

NGUYỄN PHƯƠNG VĂN

# BẦU TRỜI CHIỀU ẨN GIẤU



Lastest version 2019

**He deals the cards to find the answer  
The sacred geometry of chance  
The hidden law of a probable outcome  
The numbers lead a dance**

*Shape of my heart  
Sting*



NGUYỄN PHƯƠNG VĂN

# BẦU TRỜI CHIỀU ẨN GIẤU

- [ 04 ] Từ Địa tâm đến Nhật tâm
- [ 11 ] Từ tất định đến bất định và hành trình đi tìm sự khởi đầu của vũ trụ
- [ 22 ] Tiếng vọng từ sáng thế
- [ 33 ] Bầu trời chiều ẩn giấu
- [ 40 ] Bức xạ của Hawking
- [ 49 ] Quần quít lượng tử
- [ 65 ] Những kẻ săn lõi đen vũ trụ
- [ 79 ] Tại sao thứ hai, thứ ba, thứ tư?
- [ 83 ] Học thêm một ngôn ngữ!
- [ 91 ] Và đây là Elon Musk
- [ 102 ] Đằng sau bản kế hoạch sao Hỏa của Elon Musk





## Chương I

# TỪ ĐỊA TÂM ĐẾN NHẬT TÂM

Năm 1610, bằng kính viễn vọng khúc xạ tự chế tạo, Galilei Galileo, quan sát và phát hiện ra Sao Mộc (Jupiter) có 4 vệ tinh. Đây là một phát hiện rất quan trọng. Bởi một hành tinh mà trên quỹ đạo quanh nó có bốn hành tinh nhỏ hơn hoàn toàn không phù hợp với vũ trụ địa tâm của Aristotle.

Cũng năm này, Galilei quan sát Sao Kim (Venus) và phát hiện ra chuyển động của sao này không chỉ không phù hợp với vũ trụ địa tâm trong đó Sao Kim và Mặt Trời chuyển động quanh trái đất, mà còn phù hợp với tính toán của vũ trụ nhật tâm của Nicolaus Copernicus.

Năm 1638, Galilei cũng là người bằng thực nghiệm phát hiện ra khái niệm sau này có tên gọi trọng trường trái đất. Đây chính là tiền thân của định luật vạn vật hấp dẫn của Newton.

**N**gày xưa, cách nay khoảng 2.600 năm, ở vùng đất Miletus, một xứ thuộc địa ở Tiểu Á của nước Hy Lạp cổ, xuất hiện một cá nhân xuất chúng. Tên anh là Thales, một người gốc Phoenicia, đến định cư ở Miletus.

Mang trong mình dòng máu phiêu lưu và sáng tạo của tổ tiên mình, những người Phoenicia giỏi đi biển và sáng tạo ra bảng chữ cái, Thales đã đi lang thang đến Ai Cập và Babilon để học hỏi những gì còn sót lại từ hai nền văn minh cổ, tồn tại trước thời của anh mấy ngàn năm.

Không cần viện dẫn đến sức mạnh của các vị thần, Thales sử dụng toán học và tư duy biện chứng sơ khai để lý giải sự hình thành và vận hành của thế giới tự nhiên. Qua đó, Thales trở thành nhà khoa học đầu tiên của nền văn minh phương tây, với nhiều đóng góp quan trọng cho hình học và thiên văn học và vật lý. Định lý hình học mang tên ông vốn rất quen thuộc với học sinh Việt Nam tên gọi *định lý Talét*.

\*\*\*

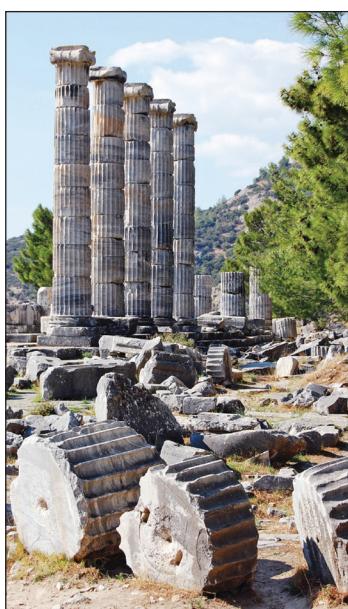
Sau Thales khoảng một trăm năm, trên đảo Samos thuộc xứ Ionia thuộc Hy Lạp cổ, Pythagoras và các học trò của mình đã phát triển toán học lên một đẳng cấp mà thời ấy người ta coi là thần thánh. Sử dụng hình học và số học, những môn đệ của trường phái Pythagoras xây dựng các phương pháp tư duy khoa học để lý giải sự vận động hài hòa của vũ trụ, của thế giới tự nhiên, của âm nhạc và sự bất tử của linh hồn sống với xác phàm chỉ là nơi sống

tạm. Học sinh phổ thông ở khắp nơi trên thế giới đều biết định lý hình học của Pythagoras, mà ở Việt Nam rất quen thuộc với tên gọi *định lý Pytago*.

Tiếp nối theo Pythagoras là các nhà khoa học, mà hồi đó thường được gọi là các nhà hiền triết, sử dụng toán học và tư duy bay bổng của mình để khám phá cho bằng được bản chất của vũ trụ, của tự nhiên, và sự sống. Trong khoảng thời gian cách đây khoảng 2.300 - 2.400 năm, những bộ óc lớn của nhân loại lúc bấy giờ, như Zeno, Empedocles và Democritus, đã bỏ cả cuộc đời của mình ra tìm hiểu, không chỉ vũ trụ rộng lớn và hữu hình, mà cả những gì mắt trần không nhìn thấy được. Đó là khí quyển vô hình, là những gì vi mô nhất cấu thành nên thế giới tự nhiên. Democritus là người đã tư duy về một thế giới vật lý được hình thành từ những hạt vật chất nhỏ đến tuyệt đối, không thể chia cắt được, mà ông gọi là "atom". Hai từ "nguyên tử" rất quen thuộc ở Việt Nam, trong sách vật lý phổ thông hay trên báo chí, chính là dịch từ từ "atom" của Democritus. Còn Empedocles, từ thời xa xưa ấy, đã cho rằng vận tốc ánh sáng tuy rất nhanh nhưng vẫn là vận tốc có giới hạn.

\*\*\*

Vùng đảo và duyên hải hẻo lánh ở phía đông Địa Trung Hải, nơi những người Ionia đến định cư, được gọi là xứ Ionia. Xứ này nằm xa các đô thị lớn và giàu có của Hy Lạp như Athens, Sparta. Xứ Ionia là nơi tiếp nhận bộ chữ cái của người Phoenicia và



XỨ IONIA LÀ NƠI GIAO THƯƠNG, và bởi vậy nó dễ dàng hòa nhập văn hóa và kiến thức từ các nền văn hóa lớn trước đó: Ai Cập và Lưỡng Hà. Quyền lực chính trị cũng bị phân tán, không còn nằm trong tay các nhà quân sự tài năng mà còn nằm trong tay những thương gia giàu có, và dần dần lan đến các đô thị như Athens.

Nước Hy Lạp cổ mạnh nha hình thành cách nay hơn 3000 năm, tương đương thời vua Solomon lên ngôi trong Cựu Ước của người Do Thái. Người dân của nước Hy Lạp cổ không phải là một dân tộc đồng nhất với văn hóa và ngôn ngữ chung. Người dân Hy Lạp chủ yếu hình thành từ ba bộ lạc có tính cách và văn hóa rất khác nhau người Dorian, người Ionian và người Aeolian. Sự đa dạng này khiến cho người Hy Lạp dễ dàng chấp nhận các ý kiến khác biệt, những ý tưởng mới mẻ, không tiếc thời gian dành cho tranh luận để kiểm tìm chân lý. Từ đây, họ hình thành và nuôi dưỡng được những thứ mà sau này trở thành nền tảng cho văn minh phương tây: triết học và khoa học tự nhiên.

So với những nền văn minh cổ trước đó, hay với những đế chế cùng thời, nền văn minh của Hy Lạp cổ không câu nệ vào truyền thống. Hơn thế, họ dường như nghiên cứu mới, năm nào họ cũng cần có cái gì đó mới, bao gồm cả những lãnh đạo mới cho các thành phố giàu có của họ. Văn hóa này là mềm mỏng cho tinh thần tự do, chống lại các luật lệ hà khắc, ghét độc tài.

biến đổi cho phù hợp với ngôn ngữ Hy Lạp. Kể từ đó những người dân bình thường cũng có thể đọc viết và tiếp cận tri thức, một thứ vốn là độc quyền của giới tư tế mờ ám và bí hiểm. Kể từ đó, người Ionia đặt lòng tin vào sự tinh tường trong quan sát tự nhiên, thực nghiệm và suy luận toán học. Khi Thales nghĩ ra phương pháp đo bóng râm để tính ra chiều cao của Kim Tự Tháp thì bạn ông là Anaximander sáng chế ra đồng hồ mặt trời, tính được độ dài của năm, của các mùa và vẽ bản đồ thế giới. Và chỉ bằng việc quan sát mặt biển từ một cái hang trên đảo Samos, Pythagoras đã suy luận được trái đất có hình cầu.

Vào lúc những người như Thales và Pythagoras chìm đắm trong suy tư về bản chất của tự nhiên, thì ở Athens, nhà quý tộc tên là Solon đã nghĩ ra một bộ luật mà theo đó người dân được quyền quyết định công việc của thành phố nơi mình sống. Ai cũng có quyền đưa ra ý kiến của mình trong các cuộc họp chợ. Ý kiến được đa số sẽ được chấp thuận và được hội đồng thành phố thực hiện. Hình thức chính quyền của đô thị cổ Athens do Solon nghĩ ra, có tên gọi là *democracy*. Trong tiếng Việt, tên gọi của thể chế này là *dân chủ*, hàm ý người dân làm chủ. Ở thành phố, tiếng Hy Lạp gọi là Polis, cư dân nào cũng có ý kiến và tiếng nói trong chính quyền thành phố. Từ đây chữ Polis trở thành *Politics*, tiếng Việt gọi là *chính trị*.

Nước Hy Lạp với những đô thị có thể chế văn minh và người dân yêu triết học và nghệ thuật không chỉ giàu có nhờ tư tưởng thương mại tự do rất cởi mở mà còn rất mạnh mẽ về thể chất. Đại hội thể thao Olimpics ngày nay có nguồn gốc từ thời Hy Lạp cổ đại. Người dân Hy Lạp, đặc biệt là những chiến binh Sparta, đã đánh bại các cuộc xâm lược đội quân Ba Tư hùng mạnh để bảo vệ sự tự do của mình. Cho đến khi vua Philip xứ Macedonia nhỏ bé thôn tính Hy Lạp. Ông vua này rất đặc biệt, ông ta bảo tồn nền văn minh Hy Lạp, trọng dụng nhân tài. Con trai của ông, Alexander, được nhà khoa học lớn nhất Hy Lạp dạy dỗ. Sau này, Alexander lên vua và trở thành vị tướng bất bại, chinh phục được hầu hết thế giới phương Đông mà con người văn minh biết cho đến lúc đó. Đó là Alexander Đại đế, còn người thầy của ông, về sau cũng được coi là người thầy của nhân loại: triết gia Aristotle.

Nước Hy Lạp vào thời của Aristotle và thầy của ông là Plato phát triển đến giai đoạn cực thịnh về văn hóa và chia rẽ sâu sắc về giai cấp. Quan niệm đề cao quan sát và thực nghiệm của người Ionia đã dần dần bị thay thế hoàn toàn bởi quan niệm sử dụng tư duy toán học thuần khiết, và phần nào đó là thần thánh, vốn có gốc gác từ phái Pythagoras. Khi thành lập Academia, trường đại học đầu tiên của phương tây, người sáng lập và là đại sư phụ của ngôi



Hoàng đế Charlemagne



**DƯỚI SỰ LÃNH ĐẠO CỦA CÁC CALIPH** (vua Hồi giáo, được Muhammad chỉ định), từ những năm 30 của thế kỷ thứ 7 người Ả Rập bắt xuất phát từ xa mạc và mở rộng để chế của mình. Họ chinh phục Palestine, Ba Tư, và đánh sang cả Ai Cập. Họ chiếm thành Alexandria, chiếm Bắc Phi và chiếm cả Ấn Độ. Năm 670, họ chiếm thành phố Constantinople, thủ đô phía Đông của Đế chế La Mã Thần Thánh. Người Ả Rập tiến vào Châu Âu, chiếm Tây Ban Nha, và chỉ chịu dừng chân ở Poitiers (nay thuộc nước Pháp) do bại trận dưới tay của vua Charles Martel người Frank.

Charlemagne, cháu của Charles Martel, lên ngôi năm 768, trở thành hoàng đế của vương quốc người Frank. Ông vua này vừa giỏi đánh nhau vừa giỏi cai trị, lại đam mê khoa học và thông thạo nhiều ngoại ngữ. Ông dần dần thâu tóm Pháp, Ý, rồi giải phóng Tây Ban Nha khỏi người Ả Rập. Charlemagne thống nhất những vùng đất và bộ tộc dưới quyền mình dưới một tôn giáo là Kito giáo, dưới một văn hóa là văn hóa Giéc Manh, và một ngôn ngữ là thiudisk, nay là tiếng Đức. Charlemagne bảo hộ Giáo Hoàng ở Rome và bù lại, được Giáo Hoàng đội cho vương miện của hoàng đế La Mã vào đêm Giáng Sinh năm 1800 ở nhà thờ Thánh Peter.

Sau khi Charlemagne chết, đế chế của ông tan rã, xung đột quyền lực giữa hoàng đế và giáo hoàng nảy sinh. Cho đến năm 1073, Giáo Hoàng Gregory và Hoàng đế Henry IV ở Đức hòa giải, qua đó Giáo hoàng trở thành lãnh đạo tín ngưỡng của thế giới Kito giáo còn hoàng đế là người bảo hộ và chấp thuận mọi sự bổ nhiệm giám mục trên vương quốc của mình. Những vị lãnh chúa thời đó, vốn có đất đai và binh lính, thường ủng hộ Giáo Hoàng và chống lại một Hoàng đế có tiềm năng trở nên siêu quyền lực. Nhưng có một người, là vua William, năm 1066 đã bỏ đất liền đi xâm chiếm nước Anh, đó là vua William Conqueror – Người Chinh Phục.

trường này là Plat yêu cầu những sinh viên nhập học phải giỏi hình học. Tên gọi Academia (tên khu vườn nơi Plato mở trường) nay trở thành danh từ chung, trong tiếng Việt ta hay gọi là *học viện*.

Cũng như Pythagoras, Plato có đóng góp vào việc giải một số bài toán hình học quan trọng mà Euclid đã tổng hợp vào cuốn Element nổi tiếng của ông. Cuốn sách này được dịch sang chữ Hán và truyền bá vào Trung Quốc khoảng đầu thế kỷ 17. Ở Việt Nam, đến đầu thế kỷ 21 sách của Euclid mới được dịch và xuất bản với tên *Hình học cơ sở*.

Plato cũng ủng hộ quan niệm linh hồn bất tử và thân xác khả tử của Pythagoras. Nền chính trị ở Athens lúc này phần nào mất đi tính dân chủ cổ điển và xu thế độc tài đang thắng thế, Plato cũng là người có xu hướng học phiệt, ông đòi hủy hết các công trình quan trọng của Democritus nói riêng và phe duy vật Ionia nói chung. Đây là một trong những điều đáng tiếc của lịch sử nhân loại. Khoảng 2000 năm sau, đến thế kỷ 14, các tư tưởng của phe Ionian mới được tìm hiểu và xây dựng lại, trong đó *thuyết nhật tâm* của Aristachus được giáo sĩ công giáo Copernicus sử dụng để xây dựng *thuyết nhật tâm* mang tên ông.

Thế nhưng quan điểm duy tâm, coi thường thực nghiệm, ưu tiên suy nghiệm của Plato đã thúc đẩy nền văn minh Hy Lạp tiến xa về phía trước. Về ý thức hệ, các nhà thiên văn quý tộc của họ không còn giới hạn sự vận hành vũ trụ dưới quyền năng của các thần linh trên đỉnh núi Olimpus. Để phù hợp với một ông vua lừng lẫy Alexander Đại Đế đang chinh phục mặt đất, Plato thấy người dân Hy Lạp cần phải có những vị thần siêu việt hơn nữa, ở đâu đó giữa những thiên thể trên bầu trời, thay vì những vị thần đây kia khơi khuyết tuy rất đáng yêu trên đỉnh Olimpus. Plato khuyến khích các nhà thiên văn suy nghĩ về các tầng trời cao hơn nơi ẩn chứa linh hồn hoàn mỹ của vũ trụ, khuyến khích người dân không chỉ chấp nhận sự hiện hữu của những vị thần ở tít trên những vì sao, mà còn dũng cảm tìm hiểu cách những vị thần đang điều khiển thế giới ấy, thay vì cúi đầu sợ hãi.

Aristotle, còn đi xa hơn thầy của mình, ông còn phân biệt thiên đường và hạ giới trong một vũ trụ có trái đất làm tâm và các thiên thể vận động theo những đường tròn hoàn mỹ trên bảy thiên cầu bao quanh trái đất (*thuyết địa tâm Ptolemy*). Vũ trụ ấy vận hành bởi một thế lực siêu nhiên nằm trên thiên đường hoàn hảo, nơi mà ông cho rằng ở xa

trái đất hơn mặt trăng. Ông gọi thế lực siêu nhiên vận hành vũ trụ ấy là *Premium Mobile*, là Thượng Đế (hơi giống với khái niệm con tạo xoay vần trong dân gian Việt Nam).

\*\*\*

Đến năm 202 trước Công Nguyên, những người La Mã thành Rome bắt đầu nổi lên như một thế lực quân sự mới. Họ đánh bại đội quân của Hannibal hùng mạnh, chiếm Carthage, chiếm Tây Ban Nha và chiếm Hy Lạp của Alexander Đại Đế. Trên khắp thuộc địa của mình, người La Mã thiết lập các chế độ cai trị với người đứng đầu là các quan tổng trấn người La Mã. Quan tổng trấn sử dụng luật pháp, hệ thống thu thuế và quân đội La Mã để kiểm soát người dân. Julius Ceasar, một người đàn ông nhỏ bé nhưng có trí tuệ và nghị lực siêu phàm, đã phát minh ra một cách quản lý hiệu quả hơn để chế rộng lớn của mình. Ông đồng bộ hóa thời gian trên toàn đế chế bằng lịch La Mã mang tên ông (lịch Julian).

Sau khoảng 500 năm phát triển, Đế quốc La Mã trở nên rộng lớn, giàu có và thanh bình. Đế quốc ấy lớn đến nỗi có tới hai thủ đô. Rome là thủ đô đế quốc Tây La Mã, nơi mọi người nói tiếng Latin. Còn Constantinople, nay là Istanbul, là thủ đô đế chế Đông La Mã, nơi ngôn ngữ chính là tiếng Hy Lạp. Trong thời gian này, Kitô giáo của người Do Thái từ một tôn giáo của người nghèo, bị chính quyền mẫu quốc cấm đoán và áp bức tàn bạo, đã trưởng thành và trở thành tôn giáo của mọi dân tộc và là tôn giáo chính thức của Đế Chế La Mã Thần Thánh. Công giáo, Catholic Church, nghĩa là dành cho mọi dân tộc. Thành Constantinople được đặt theo tên của hoàng đế La Mã Constantine, hoàng đế La Mã đầu tiên theo Công Giáo. Ông vua này cũng là người đưa thần quyền và thế quyền vào một cuộc hôn nhân kéo dài ngàn năm ở Châu Âu.

Sau những cuộc tấn công của rợ Hung Nô và các bộ lạc Giéc Manh, Đế Quốc La Mã dần dần sụp đổ: kể từ đầu thế kỷ thứ 5 sau Công nguyên khi người Goths hạ thành Rome, đến cuối thế kỷ thứ 6 vùng đất cuối cùng của Tây La Mã ở người Lombardy chiếm nốt (nay là vùng Lombardy thuộc Ý).

Vũ trụ của Aristotle, tiếng Hy Lạp là *cosmos*, hàm ý một vẻ đẹp tao nhã của trật tự ngăn nắp. Những ý tưởng về linh hồn bất tử, thiên đường và hạ giới của Plato và Aristotle được các nhà bác học Do Thái Giáo và Hồi Giáo sử dụng để củng cố địa vị của đấng tạo hóa trong một vũ trụ “mới” được vận hành bởi một vị thần duy nhất là Thiên Chúa.

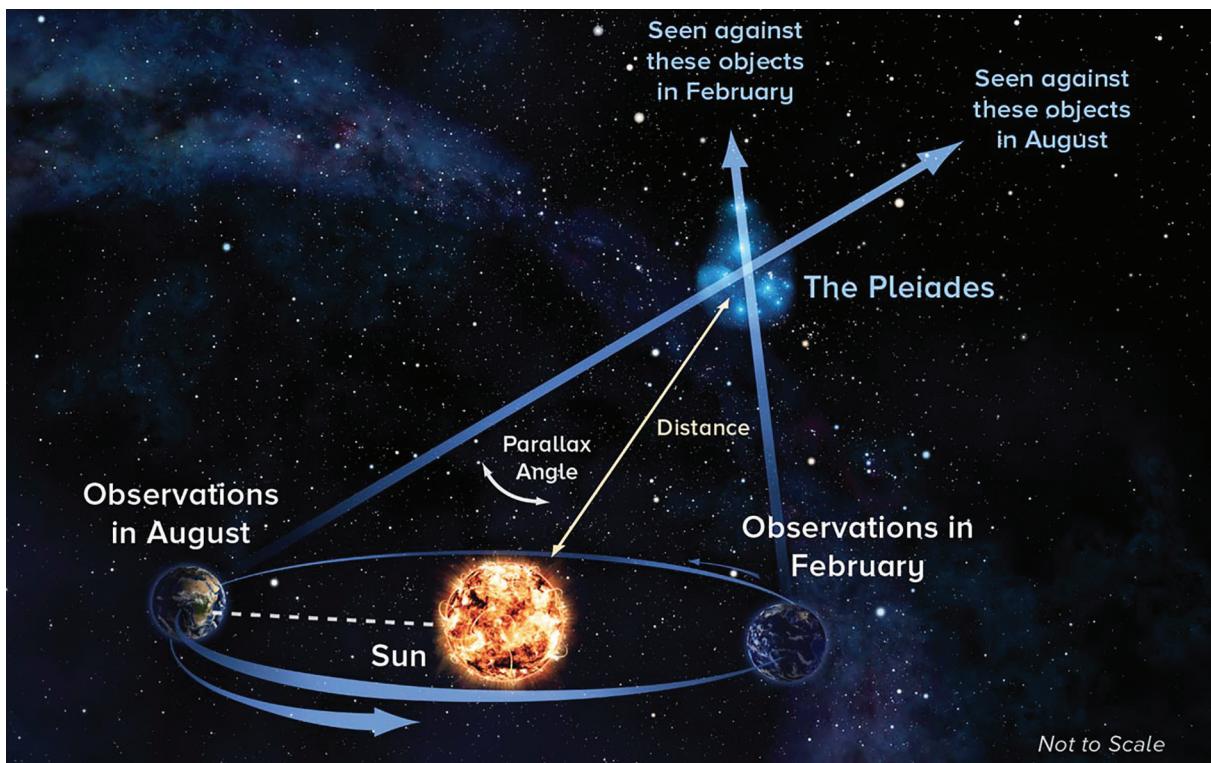
Thế nhưng các nhà bác học ở Châu Âu, do sự biến động của chính trị La Mã, sự chia cắt về ngôn ngữ ở hai nửa đế quốc này, và sự lớn mạnh của Kitô giáo ở nửa La Mã nói tiếng Latin, đã bỏ quên nền văn minh Hy Lạp suốt cả ngàn năm.

Trong lúc đó, những người Ả rập đã xây dựng thành công đế chế của mình dưới sự lãnh đạo của Đấng tiên tri Muhammad ở nửa đầu thế kỷ thứ 7 sau Công nguyên. Cuối thế kỷ thứ 7, họ tấn công Constantinople và tìm thấy các tác phẩm của Aristotle ở đây. Họ dịch các phẩm của Aristotle ra tiếng Ả rập để nghiên ngẫm. Với tình yêu tri thức và đam mê khoa học, người Ả rập đã phát minh ra *algebra* và *chemistry*, tiếng Việt gọi là *đại số* và *hóa học*. Chữ *giải thuật* (*algorithm* trong tiếng Anh) mà ta dùng hiện nay chính là tên của nhà toán học và thiên văn học người Ba Tư ở thế kỷ 9, ông al-Khwārizmī, được phiên sang chữ Latin là Algoritmi. Còn *algebra* chính phiên âm Latin tên một cuốn sách của nhà khoa học này, cuốn *al-jabr*. Những chữ số (1,2,3...) và hệ thập phân với số 0 đóng vai trò quan trọng mà chúng ta đang dùng ngày nay trên khắp địa cầu, cũng do người Ả rập phát minh lại từ gốc gác có từ trước đó của toán học Ấn Độ cổ đại.

\*\*\*

Thế kỷ thứ 11 là thế kỷ của các *hiệp sĩ*. Hiệp sĩ, trong tiếng Anh là Chilvary, có nguồn gốc từ *chevalier* trong tiếng Pháp, nghĩa là kỵ sĩ. Các hiệp sĩ hào hoa, thích làm thơ, tán tỉnh phụ nữ, giỏi đánh kiếm và hay lao vào các cuộc giao đấu. Các hiệp sĩ không chỉ đánh nhau để chứng tỏ bản lĩnh anh hùng, hay đánh nhau vì phụ nữ, mà họ còn đánh nhau để chiến đấu vì Chúa và Kitô giáo. Để giải phóng đất Chúa khỏi tay người Ả Rập, họ quyết định hành quân đến Palestine. Năm 1096, đội quân đầu tiên của các hiệp sĩ bắt đầu đi chinh phục Palestine. Họ xuất phát từ bờ sông Danube, đi qua Constantinople, qua Tiểu Á, rồi tiến về Palestine. Đây chính là cuộc Thập tự chinh thứ nhất, một cuộc thập tự chinh mà bên cạnh sự kiện lần đầu đến được đất thánh còn kèm theo vô số những cuộc tàn sát đẫm máu người Hồi giáo.

Sau cuộc Thập tự chinh thứ nhất, những hiệp sĩ của nhà thờ Kitô giáo đã tiếp xúc với nền văn minh phương đông của Ả rập. Họ mang về Châu Âu *đại số*, *hóa học* và những tác phẩm của Aristotle và các triết gia Hy Lạp. Thế rồi những trước tác ấy được dịch từ chữ Ả rập ra chữ Latin, không còn chỉ được nghiên cứu trong nhóm nhỏ trí thức của Nhà Thờ mà còn được đưa vào giảng dạy ở Đại học Paris vào thế kỷ 13, và lần hồi phổ biến khắp Châu Âu.



Góc thị sai (parallax angle) khi quan sát chòm sao Tua Rua (Pleiades) từ trái đất. Các quan sát vào tháng Tám (observations in August) và tháng Hai (Observations in February) là những thời điểm trái đất ở hai phía khác nhau so với mặt trời tạo ra góc thị sai.

Những ý tưởng của Plato và Aristotle, đến thế kỷ 12,13 được những nhà thần học xuất sắc nhất của hội thánh sử dụng để cung minh cho sự hiện hữu của Thiên Chúa. Trong những nhà thần học xuất chúng ấy có Thánh Thomas Aquinas, một học giả uyên bác bậc nhất và cũng giáo điều bậc nhất của Hội Thánh. Thánh Aquinas đã chứng minh sự hiện hữu của Thiên Chúa bằng cách vận dụng các ý tưởng của Aristotle: Thiên Chúa là nguồn gốc đầu tiên làm vũ trụ vận động (premium mobile), và là sự hoàn hảo tuyệt đối của thiên đàng.

\*\*\*

Năm 1577, một Sao Chổi rất lớn xuất hiện trên bầu trời Châu Âu. Ở thời ấy, sao chổi luôn báo hiệu tai họa, bởi nó ngang ngược đi thẳng băng qua bầu trời vốn là thiên đường hoàn hảo với những hành tinh chuyển động theo đường tròn hoàn mỹ.

Nhà thiên văn học Tycho Bahre dùng phương pháp *thị sai (parallax)* hay còn gọi là thị sai sao (stellar parallax), hoặc thị sai lượng giác (trigonometric parallax), để tính toán khoảng cách từ sao chổi này tới trái đất. Và thật kỳ lạ, khoảng cách ấy xa hơn khoảng cách từ trái đất tới mặt trăng rất nhiều. Ngôi sao chổi ngang ngược ấy nằm ở đúng cái phần mà Aristotle và Thánh Aquinas vốn khẳng định là nơi thiên đường hoàn hảo.

Với những số liệu thiên văn của Tycho Bahre giao lại, Johannes Kepler đã phát minh ra ba định luật giải thích chính xác sự vận hành của các thiên thể trong một mô hình vũ trụ “mới”, trong đó trái đất mất đi vị trí trung tâm của mình, và các thiên thể chuyển động quanh mặt trời theo đường ellipse. Thiên đường của Aristotle bỗng nhiên không còn hoàn hảo nữa.

Năm 1665, đến lượt Isaac Newton nhận ra những gì tác động đến quả táo rơi, và làm vận hành mặt trăng xung quanh trái đất, chính là lực được gọi là lực hấp dẫn. Toán học ở thời điểm chưa đủ mạnh để mô hình hóa định luật vật lý mà Newton mong muốn, ông đã phát triển *calculus*, tiếng Việt thường gọi là *giải tích*. Bằng công cụ toán học hiện đại hơn, Newton đã tính ra được chuyển động của mặt trăng xung quanh trái đất, và các hành tinh xung quanh mặt trời: đó là định luật vận vật hấp dẫn. Định luật này giải thích được cơ chế chuyển động của thiên thể quanh mặt trời. Nguồn gốc của vận động vũ trụ không còn là Thương Đế hay Thiên Chúa tối cao nữa, mà là lực hấp dẫn.

\*\*\*



**NĂM 1066, MỘT NGÔI SAO CHỐI** xuất hiện trên chiến trường Hastings. Quân đội của vua Harold hoảng sợ vì điềm gở mà ngôi sao chổi mang lại, dễ dàng để mất nước Anh vào tay quân đội Normandy của vua William Người Chinh Phục. William Người Chinh Phục lập nên hoàng gia nước Anh, tồn tại đến tận ngày nay.

Năm 1682, ngôi sao chổi này quay lại London một lần nữa, nhưng lúc này London đã có Newton. Newton sáng chế ra một kính thiên văn, sau được biết với tên kính viễn vọng khúc xạ Newton, để quan sát ngôi sao chổi này, và thấy rằng quỹ đạo của nó hoàn toàn khớp với mô hình toán học của ông. Newton đưa giải thích và các định luật cơ học sử dụng mô hình toán của mình vào trong tác phẩm *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* xuất bản năm 1687.

*Principia Mathematica* chứa đựng các định luật toán học mô tả chính xác sự vận động của vũ trụ. Những định luật về chuyển động của Newton (Newton's Laws of Motion) tính toán được tất cả những lực kiểm soát sự chuyển động của các thiên thể trên bầu trời, các tàu không gian và máy bay do con người tạo ra, và tất thảy những gì đang chuyển động trên thế gian này. Ngày nay *Principia Mathematica* được coi là một trong những tác phẩm quan trọng nhất của nhân loại, và là cuốn sách đặt nền tảng cho cơ học cổ điển, hay còn gọi là cơ học Newton.

Ba định luật chuyển động quen thuộc của Newton mà chúng ta được học hồi cấp 2, được in trong cuốn sách này. Định luật 1 của Newton đã hạ bệ cách Aristotle giải thích về chuyển động của các vật thể, vốn tồn tại cả hai ngàn năm ở Châu Âu. Đó là ý tưởng các vật thể chuyển động nơi hạ giới, sẽ dần dần đứng lại vì mệt. Newton đã mở ra Thời hiện đại của loài người.

Trước đó, năm 1610, bằng kính viễn vọng khúc xạ tự chế tạo, Galilei Galileo, quan sát và phát hiện ra Sao Mộc (Jupiter) có 4 vệ tinh. Đây là một phát hiện rất quan trọng. Bởi một hành tinh mà trên quỹ đạo quanh nó có bốn hành tinh nhỏ hơn hoàn toàn không phù hợp với vũ trụ địa tâm của Aristotle. Cũng năm này, Galilei quan sát Sao Kim (Venus) và phát hiện ra chuyển động của sao này không chỉ không phù hợp với vũ trụ địa tâm trong đó Sao Kim và Mặt Trời chuyển động quanh trái đất, mà còn phù hợp với tính toán của vũ trụ nhật tâm của Copernicus. Năm 1638, Galilei cũng là người bằng thực nghiệm phát hiện ra khái niệm sau này có tên gọi trọng trường trái đất. Đây chính là tiền thân của định luật vận vật hấp dẫn của Newton.

Sau nhiều thế kỷ, Kitô giáo sử dụng khoa học để củng cố sự độc tôn về ý thức hệ và chính trị của mình. Đến thế kỷ 17, chính những người kính Chúa hết mực như Copernicus, Kepler, Newton, và tu sĩ dòng Augustine tên là Martin Luther đã chuyển hướng, họ bắt đầu phục vụ Thiên Chúa theo một cách khác. Với trí tuệ và lập luận khoa học của mình, họ chấm dứt sự độc tôn quan điểm của Nhà Thờ không chỉ về khoa học mà cả về cách diễn giải ý Chúa. Cùng thời kỳ khoa học ly khai khỏi Nhà Thờ Công Giáo La Mã còn là phong trào cải cách Kitô giáo do Martin Luther khởi xướng.

Năm 1539, một sinh viên thần học vốn là quý tộc và cựu quân nhân là Ignatius xứ Loyola đã

cùng 6 người bạn là sinh viên Đại học Paris thành lập Dòng Tên. Dòng Tên thê trung thành với Giáo Hoàng, cùng Giáo Hội chống lại phong trào cải cách. Họ sử dụng công cụ truyền thống là giáo dục và truyền bá kiến thức. Một đoàn giáo sĩ của Dòng Tên ấy, do thánh Francis Xavier dẫn đầu, đã theo chân nhà thám hiểm Magellan đi về Châu Á. Nửa cuối thế kỷ 16, những giáo sĩ dòng Tên ấy đã đến Kẻ Chàm (Quảng Nam) và du nhập vào nước ta chữ cái latin (nay là chữ quốc ngữ), lịch Julian (nay là dương lịch) và hình học Euclid (rất đáng tiếc, bị chúa Trịnh từ chối).



 VÙNG ĐẤT NẰM GIỮA SÔNG TIGRIS VÀ EUPHRATES có tên gọi trong tiếng Hy Lạp là Mesopotamia, nghĩa là Lưỡng Hà (nằm giữa hai con sông). Trên vùng đất ấy cách đây khoảng 5000 năm có người Babylon và Assyria sinh sống. Bằng mắt thường, họ quan sát và nhận ra quy luật chuyển động của bảy "hành tinh". Người Babylon và Assyria dùng tên của bảy hành tinh để đặt tên cho bảy ngày. Đến nay những cái tên ấy vẫn còn dấu vết trong những ngôn ngữ như Anh, Pháp và Ý. Chủ nhật là Mặt Trời (Sun, Sunday), Thứ hai là Mặt Trăng (Mon, Monday), Thứ ba là Sao Hỏa (Mars, Mardi), Thứ 4 là Sao Thủy (Mercury, Mercredi), thứ năm là Sao Mộc (Jupiter, Jeudi), thứ sáu là Sao Kim (Venus, Vendredi), thứ bảy là Sao Thổ (Saturday).

Trong lịch Do Thái tuần bắt đầu từ ngày Môt và kết thúc bằng ngày Bảy. Chúa Jesus chết ngày thứ sáu và sống lại ba ngày sau, tức vào ngày Môt. Do dương lịch (lịch tây) do các nhà truyền giáo của Giáo hội Công giáo truyền vào nước ta nên còn được gọi là Công lịch, ngày Sunday được gọi là Chúa nhật (ngày của Thiên Chúa, đãng làm Chủ bầu trời, để tránh xung đột với Chúa Trịnh và Chúa Nguyễn làm chủ mặt đất lúc bấy giờ). Sau này Chúa nhật bị chuyển hóa thành Chủ nhật.



## Chương II

# TỪ TẤT ĐỊNH ĐẾN BẤT ĐỊNH VÀ HÀNH TRÌNH ĐI TÌM SỰ KHỞI ĐẦU CỦA VŨ TRỤ

Năm 1921, nhà vật lý Nga Xô Viết Alexander Friedmann giải ra nghiệm tổng quát phương trình gốc của Einstein. Khá bối rối với nghiệm này, Einstein bỏ ra tới 8 tháng để tìm chỗ hỏng trong cách giải của Friedmann nhưng thất bại. Ngày nay nghiệm của Friedmann được gọi là nghiệm Big Bang và góp phần vào nền tảng của vũ trụ học hiện đại.

Năm 1928, một học trò cũ ở Liên Xô của Friedmann là nhà vật lý George Gamow nhận ra rằng với nguyên lý bất định, không thể biết được đồng thời vị trí và vận tốc của hạt, nên có thể có xác suất hạt chui được qua rào cản thế năng và tạo ra hiện tượng phân rã. Năm 1948, Gamow cho rằng các nguyên tố của vũ trụ hình thành từ súc nóng của một vụ nổ lớn và tạo ra bức xạ "hóa thạch". Ngày nay những ý tưởng này được biết đến với tên gọi hiệu ứng đường hầm lượng tử, phản ứng tổng hợp hạt nhân sau thời điểm Big Bang, và bức xạ nền của vũ trụ.

**N**ếu thực sự có một thế lực siêu nhiên, một đấng tạo hóa, sinh ra và sắp đặt tất cả mọi sự vận hành của vũ trụ này, có lẽ ngài đã tính trước vào hoàn cảnh nào thì đưa những ai xuống trần thế. Ngài đã đưa Thales và Pythagoras xuống xứ Ionia. Đưa Plato và Aristotle đến với Hy Lạp thời Macedonia. Đưa Copernicus, Kepler và Luther đến Châu Âu trước khi dàn xếp để Newton phát minh ra định luật Vật Hấp Dẫn.

\*\*\*

Người Hy Lạp cổ và người Do Thái cổ cùng tin rằng vũ trụ trật tự (cosmos) được sinh ra từ hồn mang không có hình dạng. Còn Tin Mừng theo Thánh Gioan ngay câu đầu tiên đã nói Lúc khởi đầu đã có Ngôi Lời. Ngôi Lời là Thiên Chúa. Ngôi Lời là ánh sáng thật rọi chiếu thế gian.

Thánh Augustine, một nhà thần học xuất sắc của Hội Thánh ở thế kỷ thứ 4, có những chiêm nghiệm rất độc đáo về thời gian và không gian. Theo chiêm nghiệm của Thánh Augustine, Thượng Đế tồn tại bên ngoài thời gian mà con người nhận thức được. Thượng đế ở bên ngoài vũ trụ do chính ngài tạo ra, và ở bên ngoài thời gian của cái vũ trụ ấy. Thời gian của Thượng Đế là một cái gì đó vừa hiện tại vừa vĩnh hằng.

Quan điểm của Thánh Augustine đã đặt không gian với thời gian của vũ trụ vào chung trong một khái niệm, rất gần với một vũ trụ được dệt lưới (fabric) bằng không-thời gian của Einstein. Và ý tưởng của Thánh Augustine về một thượng đế đứng hoàn toàn bên ngoài không gian và thời gian của vũ trụ do chính ngài tạo ra cũng là một ý tưởng độc đáo và cấp tiến. Sau khi Einstein đặt những viên gạch đầu tiên cho ngành vũ trụ học hiện đại, ý tưởng ấy quay lại đầy màu nhiệm dưới ánh sáng của khoa học.

\*\*\*

Năm 1915, Einstein đưa ra lý thuyết mới về lực hấp dẫn, còn gọi là thuyết tương đối rộng; một vũ trụ “mới” hình thành. Trong vũ trụ ấy, khi con người quan sát ánh sáng của một ngôi sao cách trái đất một tỷ năm ánh sáng, thì đồng thời cũng là quan sát ánh sáng được phát đi từ một tỷ năm trước. Trong vũ trụ ấy, không gian và thời gian đã dệt vào nhau thành lưới không-thời gian.

Năm 1921, nhà vật lý Nga Alexander Friedmann khi giải các phương trình gốc của Einstein đã tìm ra nghiệm mà ngày nay được gọi là nghiệm Big Bang. Vũ trụ xuất hiện đột ngột và

mạnh mẽ kinh khủng từ một trạng thái có độ nén vô hạn và năng lượng cực lớn. Tác động của vụ nổ Big Bang lan ra khắp vũ trụ theo không gian và thời gian, và tác động của nó còn tồn tại đến ngày nay.

