu?

Mọi chuẩn tinh mà ta biết đều bộc lộ đặc điểm hydro này, nên ta có thể kết luận rằng đám mây hydro có mặt khắp mọi nơi trong vũ trụ. Và, như ta vẫn trông đợi, chuẩn tinh càng ở xa, càng nhiều mây thể hiện trên phổ. Một số mây hydro (ít hơn 1%) đơn giản chỉ là kết quả quan sát của đường thẳng tầm mắt nhìn chúng ta băng xuyên qua đám khí bên trong một thiên hà có hình dáng bất thường hay một thiên hà xoắn bình thường. Bạn có thể kỳ vọng rằng, dĩ nhiên, ít nhất một vài chuẩn tinh sẽ rơi lại đằng sau ánh sáng của các thiên hà thường, quá xa không thể dò tìm. Nhưng số vật choán đường còn lại thì không nhằm lẫn được, chúng là một loại vật thể vũ trụ.

Trong lúc ấy, những nhà khoa học nghiên cứu ánh sáng chuẩn tinh không phải bằng cách tách màu thành phần đã phát hiện rằng ánh sáng chuẩn tinh có thể đi xuyên qua vùng không gian chứa những lớp vật chất lỏng rộng lớn gây hư hại cho hình ảnh chuẩn tinh. Lớp chất lỏng có khối lượng này thường khó phát hiện bởi nó có thể cấu thành từ vật chất thường, đơn giản là quá mờ và quá xa, hoặc nó có thể là vùng vật chất tối, chiếm lĩnh trung tâm và các vùng xung quanh các cụm thiên hà, chẳng hạn. Dù là trường hợp nào, hể nơi nào có khối lượng thì nơi ấy có trường hấp dẫn. Nơi nào có trường hấp dẫn, nơi ấy có không gian bị uốn cong, theo thuyết tương đối tổng quát của Einstein. Và nơi nào không gian bị uốn cong nó có thể có tác dụng giống như độ cong của thấu kính thủy tinh thông thường, làm thay đổi đường đi của ánh sáng chiếu qua. Quả thật, các chuẩn tinh xa xôi và toàn

bộ thiên hà đều được “chuyển hướng qua thấu kính” của các vật thể tình cờ nằm trên đường thẳng tầm nhìn của kính viễn vọng ở Trái Đất. dựa vào khối lượng của chính thấu kính và tính hình học của sự thẳng hàng dọc đường thẳng tầm mắt nhìn, tác động bẻ cong tia sáng khi qua thấu kính ấy có thể phóng to, bóp méo, hay thậm chí tách nguồn ánh sáng nền thành nhiều hình ảnh, chẳng khác gì những tấm gương biến dạng ở các khu vui chơi.

Một trong số những vật thể xa xôi nhất (mà ta biết) trong vũ trụ lại không phải chuẩn tinh mà là một thiên hà bình thường, ánh sáng mờ mờ của nó đã được phóng đại đáng kể bởi tác động của một thấu kính hấp dẫn chắn đường. Từ đây chúng ta có thể phải dựa vào những kính viễn vọng “liên thiên hà” này để soi vào những địa điểm (và cũng là thời điểm) mà kính viễn vọng thông thường không thể với tới, nhờ đó trong tương lai sẽ lộ ra thêm kỷ lục gia về khoảng cách vũ trụ xa xôi nhất.

Chẳng ai lại không thích không gian liên thiên hà, nhưng nó có thể rất nguy hại cho sức khỏe nếu bạn quyết định đi đến đấy. Tạm bỏ qua thực tế rằng bạn sẽ bị chết cứng khi cơ thể ấm áp của bạn cố đạt tới điểm cân bằng nhiệt với vũ trụ lạnh 3 độ. Và bỏ qua luôn thực tế rằng tế bào máu sẽ nổ tung trong lúc bạn chết ngạt vì không có áp suất khí quyển. Đây là những mối nguy bình thường. Xét trên phương diện biến cố lạ, không gian liên thiên hà thường xuyên bị chọc thủng bởi những hạt hạ nguyên tử điện tích cao, di chuyển nhanh và có năng lượng cao ngoại hạng. Ta gọi chúng là tia vũ trụ. Các hạt có năng lượng cao nhất trong số này sở hữu năng lượng cao gấp hàng trăm triệu lần so với năng lượng tạo ra trong các máy gia tốc hạt lớn nhất thế giới. Nguồn gốc của chúng vẫn tiếp tục là bí ẩn, nhưng hầu hết những hạt tích điện này là proton, hạt nhân của nguyên tử hydro, di chuyển ở vận tốc 99,999999999999999999% tốc độ ánh sáng. Đáng nói, chỉ hạt hạ nguyên tử này cũng mang đủ năng lượng để đánh tung một quả bóng golf từ bất cứ nơi đâu trên thảm cỏ xanh bay lọt vào lỗ.

Có lẽ biến cố lạ nhất ở quãng giữa (và trong số) các thiên hà trong khoảng chân không của không gian và thời gian là đại dương sôi sục những hạt ảo – cặp vật chất-phản vật chất không thể dò tìm được và cứ thoát cái

hiện hữu, thoát cái lại biến đi. Dự đoán dị thường này của cơ học lượng tử đã được gán cho cái tên “năng lượng chân không”, biểu lộ như một áp suất hướng ra bên ngoài, tác dụng phản lại lực hấp dẫn, và tăng trưởng mạnh nhất khi thiếu vắng hoàn toàn vật chất. Việc vũ trụ đang tăng tốc, năng lượng tối hiện thân, có thể được thúc đẩy bởi hoạt động từ thứ năng lượng chân không này.

Đúng vậy, không gian liên thiên hà là nơi có hoạt động, và mãi mãi sẽ là như vậy.

5. VẬT CHẤT TỐI

Lực hấp dẫn, lực tự nhiên quen thuộc nhất, đem đến cho ta hiện tượng tuyệt vời nhất đồng thời ít được hiểu biết nhất trong tự nhiên. Phải cần đến cá nhân lỗi lạc và có sức ảnh hưởng hàng đầu thiên niên kỷ như Isaac Newton để nhận ra rằng “tác động từ xa” bí ẩn của lực hấp dẫn xuất phát từ hiệu ứng tự nhiên của từng mảnh vật chất, và rằng lực thu hút giữa hai vật thể bất kỳ có thể được miêu tả bằng một phương trình đại số đơn giản. Phải cần đến cá nhân lỗi lạc và có sức ảnh hưởng hàng đầu thế kỷ vừa qua là Albert Einstein để chứng minh rằng ra có thể miêu tả chính xác hơn tác động từ xa của tương tác hấp dẫn bằng một sự uốn cong trong kết cấu không-thời gian, được thực hiện bởi bất kỳ dạng tổ hợp nào của vật chất và năng lượng. Einstein chứng minh rằng lý thuyết của Newton cần vài chỉnh sửa để miêu tả tương tác hấp dẫn cho chính xác – để dự đoán, chẳng hạn, tia sáng sẽ uốn cong bao nhiêu khi chúng đi ngang một vật thể có khối lượng. Mặc dù phương trình của Einstein màu mè hơn của Newton, chúng lại phù hợp rất tuyệt vời với thứ vật chất mà ta đã biết và yêu mến. Thứ vật chất mà ta có thể nhìn, sờ, cảm nhận, ngửi, và thi thoảng còn nếm nữa.

Chưa biết được ai sẽ là bậc thiên tài kế tiếp, nhưng gần một thế kỷ nay, chúng ta vẫn luôn chờ đợi một người có khả năng giải thích cho ta biết tại sao một lượng lớn tất cả lực hấp dẫn mà ta đo được trong vũ trụ - gần 85% - lại bắt nguồn từ những chất mà đáng lẽ không tương tác với vật chất hay năng lượng “của chúng ta”. Hay biết đâu lực hấp dẫn “dôi ra” này không phải đến từ vật chất hay năng lượng gì cả, mà khởi nguồn từ một khái niệm nào khác. Dù sao đi nữa, về cơ bản ta hoàn toàn không có manh mối gì. Ngày nay ta thấy mình chẳng tiến đến gần câu trả lời hơn chút nào so với

khi vấn đề về “khối lượng bị thiếu” này lần đầu được nhà vật lý thiên văn Bulgaria – Thụy Sĩ – Hoa Kỳ là Fritz Zwicky phân tích đầy đủ vào năm 1937. Ông giảng dạy tại Viện Công nghệ California trong hơn 40 năm, kết hợp vốn hiểu biết sâu rộng về vũ trụ của mình với những phương pháp biểu đạt phong phú và khả năng gây thù chuốc oán rất ấn tượng đối với đồng nghiệp.

Zwicky nghiên cứu chuyển động của các thiên hà đơn lẻ bên trong một cụm thiên hà hoành tráng, nằm ở tít ngoài những ngôi sao cục bộ của dải Ngân Hà, hình thành nên chòm sao Hậu Phát (Coma Berenices, nghĩa là “tóc của Berenice” – một nữ hoàng Ai Cập thời cổ đại). Cụm Coma này, theo cách ta quen gọi, là một tập hợp thiên hà đông đúc cách Trái Đất khoảng 300 triệu [năm ánh sáng](#). Hàng nghìn thiên hà của nó quay quanh trung tâm của cụm, di chuyển theo mọi hướng như những con ong bay vòng quanh tổ. Sử dụng vận động của vài tá thiên hà làm những dấu ghi dấu vết cho trường hấp dẫn kết nối toàn bộ cụm, Zwicky phát hiện ra rằng vận tốc trung bình của chúng đạt một giá trị cao phát ngất. Vì lẽ tương tác hấp dẫn lớn hơn sẽ gây ra vận tốc cao hơn cho vật thể mà nó hút, nên Zwicky suy ra cụm Coma có một khối lượng phi thường. Để kiểm tra độ thực tiễn của con số đó, bạn có thể tính tổng khối lượng của từng thiên hà thành viên mà bạn thấy. Và mặc dù Coma xếp vào hàng những cụm thiên hà quy mô, đồ sộ bậc nhất vũ trụ, thì nó vẫn không chứa đủ số thiên hà khả kiến để giải thích cho tốc độ quan sát được mà Zwicky đã tính.

Tình huống này tệ đến mức nào? Có phải định luật hấp dẫn mà ta biết đã phụ lòng ta?

Chúng hẳn nhiên vẫn có hiệu lực trong hệ Mặt Trời. Newton chứng minh được rằng bạn có thể tính được chỉ có một vận tốc duy nhất mà một hành tinh ở cách Mặt Trời một khoảng cách bất kỳ phải có để giữ quỹ đạo ổn định, nếu không nó sẽ rơi vào Mặt Trời hay tăng lên một quỹ đạo xa hơn. Hóa ra, nếu ta có thể tốc độ quay của Trái Đất đến một giá trị lớn hơn căn bậc hai của hai ($1,4142\dots$) nhân cho giá trị hiện tại của nó, hành tinh của chúng ta sẽ đạt được “vận tốc thoát ly” và hoàn toàn rời bỏ hệ Mặt Trời. Ta

có thể áp dụng cùng lập luận này cho những hệ lớn hơn, chẳng hạn như dải Ngân Hà của chúng ta, nơi các sao di chuyển theo quỹ đạo tương ứng với lực hấp dẫn từ mọi sao khác, hay áp dụng trong cụm thiên hà, nơi mỗi thiên hà cũng sẽ cảm nhận lực hấp dẫn từ mọi thiên hà khác. Trên tinh thần ấy, giữa trang sổ tay ghi chép công thức, Einstein viết một đoạn văn vắn vắn như sau để tỏ lòng tôn kính Isaac Newton (bản gốc tiếng Đức nghe có âm hưởng hơn):

Ngước nhìn trời cao ta sẽ thấy
Suy nghĩ bậc thầy đến ngay đây
Mỗi ngôi sao thuận theo Newton tính
Mà lặng im di chuyển đúng lộ trình.*

Khi kiểm tra cụm Coma, như Zwicky đã thực hiện trong những năm 1930, chúng tôi phát hiện rằng các thiên hà thành viên đều di chuyển nhanh hơn vận tốc thoát ly của cụm. Cụm này vì thế lẽ ra phải thẩm thoát tản mác sau vài trăm triệu năm, chẳng chừa lại được bao nhiêu dấu vết của cái tổ ong từng tồn tại, chứ đừng nói đến một tỉ năm trôi qua. Thế mà nó lại hơn mười tỉ năm tuổi rồi, gần bằng số tuổi của vũ trụ ấy chứ. Từ đây sinh ra một bí ẩn chưa có lời giải dài lâu nhất tính đến nay trong ngành vật lý thiên văn.

Qua hàng thập kỷ sau công trình của Zwicky, các cụm thiên hà khác cũng bộc lộ cùng một vấn đề, do đó không thể quy rằng Coma là trường hợp dị biệt. Vậy ta phải quy trách nhiệm cho ai hay cái gì? Newton ư? Tôi không nghĩ thế, không phải bây giờ. Lý thuyết của ông đã được kiểm nghiệm trong 250 năm và vượt qua mọi bài kiểm tra. Einstein ư? Không. Lực hấp dẫn đáng gờm của các cụm thiên hà vẫn không đủ cao để buộc phải đánh đổ toàn bộ thuyết tương đối tổng quát của Einstein, một lý thuyết vừa mới được hai mươi tuổi tại thời điểm khi Zwicky thực hiện nghiên cứu của mình. Có lẽ “khối lượng bị thiếu” cần để kết nối các thiên hà của cụm Coma quả có tồn tại, nhưng trong một dạng thức vô hình mà ta chưa biết được. Ngày này, chúng ta đồng thuận về biệt danh “vật chất tối”, không nhắc gì đến phần nào

bị thiếu, mà hàm ý rằng hẳn phải tồn tại một loại vật chất mới, đang chờ ta khám phá, nó cung cấp lực hấp dẫn phụ trội để giữ cho các thiên hà gắn kết trong cụm.

Vào lúc các nhà vật lý thiên văn đã chấp nhận xem vật chất tối mà một bí ẩn trong cụm thiên hà, vấn đề lại một lần nữa ngóc cái đầu vô hình dậy. Năm 1976, Vera Rubin, nhà vật lý thiên văn thuộc Viện Carnegie ở Washington, đã khám phá ra một hiện tượng “khối lượng bị thiếu” dị thường tương tự xảy ra trong chính các thiên hà xoắn. Khi nghiên cứu tốc độ các ngôi sao quay quanh trung tâm thiên hà, Rubin lần đầu đã phát hiện điều bà trông đợi: trong cái đĩa khả kiến của mỗi thiên hà, các ngôi sao càng xa trung tâm thì di chuyển với tốc độ càng lớn hơn các ngôi sao ở gần bên trong. Giữa các ngôi sao ở xa hơn và trung tâm thiên hà có nhiều vật chất (sao và khí) hơn, cho phép tốc độ di chuyển cao hơn trên quỹ đạo. Tuy nhiên, bên ngoài cái đĩa phát sáng của thiên hà, các nhà thiên văn học vẫn có thể tìm thấy nhiều đám mây khí biệt lập và một số ngôi sao sáng. Dùng những vật thể này làm chỉ dấu cho trường hấp dẫn ngoại vi của hầu hết các phần phát sáng trong thiên hà, nơi không có vật chất khả kiến nào góp mặt vào tổng khối lượng, Rubin phát hiện ra tốc độ trên quỹ đạo của chúng, con số đáng lẽ nên bị tụt xuống bởi khoảng cách xa dần đến vô định thực chất vẫn còn cao.

Những thể tích phần lớn trống rỗng trong không gian như thế này – những vùng quê khuất nẻo của mỗi thiên hà – đều chứa quá ít vật chất có khả năng nhìn thấy đến nỗi ta không thể giải thích tốc độ quay cao dị thường trên quỹ đạo của các chỉ dấu. Rubin lý luận chính xác rằng một số dạng vật chất tối ắt hẳn phải nằm ở những vùng xa thẳm này, rất xa bên ngoài đường viền khả kiến của mỗi thiên hà xoắn. Nhờ có công trình của Rubin, ngày nay chúng ta gọi những vùng bí ẩn này là “quầng vật chất tối.”

Quầng vật chất tối này hiện diện ngay trước mũi chúng ta, ở ngay tại Ngân Hà. Từ thiên hà này đến thiên hà kia và từ cụm thiên hà này qua cụm thiên hà khác, chênh lệch giữa khối lượng vật thể khả kiến và tổng khối lượng vật thể tính theo lực hấp dẫn dao động từ một vài lần cho đến (trong

vài trường hợp) hàng trăm lần. Khắp vũ trụ, sự chênh lệch bình quân khoảng sáu lần : vật chất tối của vũ trụ gấp khoảng sáu lần tổng khối lượng tất cả vật chất khả kiến.

Nghiên cứu sâu hơn cho thấy vật chất tối không thể bao gồm vật chất thông thường mà vì lý do gì đó trở nên ít sáng hoặc không phát sáng. Kết luận này dựa trên hai hướng lý luận. Thứ nhất, ta gần như chắc chắn có thể loại trừ những ứng viên quen thuộc, giống như cảnh nghi phạm dàn hàng ngang trong đồn chờ nhận diện. Có thể nào vật chất tối trú ngụ bên trong lỗ đen? Không, thiết nghĩ chúng tôi hẳn sẽ phát hiện ngân này lỗ đen qua hiệu ứng hấp dẫn của chúng lên các sao gần đó. Có thể nào đó là các đám mây đen? Không, chúng sẽ hấp thụ, không thì cũng tương tác với ánh sáng từ những ngôi sao đằng sau, mà vật chất tối chính cống không phải như vậy. Có thể nào đây là những hành tinh, tiểu hành tinh, sao chổi lang thang liên sao (hoặc liên thiên hà), mà tất cả đều không tự phát ra ánh sáng? Khó mà tin vũ trụ lại chế tạo số lượng hành tinh có khối lượng gấp sáu lần so với số ngôi sao. Như thế đồng nghĩa cứ mỗi ngôi sao trong thiên hà sẽ đi kèm sáu nghìn Sao Mộc, hoặc kinh dị hơn, hai triệu Trái Đất. Trong Thái Dương hệ của chúng ta, chẳng hạn, mọi thứ không phải Mặt Trời cộng lại vẫn chưa đầy 0,2% khối lượng Mặt Trời.

Nhiều bằng chứng trực tiếp hơn cho tính chất lạ lùng của vật chất tối nằm ở lượng tương đối của hydro và heli trong vũ trụ. Cùng nhau, những con số này cung cấp một “vân tay vũ trụ” mà vũ trụ sơ khai đã in dấu lại. Tính xấp xỉ, phản ứng tổng hợp hạt nhân trong vài phút đầu sau vụ nổ lớn đã để lại tỉ lệ một hạt nhân heli trên bốn hạt nhân hydro (bản thân chúng đơn giản chỉ là các proton). Tính toán cho thấy rằng nếu hầu hết vật chất tối dự phần vào phản ứng tổng hợp hạt nhân, thì lượng heli trên hydro trong vũ trụ phải lớn hơn nhiều. Từ đây ta kết luận rằng hầu hết vật chất tối – kéo theo đó, hầu hết khối lượng trong vũ trụ - không tham gia vào phản ứng tổng hợp hạt nhân, nên bị loại khỏi hàng vật chất “bình thường”, vốn cốt yếu là thứ sẵn sàng tham gia các lực hạt nhân và nguyên tử, những lực hình thành vật chất như ta biết. Quan sát chi tiết về bức xạ nền vi sóng vũ trụ - nó cho phép

kiểm nghiệm riêng kết luận này – xác nhận kết quả : vật chất tối và phản ứng tổng hợp hạt nhân không thể dung hòa.

Do đó, cố lắm chúng ta hình dung rằng, vật chất tối không đơn thuần gồm vật chất có đặc điểm là tối. Thay vào đó, nó còn là thứ gì rất khác. Vật chất tối tác dụng lực hấp dẫn tuân theo cùng quy luật với vật chất thông thường, nhưng nó ít có hoạt động nào khác để cho chúng ta dò tìm ra. Dĩ nhiên, ta bị bó hẹp bởi lối phân tích này do không biết được vật chất tối là gì. Nếu mọi khối lượng đều có lực hấp dẫn, liệu mọi lực hấp dẫn cũng có vật chất chẳng? Chúng ta không biết. Tên gọi “vật chất tối” giả định sự tồn tại của một dạng vật chất mà ta chưa hiểu nổi. Nhưng biết đâu chẳng có gì là sai với thứ vật chất ấy cả, biết đâu lực hấp dẫn mới chính là cái ta không hiểu.

Sự sai biệt giữa vật chất thường và vật chất tối biến đổi mạnh từ môi trường vật lý thiên văn và đến môi trường khác, nhưng nó rõ rệt nhất đối với những thực thể lớn chẳng hạn như thiên hà hay cụm thiên hà. Đối với những vật thể rất nhỏ như Mặt Trăng và hành tinh, không tồn tại sai biệt nào. Lực hấp dẫn bề mặt của Trái Đất, chẳng hạn, có thể được giải thích hoàn toàn bằng những thứ dưới chân ta. Nếu bạn bị thừa cân trên Trái Đất, đừng đổ lỗi cho vật chất tối. Vật chất tối cũng chẳng can hệ gì đến quỹ đạo của Mặt Trăng quanh Trái Đất, hay chuyển động của các hành tinh quanh Mặt Trời – nhưng như đã thấy, ta cần nó để giải thích vận động của các ngôi sao xung quanh trung tâm thiên hà.

Liệu có một kiểu vật lý về lực hấp dẫn nào khác để vận hành ở tầm mức thiên hà hay không? Có lẽ không. Đúng hơn, vật chất tối bao gồm vật chất mà ta chưa đoán định được bản chất và chúng tập hợp một cách khuếch tán hơn vật chất thường. Nếu không phải vậy, ta đã có thể phát hiện ra lực hấp dẫn của những mẫu vật chất tối có mật độ chắc nịch xuất hiện lấm chấm trong vũ trụ - sao chổi vật chất tối, hành tinh vật chất tối, thiên hà vật chất tối. Theo những hiểu biết đến nay của ta, sự việc không phải như thế.

Ta biết được rằng thứ vật chất thân thuộc với ta trong vũ trụ - thứ làm nên sao, hành tinh và sự sống – chỉ là một lớp kem phủ mỏng tang trên chiếc

bánh ngọt của vũ trụ, là những chiếc phao khiêu nhường trôi nổi trên đại dương vũ trụ mênh mông của một thứ gì đó chừng như là hư vô.

Suốt nửa triệu năm đầu sau vụ nổ lớn, đơn thuần chỉ tương đương một cái chớp mắt trong cú quét dài 14 tỉ năm của lịch sử vũ trụ, vật chất trong vũ trụ đã bắt đầu hòa hợp thành những khối về sau sẽ trở thành cụm và siêu cụm thiên hà. Nhưng vũ trụ còn tăng gấp đôi kích cỡ trong vòng nửa triệu năm kế tiếp, và tiếp tục phát triển sau đó. Vũ trụ giãn nở giúp sáp nhập hai hiệu ứng cạnh tranh nhau: lực hấp dẫn muốn làm mọi thứ đặc lại, nhưng vũ trụ giãn nở thì muốn làm loãng mọi thứ ra. Nếu thử tính thì bạn sẽ nhanh chóng suy luận rằng lực hấp dẫn từ vật chất thường không thể tự mình chiến thắng trận chiến này. Nó cần vật chất tối ra tay tương trợ, nếu không chúng ta sẽ phải sống – nói đúng hơn thì không sống – trong một vũ trụ phi cấu trúc: không cụm, không thiên hà, không tinh tú, không hành tinh, không con người. Nó cần bao nhiêu lực hấp dẫn từ vật chất tối? Gấp sáu lần lượng mà vật chất thường cung cấp. Đúng bằng lượng mà ta đo được trong vũ trụ. Cách phân tích này không nói cho ta biết vật chất tối là gì, chỉ là tác động của vật chất tối có thật và rằng, dù cố đến đâu, bạn không thể quy tác động đó cho vật chất thường.

Vậy nên vật chất tối là kẻ nửa bạn nửa thù của chúng ta. Ta không biết tí gì về nó. Cảm giác có hơi bức bối. Nhưng ta tha thiết cần đến nó trong các phép tính để đi đến sự miêu tả chính xác về vũ trụ. Thường thì nhà khoa học không thoải mái lắm mỗi khi chúng ta phải tính toán dựa trên khái niệm ta chưa hiểu rõ, nhưng nếu bắt buộc thì ta phải làm thôi. Mà vấn đề vật chất tối không phải lần đầu tiên ta leo lên lưng cọp. Chẳng hạn, vào thế kỷ 19, chúng ta đã quan sát các vì sao, thu được phổ của chúng, và phân loại chúng rất lâu trước khi cơ học lượng tử xuất hiện vào thế kỷ 20, là thứ đem đến cho ta hiểu biết bằng cách nào và tại sao mà các phổ lại hiện lên như vậy.

Những người luôn luôn hoài nghi có thể so sánh vật chất tối ngày nay với giả thuyết về “ête”, một chất được đề ra trong thế kỷ 19 mà ngày nay đã bị khai tử, nó trong suốt, không trọng lượng, lan tỏa khắp chân không của vũ trụ, là chất trung gian cho ánh sáng đi qua. Mãi đến khi Albert Michelson và

Edward Morley ở Đại học Case Western Reserve thực hiện thí nghiệm nổi tiếng năm 1887 ở Cleveland và chứng minh điều ngược lại, thì các nhà khoa học vẫn còn quả quyết rằng ether phải tồn tại, dù cho chẳng có tí ti bằng chứng nào ủng hộ giả định này. Vì là sóng, ánh sáng được cho rằng nó cần có một chất trung gian để qua đó lan truyền năng lượng, cũng như âm thanh cần không khí hay một chất nào đó để truyền sóng. Nhưng hóa ra ánh sáng có thể thoải mái di chuyển qua chân không, một môi trường thiếu vắng bất kỳ phương tiện nào để truyền tải nó. Không như sóng âm là dạng sóng có dao động không khí, người ta phát hiện ra sóng ánh sáng là những gói năng lượng tự lan truyền.