Nghiệm của Friedmann mô tả bằng toán một vũ trụ tĩnh, đứng cân bằng một cách mong manh, lệch qua bên này một chút sẽ thành vũ trụ giãn nở ra, lệch qua bên kia một chút sẽ thành vũ trụ co sụp vào. Cân bằng mong manh ấy được mô tả như một cây bút chì dài đứng thẳng bằng trên mũi chì chuốt nhọn của nó, bất động qua thời gian. Cái sự tĩnh của vũ trụ Big Bang Friedmann rất hợp với quan niệm về vũ trụ của các nhà vật lý thời ấy, nhưng nó bất ổn ở chỗ nó tính ổn định của vũ trụ ấy quá mong manh. Đây là lý do khiến Einstein đưa thêm hằng số vũ trụ lamda vào phương trình của mình. Hằng số lamda có “tác dụng” phản lại lực hấp dẫn (kéo các khối lượng trong vũ trụ vào nhau, dẫn đến sự mất ổn định, vũ trụ có thể sụp đổ vào bên trong).

Năm 1927, một nhà vật lý và là một linh mục dòng Tên người Bỉ tên là Georges Lemaître đề xuất thuyết vũ trụ giãn nở. Einstein rất thô lỗ khi nhận xét về thuyết của Lemaître. Ông nói đại ý: Thuyết của ngài rất hay về toán, nhưng về vật lý thì rất tệ. Đến năm 1929, thuyết vũ trụ giãn nở của Lemaître được Edwin Hubbe xác nhận bằng đo đạc thực nghiệm. Einstein tuyên bố hằng số vũ trụ lamda của mình là sai lầm lớn nhất trong đời. Tuy nhiên, rất lâu sau khi Einstein qua đời, năm 1998 các nhà vật lý lại phát hiện ra rằng vũ trụ không những đang giãn nở, mà tốc độ giãn nở còn đang tăng dần (giãn nở có gia tốc). Cách lý giải duy nhất cho hiện tượng này là có một thứ gì đó chống lại lực hấp dẫn vốn luôn kéo vật chất thường và vật chất tối lại gần nhau, thứ gì đó đủ mạnh để đẩy vũ trụ giãn nở ra xa nhau. Thứ gì đó được gọi là “năng lượng tối - dark energy”. Và đó chính là hằng số vũ trụ lamda. Các nhà vật lý phát hiện ra sự tồn tại của “năng lượng tối” là Perlmutter, Schmidt và Reiss đã được trao giải Nobel Vật lý năm 2011. (Xem thêm phần vật chất tối và năng lượng tối ở Chương 3.)

Vũ trụ bao la được tuôn trào từ một điểm sau một vụ nổ là một ý tưởng rất khó hiểu với nhận thức thông thường. Hơn thế, khác với các vụ nổ bình thường, phải xảy ra ở đâu đó với thời gian và vị trí cụ thể trong không gian, vụ nổ Big Bang xảy ở một điểm hoàn toàn chưa có không gian và thời gian. Vị trí của vụ nổ ấy ở hiện tại chính là tất cả các điểm trong vũ trụ.

Toàn bộ vũ trụ rộng lớn ngày nay, ngày xưa đã ở cùng một chỗ.

Ở thời điểm Planck,  $10^{-43}$  giây sau Big Bang, vũ trụ là một mớ hỗn mang cực kỳ nóng, cỡ  $10^{32}$  độ Kelvin. Đó là một khối plasma đồng chất, nóng bỏng, và có thể có nhiều hơn 3 chiều không gian. Chừng một phần trăm giây sau, vũ trụ mới nguội đi, còn khoảng 10 ngàn tỷ độ K, các hạt quark bắt đầu tụm lại để tạo ra proton và neutron. Một phần trăm giây sau nữa hạt nhân các nguyên tố nhẹ hình thành. Giai đoạn tổng hợp hạt nhân kéo dài vài trăm ngàn năm, rất dài với đời người nhưng chỉ là khoảnh khắc ngắn ngủi của vũ trụ. Vũ trụ đầy plasma của các hạt tích điện khiến các photon bị khuếch tán không thoát ra được. Khi nhiệt độ vũ trụ giảm xuống còn vài ngàn độ, các electron chuyển động chậm dần và lúc này nguyên tử mới bắt đầu hình thành. Sau Big Bang khoảng 370 ngàn năm, nhiệt độ vũ trụ hạ xuống còn 3000 độ Kelvin, các electron và hạt nhân chuyển động đủ chậm để hình thành nguyên tử: electron bị trói vào quỹ đạo nguyên tử và hòa điện với các proton. Các photon nguyên thủy của Big Bang, không còn bị các hạt tích điện ngăn trở nữa, bắt đầu tràn ra và lấp đầy vũ trụ. Do vũ trụ giãn nở, mọi thứ giảm mật độ và nguội dần. Do photon luôn chuyển động với tốc độ ánh sáng nên khi nguội đi, tần số của nó cũng giảm dần. Ánh sáng của vũ trụ nguyên thủy chuyển dần màu sắc, từ tím chuyển dần sang xanh, vàng, đỏ, hồng ngoại và cuối cùng trở thành sóng vô tuyến.

Nhờ vào vệ tinh COBE và vệ tinh WMAP đã chụp được bức xạ nền sóng vô tuyến của vũ trụ. Con người đã nhìn xa được vào không gian, tới tận quá khứ, khi vũ trụ sơ sinh mới 370 ngàn năm tuổi. Để nhìn xa hơn về thời điểm gần Big Bang hơn nữa, các nhà khoa học kỳ vọng những thiết bị dò sóng hấp dẫn như LIGO, có thể dò được những sóng hấp dẫn nguyên thủy có từ thời điểm Big Bang.

\*\*\*

Michael Faraday, một người thợ đóng sách khéo tay và là nhà vật lý thực nghiệm hoàn toàn tự học, đã đặt ra khái niệm *field*, tiếng Việt là *trường*. Khi một thanh nam châm, bằng cách nào đó tác động tới những vật ở cách xa nó, như hút một cái ghim kẹp giấy, hẳn nó đã tạo ra một thứ gì đó để truyền tương tác qua không gian. Faraday gọi thứ đó là trường. Bằng thực nghiệm, Faraday nhận ra rằng, cũng như nam châm, dòng điện cũng tạo ra trường ở không gian xung quanh nó. Tiến xa thêm một

bước, Faraday khám phá ra một điều kỳ diệu, điện trường biến đổi sẽ tạo ra từ trường, và ngược lại.

Đến năm 1800, James Clerk Maxwell đã vận dụng toán học vào các hiểu biết của Faraday: biến thiên cường độ của điện từ trường trong không gian và theo thời gian được mô tả bằng phương trình mà ngày nay nó được mang tên ông. Những phương trình ấy diễn đạt sự lan truyền sóng điện từ trong không gian xung quanh chúng ta. Với sóng điện từ có bước sóng mà mắt người nhìn thấy được: chính là ánh sáng. Maxwell đã hợp nhất được ba hiện tượng tưởng như độc lập với nhau: dòng điện chạy qua dây dẫn, lực từ của nam châm, và ánh sáng.

\*\*\*

Trong thế giới cơ học cổ điển của Newton, thật dễ dàng làm phép cộng hay trừ vận tốc. Trong thế giới ấy, có vẻ như nếu chạy thật nhanh, ta sẽ đuổi kịp tia sáng. Thế nhưng theo các phương trình truyền sóng điện từ của Maxwell, việc đuổi theo ánh sáng, cũng là sóng điện từ, là một việc không thể. Từ đây, năm 1905 Einstein đã cho ra đời thuyết tương đối hẹp, trong đó vận tốc ánh sáng là vận tốc nhanh nhất trong vũ trụ, và vận tốc ánh sáng là bất biến đối với người quan sát bất kể người quan sát đang di chuyển với vận tốc nào. Cũng trong thuyết tương đối hẹp, Einstein cũng tiết lộ thiên cơ, cho biết năng lượng và vật chất có thể biến đổi qua nhau bằng phương trình  $E=mc^2$ .

\*\*\*

Chữ *lượng tử* khá là mơ hồ và khó hiểu nếu ta không hiểu hàm ý mà nó truyền tải. *Lượng tử* dịch từ chữ latin *quantum* (số nhiều là *quanta*) nghĩa là “một đơn vị năng lượng”.

Năm 1900, Max Planck phát hiện ra rằng năng lượng mà sóng điện từ mang đi luôn là một gói năng lượng có giá trị gián đoạn. Nó bằng một, hai, ba...gói đơn vị năng lượng cơ bản, chứ không thể nào là, ví dụ, 1.5 đơn vị năng lượng cơ bản. Đây là ý nghĩa cốt lõi của *lượng tử*. Năng lượng tối thiểu mà sóng mang đi, theo Planck, tỷ lệ thuận với tần số của nó. Tần số càng cao (nghĩa là bước sóng ngắn), năng lượng sóng mang theo càng cao. Nhưng năng lượng này cũng rất nhỏ, do hệ số tỉ lệ có giá trị cực kỳ nhỏ (phân tử của một phân tử). Hằng số này được đặt theo tên Planck và ký hiệu bằng chữ *h*.

Chỉ trong năm 1905, Einstein lúc này mới 26 tuổi, công bố liên tiếp bốn bài nghiên cứu, làm thay đổi toàn bộ vật lý hiện đại. Năm 1905 được gọi là “Annus mirabilis” (tiếng Latin) hoặc “Miracle

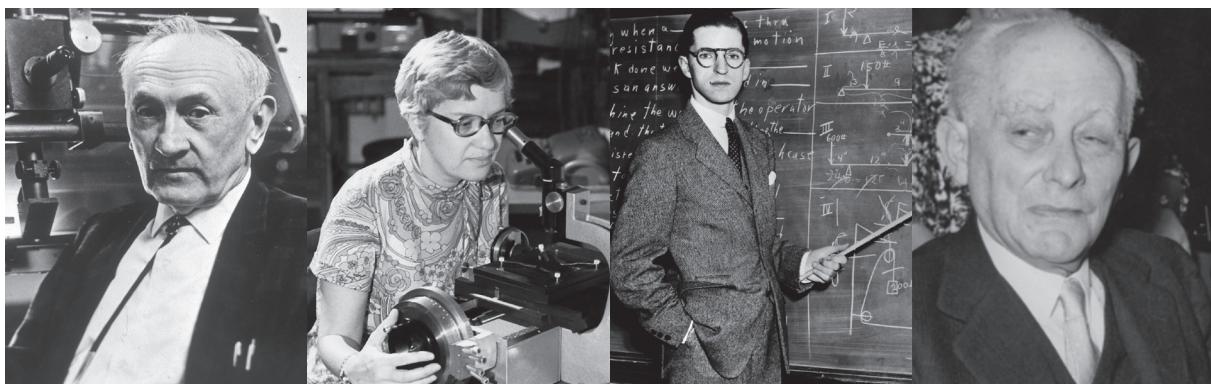
year” (tiếng Anh) của Einstein. Tiếng Việt có thể gọi là “năm thần thánh”. Bài báo *thứ nhất* về hiệu ứng quang điện, trong đó Einstein chứng minh sự tồn tại lượng tử ánh sáng (về sau gọi là photon). Bài báo *thứ ba*, về sau nổi tiếng với tên gọi *Thuyết tương đối hẹp* (và được Minkowski hoàn thiện vào năm 1908). Bài báo *thứ tư* nghiên cứu về quan hệ khối lượng - năng lượng và giới thiệu phương trình  $e=mc^2$  nổi tiếng.

Thế còn bài báo *thứ hai*: bài này nói về chuyển động Brown, và điều kỳ diệu nhất là nó chứng minh được vật chất hình thành từ các nguyên tử, một ý tưởng khoa học bây giờ ai cũng biết nhưng ở thời điểm đó nó là cuộc tranh luận mà phần thắng đang nghiêng về phe các nhà vật lý và hóa học chống lại ý tưởng vật chất hình thành từ nguyên tử. Nói cách khác, dù ý tưởng về nguyên tử có từ thời Democritus, nhưng phải sau hơn 2000 năm, Einstein mới là người đầu tiên chứng minh được nguyên tử là... có thật.

Năm 1911, Ernest Rutherford cung cố mô hình nguyên tử dạng mô phỏng hệ mặt trời, trong đó các electron bay quanh hạt nhân nhỏ và nặng,

theo đúng các định luật của Newton. Mô hình này giải thích được tính chất hóa học của nguyên tử các chất khác nhau, nhưng không thể giải thích được tại sao nguyên tử lại cực kỳ bền vững. Với mô hình hệ mặt trời, các nguyên tử lê ra rất dễ vỡ cấu hình gốc khi va chạm với một nguyên tử khác. Nhưng va chạm trong phản ứng hóa học của các nguyên tử của một nguyên tố, ví dụ carbon, vẫn sẽ là carbon chứ không thành nguyên tố khác.

Năm 1913, Niels Bohr bổ sung lý thuyết lượng tử vào mô hình này để hình này lý thuyết mà ngày nay gọi là *thuyết lượng tử cũ*. Theo thuyết này, trong số các quỹ đạo khả dĩ quanh hạt nhân, electron chỉ được phép chuyển động trên một số quỹ đạo; khi electron nhảy từ quỹ đạo này qua quỹ đạo khác, nó sẽ thu vào hoặc phát ra một lượng tử của năng lượng điện từ, cái mà sau này được gọi là *photon*. Mô hình nguyên tử Bohr-Rutherford giải thích được tính bền vững của nguyên tử. Nếu nguyên tử chỉ thay đổi năng lượng bởi các lượng tử có năng lượng gián đoạn, thì nguyên tử chỉ tồn tại ở các trạng thái dừng gián đoạn, và trạng thái thấp nhất (cân bằng bền) chính là trạng thái bình



Fritz Zwicky, Vera Rubin, George Gamow và Max Born.



**GIẢI NOBEL ĐÃ KHÔNG ĐƯỢC TRAO CHO FRITZ ZWICKY** của Caltech, người nghĩ ra tên “supernova” và cũng là người phát hiện ra và đặt tên cho “vật chất tối - dark matter” vào năm 1934.

Vera Rubin, người phụ nữ hiếm hoi trong làng Thiên văn học, và là người đã chứng minh sự tồn tại của vật chất tối vào năm 1978, mới đây đã qua đời khi chưa được trao giải Nobel. Trong cuộc sự nghiệp làm khoa học của mình, các ý kiến của nhà khoa học nữ Vera Rubin thường bị đám đồng nghiệp nam giới phớt lờ. Vật chất tối là một thứ bí ẩn, nó tồn tại khắp nơi trong vũ trụ. Nó “trò” với sóng điện từ, tức là ta không có cách nào quan sát được nó. Tác động duy nhất của nó đến vũ trụ là lực hấp dẫn. Do vật chất tối nhiều gấp 6 lần vật chất thường, nên mặc dù vô hình nó vẫn dùng lực hấp dẫn khổng lồ của mình tác động lên khắp các thiên hà trong vũ trụ. George Gamow cũng được cho là lẽ ra phải có giải Nobel vì phát hiện ra hiệu ứng đường hầm lượng tử.

Mặc dù Max Born được Einstein đề cử giải Nobel từ năm 1928, nhưng sau đó chỉ có Werner Heisenberg được trao giải năm 1932 (Paul Dirac được giải một năm sau đó). Heisenberg có viết thư cho Born nói đóng góp của Born vào cơ lượng tử là rất lớn nhưng giải Nobel lại được quyết định bởi những kẻ bên ngoài. Mãi đến năm 1954 Max Born mới có giải Nobel nhờ sự đấu tranh không mệt mỏi suốt hơn 20 năm của giới vật lý. Thầy giáo hướng dẫn luận văn của Max Born là nhà vật lý Karl Schwarzschild. Bản thân Max Born là người thầy lớn, nhiều học trò và trợ lý của ông đều là các nhà vật lý lớn, trong đó có Fermi và Oppenheimer.

thường của nguyên tử. Mô hình mới của Bohr còn giải thích được hiện tượng phổ đặc trưng của các nguyên tử: các nguyên tử chỉ hấp thụ hoặc bức xạ ánh sáng ở một số tần số nhất định.

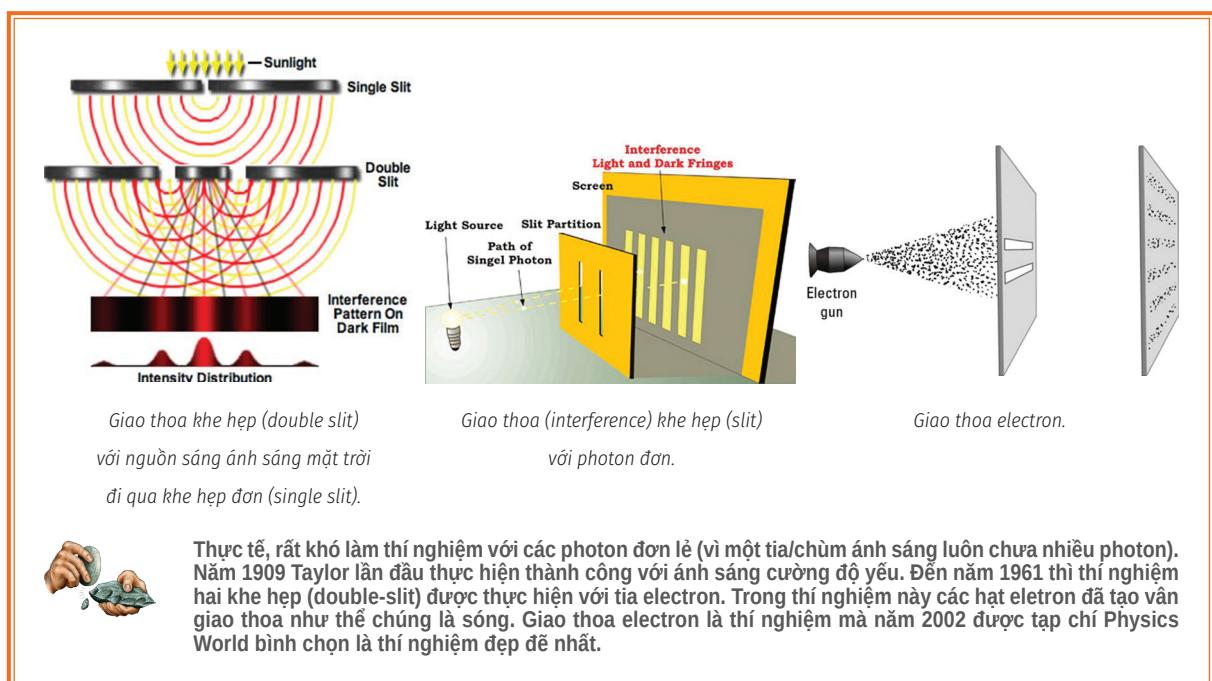
Năm 1921 Einstein được trao giải Nobel cho nghiên cứu hiệu ứng quang điện mà ông công bố năm 1905. Ông được trao giải Nobel vì thành tích “khiêm tốn” này, so với hai công trình khổng lồ về thuyết tương đối trước đó. Khi chiếu ánh sáng vào bề mặt kim loại, năng lượng ánh sáng va đập vào sẽ làm văng ra một số electron của mặt kim loại. Thế nhưng vận tốc electron văng ra không phụ thuộc vào cường độ ánh sáng chiếu vào mạnh hay yếu, mà phụ thuộc vào tần số của ánh sáng chiếu vào. Chiếu ánh sáng tử ngoại (tần số cao) làm electron văng ra với vận tốc cao hơn khi chiếu ánh sáng hồng ngoại (có tần số thấp hơn). Từ đây, Einstein giải thích, ánh sáng là một luồng các hạt ánh sáng mà sau này được gọi là *photon*. Năng lượng của mỗi photon, theo Einstein, tuân thủ đúng theo định luật Planck: tỷ lệ thuận với tần số sóng ánh sáng (với tỷ lệ là hằng số Planck).

Khi nhìn nhận ánh sáng là hạt, Einstein đã đồng quan điểm với Newton. Năm 1670, Newton khám phá ra ánh sáng trắng là tổng hợp của nhiều màu sắc ánh sáng khác nhau. Newton cũng cho rằng ánh sáng là một chùm hạt. Năm 1805, thí nghiệm giao thoa ánh sáng qua hai khe hẹp của Thomas Young đã chứng minh ánh sáng là sóng, dường như phản bác quan niệm của Newton.

Hơn 100 năm sau, Einstein đi xa thêm một bước và phát hiện ra rằng, *nếu* thực hiện thí nghiệm giao thoa qua khe hẹp bằng cách bắn từng hạt photon một về phía hai khe chéo, nó vẫn tạo ra hiện tượng giao thoa. Điều này trái với trực giác thông thường, từng hạt photon nối đuôi nhau đi qua hoặc khe bên trái, hoặc khe bên phải, vẫn tạo ra vân giao thoa. Điều này cho thấy ánh sáng có性质 sóng-hạt.

Từ đây, năm 1923, Louis de Broglie đã sử dụng phương trình  $E=mc^2$  để tiến xa thêm một bước nữa. Ông cho rằng luồng tính sóng-hạt có thể áp dụng được cho vật chất. Phát biểu của ông tóm tắt như sau: mỗi hạt hoặc vật thể nào chuyển động cũng là sóng liên kết với chuyển động của nó. Nếu ánh sáng có thể là một hạt, thì một hạt electron cũng có thể là một sóng. Ý tưởng của de Broglie được chứng minh bằng thực nghiệm (giao thoa electron), mang về cho ông một giải Nobel năm 1929.

Năm 1925, Werner Heisenberg lúc này còn là một nghiên cứu sinh trẻ ở Munich đưa ra một cách diễn giải vừa kinh điển vừa độc đáo về chuyển động của electron. Heisenberg sử dụng khai triển Fourier, một công cụ toán học thường được sử dụng để mô tả các dao động, như dao động của dây đàn, để diễn đạt chuyển động của electron. Sau này ông khiêm tốn nói: Ý tưởng này tự gợi ý ra chính nó, rằng ta sẽ phải viết các định luật cơ học, không phải như phương trình cho vị trí và vận tốc của electron, mà cho tần số và biên độ trong khai triển Fourier của chúng.



Vài tháng sau, cũng trong năm 1925, Erwin Schrödinger đề xuất phương trình diển đạt chuyển động của electron như một sóng. Một cách diển đạt dễ hình dung hơn so với cách của Heisenberg. Schrödinger đưa ra một hàm toán mô tả chính xác tiến hóa của electron theo thời gian. Hàm này, ký hiệu bằng chữ Hy Lạp  $\psi$  (*psi*). Ngày nay phương trình của được biểu diễn bằng toán học trừu tượng hiện đại rất đơn giản như sau:

$$H(t)|\psi(t)\rangle = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi(t)\rangle$$

Trong đó ở vế trái  $\psi(t)$  là hàm sóng theo thời gian được biểu diễn bằng ket-vector. Ket-vector này bị toán tử năng lượng Hamilton  $H(t)$  tác động lên, bên trái là động lượng (đạo hàm theo thời gian của  $\psi(t)$ ). Các ký hiệu vector bra và vector ket do Dirac đưa vào cơ lượng tử, và nhờ đó cơ lượng tử có thể diển đạt bằng không gian vector, khiến cho các phương trình toán học của cơ lượng tử trở nên đơn giản hơn (nhưng trừu tượng hơn). Đây là lý do Leonard Susskind nói cơ lượng tử đơn giản và dễ hiểu hơn cơ cổ điển và có thể học trước khi học cơ cổ điển (nhưng theo tôi thì nếu nắm được cơ cổ điển, nhất là cơ học Lagrange và cơ học Hamilton thì khó mà hiểu được cơ lượng tử).

Ở dạng tường minh phương trình Schrödinger giống cơ học Hamilton, bạn không cần nhớ lầm về toán cơ cũng có thể hiểu được: Động năng + Thế năng = Tổng năng lượng

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(r) + V(r)\Psi(r) = E\Psi(r)$$

$$\text{Kinetic Energy} + \text{Potential Energy} = \text{Total Energy}$$

Năm 1926, Max Born đề xuất một ý tưởng kỳ lạ: sóng kết hợp với hạt cơ bản, gọi là *sóng xác suất*. Theo đó, hàm của Schrödinger là một hàm sóng biểu diễn xác suất tìm thấy electron ở một điểm cụ thể. Đây là một khái niệm kỳ lạ, bạn không thể biết chính xác được electron ở đâu quanh hạt nhân, tất cả những gì bạn có thể làm là tính được hàm sóng, là cái giúp bạn tính toán được chính xác khả năng một electron xuất hiện một điểm cụ thể nào đó. Những điểm trong không gian mà cường độ sóng lớn (nói đúng hơn là bình phương cường độ sóng) là những điểm mà ở đấy xác suất hạt electron được tìm thấy là lớn, và ngược lại. Cho đến nay, dữ liệu thực nghiệm chưa bao giờ mâu thuẫn với ý tưởng kỳ lạ này.

Năm 1927, sự huyền bí của lượng tử còn đi xa hơn nữa với sự ra đời của nguyên lý bất định Heisenberg: ở mức độ hạ nguyên tử, ta không thể biết chính xác đồng thời cả vị trí lẫn vận tốc của hạt. Ta chỉ có thể biết chính xác hoặc là vị trí, hoặc là vận tốc của hạt. Hay nói một cách khác, nếu ta xác định đại lượng này càng chính xác, thì xác định đại lượng kia càng kém chính xác.

Heisenberg gọi nguyên lý này là cơ học ma trận (matrix mechanics) và nguyên lý của Heisenberg nhanh chóng được chứng minh là tương đương với lý thuyết sóng của Schrödinger.

Biểu diễn dưới dạng toán học, nguyên lý bất định có dạng gọn gàng ( $x$  là vị trí,  $p$  là động lượng và  $h$  là hằng số Planck).

$$\Delta x \Delta p > \frac{h}{2\pi}$$

Trong vật lý, đây có thể là công thức toán nổi tiếng thứ nhì thế giới, chỉ sau phương trình  $E=mc^2$ . Ý nghĩa của nó giản dị nhưng đặc biệt sâu sắc: tổng hợp của sai số về vị trí nhân với sai số về động lượng luôn luôn lớn hơn hằng số Planck. Khi ta đo được chính xác vị trí của một electron, thì động lượng sẽ có giá trị nằm trong một dải rất rộng. Và ngược lại.

Để minh họa sự sâu sắc của nguyên lý bất định, người ta thường sử dụng câu hỏi: liệu kiến thức của loài người về thực tại bên ngoài có phải là là vô hạn. Câu trả lời là Không Vô Hạn. Bởi nguyên lý bất định chỉ ra rằng luôn có tính bất định, bất khả xác định và bất khả dự đoán, vốn đã được “gắn sẵn vào bên trong” của Tự Nhiên.

Sóng của hạt, nói một cách văn hoa, là một sóng “không tồn tại”, nó không “có thực”. Bohr và Heisenberg cho rằng hàm sóng như của Schrödinger cho biết chính xác xác suất xuất hiện của hạt ở từng thời điểm chừng nào hạt chưa bị quan sát. Ngay khi hạt bị người quan sát “đo lường”, hàm sóng sẽ “sụp đổ (collapse)” và người quan sát sẽ thấy hạt electron ở một vị trí rất cụ thể.

Hệ quả của nguyên lý bất định Heisenberg cũng rất nổi tiếng vì sự “ma quái” của nó: hiệu ứng đường hầm lượng tử (*quantum tunneling*, còn gọi là phiến ra tiếng Việt là hiệu ứng tuy-nen).

Đầu những năm 1920, lúc đó Gamow vẫn còn làm việc tại Liên Xô. Gamow đã hóa giải được bí ẩn tại sao xảy ra hiện tượng *phân rã phóng xạ* (*radioactive decay*). Theo cơ học của Newton, những lực hạt nhân vốn rất mạnh và là rào cản về mặt năng



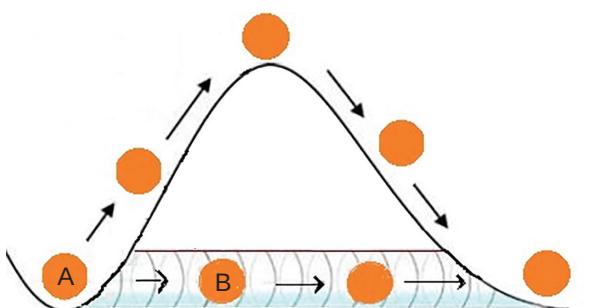
**GIẢ ĐỊNH “HÀM SÓNG SỤP ĐỔ”** của Bohr và Heisenberg dẫn đến một cuộc tranh luận mà Schrödinger đứng về phía Einstein để phản biện lại ý tưởng đưa xác suất vào thế giới vật lý vốn tất định, biến vũ trụ thành một thế giới bất định phụ thuộc vào xác suất. Trong thí nghiệm giả tưởng của Schrödinger có một con mèo sau được đặt theo tên ông: một con mèo vừa sống lại vừa đang chết trước khi nó bị quan sát.

này chỉ xuất hiện khi bị “quan sát”. Thế giới chuyển từ không thành có (sự hình thành) khi bị quan sát lần đầu tiên: thông tin nhị phân chuyển thành vật chất. Ý tưởng này được thể hiện xuất sắc trong bộ phim *The Matrix* với tài tử Keanu Reeves.

John Wheeler là một người thầy đặc biệt, một số học trò của ông là các đại thụ của vật lý lý thuyết: Richard Feynman, Hugh Everett, Charles Misner, Kip Thorne.

lượng, tại sao lại xảy ra được hiện tượng mà Marie Curie đã khám phá ra: hạn nhân urani không ổn định và bức xạ ra tia alpha (hạt nhân của nguyên tử heli). Theo Gamow, các hạt đã vượt qua rào cản bằng cách “chui hầm”, và gây ra hiện tượng bức xạ.

Năm 1928, Max Born sau khi dự seminar của George Gamow giải thích về mặt toán học hiện tượng tuy-nen trong phân rã phóng xạ Alpha (Alpha Decay), Born đã nhận ra rằng hiệu ứng đường hầm không chỉ là hiện tượng của vật lý hạt nhân mà chính là kết quả tổng quát của cơ học lượng tử. Một hạt bị ngăn bởi một bức tường thế năng rất cao, vẫn có khả năng đi xuyên (tunnel) qua phía bên kia của bức tường dù xác suất của hiện tượng này rất thấp. Một điều hoàn toàn trái với trực giác thông thường, nó giống như bắn một viên bi ve vào bức tường dày mà viên bi ve thay vì bật ngược, lại đi xuyên qua, phía bên kia bức tường. Hạt, hay trong ví dụ này là “viên bi ve”, có thể vay năng lượng từ xung quanh để đi xuyên, bức tường thế năng, rồi trả lại năng lượng bằng cách tạo ra các electron phản xạ có nhiều năng lượng hơn chúng lê ra vốn có.



(A) - Trong cơ học cổ điển, các hạt electron phải leo qua đỉnh thế năng để xuất hiện ở phía bên kia.  
(B) - Cơ học lượng tử cho phép electron có năng lượng ít hơn chui hầm qua rào cản thế năng và xuất hiện ở phía bên kia.

Nguyên của hiện tượng này là vì vật chất trong cơ học lượng tử có tính chất của cả sóng và hạt. Một trong những cách giải thích lưỡng tính sóng hạt này lại liên quan đến nguyên lý bất định Heisenberg, vốn chỉ ra rằng luôn có sự giới hạn về độ chính xác của việc xác định cùng một lúc cả vị trí và động lượng (momentum) của hạt.

\*\*\*

Nguyên lý bất định của Heisenberg giúp các nhà vũ trụ học giải quyết được vấn đề trao đổi năng lượng liên tục ở thế giới nhỏ hơn nguyên tử. Thăng giáng lượng tử càng lớn nếu khoảng cách và thời gian càng nhỏ. Nhờ chuyển đổi năng lượng và vật chất  $E=mc^2$ , năng lượng có thể được sinh ra tức thời cặp hạt - phản hạt trong chân không rồi lập tức hủy lẫn nhau. Hạt và phản hạt được tạo ra và hủy diệt liên tục, vô cùng sôi động. (Xem thêm Chương 5).

Vì nguyên lý bất định mà thăng giáng lượng tử diễn ra khắp nơi và không thể tránh khỏi. Năng lượng của dao động lượng tử tỏa ra khắp không gian và không thể bị triệt tiêu. Dao động lượng tử cung cấp năng lượng cho một thứ mà ngày nay được biết đến với tên gọi năng lượng tối (dark energy) hay còn gọi là hằng số vũ trụ.

Vũ trụ rộng lớn của ngày nay đã từng có lúc nhỏ hơn cả một electron. Vũ trụ ấy, theo một ý tưởng của Edward Tryon đưa ra năm 1973, có thể bất ngờ được sinh ra từ một thăng giáng lượng tử trong chân không.

\*\*\*

Hành trình tìm về sự điểm khởi đầu của vũ trụ của các nhà vật lý chắc chắn còn rất xa, nhưng điều quan trọng là thuyết lượng tử vốn không có sự hòa đồng với thuyết tương đối, nền tảng của vũ trụ học



Werner Heisenberg và Niels Bohr



NĂM 1927, WERNER HEISENBERG tới Đan Mạch và làm việc ở viện nghiên cứu Copenhagen cùng Niels Bohr. Họ làm cộng tác chặt chẽ với nhau trong việc tìm tòi khám phá thuyết lượng tử và bản chất của vật lý.

Xuyên qua các tranh cãi liên miên, cuối cùng các lý thuyết của Bohr và Heisenber được mài rũa cực kỳ tinh tế và đã được đền chở tương thích với nhau và cùng được biết đến với tên gọi “giải thích theo trường phái Copenhagen (Copenhagen interpretation). Ngày nay, giải thích Copenhagen được công nhận rộng rãi là nền tảng của thuyết lượng tử.

Trong giải thích theo trường phái Copenhagen, Bohr và Heisenberg thống nhất với nhau về một số tiên đề nhằm giải thích thế giới lượng tử:

- + Năng lượng xuất hiện trong các gói rời rạc, gọi là các lượng tử (quanta). Các lượng tử của ánh sáng là các photon. Các lượng tử của lực hạt nhân yếu là các boson W và Z. Các lượng tử của lực hạt nhân mạnh là gluon. Còn các lượng tử của lực hấp dẫn là graviton.

- + Vật chất được thể hiện bằng các hạt điểm. Xác xuất tìm thấy một hạt được xác định bằng một sóng. Sóng này tuân theo một phương trình sóng cụ thể, ví dụ phương trình sóng Schrödinger.

- + Hành sóng dùng để tính toán xác suất tìm thấy hạt ở một trạng thái (state) cụ thể. Trước khi quan sát, hạt tồn tại đồng thời ở mọi trạng thái có thể (như đám “mây” do electron “vẽ” ra quanh khí quyển của hạt nhân). Ngay khi quan sát, hành sóng sẽ bị phá hủy, hạt sẽ được tìm thấy ở một trạng thái cụ thể.



**KHÔ CÓ THỂ CHỨNG MINH** một vũ trụ được tạo ra từ hư không (creatio ex nihilo). Nhưng ý tưởng này không chỉ tương đồng với vũ trụ quan của các thần thoại cổ, mà còn giúp trả lời các câu hỏi khó về vũ trụ.

Tại sao trong vạn vật, từ trái đất đến các thiên hà, đều tự quay quanh trục của mình (spin) mà vũ trụ lại không tự quay? Tại sao vạn vật, từ cục nam châm nhỏ bé đến trái đất to đùng, đều lưỡng cực, mà vũ trụ theo tính toán của Thuyết Thông Nhất Lớn (Grand Unified Theory) lại đơn cực ở thời điểm khai sinh? Phải chăng vũ trụ sinh ra từ hư không không quay, và đơn cực bị giãn nở trái ra khắp vũ trụ?

hiện đại, đã tìm được chỗ đứng trong công cuộc tìm hiểu lịch sử và sự ra đời của vũ trụ. Đó là những nơi, hay thời điểm mà vật chất và năng lượng dồn vào một điểm: Big Bang và những Hố Đen. Hay cũng có thể là một vụ va chạm hạt trong máy gia tốc hạt, mà nhờ đó biết đâu các nhà vật lý chứng minh được vũ trụ giãn nở ngay sau Big Bang không chỉ có 3 chiều không gian và một chiều thời gian, mà còn có nhiều chiều không gian hơn nữa bị cuộn lại, nhỏ hơn chiều dài Planck.

Theo định luật về chuyển động của Newton, chuyển động của vũ trụ chính xác như một chiếc đồng hồ vĩnh cửu. Sự tiến hóa của vũ trụ có thể tiên đoán được bằng mô hình toán học chặt chẽ và chính xác trước cả ngàn năm.

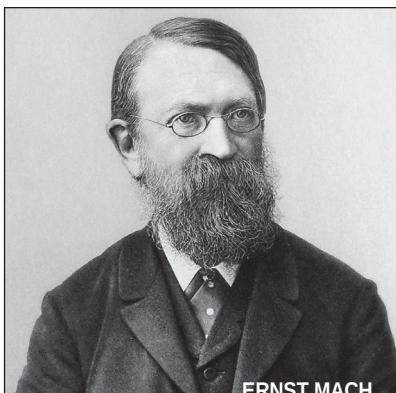
Trong một vũ trụ đẹp đẽ, hài hòa và bao la ấy, mọi sự kiện đều tuân theo những định luật vật lý và có thể tính toán và dự báo chính xác. Một vũ trụ tất định mà ở đó, theo lời Einstein, Chúa không chơi trò súc sắc với thế giới. Một thế giới mới mà mọi số phận đều được định trước và không ai có thể trốn thoát được. Giống như Oedipus đã không thoát được số phận được định trước của mình.

Trong một thế giới mà ý chí của Chúa vận hành tất cả như vậy, thì ở đâu sẽ là chỗ cho ý chí tự do của con người.

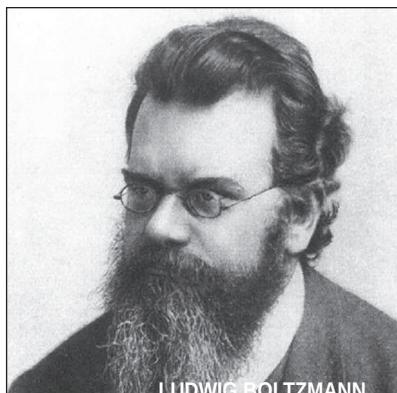
Kể từ thời Hy Lạp cổ, các nhà khoa học từ Thales, Democritus đến Aristotle đều đã tìm bản chất của một thứ vật chất cơ bản, cốt lõi, là cái hình thành nên thế giới thực tại. Đến thời Aristotle, ông bắt đầu cho rằng vật chất cơ bản hình thành nên thế giới là một cái gì đó không thực sự hiện hữu, chỉ tồn tại dưới dạng hình thức, nó là một “potentia” tức là “một khả năng”. Chất cơ bản này, theo Aristotle, sẽ có quá trình chuyển hóa từ “một khả năng” thành “một thực tại”. Sự biến đổi từ “khả năng” thành “hiện thực” của cái mà Aristotle gọi là vật chất cơ bản ấy rất giống “khả năng” mà **năng lượng** biến đổi thành **vật chất** theo giải thích thuyết lượng tử trường phái Copenhagen năm 1927.

Kể từ năm 1927, vũ trụ tiến hóa theo một mô hình toàn học chính xác và chặt chẽ, nhưng mô hình ấy chỉ xác định được xác suất một tương lai có thể xảy ra, nhưng không biết chắc chắn được tương lai nào sẽ xảy ra.

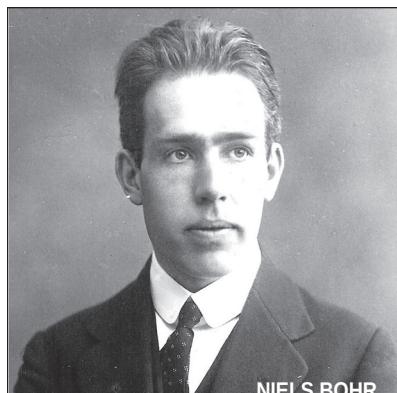
Sự ngẫu nhiên của các thăng giáng lượng tử đã đưa vào vũ trụ, ở những thời điểm cực đoan nhất như Big Bang hay Hố Đen, một thần tính mà chỉ có ý chí tự do của con người mới sẵn lòng chấp nhận: tính ngẫu nhiên của xác suất.



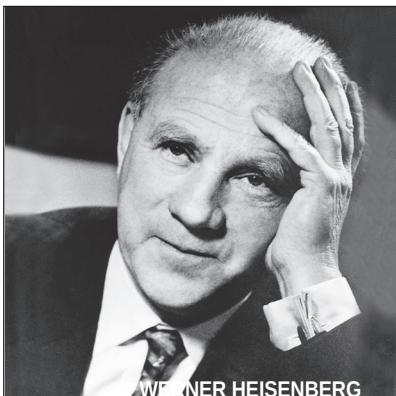
ERNST MACH



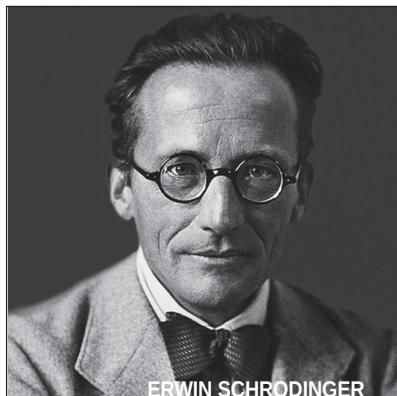
LUDWIG BOLTZMANN



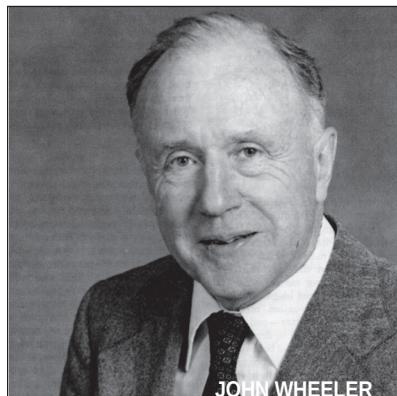
NIELS BOHR



WERNER HEISENBERG



ERWIN SCHRÖDINGER



JOHN WHEELER



VÀO THỜI ĐIỂM EINSTEIN phát minh ra thuyết tương đối hẹp (1905), hiểu biết của các nhà vật lý về thế giới của các nguyên tử vẫn còn rất khiêm tốn. Thậm chí những người theo trường phái của Ernst Mach còn cho rằng những gì con

người không quan sát được trong phòng thí nghiệm thì không tồn tại, do vậy nguyên tử không tồn tại. Bộ óc vật lý hàng đầu là Ludwig Boltzmann, người dùng cảm đưa ra mô hình nguyên tử của mình, một phần không chịu nổi sự chỉ trích và nhạo báng đã tự sát vào năm 1906.

Khoảng hai thập niên sau, những khám phá mới và hiểu biết của con người về nguyên tử đã tiến triển với tốc độ ánh sáng. Trong thập niên 1920, các nhà vật lý hàng đầu của một lĩnh vực mới mẻ là cơ học lượng tử như Niels Bohr, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger đã mở toang hàng loạt cánh cửa để con người có thể nhìn vào thế giới của nguyên tử.

John Wheeler khi còn là một cậu thiếu niên rất giỏi toán đã đọc sách về cơ học lượng tử. Ở độ tuổi 20, cậu rời Mỹ đến Đan Mạch để trực tiếp học hỏi từ sư phụ của cơ học lượng tử là Niels Bohr.

Năm 1933, Hitler trỗi dậy. Cuộc chạy đua vũ trang chế tạo bom nguyên tử bắt đầu hiện hình.

Các nhà khoa học biết rằng trong nguyên tử chứa đựng một năng lượng tiềm tàng khổng lồ, một năng lượng có thể tính toán được bằng phương trình  $E=mc^2$ .

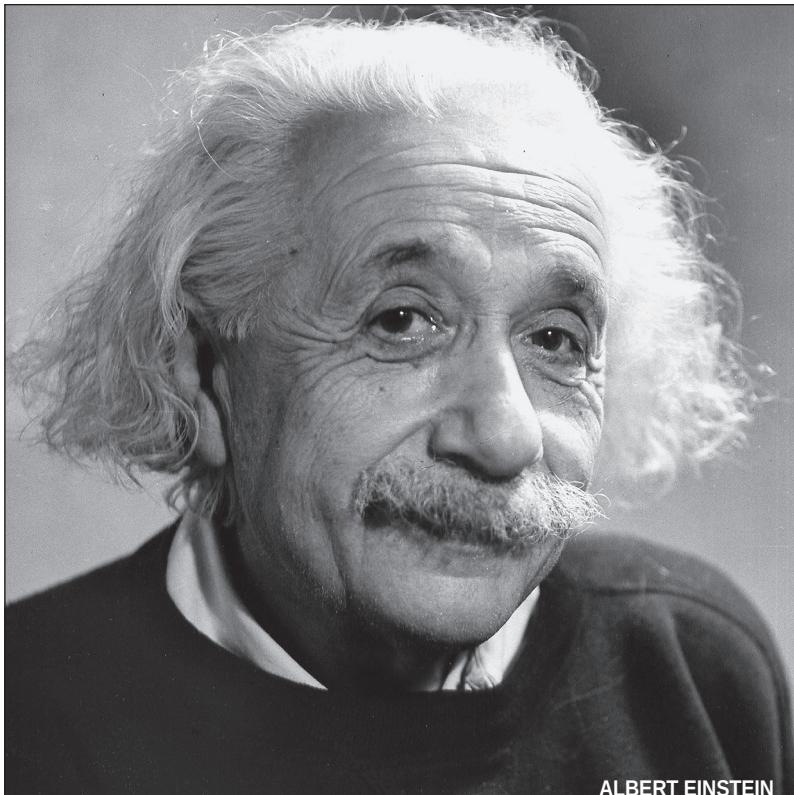
Năm 1939, Bohr thực hiện một chuyến đi ngắn tới Mỹ gặp Wheeler. Họ cùng dùng lý thuyết lượng tử để nghiên cứu quá trình giải phóng năng lượng của phân hạch hạt nhân. Bằng toán học, họ xây dựng mô hình lý thuyết mà trong đó tính toán được xác suất neutron có thể phá vỡ hạt nhân urani, giải phóng thêm neutron, và các neutron này tiếp tục tạo ra phản ứng dây chuyền tạo ra năng lượng khổng lồ có sức tàn phá lớn.

Bohr, Wheeler và hai nhà vật lý khác đến gặp Einstein lúc này đang làm việc ở Viện nghiên cứu cao cấp Princeton để thảo luận thêm về việc chế tạo một quả bom nguyên tử. Vài năm sau, Einstein đã bị thuyết phục. Ông viết thư gửi tổng thống Franklin Roosevelt thúc giục nước Mỹ chế tạo bom nguyên tử.

Năm 1941, lúc này Hitler đang trên đà chiến thắng, nhà vật lý Heisenberg đã đặt lòng tin của mình vào chiến thắng của Đức Quốc Xã. Từ Berlin ông tới Copenhagen để thuyết phục Bohr cộng tác với Hitler trong một nhiệm vụ mà nước Đức giao cho Heisenberg: chế tạo bom nguyên tử. Mãi đến năm 2002 người ta mới khám phá ra nội dung cuộc gặp bí mật này của Heisenberg và Bohr, nhờ vào việc gia đình Bohr công bố một bức thư mà Bohr chưa gửi.

Sau cuộc gặp, Bohr đào thoát qua Mỹ. Cùng lúc này Wheeler rời Princeton đến Đại học Chicago, làm việc cùng Enrico Fermi để xây dựng lò phản ứng hạt nhân đầu tiên của loài người.





ALBERT EINSTEIN



DUKE DE BROGLIE

JOHN STEWART BELL

 LÀ MỘT HOÀNG TỬ, CÓ TƯỚC DUKE (quận công), tên đầy đủ kèm theo tước vị của Broglie rất dài, Louis Victor Pierre Raymond de Broglie, duke de Broglie. Khi vào đại học, Broglie học văn học và nghệ thuật. Thế chiến thứ nhất nổ ra, anh làm lính điện báo. Sau chiến tranh anh chuyển qua học vật lý. Từ công trình của Einstein (1905) về photon (bởi vậy Einstein cũng là người đóng góp vào việc sáng lập ra vật lý lượng tử) và của Max Planck về năng lượng gián đoạn, de Broglie đề xuất hàm sóng của hạt chuyển động. De Broglie đưa ra công thức nổi tiếng  $mc^2=hf$  ( $h$  là hằng số Planck,  $v$  là tần số sóng). De Broglie là người đưa một khái niệm quan trọng của cơ học cổ điển là động lượng vào cơ học lượng tử :  $p=h/\lambda$  ( $p$  là động lượng,  $h$  là hằng số Planck,  $\lambda$  là bước sóng). Theo công thức này ta dễ dàng nhận động lượng được lượng tử hóa: Khác với cơ cổ điển là noi động lượng có thể nhận bất kỳ giá trị nào (tính liên tục), trong cơ lượng tử thì động lượng chỉ được nhận các giá trị gián đoạn, mỗi bước sóng ứng với một động lượng (hệ quả ngược-xuôi của lượng tử hóa động lượng đó là hàm sóng có tính chu kỳ.) Công trình do de Broglie đề xuất năm 1924 này đã được giải Nobel năm 1929.

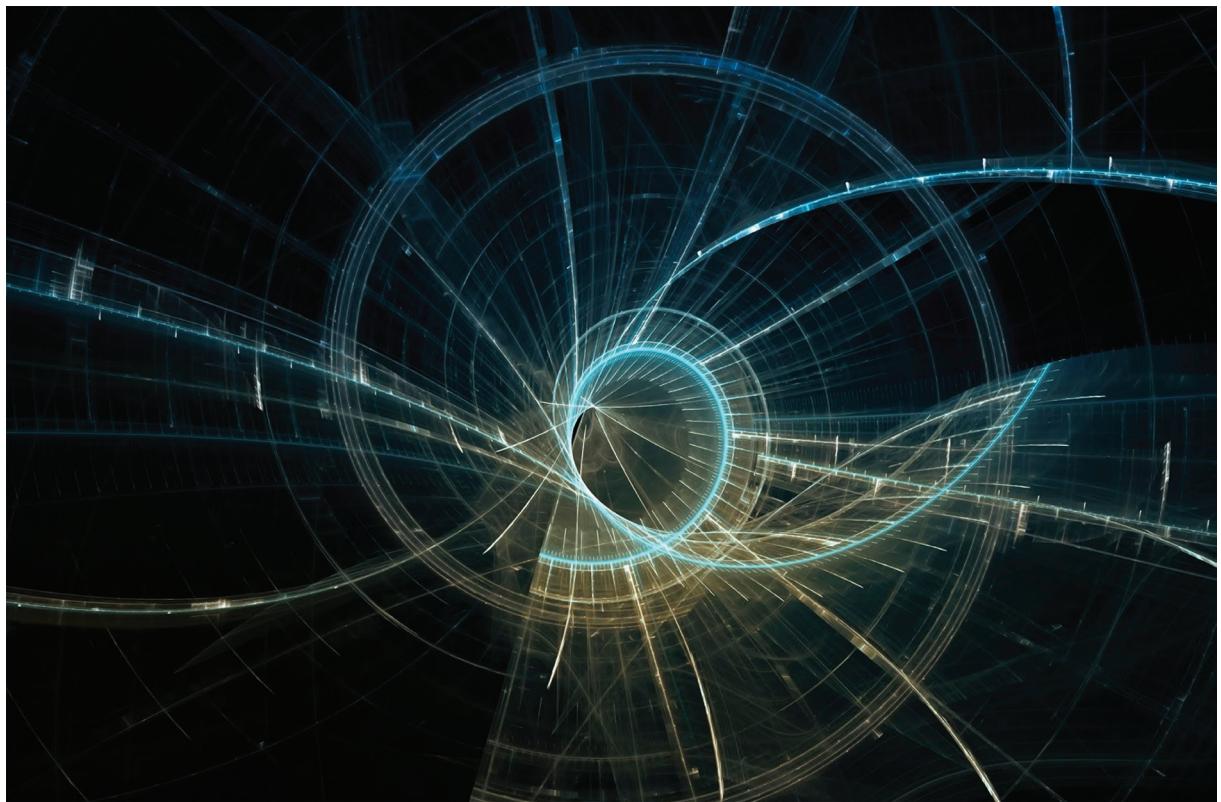
Năm 1927, de Broglie đưa ra lý thuyết biến ẩn (hidden variables theory) đầu tiên, hay còn được biết với tên pilot-wave theory. Mặc dù mô hình "hành vi dạng sóng của một hạt đang chuyển động" của de Broglie được Erwin Schrödinger sử dụng cho thuyết cơ học sóng của ông này, nhưng pilot-wave vẫn đi vào quên lãng (một phần do sai lầm của John von Neumann) và phải đến những năm 1950 mới được David Bohm khám phá lại. Ngày nay lý thuyết này nay mang tên de Broglie – Bohm. Cũng như Broglie, Bohm đứng về phe Einstein nhiều hơn phe Bohr và bởi vậy cách tiếp de Broglie – Bohm vừa đồng ý với cơ học lượng tử vừa tương thích với thuyết tương đối hẹp. Các nguyên lý của cách tiếp cận này nhấn mạnh vào sự tồn tại khách quan

(thực tại ở bất kỳ thời điểm nào) của hạt không phụ thuộc vào người quan sát và thuyết này tuân thủ theo thuyết tất định luận.

Theo cơ học lượng tử chính thống thì hạt và sóng là một, giống như hai mặt của đồng xu, kết nối với nhau bằng tính sóng-hạt. Còn theo de Broglie – Bohm, cả sóng và hạt là hai thực thể vật lý thực sự hiện hữu và tách rời nhau. Có một sóng gọi là sóng hoa tiêu (pilot wave) dẫn dắt chuyển động của hạt bằng một phương trình dẫn đường (và phương trình này dự báo được mật độ xác suất vị trí của hạt, giống như phương trình của Schrödinger. Bằng cách này, cơ học lượng tử của Bohm tránh được các nghịch lý như nghịch lý Con mèo Schrödinger, sự suy sụp tức thời của hàm sóng (khi bị quan sát).

Công trình của Bohm còn dẫn tới nonlocality (tính phi định xứ). Theo công thức toán học của pilot wave, vận tốc của một hạt phụ thuộc (ngay lập tức) vào vị trí của các hạt khác và vì vậy vi phạm nguyên lý locality. Nguyên lý locality xác quyết một thứ gì đó xảy ra ở một địa điểm cụ thể trong không gian và thời gian thì chỉ có tác động trực tiếp, ở khoảnh khắc tức thời, đến vùng lân cận.

Trong cơ học cổ điển thì ta có thể hiểu và nhận biết chính xác thế giới, như một thực tại khách quan, thông qua các đặc tính của tất cả các khách thể cấu thành nên thế giới ấy. Ta có thể biết chính xác vận tốc, vị trí của mọi khách thể trong thế giới ấy bằng cách vận dụng các nguyên lý vật lý. Còn trong cơ lượng tử, ta chỉ có thể biết thế giới ấy thông qua các phép đo. Và bởi các phép đo tự nó cũng tác động đến trạng thái vật lý của khách thể, hay hệ, mà ta đo, nên nếu ta biết chính xác đại lượng này (vận tốc) thì sẽ không biết chính xác đại lượng kia (vị trí) của khách thể, hay hệ ta mà đang đo. Einstein không chấp nhận việc ta buộc phải hiểu vũ trụ vi mô thông qua các máy đo (detector). Năm 1935, lúc này cơ học cổ điển đã cực kỳ thành công cả lý thuyết lẫn thực nghiệm, Einstein cố gắng



chứng minh cơ học lượng tử là một lý thuyết chưa hoàn chỉnh (theo nghĩa một lý thuyết có thể mô tả chính xác thế giới thực tại). Ông và hai đồng nghiệp Podolsky, Rosen đề xuất một thí nghiệm tư duy (thought experiment) sử dụng phương pháp đo lường gián tiếp (để tránh phép đo có tác động vào trạng thái vật lý của hệ) ta có chứng minh được một hệ vật lý, hoặc một khái thể (như một hạt) luôn có vận tốc và vị trí chính xác. Thí nghiệm tư duy này sử dụng một cặp hạt sinh đôi, ngày nay nổi tiếng với tên EPR đi kèm hiệu ứng bất trị có tên "liên đới (dính líu) lượng tử - quantum entanglement". (Xem thêm phần ER=EPR ở Chương 5).

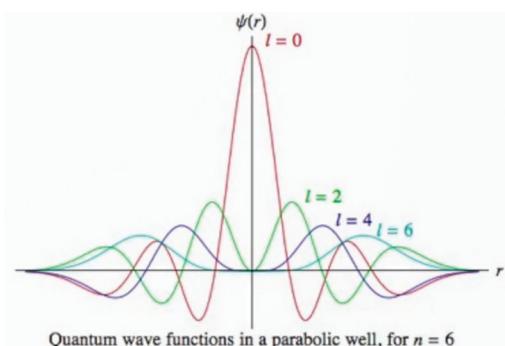
Bohm đi xa hơn EPR một chút, ngoài vận tốc và vị trí, ông cho rằng hệ còn có nhiều đặc tính ẩn giấu khác mà ta không thể biết (đo lường) được. Từ đây John Bell mở rộng thí nghiệm EPR sang một "biển ẩn" khác, đó là spin. Spin là một đặc tính của hạt. Giống như cú đá phạt của Ronaldo, trái bóng tự xoay quanh trục của mình trong lúc di chuyển theo một quỹ đạo tuyệt đẹp từ bàn chân của Ronaldo đi vào màn lưới. Sự xoay đó là spin. Khác với thế giới cơ học thông thường, trong cơ học lượng tử, spin của hạt quay với tốc độ không đổi, chiều quay không đổi (xuôi hoặc ngược chiều kim đồng hồ), chỉ có hướng (trục quay) là thay đổi.

Năm 1964, John Bell đưa ra định lý mang tên mình (Bell theorem), trong đó ông đưa ra các lập luận rằng nếu EPR mà đúng, thì kết quả phép đo spin theo một trục xác định sẽ có xác suất đúng như dự đoán lớn hơn 50%. Đến đâu những năm 1980 Alain Aspect đã thực hiện thành công bằng thực nghiệm với hai photon sinh đôi phát ra từ một nguyên tử calcium bị hạ năng lượng. Kết quả thực nghiệm cho thấy xác suất nhỏ hơn 50%, tức là kết luận của EPR sai. Kết quả này gây chấn động thế giới vì liên đới (dính líu) lượng tử là hiệu ứng có thật. Hơn thế nữa, nó còn cho thấy nếu ta đo lường và biết vị trí (hoặc vận tốc) của một hạt trong một cặp hạt sinh đôi (có dính líu lượng

tử với nhau) thì ngay lập tức ta biết được vị trí (hoặc vận tốc) của hạt kia bất kể chúng cách nhau xa đến cỡ nào. Tức là cơ lượng tử có tác động không định xứ (non local).

Đúng một phát, với "phi định xứ" được kiểm chứng bằng thực nghiệm, John Bell được cực kỳ sùng bái. Việc cơ lượng tử vi phạm nguyên lý locality (tính định xứ) của vật lý có cái gì đó như là siêu nhiên, như một trạng thái xuất thần đỉnh cao trong thiền định, trong tri kiến của Bell. Gần đây một số nhà vật lý lý thuyết như Leonard Susskind đã chứng minh rằng dính líu lượng tử không vi phạm nguyên lý "tính định xứ" vốn là một nguyên lý không được phép vi phạm trong vật lý. (Phép chứng minh của Susskind chỉ dài độ 2 trang A4, có thể xem trong Theoretical minimum, tập 2, là tập về quantum physics.)

Ngày nay vẫn có một vài nhà vật lý theo đuổi cách tiếp cận de Broglie – Bohm và phát triển các phiên bản hiện đại của thuyết này. Còn với Einstein, ông đã chứng minh rằng tư duy của con người là không có giới hạn, ông có thể tiến hành một thí nghiệm cực kỳ thông minh hoàn toàn bằng trí tưởng tượng của mình, và bắt cả thế giới điên đầu vì cái thí nghiệm ấy.





### Chương III

# TIẾNG VỌNG TỪ SÁNG THẾ

Năm 1915, Einstein đề xuất Thuyết tương đối rộng mô tả một vũ trụ mà trong đó hai khái niệm trùu tượng và vô hình là không gian và thời gian đã bị lực hấp dẫn “sử dụng” để tác động đến sự vận hành của cả vũ trụ. Năm 1916, Einstein dự đoán bằng mô hình toán học cách thức mà lực hấp dẫn tác động đến không gian và thời gian: Sóng hấp dẫn. Cũng năm 1916, một sĩ quan pháo binh 42 tuổi tên là Karl Schwarzschild giữa những trận chiến đấu trên đất Nga đã giải phương trình của Einstein và tìm thấy một nghiệm (Schwarzschild radius /gravitational radius). Nghiệm này về sau được John Wheeler gọi là “hố đen”. Tháng 2 năm nay, đúng 100 năm sau khi Einstein tiên đoán về sóng hấp dẫn, trạm quan trắc LIGO của Hoa Kỳ lần đầu tiên dò tìm được sóng hấp dẫn của vũ trụ.

Năm 1543, khi biết mình sắp qua đời, Nicolaus Copernicus đã liều mạng xuất bản tác phẩm *Về chuyển động quay của các thiên thể*. Năm 1616, Giáo hội Công giáo La Mã đưa công trình này của Copernicus vào danh mục sách cấm.

Công trình của Copernicus, một nhà toán học và thiên văn học, đã xây một mô hình vũ trụ trong đó có tâm là Mặt Trời, một mô hình toàn toàn đối lập với Vũ Trụ có tâm là Trái Đất, vốn tồn tại cả ngàn năm như một nền tảng vững chắc trong vũ trụ quan Kitô và cũng là nền tảng khoa học của loài người cho đến lúc đó.

Mặc dù ý tưởng về một vũ trụ trong đó có tâm là mặt trời còn trái đất xoay vòng quanh nó (*thuyết nhật tâm*) đã được Aristarchus đảo Samo (310 - 230 trước Công nguyên) đưa ra từ rất sớm. Nhưng ý tưởng này bị *thuyết địa tâm* của Aristotle và Ptolemy phủ nhận.

\*\*\*

Claudius Polemaeus, tức Ptolemy, một nhà thiên văn học làm việc tại thư viện Alexandria danh tiếng hồi thế kỷ thứ 2 đã xây dựng một lý thuyết giải thích vũ trụ trong đó trái đất có hình cầu, còn mặt trời và các thiên thể khác như mặt trăng và các vì sao sẽ quay vòng quanh trái đất. Trong mô hình vũ trụ của Ptolemy, mỗi thiên thể được gắn trên một thiên cầu bằng pha lê. Mỗi thiên cầu ấy là một tầng trời. Có bảy tầng trời như vậy. Bảy tầng trời ứng với bảy hành tinh mà con người bằng mắt trần quan sát được chuyển động của chúng (mặt trăng, mặt trời, Sao Kim, Sao Thủy, Sao Hỏa, Sao Mộc, Sao Thổ). Tầng trời thứ tám ứng với tất cả những vì sao còn lại.

Vũ trụ của Ptolemy tồn tại nhiều thế kỷ, cho đến khi công trình bị cấm đoán của Copernicus dần dần được công nhận và trở thành một cuộc cách mạng khoa học.

Gần 50 năm sau Copernicus qua đời, công trình của ông đã đến tay một sinh viên thần học thuộc nhánh Tin Lành Kháng Cách, một ý hệ Kitô giáo mới mẻ sinh ra từ sự bất mãn và chán ghét sự giàu có và sa ngã của Giáo hội Kitô La Mã. Người chung sinh ấy vốn say mê thiên văn học từ tấm bé, khi được chứng kiến Sao Chổi (1577) và Nguyệt Thực (1580). Trong lúc học thần học tại đại học Tübingen anh được tiếp cận cả thuyết địa tâm của Ptolemy lẫn thuyết nhật tâm bị cấm đoán của Copernicus.

Thế rồi như nhận ra con đường của mình là phải phục vụ Thiên Chúa theo một cách rất khác, anh bỏ dở con đường trở thành mục sư để xin một chân giáo viên

dạy toán trong một trường trung học Tin Lành ở Graz. Tên người thanh niên ấy là Johannes Kepler.

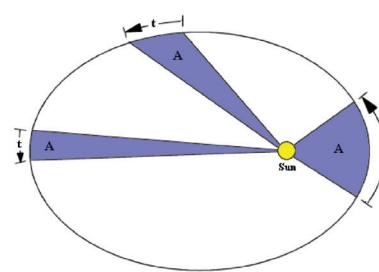
Thầy giáo toán Kepler vừa mặc cảm tội lỗi, một tội lỗi thân thánh, vì đã tin vào thuyết Nhật tâm, lại vừa cho rằng định mệnh của mình là phải chứng minh cái thuyết đầy báng bổ ấy là đúng. Nhờ tiền tài trợ từ các mạnh thường quân khoa học, thường là các vị quý tộc giàu có, Kepler xây dựng các mô hình thực nghiệm. Nhưng đều thất bại. Cuối cùng, nhờ tài năng toán học ngày càng nổi tiếng của mình, Kepler tiếp cận được nhà toán học của Đế Chế La Mã Thần Thánh, nhà thiên văn học Tycho Brahe.

Tycho có nguồn lực vô cùng lớn để phát triển các thiết bị quan sát thiên văn tốt nhất thời bấy giờ. Dữ liệu ông thu thập được được coi là thiêng liêng nên được gia đình bảo mật kỹ càng. Tá túc trong dinh thự của Tycho sống qua ngày, rất hiếm khi Kelper được Tycho chia sẻ dữ liệu.

Thế rồi, dữ liệu quý giá mà Tycho thu thập bằng cách đo đạc vũ trụ trong suốt 30 năm cuối của đời mình, trong lúc hấp hối, Tycho đã bắt gia đình trao hết cho Kepler.

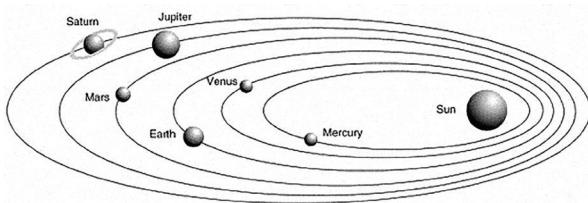
Cũng như Galilei và Tycho, nhà toán học Kepler rất tôn sùng hình học Euclid và các đa diện thần thánh của Pythagoras. Dù là những bộ óc cấp tiến nhất của thời đại, họ hết mục tin rằng đường tròn là cái gì đó hoàn mỹ nhất của tạo hóa: tất cả các hành tinh phải chuyển động theo đường tròn. Cho đến một ngày, Kepler tự duy vuột ra khỏi khuôn khổ ấy.

Năm 1618, Định luật 1 của Kepler ra đời. Nó được phát biểu như sau: Các hành tinh chuyển động xung quanh mặt trời theo đường ellips với mặt trời là một tâm (trong số hai tâm) của đường ellips ấy. Từ định luật có tính đột phá này, Kepler sử dụng toán học để mô hình hóa chuyển động của các hành tinh trong hệ mặt trời. Trong Định luật 2 của Kepler, nếu lấy một sợi dây nối mặt trời với hành tinh đang bay quanh nó, sợi dây này sẽ quét được những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau.



Định luật 2 của Kepler

Từ đây Kepler đưa ra Định luật 3, vẽ nên sự hài hòa cực kỳ tao nhã của vũ trụ: lấy bình phương thời gian một hành tinh bay trọn một vòng quanh mặt trời (tức là một chu kỳ, tính theo năm) sẽ bằng với lập phương khoảng cách trung bình của hành tinh này tới mặt trời (tính bằng đơn vị thiên văn, một đơn vị thiên văn bằng khoảng cách từ trái đất tới mặt trời):  $P^2=a^3$ . Tức là hành tinh nào càng xa mặt trời, nó di chuyển càng chậm.



Hệ mặt trời

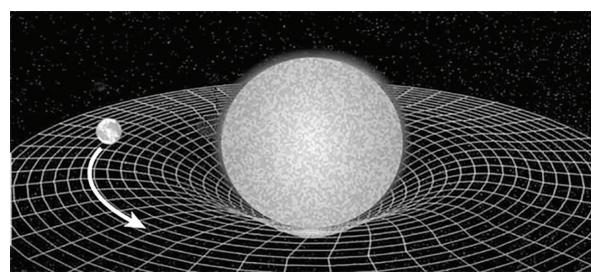
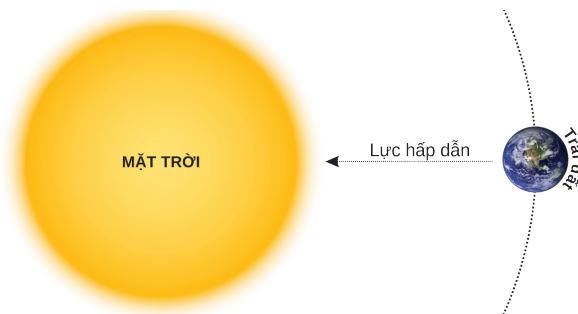
Thế nhưng Kepler bất lực trong việc giải thích nguyên nhân sâu xa nào khiến mặt trời bắt các hành tinh khác bay xung quanh, theo một quỹ đạo có chu kỳ đều đặn và cân bằng một cách tao nhã như vậy.

\*\*\*

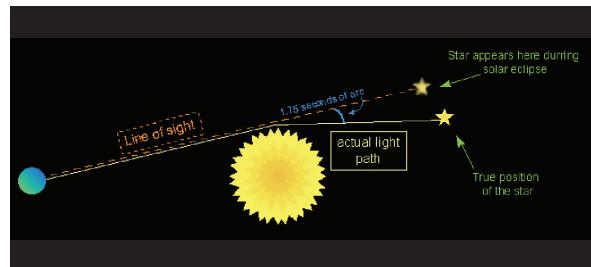
Gần 50 năm sau, năm 1665, một thanh niên 23 tuổi tên là Isaac Newton mải miết nghĩ về chuyện này. Anh tự hỏi, nếu Trái Đất không có cách nào đó để “giữ” Mặt Trăng, hẳn Mặt Trăng sẽ rời quỹ đạo xung quanh trái đất của mình rồi trôi đi lang thang vào trong vũ trụ. Newton phát hiện ra, cái lực mà trái đất níu giữ mặt trăng bay quanh mình, cũng là lực làm trái táo rụng từ trên cây xuống. Đó là lực hấp dẫn.

Là một nhà toán học siêu đẳng, Newton đã sử dụng toán để mô hình hóa cách mà lực hấp dẫn bắt mặt trăng bay quanh trái đất, và bắt các hành tinh bay quanh mặt trời. Lực hấp dẫn tác động lên tất cả, không chỉ trên trái đất mà còn trong toàn bộ vũ trụ, vì vậy mô hình của Newton có tên *Định luật万有引力定律*. Định luật này cho biết lực hấp dẫn tỉ lệ thuận với tích khối lượng của hai vật hút nhau và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Tức là hai vật càng nặng thì càng hấp dẫn nhau mạnh. Và hai vật càng xa nhau lực càng yếu đi. Nếu xa nhau thêm 10 lần, lực sẽ yếu đi bình phương của 10, tức là yếu đi 100 lần.

Newton đã giải thích vận động được của toàn thể vũ trụ mà con người biết cho đến thời điểm ấy, những vận động vĩ đại, vi diệu và cực kỳ hài hòa, của mặt trời, trái đất, và những hành tinh.



Einstein cho rằng lực hấp dẫn làm cong không gian ở quanh nó.



Đường đi thực của ánh sáng (*actual light path*) từ ngôi sao bị bẻ cong khi đi qua mặt trời. Nhìn từ trái đất, tầm nhìn thẳng (*line of sight*) khi quan sát ánh sáng từ ngôi sao sẽ khiến người quan sát nhìn thấy ngôi sao xuất hiện ở vị trí khác, bất chấp ngôi sao thực bị mặt trời che khuất.

Liên Xô phóng vệ tinh nhân tạo đầu tiên của loài người lên quỹ đạo trái đất, đưa phi hành gia đầu tiên của loài người lên vũ trụ. Mỹ đưa những con người bằng xương bằng thịt đầu tiên đổ bộ lên mặt trăng. Còn SpaceX của Elon Musk đang đưa con người lên Sao Hỏa. Tất tần tật những việc lớn lao và kỳ diệu này, đều dựa trên nền tảng các định luật của Newton.

Thế nhưng ngay khi ra đời, các định luật của Newton lại mở ra những thắc mắc sâu xa hơn nữa về bản chất của vũ trụ. Có vẻ như vũ trụ không hữu hạn với bảy tầng trời. Bởi nếu nó hữu hạn, và bởi lực hấp dẫn chỉ hút chứ không đẩy, thì tập hợp hữu hạn các hành tinh và các ngôi sao sẽ bị hút gần về nhau cho đến khi chúng suy sụp vào chính mình. Còn nếu như nó vô hạn, thì chỉ cần một biến cố nhẹ, các hành tinh bị rung lắc và trượt khỏi các quỹ đạo cực kỳ ổn định của mình, thì cân bằng bền vững nhờ lực hấp dẫn sẽ bị phá vỡ, các hành tinh sẽ bay tứ tung, vũ trụ hài hòa của chúng ta bỗng bị xé tan tành.

Newton quả thực bối rối, ông đành giải quyết nó bằng cách tự nguyện chấp nhận một vũ trụ vô hạn, cực kỳ đồng nhất, và tĩnh tại. Nhưng ông không giải quyết được một câu hỏi khác: bằng cách nào lực hấp dẫn của mặt trời tác động đến trái đất và các hành tinh khác.

\*\*\*

Gần 250 năm sau, năm 1915, một trụ cột mới của vũ trụ học ra đời: *Thuyết tương đối rộng* của Einstein. Einstein cho rằng lực hấp dẫn làm cong không gian ở quanh nó.

Giống như ta đặt một trái bowling lên tấm đệm mút, trái bowling sẽ làm toàn bộ tấm đệm mút bị cong theo sức nặng của nó.

Mặt trời uốn cong toàn bộ không gian xung quanh. Theo Einstein, các hành tinh chuyển động trong không gian ấy sẽ tự động chọn con đường ngắn nhất và ít bị cản trở nhất để đi, và đó chính là các quỹ đạo ellip bao quanh mặt trời. Ngay cả ánh sáng, từ một vì tinh tú xa xăm, khi đi ngang mặt trời để đến trái đất cũng sẽ phải lượn theo đường cong của không gian vốn bị khối lượng mặt trời làm cong, rồi mới đến trái đất. Do đó nếu quan sát từ trái đất, ta sẽ nhìn thấy vì tinh tú kia ở một vị trí hơi khác với vị trí thực của nó.

Bằng cách quan sát này, năm 1919, một nhóm các nhà thiên văn do Arthur Eddington dẫn đầu đã đến một hòn đảo ở vịnh Guine để đo đạc thực nghiệm. Kết quả thực nghiệm này đã chứng minh *Thuyết tương đối rộng* của Einstein là đúng.

*Đường đi thực của ánh sáng (actual light path) từ ngôi sao bị bẻ cong khi đi qua mặt trời. Nhìn từ trái đất, tầm nhìn thẳng (line of sight) khi quan sát ánh sáng từ ngôi sao sẽ khiến người quan sát nhìn thấy ngôi sao xuất hiện ở vị trí khác, bất chấp ngôi sao thực bị mặt trời che khuất.*

Theo *thuyết tương đối hẹp* của Einstein, vận tốc tối đa của vũ trụ (tức là không gì có thể chạy nhanh hơn vận tốc này) chính là vận tốc ánh sáng (gần 300 ngàn km/giây). Ánh sáng đi từ mặt trời đến trái đất mất 8 phút. Nếu mặt trời bằng cách nào đó biến mất, không gian quanh mặt trời không bị uốn cong nữa và trái đất sẽ di chuyển theo một quỹ đạo hoàn toàn khác.

Thế nhưng, ở đây sẽ có một nghịch lý: nếu mặt trời đột ngột biến mất, không gian đột ngột hết bị khối lượng của mặt trời uốn cong. Ở trên trái đất nhận ra ngay lập tức chuyện này bởi trái đất sẽ văng vào vũ trụ với vận tốc 1600km/giờ, nhưng ánh sáng

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$



ĐÂY LÀ PHƯƠNG TRÌNH thuyết tương đối tổng quát của Einstein. Còn gọi là phương trình trường Einstein, Einstein Field Equation, viết tắt là EFE.

Khái niệm trường (field), ở đây là trường hấp dẫn, khá khó hiểu. Tuy nhiên để dễ nắm bắt, ta có thể tưởng tượng về một khán phòng lớn, nhiệt độ trong phòng không đồng đều, mỗi điểm cụ thể trong phòng có nhiệt độ khác nhau. Đi từ điểm này qua điểm khác, nhiệt độ thay đổi dần. Đó là trường nhiệt. Hoặc một khán phòng có quạt gió to dùng, gió đi qua mỗi điểm tốc độ và hướng khác nhau. Đó là trường gió.

John Wheeler giải thích ngắn gọn phương trình Einstein như sau: "Vật chất bảo không gian cách uốn cong như thế nào; không gian chỉ cho vật chất lối di chuyển ra sao."

Scalar là một đại lượng vô hướng, ví dụ như nhiệt độ ở một điểm cụ thể trong một khán phòng. Nó chỉ có giá trị đại lượng, không có hướng. Vector là đại lượng có hướng, ví dụ như tốc độ và hướng gió máy lạnh thổi qua một điểm cụ thể trong phòng ở một thời điểm cụ thể. Tensor nghĩa gốc của từ này là làm giãn ra. Khi bạn ngồi lên một tấm đệm thật dày, một điểm cụ thể ở giữa tấm đệm sẽ bị giãn ra theo nhiều hướng khác nhau. Để nghiên cứu sự giãn ra của các điểm bên trong đệm người ta dùng tensor. Với trường hợp cái đệm, hoặc cục bê tông bị ngoại lực tác động, hay đê Sông Hồng bị xây công trình lớn lên trên người ta dùng Tensor ứng suất Cauchy, rất gần gũi với tensor năng lượng động lượng ở về phái phương trình Einstein). Tensor là bậc cao hơn của vector. Ví dụ tensor của không gian thường, khi hạ một bậc xuống sẽ có vector thường (có ba tọa độ trong không gian ba chiều), nếu hạ vector xuống một bậc, ta sẽ có scalar. Tensor trong phương trình Einstein phức tạp hơn bởi nó có tới 4 chiều (rất khó tưởng tượng với người bình thường).

Về phái của phương trình Einstein biểu diễn cho vật chất (khối lượng, năng lượng và động lượng), với  $T_{\mu\nu}$  là tensor năng lượng - động lượng nhân hằng số hấp dẫn  $G$ ,  $8\pi$  và chia cho  $c^4$  ( $c$  là vận tốc ánh sáng, trong vật lý lý thuyết thường đặt  $G=1$ ,  $c=1$ ,  $\hbar=1$  nhưng vẫn xuất hiện trong các phương trình để lấy thứ nguyên của nó, sao cho hai vế có đồng thứ nguyên).

Về trái của phương trình biểu diễn cho không gian bị vật chất làm cong. Độ cong của không gian được khảo sát qua các tensor: tensor Ricci  $R_{\mu\nu}$ , scalar Ricci  $R$ , và metric tensor  $g_{\mu\nu}$ . Lamda  $\Lambda$  là hằng số lamda nổi tiếng được nhắc nhiều lần trong cuốn sách này. Còn  $\mu\nu$  là các chỉ số dưới, có các giá trị 0,1,2,3,4 ứng với các chiều (4 chiều) của không-thời-gian, trong đó 0 là chiều thời gian 1,2,3 là các chiều không gian. (Dạng rút gọn của vế này, bằng cách bỏ hằng số lambda, còn được gọi là Tensor Einstein.)

Nghiệm của hệ phương trình trường Einstein là các thành phần của metric tensor.

từ mặt trời phải mất 8 phút sau mới tắt hẳn trên trái đất. Tức là bằng cách nào đó lực hấp dẫn chạy nhanh hơn cả ánh sáng. Điều này là không thể. Vậy lực hấp dẫn lan truyền trong không gian như thế nào?

\*\*\*

Năm 1916, Einstein đề xuất sự tồn tại của một sóng gọi là sóng hấp dẫn, một loại sóng mang lực hấp dẫn lan truyền trong không gian với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng. Einstein đã tìm thấy sóng trên lý thuyết bằng cách giải các phương trình của mình, cũng như dự báo các ngôi sao đôi quay quanh một trục chung sẽ dần sát lại với nhau để rồi lao vào nhau do năng lượng mất dần do bị bức xạ vào không gian dưới dạng sóng hấp dẫn.

\*\*\*

Cho đến năm 1920, năm mà hào quang của Einstein chói lọi nhất, con người vẫn cho rằng Ngân Hà mà chúng ta đang sống là tất cả vũ trụ. Thế rồi một nhà thiên văn tên là Edwin Hubble bằng việc quan sát tinh vân Andromeda (Tiên Nữ) đã phát hiện ra tinh

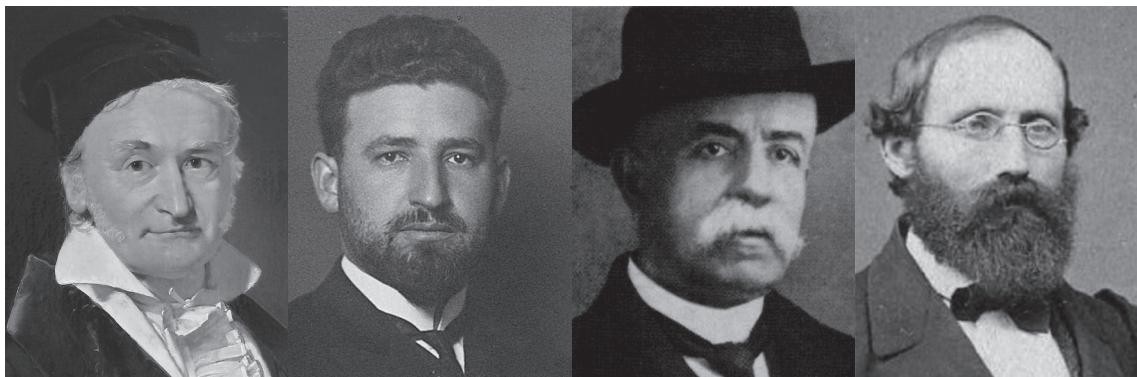
vân xoắn ốc này nằm là một thiên hà hoàn toàn khác với thiên hà Galaxy (Ngân Hà) của chúng ta.

Hóa ra, vũ trụ rộng hơn cái mà con người biết rất rất nhiều. Ngân Hà của chúng ta chỉ là một thiên hà trong hàng tỉ thiên hà khác của vũ trụ.