Nhưng sự thiếu hiểu biết về vật chất tối khác biệt cơ bản với sự thiếu hiểu biết về ether. Ether vốn là khái niệm ra tạm dùng do kiến thức chưa thấu đáo, trong khi sự tồn tại của vật chất tối không đơn thuần đến từ giả định mà đến từ những hiệu ứng quan sát được do lực hấp dẫn của nó tác động lên vật chất khả kiến. Chúng ta không phát minh ra vật chất tối từ thinh không; thay vào đó, ta suy luận ra rằng sự tồn tại của nó, dựa trên những dữ liệu quan sát thực nghiệm. Vật chất tối cũng chân thực như hàng nghìn ngoại hành tinh (hành tinh ngoài hệ Mặt Trời) được phát hiện quay quanh các ngôi sao khác Mặt Trời. Hầu hết chúng đều được phát hiện chỉ bằng tác dụng hấp dẫn của chúng lên các ngôi sao chủ nhà chứ không phải từ việc đo trực tiếp ánh sáng của chúng. Trường hợp tệ nhất có thể xảy ra là ta khám phá rằng vật chất tối chẳng có chút xíu vật chất nào cả, mà toàn thứ gì khác. Có thể nào ta đang chứng kiến hiệu ứng của các lực đến từ một chiều không gian khác? Có phải ta cảm nhận lực hấp dẫn thông thường của thứ vật chất thông thường đang vượt qua lớp màng của một vũ trụ ma nằm sát bên vũ trụ của ta? Nếu vậy, chẳng có lý do gì để không xem đây là một vũ trụ lân cận, trong số tổ hợp vũ trụ vô hạn làm nên đa vũ trụ. Nghe thật lạ lẫm và khó tin. Nhưng có điên rồ hơn chút nào so với những đề xuất đầu tiên rằng Trái Đất quay quanh Mặt Trời? Rằng Mặt Trời là một trong hàng trăm tỉ ngôi sao trong Ngân Hà? Hay Ngân Hà chẳng hơn gì một trong hàng trăm tỉ thiên hà có trong vũ trụ?

Dù bất cứ lời giải thích kỳ ảo nào trên đây có được sự chứng minh là đúng, thì chẳng có gì có thể thay đổi sự vay mượn thành công lực hấp dẫn của vật chất tối vào các phương trình mà ta đang sử dụng nhằm thấu hiểu sự hình thành và tiến hóa của vũ trụ.

Những người luôn hoài nghi khác có thể tuyên bố rằng “trăm nghe không bằng một thấy”. Một lẽ sống mà trong nhiều trường hợp rất hiệu quả, bao gồm kỹ thuật cơ khí, câu cá, và có lẽ hẹn hò nữa. Xem ra cũng tốt cho cư dân Missouri*. Nhưng nó không làm nên khoa học tốt. Khoa học không chỉ có nhìn, mà còn có đo đạc – tốt nhất là đo bằng thứ gì đó *không phải* đôi mắt của bạn, vì đôi mắt gắn chặt với hành trang của não bộ bạn rồi. Hành trang ấy vẫn luôn là cái gùi chứa đựng những ý tưởng đã được mường tượng sẵn, những quan điểm chỉ có được sau khi não đã hình dung ra, những tưởng tượng chưa được kiểm tra bằng cách tham chiếu tới các dữ liệu khác, và lại còn thêm thành kiến.

Ba phần tư thế kỷ qua, sau khi chống đối mọi nỗ lực dò tìm trực tiếp từ Trái Đất, vật chất tối vẫn còn trụ lại cuộc chơi. Các nhà vật lý hạt tự tin rằng vật chất tối gồm một thể loại rất mà quái những hạt chưa được phát hiện, tương tác với vật chất thông qua lực hấp dẫn, nhưng ngoài ra thì tương tác rất yếu hoặc hầu như không tương tác với vật chất hoặc ánh sáng. Nếu bạn thích đánh cược bằng vật lý, lựa chọn này có vẻ là một canh bạc ngon ăn. Những máy gia tốc hạt lớn nhất thế giới đang cố gắng chế tạo hạt vật chất tối giữa đám mảnh vụn các hạt sau va chạm. Và các phòng thí nghiệm có thiết kế đặc biệt được chôn sâu dưới lòng đất thì đang cố dò tìm hạt vật chất tối theo cách thụ động, phòng khi chúng từ không gian lang thang lạc đến. Địa điểm đặt dưới lòng đất đương nhiên che chắn cho thiết bị khỏi những hạt vũ trụ mà ta biết, những hạt này có thể chạy vào máy dò và mạo danh là vật chất tối.

Mặc dù tất cả những thứ này có thể chỉ là một quả bom xịt, thì ý tưởng về một thứ hạt vật chất tối khó nắm bắt cũng từng có tiền lệ tốt. Neutrino, chẳng hạn, đã được tiên đoán và sau đó được phát hiện, mặc dù chúng có tương tác cực kỳ yếu với vật chất thường. Luồng neutrino dồi dào từ Mặt

Trời – cứ hai neutrino trên mỗi lần hợp hạch tạo ra heli từ hydro trong lõi nhiệt hạch của Mặt Trời – thoát ra khỏi Mặt Trời mà không bị Mặt Trời quấy nhiễu, du hành qua chân không vũ trụ với vận tốc gần bằng tốc độ ánh sáng, sau đó xuyên qua Trái Đất như thể Trái Đất không hề tồn tại. Thống kê: suốt ngày đêm, hàng trăm tỉ neutrino từ Mặt Trời đã đi xuyên qua từng xentimét vuông trên cơ thể bạn, mỗi giây, mà không để lại dấu vết tương tác nào với nguyên tử trong cơ thể. Mặc cho tính khó nắm bắt này, rốt cuộc neutrino vẫn có thể bị chặn lại trong những tình huống đặc biệt. Và nếu như bạn có thể chặn được một hạt dừng lại, bạn đã dò được nó.

Hạt vật chất tối có thể tự lộ tung tích qua các tương tác hiếm như vậy, hay, còn đáng ngạc nhiên hơn, chúng có thể biểu lộ thông qua những lực khác ngoài lực hạt nhân mạnh, lực hạt nhân yếu, lực điện từ. Ba lực này , cộng thêm lực hấp dẫn, hoàn chỉnh bộ tứ siêu đẳng các lực của vũ trụ, làm trung gian cho tất cả tương tác giữa và trong số các hạt. Thế nên các lựa chọn đã rõ. Hoặc hạt vật chất tối phải chờ đến khi chúng ta phát hiện và kiểm soát một lực mới hay một loại lực mới để hạt của chúng thông qua đó mà tương tác, không thì các hạt vật chất tối phải tương tác qua các lực thông thường, nhưng ở mức yếu kinh hồn.

Vậy, hiệu ứng của vật chất tối là có thật. Chúng ta chỉ không biết nó là gì. Vật chất tối có vẻ không tương tác thông qua lực hạt nhân mạnh, nên nó không thể tạo hạt nhân. Nó không cho thấy tương tác thông qua lực hạt nhân yếu, thứ mà ngay cả chập chờn như neutrino còn thể hiện. Nó không có vẻ tương tác với lực điện từ, nên nó không tạo ra phân tử và nén lại thành những quả bóng vật chất tối đậm đặc. Nó cũng không hấp thụ, phát, phản chiếu hay tán xạ ánh sáng. Như ta đã biết ngay từ đầu, vật chất tối quả thực có tạo ra lực hấp dẫn, mà qua đó vật chất thường đáp ứng theo. Nhưng chỉ có vậy. Bao nhiêu năm qua, ta vẫn chưa khám phá ra nó có làm gì khác.

Giờ đây, ta vẫn tạm hài lòng đồng hành cùng vật chất tối như một người bạn kỳ dị, rồi cầu viện nó giúp đỡ khi nào, ở đâu và vũ trụ buộc ta dùng đến.

6. NĂNG LƯỢNG TỐI

Như thế chưa đủ chuyện để lo, trong những thập niên gần đây người ta còn phát hiện rằng vũ trụ gây ra một áp suất bí ẩn phát sinh từ chân không và tác dụng lại lực hấp dẫn vũ trụ. Không chỉ vậy, “lực hấp dẫn âm” này rất cuộc sẽ giành chiến thắng trong trận kéo co, vì nó buộc vũ trụ giãn nở theo gia tốc lũy thừa.

Nếu gặp phải những ý tưởng xoắn não nhất của vật lý thế kỷ 20, cứ đổ lỗi cho Einstein.

Albert Einstein gần như chẳng bước chân vào phòng thí nghiệm, ông không kiểm nghiệm hiện tượng hay sử dụng công cụ tính vi. Ông là một nhà lý thuyết đã hoàn thiện phương pháp “thí nghiệm tư duy”, trong đó ta dàn xếp tự nhiên trong trí tưởng tượng, bằng cách sáng chế một tình huống hay mô hình rồi sau đó vạch ra hệ quả từ nguyên lý vật lý. Ở Đức trước Thế chiến thứ hai, hầu hết các nhà khoa học thuộc nòi giống “ưu việt” quan niệm rằng ngành vật lý tiến hành trong phòng thí nghiệm được xếp thứ hạng cao cấp hơn vật lý lý thuyết. Các nhà vật lý học người Do Thái đều bị dồn xuống cái hố cát hạ cấp là lý thuyết và bị bỏ mặc phải tự lực cánh sinh. Thế mà hãy xem hố cát ấy đã biến chuyển ra sao.

Cũng như trường hợp Einstein, nếu mô hình của nhà vật lý hướng đến việc miêu tả toàn thể vũ trụ, thì việc kiểm soát mô hình này nên tương đương với việc kiểm soát chính vũ trụ. Những người quan sát và những người theo chủ nghĩa thực nghiệm sau đó có thể ra ngoài tìm kiếm những hiện tượng do mô hình ấy dự đoán. Nếu mô hình có sai sót, hay nếu nhà lý thuyết mắc lỗi trong tính toán, thì người quan sát sẽ vạch ra được khoảng

vênh giữa tiên đoán của mô hình với cách mọi sự diễn biến trong vũ trụ thực. Đây là dấu hiệu đầu tiên để nhà lý thuyết quay về điểm xuất phát, điều chỉnh mô hình cũ hoặc tạo ra một cái mới.

Một trong những mô hình lý thuyết mạnh nhất và vươn xa nhất từng được sáng chế, mà các trang trước đã giới thiệu qua, là thuyết tương đối tổng quát (general theory of relativity) của Einstein – các chuyên gia lười nhác thường gọi tắt nó là GR. Được công bố năm 1916, GR phác ra những chi tiết toán học về cách vạn vật trong vũ trụ di chuyển dưới tác dụng của lực hấp dẫn. Cứ vài năm, các nhà khoa học trong phòng thí nghiệm lại chế thêm nhiều thí nghiệm tỉ mỉ hòng kiểm tra lý thuyết này, để rồi mở rộng hơn phạm vi đúng đắn của nó. Trong ví dụ gần đây nhất vào năm 2016, ví dụ chứng tỏ Einstein đã trao tặng chúng ta tri thức tự nhiên đáng kinh ngạc, sóng hấp dẫn đã được phát hiện bởi một đài quan trắc được thiết kế đặc biệt dành riêng cho mục đích ấy*. Sóng này, do Einstein dự đoán, lẫn tẩn di chuyển với tốc độ ánh sáng qua kết cấu không-thời gian, và nó được tạo ra từ các nhiễu loạn hấp dẫn mãnh liệt, chẳng hạn từ sự va chạm của hai lỗ đen.

Và đó chính xác là những gì ta quan sát được. Sóng hấp dẫn trong lần phát hiện đầu tiên được phát ra từ một vụ va chạm của các hố đen trong một thiên hà cách ta 1,3 tỉ năm ánh sáng, vào cái thời mà Trái Đất còn đầy rẫy những sinh vật đơn bào đơn giản. Khi gợn sóng di chuyển qua không gian theo mọi hướng, Trái Đất đã, sau khi trải qua thêm 800 triệu năm nữa, tiến hóa lên dạng sống phức tạp, bao gồm hoa, khủng long và những loài biết bay, cũng như một nhánh các động vật có xương sống gọi là động vật có vú. Trong số động vật có vú, một nhánh nhỏ sẽ phát triển thùy trán, kèm theo đó là biết suy nghĩ phức tạp. Ta gọi chúng là linh trưởng. Một nhánh riêng của bộ linh trưởng đột biến về gien cho phép có khả năng nói, và nhánh ấy – *Homo Sapiens* – sẽ phát minh ra nào là nông nghiệp, nào là văn minh, triết học, nghệ thuật và khoa học, tất cả chỉ trong vòng 10.000 năm vừa qua. Sau rốt, một trong những nhà khoa học của loài này vào thế kỷ 20 sẽ nảy ra thuyết tương đối trong đầu, rồi dự đoán tồn tại của sóng hấp dẫn. Một thế kỷ sau, các công nghệ đủ sức để nhìn thấy các sóng này cuối cùng cũng bắt kịp

điều tiên đoán, chỉ vài ngày trước khi sóng hấp dẫn ấy, thứ đã di chuyển qua 1,3 tỉ năm, ủa đến Trái Đất và bị phát hiện ra.

Đúng vậy, Einstein thật quá ngẫu.

Hầu hết các mô hình khoa học đều mang tính lưỡng chùng, và chừa nhiều chỗ cho việc điều chỉnh tham số, nhằm khớp hơn với vũ trụ mà ta biết. Trong một vũ trụ “nhật tâm” lấy Mặt Trời là trung tâm, theo hình dung của nhà toán học thế kỷ 16 Nicolaus Copernicus, các hành tinh quay quanh quỹ đạo hình tròn hoàn hảo. Đoạn quay-quanh-Mặt-Trời thì đúng, và là bước tiến rõ rệt so với vũ trụ “địa tâm” lấy Trái Đất là trung tâm, nhưng đoạn hình-tròn-hoàn-hảo thì hơi trật chĩa – tất cả hành tinh đều quay quanh Mặt Trời theo những đường tròn bị làm dẹt đi, gọi là đường ê-líp, và thậm chí hình dạng đó cũng chỉ gần đúng với một quỹ đạo phức tạp hơn. Ý tưởng cơ bản của Copernicus vẫn đúng, đấy mới là thứ đáng nói nhất. Nó chỉ cần uốn nắn thêm một chút thì sẽ chính xác hơn.

Song, trong trường hợp thuyết tương đối của Einstein, nguyên lý nền tảng của toàn bộ lý thuyết này đòi hỏi rằng mọi thứ phải diễn ra chính xác như dự đoán. Einstein thực tế đã xây nên công trình mà thoát trông thì tựa như một tòa tháp xếp bằng lá bài, chỉ có hai hay ba định đề đơn giản chống đỡ cho toàn bộ kiến trúc. Thật vậy, sau khi hay biết có một quyển sách năm 1931 tiêu đề *One hundred authors against Einstein**(Một trăm tác giả chống lại Einstein), ông đáp lại rằng nếu quả tình ông sai, thì chỉ cần một người thôi cũng đủ.

Ở đây, hạt mầm của một trong những sai lầm hấp dẫn nhất trong lịch sử khoa học đã được gieo. Các phương trình mới của Einstein về tương tác hấp dẫn bao gồm một thuật ngữ mà ông gọi là hằng số vũ trụ và biểu thị bằng chữ Hy Lạp lambda: Λ . Thuật ngữ này phù hợp về mặt toán học nhưng chỉ là một tùy chọn đã cho phép ông biểu diễn một vũ trụ tĩnh – vũ trụ chẳng giãn nở ra cũng chẳng co rút lại.

Lúc bấy giờ, không ai tưởng tượng nổi vũ trụ còn phải làm bất cứ điều gì ngoại trừ việc đơn giản là tồn tại. Thế nên nhiệm vụ duy nhất của lambda

là chống lại lực hấp dẫn bên trong mô hình của Einstein, giữ cho vũ trụ cân bằng, kháng cự xu hướng tự nhiên của hấp dẫn là kéo toàn bộ vũ trụ co lại thành một khối khổng lồ. Bằng cách này, Einstein sáng chế một vũ trụ chẳng giãn nở ra cũng chẳng co rút lại, nhất quán với hình dung của mọi người thời ấy.

Nhà vật lý học người Nga Alexander Friedmann về sau chứng minh bằng toán học rằng vũ trụ của Einstein quả thật cân bằng, nhưng ở một trạng thái bất ổn, không ổn định. Như một quả bóng nằm trên đỉnh ngọn đồi, chỉ chờ một cú hích khẽ khàng nhất là sẽ lăn xuống theo hướng này hay hướng khác, hoặc như chiếc bút chì đứng thẳng bằng trên đầu chì đã vượt nhọn, vũ trụ của Einstein nằm cheo leo giữa một bên là trạng thái giãn nở và một bên là sự đổ sụp hoàn toàn. Hơn nữa, lý thuyết của Einstein còn mới, và là một thứ gì đó không trở thành hiện thực chỉ vì ta đặt cho nó cái tên – Einstein biết rằng λ , trong vai trò một lực hấp dẫn âm của tự nhiên, không có lực tương ứng trong vũ trụ vật lý.

Thuyết tương đối tổng quát của Einstein thoát ly triệt để khỏi mọi tư duy trước đây về sức hút của lực hấp dẫn. Thay vì bằng lòng với quan niệm của Sir Isaac Newton xem lực hấp dẫn là thứ tác-động-từ-xa ma quái (một kết luận mà bản thân Newton cũng thấy khó chịu), GR lại xem tương tác hấp dẫn là phản ứng của khối lượng trước sự uốn cong cục bộ của không gian và thời gian gây ra bởi một khối lượng hay một trường năng lượng nào khác. Nói cách khác, sự tập trung khối lượng gây biến dạng - đúng hơn, gây hồ trũng - trên kết cấu không gian và thời gian. Những biến dạng này hướng dẫn khối lượng di chuyển dọc theo [đường trắc địa](#) thẳng, dù rằng với chúng ta, chúng trông như những đường đi uốn cong mà ta gọi là quỹ đạo. Nhà vật lý lý thuyết người Mỹ John Archibald Wheeler phát biểu về nó chuẩn nhất khi tóm gọn khái niệm của Einstein: “Vật chất bảo không gian uốn cong thế nào; không gian chỉ vật chất di chuyển ra sao.”

Nói cho cùng, thuyết tương đối tổng quát miêu tả hai phiên bản hấp dẫn: loại quen thuộc, như sức hút giữa Trái Đất và quả bóng bị ném lên trời, hay giữa Mặt Trời và các hành tinh. Nó cũng dự đoán một áp suất phản hấp

dẫn bí ẩn liên quan tới chân không của không-thời gian. Lambda bảo toàn cái mà Einstein và mọi nhà vật lý học đương thời khác đã kiên quyết cho là đúng: nguyên trạng của một vũ trụ tĩnh. Nhưng vũ trụ tĩnh ấy thực chất lại không ổn định. Mượn một tình trạng không ổn định để làm trạng thái tự nhiên của một hệ thống vật lý là vi phạm tín điều khoa học. Bạn không thể quả quyết rằng toàn bộ vũ trụ là một trường hợp đặc biệt và trường hợp đặc biệt này tình cờ được đặt cân bằng vĩnh viễn. Trong lịch sử khoa học, chưa bao giờ có thứ gì ta nhìn thấy, đo đạc, hay tưởng tượng ra mà lại hoạt động theo cách này, do đó chưa có gì tạo ra được một tiền lệ mạnh mẽ.

Mười ba năm sau, vào năm 1929, nhà thiên văn học người Mỹ Edwin P. Hubble khám phá ra rằng vũ trụ không tĩnh. Ông phát hiện và thu thập bằng chứng thuyết phục rằng một thiên hà càng xa thì thiên hà ấy càng lùi nhanh khỏi Ngân Hà. Nói cách khác, vũ trụ đang giãn nở. Bấy giờ, xấu hổ vì hằng số vũ trụ, và vì đánh mất cơ hội đích thân dự đoán được vũ trụ đang giãn nở, Einstein vứt bỏ hoàn toàn lambda, gọi đấy là “sai lầm lớn nhất” của đời ông. Bằng việc rút lambda khỏi phương trình, ông cho rằng nó có giá trị bằng không, như trong ví dụ này: Giả sử $A = B + C$. Nếu ta biết rằng $A = 10$ và $B = 10$, thì A vẫn bằng B cộng C , có điều trong trường hợp này C bằng 0 và được xem như không cần thiết trong phương trình.

Đó chưa phải là cái kết cho câu chuyện. Những lúc này lúc kia qua vài thập niên, các nhà lý thuyết vẫn cố lôi lambda ra khỏi nắm mồ, thử hình dung ý tưởng của họ sẽ ra sao trong một thế giới có hằng số vũ trụ. Sáu mươi chín năm sau, vào năm 1998, giới khoa học khai quật lambda một lần cuối. Đầu năm ấy, hai nhóm nghiên cứu vật lý thiên văn cạnh tranh nhau có những công bố ấn tượng: một nhóm đứng đầu bởi Saul Perlmutter của Phòng nghiên cứu Quốc gia Berkeley ở Berkeley, California, nhóm còn lại đứng đầu bởi Brian Schmidt đến từ các đài quan trắc Mount Stromlo và Siding Spring ở Canberra, Úc, cùng Adam Riess của Đại học Johns Hopkins ở Baltimore, Maryland. Hàng tá siêu tân tinh xa xôi nhất người ta từng quan sát có vẻ mờ nhiều hơn dự kiến, nếu căn cứ vào những biểu hiện được ghi nhận kỹ càng của chủng loại sao phát nổ này. Để điều hòa thì buộc lòng các

siêu tân tinh xa xôi ấy phải biểu hiện không giống các anh em đồng đạo gần hơn của chúng, hoặc là chúng phải xa hơn đến 15% so với vị trí mà những mô hình vũ trụ thịnh hành đã đặt chúng vào. Thế nên hoặc là chúng ta không hiểu về sao phát nổ, hoặc là sự giãn nở của vũ trụ đang tăng tốc, trái với ước nguyện hấp dẫn của toàn thể thiên hà trong vũ trụ. Thứ duy nhất mà ta đã biết có thể giải thích một cách “tự nhiên” cho gia tốc này là số lambda của Einstein, tức hằng số vũ trụ. Khi các nhà vật lý thiên văn phải đi lớp bụi và đưa nó trở lại phương trình nguyên thủy của Einstein cho thuyết tương đối tổng quát, trạng thái của vũ trụ mà ta biết khớp chính xác với trạng thái trong các phương trình của Einstein.

Các siêu tân tinh được sử dụng trong nghiên cứu của Perlmutter và Schmidt có giá trị trọng lượng tính theo số hạt nhân có thể tổng hợp. Trong những giới hạn nhất định, mỗi ngôi sao như vậy phát nổ theo cùng một cách, đốt cháy cùng lượng nhiên liệu, tỏa ra cùng lượng năng lượng hoành tráng trong cùng khoảng thời gian, qua đó đạt tới cùng độ sáng đỉnh. Do đó chúng giữ vai trò như một dạng thước đo, hoặc “cây nến chuẩn”, để tính toán khoảng cách vũ trụ đến thiên hà nơi chúng phát nổ, nằm ngoài tầm với xa xấp xỉ nhất của vũ trụ.

Nến chuẩn đó giúp đơn giản hóa tính toán cực nhiều: do các siêu tân tinh đều có cùng công suất, những cái mờ sẽ nằm ở xa còn những cái sáng thì gần hơn trước mắt. Sau khi đo được độ chói của chúng (việc đơn giản), bạn có thể nói chính xác chúng ở cách mình bao xa và cách những sao khác bao xa. Nếu độ sáng của các siêu tân tinh đều khác biệt, bạn không thể dùng chỉ mỗi độ chói để phân biệt cái này ở bao xa so với cái kia. Một ngôi sao mờ có thể hoặc là một bóng đèn công suất cao nằm rất xa hoặc một bóng đèn công suất thấp cận kề.

Tốt thôi. Nhưng còn một cách thứ hai để đo khoảng cách đến các thiên hà: tốc độ chúng lùi xa khỏi Ngân Hà của chúng ta - sự lùi xa là một phần không thể thiếu trong công cuộc giãn nở toàn diện của vũ trụ. Như Hubble là người đầu tiên đã chỉ ra, vũ trụ đang giãn nở làm cho các vật thể ở xa chạy nhanh hơn khỏi chúng ta so với những cái ở gần. Vì vậy, bằng cách đo lường

tốc độ lùi xa của thiên hà (lại một việc đơn giản nữa), ta có thể suy ra khoảng cách tới một thiên hà đó.

Nếu các phương pháp được kiểm nghiệm kỹ càng ấy mà cho ra khoảng cách khác nhau đến cùng một vật thể, thì phải có sai sót ở đâu đó. Hoặc các siêu tân tinh là những ngọn nến chuẩn loại tồi, hoặc mô hình của chúng ta về tốc độ giãn nở vũ trụ đo bằng tốc độ thiên hà là sai lầm.

Hừm, có cái gì đó đã sai. Hóa ra những siêu tân tinh là nến chuẩn tuyệt hảo, vượt qua khảo sát kỹ càng của bao nhiêu nhà điều tra đa nghi, và thế là các nhà vật lý thiên văn chỉ còn phải đối phó với một vũ trụ giãn nở nhanh hơn ta tưởng, đặt thiên hà ở nơi xa hơn chỗ mà đúng ra tốc độ lùi xa của chúng đã xác định. Và chẳng có cách nào dễ dàng để giải thích sự giãn nở phụ trội mà không viện đến lambda, hằng số vũ trụ.

Thế nên, đây là bằng chứng trực tiếp đầu tiên cho thấy một lực đẩy bao trùm toàn vũ trụ, chống lại lực hấp dẫn, giải thích cho việc hằng số vũ trụ phục sinh chỉ sau một đêm như thế nào và tại sao. Lambda bất ngờ kiếm được một cái tên từ thực tại của vật lý, và thế là cái tên “năng lượng tối” bước lên trung tâm sân khấu của vở kịch vũ trụ, vừa thích hợp để khoác lên vẻ huyền bí vừa thu hút được sự thiếu hiểu biết của ta liên quan đến căn nguyên của nó. Perlmutter, Schmidt và Riess xứng đáng chia nhau giải Nobel vật lý năm 2011 cho khám phá này. Những phép đo đặc chính xác nhất đến nay cho thấy rằng năng lượng tối là thứ nổi bật nhất làng trên xóm dưới, hiện nó chiếm 68% toàn thể khối lượng-năng lượng trong vũ trụ; vật chất tối chiếm 27%, còn vật chất thường chỉ chiếm có 5%.

Hình dạng của vũ trụ bốn chiều phát xuất từ mối quan hệ giữa lượng vật chất và năng lượng trú ngụ trong vũ trụ cũng như tốc độ vũ trụ giãn nở. Một tham số toán học thuận tiện dùng cho vấn đề này là Omega: Ω , lại thêm một chữ cái Hy Lạp nằm thóp vũ trụ.

Nếu bạn đem mật độ vật chất-năng lượng của vũ trụ chia cho mật độ vật chất-năng lượng vừa đủ để ngăn chặn giãn nở (còn gọi là mật độ “tới hạn”), bạn được omega.

Vì lẽ cả khối lượng lẫn năng lượng đều khiến không-thời gian bị oằn lại, hay uốn cong, omega cho ta biết hình dạng của vũ trụ. Nếu omega nhỏ hơn một, thì vật chất-năng lượng thực sẽ rút xuống dưới giá trị tới hạn, và vũ trụ sẽ mãi mãi giãn nở theo mọi hướng vào mọi thời điểm, tạo nên hình dạng chiếc yên ngựa, trong đó những đường thẳng song song thì lại phân kỳ. Nếu omega bằng một, vũ trụ mãi mãi giãn nở, nhưng chỉ vừa đủ vậy thôi. Trong trường hợp này, nó có hình dạng phẳng lì, giữ nguyên mọi nguyên tắc hình học mà ta đã học ở trường phổ thông về đường thẳng song song. Nếu omega lớn hơn một, các đường thẳng song song sẽ hội tụ, và vũ trụ cong ngược vào chính nó, rồi cuối cùng sẽ lại đổ sập thành một khối cầu lửa như lúc ban đầu khi nó sinh ra.