Và cũng như Newton, dù sống ở thế kỷ 21 và có bộ não cấp tiến, Einstein vẫn khó chịu với ý tưởng một vũ trụ không tĩnh và không đồng nhất. Trong mô hình toán của mình, ông nhận ra một vũ trụ có vẻ như đang co giãn, nên ông đã cố gắng thêm các tham số mà ông gọi là “hàng số vũ trụ” ( $\lambda$ ) vào, để “bắt” vũ trụ tĩnh tại và đồng nhất. (Xem thêm phần Georges Lemaître ở Chương 2.)

Cho đến khi ông gặp Hubble, một cuộc gặp khá muộn màng, vào năm 1931.

Để tính toán vận tốc của các thiên thể xa xôi, Hubble sử dụng hiệu ứng Doppler, nhưng là với ánh sáng. Hiệu ứng Doppler âm thanh khá quen thuộc với con người. Khi đứng trên đường xe hơi, hoặc tàu lửa, tiếng còi của xe tiến đến phía ta nghe chói tai



Carl Friedrich Gauss, Marcel Grossmann, Gregorio Ricci-Curbastro và Bernard Riemann



MAY MẮN HƠN NEWTON, người phải tự phát triển các công cụ toán học để giải bài toán vật lý của mình, toán học vào thời Einstein đã rất mạnh.

Einstein cho biết, vào khoảng 1912 ông nhận ra lý thuyết toán học của Gauss về mặt cong có thể giúp ông giải quyết giả thuyết mà ông đang theo đuổi (sau chính là Thuyết tương đối tổng quát). Ông nhớ lại các khóa hình học mà ông đã trải qua hồi đại học và nhận ra rằng nền tảng của môn hình học này chứ đựng những giá trị vật lý hết sức sâu sắc. Tìm đến một nhà toán học, và là bạn học của mình tên là Grossmann, Einstein bắt đầu học về hình học vi phân của Ricci, rồi học hình học vi phân của Riemann. Bernard Riemann là một nhà toán học và vật lý của Đức ở thế kỷ 19. Riemann là học trò của nhà toán học đại thụ Gauss.

Einstein kể lại: “Thế rồi tôi hỏi bạn tôi [Grossmann] rằng lý thuyết của Riemann có giải quyết được bài toán của tôi không”.

Vì Einstein đưa lực hấp dẫn vào các phương trình của mình mặt cong của không thời gian nên với Thuyết tương đối rộng ông đã phải sử dụng các tensor. Hình học của Riemann được sử dụng để mô tả các không gian cong và thường được lập công thức dưới dạng tensor: các mảng giá trị số đa chiều. Mảng hai chiều khá quen thuộc với chúng ta, với tên gọi ma trận (matrix). Số chiều của mảng, được gọi là bậc (order) hoặc cấp (degree). Mảng hai chiều, ma trận, là tensor bậc hai. Hình học Riemann được định nghĩa bằng các tensor như vậy. Tensor bậc hai xác định khoảng cách (metric) giữa hai điểm vi phân gần nhau trong không gian Riemann. Tensor Ricci và Tensor Einstein là các tensor bậc hai. Tensor Ricci để xác định độ cong, đặc biệt quan trọng trong Thuyết tương đối rộng.

hơn tiếng còi của chính xe này khi nó băng ngang ta và rời đi ra. Đó là do tần số âm thanh bị dịch chuyển do tốc độ. Tương tự như vậy, ánh sáng từ một thiên thể mà ta đang quan sát cũng thay đổi tần số khi chúng tiến đến gần hoặc rời xa trái đất. Tần số ánh sáng mà ta quan sát thay đổi làm màu sắc của ánh sáng ta nhận thấy cũng đổi theo. Một ngôi sao rời xa trái đất sẽ ngả màu đỏ (dịch chuyển đỏ), còn ngược lại, nó sẽ ngả màu xanh (dịch chuyển xanh).

Đến năm 1929, bằng cách quan sát 24 thiên hà, Hubble nhận ra các thiên hà càng xa trái đất thì tốc độ lùi xa khỏi trái đất càng nhanh. Điều này đúng với dự đoán vũ trụ giãn nở có được từ các phương trình của Einstein.

Năm 1931, lần đầu tiên gặp Hubble khi đến thăm đài thiên văn ở núi Wilson, Einstein đồng ý rằng vũ trụ đang giãn nở. Từ lúc này, cho đến lúc qua đời, Einstein đổi đầu với vũ trụ để cố gắng tìm ra một lý thuyết vật lý bao trùm tất cả. Có lần Einstein còn “đổi đầu” với vũ trụ tự xoay, một vũ trụ cho phép con người quay về quá khứ. Đây là một kết quả mà Godel giải ra từ phương trình của Einstein khi hai siêu nhân này cùng làm việc ở Viện nghiên cứu cao cấp Princeton. Einstein đã để lại các phương trình toán mà cho đến tận bây giờ các nhà khoa học vẫn tiếp tục giải nó để tìm các câu trả lời về việc du hành trong không thời gian, chui qua lỗ sâu đục, hố đen, và tất nhiên là cả về sóng hấp dẫn.

\*\*\*

Từ phát hiện năm 1929 của Hubble về một vũ trụ đang giãn nở, các nhà vũ trụ bắt đầu tìm tòi ngược về lịch sử của vũ trụ.

Sáng Thế của Vũ trụ bắt đầu với một Vụ Nổ Lớn (Big Bang). Từ **Không** đến **Có Vũ Trụ** là một khoảng thời gian cực kỳ ngắn. Trước thời điểm  $10^{-43}$  giây (0. rồi 43 số 0), còn gọi là thời gian Planck, vũ trụ từ chưa có, chuyển thành một vũ trụ “hư không” rất nhiều chiều, một hư không chỉ có thể hiểu bằng thiền định. Từ  $10^{-43}$  giây đến  $10^{-34}$  giây, nhiệt độ lúc này là  $10^{32}$  độ Kelvin (nóng gấp 10 triệu tỷ tỷ lần nhiệt độ mặt trời, vũ trụ hình thành và giãn nở với vận tốc tăng dần đến rất cao (lạm phát). Tốc độ giãn nở cao hơn vận tốc ánh sáng nhiều lần. Đến thời điểm này vũ trụ mới chỉ to bằng ngân hà của chúng ta hiện nay. Từ  $10^{-34}$  giây trở đi, vũ trụ giãn nở bình thường cho đến phút thứ 3 thì các hạt nhân hình thành. Và cần thêm tới 380 ngàn năm nữa, các nguyên tử mới hình thành.



CÁC NHÀ VẬT LÝ THIÊN VĂN đã xác định được vũ trụ (universe) là cực kỳ rộng lớn. Nó chứa hàng tỷ thiên hà (galaxy).

Trong hàng tỷ thiên hà ấy, có một thiên hà tên là Ngân Hà (Milky Way).

Ngân Hà này có dạng một cái đĩa phẳng khổng lồ. Đường kính của đĩa phẳng này khoảng 100 ngàn, đến 120 ngàn năm ánh sáng. (Gọi là đĩa phẳng nhưng nó cũng có một chút bẹ dày, cỡ một ngàn năm ánh sáng)

(Năm ánh sáng là đơn vị đo khoảng cách trong vũ trụ, nó dài bằng quãng đường mà ánh sáng đi được trong thời gian một năm. Tức là một khoảng cách cực kỳ lớn so với nhận thức thông thường của con người).

Trong Ngân Hà có Hệ mặt trời (Solar System). Hệ mặt trời nằm cách tâm Ngân Hà khoảng 28 ngàn năm ánh sáng.

Tâm hệ mặt trời chính là Mặt Trời của chúng ta (vậy mới có tên hệ nhật tâm). Hệ mặt trời có hình cầu, giới hạn của hình cầu được tính từ tâm, tức là từ mặt trời, đến khoảng không gian mà lực hấp dẫn do mặt trời tạo ra hết tác dụng). Khoảng cách này cỡ hai năm ánh sáng.

Trái đất cách mặt trời khoảng 8,3 phút ánh sáng. Mặt trăng cách trái đất 1,28 giây ánh sáng.

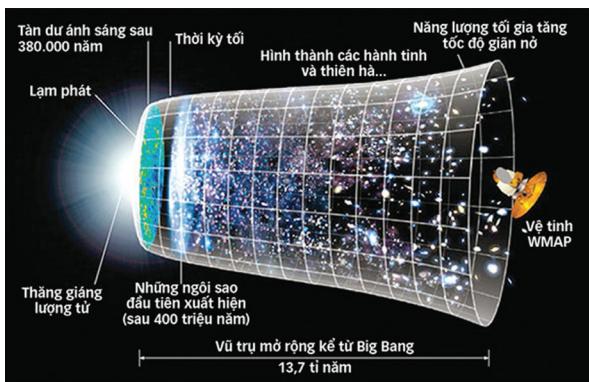
Từ trái đất ta thấy mặt trăng rất xa, mà ánh sáng đi mất có hơn 1 giây là tới. Mặt trời còn xa hơn, mà ánh sáng chỉ đi 8 phút hơn là tới.

Vậy mà chỉ riêng hệ mặt trời, vốn chỉ bé xíu trong Ngân Hà, đã có bán kính 2 năm ánh sáng. Còn từ hệ mặt trời đến tâm của Ngân Hà, cách tới 28 ngàn năm ánh sáng. Còn Ngân Hà, cũng chỉ là một trong hàng trăm tỷ thiên hà khác của Vũ trụ bao la. (Tính toán của các nhà vật lý thiên văn cho thấy có hàng trăm tỷ thiên hà ở trong vùng “khả kiến”, tức là vùng có thể quan sát được, của vũ trụ.)

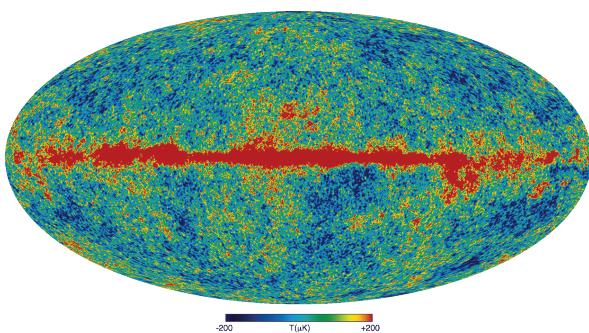
7 hành tinh có điều kiện cho sự sống mà Nasa mới phát hiện ra gần đây, cách chúng ta 40 năm ánh sáng. Tức là ở ngoài hệ mặt trời, nhưng vẫn trong cùng dải Ngân Hà.

Còn con người chúng ta, là một cái chấm con con trên trái đất. Trái đất là một cái chấm trong hệ mặt trời. Hệ mặt trời là cái chấm trong thiên hà, thiên hà là cái chấm trong vũ trụ bao la.

Đọc đến đây bạn hãy dừng lại và suy nghĩ, xem mình và mọi người là gì, có chỗ đứng ra sao trong vũ trụ bao la này.



Vệ tinh WMAP (bên lề phải) nhìn về quá khứ Big Bang (bên lề trái).



Vũ trụ sơ sinh (380 ngàn năm tuổi), nhiệt độ còn 3.000 độ K và các nguyên tử đang được sinh ra: Bức xạ nền vi sóng của vũ trụ (cosmic microwave background radiation – CMBR) do vệ tinh WMAP chụp. Mỗi điểm ảnh ứng với một thăng giáng lượng tử của ánh sáng tàn dư từ Sáng Thế. Mỗi điểm thăng giáng này giãn nở tạo ra các thiên hà hiện nay.

**(CHỮ Λ, ĐỌC LÀ LAMBDA,** là chữ lamda viết hoa, là hằng số vũ trụ, được sử dụng trong phương trình gốc trường Einstein (EFE, thuyết tương đối rộng).

Còn chữ lamda này khi viết thường,  $\lambda$ , là bước sóng ánh sáng, nằm án trong động lượng  $p$  của photon ( $p=h/\lambda$  với  $h$  là hằng số Planck), trong phương trình khối lượng -năng lượng (thuyết tương đối hẹp):  $E^2=(mc^2)^2+(pc)^2$  với  $m$  là khối lượng tĩnh và  $c$  là tốc độ ánh sáng. Phiên bản rút gọn của phương trình này rất nổi tiếng  $E=mc^2$ .

(Trong những năm 1990, các nhà khoa học sau khi kiểm tra các sao siêu mới cách trái đất hàng tỷ năm ánh sáng, họ phát hiện ra vũ trụ không những giãn nở, mà còn giãn nở với vận tốc tăng dần. Phát hiện này được công bố năm 1998. Sao siêu mới, supernova, là các sao sinh ra từ các hệ sao đôi là các sao lùn trắng. Một trong hai ngôi sao này hút dần khối lượng của ngôi sao còn lại, béo lên, và khi khối lượng của nó đạt 1.4 lần khối lượng mặt trời thì nó tự suy sụp rất mạnh vào trong vì sức hấp dẫn của chính nó, nổ tung và tạo ra sao siêu mới. Vì sao siêu mới hình thành cách nay hàng tỷ năm, nên dựa vào số liệu quan sát, có thể tính được tốc độ giãn nở của vũ trụ ở hàng tỷ năm trước, và so với tốc độ giãn nở hiện nay).



Trong một tỉ năm đầu tiên, vũ trụ giãn nở và nguội đi, vật chất chớp cơ hội này để hút lắn nhau và tụ thành những tập hợp vật chất khổng lồ mà nay ta gọi là thiên hà. Có khoảng gần một trăm tỉ thiên hà hình thành như vậy, trong mỗi thiên hà lại có hàng trăm tỉ ngôi sao kết tụ.

Kể từ thời điểm Sáng Thế, hay còn gọi là Big Bang (Vụ Nổ Lớn) đến nay là 13.7 tỷ năm. Vũ trụ đã có vô vàn thiên hà, và vẫn tiếp tục giãn nở.

Ánh sáng đi từ mặt trời đến trái đất mất 8 phút. Nhiều ngôi sao chúng ta nhìn thấy bằng mắt thường, ánh sáng của chúng đi tới trái đất mất khoảng 100 năm ánh sáng. Tức là cái ánh sáng mà ta nhìn thấy, thực ra đã được phát đi từ 100 năm trước. Ánh sáng mờ nhạt đi từ các thiên hà xa thật xa, cần cả tỷ năm để đến trái đất. Tức là ánh sáng của những thiên hà này, khi ta nhìn thấy, là ánh sáng được phát ra từ cả tỷ năm trước, một thứ ánh sáng “hóa thạch”.

Bằng cách này, các nhà thiên văn có thể “khảo cổ” vào quá khứ xa xưa của vũ trụ. Và nếu sử dụng một thiết bị thiên văn thật tinh xảo, các nhà khoa học có thể nhìn được những gì phát ra từ Sáng Thế.

Năm 2001, NASA đã phóng lên quỹ đạo của mặt trời một vệ tinh quan sát thiên văn có tên là WMAP (Wilkinson microwave anisotropy probe - đầu đo dị hướng vi sóng Wilkinson). Vệ tinh này nằm cách trái đất 1.5 triệu km để tránh các sóng nhiễu loạn của Trái Đất, đồng thời vị trí của nó cũng được tính toán để né sự che khuất do Mặt Trời và Mặt Trăng trong lúc nó “quét” sóng toàn bộ bầu trời. WMAP đã làm được hai việc dị thường, một là nó chụp được bức ảnh sơ sinh của vũ trụ, lúc mới khoảng 380 ngàn năm tuổi, hai là đo được nhiệt độ nền của vũ trụ, khoảng 2.7 độ Kelvin, và thứ ba đó là vũ trụ hình thành với 23% (hoặc 27% tùy tính toán) của một chất gọi là vật chất tối và 73% (hoặc 68% tùy tính toán) năng lượng vũ trụ là năng lượng tối (vật chất thường mà chúng ta quen thuộc chiếm khoảng 5% còn lại).

Đến nay chưa ai *thực sự* biết năng lượng tối và vật chất tối là gì, mặc dù Einstein đã đưa ra “năng lượng tối” từ năm 1917. Sau đó Einstein gọi “năng lượng tối” là sai lầm lớn. Cùng với dữ liệu của vệ tinh COBE và quan sát các siêu sao trong những năm 1990, WMAP đã cho thấy sai lầm của thiên tài hóa ra cũng vẫn có thể đúng. Hằng số vũ trụ lambda ( $\Lambda$ ) “sai lầm” của Einstein, bất ngờ sống lại. Ngày nay năng lượng tối (một thuật ngữ thường

được dùng thay thế cho hằng số vũ trụ) được cho là cái tạo ra trường phản hấp dẫn, đẩy các thiên hà ra xa nhau. (Xem thêm phần về linh mục dòng Tên Georges Lemaître ở Chương 2.)

\*\*\*

Các vật thể chuyển động có gia tốc (chuyển động với vận tốc không đều) và theo quỹ đạo không đổi xứng cầu hoặc đổi xứng trụ, đều bức xạ năng lượng ra bên ngoài dưới dạng sóng hấp dẫn. Vật thể càng nặng sóng hấp dẫn phát ra càng mạnh. Hai hành tinh chuyển động quanh nhau, như trái đất và mặt trời cũng phát ra sóng hấp dẫn. Những hệ sao đôi, có hai thiên thể chuyển động quanh một trục chung cũng phát ra sóng hấp dẫn, kết quả là chúng mất dần năng lượng, tốc độ quay tăng dần trên quỹ đạo hẹp dần trở thành hình xoáy ốc, cho đến khi chúng sáp nhập thành một. Sóng hấp dẫn phát ra từ chúng có tần số tăng dần (hiện tượng di tần). Nếu quan sát được sóng này, từ trái đất có thể xác định được khối lượng và khoảng cách từ sao đôi đến trái đất.

Giống các loại sóng khác, như sóng hấp dẫn có biên độ, tần số, bước sóng và tốc độ. Tốc độ của sóng hấp dẫn bằng tốc độ ánh sáng. Tần số của sóng hấp dẫn rất thấp (thấp tần) nên bước sóng của chúng rất dài, truyền tải năng lượng rất bé. Đây là lý do rất khó bắt được sóng hấp dẫn. Khi lan đến trái đất, tần số của sóng hấp dẫn vào khoảng  $10^{-16}$ Hz đến  $10^4$ Hz.

Khác các loại sóng khác như sóng âm thanh, ánh sáng và điện từ bị cản đường bởi vật chất, sóng hấp dẫn đi xuyên qua tất cả. Ánh sáng và sóng radio đi từ các thiên hà xa xôi, hay đi từ quá khứ của vũ trụ, có thể bị các đám bụi sao cản đường khi đang đến trái đất. Nhưng sóng hấp dẫn thì không.

1.3 tỷ năm trước, ở một thiên hà rất xa xôi, có hai hố đen bị dính vào một quỹ đạo xoắn ốc, rồi ở khoảnh khắc cuối cùng chúng đâm sập vào nhau với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng. Vụ va chạm đã tạo ra một hố đen mới nặng bằng 62 lần khối lượng mặt trời, đồng thời phát ra một nguồn năng lượng khổng lồ và tinh khiết. Toàn bộ năng lượng ấy bức xạ vào vũ trụ chỉ trong 1 phần 10 giây. Năng lượng ấy làm biến dạng không gian và thời gian xung quanh vụ va chạm trong chớp mắt. Bởi vụ va chạm là của hai lỗ đen, nên năng lượng phát ra không phải là sóng ánh sáng, mà là sóng hấp dẫn.

Sóng hấp dẫn này truyền đi và làm co giãn không gian khi nó đi qua. Đó chính là không gian - thời gian trong vũ trụ của Einstein, hoàn toàn khác với không gian vũ trụ đồng nhất của Newton.



Trong vật lý thiên văn, thuật ngữ Vật chất tối (Dark matter) chỉ đến một loại vật chất giả thuyết trong vũ trụ, có thành phần chưa hiểu được.



**NĂM 1933, KHI QUAN SÁT** các cụm thiên hà chuyển động trên các quỹ đạo xung quanh nhau nhà thiên văn học Fritz Zwicky đo được vận tốc quỹ đạo của thiên hà và dùng tốc độ này để tính khối lượng thiên hà.

Khi cộng khối lượng của các thiên hà, và so sánh với khối lượng tính ra từ phép đo vận tốc, Zwicky nhận thấy hai khối lượng này khác nhau. Ông gọi khối lượng bị hụt đi một cách bí ẩn này là vật chất tối.

Trong những năm 1970, Vera Rubin và Kent Ford khi quan sát các thiên hà xoắn ốc đơn lẻ và nhận thấy các thiên hà này quay với vận tốc rất nhanh.

Giống như Zwicky, Vera Rubin rất ngạc nhiên bởi với tốc độ quay lớn như vậy, theo định luật của Newton, các thiên hà, bao gồm cả dải Ngân Hà của chúng ta sẽ bị văng ra từ phía. Hắn phải có một lượng vật chất khổng lồ, nặng hơn nhiều lần vật chất mà các kính thiên văn quan sát được, níu giữ các thiên hà lại với nhau.

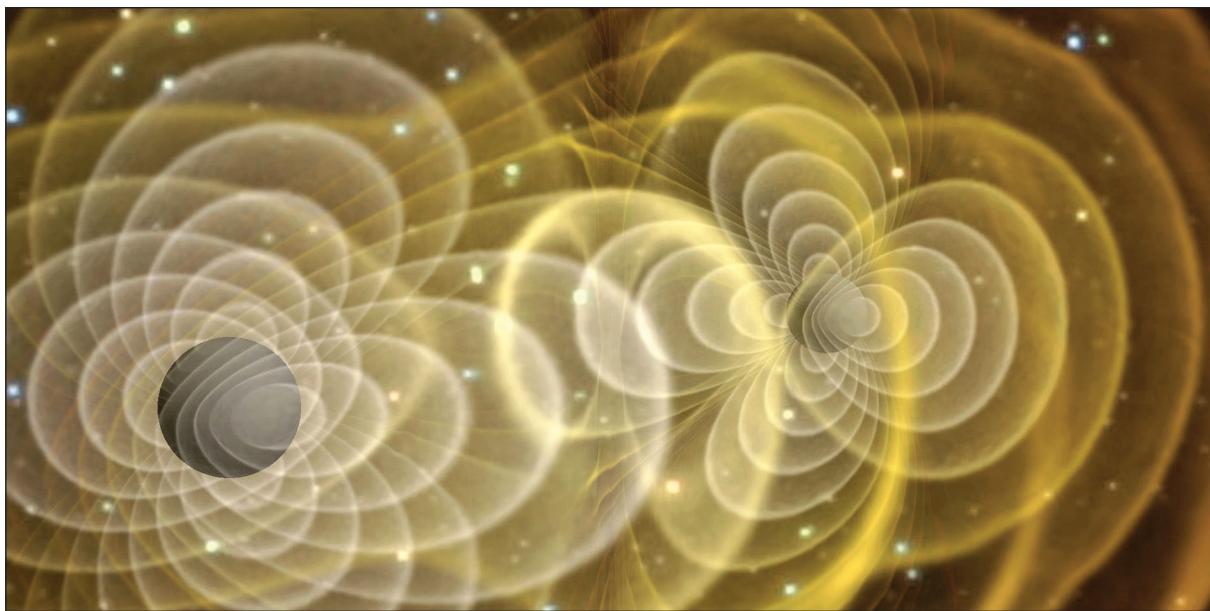
Hơn nữa, vận tốc quay của thiên hà cũng rất khác thường: phần rìa của thiên hà có vận tốc bằng với vận tốc ở trung tâm thiên hà. Hiện tượng này cũng vi phạm định luật Newton.

Vera Rubin cho rằng, nếu có vật chất tối, nó sẽ tràn khắp thiên hà thay vì tập trung ở trung tâm thiên hà. Lực hấp dẫn và tốc độ quay sẽ đồng nhất khắp thiên hà.

Ánh sáng từ các nguồn xa xăm trong vũ trụ, khi đi qua một cụm thiên hà, cũng bị lực hấp dẫn từ khối lượng khổng lồ của vật chất tối uốn cong.

Vật chất tối ảnh hưởng không chỉ đến cách các thiên hà chuyển động mà còn ảnh hưởng đến việc vũ trụ đã hình thành thế nào và sẽ biến đổi ra sao.

Những gì mà khoa học biết đến vật chất tối hiện nay khá giới hạn. Vật chất tối không phải là các vật chất thông thường: các hành tinh, những ngôi sao, hay hố đen. Vật chất tối là một thứ gì đó không hấp thụ nhưng cũng không phát ra ánh sáng. Vật chất tối kiểm soát những chỗ vật chất thông thường tích tụ để hình thành các thiên hà, hành tinh và những vì sao. Cách đây hàng tỷ năm có một thiên hà được hình thành khi vũ trụ bị khối lượng rất nặng của vật chất tối đã kéo về và tích tụ thành. Đó chính là dải Ngân Hà nơi trái đất của chúng ta đang tồn tại.



Mô tả sóng hấp dẫn bức xạ từ hai hố đen quay quanh nhau.

Khi vụ va chạm xảy ra, trên trái đất này sự sống mới chỉ này manh nha ở thể đa bào. Trong hành trình dài 1.3 tỷ năm để con sóng hấp dẫn kia lan đến trái đất, cuộc sống đã tiến hóa không ngừng: từ tế bào đến thực vật, từ khủng long đến loài người. Từ Kepler, Newton, Einstein và đến Kip Thorne.

Năm 1962, hai nhà khoa học là Gertsenshtein và Pustovoit xuất bản một bài báo đề xuất các nguyên tắc dò tìm sóng hấp dẫn bước sóng dài bằng giao thoa kế. Năm 1973, Kip Thorne một nhà vật lý lý thuyết ở học viện Caltech bắt đầu hành trình săn lùng sóng hấp dẫn của mình. Năm 1984, Kip Thorne, Ronald Drever và Rainer Weiss thành lập ủy ban lâm thời để xây dựng dự án LIGO. Năm 2002, LIGO bắt đầu dò tìm sóng hấp dẫn. Năm 2015, phiên bản hiện đại hơn với tên gọi Advanced LIGO, đi vào hoạt động.

Ngày 11 tháng 2 năm 2016, các nhà khoa học của LIGO công bố họ đã dò tìm được sóng hấp dẫn của một vụ sáp nhập hố đen cách chúng ta 1.3 tỷ năm ánh sáng (và cũng có nghĩa là sóng từ một vụ sáp nhập cách ngày nay 1.3 tỷ năm).

Ngày 15 tháng 6 năm 2016, LIGO công bố lần thứ hai dò được sóng hấp dẫn từ một vụ sáp nhập hố đen cách trái đất 1.4 tỷ năm ánh sáng.

\*\*\*

LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory - Trạm quan trắc sóng hấp dẫn giao thoa kế laser) là một thiết bị khổng lồ nhưng vô cùng tinh xảo. Là một trạm quan trắc vũ trụ nhưng LIGO không có các ống kính hay ăng ten hướng vào bầu trời. LIGO là một cái hệ thống nằm dài trên mặt

đất để lắng nghe dao động tạo ra do va đập của sóng hấp dẫn đến từ vũ trụ.

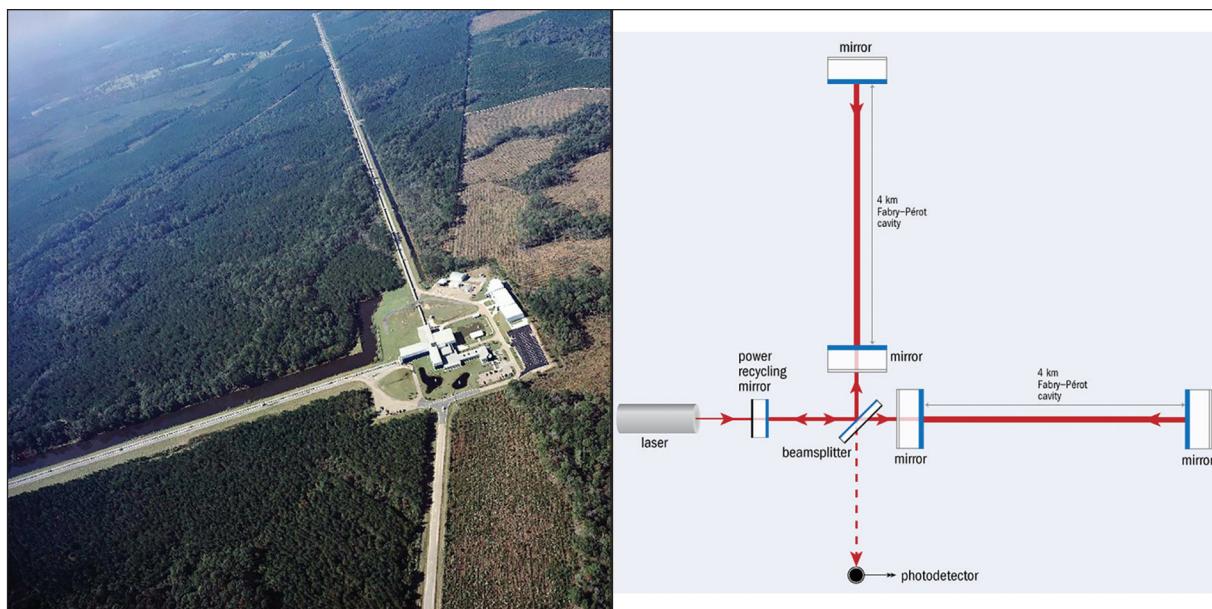
Máy dò sóng hấp dẫn LIGO là hai đường ống dài khoảng 4km, nối với nhau hình chữ L. Ống được hút chân không cực cao, chỉ còn 1 phần ngàn tỷ áp suất không khí bình thường. Trong mỗi ống có một chùm tia laser được chiếu liên tục. Hai chùm tia gặp nhau ở góc chữ L. Các sóng laser được tính toán sao cho chúng triệt tiêu nhau và tạo nên giao thoa. Do hiện tượng phân cực, hai ống vuông góc với nhau nên chỉ có một ống sẽ bị sóng hấp dẫn đập vào. Khi sóng hấp dẫn đập vào một trong hai ống, chiều dài ống (4km) sẽ bị co giãn khác với ống kia, gây ra nhiễu loạn phá vỡ cân bằng của hai chùm laser, và **làm mất các vân giao thoa**

\*\*\*

Độ co giãn của một ống dài 4km do ảnh hưởng của sóng hấp dẫn lại rất bé, chỉ cỡ 1 phần 10 ngàn bê rộng của một hạt proton. Nếu phóng đại chiều dài của ống từ 4km lên bằng khoảng cách từ trái đất lên đến ngôi sao gần nhất bên ngoài Hệ Mặt Trời, thì độ co giãn này sẽ vǎo cỡ bê dày một sợi tóc.

Độ co giãn nhỏ như vậy nên LIGO cần các gương phản chiếu laser trong giao thoa kế cực kỳ tinh xảo. Gương được mài nhẵn tới độ phẳng 1 phần 30 tỷ inch và được điều khiển bằng 6 nam châm điện chỉ bé bằng con kiến.

Toàn bộ đường ống của LIGO được đặt trên các trụ cách ly địa chấn bằng thép và lò xo đặc biệt, đứng trên các sàn bê tông dày 76 cm, và đến lượt các sàn này không được tựa vào bất cứ bờ tường nào.



Máy dò sóng hấp dẫn LIGO

Theo tính toán, để phát hiện sự va chạm của hai hố đen cách trái đất 300 triệu năm ánh sáng, LIGO có thể phải chờ đợi từ 1 đến 1000 năm. Cuối cùng, Advance LIGO phát hiện được sự va chạm của hai hố đen cách trái đất 1.3 tỷ năm, *chỉ vài tiếng đồng hồ* sau khi được sửa chữa nâng cấp.

Tín hiệu của sóng hấp dẫn ấy được LIGO thể hiện dưới dạng âm thanh nghe thấy được. Một tiếng kêu khẽ của con sóng vũ trụ: Chirp!

\*\*\*

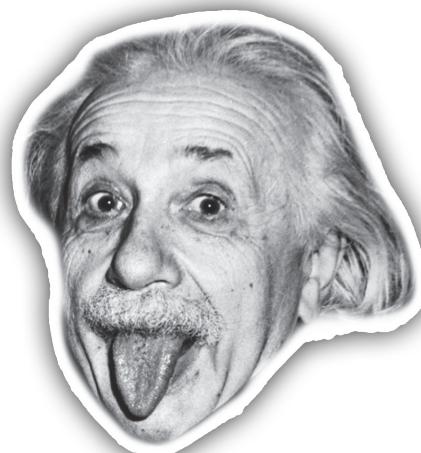
Phát hiện sóng hấp dẫn của LIGO lần đầu tiên giúp khoa học chứng minh **trực tiếp bằng thực nghiệm** được sự tồn tại của *một cặp hố đen*, vốn chỉ tồn tại trên lý thuyết. Dữ liệu đo được còn giúp các nhà khoa học biết về hai hố đen đã tạo ra sóng: khối lượng của hố đen, vận tốc quỹ đạo, và thời điểm chúng đâm vào nhau. Có thể, dữ liệu ấy còn giúp giải thích các hố đen siêu nặng đã hình thành như thế nào ở tâm các thiên hà. Phát hiện sóng hấp dẫn của LIGO còn chứng minh Einstein tiếp tục đúng ở một khía cạnh khác, khía cạnh lực hấp dẫn trong *Thuyết tương đối rộng* của ông. Lần đầu tiên sóng hấp dẫn được chứng minh với bằng chứng thực nghiệm của một hiện tượng xảy ra bên ngoài hệ mặt trời.

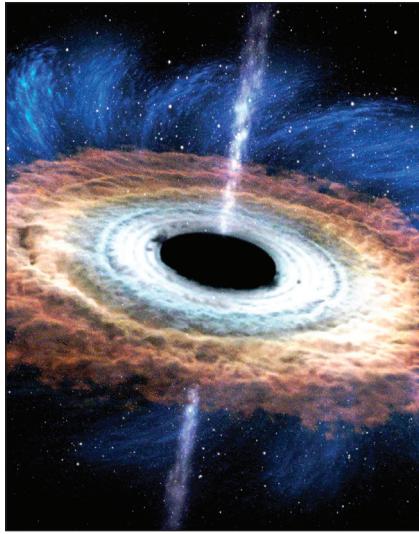
\*\*\*

Rainer Weiss, một trong ba nhà khoa học sáng lập LIGO, bước vào tuổi 84 khi LIGO dò được sóng hấp dẫn. Weiss rất ngạc nhiên tại sao Einstein có thể tiên đoán việc này từ ch้าน 100 năm trước. Weiss nói rằng, vào buổi sáng mà LIGO dò thấy

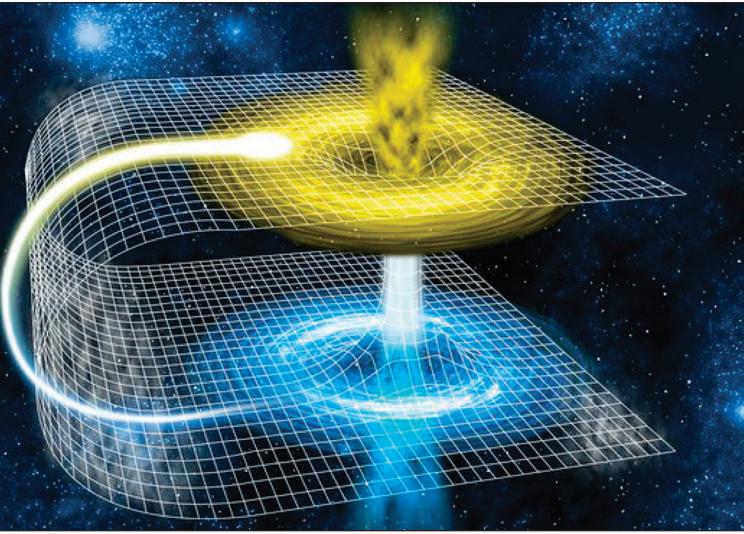
sóng hấp dẫn, ông ước ao được mang kết quả thực nghiệm này đến cho Einstein xem và xem mặt của thiên tài khoa học ấy biểu hiện những gì.

Có lẽ Einstein không nói gì, ông lè lưỡi sau khi đã kêu lên khe khẽ: Chirp.





Hố đen (black hole)



... và Lỗ sâu (Wormholes)



**NĂM 1916, MỘT NHÀ VẬT LÝ NGƯỜI ĐỨC**, lúc này đang sĩ quan pháo binh trên mặt trận Nga, tên là Karl Schwarzschild, đã giải các phương trình tensor của Einstein và tìm ra một nghiệm kỳ lạ. Theo nghiệm này, xung các ngôi sao có khối lượng cực lớn có một không quyển kỳ ảo (magical sphere). Tất cả mọi thứ, kể cả ánh sáng, khi đi vào không quyển này sẽ bị hút vào ngôi sao khổng lồ và không có cách nào thoát ra được. Schwarzschild còn tính toán được bán kính của không quyển kỳ ảo này.

Schwarzschild qua đời trên mặt trận Nga và không biết rằng mình đã tìm ra một thứ, về sau được John Wheeler đặt tên: Hố Đen (Black Hole). Không quyển ma quái mà Schwarzschild tìm ra, ngày nay được gọi là Chân trời sự kiện (event horizon), hàm ý đấy là nơi xa nhất mà tầm mắt của người quan sát có thể với tới (sau chân trời là hố đen, nơi mà ánh sáng nếu vươn tới sẽ bị nuốt vào và không bao giờ trở lại).

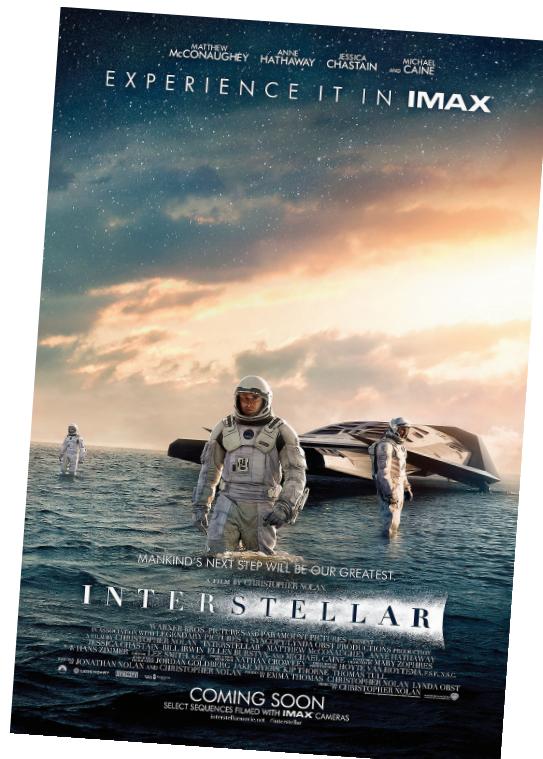
Năm 1936, Einstein và học trò là Nathan Rosen đăng một bài báo khoa học trên tạp chí *Physica Review*. Bằng cách sử dụng nghiệm của một hố đen tiêu chuẩn hình bình cổ dài với cổ bình bị cắt ngang và sáp nhập (merge) với một hố đen giống như thế nhưng đã bị xoay ngược lại. Ý tưởng này của Einstein và Rosen ngày nay được các nhà vũ trụ học hình dung như một cổng để kết nối hai vũ trụ khác nhau. Ý tưởng này có tên gọi Cầu Einstein-Rosen. Hay còn được biết với tên lỗ sâu đục (worm-hole). Tuy nhiên, theo Einstein, các lỗ sâu đục có thể tồn tại, nhưng các sinh vật lọt vào miệng hố đen sẽ chết ngay lập tức vì bị xé xác bởi lực hấp dẫn.

Năm 1963, nhà toán học Roy Kerr tìm được nghiệm chính xác của phương trình Einstein: một ngôi sao chết, suy sụp vào bên trong do lực hấp dẫn của chính nó, do định luật bảo toàn động lượng sẽ quay nhanh hơn, và tạo thành một lỗ đen quay. Nghiệm của Roy Kerr cho thấy việc đào thoát khỏi một không gian khác thông qua lỗ sâu đục là khả thi về lý thuyết: lực ly tâm (hướng ra ngoài) do sự quay của hố đen sẽ cân bằng và triệt tiêu lực hấp dẫn (hút vào), và các sinh vật rơi vào miệng hố đen sẽ không bị xé tan xác nữa.

Lỗ đen là vô hình bởi nó hút tất cả ánh sáng vượt qua không quyển kỳ ảo quanh nó (hay còn gọi là chân trời sự kiện). Các nhà thiên văn phải tìm hố đen bằng cách xác định các đĩa bồi tích (accretion disk) tạo thành do các khí bồi đắp dần xung quanh hố đen.

Trước năm 1990, hố đen chỉ tồn tại trên lý thuyết cho đến năm 1994 kính viễn vọng Hubble tìm thấy bằng chứng rõ ràng về các hố đen siêu nặng “ẩn nấp” giữa các thiên hà. Các nhà thiên văn tin rằng, hầu hết các thiên hà, kể cả Ngân Hà của chúng ta, đều có hố đen ở trung tâm. Các hố đen đã được phát hiện, ngày nay đã tới hàng trăm. Tất cả các hố đen đều tự quay rất nhanh quanh chính mình.