Kể từ khi Hubble phát hiện vũ trụ giãn nở, chưa từng có nhóm quan sát nào đạt kết quả đo lường đáng tin tưởng cho thấy ở đâu đó omega có giá trị bằng một. Khi tính tổng mọi khối lượng và năng lượng mà kính viễn vọng của họ có thể nhìn thấy, và thậm chí suy tính xa hơn những giới hạn này, tính cả vật chất tối, thì những giá trị lớn nhất từ các quan sát tốt nhất đạt tới đa ở mức khoảng $\Omega = 0,3$. Theo những gì các nhà quan sát biết, vũ trụ vẫn còn “mở cửa” hoạt động cuời trên chiếc yên ngựa đi một chiều vào tương lai.

Trong khi đó, bắt đầu từ năm 1979, nhà vật lý học người Mỹ Alan H. Guth của Viện Công nghệ Massachusetts, và những người khác, đã cải tiến lý thuyết vụ nổ lớn hòng giải quyết vài vấn đề dai dẳng là làm sao có thể lấp đầy một cách trơn tru vũ trụ bằng vật chất và năng lượng như chúng ta vẫn biết. Một sản phẩm phụ mang tính nền tảng của lần cập nhật thuyết vụ nổ lớn này là nó đẩy omega đến bằng một. Không phải đến bằng một nửa. Không phải bằng hai. Không phải bằng một triệu. Mà đến bằng một.

Hầu như chẳng nhà lý thuyết nào trên thế giới có ý kiến gì với yêu cầu ấy, bởi nó giúp mượn vụ nổ lớn để giải thích cho những đặc tính phổ quát của vũ trụ mà ta biết. Tuy vậy, có một chút vấn đề nho nhỏ: sự cập nhật này dự đoán khối lượng-năng lượng lớn gấp ba lần những gì các nhà quan sát có

thể tìm thấy. Chẳng hề nao núng, giới lý thuyết bảo rằng giới quan sát đã tìm kiếm chưa đủ kỹ càng.

Tính cho cùng, chỉ vật chất thường thôi đã chiếm không hơn 5% của mật độ tới hạn. Thế còn vật chất tối bí ẩn thì sao? Nó cũng gộp vào đấy nữa. Ngày trước chẳng ai biết nó là gì, và ngày nay chúng ta vẫn chưa biết, nhưng chắc chắn nó có góp phần vào tổng thể. Từ đây ta có vật chất tối gấp năm hay sáu lần vật chất thường. Nhưng như thế vẫn còn quá ít. Nhà quan sát lúng túng, còn nhà lý thuyết đáp lại rằng, “tìm kiếm tiếp đi.”

Cả hai phe đều chắc mẫm rằng đối phương bị sai cho đến khi năng lượng tối được phát hiện. Chỉ một thành phần đó, khi thêm vào cạnh vật chất thường, năng lượng thường và vật chất tối “thường”, đã nâng mật độ khối lượng-năng lượng của vũ trụ lên mức tới hạn. Cùng lúc thỏa mãn cả nhà quan sát lẫn nhà lý thuyết.

Lần đầu tiên, giới lý thuyết và quan sát ôm hôn làm hòa. Cả hai bên, theo cách riêng của họ, đều chính xác. Omega quả bằng một, đúng như các nhà lý thuyết đã đặt ra yêu cầu cho vũ trụ, mặc dù bạn không thể đạt được nó mà không tính tổng tất cả vật chất - tối hay không tối - như họ đã ngây thơ đoán phỏng. Ngày nay chẳng còn vật chất nào hoạt động vòng quanh vũ trụ mà các nhà quan sát chưa ước lượng. Đã chẳng có ai tiên đoán được sự hiện diện áp đảo của năng lượng tối trong vũ trụ, cũng chẳng ai tưởng tượng nổi nó lại là kẻ giải hòa cho những mối bất đồng.

Thế thì thứ đó là gì? Không ai biết cả. Cùng lắm thì người ta chỉ đoán chừng năng lượng tối là một hiệu ứng lượng tử - ở đó chân không, thay vì trống rỗng, lại sôi sục các hạt và đối tác phản vật chất tương ứng của chúng. Chúng cứ thoát cái hiện hữu, thoát cái thôi hiện hữu theo từng cặp, và không nán lại đủ lâu để ta đo đạc. Sự hiện hữu chóng vánh của chúng được thu tóm trong một biệt danh: hạt ảo. Di sản ẩn tượng của cơ học lượng tử - ngành vật lý về cái cực nhỏ - đòi hỏi ta phải nghiêm túc chú ý đến ý tưởng này. Mỗi cặp hạt ảo gây ra một chút áp lực hướng ngoại trong tích tắc mà nó hích một cái để mở lối vào không gian.

Thật không may, khi bạn áng chừng lượng “áp suất chân không” tạo lực đẩy nảy sinh từ đời sống thoáng qua của các hạt ảo, kết quả cao gấp hơn 10^{120} lần so với giá trị xác định từ thực nghiệm của hằng số vũ trụ - Đây là một bội số khổng lồ đến ngớ ngẩn - hệ quả của kiểu tính toán đáng xấu hổ nhất, dẫn đến chênh lệch lớn nhất giữa lý thuyết và quan sát trong lịch sử khoa học.

Đúng là chúng ta mù tịt rồi. Nhưng không phải kiểu mù tịt thâm. Năng lượng tối không bị lạc trôi, tuyệt không có lý thuyết nào để neo đậu. Mà nó cư ngụ tại một trong những bến bờ an toàn nhất người ta có thể nghĩ đến: phương trình thuyết tương đối tổng quát của Einstein. Đó là hằng số vũ trụ. Là λ . Dù năng lượng tối rốt cuộc có ra sao, chúng ta đã biết cách đo lường và tính toán tác động của nó lên quá khứ, hiện tại và tương lai của vũ trụ.

Không nghi ngờ gì nữa, sai lầm lớn nhất của Einstein là đã tuyên bố rằng λ là sai lầm lớn nhất đời ông.

Thế là cuộc săn lùng bắt đầu. Đã biết năng lượng tối có thật rồi, cứ mỗi lần có sự cải tiến độ chính xác của các kính thiên văn đặt trên mặt đất hoặc đặt trong không gian, các nhà vật lý thiên văn lại khởi sự các chương trình tham vọng nhằm đo khoảng cách và sự tăng trưởng của các cấu trúc trong vũ trụ. Những quan trắc này sẽ kiểm tra ảnh hưởng chi tiết của năng lượng tối lên lịch sử giãn nở vũ trụ, và chắc chắn sẽ cho giới lý thuyết được một phen tất tả. Họ tha thiết cần chuộc lỗi vì những tính toán quá tệ hại trước đây về năng lượng tối. Chúng ta có cần thứ gì thay thế thuyết tương đối hay không? Liệu có cần xem xét lại toàn bộ cuộc hôn phối giữa thuyết tương đối và cơ học lượng tử? Hay có một lý thuyết nào về năng lượng tối đang chờ được khám phá, bởi một thiên tài nào đó còn chưa sinh ra?

Một đặc điểm nổi bật của λ và của vũ trụ tăng tốc là lực đẩy nảy sinh từ bên trong chân không, chứ không phải từ bất kỳ chất liệu gì. Khi chân không lớn dần, mật độ vật chất và năng lượng (quen thuộc) trong vũ trụ suy giảm, và ảnh hưởng tương đối của λ lên tình trạng vũ trụ cũng

lớn hơn. Áp suất đẩy lớn hơn gây ra nhiều chân không hơn, và nhiều chân không hơn gây ra áp suất đẩy lớn hơn, áp đặt một gia tốc lũy thừa và không ngừng lên sự giãn nở của vũ trụ.

Kết quả là, bất kỳ thứ gì không được gắn kết bằng lực hấp dẫn với vùng lân cận của dải Ngân Hà sẽ lùi xa với tốc độ ngày một tăng, tham gia vào sự giãn nở nhanh dần của kết cấu không-thời gian. Những thiên hà xa xôi nay có thể nhìn thấy trên bầu trời đêm rồi cuộc sẽ biến mất sau một chân trời không thể nào với tới, lui ra khỏi chúng ta nhanh hơn cả tốc độ ánh sáng. Kỳ tích này được phép xảy ra, không phải vì chúng di chuyển trong không gian với tốc độ như thế, mà vì kết cấu của chính vũ trụ đưa chúng đi với tốc độ ấy. Không định luật vật lý nào ngăn cản điều này.

Trong khoảng một nghìn tỉ năm nữa, bất kỳ ai sống trong thiên hà của chúng ta có thể sẽ chẳng biết gì về các thiên hà khác. Vũ trụ có thể quan sát được của ta sẽ đơn thuần gồm một hệ thống sao già cỗi, lân cận, nội trong Ngân Hà. Và bên ngoài bầu trời đầy sao này là một khoảng không vô tận - bóng tối là diện mạo của một miền sâu thẳm.

Năng lượng tối, đặc tính nền tảng của vũ trụ, cuối cùng sẽ làm mai một khả năng thấu hiểu của thế hệ tương lai trước vũ trụ mà họ được giao phó. Nếu các nhà vật lý thiên văn đương đại ở khắp cõi thiên hà lấy tất cả các hồ sơ dữ liệu khoa học quan trọng rồi chôn nó vào một cái kén thời gian nghìn tỉ năm thật là hoành tráng, thì các nhà khoa học tương lai sẽ chẳng còn biết gì về các thiên hà - hình thái tổ chức chủ đạo cho vật chất trong vũ trụ - và vì thế sẽ không thể tiếp cận được những trang cốt yếu trong vở kịch vũ trụ của chúng ta.

Và đây cơn ác mộng diễn đi lặp lại của tôi: Có phải chúng ta, cũng vậy, đang bỏ lỡ những mảnh ghép cơ bản của vũ trụ một thời đã qua? Phần nào trong quyển sách lịch sử vũ trụ đã bị đánh dấu “access denied” (truy cập bị từ chối)? Thứ gì vẫn thiếu trong các lý thuyết và phương trình của chúng ta mà đáng lẽ phải có, để rồi ta phải chộp bừa những câu trả lời có thể không bao giờ tìm thấy?

7. VŨ TRỤ TRÊN BẢNG

Những câu hỏi lật vật đôi khi lại cần kiến thức sâu rộng về vũ trụ mới trả lời được. Trong tiết hóa học hồi cấp hai, tôi hỏi thầy mình rằng những nguyên tố trong Bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học từ đâu mà có. Thầy trả lời, vỏ Trái Đất. Tôi chấp nhận câu trả lời này. Hẳn nhiên đây là nơi mà các phòng thí nghiệm thu thập các nguyên tố hóa học. Nhưng làm sao vỏ Trái Đất có những thứ này? Câu trả lời phải liên quan đến thiên văn học. Nhưng trong trường hợp này, liệu bạn có thật sự cần biết về nguồn gốc và sự tiến hóa của vũ trụ hay không?

Có đấy.

Ba trong số những nguyên tố thường gặp trong tự nhiên đều được chế tạo trong vụ nổ lớn. Số còn lại được luyện thành trong phần trung tâm nhiệt độ cao và các tàn dư phát nổ của các ngôi sao chết, tạo điều kiện cho những hệ sao lứa kế tiếp được hình thành và sáp nhập lớp chất được làm giàu thêm này, dẫn đến sự hình thành các hành tinh, hoa thơm cỏ lạ, cũng như con người. Nhưng mọi chuyện còn phức tạp hơn thế.

Với nhiều người, Bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học là một thứ kỳ dị bị bỏ quên - một bảng biểu với các khung đầy ký tự huyền bí mà lần cuối ta nhìn thấy là trên bức tường lớp học hóa thời phổ thông. Là nguyên tắc để sắp xếp tính chất hóa học của tất cả nguyên tố đã biết và chưa biết trong vũ trụ, bảng này lẽ ra nên trở thành một biểu tượng văn hóa, chứng thực cho sự táo bạo của khoa học như một chuyến phiêu lưu của con người được thực hiện trong phòng thí nghiệm, máy gia tốc hạt, nơi tuyển đầu vũ trụ.

Thế nhưng từ xưa đến nay, ngay cả nhà khoa học cũng không nghĩ về Bảng tuần hoàn như một sở thú chứa các loài vật độc nhất vô nhị do [Dr. Seuss](#) tưởng tượng ra. Chứ làm sao ta tin nổi rằng natri là một kim loại độc hại, hoạt tính mạnh mà ta cắt được bằng dao phết bơ, trong khi đó clo tinh khiết là thứ khí chết người có mùi hắc, nhưng khi kết hợp với nhau chúng lại tạo thành natri clorua, một hợp chất thiết yếu cho sinh học, thường gọi là muối ăn? Còn hydro và oxy thì sao? Một bên là khí phát nổ, bên còn lại gây cháy dữ dội, thế mà cả hai hợp lại thành ra nước lỏng, thứ dập tắt lửa.

Thừa nhận những chuyện phiếm hóa học này ta thấy các nguyên tố có tầm quan trọng trong vũ trụ, nên hãy để tôi trình bày lại Bảng tuần hoàn qua lăng kính của một nhà vật lý thiên văn.

Với chỉ một proton trong hạt nhân, hydro là nguyên tố đơn giản nhất và nhẹ nhất, được tạo ra hoàn toàn trong vụ nổ lớn. Thuộc trong số chín mươi bốn nguyên tố thường gặp trong tự nhiên, hydro chiếm đến hơn hai phần ba tổng số nguyên tử trong cơ thể người, và hơn 90% tổng số nguyên tử trong vũ trụ, ở mọi quy mô, kể cả xuống quy mô của hệ Mặt Trời. Hydro trong lõi của Sao Mộc nặng nề phải chịu áp suất cao đến nỗi nó hoạt động giống một kim loại dẫn điện hơn là chất khí, vì thế tạo ra từ trường mạnh nhất trong số tất cả hành tinh. Nhà hóa học người Anh Henry Cavendish khám phá ra hydro vào năm 1766 trong khi thí nghiệm với H_2O (*hydro-genes* là từ Hy Lạp mang nghĩa “tạo ra nước”), nhưng trong giới vật lý thiên văn ông lại nổi danh nhất trong vai trò là người đầu tiên tính được khối lượng Trái Đất sau khi đo chính xác giá trị hằng số hấp dẫn trong phương trình nổi tiếng của Newton về lực hấp dẫn.

Mỗi một giây trong mỗi một ngày, 4,5 triệu tấn hạt nhân hydro chuyển động nhanh được chuyển đổi thành năng lượng khi chúng va vào nhau tạo ra hêli bên trong lõi Mặt Trời mười lăm triệu độ.

Hêli thường được biết như một khí không cần kê đơn mà khi hít phải sẽ nhất thời làm tăng tần số rung của khí quản và thanh quản, khiến giọng bạn nghe như chuột Mickey. Hêli là nguyên tố đơn giản và dồi dào thứ hai trong

vũ trụ. Dù cách hydro khá xa ở vị trí thứ hai về độ dồi dào, nhưng lượng hêli vẫn gấp bốn lần các nguyên tố khác trong vũ trụ hợp lại. Một trong những cột trụ của mô hình vũ trụ học vụ nổ lớn là dự đoán rằng ở mỗi miền trong vũ trụ, không dưới 8% tổng nguyên tử là hêli, chúng được chế tạo cũng ở mức phần trăm ấy xuyên suốt quả cầu lửa nguyên thủy được trộn kỹ vốn là khởi sinh của vũ trụ. Vì sự tổng hợp nhiệt hạch hydro bên trong các ngôi sao đem đến cho ta hêli, nên một số vùng trong vũ trụ dễ dàng tích tụ hơn 8% lượng phân bố hêli, nhưng như đã dự đoán, chưa một ai tìm thấy vùng nào trong thiên hà với số lượng ít hơn như thế.

Khoảng 30 năm trước khi được khám phá và phân tách trên Trái Đất, hêli được phát hiện trong phổ của vành nhật hoa (corona) Mặt Trời vào lần nhật thực toàn phần năm 1868. Tên gọi hêli bắt nguồn từ Helios, vị thần Mặt Trời của Hy Lạp. Có sức nổi bằng 92% sức nổi của hydro trong không khí, nhưng không có tính phát nổ, hêli là lựa chọn số một để thổi những quả bóng bay ngoại cỡ có hình thù nhân vật trong các cuộc diễu hành ngày Lễ Tạ ơn của cửa hàng Macy, ở khắp nước Mỹ, chuỗi cửa hàng này chỉ xếp sau quân đội trong nhu cầu sử dụng nguyên tố này.

Liti là nguyên tố đơn giản thứ ba trong vũ trụ, có ba proton trong nhân. Giống hydro và hêli, liti được tạo ra trong vụ nổ lớn, nhưng khác với hêli có thể được sản sinh trong lõi sao, liti lại bị hủy diệt bởi mọi phản ứng hạt nhân mà ta biết. Mô hình vũ trụ học vụ nổ lớn còn dự đoán rằng trong bất kỳ vùng nào thuộc vũ trụ, ta có thể tìm thấy không quá 1% nguyên tử là liti. Tính đến nay chưa ai tìm được thiên hà nào có nhiều liti hơn mức cận trên mà vụ nổ lớn đã dự báo. Sự kết hợp giữa mức cận trên của hêli và mức cận dưới của liti tạo thành cặp đôi đường biên hiệu nghiệm cho các kiểm nghiệm về vũ trụ học vụ nổ lớn.

Nguyên tố cacbon có thể được tìm thấy trong nhiều loại phân tử hơn so với tổng số tất cả các loại phân tử khác hợp lại. Căn cứ vào mức dồi dào cacbon trong vũ trụ - được luyện thành trong lõi các ngôi sao, bị khuấy trôi lên bề mặt rồi giải phóng đáng kể vào thiên hà - không tồn tại nguyên tố nào tốt hơn nó để làm nền tảng cho hóa học và sự sống đa dạng. Chỉ nhỉnh hơn

cácbon về thứ bậc dồi dào, oxy cũng rất phổ biến, được luyện thành và giải phóng từ tàn tích của những ngôi sao phát nổ. Cả oxy lẫn cácbon đều là nguyên liệu chủ yếu cho sự sống như ta vẫn biết.

Nhưng còn sự sống mà ta không biết? Sự sống dựa trên nguyên tố silic thì sao? Silic nằm ngay bên dưới cácbon trong bảng tuần hoàn, đồng nghĩa, về nguyên lý, nó có thể tạo ra cùng một bộ các phân tử như cách của cácbon. Nhưng cuối cùng, ta lại kỳ vọng cácbon giành phần thắng bởi nó dồi dào gấp mười lần silic trong vũ trụ. Nhưng bấy nhiêu đó không đủ để các nhà văn khoa học viễn tưởng chùn tay, họ tiếp tục để tâm vào các chuyên gia về sinh học ngoài Trái Đất, tự hỏi rằng một dạng sống thật sự xa lạ, lấy silic làm nền tảng thì sẽ như thế nào.

Ngoài vai trò thành phần hoạt tính trong muối ăn, natri còn là khí phát sáng phổ biến nhất trong đèn đường thành phố dọc ngang đất nước. Chúng “cháy” sáng hơn và lâu hơn các bóng đèn sợi đốt, dù rằng tất thảy sớm được thay thế bởi đèn LED, thứ còn sáng và rẻ hơn nữa. Có hai loại đèn natri phổ biến: đèn áp suất cao, màu trắng vàng, và đèn áp suất thấp, màu cam. Hóa ra, mặc dù mọi ô nhiễm ánh sáng đều gây bất lợi cho ngành vật lý thiên văn thì các đèn natri áp suất thấp lại đỡ nhất vì ta có thể dễ dàng loại bỏ phần nhiễu loạn ra khỏi dữ liệu kính viễn vọng. Trong một mô hình hợp tác, toàn thành phố Tucson, bang Arizona, chính quyền đô thị lớn và gần nhất với Đài thiên văn Quốc gia Kitt Peak, đã có thỏa thuận với các nhà vật lý thiên văn địa phương và chuyển đổi tất cả đèn đường thành đèn natri.

Nhôm chiếm gần 10% vỏ Trái Đất thế mà người cổ đại không biết nó, còn ông bà ta thì chẳng lấy làm thân thuộc gì với nó. Nguyên tố này mãi đến năm 1827 mới được phân tách và nhận dạng, và mãi cuối thập niên 1960 mới gia nhập vào số đồ gia dụng phổ biến, cũng là lúc hộp thiếc, giấy thiếc nhường chỗ cho hộp nhôm, giấy nhôm. Nhôm qua đánh bóng tạo thành tấm gương gần như hoàn hảo để phản chiếu ánh sáng khả kiến và là lựa chọn hàng đầu để tráng gương chữ hầu hết kính viễn vọng ngày nay.

Titan đặc gấp 1,7 lần nhôm, nhưng nó kiên cố gấp hơn hai lần. Do đó titan, nguyên tố dồi dào thứ chín trong vỏ Trái Đất, trở thành bảo bối thời hiện đại đa công dụng, chẳng hạn làm các bộ phận của máy bay quân sự vốn đòi hỏi kim loại chắc mà nhẹ. Ở hầu khắp các nơi trong vũ trụ, số nguyên tử oxy vượt hơn số cacbon. Sau khi mỗi nguyên tử cacbon bám vào nguyên tử oxy có sẵn (tạo thành cacbon monôxít hay cacbon điôxít), số oxy còn lại liên kết với thứ khác, như titan. Phổ của các ngôi sao đỏ toàn là những đặc điểm có thể truy nguyên về titan ôxít, vốn là thứ chẳng xa lạ gì với các kiểu hình sao trên Trái Đất: sở dĩ đá [sapphire sao và ruby sao](#) mang ánh sao rực rỡ là do tạp chất titan ôxít nằm lẫn trong mạng tinh thể của chúng. Hơn nữa, phần sơn trắng trên mái vòm đài thiên văn cũng dùng đến titan ôxít, là thứ phản quang cao trong vùng hồng ngoại của quang phổ, làm giảm đáng kể nhiệt lượng tích tụ từ ánh mặt trời trong không khí xung quanh kính thiên văn. Khi màn đêm buông xuống, với mái vòm mở rộng, nhiệt độ không khí quanh kính thiên văn mau chóng đạt mức bằng với nhiệt độ khí trời ban đêm, cho phép ánh sáng từ các ngôi sao và các vật thể vũ trụ khác trở nên sắc nét và rõ ràng. Và, mặc dù không trực tiếp được đặt tên theo vật thể vũ trụ, tên gọi titan bắt nguồn từ các vị thần khổng lồ Titan trong thần thoại Hy Lạp; Titan còn là mặt trăng lớn nhất của Sao Thổ.

Ở nhiều phương diện, sắt đáng xếp vào hàng nguyên tố quan trọng bậc nhất vũ trụ. Các sao nặng sản sinh ra nguyên tố trong lõi, theo thứ tự từ heli đến cacbon rồi oxy đến nitơ và cứ thế, chạy suốt đến sắt trên bảng tuần hoàn. Với hai mươi sáu hạt proton và ít nhất bảy nhiều hạt neutron trong nhân, nét độc đáo của sắt nằm ở chỗ nó có tổng năng lượng tối thiểu tính trên mỗi hạt (particle) trong hạt nhân của mỗi nguyên tố. Điều này có nghĩa rất đơn giản: nếu bạn tách nguyên tử sắt bằng phản ứng phân hạch (phân rã hạt nhân), chúng sẽ hấp thụ năng lượng. Còn nếu bạn kết hợp nguyên tử sắt bằng phản ứng hợp hạch (tổng hợp hạt nhân), chúng cũng sẽ hấp thụ năng lượng. Tuy nhiên, công việc của những ngôi sao là tạo ra năng lượng. Khi những sao khối lượng lớn chế tạo và tích tụ sắt trong lõi tức là chúng đang cận kề cái chết. Nếu không có nguồn năng lượng phi nhiêu, sao sẽ suy sụp dưới sức nặng của chính nó và ngay lập tức bật lại trong một vụ nổ hoàn

trắng được biết tới với tên gọi là một siêu tân tinh, chói lòa hơn cả cả Mặt Trời trong hơn một tuần.

Kim loại mềm gali có điểm nóng chảy thấp đến nỗi mà, như bơ ca cao, nó sẽ chảy ra khi bạn chạm tay vào. Ngoài màn trình diễn giải trí này ra, các nhà vật lý thiên văn không hứng thú với gali lắm, ngoại trừ việc nó là một nguyên liệu trong các thí nghiệm gali clorua dùng để dò tìm hạt neutrino giỏi né tránh đến từ Mặt Trời. Trong một thí nghiệm kiểu ấy, người ta theo dõi một bể ngầm khổng lồ (100 tấn) chứa gali clorua lỏng xem liệu có bất kỳ va chạm nào giữa neutrino và hạt nhân gali để biến nó thành germani hay không. Vụ chạm trán đó sẽ phóng ra một tia X, được đo lại mỗi lần hạt nhân bị va đập. Vấn đề dai dẳng xoay quanh neutrino Mặt Trời, ý là vấn đề số neutrino được phát hiện ít hơn so với dự đoán của lý thuyết về Mặt Trời, đã được giải quyết bằng cách dùng những “kính thiên văn” như thế này đây.

Mọi dạng của nguyên tố ténêti đều phóng xạ. Chẳng có gì bất ngờ khi ta không thể tìm thấy nó ở đâu khác ngoài những máy gia tốc hạt, nơi ta tạo nó theo yêu cầu. Ténêti hàm chứa đặc điểm này trong tên gọi của nó, vốn bắt nguồn từ *technetos* trong tiếng Hy Lạp, nghĩa là “nhân tạo”. Vì vài lý do đến nay ta vẫn chưa rõ, ténêti cư ngụ trong bầu khí quyển của một tiểu loại chọn lọc gồm những sao đỏ. Duy điểm này thì chưa đủ để báo động, song vấn đề là ténêti có chu kỳ bán rã vốn vẹn hai triệu năm, nghĩa là ngắn hơn rất, rất nhiều so với tuổi thọ dự kiến của các ngôi sao nơi nó được tìm thấy. Nói cách khác, không thể nào các sao vừa sinh ra đã có thứ này, vì nếu thế nó sẽ chẳng còn sót lại đến ngày nay. Cũng chẳng có cơ chế nào ta biết cho phép tạo ra ténêti trong lõi sao và rồi giăng nó lên bề mặt để có thể được quan sát thấy điều này dẫn đến những lý thuyết kỳ thú mà cộng đồng vật lý thiên văn đến nay vẫn chưa thống nhất ý kiến.