Năm 1988, Một học trò của John Wheeler, nhà vũ trụ học và vật lý hấp dẫn Kip Thorne đề xuất một ý tưởng xây dựng máy du hành thời gian. Ý tưởng này được Thorne tư vấn để Christopher Nolan xây dựng bộ phim giả tưởng rất thành công *Interstellar*. Trong bộ phim này, người cha sau khi vượt qua chân trời sự kiện của hố đen vẫn tiếp tục sống và tìm được cách gửi thông điệp về cho con gái của mình bằng cách sử dụng sóng hấp dẫn.





#### Chương IV

# BẦU TRỜI CHIỀU ẨN GIẤU

“Mùa hè chiều thẳng đứng” là tên một bộ phim của đạo diễn Trần Anh Hùng. Tên tiếng Anh của bộ phim dễ hình dung hơn về mặt thị giác “The Vertical Ray of the Sun”.

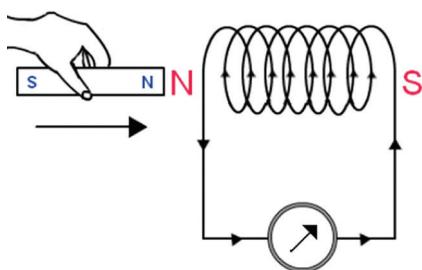
Chiều thẳng đứng là một chiều quen thuộc trong không gian ba chiều mà chúng ta sống hằng ngày. Cũng là chiều quen thuộc trong lưới không gian - thời gian bốn chiều của Einstein, một không-thời gian mà chúng ta thường diễn đạt đơn giản là ba chiều không gian và một chiều thời gian.

Thế nhưng trong vật lý hiện đại, các nhà vật lý lý thuyết cho rằng không gian có nhiều chiều hơn thế. Hoặc chí ít, các nhà vật lý lý thuyết đã có những thành tựu nhất định trong tư duy toán học về những chiều kích khác của không gian.

Con người không quan sát được những chiều không gian “phụ” bởi những chiều này có thể quá bé. Những chiều không gian phụ vì một lý do bí ẩn nào đó đã bị cuộn lại nhỏ đến mức các thiết bị thực nghiệm hiện đại vẫn chưa có khả năng quan sát được. Brian Greene lạc quan khi cho rằng máy gia tốc và va chạm hạt Large Hadron Collider sẽ giàn tiếp chứng minh được sự tồn tại của chiều không gian thứ 5 trong vòng 5 năm, 7 năm hoặc 10 năm tới.

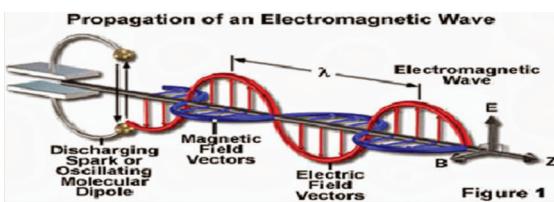
**S**au sự ra đời của kiệt tác Principia Mathematica, con người tuy đã hết thần thánh hóa bầu trời nơi chuyển động của các hành tinh và những vì sao đã bị định luật về chuyển động của một người trần mắt thịt chi phối, nhưng họ vẫn tiếp tục ngạc nhiên về những bí ẩn khác của thiên nhiên: lực từ của các nam châm, và tia lửa điện của sấm sét.

Một thế kỷ rưỡi sau công trình của Newton, một người thợ đóng sách lành nghề chuyển sang làm vật lý thực nghiệm tên là Michael Faraday đã khám phá ra bí ẩn của từ trường và điện trường. Năm 1831, Michael Faraday đưa ra một phát kiến đơn giản nhưng rất thần kỳ, mà sau này được biết đến với tên Định luật Faraday. Một cuộn dây kim loại chuyển động trong một từ trường (magnetic field) sẽ đẩy các electron chuyển động và tạo ra dòng điện. Phát kiến này mở ra kỷ nguyên của điện, một phát kiến ẩn sau mọi máy phát điện và động cơ điện trên khắp bờ biển thế giới.



Michael Faraday đã thống nhất hai lực của tự nhiên là lực điện và lực từ thành một lực thống nhất: lực điện từ (electromagnetism).

Một từ trường (một thanh nam châm) chuyển động sẽ tạo ra trường điện (electric field). Còn một điện trường chuyển động cũng sẽ tạo ra từ trường. Nếu hai trường này dao động (oscillate) và liên tục tạo ra nhau và rồi sẽ tạo ra sóng? Câu hỏi này là cơ sở để James Clerk Maxwell tính toán vận tốc của sóng tạo ra từ các biến thiên điện-từ trường.



Năm 1865, Maxwell công bố phương trình điện từ trường của mình. Phương trình của Maxwell diễn tả điện trường và từ trường lan tỏa trong không gian dưới dạng sóng và với tốc độ bằng tốc độ của

ánh sáng. Điện, Từ và Ánh Sáng là các biểu hiện khác nhau của cùng một hiện tượng. Ánh sáng cũng là sóng điện từ. Maxwell đã viết ra giấy phương trình của ánh sáng. Mà ánh sáng, theo lời trong Tin Mừng của Thánh tông đồ Joan, là sự khởi đầu của vũ trụ.

$$\begin{aligned}\nabla \times D &= \rho_v \\ \nabla \times B &= 0 \\ \nabla \times E &= -\frac{\partial B}{\partial t} \\ \nabla \times H &= \frac{\partial D}{\partial t} + J\end{aligned}$$

\*\*\*

Từ thời tiền sử con người đã quen thuộc với ánh sáng và bóng tối. Ánh sáng quen thuộc nhất với tất cả chúng ta là ánh sáng mặt trời.

Ánh sáng từ mặt trời, hay từ các vì sao xa xôi, không giống như ánh sáng do con người tạo ra bằng cách đốt nhiên liệu hóa thạch, hay dùng điện. Ánh sáng từ mặt trời là ánh sáng của năng lượng hạt nhân.

Ở thế kỷ 17, Newton tìm ra lực hấp dẫn. Đến thế kỷ 19, Faraday bằng thực nghiệm đã hợp nhất lực điện và lực từ. Maxwell hợp nhất ánh sáng với sóng điện từ. Đến thế kỷ 20, các nhà vật lý tìm ra thêm hai lực khác của tự nhiên: Lực hạt nhân yếu và Lực hạt nhân mạnh.

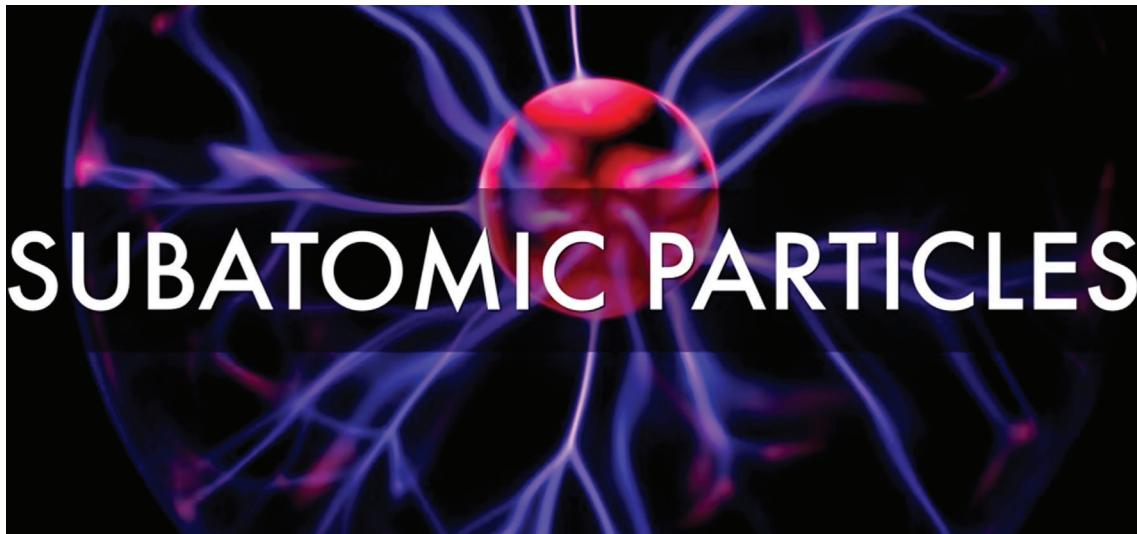
Lực hạt nhân yếu liên quan đến phân rã phóng xạ của các hạt hạ-nhiên-tử (sub-atomic).

Lực hạt nhân mạnh là lực giữ các hạt hạ-nhiên-tử dính chặt với nhau và tạo nên nhân (atomic nucleus) của nguyên tử (atom).

Từ thời Hy Lạp cổ đại Democritus đã nghĩ đến những thành phần nhỏ nhất cấu thành nên vật chất. Những thành phần nhỏ nhất không thể phân chia được ấy, Democritus gọi là atom (nguyên tử).

Khi các nhà vật lý khi tìm ra nguyên tử của các nguyên tố, họ nghĩ rằng các nguyên tử này là thành phần nhỏ nhất theo định nghĩa của Democritus. Nhưng họ đã lạc quan hơi quá. Các nhà vật lý của thế kỷ 20, phát hiện ra nguyên tử bao gồm *hạt nhân* và *đám mây electron* bao quanh. Bên trong hạt nhân lại là các hạt (particle) proton và neutron. Khối lượng của nguyên tử nằm ở hạt nhân. Các nhà vật lý sử dụng các máy gia tốc hạt (particle accelerator), hay còn gọi là máy va chạm hạt nhân (atom smasher), đập các nguyên tử, làm vỡ ra rất nhiều hạt. Rồi họ lại đập tiếp các hạt, để vỡ ra rất nhiều hạt khác.

\*\*\*



NGÀY NAY CÁC NHÀ VẬT LÝ đã tìm ra hàng trăm hạt hạ nguyên tử (subatomic particle) cấu thành nên vật chất. Số lượng các hạt mới được tìm ra mỗi năm nhiều đến mức

Julius Robert Oppenheimer, cha đẻ của bom nguyên tử, có lần nói đùa: giải Nobel vật lý năm nay sẽ trao cho nhà vật lý nào KHÔNG tìm ra hạt mới.

Các nhà vật lý hạt, đập vỡ hàng ngàn hạt hạ nguyên tử, tiêu tốn hàng tỷ đô la và nhân tiện đoạt hàng chục giải Nobel, trên con đường xây dựng một mô hình nguyên tử.

Năm 1960, các nhà vật lý ở Caltech là Murray Gell-Mann và George Zweig đề xuất ý tưởng về quark: hạt quark là hạt tạo nên các hạt proton và neutron. Cứ ba hạt quark hợp lại sẽ tạo ra một hạt proton hoặc một hạt neutron. Neutron cũng là một loại “hạt của Chúa”, nó gần như không có khối lượng và có thể đi xuyên qua những tường bằng chì ở thế rắn dày hàng ki lô mét mà không gây ra bất cứ tương tác nào).

Năm 1967, Steven Weinberg và Abdus Salam hợp nhất được lực điện từ và lực hạt nhân yếu bằng cách để xuất một lý thuyết mới. Trong lý thuyết này, hạt photon và các hạt boson ((boson W và boson Z) có chung một địa vị khoa học: hạt tương tác để sinh ra lực. Photon và boson giúp các hạt lepton, gồm hạt mang điện electron và hạt không mang điện neutrino, tương tác với nhau qua để tạo ra lực điện từ và lực hạt nhân yếu .

Năm 1970, sau khi phân tích dữ liệu của máy gia tốc hạt ở trung tâm Stanford Linear Accelerator Center (SLAC), các nhà vật lý đưa ra thêm một hạt nữa có tên gọi là gluon (hạt keo). Hạt gluon có nhiệm vụ giúp các hạt quark tương tác với nhau và tạo nên lực liên kết hạt nhân mạnh để giữ các proton với nhau. Các nhà vật lý còn đặt cho ba hạt quark cơ sở ba màu sắc khác nhau và tìm các phương trình sao cho các phương trình này giữ nguyên khi thay đổi qua lại ba màu sắc (ba quark) tức là đổi xứng SU(3) – SU(3) symmetry. Họ tin rằng hướng đi này sẽ tìm ra một lý thuyết mô tả chính xác tương tác của lực hạt nhân mạnh. Lý thuyết này có tên rất kiêu diễm là Sắc động học lượng tử (Quantum Chromodynamics).

Như vậy, lý thuyết mới mà trong đó các lực điện từ, hạt nhân yếu, hạt nhân mạnh được thống nhất với nhau, nhờ vào sự tương tác của các hạt sơ cấp photon, boson và gluon. Lý thuyết này còn tiên đoán được hạt tương tác Higgs là hạt truyền khối lượng (còn được gọi là Hạt của Chúa). Lý thuyết này có tên gọi chính thức là Mô Hình Chuẩn (Standard Model)

Khác với cái tên giàn dị của mình, Mô Hình chuẩn rất phức tạp với cực kỳ nhiều thông số, rất nhiều phân loại họ của các hạt, rất nhiều loại hạt cơ bản. Mô Hình chuẩn không thanh lịch và hài hòa về mặt toán học như các mô hình của Kepler, Newton và Einstein, nhưng nó giải quyết được nhiều câu hỏi quan trọng của vật lý. Nó thống nhất được ba trong bốn lực của tự nhiên: lực điện từ, lực hạt nhân yếu và lực hạt nhân mạnh.

Toàn bộ vũ trụ này được vận hành bởi bốn lực của tự nhiên. Lực thứ nhất là lực hấp dẫn, nó vận hành mọi chuyển động, từ các hành tinh, tên lửa của Nasa đến những vũ công ballet. Lực thứ hai là lực điện từ, nó chiêu sáng thế giới này, phát sóng di động, truyền dữ liệu và vận hành rất nhiều máy móc. Lực thứ ba là hạt nhân yếu, nó là nền tảng của nhiều thiết bị y tế (như xạ trị) và là nguyên nhân tạo ra các núi lửa. Lực hạt nhân mạnh là lực giữ cho các nguyên tử tồn tại, không có lực hạt nhân mạnh, thế giới thực sẽ không tồn tại.

Ý tưởng về một lý thuyết vật lý thống nhất được tất cả các lực, như phương trình Maxwell chuyển đổi giữa điện và từ, hay thuyết tương đối của Einstein chuyển thời gian thành không gian và ngược lại bằng cách chỉ ra không gian và thời gian là các phần của cùng một đối tượng (khách thể) là lối khôn-thời gian.

Chỉ có lực hấp dẫn vẫn ngoan cố nằm ở bên ngoài sự thống nhất của Mô Hình Chuẩn. Đây cũng là điểm yếu nhất của lý thuyết này. Các nhà vật lý thường cũng muốn các lý thuyết “ý tưởng”, trong đó các hằng số vật lý được tìm ra bằng lý thuyết (toán học) rồi được kiểm chứng bằng thực nghiệm. Trong khi đó các tham số của Mô Hình Chuẩn lại cần phải có thực nghiệm để xác định.

Vào thời của Einstein, hiểu biết về hai lực hạt nhân mạnh và yếu còn tương đối khiêm tốn. Nhưng vào những năm cuối của thập kỷ 1910, Einstein lúc này đã lừng danh khắp vũ trụ với Thuyết tương đối của mình. Trong lý thuyết ấy, lực hấp dẫn và tốc độ ánh sáng đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong một vũ trụ của không gian - thời gian, vật chất - năng lượng. Einstein tin rằng con người cuối cùng hẳn sẽ phải tìm ra một lý thuyết tối hậu, một lý thuyết bao trùm tất cả, giải thích được mọi sự vận động tự nhiên. Lý thuyết ấy hẳn phải thống nhất được tất cả định luật vật lý, thống nhất được các lực trong tự nhiên. Einstein trong phần còn lại của cuộc đời đã cố gắng thống nhất lực điện từ và lực hấp dẫn. Ý tưởng về một thuyết thống nhất tất cả, còn được gọi là Lý thuyết thống nhất lớn (Grand Unified Theory).

Năm 1919, một nhà toán học tên là Theodor Kaluza cố gắng đưa lực điện từ vào không gian uốn cong (curve) và co giãn(warp) giống như cách Einstein đã đưa được lực hấp dẫn vào không gian này. Phương trình diễn đạt lực điện từ trong không

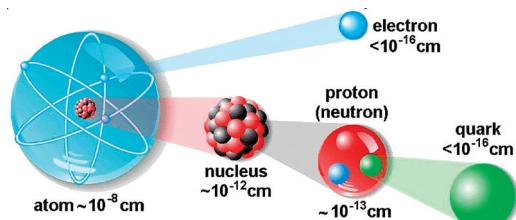
gian bị uốn cong và co giãn không chịu xuất hiện (như phương trình sóng hấp dẫn) cho đến khi Kaluza này ra một ý tưởng kì dị. Ông thêm vào không gian một chiều thứ 4. Không gian của Kaluza, ngoài 3 chiều quen thuộc là phải trái và trên dưới, có thêm một chiều thứ 4 mà con người chưa quan sát được. Kaluza tin rằng ông đã tìm ra lý thuyết thống nhất.

Năm 1926, Oskar Klein đưa ra giải thích về chiều không gian mà con người chưa nhìn thấy: các chiều không gian ấy bị cuộn nhỏ lại. Giống như dùng mắt thường nhìn một sợi dây điện cao thế từ xa, ta chỉ thấy sợi dây mảnh như tờ (hai chiều), trong khi thực tế sợi dây ấy là một dây cáp điện khá to (ba chiều). Để quan sát được chiều không gian bị cuộn nhỏ, như cách lý giải của Klein, con người cần các thiết bị tinh xảo để nhìn vào thế giới siêu vi mô.

Từ những ý tưởng và công cụ toán học mà Einstein, Kaluza và Klein đưa ra, các nhà vật lý nỗ lực kiểm tìm một lý thuyết thống nhất tất cả các định luật vật lý. Cho tới nửa cuối thế kỷ 20, các nhà vật lý lý thuyết dường như đi đến một lý thuyết mới mẻ và đầy lạc quan: Thuyết siêu dây (Superstring Theory), hay còn gọi tắt là lý thuyết dây (String theory).

Lý thuyết dây, hiện đang được kỳ vọng là lý thuyết thống nhất tất cả. Lý thuyết này xuất phát từ ý tưởng đơn giản, khá tương đồng với triết lý cổ của nhóm Pythagoras thời Hy Lạp cổ đại: tự nhiên và âm nhạc có chung một mô hình toán học. Lý thuyết dây cho rằng cả bốn lực trong tự nhiên đều là “âm nhạc” được tạo ra từ rung động của các thành phần nhỏ nhất không thể chia cắt được, cấu tạo nên vật chất.

Quay trở lại với những gì nền tảng nhất vốn cấu tạo nên thế giới này. Đó là những cấu phần (constituent) cơ bản nhất, nền tảng nhất, không thể chia cắt được. Đi sâu vào thế giới vi mô của vật chất, các nhà khoa học tìm ra atom (nguyên tử), bên trong nguyên tử là một hạt nhân trung tâm (central nucleus) với các electron nhỏ bé bay xung quanh. Hạt nhân, đến lượt nó lại được cấu thành từ các hạt neutron và proton. Và bên trong các hạt neutrol và proton là các hạt quark.



**EINSTEIN Đưa LỰC HẤP DẪN VÀO KHÔNG GIAN VI PHÂN RIEMANN.** Hay nói cách khác, Einstein giải thích sự uốn cong và co giãn của không gian Riemann bằng tư duy vật lý. Lực hấp dẫn làm cong không gian. Và không gian bị uốn cong chính là sự hiện diện của lực hấp dẫn.

Thuyết tương đối với cốt lõi là lực hấp dẫn, áp dụng thành công ở những không gian có khoảng cách lớn, trơn tru và đồng nhất. Nhưng ở kích thước vi mô, và siêu vi mô, không gian không còn trơn tru và đồng nhất nữa. Trong những không gian chật hẹp, nơi nguyên lý bất định Heisenberg có tác dụng, chân không không còn là chân không tuyệt đối. Theo lý luận cũ, trường hấp dẫn trong chân không là bằng không. Còn theo thuyết lượng tử, luôn có các thăng giáng của trường hấp dẫn. Không gian càng nhỏ, thăng giáng càng lớn, và độ cong của không gian càng lớn theo. Đến khôn gian không còn trơn tru nữa. Ở cấp siêu vi mô như vậy, không gian vô cùng sôi động, như là bọt sủi lên ở đáy bể phẳng của một ly bia lạnh. Năm 1955, John Wheeler đặt tên cho không gian này là bọt lượng tử (quantum foam). Như vậy, ở cấp vi mô Thuyết tương đối có xung đột với thuyết lượng tử. Xung đột này phải đợi đến sự ra đời của Thuyết dây mới được hóa giải.

Kích cỡ của bọt lượng tử nằm ở kích thước của chiều dài Planck:  $1.6 \times 10^{-35}$ . Đây là kích thước rất nhỏ. Nếu phóng đại một nguyên tử lên kích thước của cả vũ trụ, thì chiều dài Planck cũng chỉ cao bằng cây sao đen ở đường phố Sài Gòn.



NĂM 1968, NHÀ VẬT LÝ LÝ THUYẾT GABRIELLE VENEZIANO ở trung tâm vật lý thực nghiệm CERN cố gắng tìm các công cụ toán học để diễn giải số liệu thực nghiệm liên quan đến tính chất của lực hạt nhân mạnh.. Veneziano phát hiện ra hàm Beta Euler của nhà toán học và vật lý người Thụy Sĩ Leonard Euler (thế kỷ 18) có thể mô tả được tính chất của hạt tương tác mạnh (miêu tả va chạm của hai hạt π meson. Nhưng Veneziano lại không thể tìm ra được bản chất vật lý nào ẩn đằng sau hàm toán của Euler. (Euler rất quen thuộc với học sinh phổ thông ở Việt Nam với công thức O'le, còn gọi là đồng nhất thức O'le, trong môn lượng giác. Với những ai từng học vật lý hẳn còn nhớ, ngay trang 2 sách Cơ học chất lưu (Fluid Mechanics) của Landau Lifshitz là phương trình Euler.

Vài năm sau, những năm 1970, các nhà vật lý Yoichiro Nambu ở Đại học Chicago, Holger Nielsen ở Viện Niels Bohr, và Leonard Susskin ở Standford tìm ra bản chất vật lý của hàm Euler: Nếu các hạt sơ cấp, thay vì được đưa vào mô hình toán học như các điểm, nay được mô hình hóa như các sợi dây tơ nhỏ dao động, thì các tương tác mạnh của chúng sẽ được mô tả chính xác bằng hàm Euler, và khớp với số liệu thực nghiệm.

Trong những năm 70 và 80 của thế kỷ trước, trong lúc Mô hình chuẩn và Vật lý hạt lên ngôi thì Lý thuyết dây bị coi

thường, không ai ngó ngàng, thậm chí còn xung đột với lý thuyết lượng tử.

Từ năm 1974 tới năm 1984, John Schwarz của Caltech và Joel Scherk Cao đẳng sư phạm Paris kiên trì theo đuổi lý thuyết bị ngó lơ này và nỗ lực của họ vẫn tiếp tục bị lờ đi.

Năm 1984, Schwarz và Michael Green ở Queen Mary đã giải quyết được các xung đột của Thuyết Dây và Thuyết Lượng tử, đồng thời cho thấy khả năng thống nhất tất cả các lực trong tự nhiên của Thuyết Dây. Thuyết Dây trở thành ứng cử viên, tạm thời là ứng cử viên duy nhất, cho Thuyết vạn vật (theory of everything).

Năm 1994, Edward Witten ở Viện nghiên cứu cao cấp Princeton, nhà vật lý đầu tiên đoạt giải Fields, đề xuất một hiện thân khác của thuyết dây. Một lý thuyết “mới” có thể tổng hợp các phiên bản khác nhau thuyết dây: Thuyết M (M-Theory). Chữ M có thể là Mother (Me), là Mystery (Mật bí), hoặc đơn giản là Membrane (Màng). Trong thuyết của Witten, các nhà vật lý không thay các hạt điểm bằng các “siêu dây” mà thay bằng các “màng” vô cùng nhỏ, không có kích thước. Siêu dây là một trường hợp cụ thể của màng: màng bậc 1. Vì dây là một thực thể một chiều, với số đo chỉ đơn giản là chiều dài của dây. Thuyết M đòi hỏi một không gian 11 chiều, trong đó có 1 chiều là thời gian.

Vật lý hạt, với cách tư duy và hiểu biết về thế giới hạ nguyên tử, dừng chân ở đây. Tiếp theo sẽ là địa hạt mới mẻ với các ý tưởng của Lý thuyết dây.

\*\*\*

Các nhà vật lý của lý thuyết dây đã thay đổi một khái niệm quen thuộc trong vật lý. Trong vật lý, người ta thường nhìn nhận các hạt cấu thành cơ bản nhất, nền tảng nhất của vật chất như là các *hạt điểm*. Còn với các nhà vật lý dây, các hạt cơ bản nhất, nền tảng nhất, ở bên trong chúng là các sợi tơ năng lượng không ngừng dao động. Về hình ảnh, chúng giống như những sợi dây chun vòng mà các thôn nữ dùng để buộc tóc đuôi gà. Nhưng chúng nhỏ vô cùng, chỉ ở thang độ dài Planck ( $10^{-33}$ cm), và liên tục giao động. Những sợi dây ấy có thể kín, hoặc hở (như sợi chun vòng bị đứt). Các nhà vật lý gọi những sợi dây này là siêu dây (superstring).

Khi những sợi siêu dây cực kỳ nhỏ bé này rung lên, với những tần số và cách rung khác nhau, chúng tạo ra, không phải các nốt nhạc, mà tạo ra các hạt khác nhau. Một số lượng khổng lồ các sợi tơ năng lượng rung động ở các tần số khác nhau, các tần số khác nhau tạo ra các hạt khác nhau, và các hạt này làm nên thế giới đa dạng mà chúng ta đang sống.

Các hạt tạo nên vật chất như electron, quark, và các hạt bức xạ như photon (hạt ánh sáng),

graviton (hạt hấp dẫn)... đều được tạo ra từ một thực thể: siêu dây. Vật chất và các lực trong tự nhiên, bỗng nhiên, được thống nhất trong một lý thuyết: lý thuyết của các siêu dây đang dao động.

Sử dụng các công cụ toán học phức tạp để phát triển Lý thuyết dây, các nhà vật lý nhận ra phương trình của Thuyết dây không vận hành được trong các không gian 3 chiều, 4 chiều, 5 chiều... Về mặt toán học, các phương trình ấy chỉ vận hành trong một vũ trụ siêu không gian (hyperspace) có những chiều kích vượt ra khỏi tư duy vật lý thông thường. Đó là siêu không gian có tối thiểu 10 chiều không gian và 1 chiều thời gian.

Một số nhà vật lý tin rằng ở khoảnh khắc ngắn ngủi ngay sau Big Bang. Vào khoảng thời gian Planck ( $10^{-43}$  giây) vũ trụ lúc đó là siêu không gian 11 chiều vô cùng sôi động. Vì một lý do bí ẩn nào đó, siêu không gian này không ổn định và các chiều “dư thừa” sẽ bị cuộn chặt thành các quả cầu vô cùng bé (quá trình này gọi là compactification, một quá trình toán học mà qua đó không gian topo thông thường được chuyển thành không gian compact). Và vũ trụ như chúng ta đang biết chỉ còn 3 chiều không gian và một chiều thời gian. Những chiều bị cuộn lại có kích thước nhỏ hơn nguyên tử rất nhiều nên cho tới nay con người vẫn chưa có khả năng quan sát được.



CÓ NHIỀU LÝ DO CẢN TRỞ VIỆC THỐNG NHẤT BỐN LỰC CỦA TỰ NHIÊN. Một lý do là vì cường độ các lực này rất khác nhau, cái rất yếu và cái rất mạnh, trải dài trên thang giá trị cực kỳ rộng. Lực hạt nhân mạnh cực kỳ mạnh ở khoảng cách vi mô trong lõi các hạt nhân. Phải mạnh như vậy chúng mới đủ sức giữ cho thế giới vật chất không tan rã. Lực hạt nhân mạnh, vốn mạnh hơn lực điện từ hơn 100 lần, và lực điện từ đến lượt nó mạnh hơn lực hạt nhân yếu khoảng 1.000 lần và mạnh hơn lực hấp dẫn khoảng một trăm triệu tỷ tỷ (1035) lần.

Và Lý thuyết dây có thể sẽ là lý thuyết dẫn con người đến thời điểm trước Big Bang. Hay còn gọi là thời điểm trước khi Sáng Thế.

Bức tranh vật lý đẳng sau lý thuyết dây rất trang nhã và giản dị. Bản chất vật lý của bức tranh ấy, chính nó cũng đơn giản và hài hòa, giống như một sợi dây đàn thần kỳ có thể gảy lên tất cả các âm thanh của tự nhiên.

Từ thời Hy Lạp cổ, các nhà toán học theo trường phái Pythagoras đã có niềm tin về một lý thuyết toán tối hậu, có thể giải thích được mọi hiện tượng của thiên nhiên. Họ luôn tâm niệm “*all things are numbers*” - “tất cả đều là số”.

Einstein, cha đẻ của vũ trụ học, và cũng là người tham gia đặt nền tảng cho thuyết lượng tử, cho rằng việc tìm ra một lý thuyết trường thống nhất sẽ giúp con người “*read the Mind of God - đọc được Ý của Chúa*”.

Einstein, bộ óc vật lý lớn nhất của thời hiện đại, dường như là một truyền nhân của phái Pythagoras. Ông viết: “*Bằng các phương tiện của cấu trúc toán học thuần túy, chúng ta sẽ khám phá ra các khái niệm và định luật, là những [khái niệm và định luật này] thứ sẽ làm ra chìa khóa [giúp con người] hiểu được các hiện tượng tự nhiên. Kinh nghiệm có thể gợi ý cho ta những khái niệm toán học phù hợp, nhưng hầu hết [các khái niệm toán học] đều không thể rút ra từ kinh nghiệm. Với một cảm nhận rõ rệt, tôi tin chắc rằng tư duy thuần túy có thể thấu hiểu được thực tại, giống như những người cổ đại từng mơ ước*”.

Các nhà vật lý ngày nay đang tin rằng, Thuyết dây, hay một hiện thân khác của nó là Thuyết M có thể là thuyết dẫn con người tìm đến lý thuyết tối hậu mà nhờ đó con người có thể thấu hiểu được mọi hiện tượng tự nhiên.

Lúc đó con người sẽ đọc được Ý của Chúa.



NHỮNG CHIỀU BỊ CUỘN LẠI có kích thước rất nhỏ, cỡ chiều dài Planck. Việc chế tạo ra các thiết bị có thể quan sát được kích thước này cho tới nay là bất khả. Các nhà vật lý phải tìm cách chứng minh gián tiếp sự tồn tại của các chiều không gian bị cuộn lại này.

Ở trung tâm thực nghiệm vật lý hạt nhân CERN, Geneva, Thụy Sĩ có một máy gia tốc hạt khổng lồ có tên gọi Large Hadron Collider - LHC (máy va chạm hadron lớn).

Máy LHC là một buồng chân không cực lớn có dạng đường ống rất dài, nằm ngang, tạo thành đường hầm hình tròn có bán kính 27km. Máy LHC có các nam châm khổng lồ đặt dọc theo ống ở các vị trí được tính toán kỹ lưỡng để bẻ cong các chùm tia proton, bắt nó đi theo đường tròn. Khi các hạt luân chuyển trong lòng ống, nó liên tục được tiếp thêm năng lượng để tăng vận tốc. Các chùm (tia) hạt cuối cùng sẽ đâm vào mục tiêu để giải phóng ra các luồng bức xạ khổng lồ. Các mảnh vỡ tạo ra từ va đập sẽ được các đầu đo ghi lại. Các thiết đầu đo tinh xảo này có kích thước rất lớn, có đầu đo lớn cỡ tòa nhà 6 tầng.

Từ trường do nam châm của LHC tạo ra lớn hơn từ trường trái đất khoảng 160 ngàn lần (8.3 Tesla). Từ trường này tạo ra bằng cách đưa dòng điện cực mạnh, 12 ngàn Ampere

đi vào các cuộn dây siêu dẫn (nhờ làm lạnh ở nhiệt độ -271 độ C, tức là trên độ 0 tuyệt đối khoảng 2 độ). Nhờ từ trường cực mạnh này, các hạt được gia tốc để đạt vận tốc 99.99999% vận tốc ánh sáng trước khi va vào mục tiêu.

LHC có thể thăm dò ở các khoảng cách rất nhỏ, cỡ 10-19 mét (tuy nhiên kích cỡ này vẫn là khổng lồ so với kích thước Planck), LHC cũng có thể tạo ra nhiệt độ cực kỳ lớn, chưa từng có kể từ sau Big Bang, để làm tan chảy proton và neutrol, giải phóng quark vào plasma nóng bỏng, một trạng thái khai giông vũ trụ plasma quark-gluon nóng bỏng tràn đầy vũ trụ trong trong 10 micro giây đầu tiên sau Big Bang.

Khi các hạt chạy theo theo các hướng ngược nhau và với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng, chúng sẽ va chạm vào nhau. Nhà vật lý Brian Greene kỳ vọng rằng, nếu có đủ năng lượng, khi các hạt đâm đầu vào nhau, vụ va chạm sẽ làm vỡ ra các mảnh vụn. Và các mảnh vụn này sẽ văng vào một chiều không gian khác, bên ngoài không gian ba chiều của chúng ta. Nếu tính toán và đo đạc tổng năng lượng trước và sau khi va chạm, nếu có một lượng năng lượng hụt đi, tức là mảnh vụn đã đi vào một chiều không gian khác.

Brian Greene còn kỳ vọng dữ liệu do máy LHC thu nhận có thể tìm được các hạt vật chất tối và so sánh chúng với tiên liệu của thuyết dây.



**LÝ THUYẾT DÂY RẤT ĐỘC ĐÁO** ngay từ giả định của nó: từ bỏ quan niệm hạt điểm và thay thế nó bằng quan niệm hạt là một sợi dây tơ kín hoặc hờ. Với giả định này, lý thuyết dây đã giải quyết được nhiều vướng mắc toán học trong vật lý, qua đó có những đóng góp nền tảng trong những nỗ lực thống nhất trọng trường với các lý thuyết trường đã có trước đó. Từ nhiều khía cạnh, lý thuyết dây có thể nhìn nhận đơn giản như là giải pháp giàn dị, thanh lịch về mặt trực giác để nói rộng vật lý lượng tử.

Thế nhưng khác với Mô Hình Chuẩn đã đưa ra được các dự đoán chính xác (đã được kiểm chứng), lý thuyết dây đưa ra quá nhiều dự báo, nhiều dự báo có vẻ như rất kỳ quặc và khó có khả năng kiểm chứng. Bản thân “dây” cũng rất nhỏ để có thể phát hiện (detect) được.

Nếu bạn nghe thấy các khái niệm đa vũ trụ (multiverse), siêu không gian (hyperspace), hay các vũ trụ song song: Các nhà lý thuyết dây không chỉ mô tả vũ trụ theo cách của họ, mà còn cho rằng đang tồn tại những vũ trụ chỉ cách chúng ta một khoảng mỏng như tờ giấy mà chúng ta không cách nào nhận biết hay đi xuyên qua được. Về trực giác, những vũ trụ như vậy vừa dễ hiểu vừa rất khó cảm nhận. Một con kiến sống trong không gian hai chiều (sàn nhà) không có cách nào nhận ra một chú bé đang gí sát mắt xuống sàn nhà để nhìn con kiến, bởi chú bé sống trong không gian ba chiều (như hơn không gian của con kiến một chiều). Tương tự như vậy, con người không có cách nào nhận biết được không gian bốn chiều, cho dù không gian này ở ngay sát chúng ta.

Lý thuyết dây đã giải quyết được về mặt toán học các vướng mắc của vật lý trong nỗ lực thống nhất các trường, thế nhưng nỗ lực thống nhất ấy, ví dụ thống nhất các hạt boson và fermion, làm này sinh dự đoán về các hạt mà cho tới nay không thể quan sát được (hạt selectron). Các nhà lý thuyết dây đưa ra các tiên đề (postulate) về các hạt siêu đối xứng (supersymmetric) để tránh việc thiếu quan sát thực nghiệm gây khó dễ cho thuyết dây.

Về mặt toán học, lý thuyết dây đòi hỏi một thứ toán học rất phức tạp và có vẻ đẹp toán học riêng của nó. Một ví dụ về

vẻ đẹp toán học của thuyết dây: quỹ đạo của các hạt điểm hạ nguyên tử trong giản đồ Feynman (Feynman Diagram) trong thuyết dây sẽ quét thành các mặt (surface) hoặc ống (tube) tùy theo dây hở hoặc dây kín. Thế nhưng, bản thân lý thuyết dây lại không, hoặc chưa, đưa ra được định luật vật lý mới mẻ nào. Điều này làm lý thuyết dây thiếu vẻ hào hoa và trầm hùng so với các lý thuyết vật lý lớn đã thành công trước đó. Các lý thuyết này luôn đưa ra các định luật vật lý mới được diễn đạt bằng các phương trình, hoặc hàm toán học vừa hào hoa vừa hùng tráng.

Bởi vậy, nhiều nhà vật lý không chấp nhận lý thuyết dây là lý thuyết (theory) vật lý, họ chỉ nhìn nhận thuyết dây như giả thuyết (hypothesis). Thậm chí có người còn đánh giá rất thấp thuyết dây, họ chỉ công nhận thuyết dây như là một ý tưởng (idea). Ở phe đối nghịch, một số nhà lý thuyết dây cũng đồng ý thuyết dây chỉ là một cách tiếp cận toán học gần đúng và hữu ích. Đây là một cách tiếp cận quan trọng và phổ biến trong vật lý. Theo như Landau nói thì “điểm quan trọng nhất của vật lý là bò qua những đại lượng nhỏ (trong vật lý thường được ký hiệu là  $\epsilon$ , đọc là epsilon). Các nhà lý thuyết dây này coi thuyết dây là một lý thuyết hiệu dụng (effective theory) thay vì đòi hỏi nó phải là lý thuyết căn bản (fundamental theory).

Những nhà lý thuyết dây, trong đó có Brian Greene mà cá nhân tôi rất thích, có niềm tin sắt đá một ngày nào đó lý thuyết dây sẽ không còn ở hoàn cảnh “missing evidence”. Một ngày nào đó số liệu thực nghiệm, mà Brian Greene tin là từ data của máy gia tốc hạt, sẽ giúp lý thuyết dây trở thành lý thuyết vật lý vững chắc.



#### QUANTUM GRAVITY VÀ TWISTOR THEORY

Thi thoảng, mặc dù khá ngao mạn trong giọng văn của mình, Brian Greene cũng phải nhắc đến hai lý thuyết có thể thắng thế lý thuyết dây, đó là quantum gravity và twistor theory.

Các nhà vật lý đi theo hướng quantum gravity (hấp dẫn lượng tử) họ làm những việc rất kỳ quặc, đó là họ lượng tử hóa cả thời gian và không gian. Họ phân không gian thành các đơn vị lượng tử gián đoạn (theo nghĩa nhỏ nhất không thể phân chia được). Một trong các lập luận của họ sử dụng nguyên lý bất định, đó là nếu bạn dồn một hạt một không gian rồi thu hẹp dần không gian ấy (tức là tăng độ chính xác của vị trí lén), đến một cấp độ nào đó năng lượng cần dùng cho việc này sẽ lớn đến vô hạn. Vậy nên, không gian chỉ có thể nhỏ đến một kích cỡ nào đó là phải dừng lại (thể tích kích cỡ Planck). Không gian và thời gian có tính gián

đoạn, đó là lượng tử hóa không-thời-gian. Hướng đi của quantum gravity có những bước tiến khả quan, trong đó có sự phát triển của nhánh Loop Quantum Gravity.

Twistor Theory là một hướng đi gần như chỉ có mình Sir Roger Penrose đơn thương độc mã. Dẫu vậy, ông rất tự tin twistor của mình sẽ chiến thắng và thay thế thuyết dây là thuyết mà ông chống đối ra mặt. Trong cuốn Fashion, Faith and Fantasy, Sir Roger Penrose kể lại lần ông gặp Edward Witten. Ông rất ngại vì mình có nhiều ý kiến chống đối thuyết dây. Ngờ đâu Witten đánh giá cao các chỉ trích ấy, ở khía cạnh khoa học, tất nhiên. Witten còn xây dựng mô hình kết hợp một số ý tưởng của String theory với một số ý tưởng của Twistor Theory. Và Sir Roger có vẻ hài lòng với việc này, nhất là mô hình của Witten lần này chỉ hoạt động trong không-thời-gian 4 chiều kinh điển. (Penrose luôn phê phán việc lý thuyết dây sử dụng không-thời-gian với số chiều nhiều hơn 4).



## Chương V

# BỨC XẠ CỦA HAWKING

*Phát kiến “Lỗ đen không đen hoàn toàn” và nhiều hiểu biết vật lý sâu sắc khác của Stephen Hawking đã tạo ra các đột phá trong vật lý vũ trụ.*

**S**tephen Hawking bắt đầu học vật lý ở đại học Oxford khi mới 17 tuổi, trẻ hơn hầu hết các sinh viên cùng khóa. Nhờ trí óc vượt trội, tính trung bình anh chỉ học khoảng một giờ một ngày trong suốt thời gian học đại học. Vào năm cuối cùng ở đại học, anh có triệu chứng của một người già vung về, hay bị ngã khi đi cầu thang. Đi khám bệnh, bác sĩ chẩn đoán là do uống bia, yêu cầu anh phải ngừng nhậu nhẹt.

Năm 21 tuổi, sau khi tốt nghiệp hạng ưu và chuyển qua làm nghiên cứu sinh, các bác sĩ chẩn đoán Hawking mắc chứng bệnh nan y: xơ cứng teo cơ. Họ dự đoán anh chỉ còn hai năm để sống.

Người thanh niên trẻ trung, có khiếu hài hước và đặc biệt thông minh ấy bắt đầu sống từng ngày của hai năm cuối cùng của cuộc đời trong sự lạnh lẽo tối tăm không hạnh phúc, không niềm vui của chứng trầm cảm. Tình cờ anh gặp Jane Wilde trong một tiệc năm mới. Họ yêu nhau. Tình yêu của Jane kéo Stephen lên khỏi vực sâu trầm cảm và đặt anh trở lại công việc nghiên cứu khoa học.

Thế rồi họ lấy nhau, họ cần tiền để sống, và sự nghiệp khoa học của Stephen Hawking bắt đầu rẽ sang hướng khác.

\*\*\*

Ngành vũ trụ học hiện đại ra đời sau khi Einstein công bố thuyết tương đối tổng quát năm 1915. Đến cuối những năm 1950, ngành này vẫn còn chập chững, và hiểu biết của các nhà vật lý, cả lý thuyết lẫn thực nghiệm vẫn còn khá giới hạn. Qua thập niên 1960, các nhà vật lý bắt đầu có những bước tiến mới nhưng họ chưa đạt được đồng thuận về nhiều vấn đề.

Mặc dù nghiệm Big Bang của phương trình thuyết tương đối Einstein đã được nhà vật lý xô viết Alexander Friedmann tìm ra trong quãng thời gian 1922-1924 nhưng nhiều nhà vật lý, nhất là các nhà vật lý xô viết, vẫn tìm cách từ chối hoặc né tránh thuyết Big Bang, tức là không công nhận vũ trụ và thời gian có điểm khởi đầu (quan niệm vật lý truyền thống cho rằng thời gian không có khởi đầu và không có kết thúc, vô thủy vô chung).

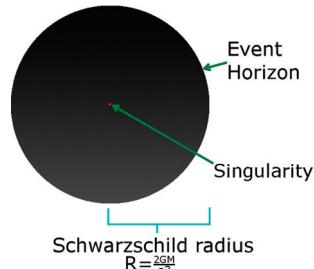
Tương tự như vậy, nghiệm lỗ đen được nhà thiên văn học người Đức Karl Schwarzschild tìm ra năm 1916 bằng cách giải hệ phương trình của Einstein, và cũng có khá nhiều nhà vật lý công bố các công trình nghiên cứu về lỗ đen từ trước khi chiến tranh thế giới thứ hai nổ ra, nhưng rất nhiều nhà vật lý châu Âu cho đến tận đầu những năm 1970 vẫn không tin vào sự tồn tại của lỗ đen.

\*\*\*



### NHIỆM LỖ ĐEN CỦA KARL SCHWARZSCHILD

Năm 1916, Karl Schwarzschild đã giải hệ phương trình của Einstein và tìm ra một nghiệm kỳ lạ. Theo nghiệm này, xung các ngôi sao có khối lượng cực lớn có một không quyển kỳ ảo (magical sphere). Tất cả mọi thứ, kể cả ánh sáng, khi đi vào không quyển này sẽ bị hút vào ngôi sao không lồ và không có cách nào thoát ra được. Schwarzschild còn tính toán được bán kính của không quyển kỳ ảo này. Không quyển ma quái mà Schwarzschild tìm ra, ngày nay được gọi là “event horizon: chân trời sự kiện” hàm ý đây là nơi xa nhất mà tầm mắt của người quan sát có thể với tới (sau chân trời là lỗ đen, nơi mà ánh sáng nếu vươn tới sẽ bị nuốt vào và không bao giờ trở ra được).



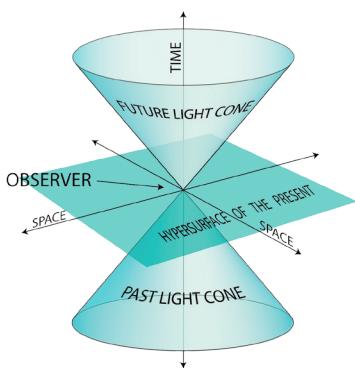
Dưới đây là giản đồ không gian Minkowski để mô tả không – thời gian, trong đó trực thẳng đứng là trực thời gian, trực ngang là không gian. Hermann Minkowski là thầy giáo đại học của Einstein. Năm 1908, tức ba năm sau khi Einstein công bố thuyết tương đối hẹp (1905), Minkowski công bố công trình của mình, trong đó ông đưa thời gian vào làm chiều thứ tư của không gian bốn chiều. Ông cũng gọi không gian đó là spacetime. Lúc đầu Einstein chưa công nhận giá trị công trình của Minkowski mà chỉ đánh giá đó là một mèo toán học. Ngày nay các nhà vật lý hàng đầu, trong đó có cả Leonard Susskind và Roger Penrose đều công nhận Minkowski có công hoàn thiện thuyết tương đối hẹp, và khái niệm spacetime (không-thời-gian) là của Minkowski.

Nếu bạn tò mò tìm hiểu thêm bạn sẽ thấy không gian Minkowski giải thích được nhiều thứ phức tạp chỉ bằng vài nét vẽ đơn giản.

Ví dụ như Null Geodesics. Null có nghĩa là zero + empty (không+trống rỗng). Geodesics là đường trắc địa hoặc đoạn trình, là đường ngắn nhất mà hạt di chuyển từ điểm nọ đến điểm kia trong không gian. Ánh sáng luôn đi theo đường ngắn nhất trong không gian. Ở không gian ba chiều bình

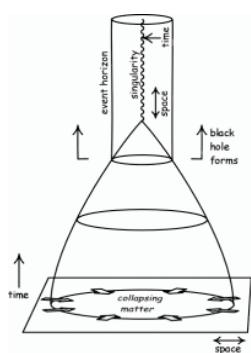
thường, môi trường chiết suất đẳng hướng, ánh sáng sẽ đi theo đường geodesics là đường thẳng. Trong không-thời-gian 4 chiều Minkowski, một hạt không có khối lượng, như photon, chuyển động với tốc độ ánh sáng theo Null Geodesics, mà theo đó khoảng cách di chuyển là bằng 0 và thời gian riêng (proper time) là bằng không. Tức là photon không có trải nghiệm thời gian, photon không già đi theo thời gian thường. Đây là khái niệm khá là khó nắm bắt của thuyết tương đối hẹp. Đường Null Geodesics còn được gọi là light-like geodesics, để dễ phân biệt với time-like geodesics và space-like geodesics.

Một ví dụ khác là “nghịch lý thời gian” mà trong đó một người đi du hành vào vũ trụ rất lâu và trở về nhà sẽ thấy người anh em sinh đôi của mình đã trở nên già hơn mình được giải thích bằng 3 đường thẳng trong không gian Minkowski. Có thể tìm hiểu về Minkowski trong *The Theoretical Minimum* của Leonard Susskind, tập 3, là tập *Special Relativity and Classical Field Theory*.



Giản đồ không gian Minkowski

Hình dưới đây mô tả nghiên cứu về lỗ đen của nhà vật lý trẻ người Mỹ Robert Oppenheimer năm 1939. Do thế chiến thứ hai nổ ra, Oppenheimer đã làm bom nguyên tử, công trình này đã vào quên lãng cho đến thập niên 1960 mới được lục ra.



Khi ngôi sao sụp đổ vào bên trong, trường hấp dẫn ở bề mặt ngôi sao ngày càng mạnh, các nón ánh sáng bị bẻ cong vào trong, và các tia sáng khó thoát ra khỏi ngôi sao hơn. Đến một thời điểm cụ thể, ánh sáng không còn thoát ra được nữa. Lúc này hình thành một vùng không-thời gian mà tất cả những gì trong đó, kể cả ánh sáng, không thể thoát ra ngoài và đến được với người quan sát. Vùng không – thời gian này được gọi là lỗ đen, đường biên của vùng này được gọi là chân trời sự kiện.

Trong cuốn *Lược sử thời gian*, bản cập nhật sau 10 năm phát hành, Hawking đã kể lại giai đoạn đặc biệt này. Nó đặc biệt ở chỗ cuộc sống cá nhân của Hawking thay đổi, sự nghiệp khoa học thay đổi, và qua đó làm thay đổi toàn bộ ngành vật lý vũ trụ hiện đại.

\*\*\*

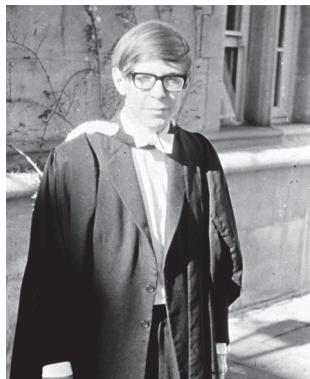
Năm 1965, một nhà vật lý người Anh tên là Roger Penrose chứng minh được rằng khi một ngôi sao có khối lượng khổng lồ bị đốt sụp vào trong do lực hấp dẫn của chính nó, toàn bộ vật chất của ngôi sao sẽ bị nhốt trong một vùng mà kích thước bề mặt của vùng này sẽ bị co về bằng không. Vì bề mặt có kích thước bằng không nên thể tích cũng bằng không. Toàn bộ vật chất của ngôi sao bị nén vào một thể tích bằng không, thì mật độ vật chất và độ cong của không-thời gian trở nên vô hạn và vô cực. Đây chính là cái được các nhà vật lý gọi là một điểm kỳ dị (singularity). Điểm kỳ dị này được chứa ở bên trong một vùng không gian kỳ ảo mà ngày nay quen thuộc với tên gọi lỗ đen. Tên gọi lỗ đen (black hole) do nhà vật lý người Mỹ John Wheeler đặt năm 1969.

Vào thời điểm này, Hawking đã sống hết hai năm kể từ ngày chẩn đoán được căn bệnh, mà sức khỏe chưa yếu đi nhiều lắm. Anh đang tìm đề tài làm luận văn tiến sĩ. Quan trọng hơn, anh chuẩn bị lấy vợ.

\*\*\*

Với cảm hứng từ định lý của Roger Penrose về một điểm kỳ dị không-thời-gian nằm ở trung tâm một lỗ đen, Hawking đã hoàn thành bản luận văn xuất sắc của mình. Anh áp dụng định lý của Penrose vào kích cỡ lớn hơn: toàn bộ vũ trụ. Qua năm 1966, bản luận văn “Các điểm kỳ dị và hình học của không-thời-gian” của Hawking đã đoạt giải Adam dành cho các nhà toán học trẻ.

Trong ba năm cuối của thập niên 1970, Stephen và Jane sinh đứa con đầu lòng là con trai (1967); kết hợp với người đồng nghiệp lớn tuổi hơn và cũng là người thầy, nhà vật lý Roger Penrose, anh hoàn thành “định lý điểm kỳ dị Penrose - Hawking”



Để cưới Jane, tôi cần phải có việc làm, để có việc làm, tôi cần bằng tiền sỹ...

Tôi đọc định lý của Penrose, định lý chứng minh rằng bất cứ vật thể nào bị suy sụp vào bên trong do lực hấp dẫn cũng sẽ hình thành một điểm kỳ dị. Tôi nhanh chóng nhận ra rằng nếu ta đảo ngược hướng của thời gian trong định lý của Penrose thì việc sụp đổ vào trong sẽ trở thành nở tung ra bên ngoài, các điều kiện (vật lý) của Penrose vẫn đúng, nó cho thấy một vũ trụ khá giống mô hình vũ trụ Friedmann (tức Big Bang)...

Định lý của Penrose đã chứng minh được bất cứ ngôi sao nào bị suy sụp vào trong sẽ phải tạo thành một điểm kỳ dị; lập luận ngược lại sẽ chứng minh được bất cứ vũ trụ đang giãn nở nào mà giống như mô hình Friedmann cũng phải bắt đầu từ một điểm kỳ dị...

STEPHEN HAWKING

(1968), và tiếp tục cùng Jane sinh đứa con thứ hai, lần này là con gái Lucy.

Công trình chung của Penrose và Hawking, cho thấy thuyết tương đối của Einstein áp dụng rất tốt ở các kích cỡ cực lớn như hệ mặt trời, ngân hà, hay toàn bộ vũ trụ lại bộc lộ khiếm khuyết lớn ở các điểm kỳ dị như Big Bang hay lỗ đen. Từ đó trong nghiên cứu tiếp theo của mình, Hawking đã sử dụng vật lý lượng tử, vốn chỉ áp dụng ở các kích cỡ cực nhỏ, vào việc nghiên cứu lỗ đen đã tạo ra được những đột phá lớn trong **vật lý vũ trụ** và lý thuyết **hấp dẫn lượng tử**.

\*\*\*

Sau khi sinh Lucy, bệnh của Hawking nặng dần. Ngay cả việc leo lên giường để ngủ cũng mất rất nhiều thời gian. Trong một lần mãi mới leo được lên giường ấy, Hawking đã phát hiện ra một điều quan trọng. Anh gọi điện ngay cho Penrose và Penrose đồng ý với ý tưởng này.

\*\*\*

Sau này, lúc đã rất già, mỗi khi Penrose đi giảng bài ông vẫn thường bị khán giả hỏi về Hawking. Ông giải thích rằng hồi đó hai người phải làm việc với nhau qua điện thoại. Giọng Hawking rất khó nghe, nếu nói về vật lý thì Penrose còn hiểu,

khi nói về chuyện khác thì Penrose chịu, chả hiểu gì. Penrose cũng hay nói đùa là có hai Hawking, một Hawking trẻ luôn cứng cỏi bảo vệ lập trường của mình, rằng thông tin roi vào lỗ đen sẽ biến mất; một Hawking già thì buông xuôi, đầu hàng trước sức ép của các nhà vật lý trẻ, và thay đổi lập trường của mình, rằng thông tin không bị mất trong lỗ đen mà được lưu trữ hoặc trả ngược ra bằng cách nào đó.

Có lẽ các nhà vật lý trẻ mà Penrose nói là ám chỉ đến Leonard Susskind và John Preskill. Susskind viết hẳn một cuốn sách tên *Cuộc chiến lỗ đen* về cuộc tranh luận dai dẳng này. Còn Preskill là người tham gia vụ cá cược nổi tiếng mà sau rất nhiều năm giằng co thì cuối cùng Hawking đã nhận thua Preskill. Preskill khi còn là sinh viên đã nổi tiếng với công trình về đơn cực từ của vũ trụ, là cái về sau dẫn đến thuyết "vũ trụ lạm phát" của Alan Guth. Hiện nay Preskill rất nổi với lý thuyết "thông tin lượng tử" và "tính toán lượng tử". Một người khác cũng tham gia vụ cá cược này, ông đứng cùng phía với Hawking nhưng không chịu thua cược, đó là nhà vật lý Kip Thorne, người rất nổi tiếng qua bộ phim *Interstellar* và mới đoạt giải Nobel nhờ góp phần phát hiện ra sóng hấp dẫn.

\*\*\*



### GIẢ THUYẾT KIỂM DUYỆT VŨ TRỤ

Penrose phát triển giả thuyết có tên gọi "kiểm duyệt của vũ trụ". Ở phương tây thời đó, các đoạn bị kiểm duyệt bỏ trên các bài báo in sẽ bị bôi đen, bạn đọc biết đó là đoạn bị kiểm duyệt nhưng chịu không biết nội dung bị kiểm duyệt là gì. Các chỗ bị kiểm duyệt bị bôi đen như vậy thường là bộ phận nhạy cảm trên các hình ảnh cơ thể con người. Giả thuyết của Penrose được Hawking tóm tắt một cách hài hước: "Chúa không thích điểm kỳ dị khóa thân." Tức là điểm kỳ dị hình thành do suy sụp vì lực hấp dẫn chỉ xuất hiện bên trong những nơi như lỗ đen, là nơi mà các điểm kỳ dị bị giấu kín khỏi sự quan sát của những ai nằm bên ngoài đường chân trời sự kiện."

Ý tưởng lóe lên trong đầu trong lúc leo lên giường đã dẫn Hawking đến việc anh áp dụng vật lý lượng tử vào nghiên cứu lỗ đen. Công trình này mang tên “Định luật hai của nhiệt động lực học lỗ đen”.



### NHỆT ĐỘNG LỰC HỌC VÀ ENTROPY

Xuất hiện từ cuối thế kỷ 19, “định luật 2 của nhiệt động lực học” phát biểu rằng entropy của một hệ cô lập sẽ luôn luôn tăng. Entropy là một đại lượng vật lý rất đặc biệt. Entropy được tính bằng công thức do Ludwig Boltzmann phát triển từ cuối thế kỷ 19 và được Max Planck hoàn thiện đầu thế kỷ 20 (tuy vẫn gọi là Boltzmann equation):

$$S = k_B \ln W$$

Trong đó  $S$  là entropy;  $k_B$  là hằng số Boltzmann;  $\ln$  là logarithm tự nhiên và  $W$  là thể tích. Tức là entropy tỷ lệ với thể tích (không gian 3 chiều) của hệ.

Ludwig Boltzmann mất năm 1906 và công thức này đã được khắc trên bia mộ của ông

$$S = k \cdot \log W$$

Đơn giản về toán học nhưng ý nghĩa vật lý của entropy rất sâu sắc và khó nắm bắt. Hawking viết: “Entropy là đại lượng vật lý đo cấp độ mất trật tự của một hệ. Nếu một hệ bị bỏ mặc cho chính nó, entropy của nó luôn tăng, tức là càng ngày nó càng mất trật tự hơn.”

Hawking ví von entropy giống như bàn làm việc lúc đầu thì ngăn nắp, nhưng sau một hồi thì nó lộn xộn hết cả lên. Nếu ta sắp xếp cho nó gọn lại, trật tự hơn, thì cần tiêu tốn năng lượng và nỗ lực của bản thân, và việc tiêu tốn này làm giảm mức độ trật tự của năng lượng.

Hawking lập luận rằng mọi vật chất và năng lượng đi qua đường chân trời sự kiện của lỗ đen sẽ bị lỗ đen nuốt chửng, và diện tích bề mặt lỗ đen sẽ lớn dần lên. Nếu một lượng vật chất có entropy lớn bị lỗ đen nuốt vào, tổng entropy bên ngoài lỗ đen sẽ giảm xuống, còn entropy bên trong lỗ đen sẽ tăng lên.

Từ đây, Hawking và một nghiên cứu sinh ở Princeton tên là Jacob Bekenstein đã tính được entropy của lỗ đen. Công thức này ngắn gọn như sau:

$$S = \frac{\Pi A k c^3}{2 h G}$$

Trong đó,  $S_{BH}$  là entropy của lỗ đen;  $A$  là diện tích của bề mặt nằm trong, có đường biên là chân trời sự kiện;  $k$  là hằng số Boltzmann;  $c$  là tốc độ ánh sáng;  $h$  là hằng số Planck, là quantum;  $G$  là hằng số hấp dẫn, là gravity. Ghép lại ta sẽ thấy trong một equation có cả cả lượng tử và hấp dẫn, tức là quantum gravity: hấp dẫn lượng tử.

Nếu chia  $h$  cho  $2\pi$ , ta có  $\hbar$ , công thức sẽ viết thành:

$$S = \frac{c^3 k A}{4 \hbar G}$$

(về mặt hình thức, đây mới là equation được biết đến nhiều nhất của Hawking).

Công thức sẽ xuất hiện độ dài Planck nếu ta thay độ dài plank ( $l_p$ ) vào công thức ta sẽ có entropy lỗ đen  $S_{BH}$  tính theo  $l_p$ :

$$l_p = \sqrt{G \hbar / c^3} \quad S_{BH} = \frac{k A}{4 l_p^2}$$

Trên đây là công thức nổi tiếng nhất của Hawking, nó có tên “công thức Bekenstein – Hawking”. (BH vừa là black hole, vừa là Bekenstein – Hawking)

Trong công thức này ta thấy entropy của lỗ đen thay vì tỷ lệ với thể tích sẽ tỉ lệ với diện tích (mặt hai chiều) của bề mặt có đường biên là chân trời sự kiện của lỗ đen.

Nhưng nếu lỗ đen có entropy, Hawking lập luận tiếp, thì nó phải có nhiệt độ. Nếu nó có nhiệt độ, nó phải phát ra bức xạ. Lỗ đen phải phát xạ ra các hạt. Đến năm 1973 thì Hawking tính ra được nhiệt độ của lỗ đen. Phát kiến này của Hawking khi được công bố đã gây choáng cho giới vật lý đương đại. Hỗn hợp hóa ra không đen lầm.

\*\*\*



### CÔNG THỨC TÍNH NHIỆT ĐỘ BỨC XẠ LỖ ĐEN CỦA HAWKING:

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8 \pi G M k_B}$$

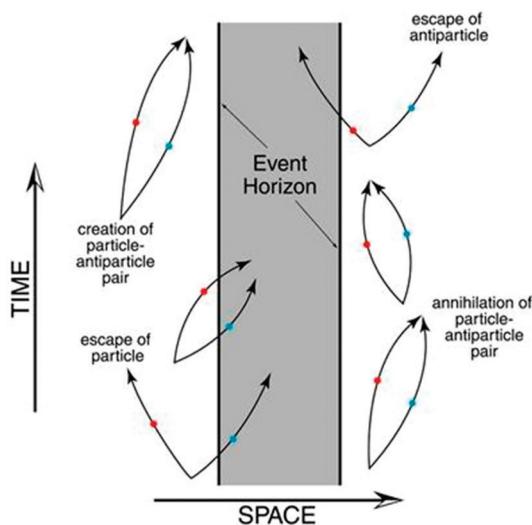
Theo công thức này, một lỗ đen có khối lượng bằng khối lượng mặt trời sẽ có nhiệt độ  $0.00000006$  độ Kelvin (tức rất sát  $0$  độ Kelvin, là độ  $0$  tuyệt đối). Tức là thực nghiệm sẽ không bao giờ phát hiện được nhiệt độ này.

Nhưng làm sao lỗ đen vốn chỉ nuốt tất cả mọi thứ, lại có thể nhả ra bên ngoài các hạt bức xạ. Hay nói cách khác, bằng cách nào các hạt ấy thoát ra khỏi lực hấp dẫn khổng lồ của lỗ đen.

Lời giải thích đến từ “phương trình Einstein  $E = mc^2$ ” và “nguyên lý bất định Heisenberg” trong cơ học lượng tử.

Khoảng chân không bên ngoài đường chân trời của lỗ đen không thực sự là “trống rỗng”. Nó vẫn có thể có trường hấp dẫn và trường điện từ. Trường này có cường độ và có tốc độ biến đổi cường độ. Cường độ và tốc độ biến đổi của trường tương đương với vị trí và vận tốc của một hạt. Và theo nguyên lý bất định Heisenberg, ta không thể nào xác định được chính xác đồng thời cả vị trí lẫn vận tốc của hạt. Tức là cường độ và tốc độ biến đổi của trường không thể cùng lúc bằng không. Nó sẽ phải khác không, tức là có thể sẽ có các thăng giáng lượng tử trong cái gọi là “chân không” này. Từ các thăng giáng này sẽ xuất hiện hiện các cặp hạt và phản hạt. Các cặp hạt – phản hạt này này trong vật lý được gọi là “ảo”, vì tồn tại rất nhanh, chúng sinh ra rồi lại hủy lẫn nhau (ví dụ hạt và phản hạt của ánh sáng hoặc trường hấp dẫn).

Vì cần phải có năng lượng để sinh ra các cặp hạt, nên trong mỗi cặp hạt và phản hạt sẽ có một hạt mang năng lượng dương, một hạt mang năng lượng âm. Sau khi được sinh ra, chúng tìm gặp nhau để tự hủy.



Do lực hấp dẫn của lỗ đen cực kỳ lớn, chúng có thể hút một hạt ảo có năng lượng âm vào bên trong. Ngay khi vào bên trong, hạt ảo này trở thành hạt thực. Đối tác mang năng lượng dương của nó bơ vơ bên ngoài, không còn nhu cầu tự hủy và thoát khỏi vùng



### GIẢ THUYẾT ER=EPR

 Bức xạ Hawking do sự hình thành của cặp hạt và phản hạt, trong đó một hạt bị hút vào trong lỗ đen, hạt còn lại bức xạ về nơi vô cực là tiền đề để gần đây Juan Maldacena và Leonard Susskind phát triển giả thuyết gây xôn xao giới vật lý lý thuyết: ER = EPR.

EPR, viết tắt của “nghịch lý Einstein–Podolsky–Rosen”, đề cập đến một hiện tượng bí ẩn bậc nhất của lượng tử: liên đới lượng tử (hoặc còn được dịch là dính líu lượng tử). Trong đó một cặp hạt sinh đôi, ví dụ hạt ánh sáng sinh đôi, mỗi hạt sau khi ra đời di chuyển từ cùng một điểm xuất phát đi theo hai hướng ngược nhau. Khi hai hạt ở rất xa nhau, ví dụ mỗi hạt ở một thiên hà xa xôi, nếu ta đo lường một hạt và biết trạng thái lượng tử của nó, thì ngay lập tức ta biết trạng thái lượng tử của hạt kia. Cứ như là thông tin được truyền từ hạt này qua hạt kia ngay lập tức, tức là truyền nhanh hơn tốc độ ánh sáng. Mà theo thuyết tương đối của Einstein tốc độ ánh sáng vốn là bất biến, và không có gì có thể chạy nhanh hơn tốc độ này. Hiện tượng này bị Einstein gọi là ma quái.

Khái niệm liên đới (dính líu) lượng tử được Schrödinger đưa ra lần đầu tiên trong lá thư của ông này gửi cho Einstein. Trong thư nó được viết bằng tiếng Đức là Verschränkung. Cũng chính Schrödinger dịch từ này sang tiếng Anh là entanglement. EPR xuất phát từ những nỗ lực của Einstein nhằm chứng minh cơ học lượng tử có khiếm khuyết hoặc chưa hoàn thiện.

Sau này, đầu những năm 1980, liên đới lượng tử được Alain Aspect kiểm chứng bằng thực nghiệm, qua đó định lý của John Bell (1964) chứng minh cơ học lượng tử là phi định xứ (nonlocality). Tuy nhiên gần đây một số nhà vật lý, như Leonard Susskind, lại chứng minh rằng dính líu lượng tử không vi phạm nguyên lý định xứ (phép chứng minh của Susskind chỉ dài độ 2 trang A4, có thể xem trong Theoretical minimum, tập 2, là tập về quantum physics. Xem thêm về John Bell, David Bohm và de Broglie ở cuối Chương 2).

ER là viết tắt của “cầu Einstein–Rosen”. Bằng cách sử dụng nghiêm của một lỗ đen tiêu chuẩn hình bình cổ dài với cổ bình bị cắt ngang và sáp nhập với một lỗ đen giống như thế nhưng đã bị xoay ngược lại. Ý tưởng này của Einstein và Rosen ngày nay được các nhà vũ trụ học hình dung như một công để kết nối hai vũ trụ khác nhau trong không-thời-gian. Ý tưởng này có tên gọi “cầu Einstein–Rosen” hay còn được biết với tên “lỗ sâu đục”.

Giả thuyết ER = EPR cho rằng liên đới lượng tử tồn tại được là nhờ hình thành một lỗ sâu đục giữa hai hạt của một cặp hạt, trong đó một hạt rơi vào lỗ đen, hạt kia đi về vô cực.



### GIẢ THUYẾT MÔ HÌNH VŨ TRỤ CHU KỲ BẢO GIÁC (CONFORMAL CYCLIC COSMOLOGY: CCC)

Roger Penrose gọi quãng thời gian này là “kỷ nguyên nhảm chán”. Từ đây Penrose đề xuất một giả thuyết khá là điện rõ. Mỗi lần nói về thuyết này ông phải rào trước đón sau, rằng các nhà vật lý khác khi nghe đến thuyết này đều bảo rằng ông Penrose này già và lầm cẩm quá rồi. Thuyết của Penrose có tên gọi “Mô hình vũ trụ học chu kỳ bảo giác (conformal cyclic cosmology, viết tắt là CCC). Trong sách ông còn tự diễu mình khi thay chữ cyclic bằng chữ crazy). Theo đó vũ trụ có cuộc sống luân hồi. Vũ trụ như hiện nay sẽ trường thành và đến một lúc nào đó toàn bộ vật vật chất hiện đang rải rác khắp vũ trụ sẽ co cụm vào các lỗ đen. Lúc này entropy vũ trụ tăng đến cực đại và được chứa trong các lỗ đen (lỗ đen là nơi có entropy cực kỳ cao). Sau “kỷ nguyên dài nhảm chán”, các lỗ đen lần lượt bay hơi hết. Lúc đó vũ trụ chỉ toàn hạt ánh sáng, nó kết thúc để rồi tái sinh qua một điểm kỳ dị của Big Bang tiếp theo. Rồi cứ thế lặp lại. Mỗi một cuộc đời vũ trụ như vậy, Penrose gọi là một aeon. Ở thời khắc cuối của aeon trước, và thời khắc khai sinh của aeon tiếp sau (Big Bang), vũ trụ chỉ có photon, không có vật chất, tức không có khối lượng, không có thời gian, không có khoảng cách không gian. (Xem thêm phần Null Geodesics ở trên.)

Bên cạnh công cụ hình học Minkowski, mô hình CCC của Penrose sử dụng các giả thuyết và công cụ hình học phức tạp do chính ông đề xuất (Weyl curvature hypothesis, Weyl tensor).

Là một người vừa phê phán tính cách, vừa trung thành với các ý tưởng gốc của Einstein: một mặt Penrose công khai chấp nhận tất cả các hiệu ứng ma quái của lượng tử, bao gồm cả hiệu ứng kính lúp lượng tử và tính phi định xứ của nó; mặt khác Penrose sử dụng hằng số vũ trụ lambda phiền bản gốc như Einstein đề xuất năm 1917 và từ chối các khái niệm “chân không giả - false vacuum”, “năng lượng tối - dark energy”.

Các lập luận bảo vệ liên đới (dính líu) lượng tử của Penrose khá phức tạp, và thường tham chiếu đến thực nghiệm của Lucien Hardy năm 1993. Theo lập luận của Penrose, cặp hạt có liên đới lượng tử tuy phụ thuộc nhau (thay vì độc lập) nhưng chúng không thể dùng sự phụ thuộc này để truyền thông tin lập tức cho nhau.

Roger Penrose cũng là người phản đối mạnh mẽ giả thuyết tường lửa hố đen (black hole firewall) với lập luận rằng đường chân trời không có định nghĩa local riêng (là định nghĩa đã dựng lên tường lửa nướng chín bất cứ những gì đi vào hố đen). Ông cũng phản đối việc không chấp nhận thông tin bị mất khi đi vào hố đen với lập luận việc mất thông tin thực sự xảy ra khi thông tin chạm vào điểm kỳ dị của lỗ đen, và bởi vậy thể tích của không gian pha (phase space) giảm đi, entropy cũng giảm đi theo công thức  $S = k \log W$ .



lân cận lỗ đen và đi vào nơi vô cực. Với người quan sát từ xa nhìn vào, các hạt thoát ra khỏi vùng lân cận của lỗ đen này giống như bức xạ do lỗ đen phát ra.

Ngày nay phát kiến này, được công bố hoàn chỉnh vào năm 1974, được biết đến với tên gọi “bức xạ Hawking”.

\*\*\*

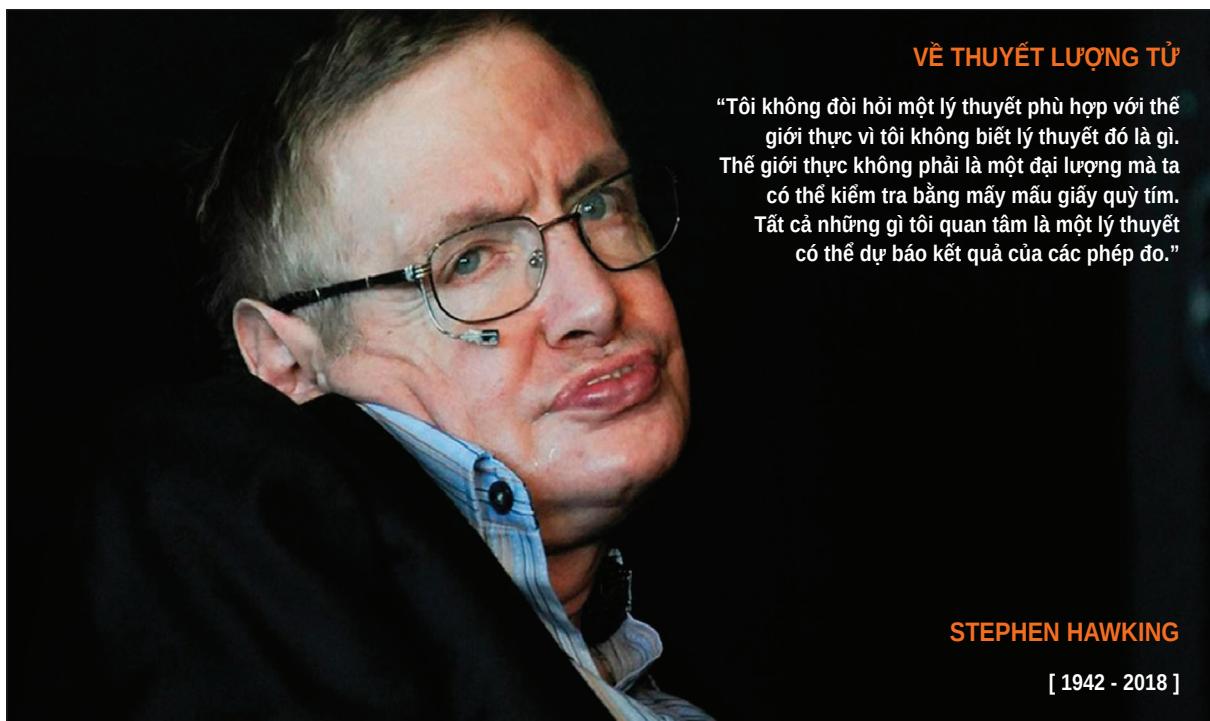
Vật chất và năng lượng là hai đại lượng vật lý có thể chuyển đổi qua lại với nhau, nhờ công thức của Einstein:  $E = mc^2$ , trong đó E là năng lượng, m là khối lượng, c là tốc độ ánh sáng. Khi lỗ đen hút năng lượng âm vào bên trong, khối lượng của nó giảm đi, diện tích bề mặt lỗ đen nhỏ lại, entropy của lỗ đen giảm xuống (để bù vào entropy mà bức xạ mang đi). Hawking chứng minh được rằng khi khối lượng lỗ đen giảm xuống thì nhiệt độ tốc độ bức xạ tăng lên. Hiện tượng này ngày nay chúng ta gọi là “sự bay hơi của lỗ đen”. Lỗ đen bay hơi đến một lúc nào đó thì khối lượng của nó còn rất nhỏ. Cái gì sẽ xảy ra ở thời điểm đó thì chưa ai rõ, nhưng Hawking cho rằng lỗ đen sẽ kết thúc bằng một vụ phát nổ bức xạ (nay được gọi là “vụ nổ Hawking”), tương đương nổ một quả bom khinh khí (tức là rất nhỏ với quy mô của vũ trụ).

Một lỗ đen có khối lượng gấp vài lần khối lượng mặt trời sẽ có nhiệt độ khoảng 1 phần 10 triệu độ trên độ không tuyệt đối (tức là 0 độ Kelvin). Nhiệt độ bức xạ nền của vũ trụ khoảng 2,7 độ Kelvin, cao hơn nhiệt độ lỗ đen khá nhiều. Vậy nên lỗ đen sẽ hút vào nhiều hơn bức xạ ra. Nhưng do vũ trụ giãn nở nên nhiệt độ nền của vũ trụ sẽ giảm dần xuống, đến một lúc nào đó sự bay hơi của lỗ đen sẽ xảy ra. Sẽ cần một khoảng thời gian rất dài, hàng rất nhiều triệu triệu năm ( $10^{64}$  năm hoặc lâu hơn nữa), thì lỗ đen mới bay hơi hoàn toàn.

\*\*\*

Trước khi có công trình đột phá của Hawking và Bekenstein, các nghiên cứu về lỗ đen chỉ giới hạn trong cơ sở của thuyết tương đối. Trong công thức tính entropy của lỗ đen, Hawking và Bekenstein sử dụng công cụ của vật lý lượng tử, trong đó diện tích bề mặt lỗ đen tính theo đơn vị độ dài Planck. Đây là đơn vị đo của lượng tử mà các nhà lý thuyết dây và hấp dẫn lượng tử cho là khoảng cách bé nhất của không gian, không thể chia cắt nhỏ hơn được nữa. Diện tích Planck rất nhỏ, một “Plank vuông” chỉ bằng  $10^{-66}$  mét vuông.

Nếu vật chất rơi vào lỗ đen là một “trạng thái lượng tử” thì cũng có nghĩa đó là một lượng thông tin lượng tử rơi vào lỗ đen. Khi đã rơi vào bên



trong lỗ đen, thông tin này sẽ bị hút về phía điểm kỳ dị. Khi chạm vào điểm kỳ dị, thông tin sẽ bị cuốn phăng về vô cực của thời gian. Thông tin sẽ bị mất vĩnh viễn. Điều này mâu thuẫn với quan điểm của vật lý lượng tử: thông tin luôn được bảo toàn, không thể nào phá hủy được bit thông tin. Đây chính là “nghịch lý thông tin lỗ đen”, hoặc còn được gọi là “nghịch lý Hawking”. Nghịch lý này dẫn đến vụ đánh cược nổi tiếng, cá cược từ năm 1991 mà đến năm 2004 Hawking mới nhận mình thua.

\*\*\*

Trong những người ở phe không đồng ý với việc Hawking nhận thua cược có Sir Roger Penrose. Penrose có nhiều lập luận để biện minh cho việc thông tin bị mất hẳn khi rơi vào lỗ đen sẽ không vi phạm tính đơn nhất của vật lý lượng tử (tổng xác suất của mọi kết quả khả dĩ của hệ lượng tử đang tiến hóa phải luôn bằng một.) Đây cũng là một trong những lập luận cơ bản để Penrose xây dựng mô hình vũ trụ CCC kỳ lạ của mình.

\*\*\*

Hawking kể rằng năm 1981 ông qua Moscow để dự một hội thảo về hấp dẫn lượng tử. Lúc này giọng nói của ông đã gần như không còn ai hiểu được nữa. Chỉ có người thân mới hiểu ông nói gì. Các bài giảng của ông được chuẩn bị trước và có người đọc lại. Khi tới Moscow ông mới nhận ra là chưa chuẩn bị trước. Vậy nên ông phải nói trực tiếp

và một nghiên cứu sinh của ông nhắc lại cho khán giả hiểu. Cách làm này vô tình khiến ông có cảm xúc trong việc tương tác với thính giả. Có lẽ đây là cảm hứng để ông viết cuốn sách dành cho bạn đọc phổ thông mà sau này cực kỳ nổi tiếng, cuốn *Lược sử thời gian*. Trong chuyến đi tới Moscow này, Hawking đã “phát hiện” được một nhà vật lý trẻ người Nga, Andre Linde, người sau này chuyển sang Mỹ làm việc và thành công với mô hình vũ trụ lạm phát (cùng với Alan Guth).

Hai năm sau nữa, năm 1985, sau một ca phẫu thuật, Hawking mất giọng nói hoàn toàn và phải dùng máy tính để trợ giúp.

\*\*\*

Stephen Hawking sinh ngày 8 tháng Giêng năm 1942, đúng vào ngày mà trước đó 300 năm Galile Galileo qua đời. Hawking khá thích chi tiết này và có nhắc đến trong cuốn sách nổi tiếng của mình.

Ngày 14 tháng 3 năm nay, đúng vào ngày của số Pi (Pi Day), và là sinh nhật lần thứ 139 của Einstein, nhà vật lý lỗ đen Stephen Hawking đã bay hơi về nơi vô tận. Nhưng chắc chắn các bức xạ vật lý của ông sẽ không bao giờ bị mất, nó sẽ tồn tại mãi trong kiến thức của vũ trụ học hiện đại và trong những trang sách giáo khoa. Đây có lẽ là lý do mà Hawking cuối cùng đã chịu phần thua trong vụ cá cược dai dẳng và nổi tiếng khắp thế giới.



### GIẢ THUYẾT VŨ TRỤ TOÀN ẢNH



Những người ủng hộ phe thắng cược phần nhiều là các nhà vật lý lý thuyết dây. Họ phát triển công trình của Hawking Bekenstein thêm một bước nữa. Năm 1997, nhà vật lý trẻ người Argentina tên là Joan Maldacena lần đầu tiên đưa ra “mô tả toàn ảnh của một vật thể có nhiều hơn ba chiều không gian (trong vật lý, do lỗ đen nằm trong không – thời gian nên các nghiên cứu lỗ đen phải làm việc với không gian bốn chiều hoặc nhiều hơn).