Cùng với osmi và bạch kim, iriđi là một trong số ba nguyên tố nặng nhất (đặc nhất) trong bảng - khoảng 0,05 mét khối của nó nặng xấp xỉ bằng một chiếc xe hơi Buick, thế nên iriđi là một trong những đồ chặn giấy hiệu quả nhất thế giới, có thể kháng cự mọi thể loại quạt máy văn phòng. Iriđi cũng là tang chứng hùng hồn nhất cho lịch sử thế giới. Một lớp mỏng iriđi

được tìm thấy khắp thế giới ở tầng địa chất thuộc ranh giới giữa kỷ Crêta và kỷ Palêôgen (viết tắt là K-Pg)*, niên đại 65 triệu năm về trước. Vừa hay, đó cũng là thời điểm mọi chủng loài trên cạn lớn hơn cỡ cái vali xách tay bị tuyệt chủng, bao gồm loài khủng long huyền thoại. Iridi hiếm gặp trên bề mặt Trái Đất nhưng khá phổ biến trong các tiểu hành tinh kim loại kích cỡ khoảng 10 kilômét, mà khi va chạm với Trái Đất sẽ bốc hơi ngay tức khắc, làm vương vãi nguyên tử khắp bề mặt địa cầu. Do đó, bất kể bạn có tâm đắc giả thuyết nào về sự hủy diệt loài khủng long, thì đứng đầu danh sách ấy nên là một tiểu hành tinh chết chóc to cỡ núi Everest từ ngoài không gian lao đến.

Tôi không biết Albert sẽ nghĩ thế nào về chuyện này, nhưng một nguyên tố vô danh đã được khám phá từ đồng đồ nát của vụ thử bom hydro đầu tiên tại đảo san hô vòng Eniwetok ở Nam Thái Bình Dương, ngày 1 tháng Mười một năm 1952, và được đặt cho cái tên *einsteini* để vinh danh ông. Chứ nếu là tôi thì tôi sẽ đặt cái tên [armageddium](#).

Mười mục trong bảng tuần hoàn lấy tên từ những vật thể quay quanh Mặt Trời:

Phốtpho xuất xứ từ tiếng Hy Lạp nghĩa là “mang ánh sáng”, và là tên gọi thời cổ đại chỉ Sao Kim khi nó xuất hiện trước lúc mặt trời mọc trên bầu trời bình minh.

Xêlen xuất xứ từ *selene*, là tiếng Hy Lạp dùng để chỉ Mặt Trăng; nó được đặt cho tên gọi ấy vì khi ở dạng quặng, nguyên tố này luôn gắn liền với nguyên tố têlua, đây lại là cái tên của Trái Đất, từ tiếng Latin *tellus*.

Ngày 1 tháng Một năm 1801, nhà thiên văn học người Ý Giuseppe Piazzi phát hiện một hành tinh mới quay quanh Mặt Trời trong khoảng trống rộng rãi đáng ngờ giữa Sao Hỏa và Sao Mộc. Tiếp nối truyền thống đặt tên hành tinh theo tên các vị thần La Mã, vật thể này được đặt cho cái tên Ceres, vị nữ thần mùa màng. Ceres, dĩ nhiên, cũng là gốc của từ *cereal* trong tiếng Anh, nghĩa là ngũ cốc. Thời bấy giờ, cộng đồng khoa học vô cùng hào hứng đến nỗi vinh danh sự kiện này bằng cách đặt tên nguyên tố đầu tiên được

khám phá sau ngày hôm ấy là xêri (cerium). Hai năm sau, một hành tinh khác được phát hiện, quay quanh Mặt Trời trong cùng khoảng trống với Ceres. Nó được đặt tên Pallas, theo tên nữ thần trí tuệ của La Mã, và như trường hợp xêri trước đó, nguyên tố đầu tiên được khám phá ngay sau đây được đặt tên paladi để kỷ niệm. Hội đặt tên chấm dứt vài thập niên sau đó. Sau khi vài tá những hành tinh giống như vậy được phát hiện và chúng cùng sử dụng một vùng quỹ đạo, phân tích chi tiết hơn cho thấy các vật thể này nhỏ hơn rất, rất nhiều so với những hành tinh nhỏ nhất mà ta biết. Một dải “bất động sản” mới toanh đã được phát hiện trong Thái Dương hệ, nơi cư trú của các mẫu đá và kim loại lờm chờm bé nhỏ. Ceres và Pallas không phải hành tinh (planet); chúng là tiểu hành tinh (asteroid) và chúng sống ở vành đai tiểu hành tinh, mà hiện nay ta biết nơi này bao gồm hàng trăm ngàn vật thể - nhiều hơn đôi chút so với số nguyên tố trong bảng tuần hoàn.

Tên gọi tiếng Anh của thủy ngân kim loại, thể lỏng và chảy được ở nhiệt độ phòng, cùng là tên tiếng Anh của Sao Thủy, hành tinh chạy nhanh nhất hệ Mặt Trời, đều được đặt theo vị thần đưa tin nhanh chân của La Mã là Mercury.

Thori được đặt theo tên Thor, vị thần sấm vạm vỡ của Bắc Âu, là thần tương ứng với thần sấm Jupiter trong thần thoại La Mã. Mà hồi ôi ông thiên lôì, hình ảnh chụp hai cực Sao Mộc (tên tiếng Anh là Jupiter) từ kính viễn vọng không gian Hubble cho thấy những cú phóng điện trên diện rộng ở sâu dưới tầng mây đầy xáo động của nó.

Ôi chao, Sao Thổ, hành tinh yêu thích của tôi, thì không có nguyên tố nào đặt theo tên nó, nhưng còn lại Sao Thiên Vương (Uranus), Sao Hải Vương (Neptune) và Sao Diêm Vương (Pluto) lại được vinh danh vang lừng. Nguyên tố urani được phát hiện năm 1789 và được đặt tên để kỷ niệm cho hành tinh do William Herschel phát hiện chỉ trước đó tám năm. Mọi đồng vị của urani đều không bền, tự phân rã thành các nguyên tố nhẹ hơn, quá trình này đi kèm sự giải phóng năng lượng. Urani là thành phần hoạt tính trong quả bom nguyên tử đầu tiên được sử dụng trong chiến tranh, và Hoa Kỳ đã ném quả bom ấy xuống, thiêu rụi thành phố Hiroshima của Nhật

Bản vào ngày 6 tháng Tám năm 1945. Với chín mươi hai proton đóng gói trong hạt nhân, urani thường được miêu tả như một nguyên tố “lớn nhất” gặp trong tự nhiên, dù lượng dấu vết của những nguyên tố lớn cũng có thể được tìm thấy một cách tự nhiên ở nơi khai thác quặng urani.

Nếu Sao Thiên Vương xứng đáng có một nguyên tố đặt theo tên nó, thì Sao Hải Vương cũng vậy. Khác với urani được phát hiện không lâu sau Sao Thiên Vương, thì néptuni được phát hiện vào năm 1940 trong máy gia tốc cyclotron Berkeley, tròn 97 năm sau khi nhà thiên văn học người Đức John Galle phát hiện ra Sao Hải Vương từ một đốm nhỏ trên trời, vốn được nhà toán học người Pháp Joseph Le Verrier tiên đoán từ trước qua nghiên cứu biểu hiện quỹ đạo khó hiểu của Sao Thiên Vương. Giống như Sao Hải Vương đứng ngay sau Sao Thiên Vương trong hệ Mặt Trời, nguyên tố néptuni cũng đứng ngay sau urani trong Bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học.

Máy gia tốc cyclotron Berkeley phát hiện được nhiều nguyên tố không có trong tự nhiên, bao gồm plutôni là nguyên tố theo ngay sau néptuni trong bảng và được đặt theo tên Sao Diêm Vương (Pluto), mà Clyde Tombaugh đã phát hiện tại Đài thiên văn Lowell, tiểu bang Arizona năm 1930. Giống với lần phát hiện Ceres cách đây 129 năm, ai nấy đều phấn khởi. Sao Diêm Vương là hành tinh đầu tiên được một người Mỹ phát hiện, và khi chưa có dữ liệu tốt hơn, đông đảo mọi người xem nó như một hành tinh có kích cỡ và khối lượng tương đồng với Trái Đất, nếu không muốn tính cả Sao Thiên Vương hay Sao Hải Vương. Đến khi các nỗ lực đo lường kích cỡ Sao Diêm Vương càng lúc càng tinh xảo hơn, Sao Diêm Vương cũng càng lúc càng nhỏ bé hơn. Hiểu biết của ta về các khía cạnh của Sao Diêm Vương mãi đến cuối những năm 1980 mới đâu vào đấy. Nay ta biết rằng Sao Diêm Vương băng giá lạnh lùng chính là hành tinh nhỏ nhất, chỉ khác biệt chút xíu là nó còn bé con hơn cả sáu mặt trăng lớn nhất hệ Mặt Trời. Giống như các tiểu hành tinh, về sau hàng trăm vật thể nữa có quỹ đạo tương tự Sao Diêm Vương đã được phát hiện trong hệ Mặt Trời, là chỉ dấu về sự tồn tại một kho thiên thể nhỏ băng giá mà xưa nay chưa ai biên chép, gọi là vành đai Kuiper

của các sao chổi. Xét trên phương diện này, ta có thể lập luận rằng Ceres, Pallas và Sao Diêm Vương đã trá hình mà chen chân vào bảng tuần hoàn.

Plutôni cấp-vũ-khí (weapons-grade) không ổn định là thành phần hoạt tính trong quả bom nguyên tử đã phát nổ trên thành phố Nagasaki của Nhật Bản, chỉ ba ngày sau khi quả bom urani phát nổ ở Hiroshima, dẫn đến một kết thúc chóng vánh cho cuộc Chiến tranh thế giới thứ hai. Lượng plutôni phóng xạ cấp-phi-vũ-khí có thể dùng để cung cấp năng lượng cho máy phát nhiệt điện đồng vị phóng xạ (radioisotope thermoelectric generator, hay còn viết gọn là RTG) của tàu vũ trụ nào chu du đến vòng ngoài hệ Mặt Trời, nơi mật độ ánh sáng suy giảm dưới mức khả dụng cho các tấm pin năng lượng mặt trời. Khoảng nửa kilôgam plutôni sản sinh ra nhiệt lượng mười triệu kilowatt giờ, đủ để cung cấp năng lượng cho một bóng đèn sợi đốt trong mười một nghìn năm, hay cho một con người trong cùng khoảng thời gian ấy nếu ta ăn nhiên liệu hạt nhân thay vì ăn thức ăn ngoài cửa hàng tạp hóa.

Và thế là hành trình vũ trụ của chúng ta đi qua Bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học đành khép lại, ngay tại rìa hệ Mặt Trời và những miền xa hơn. Vì nhiều lý do tôi chưa hiểu nổi, rất nhiều người không thích các chất hóa học này, từ đó mới dấy lên phong trào trường kỳ chủ trương loại trừ thức ăn có chứa chúng. Có vẻ tên hóa học mà dài dòng văn tự thì nghe rất nguy hiểm. Nhưng trong trường hợp ấy ta nên trách phía nhà hóa học, chứ không phải hóa chất. Cá nhân tôi, tôi khá thoải mái với chất hóa học, bất kỳ ở nơi đâu trong vũ trụ. Các ngôi sao thân mến nhất của tôi, cũng như bao bạn bè tôi, đều làm bằng các chất hóa học.

8. DẠNG TRÒN

Ngoài tinh thể và đá vỡ, chẳng có bao nhiêu thứ trong vũ trụ lại mang dạng tự nhiên nhiều góc nhọn. Dù rằng nhiều vật thể quả có hình dạng dị thường, thì danh sách những thứ dạng tròn gần như là vô tận, từ những bong bóng xà phòng đơn giản cho đến toàn thể vũ trụ quan sát được. Dạng khối cầu có xu hướng hình thành từ tác động của những định luật vật lý đơn giản. Xu hướng này thịnh hành đến nỗi ta thường hình dung thứ gì đó có dạng khối cầu trong đầu để tiện rút ra những kiến giải căn bản ngay cả khi ta biết vật thể ấy dứt khoát không tròn. Nói ngắn gọn, nếu bạn không hiểu nổi vật thể trong trường hợp nó hình cầu, thì bạn không thể tự nhận là hiểu tính chất vật lý cơ bản của nó.

Dạng khối cầu trong tự nhiên là do các lực, chẳng hạn sức căng bề mặt, muốn làm các vật thể nhỏ lại theo mọi hướng. Với chất lỏng tạo thành bong bóng xà phòng, sức căng bề mặt ép không khí theo mọi hướng. Nó sẽ, trong khoảnh khắc khi thành hình, gói lại một thể tích khí bằng việc sử dụng bề mặt ngoài có diện tích tối thiểu. Cách này tạo ra bong bóng căng hết mức bởi vì màng xà phòng sẽ không thể bị dàn mỏng hơn mức cần thiết tuyệt đối. Bằng phép tính vi tích phân năm nhất đại học, bạn có thể chứng minh rằng hình dạng duy nhất có diện tích bề mặt nhỏ nhất để chứa một thể tích đóng kín là hình cầu hoàn hảo. Trên thực tế, ta có thể tiết kiệm chi phí hàng tỉ đô la mỗi năm cho các vật liệu đóng gói nếu mọi thùng giao nhận hàng và bao bì thực phẩm trong siêu thị đều có hình cầu. Ví dụ, số ngũ cốc trong một hộp Cheerios ngoại cỡ có thể đổ vừa vặn vào một quả cầu bằng bìa cứng bán kính 11,5 xentimét. Nhưng yếu tố tiện dụng vẫn thắng thế - chẳng ai lại

muốn rượt theo các món thực phẩm đóng gói trên kệ rơi xuống lăn lóc dọc hành lang.

Trên Trái Đất, một cách để làm ra ổ bi là ta rỏ những giọt kim loại nóng chảy với định lượng đã tính trước xuống đầu trên của một trục dài. Giọt kim loại thường sẽ đập dòn cho tới lúc nó định hình thành dạng khối cầu, nhưng nó cần đủ thời gian để rắn lại trước khi chạm tới đáy. Trên các trạm không gian quay theo quỹ đạo, nơi mọi thứ đều không trọng lực, bạn chỉ cần nhẹ nhàng phun ra những giọt kim loại nóng chảy với định lượng chính xác là tha hồ tạo ra những hột tròn vo - chúng cứ lơ lửng trong lúc nguội dần, sau đó thì rắn lại thành hình cầu hoàn hảo.

Với vật thể vũ trụ cỡ lớn, chính năng lượng và lực hấp dẫn hợp lực biến vật thể thành hình cầu. Lực hấp dẫn là lực đóng vai trò kéo sập vật chất từ mọi hướng, nhưng lực hấp dẫn không phải lúc nào cũng thắng - liên kết hóa học bên trong vật thể rắn rất mạnh. Dãy Himalaya mọc lên phản lại trọng lực của Trái Đất bởi tính đàn hồi của lớp đá vỏ. Nhưng trước khi phẫn khích về các ngọn núi hùng vĩ của Trái Đất, bạn nên biết rằng chiều cao trải dài từ rãnh đại dương sâu nhất cho đến ngọn núi cao nhất là độ chừng hai mươi kilômét, trong khi đó đường kính Trái Đất đã ngót mười ba nghìn kilômét. Thế nên, trái với hình dung trong đầu loài người bé nhỏ đang bò trên bề mặt đất, Trái Đất, ở quy mô vật thể vũ trụ, trơn tru ra phết. Nếu bạn có một ngón tay to tổ chẳng, ngoại hạng, và bạn lướt nó dọc theo bề mặt Trái Đất (cả đại dương này nọ), cảm giác sẽ trơn láng tựa hồ quả bi da. Những mô hình quả địa cầu đặt tiền nào mà thể hiện núi non trên Trái Đất bằng những phần đất nổi cộm tức là đã trắng trợn thổi phồng hiện thực. Đây là lý do tại sao, mặc cho núi non thung lũng trên Trái Đất, kể cả những chỗ khá bẹt từ cực này đến cực kia, thì khi nhìn từ không gian, Trái Đất chẳng khác gì một hình cầu hoàn mỹ.

Núi non trên Trái Đất vẫn còn nhãi nhép làm nếu phải so với những ngọn núi khác trong hệ Mặt Trời. Ngọn to lớn nhất Sao Hỏa, ngọn Olympus Mons cao đến hai mươi kilômét và rộng gần ba trăm dặm (khoảng 480 kilômét) ở chân núi. Nó khiến ngọn McKinley ở Alaska trông như một đụn

đất. Công thức kiến thiết núi của vũ trụ rất đơn giản: lực hấp dẫn trên bề mặt vật thể càng yếu, núi non của nó càng vươn cao. Đỉnh Everest là mức cao nhất mà núi non trên Trái Đất có thể vươn tới trước khi tính đàn hồi của những tầng đá phía dưới chịu thua sức nặng của ngọn núi.

Nếu vật thể rắn có lực hấp dẫn bề mặt đủ thấp, liên kết hóa học trong đá của nó sẽ kháng cự sức nặng của chính mình. Khi điều này xảy ra, hầu như hình dạng gì cũng khả thi. Hai thiên thể không phải hình cầu nổi tiếng nhất là Phobos và Deimos, hai mặt trăng của Sao Hỏa mang hình dạng củ khoai tây Idaho. Trên thiên thể Phobos rộng mười ba dặm, tức mặt trăng lớn hơn, một người 68 kilôgam chỉ còn nặng 0,1 kilôgam.

Trong không gian, sức căng bề mặt luôn luôn vo một giọt chất lỏng thành hình cầu. Nếu giọt này mang khối lượng rất lớn, bất kể nó được làm từ loại chất liệu nào thì lực hấp dẫn vẫn sẽ đảm bảo nó hóa ra hình cầu. Bất cứ khi nào bạn nhìn thấy một vật thể rắn nho nhỏ mà có dạng khối cầu đến đáng ngờ, bạn có thể kết luận rằng nó đã thành hình như vậy trong trạng thái nóng chảy.

Các giọt khí nặng và to lớn trong thiên hà có thể kết lại với nhau để tạo thành những quả cầu khí khá tròn trịa gọi là ngôi sao. Nhưng nếu một ngôi sao có quỹ đạo quay quá gần quanh một vật thể có lực hấp dẫn đáng kể, dạng hình cầu có thể bị méo mó khi chất liệu của nó bị tước đi. “Quá gần” ở đây, ý tôi muốn nói là quá gần giới hạn Roche của vật thể - tên gọi đặt theo tên nhà toán học giữa thế kỷ 19 Édouard Roche, người đã nghiên cứu tỉ mỉ về trường hấp dẫn trong vùng lân cận giữa một cặp sao. Giới hạn Roche là một vỏ bọc kép trên lý thuyết, phồng ra như củ hành ở hai đầu thành hình dạng quả tạ bao lấy hai vật thể bất kỳ đang quay quanh nhau. Nếu chất liệu khí trong một vật thể thoát ra ngoài vỏ bọc đơn của nó thì chất liệu ấy sẽ rơi về phía vật thể còn lại. Sự kiện này thường gặp ở các sao đôi khi một trong số chúng trương phồng thành sao kền đỏ (red giant) và lấn qua giới hạn Roche. Sao kền đỏ biến dạng méo mó thành một dạng khác hẳn, không còn là khối cầu mà giống với viên kẹo sôcôla hình giọt nước thuôn dài hiệu Hershey hơn. Chưa hết, thi thoảng một trong hai sao còn là lỗ đen, vị trí của

nó sẽ bị lộ diện do liên tục lột vỏ bạn sao đôi đồng hành. Đám khí cuộn xoáy, sau khi chuyển từ ngôi sao khổng lồ ra quá giới hạn Roche của nó thì nóng lên đến những nhiệt độ cực đại và thành ra sáng rực trước khi chui vào lỗ đen và khuất khỏi tầm mắt.

Các ngôi sao trong dải Ngân Hà kéo thành vết có hình một vòng tròn phẳng to lớn. Với tỉ lệ đường kính trên độ dày là một nghìn trên một, thiên hà của chúng ta còn dẹt hơn cái miếng đậu phụ rán dẹt nhất trên đời. Không, nó không phải hình cầu, nhưng có khả năng nó đã xuất phát bằng hình dạng ấy. Ta hãy hiểu tính dẹt này bằng cách giả định rằng thiên hà có một thời từng là quả bóng hình cầu to lớn chứa khối khí suy sụp vào trong, chậm rãi tự quay quanh trục. Trong quá trình suy sụp, quả bóng xoáy mỗi lúc một nhanh hơn, hết như vận động viên trượt băng nghệ thuật thu tay vào trong để tăng tốc độ xoay vòng. Chẳng khác gì khi ta hất chảo để lật cục bột tròn nhào bánh pizza đang xoáy tít, thiên hà đương nhiên cũng bẹt ra đáp ứng theo các lực ly tâm đang tăng lên, là lực muốn kéo giãn các phần của nó ra. Đúng vậy, nếu anh chàng [Pillsbury Doughboy](#) mà là vận động viên trượt băng nghệ thuật thì những cú xoay thoăn thoắt sẽ gây nguy hiểm vô cùng. Bất kỳ sao nào trót hình thành bên trong đám mây Ngân Hà trước vụ suy sụp thì vẫn duy trì được quỹ đạo lớn lao nhanh. Đám khí còn lại dễ dàng bện vào nhau, như một vụ va chạm trong thỉnh không giữa hai viên kẹo dẻo nóng chảy, và được ghim vào mặt phẳng đoạn giữa, nơi sinh ra toàn bộ các thể hệ sao kế tiếp, kể cả Mặt Trời. Ngân Hà hiện nay, không suy sụp mà cũng chẳng giãn nở, là một hệ thống trưởng thành về trọng trường, và người ta có thể xem các ngôi sao quay trên và dưới chiếc đĩa như là mớ xương tàn của đám mây khí hình cầu thuở ban đầu.

Hiệu ứng bị làm bẹt phổ biến này của các vật thể tự xoay tròn là lý do đường kính từ cực này đến cực kia của Trái Đất nhỏ hơn đường kính của nó tại xích đạo. Không nhiều: ba phần mười của 1% - khoảng bốn mươi hai kilômét. Nhưng Trái Đất nhỏ, phần lớn là thể rắn, và tự xoay tròn không quá nhanh. Hai mươi bốn giờ mỗi ngày, Trái Đất chở những thứ ở xích đạo đi với tốc độ 1.600 kilômét một giờ. Hãy xem Sao Thổ, hành tinh khí lừng

lững tự xoay tròn rất nhanh. Hoàn tất một ngày trong chỉ mười tiếng rưỡi đồng hồ, xích đạo của nó quay tròn với tốc độ cỡ 35.500 kilômét một giờ và kích thước từ cực này đến cực kia của nó phải dẹt hơn tròn 10% so với khúc giữa, cách biệt này đến cả kính viễn vọng nghiệp dư còn có thể nhận ra. Các quả cầu bị bẹt ra thường được gọi là hình phỏng cầu dẹt (oblate spheroid), trong khi các hình cầu bị vuốt dài từ cực này đến cực kia được gọi là hình phỏng cầu thuôn (prolate). Trong cuộc sống hằng ngày, bánh hamburger và hot dog là những ví dụ tuyệt vời (dù hơi quá) cho các dạng này. Không biết các bạn thì sao, chứ mỗi lần cắn một miếng hamburger, hình ảnh Sao Thổ lại nảy ra trong đầu tôi.

Chúng ta dùng hiệu ứng của lực ly tâm lên vật chất để hiểu rõ hơn về tốc độ quay của những vật thể vũ trụ cực đoan. Hãy xét trường hợp sao xung (pulsar). Có một vài sao tự quay quanh trục với tốc độ hàng nghìn vòng mỗi giây, chúng ta biết rằng chúng không thể cấu thành từ những chất thông thường, vì nếu vậy, chúng sẽ xoay đến độ tự đứt lìa mình. Trên thực tế, nếu một sao xung quay với tốc độ nhanh hơn 4.500 vòng một giây, xích đạo của nó sẽ di chuyển nhanh hơn tốc độ ánh sáng. Nói vậy để bạn biết rằng thứ vật liệu này không giống bất cứ thứ gì cả. Để hình dung về sao xung, hãy tưởng tượng toàn bộ khối lượng Mặt Trời bị nhét vào quả bóng kích cỡ Manhattan. Nếu như vậy khó quá, có lẽ dễ hơn bạn nên tưởng tượng chuyện nhồi khoảng một trăm triệu con voi vào một thỏi son hiệu Chapstick. Để đạt được mật độ này, bạn phải nén tất cả không gian rộng còn chứa trong nguyên tử quanh hạt nhân và giữa các electron đang quay. Việc làm này sẽ nghiền gần như tất cả electron (điện tích âm) vào proton (điện tích dương), tạo ra một quả bóng neutron (trung hòa về điện) với lực hấp dẫn bề mặt cao kinh hồn. Trong điều kiện như thế, dãy núi của một sao neutron chẳng cần phải cao quá độ dày một tờ giấy cũng đủ ngốn của bạn nhiều năng lượng hơn so với một nhà leo núi trên Trái Đất khi chinh phục vách đá độ cao năm nghìn cây số. Nói ngắn gọn, ở đâu lực hấp dẫn lớn thì các chỗ cao thường có xu hướng sụp xuống, trám vào vùng trũng - hiện tượng nghe cứ như trong Kinh Thánh, để dọn đường cho Chúa: “Mọi nơi sừng thấp sẽ được cao lên; mọi núi mọi gò sẽ bị hạ xuống; các nơi gập ghềnh sẽ làm cho bằng; các nơi dốc

hâm sẽ làm thành đồng nội” (Isaiah 40:4). Đây là công thức tạo hình cầu nếu có một công thức như vậy. Vì tất cả lý do trên, chúng ta cho rằng sao xung là quả cầu hoàn hảo nhất trong vũ trụ.

Với các cụm thiên hà đông đúc, hình dạng chung của chúng có thể đem đến cho ta kiến giải sâu sắc về vật lý thiên văn. Một số thì gồ ghề. Một số bị kéo giãn thành sợi mỏng. Một số hình thành các tấm mỏng menh mông. Chẳng có cái nào chịu mang dạng ổn định do lực hấp dẫn - hình cầu. Một số cụm bị kéo dài đến nỗi mười bốn tỉ năm dòng đời vũ trụ không đủ để các thiên hà cấu thành nên chúng băng qua được bên kia của cụm. Chúng ta kết luận rằng các cụm được sinh ra như thế vì những tương tác hấp dẫn giữa các thiên hà không có đủ thời gian để ảnh hưởng đến hình dạng cụm.

Nhưng những hệ khác, chẳng hạn cụm thiên hà Coma dạng cầu xinh đẹp, mà ta đã gặp trong chương về vật chất tối, cho ta biết ngay tức khắc rằng lực hấp dẫn đã nhào nặn toàn cụm thành hình cầu và, kết quả là, bạn có thể nhìn thấy một thiên hà di chuyển theo hướng này hay hướng khác. Nếu quả đúng như vậy thì cụm thiên hà không thể tự quay quá nhanh; nếu không chúng ta sẽ thấy hiện tượng bẹt ra, như hiện tượng từng phương hại đến dải Ngân Hà.

Cụm Coma, tương tự Ngân Hà, cũng trưởng thành về lực hấp dẫn. Theo biệt ngữ vật lý thiên văn, những hệ như vậy được gọi là “được thư giãn”; ý này có nhiều nghĩa, bao gồm thực tế ngẫu nhiên rằng vận tốc trung bình của những thiên hà trong cụm có thể đóng vai trò là một chỉ báo xuất sắc cho tổng khối lượng của toàn hệ, bất kể các vật thể dùng để tính vận tốc trung bình có góp vào tổng khối lượng ấy hay không. Vì những lý do này mà các hệ được thư giãn về trọng trường trở thành công cụ xuất sắc để thăm dò thứ vật chất “tối” không phát sáng. Cho phép tôi tuyên bố mạnh mẽ hơn nữa: nếu không nhờ các hệ thư giãn thì có lẽ đến nay ta vẫn còn chưa phát hiện được sự hiện diện khắp nơi nơi của vật chất tối.

Hình cầu bao lại tất cả các khối cầu - cái to nhất và hoàn hảo hơn cả - là toàn bộ vũ trụ quan sát được. Từ mọi hướng ta nhìn, các thiên hà lùi xa ta

với tốc độ tỉ lệ với khoảng cách từ ta đến chúng. Như đã thấy ở vài chương trước, đây là dấu hiệu nổi tiếng của một vũ trụ đang giãn nở, do Edwin Hubble phát hiện vào năm 1929. Khi bạn kết hợp thuyết tương đối của Einstein với vận tốc ánh sáng, với vũ trụ đang giãn nở, và sự loãng ra của khối lượng và năng lượng trong không gian do hệ quả của sự giãn nở, thì từ chỗ ta mà nhìn về mọi hướng đều sẽ có một khoảng cách nơi mà vận tốc lùi xa của thiên hà bằng với tốc độ ánh sáng. Từ khoảng cách này trở đi, ánh sáng từ mọi vật thể phát sáng sẽ mất hết năng lượng trước khi đến được với chúng ta. Vũ trụ bên ngoài “rìa” hình cầu này vì thế trở nên vô hình, và đến nay như ta hiểu, phần vũ trụ ấy là không thể hiểu được.

Có một biến thể rất phổ biến của ý tưởng đa vũ trụ, nó cho rằng các vũ trụ cấu thành đa vũ trụ không hoàn toàn tách biệt, mà chúng là các túi không gian cách biệt, không tương tác với nhau, nằm bên trong một kết cấu không-thời gian liên tục - như đám thuyền trên biển cả, đủ xa nhau để những đường chân trời hình tròn của chúng không giao cắt. Bằng tất cả những gì mà mỗi một con tàu có thể xác định được, nếu không có dữ liệu phụ trợ, thì nó chỉ thấy nó là con tàu độc nhất trên đại dương.

Dạng khối cầu quả là công cụ lý thuyết màu mỡ để giúp ta có được kiến giải đủ kiểu vấn đề của vật lý thiên văn. Nhưng ta cũng đừng nên quá cuồng hình cầu. Tôi nhớ lại một chuyện nửa đùa nửa thật về cách tăng sản lượng sữa trong một trang trại: Một chuyên gia chăn nuôi có thể nói, “Hãy xem xét chế độ ăn uống của con bò...” Một kỹ sư có thể nói, “Hãy xem xét thiết kế của máy vắt sữa...” Nhưng chỉ có nhà vật lý thiên văn mới nói, “Nếu ta xem xét trường hợp con bò hình cầu...”

9. ÁNH SÁNG BẤT KHẢ KIẾN

Hãy chào đón hồn ma như một người khách lạ.
Trên trời dưới đất còn biết bao điều, Horatio ạ,
Mà triết học của các bạn chưa hề mơ tưởng nổi.

- *Hamlet*, Hồi 1, Cảnh 5

Trước năm 1800, từ “light” trong tiếng Anh ngoại trừ công dụng là động từ (mang nghĩa “thắp sáng”) và tính từ (mang nghĩa “nhẹ nhàng”), còn dùng để biểu đạt ánh sáng khả kiến mà thôi. Nhưng đầu năm đó nhà thiên văn học* người Anh William Herschel đã quan sát thấy đôi chút ấm lên chỉ có thể được gây ra bởi một dạng ánh sáng mà mắt người không nhìn thấy. Là một nhà quan sát lão luyện, Herschel trước đó từng phát hiện ra Sao Thiên Vương vào năm 1781 và bấy giờ ông đang khám phá mối liên hệ giữa ánh sáng mặt trời, màu sắc và nhiệt độ. Ông bắt đầu bằng cách đặt một lăng kính trên đường đi của tia nắng. Chẳng có gì mới lạ. Cách này Sir Isaac Newton đã thực hiện hồi những năm 1600, dẫn đến việc ông gọi tên bảy màu quen thuộc trong quang phổ khả kiến: đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm, tím. (Trong tiếng Anh, chữ cái đầu tên các màu này ghép lại đúng thành [Roy G. Biv](#)). Nhưng hiếu kỳ hơn, Herschel còn thắc mắc nhiệt độ của mỗi màu sẽ như thế nào. Vậy nên ông đặt nhiệt kế ở các vùng khác nhau của cầu vồng màu để chứng minh, như ông đã nghi ngờ, rằng màu sắc khác nhau biểu lộ nhiệt độ khác nhau.

Các thí nghiệm được thực hiện hoàn hảo luôn đòi hỏi phải có “đối chứng” - tức một phép đo mà ta kỳ vọng không chịu ảnh hưởng gì, trong vai

trò một kiểu đối chứng thụ động cho chắc ăn thứ mà bạn đo lường. Ví dụ, nếu bạn muốn biết tưới cần có tác dụng gì lên cây tulip, thì hãy trồng thêm một cây thứ hai, y hệt cây đầu, nhưng tưới nó bằng nước. Nếu cả hai cây héo - nếu bạn làm chết cả hai - thì không thể đổ lỗi cho cần. Đó là giá trị của mẫu đối chứng. Herschel biết, nên ông đặt một nhiệt kế bên ngoài phố, kế bên phố màu đỏ, tin rằng nó sẽ không cao hơn nhiệt độ phòng trong suốt thí nghiệm. Ấy thế mà không phải. Nhiệt độ trên nhiệt kế đối chứng tăng lên còn cao hơn nhiệt kế phía phố đỏ.

Herschel viết:

[Tôi] kết luận rằng màu đỏ thắm vẫn chưa đạt đến mức nhiệt cực đại; có lẽ mức này nằm ngoài khúc xạ khả kiến một chút. Trong trường hợp này, ít nhất nhiệt bức xạ cũng bao gồm phần nào, nếu không phải hầu hết, ánh sáng bất khả kiến, nếu tôi được phép diễn đạt vậy; nói thế có nghĩa là, trong những tia đến từ Mặt Trời có những tia có động lượng không phù hợp cho mắt nhìn*.

Ôi trời đất quý thần ơi!

Herschel đã vô tình khám phá ra ánh sáng hồng “ngoại”, một phần mới toanh trên phổ nằm ngay “dưới” đỏ, theo như ông công bố trong bài nghiên cứu đầu tiên của bốn bài nghiên cứu về vấn đề này, đăng trên *Philosophical Transactions* (Kỷ yếu Triết học) của Hội Hoàng gia vào năm 1800.

Phát hiện của Herschel đối với thiên văn học cũng tương đương với khám phá của Antonie van Leeuwenhoek về “nhiều vi động vật (animalcule) li ti sinh động, xê dịch rất duyên dáng”* trong một giọt nước hồ bé nhỏ. Leeuwenhoek khám phá ra sinh vật đơn bào - cả một vũ trụ sinh học. Còn Herschel khám phá ra dải ánh sáng mới. Cả hai đều ẩn khuất ngay trước mắt người nhìn.

Những nhà điều tra khác ngay lập tức kể tục những chỗ nào Herschel còn bỏ dở. Năm 1801 nhà vật lý học và dược sĩ người Đức Johann Wilhelm

Ritter phát hiện một dải ánh sáng bất khả kiến nữa. Nhưng thay vì dùng nhiệt kế, Ritter rắc các nhúm bạc clorua nhạy sáng ở mỗi màu khả kiến cũng như ở vùng tối cạnh phía tận cùng màu tím của quang phổ. Lẽ dĩ nhiên, nhúm ở mảng không được chiếu sáng bị làm cháy đen nhiều hơn nhúm ở mảng tím. Còn ngoài mảng tím thì sao? Chính là vùng “cực” tím, ngày nay vẫn thường được gọi là UV.

Để trám vào toàn bộ phổ điện từ, xếp theo thứ tự từ năng lượng thấp với tần số thấp cho đến năng lượng cao với tần số cao, ta có: sóng vô tuyến, vi sóng, hồng ngoại, ánh sáng khả kiến (ROYBGIV), cực tím, tia X, tia gamma. Nền văn minh hiện đại đã khéo léo tận dụng các dải phổ này cho vô vàn ứng dụng trong công nghiệp và sinh hoạt gia đình, biến chúng thành thân thuộc với tất cả chúng ta.

Sau khám phá tia cực tím và hồng ngoại, việc quan sát bầu trời chưa thể thay đổi trong một sớm một chiều. Kính viễn vọng đầu tiên được thiết kế để dò tìm những phần bất khả kiến trong phổ điện từ mãi đến 130 năm sau mới được tạo dựng. Đây là rất lâu sau khi người ta đã khám phá ra sóng radiô, tia X và tia gamma, cũng là rất lâu sau khi nhà vật lý học người Đức Heinrich Hertz chứng minh rằng điểm duy nhất thật sự khác biệt giữa các loại ánh sáng là tần số sóng trong mỗi dải. Trên thực tế, phải kể công Hertz đã nhận ra là có một phổ điện từ. Để nhớ ơn ông, đơn vị đo tần số - tính bằng số sóng trên giây - cho bất cứ thứ gì rung động, kể cả âm thanh, được gọi là hertz.

Bí ẩn thay, các nhà vật lý thiên văn mất khá thời gian mới có thể liên hệ các dải ánh sáng bất khả kiến mới được tìm ra với việc xây kính viễn vọng nhìn được các dải ấy từ các nguồn trong vũ trụ. Vấn đề ở đây hẳn nhiên là trở ngại về mặt kỹ thuật dò tìm. Nhưng còn phải trách thói tự kiêu của con người: có đời nào vũ trụ lại gửi đến ta thứ ánh sáng mà đôi mắt tuyệt trần của ta không hề nhìn thấy? Trong hơn ba thế kỷ - từ thời Galileo cho đến Edwin Hubble - việc xây dựng kính viễn vọng chỉ mang một ý nghĩa duy nhất: làm ra dụng cụ để bắt lấy ánh sáng khả kiến, giúp nâng cao thị lực bẩm sinh của chúng ta.

Kính viễn vọng đơn thuần là công cụ để tăng cường giác quan hom hem của con người, cho phép ta quen thân hơn với những nơi chốn xa xôi. Kính viễn vọng càng lớn thì ta càng phóng được tầm mắt về các vật thể mờ nhạt hơn; gương kính càng có dạng hoàn hảo thì hình ảnh càng sắc nét; máy dò càng nhạy thì những quan sát càng hiệu quả. Nhưng trong mọi trường hợp, mỗi mẫu thông tin mà nhà vật lý thiên văn lấy được từ kính viễn vọng đều đến với Trái Đất qua một tia sáng.

Những gì xảy ra trên cao xanh, tuy vậy, không giới hạn trong số những gì thuận tiện cho vông mạc của con người. Thay vào đó, chúng thường phát ra lượng ánh sáng khác nhau thuộc nhiều dải tần số cùng lúc. Thế nên nếu không có kính viễn vọng và máy dò được tinh chỉnh phù hợp với toàn bộ phổ, thì các nhà vật lý thiên văn chắc vẫn còn điếm nhiên mù tịt về những thứ động trời trong vũ trụ.

Lấy ví dụ một ngôi sao phát nổ - một siêu tân tinh. Đây là sự kiện có năng lượng cực cao và khá phổ biến trong vũ trụ, nó tạo ra hằng hà sa số tia X. Đôi khi, chớp gamma và tia cực tím lóe lên cùng những vụ nổ, còn ánh sáng khả kiến thì chẳng bao giờ thiếu hụt. Sau khi các khí nổ đã nguội bót một thời gian, sóng xung kích tiêu tan, ánh sáng khả kiến phai nhạt, “tàn dư” của siêu tân tinh vẫn còn chiếu sáng trong vùng phổ hồng ngoại trong lúc phát xung sóng vô tuyến. Đó là nguồn gốc của sao xung, những chiếc đồng hồ đo thời gian đáng tin cậy nhất trong vũ trụ.

Đa số vụ nổ sao diễn ra ở các thiên hà xa xôi, nhưng nếu một ngôi sao nổ tung bên trong Ngân Hà, cơn giã chết của nó sẽ đủ sáng cho mọi người nhìn thấy thậm chí không cần đến kính viễn vọng. Đã không ai trên Trái Đất nhìn thấy tia X hay tia gamma bất khả kiến ở hai vụ nổ siêu tân tinh tráng lệ do thiên hà của chúng ta chiêu đãi hai lần gần đây nhất - một lần năm 1572 và lần khác năm 1604 - nhưng ánh sáng khả kiến tuyệt diệu của chúng thì được báo cáo lại ở nhiều nơi. Dãy các bước sóng (hoặc tần số) cấu thành mỗi dải ánh sáng sẽ chi phối mạnh cách thiết kế máy móc dùng để dò tìm nó. Đây là lý do tại sao không có một tổ hợp kính viễn vọng và thiết bị dò nào có thể đồng thời nhìn thấy mọi đặc điểm của những vụ nổ như thế.

Nhưng cách khắc phục vấn đề này rất đơn giản: hãy tập hợp tất cả quan trắc về vật thể bạn muốn biết, có thể là qua thu thập từ đồng nghiệp, ở nhiều dải ánh sáng. Sau đó tập hợp tất cả quan trắc lại, ghép màu khả kiến với các dải bất khả kiến, tạo thành một bức siêu ảnh đa dải tần. Đây là trải nghiệm của nhân vật Geordi, người có thể nhìn thấy tất cả, trong loạt phim truyền hình *Star Trek: The Next Generation*. Với những phương pháp như thế, bạn sẽ không bỏ lỡ gì cả.

Chỉ sau khi xác định dải tần nào gây được cảm tình vật lý thiên văn của bạn thì bạn mới nên nghĩ đến việc chọn kích cỡ gương, vật liệu dùng làm gương, hình dạng, bề mặt, và loại thiết bị dò bạn cần đến. Bước sóng của tia X, chẳng hạn, cực kỳ ngắn. Vậy nên nếu muốn tích lũy chúng, gương của bạn phải siêu trơn tru, không thì khiếm khuyết trên bề mặt sẽ làm biến dạng bước sóng. Nhưng nếu bạn định tập hợp sóng vô tuyến dài, tấm gương có thể được đan bằng lưới sắt làm chuồng gà do chính bạn dùng tay uốn, bởi vì tính không đồng đều trên dây thép còn nhỏ hơn nhiều so với bước sóng mà bạn tìm kiếm. Dĩ nhiên, bạn cũng cần rất nhiều chi tiết - độ phân giải cao - nên gương cần phải to lớn hết mức có thể trong khả năng sản xuất gương của bạn. Cuối cùng, kính viễn vọng của bạn phải rộng hơn rất rất nhiều so với bước sóng ánh sáng bạn muốn dò tìm. Và minh chứng cho điều này chẳng đâu xa, chính là việc xây dựng một kính viễn vọng vô tuyến.

Kính viễn vọng vô tuyến, loại kính viễn vọng đầu tiên từng được tạo dựng để tìm ánh sáng không khả kiến, là một tiểu loại đài quan trắc tuyệt vời. Kỹ sư người Mỹ Karl G. Jansky đã dựng thành công một cái vào độ giữa 1929 và 1930. Nó trông hơi giống một hệ thống tưới phun mưa trong một nông trại không có nông dân. Được làm nên từ một chuỗi các khung kim loại cao hình chữ nhật, cố định bằng lớp lót sàn và các thanh giằng chéo bằng gỗ, nó xoay các mặt khung tại chỗ như một vòng quay ngựa gỗ đặt trên bánh xe lấy từ chiếc xe hơi Ford Model T. Jansky đã tinh chỉnh thiết bị kỳ quái dài 30 mét để thu bước sóng khoảng mười lăm mét, tương ứng với tần số 20,5 megahertz^{*}. Bản kế hoạch của Jansky, đại diện cho đơn vị chủ quản của ông là Phòng thí nghiệm Điện thoại Bell, là nhằm nghiên cứu bất kỳ

tiếng rít nào từ các nguồn sóng vô tuyến xuất phát từ Trái Đất có thể gây nhiễu cho việc truyền thông vô tuyến trên mặt đất. Việc này rất giống với công việc mà Phòng thí nghiệm Bell đã giao cho Penzias và Wilson, 35 năm sau đó, để tìm kiếm tiếng ồn vi sóng trong máy thu của họ, như ta đã thấy ở chương 3, từ đó dẫn đến việc khám phá ra nền vi sóng vũ trụ.

Bằng cách bỏ ra vài năm nhọc nhằn theo dấu và ghi lại thời giờ của các tiếng rít tĩnh điện thu được bằng ăngten tạm bợ của mình, Jansky phát hiện rằng sóng vô tuyến không chỉ đến từ các trận bão sét trong khu vực và các nguồn khác trên mặt đất ông đã biết, mà nó còn đến từ trung tâm dải Ngân Hà. Vùng trời ấy quét qua tầm nhìn của kính viễn vọng mỗi 23 giờ 56 phút một lần: chính xác là chu kỳ Trái Đất tự quay quanh trục trong không gian và do đó đúng bằng thời gian cần thiết để trả tâm thiên hà về lại cùng góc và độ cao trên bầu trời. Karl Jansky công bố kết quả của ông dưới tiêu đề: “Nhiều loạn điện tử dường như có nguồn gốc từ ngoài Trái Đất”^{*}.

Với quan sát ấy, thiên văn học vô tuyến ra đời - nhưng thiếu vắng Jansky. Phòng thí nghiệm Bell phân ông làm nhiệm vụ khác, không để ông gạt hái thành quả từ phát kiến gây ảnh hưởng mạnh của mình. Dù vậy, vài năm sau, một người Mỹ tự lập thân tên là Grote Reber, đến từ Wheaton, tiểu bang Illinois, đã dựng nên một kính viễn vọng vô tuyến lòng chảo kim loại, rộng chín mét ngay trong sân sau nhà. Năm 1938, không chịu chỉ thị của bất kỳ ai, Reber xác nhận khám phá của Jansky và dành 5 năm kế tiếp để lập ra những bản đồ vô tuyến trên bầu trời với độ phân giải thấp.

Kính viễn vọng của Reber, dù chưa hề có tiền lệ, khá nhỏ và thô sơ so với tiêu chuẩn của ngày nay. Kính viễn vọng vô tuyến hiện đại là cả một câu chuyện khác. Không bị gò bó ở sân sau nhà, đôi khi phải nói là chúng quá kéch xù. MK1, bắt đầu đi vào hoạt động từ năm 1957, là kính viễn vọng vô tuyến thật sự khổng lồ đầu tiên trên hành tinh - một lòng chảo đơn nhất bằng thép răn rộng 76 mét, có thể điều khiển được, đặt tại Đài quan trắc Jodrell Bank gần Manchester, xứ Anh. Vài tháng sau khi MK1 khai trương, Liên Xô phóng vệ tinh *Sputnik 1*, và ăngten chảo của Jodrell Bank bỗng chốc trở thành đúng thứ có thể lần theo dấu khối công cụ bé nhỏ quay quanh quỹ đạo

kia - biến nó thành kẻ tiên phong trong Mạng Không gian Sâu (Deep space Network) ngày nay, được dùng cho mục đích lần theo dấu các tàu thăm dò không gian của hành tinh.

Một dạng kính viễn vọng vô tuyến khác là giao thoa kế, bao gồm các dây ăngten chao y như nhau, rải khắp các vật đất đồng quê và kết nối bằng điện với nhau để cùng phối hợp làm việc. Kết quả thu được là một hình ảnh thống nhất, mạch lạc, độ phân giải cực cao của các vật thể vũ trụ phát ra sóng vô tuyến. “Ta cỡ khủng” vốn đã là phương châm bất thành văn cho kính viễn vọng từ rất lâu trước khi ngành công nghiệp thức ăn nhanh chiếm dụng khẩu hiệu này, các giao thoa kế tự chúng vẫn tập hợp thành cả một nhóm loại quá khổ. Một trong số đấy, dãy lòng chảo vô tuyến rất lớn nằm gần Socorro, New Mexico, mang cái tên chính thức là Dãy Kính Rất Lớn (Very Large Array), với hai mươi bảy lòng chảo 8,5 mét bố trí theo các đường ray trải dài 38 kilômét hoang mạc. Đài quan trắc này đậm tính vũ trụ đến nỗi nó xuất hiện như phong nền trong các phim *2010: The Year We Make Contact* (1984), *Contact* (1997) và *Transformers* (2007). Ngoài ra còn có Dãy Kính Đường Cơ Sở Rất Dài (Very Long Baseline Array), với mười ăngten chảo kích cỡ 8,5 mét phủ khắp 8.000 kilômét từ Hawaii đến quần đảo Virgin, tạo nên độ phân giải cao nhất trong tất cả kính viễn vọng trên thế giới.

Trong dải vi sóng, còn khá mới mẻ đối với giao thoa kế, ta có sáu mươi sáu ăngten thuộc ALMA, Dãy Kính Lớn Bước Sóng Milimét Atacama (Atacama Large Millimeter Array), trên dãy Andes heo hút ở Bắc Chile. Tinh chỉnh sao cho phù hợp với những bước sóng phân bố trải dài từ các giá trị phân số của một milimét cho đến vài xentimét, ALMA giúp các nhà vật lý thiên văn tiếp cận với hình ảnh độ phân giải cao của các nhóm hoạt động vũ trụ mà các đài điện từ khác không nhìn thấy được, chẳng hạn cấu trúc của đám mây khí suy sụp khi chúng trở thành vườn ươm cho sao mới ra đời. Vị trí của ALMA, theo chủ ý, thuộc cảnh quan khô cằn nhất Trái Đất - 4,8 kilômét trên mực nước biển và ở xa trên những đám mây ẩm ướt nhất. Nước có thể tốt cho việc nấu nướng bằng vi sóng nhưng nó rất tệ đối với các nhà

vật lý thiên văn, bởi hơi nước trong khí quyển của Trái Đất sẽ ngốn mất các tín hiệu vi sóng ban sơ dọc ngang thiên hà và từ những miền xa khuất. Hai hiện tượng này, dĩ nhiên, có liên quan: nước là thành phần thường gặp nhất trong thức ăn, và lò vi sóng chủ yếu dùng để đun nước. Gộp lại, đó là dấu hiệu rõ nhất cho thấy nước hấp thụ tần số vi sóng. Thế nên nếu bạn muốn quan sát vật thể vũ trụ rõ ràng, bạn buộc phải giảm thiểu lượng hơi nước giữa kính viễn vọng và vũ trụ, giống như giải pháp của ALMA.

Ở cuối dải bước sóng cực ngắn trên phổ điện từ bạn sẽ thấy các tia gamma có năng lượng và tần số cao, bước sóng của chúng được đo bằng picômét. Tia gamma được khám phá vào năm 1900, nhưng mãi đến năm 1961 khi một loại kính viễn vọng mới được phóng theo vệ tinh *Explorer XI* của NASA thì tia này mới được dò thấy trong không gian.

Ai đã từng xem nhiều phim khoa học viễn tưởng sẽ biết rằng tia gamma có hại cho ta. Dám chừng bạn sử chuyển thành màu xanh và nổi cơ cuộn cuộn, hoặc tơ nhện có thể đứt ra từ cổ tay của bạn. Nhưng cũng rất khó bắt giữ tia gamma. Chúng xuyên thẳng qua lăng kính và gương thông thường. Vậy, làm thế nào quan sát chúng? Bên trong kính viễn vọng của *Explorer XI* chứa một thiết bị gọi là scintillator, mà khi tia gamma chiếu vào, nó sẽ phản ứng với các tia gamma bằng cách tuôn ra các hạt mang điện âm. Bằng việc đo lường năng lượng của các hạt này, bạn có thể biết được loại ánh sáng năng lượng cao nào đã tạo ra chúng.

Hai năm sau, Liên Xô, Vương quốc Anh và Hoa Kỳ cùng ký Hiệp ước cấm thử vũ khí hạt nhân có giới hạn, cam kết cấm việc thử vũ khí hạt nhân dưới nước, trong khí quyển và trong không gian - vì bụi phóng xạ trong không khí có thể lan tỏa và gây ô nhiễm cho nhiều nơi bên ngoài biên giới quốc gia. Nhưng đây là Chiến tranh lạnh, cái thời không ai tin tưởng ai về bất cứ thứ gì. Vin vào sắc lệnh quân sự “tin tưởng nhưng phải xác minh”, phía Hoa Kỳ triển khai một loạt vệ tinh mới, vệ tinh *Velas*, để quét tìm những vụ bùng phát chớp tia gamma có thể xảy ra trong trường hợp phía Liên Xô thử vũ khí hạt nhân. Các vệ tinh quả thật tìm thấy chớp tia gamma, gần như mỗi ngày. Nhưng không phải do phía Nga. Những chớp này đến từ

không gian sâu thẳm - và về sau ta được biết chúng là tấm danh thiếp của những vụ nổ sao gián đoạn, hoành tráng, đến từ những miền xa xôi khắp vũ trụ, báo hiệu cho sự ra đời của ngành vật lý thiên văn tia gamma, một nhánh nghiên cứu mới thuộc lĩnh vực của tôi.

Năm 1994, Đài quan trắc tia Gamma Compton của NASA đã dò thấy một thứ ngoài dự kiến, cũng như khám phá trước đó của *Velas*: các tia gamma lóe lên đều đặn ngay gần bề mặt Trái Đất. Chúng được gán cho cái tên thiết thực là “những tia chớp gamma mặt đất”. Một cuộc thăm sát bằng hạt nhân chẳng? Không phải, bằng chứng là bạn vẫn còn đang đọc được câu văn này. Không phải tất cả các vụ bùng phát tia gamma đều chết chóc như nhau, cũng không phải tất cả đều có nguồn gốc từ vũ trụ. Trong trường hợp này, ít nhất năm mươi vụ chớp lóe mỗi ngày đều khởi nguồn từ gần đỉnh của những đám mây dông, chỉ tích tắc trước khi thứ sấm sét bình thường giáng xuống. Nguồn gốc của chúng vẫn còn khá bí ẩn, nhưng giải thích phù hợp nhất có thể là trong các cơn bão điện từ, electron tự do tăng tốc đến gần tốc độ ánh sáng rồi sau đó va đập vào hạt nhân của nguyên tử khí quyển, phát ra tia gamma.