Những nhà theo “nguyên lý toàn ảnh” cho rằng toàn bộ thông tin (tức entropy) bên trong lỗ đen được mã hóa lên diện tích bề mặt lỗ đen. Giống như nếu ta chia nhỏ không gian trong một khán phòng hòa nhạc ra thành đơn vị thể tích Planck, thì tất cả các đơn vị này đều có thể được mã hóa lên mặt ngoài các bức tường của khán phòng. Mã hóa này làm bề mặt tường trở thành gồ ghề nhỏ li ti, và nếu biết cách ta có thể sử dụng nó như một tấm phim toàn ảnh (hologram). Hologram là một tấm phim phẳng (hai chiều) có bề mặt được chứa các thông tin đã mã hóa trong các rãnh gồ ghề rất nhỏ, nêu chiếu ánh sáng vào tấm phim này ta sẽ nhìn thấy hình ảnh khối (ba chiều) hiện ra. Hologram rất quen thuộc với chúng ta ở các tem chống hàng giả. Tức

là nếu đứng bên ngoài khán phòng và chiếu ánh sáng phù hợp lên tường, ta sẽ thấy hình ảnh 3D của cả khán phòng bên trong. Hơn nữa, nếu các thông tin bên trong được quét giống như máy cộng hưởng từ quét não người, thì hình ảnh 3D hiện ra kia không chỉ là hình ảnh cái vỏ bên ngoài, mà chứa đựng cả nội dung bên trong.

Từ đó Leonard Susskind đưa ra các tính toán chi tiết hơn về một thế giới toàn ảnh (holographic world). Theo thuyết vũ trụ giãn nở, vốn dựa vào lý thuyết của Einstein và phát hiện của Edwin Hubble năm 1929, do vũ trụ giãn nở liên tục, vũ trụ càng ở xa ta thì lùi xa với vận tốc càng cao. Ở một khoảng cách đủ xa, vũ trụ lùi ra xa ta với tốc độ nhanh hơn tốc độ ánh sáng, và bởi vậy ánh sáng từ đó không có cách nào chạy đến được với chúng ta. Như vậy khi ta nhìn ra vũ trụ xung quanh, nhìn xa hết cõi cũng chỉ có thể quan sát tối đa được tới được một đường biên hình tròn gọi là chân trời vũ trụ (cosmic horizon). Ta không thể biết được gì về vũ trụ nằm ngoài đường chân trời ấy. Phía ngoài đường tròn chân trời vũ trụ ấy là một lượng thông tin khổng lồ, lượng thông tin ấy được mã hóa lên mặt phẳng bên trong đường tròn. Và thế giới mà ta đang sống chỉ là hình ảnh holographic hiện ra từ mặt phẳng ấy.

### GIẢ THUYẾT VŨ TRỤ KHÔNG MẶT BIÊN



Hai năm sau, năm 1983, Hawking và James Hartle đề xuất giả thuyết “Hàm sóng của vũ trụ” theo đó ở vũ trụ không có mặt biên. Vũ trụ là một điểm kỳ dị trong không – thời gian ngay trước Big Bang, về mặt toán học nó không có đường biên (bề mặt, bao bọc bên ngoài) của cả thời gian lẫn không gian. Thời gian như ta nhận thức được hiện nay, chỉ đột ngột sinh ra sau khi vũ trụ kết thúc kỷ nguyên “thời gian Planck”. (Thời gian Planck là khoảng thời gian ngắn nhất theo vật lý lượng tử và không thể chia cắt nhỏ hơn nữa.) Theo giả thuyết này, vũ trụ hiện nay giống như bề mặt của một quả bóng bay đang được bơm căng dần lên. Các thiên hà nằm trên bề mặt quả bóng và do quả bóng đang căng lên các thiên hà cũng sẽ giãn xa nhau ra.

### GIẢ THUYẾT TƯỜNG LỬA HỐ ĐEN



Một nhà vật lý khác, Joseph Polchinski, người mới qua đời đầu năm nay ở tuổi 63, đã khảo sát lại nghịch lý thông tin một lần nữa vào năm 2012. Khảo sát của Polchinski cho rằng bao quanh chân trời sự kiện là một bức tường lửa có nhiệt độ cực kỳ cao. Các lập luận và tính toán để đi đến kết luận này của Polchinski có những lập luận làm lung lay chiến thắng của phe thắng cược.





## Chương VI

# QUẤN QUÍT LƯỢNG TỬ

Với hàm sóng Schrödinger: toàn bộ vũ trụ này chỉ là một đối tượng đơn nhất và chịu sự chi phối của hàm sóng. Một “đan díu” lượng tử, dù là một ánh mắt thoáng qua hay một nụ cười nơi khói môi, cũng tạo ra một quấn quít ẩn giấu, và từ đó vũ trụ tách ra sang một nhánh khác. Có hằng hà sa số vũ trụ như vậy, với hằng hà sa số bản sao của mỗi con người, ứng với hằng hà sa số các số phận khác nhau: khổ đau, hạnh phúc, giàu nghèo, thành công, thất bại, yêu và được yêu...



Erwin Schrödinger.



Wolfgang Pauli.

Năm 1935, Schrödinger viết thư trao đổi với Einstein về bài báo khoa học EPR mà Einstein là một trong ba tác giả. Trong thư viết bằng tiếng Đức, Schrödinger dùng chữ “verschränkung” để gọi mối tương quan giữa hai hạt bị chia ly sau khi đã có tương tác với nhau. Chữ *verschränkung* được chính Schrödinger dịch sang tiếng Anh là *entanglement*. Có lẽ ông chỉ thay đổi một chút để biến “*romantic entanglement*” thành “*quantum entanglement*”.

Schrödinger là một người lảng mạn, hàm sóng lượng tử mang tên ông, được ông phát minh trong một kỳ đi nghỉ mệt nhoài với người tình bí ẩn.

“Miệt mài trong cuộc truy hoan.”

Càng quen thuộc nết, càng đan díu tình.”

[Kiều]

Bởi vậy, khi dịch *entanglement* sang tiếng Việt, có lẽ ta nên dùng “*dan díu*”, “*luyến ái*” hoặc “*vấn vít*”, “*quấn quít*”- ý nói một khi hai hạt đã “tương tác” với nhau sẽ có một mối quan hệ “*ẩn giấu*”, “được sắp đặt”, “*quấn quít*” tồn tại ngay cả khi hai hạt bị buộc phải rời xa nhau.

Nghiệm của hàm sóng Schrödinger còn mang đến cho thế giới lượng tử một đặc tính được gọi là *quantum superposition* trong tiếng Anh. Nếu dịch từ này sang tiếng Việt theo tinh thần của Schrödinger ta sẽ có *trùng điệp lượng tử*.

Mỗi trạng thái lượng tử là một tổ hợp trùng điệp, điệp điệp những trạng thái lượng tử khác nhau. Như tờ hồng trùng điệp duyên khởi muôn cõi nhân gian:

“Trùng trùng, điệp điệp chiêm bao

Tỉnh ra trong mộng lại vào trong mơ”

[Xuân Diệu]

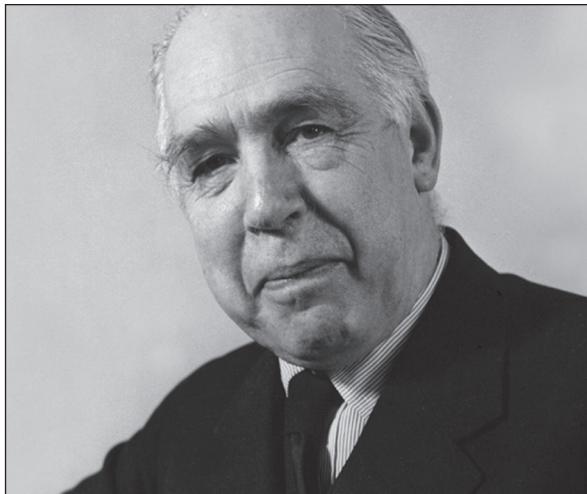
Carroll nói các nhà vật lý và các triết gia đều quan tâm đến cơ học lượng tử. Có những giáo sư triết không có bằng triết học mà có bằng vật lý. Ngôi ở khoa triết nhưng họ vẫn làm vật lý lý thuyết: họ dùng vật lý lượng tử để tìm hiểu thực tại. Bài viết dưới đây có ba cái tên nhìn hơi hơi giống nhau: Bohr, Born và Bohm, cần thận khi đọc.

## 1. BOHR, PAULI VÀ HEISENBERG

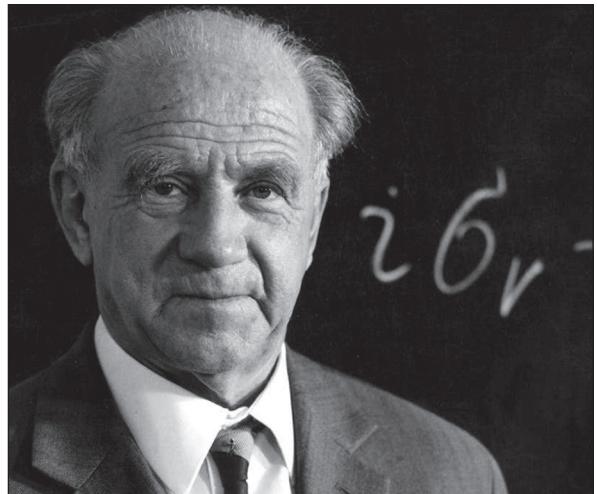
Lấy cảm hứng khoa học từ thí nghiệm của Rutherford, năm 1913 Bohr đề xuất mô hình nguyên tử dạng hành tinh trong đó các điện tử (electron) bay trên một số quỹ đạo nhất định xung quanh một hạt nhân rất nặng nhưng bé tí ti. Điện tử có thể “nhảy” từ quỹ đạo của mình sang một quỹ đạo khác, mỗi quỹ đạo tương ứng với một mức năng lượng khác nhau, bởi vậy khi nhảy nó sẽ hấp thụ hoặc bức xạ các “cục” năng lượng gián đoạn (quantum: lượng tử) dưới dạng ánh sáng (sóng điện tử).

Mô hình nguyên tử Bohr ăn sâu vào nhận thức chung của nhân loại. Khi nghe đến chữ nguyên tử, trong đâu chúng ta kiểu gì cũng nảy ra hình ảnh các điện tử bay quanh hạt nhân.

Mô hình nguyên tử Bohr giải thích được hiện tượng quang phổ của nguyên tử có cấu trúc đơn giản nhất là hydro (một điện tử bay quanh một hạt nhân); nhưng mô hình này lại thất bại trong tính toán quang phổ của các nguyên tử khác, kể cả với nguyên tử đơn giản gần bằng hydro là heli (hai điện tử bay quanh một hạt nhân). Mô hình Bohr cũng không giải thích được các biến đổi quang phổ của nguyên tử hydro dưới tác động của điện trường hoặc từ trường.



Niels Bohr.



Werner Heisenberg.

Thực ra, trong thế giới vi mô của các hạt hạ nguyên tử (subatomic, các hạt tạo thành nguyên tử), không có quỹ đạo nào để điện tử cứ quay quanh hạt nhân một cách đơn giản như vậy.

Năm 1924, Wolfgang Pauli lúc này mới 24 tuổi, cố gắng tìm cách giải thích chu kỳ của bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học. Từ đây anh tìm ra Nguyên lý ngoại trừ (Pauli Exclusion Principle). Nguyên lý này phát biểu rằng không thể có hai electron cùng tồn tại ở cùng một trạng thái lượng tử.

Năm 1925, do bị sốt cổ, nhà vật lý trẻ Heisenberg đi nghỉ hai tuần ở một hòn đảo nhỏ vùng Biển Bắc, đảo Heligoland. Ngồi trên đảo, những lúc ngót sốt, Heisenberg mang toán ra làm vật lý. Và còn hơn cả một cơn sốt, Heisenberg đã có một ý tưởng cách mạng, anh vứt bỏ mô hình quỹ đạo của Bohr.

Rất lâu sau này người ta mới lờ mờ hiểu ra, là một người theo chủ nghĩa “*thao tác luận*” (operationism), Heisenberg chỉ tập trung vào những gì khoa học quan sát được: quang phổ bức xạ ra từ các bước nhảy năng lượng bên trong nguyên tử. Từ đây anh lóe ra một ý tưởng đột phá. Bằng cách sử dụng một thứ toán học rất khó nhằn để tính toán và dự đoán quang phổ của một dao động ký lượng tử, từ đó Heisenberg có thể dự đoán được quang phổ của một nguyên tử biến đổi dưới tác động của từ trường.

Thần đồng Pauli - bạn thân của Heisenberg, và Born - người thầy của vô số các nhà vật lý vĩ đại, nồng nhiệt đón nhận mô hình toán mới mẻ của Heisenberg. Born thậm chí còn nghĩ ra tên cho lý thuyết mới mẻ của Heisenberg, ông gọi nó là “cơ học ma trận”. Lúc này, Heisenberg mới khoảng 24 tuổi.

## 2. EINSTEIN VÀ HEISENBERG

Đúng 20 năm trước, năm 1905, có một thanh niên 25 tuổi tên là Einstein tung ra một loạt bài báo làm thay đổi tận gốc khoa học hiện đại: một bài báo chứng minh phân tử là có thật; một bài báo đặt nền tảng cho vật lý lượng tử mà trong đó Einstein giải thích hiện tượng quang điện và đề xuất ra thứ mà ngày nay mang tên gọi photon (hạt ánh sáng); và một bài báo ngày nay được biết đến với tên gọi *Thuyết tương đối hẹp*.

Theo *Thuyết tương đối hẹp*, vận tốc ánh sáng là vận tốc nhanh nhất mà các vật thể trong vũ trụ của chúng ta có thể đạt được. Không vật thể nào, hay tín hiệu nào, có thể di chuyển nhanh hơn vận tốc ánh sáng. Tốc độ lan truyền của tín hiệu là hữu hạn.

Ngay khi nghe đến ý tưởng cách mạng của Heisenberg, Einstein gặp riêng Heisenberg để hỏi cho ra nhẽ: Heisenberg chấp nhận nguyên tử, tuy đã rất vi mô, nhưng vẫn có những thành phần vi mô còn bé hơn nữa cấu thành nên nguyên tử; thế nhưng Heisenberg từ chối chấp nhận mô hình “quỹ đạo” mà các thành phần vi mô này vận hành. Tại sao lại như vậy?

Câu trả lời của Heisenberg mang đậm màu sắc của chủ nghĩa Mach, chủ nghĩa mà Einstein chịu ảnh hưởng để từ đó tìm ra *Thuyết tương đối hẹp*: Chúng ta không thể quan sát các quỹ đạo điện tử ở bên trong nguyên tử, thứ duy nhất mà ta có thể thực sự quan sát đó là quang phổ ánh sáng của nguyên tử.

Câu trả lời của Heisenberg nhất quán với phát biểu của Mach: Lý thuyết tốt phải dựa trên biên độ/cấp độ (magnitude) của [tín hiệu] mà ta có thể quan sát trực tiếp.

Einstein phản biện lại Heisenberg, ông cho rằng: “*dựa vào biên độ của tín hiệu mà ta quan sát được để xây dựng một lý thuyết là chưa đủ. Bởi nhiều khi chính cái lý thuyết ấy lại quyết định cái mà ta có thể quan sát*”. Suy nghĩ sâu sắc này của Einstein, phải rất lâu sau này các nhà vật lý lượng tử mới thấu hiểu rằng nó sâu sắc đến thế nào.

Còn Einstein, vào buổi bình minh huy hoàng của vật lý lượng tử, đã không tranh luận nổi với Bohr và các môn đồ. Trong mắt công chúng phổ thông, Einstein bỗng trở thành một nhà vật lý già nua và tụt hậu. Vinh quang chói lọi dường như chỉ thuộc về Bohr và trường phái Copenhagen mà ông lãnh đạo.

Nhưng trong lượng tử, sự thắng thua hóa ra cũng là bất định, mà phần thắng cuối cùng dường như nghiêng về phía Einstein. Nhưng đây là câu chuyện mãi về sau này, lúc cả Bohr và Einstein đều khuất núi. Còn bây giờ ta trở lại với cơ học ma trận của Heisenberg.

### 3. HEISENBERG VÀ SCHRÖDINGER

Sau cuộc nói chuyện, Einstein khuyên Heisenberg đến Copenhagen để làm việc với Bohr, một người bạn thân của Einstein; thay vì đến Leipzig để nhận chức giáo sư.

Đây là lần thứ hai Heisenberg đến Copenhagen làm việc với Bohr. Giữa hai lần đến Copenhagen là khoảng thời gian sáu tháng mà Heisenberg trở về trường mình là Göttingen để hoàn thành luận văn tiến sĩ và hoàn thiện cơ học ma trận của mình (với sự giúp đỡ của Born và Jordan).

“Cơ học ma trận” của Heisenberg không chỉ giải thích được các hiện tượng quang phổ mà còn mở ra lối đi mới vào một thế giới mới: thế giới lượng tử.

Thế nhưng “cơ học” Heisenberg rất khó về mặt kỹ thuật, ở đây là toán, mà cái khó nhất là nó ngăn các nhà vật lý “hình dung” ra “bức tranh” về thế giới lượng tử và cách nó vận hành.

Cơ học ma trận của Heisenberg ở đỉnh vinh quang được có sáu tháng.

Schrödinger, một nhà vật lý người Áo, quyết tâm tìm ra một hướng đi khác về mặt toán học cho “cơ học lượng tử”. Ông đến một biệt thự nghỉ mát trên núi Alps ở Thụy Sỹ, mang theo một cô bồ (đến nay vẫn còn là bí ẩn) và hai viên ngọc trai để bịt tai. Trong hai tuần ở biệt thự ấy, vừa vật nhau với cô bồ vừa vật nhau với toán học, Schrödinger đã tìm ra

phương trình sóng lượng tử mà ngày nay chúng ta quen với tên gọi Phương trình Schrödinger.

So với toán của “cơ học ma trận”, toán trong lý thuyết “cơ học sóng” của Schrödinger dễ sử dụng hơn, và quan trọng hơn đó là nó giúp các nhà vật lý dễ hình dung ra một bức tranh lượng tử, bởi nó dùng ngôn ngữ toán của hàm sóng, vốn rất quen thuộc với các nhà vật lý.

“Cơ học sóng” của Schrödinger hoàn toàn tương đồng với “cơ học ma trận” của Heisenberg. Hai cơ học này dùng các công cụ toán học khác nhau để mô tả chỉ một lý thuyết duy nhất: “cơ học lượng tử”. Nhưng công cụ mà Schrödinger tạo ra dễ sử dụng hơn, và quan trọng hơn: nó giúp các nhà vật lý giải quyết các vấn đề tồn đọng cả chục năm.

Pauli, vốn giỏi toán chẳng kém gì Heisenberg, nếu như không nói còn giỏi hơn, cố gắng sử dụng cơ học ma trận để giải quyết bài toán độ sáng của các vạch quang phổ hydro, một bài toán tồn đọng 17 năm, nhưng vẫn bó tay không giải nổi. Thế nhưng khi chuyển sang dùng cơ học sóng, anh lập tức giải ngay được bài toán này.

Summerfeld, thầy của Heisenberg cũng nói: “Không có gì để nghi ngờ “cơ học ma trận”, nhưng cách vận dụng toán học của nó cực kỳ rắc rối và trừu tượng một cách đáng sợ, may quá Schrödinger xuất hiện và cứu rỗi chúng ta.”

Born thì mô tả cơ học sóng của Schrödinger là “hình thái sâu sắc nhất của các định luật lượng tử.”

### 4. NGUYỄN LÝ BẤT ĐỊNH HEISENBERG

Tương đồng về toán học, nhưng lại khác nhau về bản chất, và dẫn đến hai cách giải thích hoàn toàn khác nhau về các hiện tượng thuộc thế giới lượng tử. Theo “cơ học sóng” của Schrödinger, mọi hiện tượng đều chuyển động liên tục và trơn tru như sóng. Còn theo cơ học ma trận của Heisenberg, các hiện tượng phải rời rạc, nó cần phải có các bước nhảy lượng tử.

Ở ngoài đời, các nhà vật lý vĩ đại đều lịch thiệp, tỏa sáng với công chúng và quyến rũ với phụ nữ. Họ cũng lịch sự với nhau, hữu nghị và thân ái. Nhưng trong học thuật, họ cãi nhau, và cả miệt thị ý tưởng của nhau, như những kẻ mang nặng hận thù. Va chạm này ra ngay lập tức giữa cá nhân Schrödinger và nhóm Copenhagen của Bohr và Heisenberg. Bất đồng tưởng đâu không thể hàn gắn được, và vật lý lượng tử sẽ không biết phải đi về đâu, thì Born lần nữa xuất hiện.

Born phát biểu rằng: hàm sóng của một hạt ở một vị trí sẽ cho ra kết quả chính là xác suất [đo lường] thấy được hạt ở vị trí ấy - và ngay khi phép đo xảy ra, hàm sóng sụp đổ (collapse). Phát biểu này, ngày nay được biết đến với tên Quy tắc Born.

Trong mô hình sóng (wave model), các điện tử không còn chuyển động quanh hạt nhân giống như trái đất bay quanh mặt trời nữa, thay vào đó là các lớp điện tử được mô tả như một đám mây trên quỹ đạo bao quanh hạt nhân của nguyên tử. Và vị trí của điện tử không còn được biểu diễn như hàm của một hạt điểm nữa mà như một hàm phân phối xác suất.

Quy tắc Born dường như đặt thế giới lượng tử bị chi phối bởi hàm sóng, trơn tru và liên tục của Schrödinger, vào một trật tự dễ đoán định.

Vòng hào quang mà Heisenberg mới đón nhận bỗng nhiên mờ hẳn. Thế nhưng với thiên tài trẻ tuổi này, mất hào quang này làm nảy ra tri kiến khác, một tri kiến cực kỳ sâu sắc về một trật tự bất khả của thế giới lượng tử. Trở lại với câu hỏi của Einstein, Heisenberg bắt đầu suy nghĩ về việc xác định vị trí chính xác của một hạt cơ bản, ví dụ hạt electron.

Để “nhìn” thấy một hạt cực kỳ bé, ta phải “chiếu” ánh sáng vào nó. Nếu bước sóng quá dài, “dài” hơn kích cỡ của electron, ta sẽ không quan sát được nó. Để quan sát được, bước sóng phải đủ ngắn. Bước sóng càng ngắn, năng lượng ánh sáng càng cao. Khi bước sóng đủ ngắn, giúp ta nhìn thấy vị trí của electron, biết chính xác vị trí của nó, thì cũng là lúc năng lượng của ánh sáng “đẩy” một cú mạnh vào electron, khiến hạt này “văng” đi. Ta không thể biết chính xác vận tốc và hướng mà hạt văng đi. Tức là ta không thể biết được chính xác động lượng (vector vận tốc nhân với khối lượng) của hạt. Đây chính là Nguyên lý bất định Heisenberg, ra đời năm 1927 khi Heisenberg đang ở Copenhagen. Pauli là người đầu tiên được Heisenberg viết thư để khoe ý tưởng này, trong thư Heisenberg dùng từ tiếng Đức “*ungenauigkeit*”, nghĩa là “không chính xác” để gọi nguyên lý của mình.

Về mặt toán học, các toán tử (ma trận) Heisenberg có sự đẹp đẽ kỳ quặc riêng của nó:  $3 \times 2$  lại không bằng  $2 \times 3$ . Đây chính là toán tử giao hoán, công thức toán nằm sau Nguyên lý bất định Heisenberg: *người ta không có cách nào xác định chính xác được đồng thời cả vị trí và động lượng (vận tốc) của một hạt*.

## 5. GIẢI THÍCH COPENHAGEN

Những năm 1920 và 1930 ở Áo và Đức, tức là cùng thời gian và không gian với cuộc cách mạng lượng tử, xuất hiện Vienna Circle và Berlin Circle hai nhóm hoạt động triết học, chính trị và khoa học. Họ đề xuất chủ nghĩa “*thực chứng Logic*” (logical positivism). Học thuyết của họ có một đặc điểm quan trọng: ý niệm về thế giới [thực tại] khoa học phải là empiricist và positivist; chỉ có [một] tri thức, đó là tri thức đến từ trải nghiệm (experience). Ý niệm về thế giới [thực tại] khoa học phải được đóng dấu bằng các ứng dụng của một phương pháp cụ thể có tên gọi là logical analysis.

Từ đây, để chống lại *siêu vật lý* (metaphysics: siêu hình/hình nhì thượng học/形而上学), các nhà *positivist* đề cao xác thực (verification): hiểu một phát biểu [vật lý] cũng tương đương với hiểu cách xác thực [verify] phát biểu ấy bằng cách sử dụng các giác quan của mình.

Các nhà vật lý quy tụ dưới bóng của Bohr có những cách hiểu khá khác nhau về lượng tử. Nhưng họ đồng thuận một điều: họ chấp nhận tư tưởng của logical positivism. Với họ, các câu hỏi về những gì đang “*thực sự*” xảy ra ở thế giới lượng tử là những câu hỏi vô nghĩa; tính toán và dự đoán được kết quả phép đo đặc [giác quan nối dài của con người] trên một hệ lượng tử là quá đủ với họ.

Thế giới lượng tử (quantum world) là thế giới của nguyên tử (atom) và các hạt hạ nguyên tử (subatom particle). *Giải thích Copenhagen* phát biểu rằng *vật lý lượng tử chỉ đơn thuần là công cụ tính toán các xác suất của các kết quả khác nhau của thực nghiệm*.

Heisenberg là người đầu tiên nắm bắt được hình thái toán học đầy đủ của vật lý lượng tử. Nhưng cũng như Bohr, Heisenberg rất mập mờ về mặt triết học giữa thế giới thực khách quan quen thuộc của con người và thế giới thực khách quan của các hạt hạ nguyên tử.

Theo Bohr, chỉ có một mô tả (a description) mang tính chất vật lý, lượng tử và trừu tượng về thế giới lượng tử: “*Không có quantum world. Các hạt vật chất bị cô lập* (trong nguyên tử) *chỉ là sự trừu tượng hóa; các tính chất của chúng, xét theo thuyết lượng tử, chỉ có thể định nghĩa và quan sát được thông qua việc [chúng] tương tác với các hệ [vật lý] khác*”.

Heisenberg giải thích: “*Một ý tưởng về một thế giới thực và khách quan, thế giới mà các cấu*

*phản nhỏ bé nhất của nó tồn tại khách quan theo cùng nghĩa với [sự tồn tại] của đất đá hay cỏ cây, độc lập với việc chúng ta có quan sát chúng hay không - đây là một ý tưởng bất khả’.*

Còn với Bohr, ông đặt ra ranh giới cho thế giới vật lý, hiện thực khách quan, của con người: ranh giới ở ngưỡng nguyên tử. Ta không nên đặt ra câu hỏi về những gì “đang xảy ra bên trong nguyên tử” khi ta không thể “nhìn vào trong” nó.

Để nhìn vào bên trong nguyên tử, các nhà vật lý xây dựng một quy trình đo lường có thực, dựa trên hàm sóng, để tìm ra vị trí của electron, kết quả đo được là “thực”. Jordan nói rằng “electron bị ép buộc tuân theo một kết luận [tức là nghiệm xác suất của hàm sóng]. Chúng ta cưỡng bức electron phải giả định về vị trí chính xác của nó trước khi ta thực hiện phép đo [tức electron phải là hạt]; trước khi thực hiện phép đo, tổng quát mà nói, electron không ở chỗ này cũng chẳng ở chỗ kia [ta chỉ biết xác suất electron xuất hiện ở những chỗ đó]. Chính chúng ta, tự bản thân mình, sản xuất ra kết quả của các phép đo.”

Nếu electron, photon là “hạt”, ta phải xác định được vị trí và vận tốc của chúng, đây lại là các đại lượng mà sóng không có. Nếu chúng là “sóng”, chúng sẽ phải có tần số và bước sóng, đây là những tính chất mà hạt không có.

Từ đây Bohr đề xuất “nguyên lý bổ sung” mà về sau này trở thành tư tưởng cốt lõi của Giải thích Copenhagen. Nguyên lý bổ sung cho rằng “hạt” và “sóng” không mâu thuẫn với nhau, mà bổ sung cho nhau.

Giao thoa electron qua thí nghiệm khe hẹp chính là sự “hiện hình” từ sóng của một hệ lượng tử mà ta có thể quan sát được về mặt vật lý. Electron là hạt, khi đi qua khe hẹp lại tạo ra vân giao thoa giống như giao thoa sóng cổ điển.

Electron khi bắn ra khỏi cathode của buồng chân không, nó là hạt. Trong lúc “bay” đến màn hình phosphor, nó là sóng. Khi va vào màn hình nó lại là hạt.

Theo triết lý của Bohr, khi ta “quan sát” một hệ lượng tử, theo nguyên lý bất định, cũng là lúc ta đã tác động nào hệ, và ta chỉ xác định được chính xác hoặc là vị trí hoặc là động lượng (tốc độ và hướng chuyển động) của hạt. “Vị trí” và “động lượng” “bổ sung” cho nhau, bởi ta cần biết cả hai để có bản mô tả đầy đủ một trạng thái lượng tử.

Từ đây đã hình thành Giải thích Copenhagen

của Bohr và các đệ tử lừng danh của mình như Heisenberg, Pauli, Born.

Giải thích Copenhagen nói rằng một hệ lượng tử giữ nguyên trạng thái “trùng điệp lượng tử” (quantum superposition) cho đến khi nó tương tác với thế giới bên ngoài hoặc bị thế giới bên ngoài quan sát. Khi tương tác này xảy ra, superposition sụp đổ về một trạng thái xác định khả dĩ nào đó, không trạng thái này thì trạng thái khác.

“Quantum superposition” là một đặc tính cốt lõi khác của vật lý lượng tử, nó cho rằng bất cứ hai hoặc nhiều hơn hai các trạng thái (state) lượng tử có thể “cộng” vào với nhau trùng trùng, điệp điệp (superposed) để tạo ra một trạng thái lượng tử. Về mặt toán học nó liên quan đến nghiệm của phương trình sóng Schrödinger, tổ hợp của các nghiệm của phương trình này cũng sẽ là một nghiệm khác.

Rất ít người dám nghi ngờ Bohr và Giải thích Copenhagen. Dirac thắc mắc thoáng qua, rằng nguyên lý bất định không đưa ra “một phương trình” mới mẻ nào. Những người hiểu giá trị sâu sắc của “một phương trình vật lý mới” như Dirac không có nhiều. Những người như thế, dám chống lại Bohr, còn ít hơn nữa. Họ chính là Einstein và Schrödinger.

## 6. EINSTEIN VÀ COPENHAGEN

Einstein tin vào vật lý lượng tử, nhưng niềm tin của ông không mù quáng và tuyệt đối. Từ sâu xa trong tri kiến vật lý của mình, ông nhìn thấy sự khiếm khuyết của vật lý lượng tử. Ông không thực sự tin vào Giải thích Copenhagen. Ông gọi cách giải thích này là một thứ tôn giáo, hay triết học, rу ngủ; là tiệc tùng hờn hèn ngập trong tri thức luận.

Câu nói nổi tiếng của Einstein nhằm chỉ trích tư tưởng của Bohr: “Chúa không quăng hạt xúc sắc”, hàm ý rằng thế giới hiện thực khách quan phải tất định, chứ không bất định và phụ thuộc vào người quan sát. Ông cho rằng “nguyên lý bổ sung” của Bohr là chưa trọn vẹn, và nó không giúp hoàn thiện và hoàn mỹ thuyết lượng tử.

Tất nhiên Bohr không nghĩ như vậy. Với Bohr, vật lý lượng tử đã hoàn tất.

Các cuộc tranh luận này lửa giữa Bohr và Einstein rất sâu sắc và tinh tế về cả triết học, vật lý. Về ngoài của nó khiến cho người ta có cảm giác rằng cuối cùng thì Bohr thắng thế, còn Einstein thua cuộc và tụt lại đằng sau cuộc cách mạng lượng tử trẻ trung và đầy hứa hẹn.

## 7. DE BROGLIE VÀ SÓNG HOA TIÊU (PILOT-WAVE)

Einstein thích một cách giải thích vật lý lượng tử có “cố kết” (coherence) chặt chẽ hơn, sâu hơn, đi xuống những tầng vi mô sâu nhất của thế giới thực. Một cách giải thích mà các câu hỏi sẽ được trả lời mà không phải phụ thuộc vào xác suất tiềm ẩn trong các kết quả đo.

Một cách giải thích như vậy được de Broglie đưa ra năm 1927. De Broglie cho rằng trong thuyết lượng tử có cả “hạt” và “sóng”. Trong thế giới lượng tử của de Broglie tồn tại cả hạt và sóng. Sóng lượng tử của Broglie, có tên gọi “sóng hoa tiêu”(pilot-wave), sẽ dẫn đường cho hạt “lướt” trên con sóng ấy. Chuyển động của hạt là tất định, nhưng quỹ đạo của nó bị ẩn giấu. Không thí nghiệm nào có thể quan sát được đầy đủ quỹ đạo của hạt. Điều này dẫn đến việc lý thuyết của de Broglie vẫn thỏa mãn nguyên lý bất định Heisenberg, là một lý thuyết cực kỳ khớp với thực nghiệm.

Tuy nhiên, cách giải thích của Broglie bị che phủ hoàn toàn bởi cách giải thích Copenhagen vốn đang tuyệt đối thắng thế ở cùng thời điểm.

## 8. PHÉP CHỨNG MINH CỦA VON NEUMANN

Von Neumann được đồng nghiệp ở Princeton nói đùa là người “có thể chứng minh bất cứ thứ gì, và bất cứ thứ gì von Neumann chứng minh đều là phép chứng minh đúng”.

Năm 1932, trong cuốn sách giáo khoa về vật lý lượng tử của mình von Neumann đã chứng minh giải thích Copenhagen là cách giải thích khả dĩ duy nhất, còn các cách giải thích “biến ẩn” (hidden-variable) là bất khả.

Năm 1935, Greta Hermann (học trò của Emmy Noether) xuất bản một bài báo trong đó cô chỉ ra một bước trong chứng minh của Neumann sai sót nghiêm trọng, và cả phép chứng minh vì thế mà bị hỏng hoàn toàn. Nhưng không một ai lắng nghe nhà toán học này. Vì cô là... nữ, và không làm vật lý.

Nhiều nhà vật lý đơn thuần chấp nhận chứng minh của von Neumann, nhắm mắt bỏ qua những lỗ hỏng ngay trong trái tim của vật lý lượng tử. Nhất là khi các thành công của vật lý lượng tử sau thế chiến thứ hai quá khổng lồ: từ giải thích các hiện tượng quang học (tại sao mặt trời phát sáng, và tại sao mắt chúng ta nhìn thấy ánh sáng), đến bom nguyên tử, chip bán dẫn trong quân sự (các vệ tinh dẫn đường tên lửa đạn đạo) và dân

dụng (đầu DVD và smartphone), và các thiết bị y tế tân kỳ cứu sống vô số nhân mạng.

## 9. EPR VÀ CON MÈO SCHRÖDINGER

Từ năm 1927 đến năm 1935, Einstein mài rũa một số thí nghiệm tư duy, vốn là một tuyệt chiêu của Einstein. Các thí nghiệm tư duy của Einstein đều cực kỳ Logic, đơn giản và tinh xảo. Chúng nhằm thẳng vào tính không trọn vẹn (inadequate) của thuyết lượng tử.

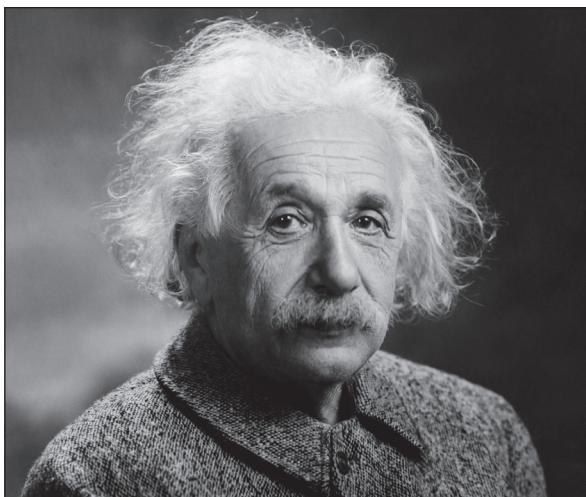
Đầu tiên, Einstein tung ra một thí nghiệm liên quan đến electron, khe hẹp và màn phosphor (là màn hình TV hoặc máy tính CRT: cathode ray tube kiểu cũ). Thí nghiệm cho thấy khi electron va vào màn phosphor, thì toàn bộ hàm sóng đồng thời suy sụp. Tức là, khi electron tương tác với màn, nó “phát” đi một “tín hiệu” mà khắp “không gian” hàm sóng sẽ nhận được “cùng một lúc”. Việc này vi phạm thuyết tương đối hẹp (tín hiệu truyền nhanh hơn tốc độ ánh sáng).

Vấn đề Einstein đưa ra trong thí nghiệm này về sau được biết với tên gọi *locality* (“địa phương tính”). *Locality* là nguyên lý quan trọng của vật lý, nó cho rằng một biến cố xảy ra chỉ có tác động (nhân-quả: causal) tới vùng lân cận (địa phương), và không thể có tác động tức thời tới một biến cố khác ở xa.

Năm 1935, Einstein và hai cộng sự tung ra bài báo EPR (Einstein-Podolsky-Rosen). Đây là một thí nghiệm tư duy, có dáng vẻ bề ngoài sử dụng Nguyên lý bất định để làm lộ ra khuyết của thuyết lượng tử, còn ở sâu trong bản chất, nó cho thấy thuyết lượng tử vi phạm nguyên lý “địa phương tính”.

Thí nghiệm EPR làm bật ra một nghịch lý rất tinh tế. Trong thí nghiệm này, Einstein và cộng sự sắp đặt sao cho hai hạt cơ bản (ví dụ electron hoặc photon) tương tác với nhau theo một cách đặc biệt rồi sau đó, và nhờ đó, đo được chính xác cả vị trí và động lượng của hạt. Điều này vi phạm Nguyên lý bất định. Nếu không chấp nhận việc các hạt vi phạm Nguyên lý bất định, thì đúng vào lúc thực hiện phép đo, bất chấp hai hạt ở xa nhau đến mấy, hẳn hai hạt phải “thông tin” cho nhau theo một cách nào đó tức thời (tốc





Albert Einstein.



Boris Podolsky.

độ nhanh hơn ánh sáng) và bởi vậy vi phạm “địa phương tính”. Hay nói cách khác, các hạt có tính phi địa phương (non-locality: phi - địa phương tính). Einstein dùng từ “spooky” (ma quái) để mô tả hiện tượng này: “*spooky action at a distance*”.

Ví dụ một hạt hạ nguyên tử (hạt mẹ) phân ra thành hai hạt (hạt con). Hai hạt con này là một cặp hạt có “tương quan” lượng tử với nhau. Do các định luật bảo toàn, nếu thiết lập một phép đo để đo một hạt, thì kết quả đo được của hạt này sẽ có tương quan rất mạnh với kết quả đo của hạt kia. Ví dụ một hạt có spin-zero phân ra thành một cặp hạt có spin-½ (spin bán nguyên). Do định luật bảo toàn mômen động lượng tổng spin trước và sau phân ra vẫn phải bằng zero, nên khi đo spin (dọc theo một trục) của hạt này ra spin-up, thì đo hạt kia (dọc theo cùng trục ấy) sẽ phải ra spin-down. Nghịch lý ở đây là, làm sao khi phép đo tác động lên hạt (con) này, làm hàm sóng sụp đổ, và tín hiệu (sụp đổ) này “báo hiệu” tức thời cho hạt (con) kia.

Trong các thư từ trao đổi với Einstein, Schrödinger chỉ ra một hiện tượng độc đáo: hai hạt sau khi tương tác bỗng trở nên kết nối với nhau, chia sẻ với nhau cùng một hàm sóng. Schrödinger đặt cho hiện tượng này một cái tên rất hấp dẫn: *“quấn quít lượng tử”*.

Nếu hai hạt hạ nguyên tử (particle) va chạm (collide) với nhau, ngay sau khi tương tác (dan díu) chúng sẽ luôn “quấn quít” (entangled) với nhau. Nếu một nhóm các đối tượng/vật thể lượng tử, bất kể là các hạt cơ bản trong nguyên tử, hay các nguyên tử trong phân tử, hợp với nhau để tạo thành một đối tượng lớn hơn, chúng đều trở nên “quấn quít”. Gần như tất cả các hạt, sau khi tương

tác với nhau, chúng đều bị “quấn quít” và chia sẻ với nhau một hàm sóng đơn duy nhất, giống y như trong thí nghiệm tự duy của Einstein.

Thí nghiệm EPR làm nổi bật bản chất tự nhiên (rất trái với trực giác thông thường) của “quantum superposition” lượng tử. Từ đây Schrödinger nghĩ ra thí nghiệm tự duy nổi tiếng: *Con mèo Schrödinger* - một con mèo cùng một lúc tồn tại ở cả hai trạng thái khác nhau: đang sống hoặc đang chết. Khi người quan sát, mở cửa buồng để quan sát con mèo thì đồng thời anh ta cũng làm sụp đổ một hàm sóng, mà hàm sóng này (có xác suất như tung đồng xu), hoặc bật lẩy cái búa gõ chết con mèo, hoặc không bật lẩy. Ở thời điểm quan sát ấy người quan sát xác định được số phận của con mèo: sống hoặc chết. Nhưng trước đó, con mèo vừa đang sống lại vừa đang chết.