Ngày nay, kính viễn vọng hoạt động ở mọi vùng bất khả kiến của phổ, một số đặt tại mặt đất, nhưng hầu hết là đặt trong không gian, nơi mà tầm nhìn của kính viễn vọng không bị ngăn trở bởi bầu khí quyển có tính hấp thụ của Trái Đất. Giờ đây chúng ta có thể quan sát các hiện tượng trong phạm vi tính từ sóng vô tuyến tần số thấp, với khoảng cách bước sóng giữa hai đỉnh sóng dài cả chục mét, cho đến các tia gamma tần số cao có bước sóng chưa đầy một phần triệu tỉ xentimét. Bảng màu ánh sáng phong phú ấy đóng góp cho vô số khám phá vật lý thiên văn: Bạn tò mò muốn biết có bao nhiêu khí lẫn khuất trong số sao của thiên hà? Dùng kính viễn vọng vô tuyến là nhất. Sẽ không có tri thức về nền vi sóng vũ trụ, và không có hiểu biết thật sự gì về vụ nổ lớn, nếu không nhờ vào kính viễn vọng vi sóng. Muốn nhìn vào vườn ươm sao sâu bên trong các đám mây khí thiên hà ư? Hãy chú ý tác dụng của kính viễn vọng hồng ngoại. Thế còn sự phát xạ từ vùng lân cận của lỗ đen thường và lỗ đen siêu nặng ở trung tâm thiên hà? Dùng kính viễn

vọng cực tím và tia X là nhất. Muốn ngắm các vụ nổ sao kênh năng lượng cao, có khối lượng lớn bằng bốn mươi Mặt Trời? Hãy đón xem vở diễn kịch tính nay bằng kính viễn vọng tia gamma.

Chúng ta đã đi được một chặng đường dài kể từ thời thí nghiệm của Herschel với những tia sáng “không phù hợp cho mắt nhìn”, giúp ta có công năng thám hiểm vũ trụ để biết nó thực chất là gì, thay vì chỉ biết nó có bề ngoài ra sao. Herschel hẳn phải tự hào lắm. Chúng ta đã đạt được thị lực vũ trụ đích thực chỉ sau khi nhìn thấy thứ không thể thấy: một tập hợp muôn màu muôn vẻ gồm các vật thể, hiện tượng xuyên không gian và thời gian mà giờ đây chúng ta đã có thể mơ tưởng trong triết học của mình.

10. GIỮA CÁC HÀNH TINH

Từ xa, hệ Mặt Trời với các hành tinh xem chừng trông trải. Nếu bạn bọc nó lại bên trong một quả cầu - đủ lớn để bao phủ quỹ đạo Sao Hải Vương, hành tinh ngoài cùng* - thì tổng thể tích của Mặt Trời, tất cả hành tinh và mặt trăng của chúng sẽ chiếm chỉ hơn một phần nghìn tỉ không gian bị bao phủ. Nhưng khi nhìn cận cảnh, không gian giữa các hành tinh lại chất chứa đủ loại đá, sỏi, khối cầu băng, bụi, những luồng hạt tích điện và các tàu thăm dò được phóng lên xa tít. Không gian cũng tràn ngập từ trường và các trường hấp dẫn kỳ vĩ.

Không gian liên hành tinh là không-trống-rỗng đến nỗi Trái Đất, suốt hành trình 30 kilômét một giây trên quỹ đạo, phải cày qua hàng trăm tấn sao băng mỗi ngày - hầu hết chúng không lớn hơn một hạt cát. Gần như tất cả chúng đều bị thiêu rụi trong thượng tầng khí quyển của Trái Đất, do va đập vào không khí với quá nhiều năng lượng nên các mảnh vụn bốc hơi ngay khi tiếp xúc. Giống loài mỏng manh chúng ta tiến hóa dưới lớp vỏ bảo vệ này. Sao băng nếu lớn hơn, cỡ bằng quả bóng gôn thì nóng lên nhanh nhưng không đồng đều, và thường vỡ ra thành nhiều mảnh nhỏ trước khi chúng bốc hơi. Sao băng lớn hơn nữa sẽ bị cháy sém bề mặt, nhưng ngoài chuyện đẩy ra thì chúng đáp thẳng xuống mặt đất mà không sút mẻ gì. Có lẽ bạn nghĩ rằng đến bây giờ, sau 4,6 tỉ chuyến đi vòng quanh Mặt Trời, Trái Đất hẳn đã “hút bụi” sạch mọi mảnh vụn có thể xuất hiện trên quỹ đạo di chuyển của nó. Thế nhưng đã có một thời tình cảnh còn thê thảm hơn rất nhiều. Trong nửa tỉ năm sau khi Mặt Trời và các hành tinh của nó hình thành, hằng hà sa số mảnh phế thải đổ xuống Trái Đất đến nỗi nhiệt năng do va chạm liên tục

đã hâm nóng khí quyển và nấu chảy vỏ Trái Đất, khiến cho những phân tử hữu cơ phức tạp không thể hình thành được.

Đặc biệt, một tảng phế thải to đáng kể đã dẫn đến sự hình thành Mặt Trăng. Sự khan hiếm ngoài dự kiến của sắt và các nguyên tố nặng khác trên Mặt Trăng, mà ta suy dẫn ra dựa trên các mẫu do phi hành gia tàu *Apollo* đem về, cho thấy rằng có khả năng cao Mặt Trăng bị bật tung ra từ lớp vỏ và lớp phủ địa chất nghèo sắt của Trái Đất sau vụ va chạm với một nguyên-hành-tinh (protoplanet) thất thường có kích cỡ Sao Hỏa. Các mảnh vụn trên quỹ đạo sau cuộc chạm trán này hòa hợp để tạo thành chính vệ tinh mật độ thấp đáng yêu của chúng ta. Ngoại trừ sự kiện đáng đưa tin trên thì giai đoạn Trái Đất chịu oanh tạc dữ dội trong thời kỳ sơ sinh không phải là chuyện độc nhất vô nhị nếu so với các hành tinh và những thiên thể lớn khác thuộc hệ Mặt Trời. Chúng đều phải chịu những tổn hại tương tự, do không có không khí, nên bề mặt không bị bào mòn của Mặt Trăng và Sao Thủy đã lưu giữ lại nhiều vết tích các miệng hố từ giai đoạn này.

Không chỉ hệ Mặt Trời bị sút sạo bởi các vật thể trôi dạt trong quá trình hình thành, mà không gian liên hành tinh gần đây cũng chứa các tảng đá thuộc đủ mọi kích cỡ được phóng thích khỏi Sao Hỏa, Mặt Trăng và Trái Đất do bật lên từ bề mặt sau những vụ đụng độ năng lượng cao. Nghiên cứu bằng máy tính về những vụ bắn phá bằng thiên thạch thể hiện chắc chắn rằng đá nằm ở bề mặt gần những khu vực bị bắn phá có thể bị hất văng lên với tốc độ đủ để thoát khỏi phạm vi lực hấp dẫn của vật thể. Với tình hình chúng ta ngày càng khám phá thêm nhiều thiên thạch trên Trái Đất có xuất xứ từ Sao Hỏa, ta kết luận rằng khoảng một nghìn tấn đá Sao Hỏa đã đổ xuống Trái Đất mỗi năm. Có lẽ lượng tương tự cũng tới được Trái Đất từ Mặt Trăng. Ngắm lại, chẳng cần phải bay lên Mặt Trăng để thu hồi đá Mặt Trăng. Lắm đá tự lao đến tìm ta, dù ta không chọn ăn đá, và vào cái thời thực hiện chương trình không gian Apollo ta đã chẳng hề biết điều này.

Hầu hết tiểu hành tinh trong hệ Mặt Trời sống và làm việc trong vành đai tiểu hành tinh chính, một khu vực đại để phẳng lì nằm giữa quỹ đạo Sao Hỏa và Sao Mộc. Theo truyền thống, những nhà khám phá được phép tùy ý

đặt tên cho tiểu hành tinh họ tìm thấy. Các họa sĩ thường phác họa nơi này thành một vùng đá dập dềnh lộn xộn trong mặt phẳng của hệ Mặt Trời, nhưng tổng khối lượng vành đai tiểu hành tinh còn ít hơn 5% khối lượng Mặt Trăng, mà khối lượng này chỉ suýt soát hơn 1% khối lượng của Trái Đất. Nghe thật nhỏ nhoi. Nhưng sự nhiễu loạn được tích lũy của chúng sẽ liên tiếp tạo ra một tập hợp nhỏ chết chóc, có thể lên đến vài nghìn tiểu hành tinh, quay theo những lộ trình quái gở giao cắt với quỹ đạo Trái Đất. Tính toán sơ bộ cho thấy hầu hết chúng sẽ đâm sầm vào Trái Đất trong vòng một trăm triệu năm nữa. Những vật thể rộng khoảng hơn một kilômét sẽ va chạm với đủ năng lượng để làm mất ổn định hệ sinh thái trên Trái Đất và đẩy hầu hết chủng loài trên cạn của Trái Đất vào chỗ tuyệt diệt. Thế thì thật thê thảm.

Tiểu hành tinh không phải là vật thể không gian duy nhất đe dọa sự sống trên Trái Đất. Vành đai Kuiper là một dải “bất động sản” rải rác sao chổi, bắt đầu tính từ sát ngoài quỹ đạo của Sao Hải Vương, nó bao gồm luôn Sao Diêm Vương, và từ đó kéo dài ra có lẽ cũng bằng quãng đường từ Sao Hải Vương đến Mặt Trời. Nhà thiên văn học người Mỹ gốc Hà Lan Gerard Kuiper đề xuất ý tưởng rằng ở những vùng sâu lạnh lẽo của không gian, bên ngoài quỹ đạo Sao Hải Vương, là nơi trú ngụ của các vật thể bị đóng băng, còn sót lại sau sự hình thành hệ Mặt Trời. Không tìm thấy một hành tinh đồ sộ nào để rúc vào, hầu hết những sao chổi này sẽ quay quanh Mặt Trời trong hàng tỉ năm tiếp đến. Cũng như với vành đai tiểu hành tinh, một số vật thể thuộc vành đai Kuiper chu du trên những quỹ đạo quái gở giao cắt với quỹ đạo của hành tinh khác. Quỹ đạo của Sao Diêm Vương và bầy đoàn anh chị em của nó gọi là các Plutino giao cắt với đường đi của Sao Hải Vương quanh Mặt Trời. Các vật thể khác thuộc vành đai Kuiper lao tít vào vòng trong hệ Mặt Trời, hấp tấp cắt qua quỹ đạo quay của các hành tinh. Nhóm nhỏ này gồm có Halley là sao chổi nổi tiếng hơn cả.

Xa bên ngoài vành đai Kuiper, kéo dài đến quãng giữa đường tới những ngôi sao gần nhất, là một kho sao chổi hình cầu gọi là đám mây Oort, đặt theo tên Jan Oort, nhà thiên văn học người Đan Mạch đã suy luận ra sự tồn tại của nó. Vùng này lý giải tại sao có sao chổi dài hạn, tức những sao chổi

nào có chu kỳ quay dài hơn nhiều so với cuộc đời một con người. Không như sao chổi ở vành đai Kuiper, các sao chổi từ đám mây Oort có thể đáp vào vòng trong của hệ Mặt Trời từ bất cứ góc và hướng nào. Hai sao chổi sáng nhất của những năm 1990, Hale-Bopp và Hyakutake, đều đến từ đám mây Oort và còn lâu lắm chúng mới quay trở lại.

Nếu mắt chúng ta nhìn thấy được từ trường, Sao Mộc sẽ trông to lớn gấp mười lần vầng trăng tròn trên bầu trời. Các tàu vũ trụ muốn ghé thăm Sao Mộc phải được thiết kế sao cho không bị ảnh hưởng bởi từ trường mạnh mẽ này. Như nhà vật lý học người Anh Michael Faraday đã chứng minh vào những năm 1800, nếu bạn đưa một sợi dây thép đi ngang qua từ trường bạn sẽ tạo ra sự chênh lệch điện áp dọc theo chiều dài sợi thép. Vì lý do đó, tàu thăm dò không gian tốc độ cao bằng kim loại có thể có dòng điện cảm ứng ở bên trong nó. Các dòng điện này cũng phát ra từ trường của chính mình để tương tác với từ trường xung quanh, nhằm kìm giữ chuyển động của tàu thăm dò không gian. Đây có thể là nguyên do giải thích cho sự giảm tốc bí ẩn của hai tàu vũ trụ *Pioneer* khi chúng thoát khỏi hệ Mặt Trời. Cả *Pioneer 10* và *11*, được phóng vào những năm 1970, đã không du hành sâu vào không gian như các mô hình chuyển động năng học và động lực học của ta đã dự đoán. Để cắt nghĩa hiệu ứng của bụi không gian trên đường đi cũng như bụi bị dội lại từ các bề nhiên liệu rò rỉ, ý tưởng về tương tác từ - trong trường hợp này là với từ trường của Mặt Trời - có lẽ là cách giải thích tốt nhất.

Lần cuối mà tôi cập nhật, trong hệ Mặt Trời có cá thủy năm mươi sáu mặt trăng quay quanh các hành tinh. Rồi một sáng nọ tôi thức dậy thì biết rằng thêm một tá nữa đã được phát hiện quay quanh Sao Thổ. Sau sự kiện ấy, tôi quyết định thôi không đếm nữa. Bây giờ tất cả những gì tôi quan tâm là trong số ấy liệu có bất cứ chỗ nào vui để ghé thăm, hay để nghiên cứu hay không. Ở một vài góc độ, các mặt trăng trong hệ Mặt Trời còn mê hoặc hơn cả các hành tinh mà chúng quay quanh. Hai mặt trăng của Sao Hỏa (Phobos và Deimos) được nhắc đến trong một cuộc phiêu lưu của Lemuel Gulliver trong tác phẩm kinh điển do Jonathan Swift viết năm 1727. Vấn đề là, hai

mặt trăng hình củ khoai tây của Sao Hỏa mãi đến một trăm năm sau đó mới được phát hiện. Mặt Trăng của Trái Đất bằng cỡ 1/300 đường kính Mặt Trời, nhưng nó ở xa ta cũng bằng 1/300 khoảng cách đến Mặt Trời, khiến cho Mặt Trời và Mặt Trăng có cùng kích cỡ trên bầu trời - sự trùng hợp chẳng tìm được ở đâu khắp các tổ hợp hành tinh-mặt trăng khác trong hệ Mặt Trời, nhờ đó mới có cảnh nhật thực toàn phần đẹp độc đáo trên ảnh chụp. Trái Đất cũng khóa thủy triều (còn được gọi là khóa trọng lực) đối với Mặt Trăng, khóa nó vào trục quay và để nó đi theo quỹ đạo quanh Trái Đất theo những chu kỳ y hệt. Dù chuyện này xảy ra ở bất cứ đâu, vào bất kỳ lúc nào, thì Mặt Trăng bị khóa chặt luôn chỉ hướng một mặt về phía hành tinh chủ của nó.

Hệ thống mặt trăng của Sao Mộc đầy rẫy những vật thể cổ quái. Io, mặt trăng gần Sao Mộc nhất, bị khóa thủy triều và chịu sự kéo giãn ảnh hưởng lên cấu trúc do tương tác với Sao Mộc và các mặt trăng khác, qua đó bơm đủ nhiệt vào quả cầu nhỏ này để làm nóng chảy phần đá bên trong; Io là nơi núi lửa hoạt động mạnh nhất trong hệ Mặt Trời. Mặt trăng Europa (tên nữ thần trong thần thoại Hy Lạp và cũng được đặt cho tên của châu Âu) của Sao Mộc có đủ H₂O sao cho cơ cấu tăng nhiệt của nó (hoạt động tương tự trên Io) làm tan chảy lớp băng dưới bề mặt, chứa lại một đại dương ấm áp bên dưới. (Một bạn cùng chỗ làm với tôi là họa sĩ từng hỏi liệu rằng các dạng sống ngoài hành tinh từ Europa có phải gọi là European: người châu Âu hay không. Vì không có câu trả lời khả dĩ nào khác nên tôi buộc phải đáp là đúng vậy*.) Hình chụp cận cảnh bề mặt của Miranda, một trong số các mặt trăng của Sao Thiên Vương, hé lộ những kiểu khuôn mẫu lệch lạc một cách tệ hại, không thể ghép khít với nhau, như thể mặt trăng khốn khổ này từng nổ tung rồi các mảnh vụn được dán keo lại một cách qua quýt. Nguồn gốc của những đặc điểm lạ kỳ này vẫn còn là bí ẩn, nhưng có thể đến từ lý do giản dị, chẳng hạn bởi vì các tảng băng trôi lên không được đồng đều.

Mặt trăng duy nhất của Sao Diêm Vương, Charon, quá lớn và gần đến nỗi Sao Diêm Vương và Charon mỗi bên đều khóa thủy triều lẫn nhau: chu kỳ tự quay quanh trục và quay quanh quỹ đạo của chúng là tương đồng. Theo quy ước, mặt trăng sẽ được mang tên của nhân vật Hy Lạp có dính

dáng với phiên bản Hy Lạp của các vị thần La Mã dùng đặt tên cho hành tinh chủ*. Thần cổ đại có đời sống xã hội phức tạp, nên chẳng thiếu gì nhân vật để mượn tên. Ngoại lệ duy nhất cho quy tắc này thuộc về các mặt trăng của Sao Thiên Vương, chúng được đặt theo tên đủ loại nhân vật chính diện trong văn chương Anh. Nhà vật lý người Anh Sir William Herschel là người đầu tiên phát hiện ra một hành tinh nằm ngoài những gì mắt trần dễ dàng nhìn thấy, thế nên ông sẵn sàng đặt tên hành tinh mới này theo tên nhà vua mà ông nguyện trung thành phục vụ. Ví thử mà Sir William thành công, danh sách các hành tinh trong tiếng Anh sẽ thành: Mercury (Sao Thủy), Venus (Sao Kim), Earth (Trái Đất), Mars (Sao Hỏa), Jupiter (Sao Mộc), Saturn (Sao Thổ), và Vua George. May thay, những đầu óc sáng suốt hơn đã giành phần thắng và cái tên Uranus từ thần thoại cổ được đặt cho sao Uranus (Sao Thiên Vương) vài năm sau đó. Nhưng đề xuất gốc của Sir William là đặt tên các mặt trăng theo nhân vật trong kịch William Shakespeare và thơ Alexander Pope thì đến nay vẫn còn là truyền thống. Trong số mười bảy mặt trăng của nó, ta sẽ tìm thấy Ariel, Cordelia, Desdemona, Juliet, Ophelia, Portia, Puck và Umbriel, với hai mặt trăng mới, Caliban và Sycorax, mới được phát hiện vào năm 1997.

Vật liệu bị thất thoát khỏi bề mặt Mặt Trời ở tốc độ hai trăm triệu tấn mỗi giây (tình cờ cũng gần trùng với tốc độ dòng chảy qua lưu vực sông Amazon). Mặt Trời mất đi khối lượng này qua “gió mặt trời”, dưới dạng những hạt tích điện năng lượng cao. Di chuyển đến hàng nghìn kilômét mỗi giây, các hạt này chảy thành dòng qua không gian và bị từ trường của hành tinh làm chệch hướng. Các hạt xoáy xuống về hướng cực Bắc từ và cực Nam từ, gây ra va chạm với các phân tử khí, làm khí quyển phát sáng thành hiện tượng cực quang nhiều màu sắc. Kính viễn vọng Không gian Hubble đã phát hiện cực quang gần hai cực của cả Sao Thổ và Sao Mộc. Trên Trái Đất, Bắc cực quang và Nam cực quang đóng vai trò liên tục nhắc nhở ta rằng có một bầu khí quyển bảo vệ mới thật tuyệt vời biết bao.

Khí quyển của Trái Đất thường được miêu tả là dày hàng chục kilômét phía trên bề mặt Trái Đất. Vệ tinh quay trên quỹ đạo “thấp” quanh Trái Đất

thường di chuyển với tốc độ giữa khoảng 150 đến 650 kilômét và hoàn tất một quỹ đạo quay trong khoảng chín mươi phút. Mặc dù bạn không thể thờ ở độ cao như thế, một vài phân tử khí quyển vẫn sót lại - đủ để từ từ rút cạn năng lượng quay từ các vệ tinh không đề phòng. Để chống lại sự kéo chậm lại này, vệ tinh ở quỹ đạo thấp cần được đẩy liên tục, không thì chúng rơi xuống Trái Đất và bị đốt cháy trong bầu khí quyển. Cách hợp lý nhất để định nghĩa đầu là rìa khí quyển của chúng ta là đặt câu hỏi xem ở đâu nó có mật độ phân tử khí bằng với mật độ phân tử khí trong không gian liên hành tinh. Với định nghĩa này, khí quyển của Trái Đất có độ dày vươn xa vào không gian đến hàng nghìn kilômét. Quay trên quỹ đạo cao hơn mức này, trên ba mươi tám nghìn kilômét (một phần mười khoảng cách đến Mặt Trăng), là các vệ tinh viễn thông. Ở độ cao đặc biệt này, khí quyển của Trái Đất không phải là không liên quan nữa, nhưng tốc độ của vệ tinh cũng đủ chậm cho tình trạng này để hoàn thành một vòng quay quanh Trái Đất trong hai mươi bốn giờ. Với quỹ đạo trùng khớp với tốc độ tự quay quanh trục của Trái Đất, các vệ tinh này có vẻ như lơ lửng cố định bên trên, nhờ đó chúng cũng lý tưởng cho việc chuyển tiếp tín hiệu từ một vùng này trên mặt đất đến một vùng khác.

Định luật của Newton tuyên bố cụ thể rằng, dù lực hấp dẫn của một hành tinh càng lúc càng yếu khi ta di chuyển ra xa dần, thì vẫn không có khoảng cách nào mà lực hấp dẫn đạt đến giá trị bằng không. Hành tinh Sao Mộc, với trường hấp dẫn mạnh, đã đánh văng nhiều sao chổi ra khỏi quỹ đạo nguy hiểm có thể gieo tai họa cho những gì ở bên trong hệ Mặt Trời. Sao Mộc đóng vai một tấm khiên làm bằng trường hấp dẫn bảo vệ cho Trái Đất, đảm bảo một khoảng thời gian dài (trăm triệu năm) khá yên tĩnh và hòa bình trên địa cầu. Nếu không có sự che chở của Sao Mộc, sự sống phức tạp sẽ phải rất vất vả để trở nên phức tạp tới mức quyển rũ như hiện nay, bởi luôn luôn phải sống trong nguy cơ tuyệt chủng do các va chạm kinh hoàng.

Chúng ta đã tận dụng trường hấp dẫn của các hành tinh để đưa hầu hết các tàu thăm dò ta phóng vào không gian. Tàu thăm dò *Cassini* trên đường đến Sao Thổ, chẳng hạn, được phóng từ Trái Đất vào ngày 15 tháng Mười

năm 1997, và sau khi phóng đã được lực hấp dẫn của Sao Kim trợ giúp hai lần, của Trái Đất một lần (trong chuyến bay về vệt qua), và của Sao Mộc một lần. Giống như một cú đánh bi-da mà đường đi của trái bi phải chạm nhiều băng, đường bay phải qua lại từ hành tinh này đến hành tinh khác là chuyện bình thường. Nếu không mượn lực, các tàu thăm dò tí hon của chúng ta sẽ không thể có đủ năng lượng và tốc độ để đến đích.

Hiện nay tôi chuyên trách một vài mảnh vụn liên hành tinh trong hệ Mặt Trời của chúng ta. Vào tháng Mười một năm 2000, tiểu hành tinh 1994KA ở vành đai chính, do David Levy và Carolyn Shoemaker phát hiện, được đặt tên là Tyson 13123 theo tên tôi. Dù tôi rất thích sự biệt đãi này thì cũng chẳng việc gì phải vì thế mà tự cao tự đại; thiếu gì những tiểu hành tinh mang những cái tên quen thuộc như Jody, Harriet và Thomas. Thậm chí có tiểu hành tinh ngoài kia mang tên gọi Merlin, James Bond và Santa. Vượt quá hai mươi nghìn, con số tiểu hành tinh chẳng bao lâu sẽ thách thức khả năng đặt tên của chúng ta. Dù ngày ấy có đến hay chưa, tôi vẫn hết sức lấy làm an ủi vì biết rằng cái khối các mảnh vụn vũ trụ của mình không cô đơn trong lúc nó trôi lênh bênh trong không gian giữa các hành tinh, dự phần vào một danh sách dài những khối vụn khác được đặt theo tên người thật hay nhân vật hư cấu.

Tôi cũng vui mừng vì, tại thời khắc này, tiểu hành tinh của tôi không lao đầu về Trái Đất.

11. TRÁI ĐẤT NGOẠI HÀNH TINH

Dù bạn thích chạy nước rút, bơi, đi bộ, hay bò trườn từ nơi này đến nơi kia trên Trái Đất, bạn cũng được quyền tận hưởng góc nhìn cận cảnh trước vô khối điều đáng chú ý của hành tinh chúng ta. Có thể bạn sẽ thấy lớp vân đá vôi hồng trên vách hẻm núi, cảnh bọ rùa ăn rệp cây trên cuống hoa hồng, cảnh vỏ con sò biển từ dưới lớp cát thò lên. Tất cả việc bạn cần làm là nhìn.

Từ cửa sổ của chiếc máy bay phản lực đang cất cánh, những chi tiết trên bề mặt ấy nhanh chóng biến mất. Không còn món tráng miệng rệp cây. Không nghe sò. Đạt đến độ cao để vi vu, khoảng 11 kilômét bên trên, thì đến việc nhận dạng đường sá cũng là một thử thách.

Các chi tiết tiếp tục mất dạng khi bạn vươn vào không gian. Từ cửa sổ Trạm vũ trụ quốc tế, trên quỹ đạo ở cao khoảng bốn trăm kilômét, bạn có thể thấy được nào là Paris, London, New York, và Los Angeles vào ban ngày, nhưng đấy cũng là bởi bạn đã biết qua vị trí của chúng trong tiết học địa lý. Vào ban đêm, cảnh quan đô thị dàn trải của chúng phát ra ánh sáng rõ rệt. Ban ngày, trái với hiểu biết thông thường, bạn hẳn sẽ không thấy Đại kim tự tháp Giza, và chắc chắn bạn không thể nào thấy nổi Vạn lý Trường thành của Trung Quốc. Một phần nguyên do khó nhận dạng là bởi nó được làm từ đất và đá của phong cảnh xung quanh. Và mặc dù Vạn lý Trường thành dài hàng nghìn cây số, nó chỉ rộng khoảng sáu mét - hẹp hơn nhiều so với đường cao tốc liên bang Hoa Kỳ mà bạn gần như không thấy nổi từ trên một máy bay xuyên lục địa.

Trên quỹ đạo, với đôi mắt không cần thiết bị hỗ trợ, bạn có lẽ sẽ thấy những cột khói bốc lên từ vụ cháy giếng dầu ở Kuwait vào cuối cuộc chiến

tranh vùng vịnh Ba Tư năm 1991 và hai tòa tháp đôi bị bốc cháy của Trung tâm Thương mại Thế giới vào ngày 11 tháng Chín năm 2001. Bạn cũng sẽ nhận thấy đường biên xanh-nâu giữa các dải đất ẩm mát và đất khô cằn. Ngoài danh sách ngắn gọn đó ra thì chẳng còn bao nhiêu thứ do con người làm ra mà ta có thể xác định được từ độ cao hàng trăm cây số trên bầu trời. Dầu vậy, bạn vẫn có thể nhìn thấy muôn vàn cảnh tượng thiên nhiên, bao gồm các cơn bão nhiệt đới trên vịnh Mexico, băng nổi trên Bắc Đại Tây Dương, và núi lửa phun trào bất kể là ở nơi đâu.

Từ Mặt Trăng, cách ta gần bốn trăm ngàn kilômét, New York, Paris và các thành thị tráng lệ khác trên Trái Đất sẽ chẳng hiện ra, dù chỉ như một cái chấm nhấp nháy. Nhưng từ điểm nhìn trên Mặt Trăng, bạn vẫn có thể dõi theo các *front* chủ đạo của thời tiết dịch chuyển trên hành tinh. Từ Sao Hỏa, lúc nó đến gần Trái Đất nhất, cách Trái Đất đâu đó trong khoảng năm mươi sáu triệu kilômét, những dãy núi đồ sộ phủ tuyết và rìa lục địa trên Trái Đất có thể được nhìn thấy qua một kính viễn vọng loại lớn đặt tại sân sau nhà. Nếu ta du hành đến tận Sao Hải Vương, cách xa bốn tỉ rưỡi kilômét - nhưng chỉ gần như ngay bên kia khu phố nếu xét trên thang đo vũ trụ - thì cả đến Mặt Trời cũng mờ nhạt tới thảm thương, giờ đây nó chỉ chiếm một phần nghìn so với diện tích được nhìn thấy từ Trái Đất trên bầu trời ban ngày. Còn Trái Đất thì sao? Nó là một đốm nhỏ còn chẳng sáng bằng một ngôi sao mờ nhạt, hoàn toàn bị mất hút trong ánh sáng lóa ra từ Mặt Trời.

Một bức ảnh trứ danh do tàu *Voyager 1* chụp năm 1990 ngay ngoài quỹ đạo Sao Hải Vương đã cho thấy Trái Đất trông tầm thường đến dường nào khi nhìn từ không gian sâu thẳm: “chấm nhỏ xanh mờ”, nhà vật lý thiên văn người Mỹ Carl Sagan gọi nó như vậy. Mà đấy là còn dễ tính lắm. Nếu không có chú thích đi kèm, có khi bạn chẳng biết nổi là nó có ở đấy.

Sẽ ra sao nếu sinh vật ngoài hành tinh nào đó nơi vũ trụ xa xăm dùng cơ quan thị giác siêu phàm bẩm sinh của họ để soi quét bầu trời, cộng thêm trợ lực từ các dụng cụ quang học tối tân ngoài hành tinh? Họ có thể thăm dò được những đặc điểm khả kiến nào của hành tinh Trái Đất?

Màu xanh sẽ là điểm đầu tiên và trên hết. Nước bao phủ hơn hai phần ba bề mặt Trái Đất; riêng Thái Bình Dương thôi đã phủ gần trọn một mặt của hành tinh. Sinh vật nào có đầy đủ dụng cụ và chuyên môn để phát hiện màu sắc hành tinh của chúng ta chắc chắn sẽ suy ra sự hiện diện của nước, phân tử dồi dào thứ ba trong vũ trụ.

Nếu độ phân giải của thiết bị đủ cao, giống sinh vật ngoài hành tinh hẳn còn thấy nhiều hơn là chỉ một chấm nhỏ xanh mờ. Họ sẽ thấy cả đường bờ biển rắc rối, càng cho biết rõ ràng hơn rằng nước ở dạng lỏng. Và người ngoài hành tinh thông minh chắc chắn sẽ biết rằng nếu một hành tinh có nước dạng lỏng, thì nhiệt độ và áp suất khí quyển của hành tinh ấy sẽ rơi vào một phạm vi được định rõ.

Chòm băng vùng cực đặc biệt của Trái Đất, mở rộng và co rút tùy theo sự biến đổi nhiệt độ theo mùa, có thể được nhìn thấy qua ánh sáng khả kiến. Chu kỳ tự quay quanh trục trong hai mươi bốn giờ của hành tinh chúng ta cũng nhìn thấy được, bởi những đại lực dễ nhận dạng sẽ quay trở lại tầm nhìn vào những khoảng thời gian dự tính được. Sinh vật ngoài hành tinh sẽ còn thấy các hệ thống thời tiết lớn cứ đến rồi đi; khi nghiên cứu kỹ, họ sẽ dễ dàng phân biệt đặc điểm liên quan đến mây trong khí quyển với đặc điểm liên quan đến bề mặt của bản thân Trái Đất.

Đến lúc kiểm định thực tế một chút. Ngoại hành tinh gần nhất - hành tinh gần nhất quay quanh ngôi sao không phải là Mặt Trời - có thể được tìm thấy trong hệ sao Alpha Centauri lân cận, cách chúng ta khoảng bốn năm ánh sáng. Hầu hết các ngoại hành tinh ta biết đều nằm xa ta trong quãng từ hàng chục cho tới hàng trăm năm ánh sáng. Độ sáng của Trái Đất ít hơn một phần tỉ lần Mặt Trời và hành tinh chúng ta lân cận với Mặt Trời, gây khó khăn cho bất kỳ ai muốn nhìn Trái Đất trực tiếp bằng một kính viễn vọng quang học. Thế nên giả dụ sinh vật ngoài hành tinh đã tìm thấy chúng ta, khả năng cao họ đang tìm kiếm bằng những bước sóng khác với ánh sáng khả kiến, ví dụ hồng ngoại, lúc ấy độ sáng của chúng ta trong tương quan với Mặt Trời khá hơn một chút so với dưới ánh sáng khả kiến - hoặc là các kỹ sư của họ đang áp dụng thêm chiến lược nào đó hoàn toàn khác.

Có lẽ họ đang làm điều mà một số kẻ săn lùng hành tinh phe ta thường làm: theo dõi các sao xem liệu chúng có rung lắc đều đặn theo nhịp hay không. Cú rung lắc định kỳ của ngôi sao tiết lộ rằng tồn tại một hành tinh quay quanh nó mà có lẽ quá mờ nên không thể nhìn thấy trực tiếp. Trái với hoài nghi thông thường, một hành tinh không quay quanh ngôi sao chủ của nó; cả hành tinh và ngôi sao chủ đều quay quanh một tâm chung của khối lượng. Hành tinh càng nặng, phản hồi của sao càng phải lớn, và cú rung lắc sẽ càng đáng kể khi bạn phân tích ánh sáng của ngôi sao. Thật không may cho những sinh vật ngoài kia đang săn lùng hành tinh, hành tinh Trái Đất lại nhỏ bé yếu ớt, nên ngôi sao Mặt Trời hầu như chẳng nhúc nhích gì, điều này càng thách thức các kỹ sư ngoài hành tinh hơn.

Kính viễn vọng Kepler của NASA, được thiết kế và tinh chỉnh nhằm phát hiện những hành tinh giống Trái Đất xung quanh ngôi sao giống Mặt Trời, lại viện đến một phương pháp dò tìm khác nữa, bổ sung đáng kể vào danh mục ngoại hành tinh. Kepler tìm kiếm những ngôi sao có mức sáng tổng thể bị giảm một chút, theo nhịp độ đều đặn. Trong các trường hợp này, đường thẳng tầm nhìn của Kepler vừa đúng để thấy ngôi sao mờ đi, mờ bớt chỉ một tỉ lệ là một phân số bé tí, do một trong những hành tinh của nó băng thẳng qua trước mặt ngôi sao chủ. Bằng phương pháp này, bạn không thể nhìn thấy chính hành tinh ấy. Bạn thậm chí không thể thấy đặc điểm trên bề mặt ngôi sao. Kepler đơn giản chỉ truy ra những thay đổi trong ánh sáng tổng thể của ngôi sao, nhưng đã bổ sung được hàng nghìn ngoại hành tinh vào danh mục, bao gồm hàng trăm hệ sao đa hành tinh. Từ các dữ liệu này, bạn còn có thể biết được kích cỡ của ngoại hành tinh, chu kỳ quay trên quỹ đạo, và quỹ đạo của nó cách ngôi sao chủ bao xa. Rồi bạn có thể dùng kiến thức suy ra khối lượng của hành tinh ấy.

Trong trường hợp bạn thắc mắc: khi Trái Đất đi ngang qua trước Mặt Trời - điều này luôn diễn ra đối với một đường thẳng tầm nhìn nào đó trong thiên hà - trong thoáng chốc chúng ta làm ánh sáng tổng thể từ Mặt Trời mờ đi 1/10.000 mức sáng bình thường của nó. Như thế cũng được. Bọn họ sẽ

phát hiện rằng Trái Đất có tồn tại, nhưng họ không biết được chút gì về những điều đang diễn ra trên bề mặt Trái Đất.

Sóng vô tuyến và vi sóng có thể có hiệu quả. Biết đâu các sinh vật ngoài hành tinh muốn nghe lén chúng ta, họ cũng sở hữu một thứ kiểu như đài quan trắc Arecibo ở Puerto Rico, nơi đặt kính viễn vọng vô tuyến một chảo thu lớn nhất Trái Đất - bạn có thể nhìn thấy nó trong những thước phim ngoại cảnh đoạn đầu bộ phim *Contact* năm 1997. Nếu bọn họ có, và nếu họ cũng chỉnh đến tần số phù hợp, ắt hẳn họ sẽ phát hiện Trái Đất - hay đúng hơn, họ sẽ phát hiện nền văn minh hiện đại của chúng ta - một trong những nguồn sóng vô tuyến chói lọi nhất trên bầu trời. Thử xét mọi thứ phát ra sóng vô tuyến và vi sóng mà ta có: không chỉ radio truyền thống, mà còn máy truyền hình, điện thoại di động, lò vi sóng, thiết bị đóng mở cửa ga-ra, thiết bị mở khóa cửa ô tô, radar thương mại, radar quân sự, và vệ tinh liên lạc. Chúng ta rực sáng ở phần sóng tần số dài - bằng chứng ngoạn mục cho thấy có điều bất thường đang diễn ra tại đây, vì ở trạng thái tự nhiên, các hành tinh đất đá nhỏ hầu như không phát chút sóng vô tuyến nào.

Thế nên nếu những kẻ nghe lén ngoài hành tinh hướng kính viễn vọng vô tuyến phiên bản của riêng họ về hướng chúng ta, họ có thể suy ra rằng hành tinh chúng ta nắm giữ được công nghệ. Dù vậy, một điểm phức tạp hóa vấn đề: còn có những cách diễn giải khác. Biết đâu họ không thể phân biệt giữa tín hiệu của Trái Đất với tín hiệu của các hành tinh lớn hơn trong hệ Mặt Trời của chúng ta, tất cả đều là những nguồn sóng vô tuyến quy mô, nhất là Sao Mộc. Biết đâu họ tưởng ta là một loại hành tinh mới kỳ khôi, dày đặc sóng vô tuyến. Biết đâu họ không thể phân biệt giữa sóng vô tuyến phát ra từ Trái Đất so với từ Mặt Trời, khiến họ kết luận rằng Mặt Trời là một loại sao mới kỳ khôi, dày đặc sóng vô tuyến.

Các nhà vật lý thiên văn tại đây trên Trái Đất này, ở Đại học Cambridge nước Anh cũng từng lúng túng vì vấn đề tương tự hồi năm 1967. Trong lúc khảo sát bầu trời bằng kính viễn vọng vô tuyến để tìm kiếm bất kỳ nguồn sóng vô tuyến mạnh nào, Antony Hewish và nhóm của ông đã phát hiện ra một thứ cực kỳ quái lạ: một vật thể phát xung theo nhịp độ chính xác, lặp đi

lặp lại, xấp xỉ hơn một giây. Jocelyn Bell, học viên sau đại học của Hewish lúc bấy giờ, là người đầu tiên nhận ra.

Chẳng mấy chốc các đồng nghiệp của Bell xác minh rằng loạt xung đến từ một khoảng cách rất đổi xa xôi. Khó lòng cưỡng lại ý nghĩ rằng đây là một tín hiệu kỹ thuật - rằng một nền văn hóa khác đang chiếu tia sáng để đánh tín hiệu làm bằng chứng về lối sinh hoạt của nó xuyên qua không gian. Như lời Bell kể lại, “Chúng tôi không có chứng cứ chứng minh đây là sự bức xạ sóng vô tuyến hoàn toàn tự nhiên... Lúc đấy, tôi cố gắng lấy bằng tiến sĩ nhờ vào kỹ thuật mới, để mai kia một số kha khá những người xanh nhỏ xíu nào đó phải chọn đúng ăngten và tần số của tôi nếu muốn liên lạc với chúng ta.”* Tuy vậy, vài ngày sau cô phát hiện ra những tín hiệu cũng lặp lại đến từ những nơi khác trong dải Ngân Hà của chúng ta. Bell và các đồng sự hiểu ra rằng họ đã phát hiện một loại vật thể vũ trụ mới - một ngôi sao cầu tạo hoàn toàn bằng các neutron, ngôi sao này phát xung sóng vô tuyến theo mỗi chu kỳ nó tự quay quanh trục. Hewish và Bell theo đó mà đặt cho chúng cái tên “sao xung” (pulsar).

Hóa ra, bắt sóng vô tuyến không phải là cách duy nhất để tò mò tọc mạch. Ngoài ra còn có hóa học vũ trụ (cosmochemistry). Phân tích hóa học cho bầu khí quyển của hành tinh đã trở thành một lĩnh vực sôi động của vật lý thiên văn hiện đại. Như bạn có thể đoán, hóa học vũ trụ dựa vào quang phổ học - công việc phân tích ánh sáng bằng quang phổ kế. Bằng cách khai thác các công cụ và phương thức của nhà quang phổ học, những chuyên gia hóa học vũ trụ có thể suy ra liệu sự sống có hiện diện trên ngoại hành tinh hay không, bất kể sự sống ấy là kiểu có tri giác, có trí tuệ hay có công nghệ.

Phương pháp này hiệu quả bởi mỗi nguyên tố, mỗi phân tử - bất kể nó tồn tại ở đâu trong vũ trụ - đều hấp thụ, phát xạ, phản xạ và tán xạ ánh sáng theo một cách độc nhất. Cho ánh sáng ấy đi qua quang phổ kế thì bạn sẽ tìm thấy các đặc điểm đáng được gọi là vân tay hóa học. Dấu vân tay hiện rõ nhất thuộc về các chất hóa học nhạy nhất dưới áp suất và nhiệt độ của môi trường của chúng. Bầu khí quyển hành tinh đầy rẫy những đặc điểm như thế. Và nếu hành tinh tràn trề động thực vật thì khí quyển của nó sẽ chất chứa

đầy dấu ấn sinh học - bằng chứng quang phổ cho sự sống. Dù mang gốc sinh vật (do bất kỳ dạng sống nào sinh ra), gốc nhân tạo (do loài *Homo sapiens* rải rác khắp nơi gây ra), hay gốc công nghệ (chỉ do công nghệ gây ra), thì bằng chứng hùng hồn này cũng khó lòng bị khuất lấp.

Trừ phi tình cờ được sinh ra với những bộ cảm biến quang phổ gắn trong mình, các sinh vật ngoài hành tinh thích soi mói không gian sẽ cần phải dựng một quang phổ kế để đọc dấu vân tay của chúng ta. Nhưng trên hết, Trái Đất phải băng qua phía trước Mặt Trời (hay một nguồn sáng nào khác), tạo cơ hội cho ánh sáng chiếu qua khí quyển của chúng ta và thẳng tiến về phía những sinh vật ngoài hành tinh. Bằng cách ấy, các chất hóa học trong khí quyển Trái Đất mới có thể tương tác với ánh sáng, để lại dấu ấn cho tất cả cùng thấy.

Một số phân tử - amôniắc, cacbon điôxít, nước - có mặt dồi dào trong vũ trụ, dù cho sự sống có hiện diện hay không. Nhưng các phân tử khác thì lại sinh sôi nảy nở đặc biệt khi đích thân sự sống có hiện diện.

Một dấu ấn sinh học dễ dàng phát hiện là mức độ phân tử mêtan duy trì liên tục trên Trái Đất, hai phần ba trong đó sản sinh do các hoạt động liên quan tới con người như sản xuất dầu làm nhiên liệu, canh tác lúa, nước thải, và chất thải từ gia súc gia cầm. Những nguồn tự nhiên, chiếm một phần ba còn lại, bao gồm đất ngập nước và chất thải từ loài mối. Trong khi đó, ở những nơi mà oxy tự do còn hiếm hoi, mêtan không phải lúc nào cũng cần sự sống mới hình thành được. Ngay vào thời điểm này, các nhà sinh học vũ trụ còn đang tranh cãi về nguồn gốc chính xác của lượng vết mêtan trên mặt trăng Titan của Sao Thổ, nơi mà chắc chắn không hề có trâu bò hay mỗi một sinh sống.

Nếu sinh vật ngoài hành tinh theo dõi mặt ban đêm [hành tinh] chúng ta khi ta quay quanh sao chủ, họ có thể nhận thấy lượng natri vọt lên do đèn đường nhiều nơi được bật lên vào lúc trời nhá nhem tối ở những vùng nội đô và ngoại ô của đô thị. Dấu hiệu rành rành nhất, tuy vậy, vẫn là khí oxy trôi nổi tự do, cấu thành trọn một phần năm bầu khí quyển của chúng ta.

Ôxy - nguyên tố dồi dào thứ ba trong vũ trụ sau hydro và hêli - có hoạt tính hóa học cao và đã sẵn liên kết với nguyên tử của hydro, cacbon, nitơ, silic, lưu huỳnh, sắt, vônfram. Do đó, để oxy có thể tồn tại trong trạng thái bền vững, phải có thứ gì đó giải phóng nó cũng nhanh bằng tốc độ nó được tiêu thụ. Tại đây trên Trái Đất, sự giải phóng ôxy có thể quy về nguyên do sự sống. Quang hợp, hoạt động của thực vật và nhiều vi khuẩn, tạo ra oxy tự do trong đại dương và bầu không khí. Ôxy tự do, đến lượt nó, lại cho phép sự tồn tại của các sinh vật trao đổi khí ôxy, bao gồm chúng ta và hầu như toàn bộ các loài khác trong giới động vật.

Người trái đất chúng ta thừa biết sự quan trọng của dấu vân tay hóa học đặc trưng của Trái Đất. Nhưng sinh vật ngoài hành tinh ở trời xa tìm đến sẽ cần diễn giải các phát hiện và kiểm định các giả định của họ. Sự xuất hiện theo chu kỳ của natri có nhất thiết phải mang gốc công nghệ - do một tác nhân có trí thông minh biết kiểm soát công nghệ gây ra? Ôxy tự do chắc chắn là mang gốc sinh học - do sự sống tạo ra. Còn metan thì sao? Nó cũng không bền về hóa học, và đúng là một số metan có gốc nhân tạo - do con người tạo ra - nhưng như ta đã thấy, metan còn có những tác nhân phi sinh vật chi phối nó nữa.

Nếu sinh vật ngoài hành tinh quyết định rằng đặc điểm hóa học của Trái Đất là bằng chứng chắc chắn cho sự sống, biết đâu họ sẽ thắc mắc liệu sự sống này có trí tuệ hay không. Không chừng sinh vật ngoài hành tinh giao tiếp với nhau, và có lẽ họ đoán phỏng rằng các dạng sống thông minh khác cũng giao tiếp. Biết đâu đó là khi họ quyết định dùng kính viễn vọng vô tuyến của họ nghe lén Trái Đất, để xem các cư dân ở đây đã thông thạo vùng nào trong phổ điện từ. Thế nên, dù cho sinh vật ngoài hành tinh có thăm dò bằng hóa học hay sóng vô tuyến, họ cũng có thể đi đến cùng một kết luận: hành tinh nào có công nghệ tân tiến hẳn phải có dạng sống thông minh cư trú, đó là những kẻ đang bận rộn khám phá cách thức hoạt động của vũ trụ và cách thức áp dụng quy luật của vũ trụ cho lợi ích cá nhân và cộng đồng.

Xem xét kỹ hơn vân tay khí quyển của Trái Đất, dấu ấn sinh học của con người còn bao gồm axit lưu huỳnh, cacbonic và nitric, cùng các thành phần khói bụi từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch. Nếu các sinh vật ngoài hành tinh tò mò kia tình cờ phát triển vượt bậc hơn ta về xã hội, văn hóa và công nghệ, thì họ chắc chắn sẽ diễn giải các dấu ấn sinh học này là bằng chứng chắc ăn nhất cho việc thiếu vắng sự sống thông minh trên Trái Đất.

Ngoại hành tinh đầu tiên được phát hiện vào năm 1995, và vào thời điểm cuốn sách này được viết, con số tổng cộng đã vươn lên đến bốn nghìn, hầu hết được tìm thấy ở một vùng nhỏ quanh hệ Mặt Trời, xét trong tương quan với kích cỡ của Ngân Hà. Thế nên còn xuất hiện nhiều nơi nữa có ngoại hành tinh như thế. Dù gì, thiên hà của chúng ta chứa đựng đến hơn một trăm tỉ ngôi sao, và vũ trụ mà ta biết chứa đựng đâu đó trong khoảng một trăm tỉ thiên hà.

Cuộc tìm kiếm sự sống trong vũ trụ của ta cuốn theo phương cách tìm kiếm ngoại hành tinh, một vài trong số đó tương đồng với Trái Đất - không giống đến từng chi tiết, dĩ nhiên, nhưng thuộc tính chung thì giống. Những áng chừng gần đây nhất, trích xuất từ các danh mục hiện hành, gợi ý rằng có đến bốn mươi tỉ hành tinh giống với Trái Đất chỉ tính riêng trong Ngân Hà. Đó là những hành tinh mà con cháu chúng ta có thể một ngày nào đó sẽ muốn ghé thăm, theo ý thích, nếu không phải là bị bắt buộc.

12. NGÃM NGHĨ VỀ GÓC NHÌN VŨ TRỤ

Trong số tất cả ngành khoa học do con người vun đắp, thiên văn học được công nhận, không còn nghi ngờ gì nữa, là ngành thượng thừa, lý thú nhất và hữu dụng nhất. Bởi, nhờ tri thức đúc rút từ ngành khoa học này, không chỉ phần lớn Trái Đất được khám phá...; mà chính khả năng của chúng ta cũng mở mang theo cùng tầm vóc lớn lao của những ý tưởng được truyền tải, trí óc ta được nhắc bổng lên khỏi thành kiến nông cạn và hạn hẹp [của nó].

- [James Ferguson, 1757](#)

Từ rất lâu trước khi bất kỳ ai biết rằng vũ trụ có một khởi đầu, trước khi ta biết rằng thiên hà lớn gần ta nhất nằm cách Trái Đất hai triệu rưỡi năm ánh sáng, trước khi ta biết cách thức hoạt động của sao hoặc liệu nguyên tử có tồn tại hay không, lời giới thiệu hăng hái của James Ferguson cho ngành khoa học yêu thích của ông nghe có vẻ đúng. Ấy thế mà lời ông viết, ngoài tính hoa mỹ thời thế kỷ 18, vẫn như vừa mới viết hôm qua.

Nhưng ai sẽ nghĩ được như vậy? Ai sẽ tán dương quan điểm vũ trụ này về cuộc sống? Không phải người tá điền nhập cư. Không phải người công nhân trong công xưởng. Hẳn nhiên không phải người vô gia cư bới rác kiếm chút gì bỏ bụng. Bạn cần dư dả thời gian không vướng bận kế mưu sinh. Bạn cần sống trong một quốc gia mà nhà nước của nó xem trọng nỗ lực tìm hiểu vị thế loài người trong vũ trụ. Bạn cần một xã hội mà ở đó sự mưu cầu trí tuệ có thể đưa bạn lên tiền đồn của phát kiến, và ở đó tin tức về các khám

phá của bạn có thể được phổ biến thường xuyên. Trong chừng mực ấy, hầu hết công dân của các nước đã công nghiệp hóa đều có điều kiện khá thuận lợi để suy nghĩ như vậy.

Thế mà đi kèm với quan điểm vũ trụ này là cái giá tiềm ẩn. Khi phải di chuyển hàng nghìn cây số để có chút thời gian dưới bóng Mặt Trăng dịch chuyển rất nhanh trong kỳ nhật thực toàn phần, đôi khi tôi bỏ quên Trái Đất.

Khi tôi dừng lại và ngẫm nghĩ về vũ trụ đang giãn nở của chúng ta, về các thiên hà vun vút rời xa nhau, được nhúng vào trong kết cấu không-thời gian bốn chiều không ngừng kéo giãn, đôi khi tôi quên còn vô số người tha thần trên Trái Đất này mà không có lương thực hay chỗ để nương thân, và rằng trẻ con dự một phần bất cân đối trong số ấy.

Khi tôi nghiền ngẫm dữ liệu để xác định sự hiện diện kỳ bí của vật chất tối và năng lượng tối khắp vũ trụ, đôi khi tôi quên rằng mỗi ngày - cứ mỗi chu trình hai mươi bốn giờ tự quay quanh trục của Trái Đất - người ta giết và bị giết nhân danh tư tưởng của ai đó khác về Thượng Đế, và rằng một số kẻ nếu không giết người nhân danh Thượng Đế, thì lại giết người nhân danh những nhu cầu hay đòi hỏi về giáo điều chính trị.

Khi tôi lần theo quỹ đạo các tiểu hành tinh, sao chổi, hành tinh, mỗi vật thể đều là một vũ công xoay tròn trong vở ba lê vũ trụ được dàn dựng bởi các lực hấp dẫn, đôi khi tôi quên còn quá nhiều người đang tâm khinh thường bản giao hòa tinh vi của bầu khí quyển, đại dương và đất đai trên Trái Đất, mà hậu quả là con cháu, rồi con cháu của con cháu chúng ta sẽ phải chứng kiến và trả giá bằng sức khỏe và an sinh của chúng.

Và đôi khi tôi quên rằng những người có quyền lực hiếm khi dốc toàn tâm toàn ý để giúp đỡ những ai không tự giúp được mình.

Tôi thỉnh thoảng quên những chuyện như trên bởi, dù thế giới có lớn rộng bao nhiêu - trong tim ta, trong tâm trí ta, hay trong bản đồ điện tử ngoại cỡ của ta - thì vũ trụ còn to lớn hơn cả. Với vài người đây là ý nghĩ làm họ xuống tinh thần, nhưng với tôi đây là cả một sự giải phóng.

Hãy xem một người trưởng thành khi cần dỗ dành đứa trẻ bị tổn thương: vì một món đồ chơi hỏng, một cái đầu gối trầy trụa, hay một tên bắt nạt học đường. Là người trưởng thành ta biết rằng trẻ con không hiểu nổi điều gì gây ra vấn đề thật sự, bởi sự thiếu kinh nghiệm sẽ giới hạn góc nhìn ấu thơ của chúng rất nhiều. Những đứa trẻ chưa hiểu rằng thế giới này không quay quanh chúng.

Là người lớn, ta có dám thú nhận với bản thân rằng ngay chính ta cũng có sự chưa trưởng thành mang tính tập thể trong quan điểm? Ta có dám thú nhận rằng suy nghĩ và hành vi của ta bắt nguồn từ niềm tin rằng thế giới quay quanh ta? Xem chừng là không. Ấy thế mà bằng chứng có nhan nhản. Hãy vén tấm màn xung đột chủng tộc, sắc tộc, tôn giáo, quốc gia và văn hóa trong xã hội, rồi bạn sẽ thấy cái tôi của con người là thứ đang nhấn ga và sang số.

Giờ hãy tưởng tượng một thế giới mà mọi người, nhất là những người nhiều quyền lực và ảnh hưởng, có quan điểm khai phóng về vị thế của chúng ta trong vũ trụ. Với góc nhìn ấy, vấn đề của ta sẽ co rút lại - hay thậm chí chẳng bao giờ trỗi dậy - và ta có thể tán dương những sự khác biệt trần tục giữa chúng ta trong lúc tránh lặp lại hành vi của những tiền nhân đã sát hại lẫn nhau chỉ vì những sự khác biệt ấy.

Quay lại tháng Hai năm 2000, Cung thiên văn Hayden mới xây xong ở thành phố New York và tổ chức một chương trình không gian gọi là [*Passport to the Universe*](#) (Hộ chiếu vào vũ trụ), đưa du khách từ cung thiên văn phóng chiếu vào một không gian thực tế ảo nhìn ra rìa vũ trụ. Trên đường đi, khán giả ngắm Trái Đất, rồi hệ Mặt Trời, sau đó dỗi theo một trăm tỉ ngôi sao trong dải Ngân Hà co rút lại cho đến khi chỉ còn những dấu chấm hầu như không thấy rõ trên mái vòm của cung thiên văn.

Trong vòng một tháng sau ngày khai trương, tôi nhận được lá thư từ một giáo sư tâm lý học thuộc khối [*Ivy League*](#) với chuyên môn nghiên cứu những điều làm người ta thấy mình nhỏ bé. Tôi chưa bao giờ biết có cả chuyên gia cho một lĩnh vực như vậy. Ông ấy muốn phân phát một bảng câu

hỏi “trước và sau” cho du khách, đánh giá mức độ xuống tinh thần của họ sau khi xem chương trình. *Passport to the Universe*, như ông viết, khơi gợi một cảm giác bé nhỏ đến nỗi bàng hoàng tột độ mà ông chưa từng trải qua.

Sao lại có thể như thế? Mỗi khi tôi xem chương trình không gian này (và những thứ khác mà chúng tôi sản xuất), tôi luôn cảm thấy rộn ràng, phấn chấn, và gắn kết. Tôi cũng thấy lớn bống, khi biết rằng những diễn biến bên trong bộ óc 1,3 kilôgam của con người đã cho phép chúng ta làm rõ được vị thế của mình trong vũ trụ.

Xin phép cho tôi đưa ý kiến rằng chính vị giáo sư nọ, chứ không phải tôi, mới hiểu nhầm lẽ tự nhiên. Cái tôi của ông từ đầu đã quá lớn, bị thổi phồng bởi ảo tưởng về tầm quan trọng và bị các giả định văn hóa mớm cho rằng loài người mới là quan trọng hơn bất cứ thứ gì khác trong vũ trụ.

Công bằng mà nói cho ông bạn, các thế lực hùng mạnh trong xã hội khiến hầu hết chúng ta dễ bị lung lay. Tôi cũng thế... cho tới một ngày tôi học được trong giờ sinh học rằng có nhiều vi khuẩn sống và làm việc trong một xentimét ruột già của tôi hơn là số người từng tồn tại trên thế giới. Thông tin kiểu như thế buộc bạn phải nghĩ lại xem ai - hay cái gì - thật sự nắm quyền điều khiển.

Kể từ ngày ấy, tôi không còn xem mọi người là chủ nhân của không gian và thời gian mà xem họ là kẻ dự phần vào chuỗi tồn tại trong vũ trụ vĩ đại, có mối liên hệ di truyền trực tiếp với các giống loài cả đang sống hay đã tuyệt chủng, ngược về gần bốn tỉ năm trước và liên hệ với những sinh vật đơn bào đầu tiên trên Trái Đất.

Tôi biết bạn đang nghĩ gì: chúng ta thông minh hơn bọn vi khuẩn.

Không còn nghi ngờ gì chuyện ấy, chúng ta thông minh hơn mọi sinh vật sống khác từng chạy, bò, trườn trên Trái Đất. Nhưng thông minh đến mức nào? Ta có thể tự nấu ăn. Ta viết thơ và soạn nhạc. Ta thực hành nghệ thuật và khoa học. Ta làm toán giỏi. Mà dẫu bạn có dở toán đi chăng nữa, khả năng toán của bạn hẳn vẫn giỏi hơn con tinh tinh thông minh nhất, dù nó chỉ chênh đi một tí về mức độ tương đồng di truyền so với chúng ta. Cố

gắng cách mấy, những nhà nghiên cứu về linh trưởng cũng sẽ chẳng bao giờ dạy cho một con tinh tinh làm được phép chia số lớn hay tính hàm lượng giác.

Nếu khác biệt nhỏ về di truyền giữa ta và loài linh trưởng bà con của chúng ta là nguyên do cho khác biệt có vẻ rất to lớn về trí tuệ, thế thì biết đâu sự khác biệt về trí tuệ ấy cũng chẳng phải to tát gì.

Hãy tưởng tượng một dạng sống có trí óc ưu việt hơn so với ta cũng như ta so với loài tinh tinh. Đối với một giống loài như vậy, thành tựu trí tuệ đỉnh cao của chúng ta cũng chỉ là trò vật vãnh. Mấy đứa trẻ chập chững của họ, thay vì học chữ i tờ trên [Phổ Sesame](#), thì sẽ học phép tính vi tích phân hàm nhiều biến trên [Đại lộ Boolean](#). Định lý toán học phức tạp nhất của ta, triết học sâu sắc nhất của ta, sẽ là bài tập cho các bé học sinh mang về nhà để bố mẹ lấy nam châm trưng lên cửa tủ lạnh. Những sinh vật này sẽ nghiên cứu về Stephen Hawking (người giữ cùng chức giáo sư danh giá từng thuộc về Isaac Newton tại Đại học Cambridge) vì ông sáng dạ hơn mọi người một chút, vì ông có thể nghiên cứu vật lý thiên văn lý thuyết và các phép tính sơ đẳng khác trong đầu, như thằng bé con Timmy nhà họ mới học mẫu giáo về.

Nếu có một khoảng cách di truyền vời vời chia tách chúng ta khỏi người họ hàng gần nhất trong giới động vật, thì ta tán dương sự thông minh sáng láng của bản thân cũng đúng lý thôi. Ta ngênh ngang rảo bước khắp nơi, tự cho rằng mình khác xa và đặc biệt hơn hẳn các sinh vật đồng hương. Nhưng kỳ thực chẳng có cách biệt nào như thế cả. Thay vào đó, chúng ta hòa làm một với phần còn lại của tự nhiên, không phải nằm trên hay nằm dưới, mà nằm giữa.

Cần làm mềm cái tôi nữa ư? Hãy so sánh với số lượng, kích cỡ, quy mô thôi là đủ.

Đơn cử nước. Nó đơn giản, phổ biến và trọng yếu. Có nhiều phân tử nước trong một cốc 200 gram nước hơn là số cốc có thể lấp vào toàn bộ đại dương trên thế giới. Mỗi cốc nước truyền qua cơ thể một con người rồi cuối cùng lại tham gia trở lại vào nguồn cung nước toàn cầu, nó chứa đủ phân tử

để hòa 1.500 phân tử vào từng cốc nước trên thế giới. Biết làm sao được nữa: một vài ngụm nước mà bạn vừa uống đã từng được truyền qua quả thận của Socrates, Thành Cát Tư Hãn và Thánh Jeanne d'Arc.

Còn không khí thì sao? Cũng trọng yếu. Chỉ hít thở một hơi thôi ta cũng đã hút vào số phân tử nhiều hơn số lần hít hơi ta có thể hít thở trong toàn bộ bầu khí quyển của Trái Đất. Điều đó có nghĩa là một số hơi khí bạn vừa hít vào từng truyền qua buồng phổi của Napoleon, Beethoven, Lincoln và Billy the Kid.

Đã đến lúc phải lên tầm vũ trụ. Có nhiều ngôi sao trong vũ trụ hơn số hạt cát trên bất kỳ bãi biển nào, nhiều ngôi sao hơn số giây từng trôi qua từ khi Trái Đất hình thành, nhiều ngôi sao hơn số từ ngữ và âm thanh được nói ra bởi toàn thể loài người đã từng sống ở trên đời.

Muốn một cái nhìn lướt qua quá khứ ư? Góc nhìn vũ trụ khơi mở của chúng tôi sẽ đưa bạn đến đó. Ánh sáng tốn thời gian để đi từ những miền sâu thẳm trong không gian đến các đài quan trắc trên Trái Đất, thế nên bạn thấy được vật thể và các hiện tượng không phải như chúng ở hiện tại, mà như chúng đã từng. Có nghĩa là vũ trụ đóng vai một cỗ máy thời gian khổng lồ: bạn càng nhìn ra xa, càng thấy được quá khứ xưa hơn - hầu như quay về tới tận khơi thủy của thời gian. Trong đường chân trời đoán định ấy, sự tiến hóa của vũ trụ liên tục mở dần ra cho ta cái nhìn toàn cảnh.

Muốn biết thứ gì làm nên chúng ta ư? Một lần nữa, góc nhìn vũ trụ đưa ra câu trả lời lớn lao hơn bạn tưởng. Nguyên tố hóa học của vũ trụ được luyện thành trong biển lửa của những ngôi sao khối lượng lớn, mà khi kết thúc cuộc đời là một vụ nổ kinh hồn, chúng sẽ làm giàu cho thiên hà chủ bằng một kho chất hóa học dùng để kiến tạo sự sống như ta biết. Kết quả? Bốn nguyên tố hoạt tính hóa học cao và phổ biến nhất trong vũ trụ - hydro, ôxy, cacbon và nitơ - đều là bốn nguyên tố phổ biến nhất của sự sống trên Trái Đất, trong đấy cacbon đã đặt nền móng cho ngành hóa-sinh.

Chúng ta không đơn thuần ở trong vũ trụ này. Vũ trụ sống bên trong ta.

Nói là vậy nhưng rất có thể ta còn không thuộc về Trái Đất này. Một vài nhánh nghiên cứu độc lập, khi xét chung, đã buộc các nhà điều tra phải tái thẩm định việc ta nghĩ mình là ai và ta nghĩ mình đến từ đâu. Đầu tiên, những mô phỏng bằng máy tính cho thấy rằng khi một tiểu hành tinh giáng xuống một hành tinh nào đó, khu vực xung quanh chỗ bị giáng có thể bị bật lên do năng lượng sau va chạm, bắn đá vào không gian. Từ đấy, chúng có thể chu du đến - rồi đáp xuống - những bề mặt hành tinh khác. Thứ hai, vi sinh vật có thể rất khỏe. Những sinh vật chịu được môi trường vô cùng khắc nghiệt trên Trái Đất có thể sống ở đủ thái cực nhiệt độ, áp suất hay độ phóng xạ gắn liền với những chuyến du hành trong không gian. Vật thể trôi dạt bằng đá từ vụ va chạm nếu được bật ra từ một hành tinh có sự sống thì quần thể động vật cực nhỏ ở đấy có thể quá giang theo trong những hóc hay kẽ đá. Thứ ba, các bằng chứng gần đây gợi ý rằng chẳng bao lâu sau khi hệ Mặt Trời của chúng ta hình thành, Sao Hỏa có nước và có lẽ khá phì nhiêu, thậm chí từ trước khi Trái Đất phì nhiêu.

Khi xét chung tất cả, những phát hiện này có nghĩa là có thể hình dung rằng sự sống bắt đầu trên Sao Hỏa và sau đó được gieo vào Trái Đất nhờ một quá trình gọi là thuyết tha sinh (panspermia). Thế nên tất cả sinh vật trên Trái Đất có thể - chỉ có thể mà thôi - là hậu duệ của người Sao Hỏa.

Hết lần này đến lần khác xuyên suốt nhiều thế kỷ, các phát hiện về vũ trụ đã hạ thấp hình dung của chúng ta về bản thân mình. Trái Đất một thời ngỡ là độc nhất trong vũ trụ, cho đến khi các nhà thiên văn học biết rằng nó chỉ là một hành tinh nào đó quay quanh Mặt Trời. Sau đó ta đoán rằng Mặt Trời là độc nhất, cho tới khi biết rằng vô số ngôi sao trên bầu trời đêm tự chúng cũng là những mặt trời khác. Rồi ta đoán thiên hà của chúng ta, dải Ngân Hà, là toàn bộ vũ trụ mà ta biết, cho đến khi ta xác minh được rằng vô số vệt nhòe trên bầu trời là những thiên hà khác, điểm xuyết vào quang cảnh vũ trụ mà ta biết.

Ngày nay, thật dễ để nói rằng một vũ trụ là tất cả những gì tồn tại. Thế mà các lý thuyết mới nổi về vũ trụ học hiện đại, cũng như sự xác nhận hết lần này đến lần khác rằng không có bất kỳ thứ gì là tuyệt đối độc tôn, buộc

ta phải mở lòng trước cú công kích mới nhất phá đổ nỗi khát khao xem mình đặc biệt: thuyết đa vũ trụ.

Góc nhìn vũ trụ khơi nguồn từ tri thức cơ bản. Nhưng nó không chỉ quan trọng việc bạn biết cái gì. Nó còn quan trọng việc bạn sở hữu trí tuệ và hiểu biết sâu sắc để dùng tri thức ấy ước định vị trí chúng ta trong vũ trụ. Thuộc tính của nó rất rõ ràng:

Góc nhìn vũ trụ đến từ tiền đồn của khoa học, thế nhưng nó không phải là của riêng nhà khoa học. Nó thuộc về tất cả mọi người.

Góc nhìn vũ trụ là góc nhìn khiêm nhường.

Góc nhìn vũ trụ là góc nhìn tâm linh - thậm chí mang tính cứu rỗi - nhưng nó không thuộc về tôn giáo.

Góc nhìn vũ trụ cho phép chúng ta nắm bắt, trong cùng một ý nghĩ, cả cái cực lớn lẫn cái cực nhỏ.

Góc nhìn vũ trụ khơi mở tâm trí ta để đón bắt những ý tưởng phi thường mà không để nó mở toang đến nỗi trí não bị rò rỉ và ta cả tin với bất cứ thứ gì được nghe kể lại.

Góc nhìn vũ trụ mở mang tầm mắt cho ta nhìn thấy vũ trụ, không phải xem đây là cái nô nhân từ, dựng lên để nuôi dưỡng sự sống, mà xem đây là một chốn lạnh lẽo, cô đơn, nguy hại, buộc ta phải tái thẩm định giá trị của tất cả con người đối với nhau.

Góc nhìn vũ trụ cho thấy Trái Đất chỉ là một hạt bụi. Nhưng nó là hạt bụi quý giá và, vào lúc này đây, là mái nhà duy nhất mà ta có.

Góc nhìn vũ trụ tìm thấy vẻ đẹp trong hình ảnh các hành tinh, trăng, sao, tinh vân, nhưng nó cũng tán dương các định luật vật lý đã định hình cho chúng.

Góc nhìn vũ trụ cho phép ta nhìn xa hơn hoàn cảnh của ta, để ta đứng cao hơn khao khát bản năng muốn kiếm tìm thức ăn, chỗ ở và thỏa mãn nhục dục.

Góc nhìn vũ trụ nhắc ta nhớ rằng trong không gian, nơi không có không khí, một lá cờ sẽ không bay phấp phới - dấu hiệu cho biết rằng có lẽ không thể dung hòa hành động phất cờ với công cuộc thám hiểm không gian.

Góc nhìn vũ trụ không chỉ đón mừng quan hệ ruột rà về di truyền giữa ta với mọi dạng sống trên Trái Đất, mà nó còn trân trọng mối quan hệ ruột rà về hóa học giữa ta với bất kỳ dạng sống nào còn chưa được tìm thấy trong vũ trụ, cũng như mối quan hệ ruột rà về nguyên tử giữa ta với bản thân vũ trụ.

Ít nhất mỗi tuần một lần, nếu không muốn nói là mỗi ngày một lần, mỗi người chúng ta có thể chiêm nghiệm về những chân lý vũ trụ còn chưa khai phá nằm ở phía trước, và có lẽ trông chờ sự xuất hiện của một nhà tư tưởng thông thái, một thí nghiệm tài tình, hay một sứ mệnh không gian đột phá nào đó để hé lộ những chân lý ấy. Chúng ta còn có thể chiêm nghiệm thêm xem làm cách nào những phát kiến này một ngày kia sẽ biến đổi sự sống trên toàn cõi địa cầu.

Thiếu đi tính hiếu kỳ ấy, chúng ta sẽ chẳng khác gì người nông dân tỉnh lẻ không có chút nhu cầu mạo hiểm bước ra ngoài ranh giới quận nhà, bởi mảnh đất bốn mươi mẫu Anh của ông đã đáp ứng đủ nhu cầu cá nhân. Thế nhưng nếu mọi tiền nhân của ta đều cảm thấy như vậy, người nông dân kia hẳn đã thành người hang động, đuổi bắt bữa ăn tối của mình chỉ bằng một cây gậy và một cục đá.

Trong quãng thời gian ngắn ngủi lưu trú trên hành tinh Trái Đất, chúng ta có trách nhiệm phải dành cho mình và hậu duệ của mình một cơ hội khám phá - một phần là bởi chuyện ấy rất vui. Nhưng còn lý do khác cao quý hơn nhiều. Cái ngày tri thức về vũ trụ của ta ngừng mở rộng, ta có nguy cơ bước thụt lùi về vết xe ấu trĩ cho rằng vũ trụ chỉ quay quanh ta, xét theo nghĩa đen hay nghĩa bóng. Trong thế giới ảm đạm ấy, những quốc gia và con người đang khát tài nguyên nhưng đầy đủ vũ trang sẽ có xu hướng hành động dựa trên “thành kiến nông cạn và hạn hẹp” của họ. Và đó là cú huyệt hơi cuối cùng

của thời đại khai minh đối với nhân loại - trước khi trời dậy một nền văn hóa mới biết nhìn xa trông rộng để một lần nữa dang tay chào đón, thay vì khiếp sợ, một góc nhìn vũ trụ.

HẾT

Điều kiện ở đây là điều kiện vật lý, nó mô tả các điều kiện của trạng thái vật lý. (Chú thích của Ban biên tập tiếng Việt – BBT. Các chú thích không ghi gì thêm là của tác giả)

Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu, được biết đến nhiều hơn qua tên viết tắt là CERN.

Theo sách Sáng Thế, khi sáng tạo vũ trụ, Thiên Chúa phán rằng: “Phải có ánh sáng.” (ND)

Theo nguyên lý, bạn có thể thực hiện kỹ xảo này nếu bạn búng một phát cực mạnh kéo dài.

Một nano giây bằng một phần tỉ giây (10^{-9} giây). Một pico giây bằng một phần nghìn tỉ giây (10^{-12} giây).

50 feet tương đương khoảng 15m. (ND)

A. A. Penzias và R. W. Wilson, “A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s” (Đo lường nhiệt độ ăng-ten phụ trội ở 4080 Mc/s). *Astrophysical Journal* 142 (1965): 419-21

Cái tên Ngân Hà ở tiếng Việt thì lại bắt nguồn từ Trung Quốc, trong đó “ngân” mang nghĩa “màu bạc”, còn “hà” là “con sông”.

Chòm sao này được đặt theo tên công chúa Andromeda, một nhân vật trong thần thoại Hy Lạp, còn gọi là tinh vân Tiên Nữ trong tiếng Việt. (ND)

Thú vị là khi được dịch qua tiếng Việt, các từ “chòm sao”, “tinh vân” (nghĩa là đám mây sao), đều hàm ý có các ngôi sao trong đó. (BBT)

Một năm ánh sáng là khoảng cách ánh sáng đi chuyển được trong khoảng thời gian một năm Trái Đất – gần 9,5 nghìn tỉ km (6 nghìn tỉ dặm).

Ghi chú trong bản thảo, trích từ Károly Simonyi, *A Cultural History of Physics* (Một lịch sử văn hóa của vật lý học), Boca Raton, FL: CRC Press, 2012

Tiểu bang Missouri còn có biệt danh là tiểu bang “hãy cho tôi thấy” (Show Me State) vì người dân ở đây có tiếng là chỉ tin vào những gì họ thấy. (ND)

Đài quan sát sóng hấp dẫn bằng giao thoa kế laser (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory - LIGO), được đặt tại Hanford, Washington và Livingston, Louisiana.

R. Israel, E. Ruckhaber, R. Weinmann, và cộng sự, *Hundert Autoren Gegen Einstein* (Leipzig: R Voigtlanders Verlag, 1931).

Geodesic (đường trắc địa) là một từ hoa mỹ quá mức để chỉ khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm dọc theo bề mặt bị uốn cong - nói rộng ra, trong trường hợp này là khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trong kết cấu không gian bốn chiều bị uốn cong của không-thời gian (vì vậy còn có cách dịch khác là đường đoản trình). (BBT)

Dr. Seuss (1904-1991), tên thật Theodor Seuss Geisel, là tác giả truyện thiếu nhi nổi tiếng thế giới. (ND)

Sapphire sao và ruby sao là loại đá quý sapphire và ruby chứa thể vùi (TiO_2) bên trong, khiến viên đá sau khi chế tác thường xuất hiện hình sao sáu cánh rất lôi cuốn. (ND)

Với các vị cao tuổi, lớp địa chất này ngày trước còn được gọi là ranh giới kỷ Phấn Trắng (Crêta) thuộc đại Trung sinh (Đệ tam) (viết tắt là K-T).

Tên này có thể hiểu là “tận thế”. Theo Kinh Thánh. Armageddon chỉ trận quyết chiến cuối cùng giữa thiện và ác. (ND)

Pillsbury Doughboy là chàng đầu bếp bằng bánh bao ngộ nghĩnh, cũng là hình tượng quảng cáo đặc trưng của công ty Pillsbury. (ND)

Mãi cho đến giữa những năm 1800, khi quang phổ kế của các nhà vật lý được áp dụng để giải quyết vấn đề thiên văn, các nhà thiên văn học mới trở thành các nhà vật lý thiên văn. Năm 1895, tạp chí *Astrophysical Journal* danh giá được thành lập, với dòng phụ đề “Một Chuyên san Quốc tế về Quang phổ học và Vật lý học Thiên văn”.

Bảy màu cầu vồng gồm có red, orange, yellow, green, blue, indigo, violet; cách gọi tắt Roy G. Biv. nghe như tên họ của một người nào đó, cũng là một mẹo để dễ thuộc thứ tự màu. (ND)

William Herschel, “Experiments on Solar and on the Terrestrial Rays that Occasion Heat (Thí nghiệm trên tia sáng từ Mặt Trời và mặt đất phát sinh nhiệt), Kỷ yếu Triết học của Hội Thiên văn Hoàng gia, 1800, 17.

Antonie van Leeuwenhoek, *Letter to the Royciety of London* (Thư gửi Hội Hoàng gia London), ngày 10 tháng Mười năm 1676.

Tất cả sóng tuân theo phương trình đơn giản: vận tốc = tần số x bước sóng, ở tốc độ không đổi, nếu bạn tăng bước sóng thì bản thân sóng ấy sẽ có tần số nhỏ hơn, và ngược lại, sao cho khi bạn nhân hai đại lượng bạn sẽ thu được cùng tốc độ sóng. Cũng áp dụng cho ánh sáng, âm thanh, động đất, sóng thần - bất cứ thứ gì là sóng đang lan truyền.

Kart Jansky, “Electrical Disturbances Apparently of Extraterrestrial Origin”, *Kỷ yếu Viện Kỹ sư Vô tuyến* 21, số 10 (1933): 1387.

Không, không phải Diêm Vương Tinh đâu. Hãy quên Sao Diêm Vương đi.

European gồm 2 thành tố Europ- + -ean (có thể chỉ người), kết hợp lại vừa có nghĩa là “giống loài ở vệ tinh Europa”, vừa có nghĩa là “người châu Âu”. (ND)

Theo thần thoại Hy Lạp, Charon là người lái đò đưa linh hồn người chết sang thế giới bên kia, trước khi họ tìm đến vị thần cai quản địa ngục Hades. Người La Mã gọi Hades là Pluto, cũng là cái tên dùng để đặt cho hành tinh Sao Diêm Vương trong tiếng Anh. Charon là tên trong thần thoại Hy Lạp, nhưng Pluto là tên trong thần thoại La Mã. (ND)

Front là thuật ngữ khí tượng học dùng để chỉ ranh giới giữa các khối không khí khác nhau. (ND)

Jocelyn Bell, *Tạp chí của Học viện Khoa học New York*, số 302 (1997): 685.

James Ferguson, *Astronomy Explained Upon Sir Isaac Newton's Principles, And Made Easy To Those Who Have Not Studied Mathematics* (Giải thích về thiên văn học dựa trên nguyên lý của Sir Isaac Newton, sao cho dễ hiểu với những ai chưa học toán), 1757; London: Globe.

Passport to the Universe của hai tác giả Ann Druyan và Steven Soter, hai người cũng là đồng tác giả cho loạt phim ngắn của Fox năm 2014 tiêu đề *Cosmos: A Space Time Odyssey* (Vũ trụ: Một chuyến phiêu lưu qua không-thời gian). (BBT)

Ivy League là tên chung thường gọi nhóm tám trường đại học hàng đầu nước Mỹ. (ND)

Sesame Street: chương trình truyền hình Mỹ dành cho thiếu nhi, pha trộn giữa giáo dục và giải trí. (ND)

Boole, tức đại số Boole, được đặt tên theo George Boole (1815-1864), một nhà toán học người Anh. (BBT)

Table of Contents

LỜI ĐỀ TẶNG

LỜI NÓI ĐẦU

1. CÂU CHUYỆN VĨ ĐẠI NHẤT TỪNG ĐƯỢC KỂ

2. Ở TRÁI ĐẤT CŨNG NHƯ TRÊN THIÊN ĐƯỜNG

3. PHẢI CÓ ÁNH SÁNG

4. GIỮA NHỮNG THIÊN HÀ

5. VẬT CHẤT TỐI

6. NĂNG LƯỢNG TỐI

7. VŨ TRỤ TRÊN BẢNG

8. DẠNG TRÒN

9. ÁNH SÁNG BẤT KHẢ KIẾN

10. GIỮA CÁC HÀNH TINH

11. TRÁI ĐẤT NGOẠI HÀNH TINH

12. NGẪM NGHĨ VỀ GÓC NHÌN VŨ TRỤ