## 10. CHIẾN TRANH THẾ GIỚI THỨ HAI

Năm 1933, Hitler xuất hiện trên vũ đài chính trị nước Đức. Thế giới nói chung và giới vật lý nói riêng bắt đầu đảo lộn.

Einstein nhìn xa trông rộng, sớm nhận ra bóng đèn của chủ nghĩa quốc xã, nhanh chân đào thoát khỏi nước Đức và cuối cùng định cư ở Mỹ.

Nhưng người đi còn sớm hơn Einstein là Szilard. Ông này đi qua Anh, rồi qua Mỹ. Suốt một thời gian dài chính Einstein cũng cho rằng năng lượng  $E=mc^2$  là quá bé để có ứng dụng, cho đến khi Szilard phát minh ra phản ứng dây chuyền. Szilard viết và lấy chữ ký Einstein cho một lá thư mà sau này chính là lá thư ủng hộ dự án làm bom nguyên tử (dự án Manhattan) của Mỹ.

Wigner và von Neumann đi theo Einstein sang Mỹ.



Nathan Rosen.

Born chạy qua Anh và cuối cùng định cư ở Scotland.

Schrödinger có vợ là người Do Thái, bỏ chạy tới Ireland.

Gia đình Fermi ở Italy còn khó khăn hơn dưới thời Mussolini. Bohr phải lén thông báo với Fermi rằng anh sẽ được giải Nobel để Fermi yên tâm mình sẽ có tiền giải thưởng và có sự danh giá của giải thưởng để làm giấy tờ định cư ở Mỹ. Đi Stockom để nhận giải, Fermi và gia đình đi thẳng tới Mỹ. Ở Mỹ nhà vật lý lý thuyết Fermi tỏa sáng cả ở vật lý thực nghiệm, anh là cha đẻ của lò phản ứng hạt nhân đầu tiên, là kiến trúc sư của kỷ nguyên năng lượng hạt nhân, và là kiến trúc sư của trái bom nguyên tử đầu tiên.

Bohr an toàn ở Đan Mạch cho đến gần cuối thế chiến. Năm 1943 mật vụ SS bắt đầu bồ ráp người Do Thái ở Copenhagen. Bohr đào thoát qua Stockholm bằng tàu của ngư dân. Ở Stockholm cũng đầy rẫy điệp viên Đức, nên Không quân Hoàng gia Anh sử dụng máy bay ném bom Mosquito để đưa Bohr tới Anh. Đây là máy bay ném bom được thiết kế bay rất cao để tránh pháo phòng không. Trên đó Bohr được phi công ra lệnh phải đeo mặt nạ dưỡng khí. Nhưng do tai nghe quá bé, Bohr không nghe được chỉ dẫn của phi công và suýt toi mạng.

Jordan ra nhập Đảng Quốc xã và lực lượng Sơ mi Nâu từ rất sớm. Đây là lý do chính yếu khiến cho ông không bao giờ đủ tư cách nhận giải Nobel.

Heisenberg ở lại Đức và lãnh đạo nhóm nghiên cứu bom nguyên tử cho nhà nước Quốc xã. Năm 1945, Heisenberg bị biệt kích Mỹ bắt và đem tới Anh cùng các nhà vật lý nguyên tử khác.

Bị nhốt trong một lâu đài sang trọng vài tuần, họ nghe tin Mỹ ném bom nguyên tử xuống Nhật ở đây. Kiến trúc sư của quả bom Mỹ ném xuống Nhật Bản chính là Fermi.

Chiến tranh thế giới kết thúc. Năng lượng nguyên tử là thành tựu khoa học tối tân và là biểu tượng sức mạnh vô địch của nước Mỹ. Vật lý lượng tử, lý thuyết đãng sau năng lượng nguyên tử, lên ngôi và tỏa sáng chói lọi. Thành tựu nối tiếp thành tựu. Từ các con chip bán dẫn để sản xuất radio, rồi đầu DVD và nay là smartphone đến các nghiên cứu về hoạt động của mặt trời, tất cả đều dựa vào vật lý lượng tử. Hay nói đúng hơn là dựa vào *Giải thích Copenhagen* của vật lý lượng tử.

Tiếng Anh bắt đầu thay tiếng Đức (và các thuật ngữ gốc Hy Lạp) để trở thành ngôn ngữ chính thức của vật lý hiện đại. Nhờ đó chúng ta có Big Bang, Worm-Hole, Inflation, Black-Hole...

Nhưng cơ lượng tử, một thành công lai ghép giữa đỉnh cao khoa học châu Âu thời tiền chiến và khoa học Hoa Kỳ hậu chiến lại có một thuật ngữ lai ghép rất đặc biệt: "eigenstate".

Trong tiếng Đức "eigen" có nghĩa là "đặc trưng", "cố hữu". Eigenstate là trạng thái đặc trưng đơn. Khi hàm sóng sụp đổ, vị trí của hạt được xác định, trạng thái của hạt đang từ "trùng điệp lượng tử" bỗng trở thành "trạng thái đặc trưng đơn" về vị trí (eigenstate of position). Tức là vị trí của hạt có giá trị cụ thể mà người quan sát có thể biết được, giá trị ấy được gọi là giá trị đặc trưng đơn (eigenvalue).

Ta không thể sắp đặt phép đo để quan sát đồng thời tất cả các giá trị có thể quan sát được (all observables) của một trạng thái đặc trưng đơn (an eigenstate). Tức là ta không thể sắp đặt phép đo một trạng thái để biết được chính xác đồng thời cả vị trí và động lượng.

Cùng lúc này, các thắc mắc sâu sắc, của Einstein và Schrödinger, về bản chất của thế giới lượng tử có vẻ như đi dần vào quên lãng.

## 11. BOHM

Sau khi tốt nghiệp đại học vào năm 1939, Bohm được nhận làm PhD ở Caltech. Phát hiện ra Caltech không phù hợp với sở trường và sở thích của mình là nghiên cứu vật lý cơ bản, Bohm bỏ qua Berkeley để làm việc với Oppenheimer.

Oppenheimer là học trò của Born, là bạn của Pauli và bởi vậy tuy không đến Copenhagen ông vẫn là môn đồ của Bohr. Năm 1941 lúc Bohm

đến Berkeley, Oppenheimer đã được biết đến qua câu nói: “Bohr là thiên chúa còn Oppenheimer là thánh tông đồ của ngài.”

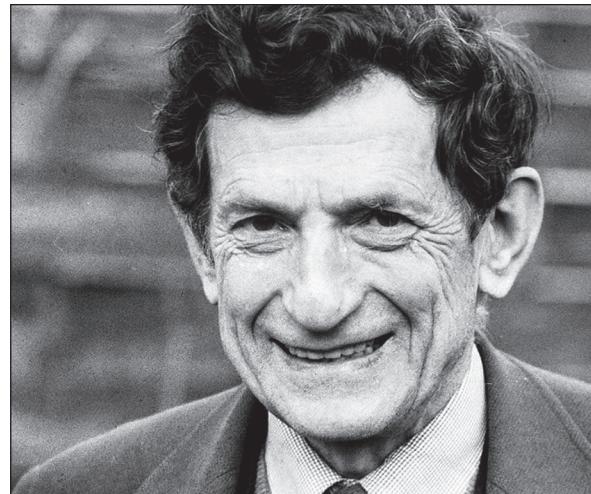
Ở Berkeley, Bohm nghiên cứu các vấn đề nền tảng của vật lý lượng tử, viết luận văn về năng lượng nguyên tử, và bất ngờ có cảm tình với chủ nghĩa Marx, chủ nghĩa của đất nước Xô Viết đang chống lại chủ nghĩa Phát xít ở Châu Âu. Bohm gia nhập chi bộ đảng cộng sản, rồi rời bỏ nó chỉ sau vài tháng vì nhận ra bản chất thật của đảng. Nhưng đã quá muộn.

Oppenheimer chuyển Bohm qua làm việc ở dự án Manhattan, dự án bí mật sản xuất bom nguyên tử của Mỹ (sau được ném xuống Nhật). Bohm, vì dính líu tới đảng cộng sản, đã không vượt qua được vòng kiểm tra an ninh. Không những vậy, sổ sách ghi chép và các tính toán làm luận văn của Bohm bị tịch thu (và chuyển cho dự án Manhattan). Bohm bị cấm viết ra luận văn của mình. Tuy nhiên Oppenheimer vẫn dàn xếp để Bohm nhận bằng PhD.

Năm 1947, Bohm chuyển tới Princeton. Ở đây Bohm dạy cơ lượng tử, lấy vợ, và làm quen với Einstein. Rắc rối của đời Bohm cũng nổ ra ở nơi này. Bohm bị Ủy ban điều tra hoạt động chống Mỹ của quốc hội (trong đó có Nixon) gọi ra điều trần. Anh từ chối trả lời một số câu hỏi, để bảo vệ bạn bè, vì vậy anh bị bắt giữ và vợ và bạn bè phải bảo lãnh tại ngoại.

Năm 1951, trong lúc tại ngoại, cuốn sách Bohm viết về vật lý lượng tử, chủ yếu đi theo quan điểm của Bohr được xuất bản. Einstein gọi Bohm đến gấp, khen cuốn sách, rồi nói rằng hàm sóng không phải là một mô tả hoàn chỉnh của thực tại (reality), phải có gì đó nhiều hơn thế. Einstein cũng nói rằng ông nhận ra khiêm khuyết của thuyết lượng tử từ 25 năm trước, và thuyết lượng tử, bất chấp các thành công rực rỡ của nó, vẫn lì lợm cảm lặng trước câu hỏi “cái gì là thực” của ông.

Với hạt mầm được Einstein gieo vào trong não, vài tuần sau Bohm tìm ra một cách giải thích khác, đơn giản hơn, về thế giới lượng tử. Về mặt toán học, giải thích của Bohm tương đương với *Giải thích Copenhagen*- cả hai đưa ra các kết quả tính toán và dự báo giống nhau. Nhưng “bức tranh” lượng tử mà Bohm đưa ra lại hoàn toàn khác. Trong thế giới của Bohm, các hạt hạ nguyên tử tồn tại ngay cả khi không có ai quan sát, bất cứ lúc nào vị trí của chúng cũng xác định. Chuyển



David Bohm.

động của các hạt, được quyết định (tất định) bởi một sóng hoa tiêu (bị ẩn giấu đi) và sóng này biến đổi có trật tự và có thể dự báo được.

Bohm viết ý tưởng của mình thành bài nghiên cứu và gửi đi xuất bản ở Physical Review. Cùng lúc này Bohm bị đuổi khỏi Princeton: không bị tòa án kết tội, nhưng chắc chắn Bohm đã rơi vào blacklist. Đây là giai đoạn cao trào của chủ nghĩa bài cộng McCarthy. Cả Einstein lẫn Oppenheimer đều tìm cách xin việc giúp Bohm, nhưng không thành công. Bohm phải đến làm việc ở Brazil, khi mà cả đời anh chưa từng đi nước ngoài và không biết tiếng Bồ Đào Nha.

Tới Brazil, sứ quán Mỹ gọi Bohm tới và đóng vào hộ chiếu của anh dòng chữ: chỉ được nhập cảnh vào Mỹ. Bohm mắc kẹt ở Brazil, bởi nếu trở về Mỹ anh có thể bị bắt.

Bài báo của Bohm được công bố. Nó bị tẩy chay ngay tại Princeton, ngay cả Oppenheimer cũng không bảo vệ ý tưởng này của Bohm. Rất đỗi tinh và kiên cường, ngồi ở một nơi xa cách với các trung tâm vật lý đỉnh cao, Bohm viết những lá thư bảo vệ để tài của mình, gửi đi khắp các nhà vật lý trên thế giới. Ông gửi cả cho các nhà vật lý Xô Viết, những người về ý thức hệ lẽ ra sẽ phải ủng hộ một cách giải thích lượng tử đậm chất “duy vật” như của Bohm (có lẽ Bohm không biết rằng sau khi Stalin chết, các nhà vật lý Liên Xô lại quay qua ủng hộ Copenhagen). Nhưng rất ít nhà vật lý trả lời Bohm. Số ủng hộ Bohm còn ít hơn nữa, trong đó có de Broglie và học trò của ông.

Cuộc đời của Bohm rất gian truân, thậm chí cái chết của ông cũng không an lành. Nhưng di sản khoa học ông để lại thật lớn lao. Cách giải thích



Hugh Everett.

lượng tử của ông, lúc đầu không được quan tâm nhiều vì tính “phi địa phương”. Phải đến những năm 1990 nó才 được quan tâm trở lại. Ngày nay nó có tên *Cơ học Bohm* (Bohmian mechanics), hoặc *Lý thuyết Bohm - de Broglie* (de Broglie-Bohm theory), hoặc *Lý thuyết biến ẩn của Bohm* (Bohm's hidden-variable theory).

## 12. EVERETT VÀ THUYẾT MANY-WORLDS (ĐA-THẾ-GIỚI/ĐA-VŨ-TRỤ)

Năm 1954 ở Princeton, Einstein đứng bục giảng lần cuối cùng. Giảng viên khách mời của ông là Wheeler, thiên tài không giải Nobel của nước Mỹ.

Wheeler là nhà vật lý vĩ đại nhưng thần phục Bohr. Ông dùng cụm từ “*great smoky dragon - rồng khổng lồ*”, để mô tả một photon đi từ nguồn phát tới một máy đếm photon. Miệng con rồng rất sắc nét, nó cắn vào máy đếm. Đuôi nó cũng rất sắc nét, là điểm mà photon thoát ra khỏi nguồn phát. Nhưng khúc giữa, tức là trạng thái (state) của con rồng (photon) lại rất mơ hồ, không ai biết con rồng ấy làm gì ở khúc giữa. Tức là photon có thực tại rõ ràng ở đầu và cuối, ở giữa là mơ hồ.

Với cách diễn đạt này, Wheeler thể hiện quan điểm của mình về thế giới lượng tử: về cơ bản, thế giới lượng tử là không có thực, cho đến khi thế giới ấy được quan sát. Đây là một lập trường ở trong triết học được gọi là chủ nghĩa phản hiện thực (anti-realism). Wheeler còn thiết kế ra một thí nghiệm tư duy để chứng minh rằng nếu có ai đó cứ khăng khăng bám vào chủ nghĩa hiện thực (realism) thì sẽ buộc phải công nhận rằng (ở thế giới lượng tử) tương lai có thể tác động đến quá khứ.

Buổi seminar hôm đó của Einstein và Wheeler là về *Thuyết tương đối*. Nhưng cuối cùng Einstein quay trở lại với chủ đề người quan sát và thuyết lượng tử. Các sinh viên, đều là học trò của Wheeler, nên họ phát biểu theo hướng bảo vệ quan điểm Bohr. Einstein kiên nhẫn đáp trả. Cuối cùng ông nói: “*Khi một con chuột nhắt quan sát, thì trạng thái của vũ trụ có thay đổi không?*”

Trong số các nghiên cứu sinh tiến sỹ ngồi nghe giảng có Everett. Giống như Bohm, ngày hôm đó Everett đã bị Einstein gieo vào trí óc một hạt giống phản kháng lượng tử.

Từ khi còn là một cậu bé Everett đã thể hiện năng khiếu và đam mê của mình với logic và thần học. Năm 12 tuổi cậu viết thư cho Einstein để trình bày cách cậu giải quyết vấn đề “*một vật không ai dịch chuyển nổi nếu gặp một kẻ có thể dịch chuyển tất cả mọi thứ*”. Einstein viết thư trả lời cậu, trong thư ông tử tế giải thích một cách rõ ràng vấn đề cậu bé đang muốn giải quyết. [Ông bảo vấn đề mà cậu đang đương đầu, vấn đề ấy không có thực].

Nicolas Bourbaki nói rằng các nghịch lý lớn tạo ra thực phẩm cho tư duy Logic trong nhiều thập niên, thậm chí nhiều thế kỷ.

Logic là thứ đã trau truốt vô vàn các thí nghiệm vật lý giả tưởng trong óc các nhà vật lý hàng đầu thế giới. Các “nghịch lý” phát sinh ra nhờ suy luận Logic của các thí nghiệm tư duy kiểu *Nghịch lý Achilles và con Rùa rùa* (Nghịch lý Zeno) đã thúc đẩy sự tiến bộ của khoa học.

*Nghịch lý EPR* của Einstein Podsky, Rosen, *Nghịch lý Con mèo của Schrödinger* là hai thí nghiệm tư duy đậm chất logical analysis đã kiên trì mở đường cho những cách giải thích lượng tử khác với cách giải thích chính thống Copenhagen.

Là một sinh viên xuất sắc về toán và logic, Everett tốt nghiệp đại học và nhận học bổng đến Princeton làm PhD. Everett xuất sắc đến nỗi anh nộp đơn chậm sáu tuần mà vẫn được nhận.

Ở Princeton anh tiếp tục nổi bật ở nhiều lĩnh vực, kể cả thể thao và ăn chơi. Bạn bè của anh cũng là những người xuất sắc nhất, trong đó có Misner.

Everett thích ăn chơi hơn là làm một nhà khoa học tháp ngà. Anh quen thuộc với rượu bia, thuốc lá, những cô gái đẹp và các quầy bar hơn là giảng đường. Sau khi tốt nghiệp anh đi làm cho các dự án quốc phòng. Lúc rảnh rỗi anh viết dăm thuẬt toán lẻ tẻ nhưng bán cho quân đội lại ra tiền. Anh sống vui vẻ và sa ngã như thế cho đến lúc chết

bất ngờ vì đau tim ở tuổi 51. Sau này, nghiên cứu các công trình của Everett, người ta cho rằng ông tin vào *bất tử lượng tử* - quantum immortality.

Thế nhưng luận văn tiến sĩ của anh lại có số phận khác hẳn. Everett nghiên cứu vật lý lượng tử, anh đọc von Neumann, rồi đọc Bohm. Anh nhận ra lỗ hổng bị che khuất ngay nơi trái tim của vật lý lượng tử. Anh quyết định làm giống như Bohm: sử dụng toán học để đưa ra một cách giải thích khác về lượng tử.

Einstein phản đối việc cơ học lượng tử có bản chất “bất định” (tức là có tính xác suất): *“I am convinced God does not play dice”*. Trong điều kiện bình thường, khi không bị ai quan sát, hàm sóng lượng tử chuyển động liên tục và trơn tru tuân theo một định luật đơn giản và tất định là phương trình Schrödinger. Nhưng ngay khi bị quan sát (bị đo lường), hàm sóng lập tức sụp đổ, còn kết quả (nghiệm của hàm sóng) là [mật độ] xác suất tìm thấy hạt vi mô mà hàm sóng đang chi phối. Đây cũng chính là vấn đề nóng bỏng của vật lý lượng tử hiện đại: đo lường lượng tử.

“*Đo lường lượng tử*”, hay “*vấn đề trắc lượng*” (measurement problem), là cái làm cho thế giới lượng tử khác biệt với thế giới vĩ mô mà con người quen thuộc (thế giới cổ điển). Bohr từ chối sự hiện diện của thế giới vĩ mô trước khi thế giới này bị quan sát. Tức là ông từ chối coi lượng tử như một lý thuyết mô tả một thế giới đầy đủ và trọn vẹn: bao gồm từ các thành phần nhỏ bé nhất cấu thành nên thế giới, tới thế giới vĩ mô chứa đựng từ vi trùng đến các thiên hà.

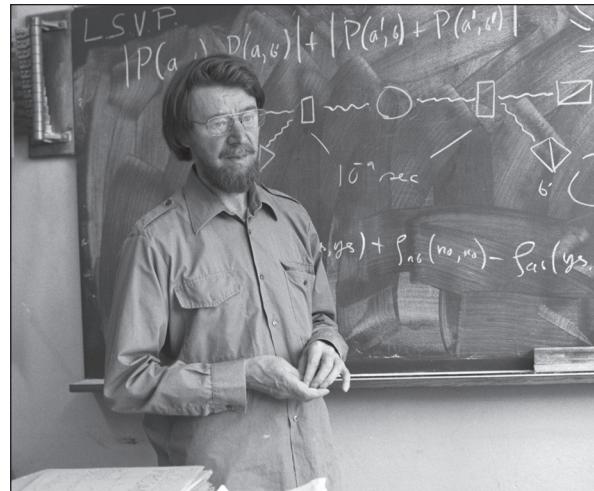
Einstein muốn tìm một lý thuyết thống nhất, kết nối thuyết tương đối (vĩ mô) và thuyết lượng tử (vi mô).

Bohm và Everett muốn giải thích lượng tử theo một cách, sao cho vật lý lượng tử tự nó có thể mô tả được thế giới đầy đủ, có cả vi mô lẫn vĩ mô.

Cũng giống như Bohm, Everett cho rằng hàm sóng không sụp đổ.

Bohm cho hạt với vị trí xác định vào thuyết của mình, để hạt này chịu trách nhiệm tạo ra kết quả phép đo, thay vì bắt hàm sóng sụp đổ.

Còn Everett cho rằng có một hàm sóng cho “toàn thể vũ trụ”. Hàm sóng này là một đối tượng toán học mô tả trạng thái lượng tử của tất cả các đối tượng có trong vũ trụ. Hàm sóng này liên tục tuân theo phương trình Schrödinger và không bao giờ sụp đổ. Thay vào việc sụp đổ đó nó chia tách thành các nhánh. Mỗi một phép đo lường, một quan



John Bell.

sát, một biến cố lượng tử đều làm hàm sóng vũ trụ tách ra (split) các nhánh (branch) mới, tạo ra vô số vũ trụ tương ứng với mọi kết quả khả dĩ (tạo ra bởi phép đo, hay quan sát). Mỗi nhánh sau khi chia tách lại tiến hóa độc lập với các nhánh khác, và tiếp tục chia tách, tất nhiên. Con mèo của Schrödinger thay vì có một số phận mập mờ bất định, vừa đang sống lại vừa đang chết, sẽ có đa số phận với vô số các copy của nó, trong đa vũ trụ mà mỗi vụ trụ lại tồn tại độc lập với nhau. Ở vũ trụ này con mèo đang sống, còn ở vũ trụ khác thì con mèo lại chết. Đây chính là *Thuyết đa vũ trụ* (many-worlds theory) của Everett.

Không ai tin vào thuyết nghe như tiểu thuyết viễn tưởng này lúc nó ra đời năm 1956. Wheeler không tin. Bohr lại càng không tin. Còn Everett, anh chàng này lại không có nhu cầu thuyết phục người khác phải tin mình. Ngay cả khi có cơ hội gặp Bohr để giải thích kỹ hơn thuyết của mình, Everett cũng không cố gắng thuyết phục Bohr.

Là người tinh đời, anh không có nhu cầu thuyết phục giáo chủ tin vào một giáo lý khác. Cảm thấy không thoải mái bên giáo chủ Bohr, anh ra quán bar làm vài chai, rồi ngồi ngay ở đó viết luôn mấy thuật toán ứng dụng cho quân đội, đem đăng ký bản quyền và sau này kiếm một mớ tiền từ đó.

Trong những năm 1960, DeWitt là người đặt cho lý thuyết của Everett cái tên “many-worlds”. Ngày nay cách giải thích lượng tử của Everett được biết đến với cái tên viết tắt MWI (many-worlds interpretation)

### 13. BELL VÀ VON NEUMANN

Khi còn là sinh viên, Bell đã va chạm với toán học của vật lý lượng tử và anh cảm thấy



John Von Neumann.

lượng tử có gì đó mơ hồ và rối rắm. Có lẽ từ trực giác của một nhà vật lý vĩ đại, anh cảm nhận được vật lý lượng tử không sai, nhưng như sau này anh kể lại: “Tôi biết nó có vấn đề [rotten]”. John Bell tốt nghiệp đại học năm 1949 và chuyển sang học tiến sỹ. Anh đọc sách của Born, trong đó có nói rằng von Neumann đã chứng minh bằng toán học rằng *Giải thích Copenhagen* là phương thức khả dĩ duy nhất để hiểu vật lý lượng tử; tức là hoặc *Giải thích Copenhagen* là đúng cách [correct] hoặc vật lý lượng tử là sai lầm. Lúc này anh chưa đọc được sách của von Neumann vốn được viết bằng tiếng Đức.

Ba năm sau, khi Bell đang làm việc ở một viện nghiên cứu năng lượng nguyên tử ở Anh, anh đọc sách giáo khoa lượng tử của Bohm, và rồi đọc thuyết “sóng hoa tiêu” của Bohm, anh nhận ra rằng von Neumann có thể sai. Nhưng phải vài năm sau anh mới được đọc chứng minh của von Neumann khi nó được dịch sang tiếng Anh.

Ý tưởng của Bohm dính với Bell suốt phần còn lại của cuộc đời. Nó cũng làm thay đổi cuộc sống thường nhật của anh: anh là nhà vật lý lý thuyết part-time, làm việc vào mỗi cuối tuần.

Việc đầu tiên mà Bell làm, đó là chứng minh von Neumann sai. Bell tìm ra được một giả định không chắc chắn trong phép chứng minh của Neumann, và do vậy phép chứng minh là vô nghĩa. Anh nói: Phép chứng minh của von Neumann không chỉ hỏng, mà còn ngớ ngẩn. Nó không chỉ sai, mà còn sai một cách rất triệt.

Phép chứng minh (sai) của von Neumann phủ nhận tất cả các cách giải thích lượng tử có sử dụng biến ẩn. Cách giải thích biến ẩn gán cho đối

tượng/vật thể lượng tử một số tính chất, ví dụ như vị trí xác định, trước khi đối tượng/vật thể này được quan sát, nhưng các tính chất này lại không thể tính toán được bằng chính lý thuyết của cách giải thích biến ẩn. Các biến ẩn này không thể nhìn thấy bằng toán học của vật lý lượng tử: nó như bị ẩn giấu đi vậy.

Bell không chỉ chứng minh “không có lý thuyết biến ẩn” của von Neumann sai, mà anh còn cho thấy phép chứng minh này gợi ý ra một bản chất sâu sắc khác của vật lý lượng tử: quantum contextuality - tính *ngữ cảnh lượng tử*.

“*Ngữ cảnh lượng tử*” tức là ý nghĩa của một “tử” (một hệ lượng tử) trong một câu phụ thuộc vào ngữ cảnh lượng tử mà “câu” chứa “tử” ấy xuất hiện. Kết quả phép đo thực hiện trên một hệ lượng tử phụ thuộc vào những “thứ khác” mà phép đo đồng thời thực hiện cũng trên hệ lượng tử ấy. Trong thế giới lượng tử, kết quả phép đo đồng thời spin và động lượng của một electron sẽ khác hoàn toàn kết quả phép đo đồng thời spin và vị trí của electron ấy.

Bell nhìn ra bản chất sâu sắc của phép đo lượng tử, cách chúng ta thiết lập phép đo sẽ tác động đến kết quả phép đo. Y như Jordan đã nói: “*Chính chúng ta sản xuất ra các kết quả của phép đo.*”

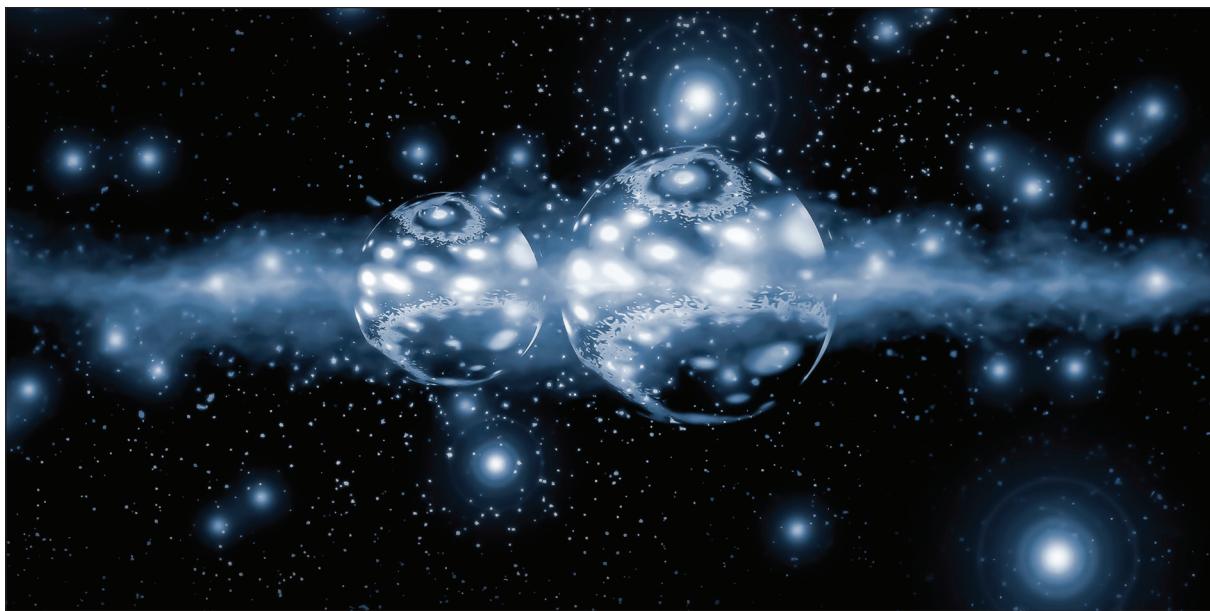
Các “hạt” trong lý thuyết của Bohm có vị trí xác định, nhưng vị trí này bị các cách thiết lập phép đo của người quan sát làm thay đổi. Một chút thay đổi trong cách thiết lập các câu hỏi (tức phép đo) sẽ tạo ra vô số các câu trả lời (tức kết quả của phép đo).

Cuộc cách mạng mà Bell khởi phát không chỉ có vậy, anh còn đi xa hơn một bước nữa.

#### 14. BELL VÀ ENTANGLEMENT

Sau khi chứng minh bằng toán học được lý thuyết biến ẩn kiểu Bohm là có thể (chứ không phải là bất khả như quan điểm của von Neumann và Copenhagen), Bell bắt đầu thắc mắc về tính *phi địa phương ẩn giấu* (hideously non-local) trong lý thuyết của Bohm.

Trong vật lý, nguyên lý “*địa phương tính*” phát biểu rằng một vật thể chỉ chịu ảnh hưởng từ những gì xung quanh nó. Để một “tác động” ở điểm bất kỳ có thể gây ảnh hưởng lên một điểm khác thì phải có gì đó trong không gian giữa hai điểm, ví dụ như có một trường, để làm phương tiện truyền đi “tác động”. Để gây ra một ảnh hưởng, sóng và hạt, phải di chuyển qua không gian giữa hai điểm, và



Hàm sóng chưa phải là “tất cả”. Ất phải còn có những “biến ẩn” nào đó mà chưa ai biết.

truyền đi ảnh hưởng. *Thuyết tương đối hẹp* đã giới hạn tốc độ truyền tối đa: vận tốc ánh sáng. Các lý thuyết vật lý đúng đắn, theo quan điểm chính thống, không được vi phạm *thuyết tương đối hẹp*. Tức là nó phải có tính “*địa phương tính*”.

Nếu bản chất của tự nhiên là “*địa phương tính*”, thí nghiệm EPR với hai photon hành xử y như nhau, và đồng thời, với cùng một phép đo, chỉ có thể giải thích bằng cách hai photon này đã có “hẹn ước” lên kế hoạch trước với nhau” đúng vào lúc chúng tương tác, và trước khi chúng rời xa nhau. Nhưng hàm sóng mà chúng chia sẻ, lại không cho phép có một sự “hẹn ước” như thế. Chỉ khi phép đo được thiết lập giống nhau, hai photon sẽ hành xử giống nhau (như là có hẹn ước). Tức là hàm sóng chưa phải là “tất cả”. Ất phải còn có những “biến ẩn” nào đó mà chưa ai biết. Từ chỗ này, Einstein ép người ta phải lựa chọn: hoặc là *thuyết lượng tử* còn khiếm khuyết, hoặc tự nhiên có tính chất phi *địa phương*.

Bell phát hiện ra trong sách giáo khoa lượng tử mà Bohm viết có đưa ra một phiên bản EPR đơn giản hơn, và bởi vậy cũng dễ đem ra nghịch ngợm ở trong đầu hơn: EPR sử dụng một cặp photon có phân cực hóa “quấn quít”. Thí nghiệm tư duy với photon này và lý thuyết do Bell đề xuất, sau này được Clauser và Aspect thực hiện trong thế giới thực.

Sự thành công của các thí nghiệm của Clauser và Aspect còn mang đến một hệ quả đặc đáo: *quantum computer*. Các bit nhị phân quen

thuộc trong các chip bán dẫn, vốn chỉ có hai giá trị (state) 0 và 1; nay các bit lượng tử (quantum bit: qubit) sử dụng photon, eletron) sẽ có vô số các giá trị (state) “trùng điệp” nằm đâu đó giữa 0 và 1. Để kiểm soát các state, các nhà khoa học máy tính sử dụng “quấn quít lượng tử” để tạo ra giao thoa triệt tiêu “nhiều”. (Cẩn thận để không nhầm *qubit* với *qbism* - quantum Bayesianism, một cách giải thích vật lý lượng tử khác.)

So Einstein và Bohm, Bell đi xa hơn một chút. Các lý thuyết của anh khá khó hiểu về bản chất, kết luận của nó rất mập mờ:

a) Einstein có lý khi tranh trở về lý thuyết lượng tử, nhưng cách mà ông tranh trở lại chưa đầy đủ lý lẽ;

b) thuyết lượng tử có lẽ “phi *địa phương tính*” theo một cách sắp đặt quan sát nào đấy;

c) nhưng cũng có thể chúng ta đang sống trong many-worlds để khỏi vi phạm *Thuyết tương đối hẹp*;

d) nhưng cũng có thể thuyết lượng tử thất bại trong dự đoán một kết cục khả dĩ nào đó của một sắp đặt quan sát nào đó.

## 15. THUYẾT TƯƠNG ĐỐI TỔNG QUÁT VÀ MANY-WORLDS (MUÔN CỐI NHÂN GIAN)

Mười năm sau khi công bố *Thuyết tương đối hẹp*, đến năm 1915 Einstein tung ra *Thuyết tương đối tổng quát*. Trái với *thuyết tương đối hẹp*, *Thuyết tương đối tổng quát* sử dụng một thứ toán học rất cao siêu. Chưa hết, các hệ quả rút ra từ hệ



Sẽ có đa số phận với vô số các copy của nó, trong đa vũ trụ mà mỗi vụ trụ lại tồn tại độc lập với nhau.

phương trình Einstein dẫn đến những vấn đề rất khó chấp nhận ở nửa đầu thế kỷ 20: vũ trụ giãn nở, vũ trụ hình thành từ một điểm vi mô (Big Bang), sóng hấp dẫn, các ngôi sao suy sụp vào và trở thành các điểm kì dị (Black Hole). Phải đến những năm 1970, các nhà vật lý mới dần dần chấp nhận các kết quả toán học này, và dần dần thực nghiệm chứng minh những thứ kỲ DIỆU nói trên về cơ bản là có thực. Ngành vũ trụ học (cosmology) trở thành một ngành khoa học thực sự, họ không chỉ làm việc với những thứ vô cùng lớn của Thuyết tương đối (như các thiên hà), mà họ còn phải làm việc với những thứ vô cùng nhỏ của Thuyết lượng tử (Big Bang, Black Hole).

Sự trỗi dậy của vũ trụ học khiến cho sự không trọn vẹn (inadequacy) của *Giải thích Copenhagen* càng thêm không trọn vẹn. Ranh giới của người quan sát với hệ được quan sát, theo quan điểm của Bohr, bỗng biến mất. Bởi “hệ” được quan sát ở đây chính là “toute bộ vũ trụ”.

Cho đến những năm 1970, *Giải thích Copenhagen* vẫn là một lý thuyết độc tôn, một thứ “học phiệt” trong vật lý. Như sau này Gell-mann phát biểu: Bohr đã tẩy não nhiều thế hệ các nhà khoa học. Những người chống lại *Giải thích Copenhagen* bị coi như tà giáo, có thể không tìm được việc làm, thậm chí bị đe dọa đuổi học (như David Albert). Các nhà vật lý lượng tử ở phe “chống đối” phải hoạt động như những nghệ sĩ underground. Thậm chí, các tạp chí chính thống không xuất bản các nghiên cứu của họ nên họ phải lập ra tạp chí “ngầm” theo

kiểu NXB Giấy vụn của nhóm Mở miệng. Tạp chí của họ có tên Epistemological Letters, một cái tên có chút giễu nhại Copenhagen mà có lẽ Einstein (nếu còn sống) sẽ rất thích.

DeWitt làm ở tạp chí mà luận văn của Everett được đăng. Lúc đó lý thuyết của Everett còn mang cái tên cũ do anh đặt: *Hàm sóng phổ quát* (Universal wavefunction). DeWitt viết thư nói với Everett rằng: “*Thế giới rõ ràng là chẳng phân nhánh gì cả, vì chúng ta đã bao giờ trải nghiệm được sự phân nhánh ấy đâu*”. Everett trả lời bằng cách tham chiếu đến ý tưởng cách mạng của Copernicus rằng trái đất quay quanh mặt trời: “*Tôi không thể cưỡng lại được câu hỏi: anh có cảm nhận được chuyển động của trái đất không*”.

DeWitt khởi động chiến dịch “lăng xê” Everett của mình bằng một bài báo mà ngay từ cái tên đã rất thách thức trường phái Copenhagen: “*Cơ học lượng tử và thực tại*”. Trong đó DeWitt đặt câu hỏi nếu sự sụp đổ của hàm sóng chỉ xảy ra trong tâm trí (mind) mà là đúng, thì cái gì sẽ tạo ra thực tại (reality). DeWitt cho rằng, trong khuôn khổ toán học đã được chấp nhận, chỉ có cách giải thích many-worlds là cho phép thuyết lượng tử đóng vai trò quan trọng trong nền tảng của vũ trụ học. Ông nhấn mạnh vào khoảnh khắc đầu tiên khi vũ trụ sinh ra (Big Bang), ở thời khắc đó không thể có người quan sát đứng bên ngoài “hệ” vũ trụ, và ta sẽ buộc phải công nhận khái niệm về một hàm sóng cho toàn bộ vũ trụ. Và lý thuyết của Everett là cách duy nhất để làm việc ấy.

Tất nhiên, không phải ai cũng đồng ý với DeWitt, và thuyết của Everett không phải không có những khiếm khuyết bị chỉ trích. Lập luận mạnh nhất chống lại many-worlds (và cũng là lập luận chống lại các thuyết như Thuyết many-minds, Thuyết dây, Thuyết multiverse, hay Thuyết lạm phát...) là lập luận *infalsifiability*. Đây là một lập luận rất nổi tiếng do Karl Popper đề xuất: *Một lý thuyết bị chứng minh sai, vẫn còn có tiềm năng khoa học; còn lý thuyết không thể chứng minh sai thì không có chút gì khoa học.* Để thêm trọng lượng, lập luận *infalsifiability* còn được chua thêm một câu nói cay độc của Pauli (Pauli lúc nào cũng chỉ trích cay độc, và thi thoảng ông vẫn sai và làm hại khoa học): “*not even wrong*”.

Và cũng tất nhiên, còn có những nhà vật lý khác, đề xuất những cách giải thích lượng tử khác. Ví như Roger Penrose, bộ óc vật lý vĩ đại nhất còn đang sống, ông cho rằng sự sụp đổ hàm sóng là có thực, nhưng cần phải sửa chữa hàm sóng Schrödinger đi một chút.

Nhưng điều quan trọng nhất, sau Bell, các nhà vật lý bắt đầu chấp nhận nhiều các giải thích lượng tử khác với *Giải thích Copenhagen*, trong đó many-worlds của Everett là cách giải thích được các nhà vật lý vũ trụ và các nhà vật lý thiên văn ưa thích.

\*\*\*

Từ many-worlds người ta còn đưa ra một ý tưởng khác thoảng nghe rất kỳ ảo, mà cũng thực quyền rũ: *quantum immortality* - bất tử lượng tử. Ý tưởng này cho rằng ở một biến cố lượng tử nào đó thật đặc biệt (một vụ tự sát lượng tử giống trong thí nghiệm con mèo Schrödinger), “sự ý thức” sẽ tiếp tục sống và tách qua thế giới “mới” trong khi ở thế giới “cũ” thì sự sống có ý thức lại đang chết. Linh hồn là bất tử, nhưng là một linh hồn lượng tử tràn đầy nhận thức, được “lìa” khỏi thân xác phàm, nhờ một biến cố lượng tử “chết người”.

Có một đoạn văn viết về thực tại, về ý thức và cái chết, hình ảnh mà nó gợi ra giống như một đám mây lượng tử bất định trong lòng nguyên tử: một thế giới chính là sự trùng điệp của muôn trùng thế giới:

“Nhưng đại dương có phải là một thực tại?

*Không, đại dương là một giấc mộng; một giấc chiêm bao.*

*Một giấc mộng đặt trên một giấc mộng, một cơn sóng biển trào bọt đặt trên một cơn sóng biển trào bọt, một đại dương đặt trên một đại dương.*

*Năm 1962, anh chết trước mắt tôi, một đại dương đi vào một đại dương.*

*Câu hỏi không được trả lời. Tất cả còn lại chỉ là một câu thần chú chữ Phạn và một con buồm màu băng qua đại dương.”*

[Phạm Công Thiện]

\*\*\*

Trong vũ trụ của chính mình, bạn không thể biết chính xác được cùng một lúc cả vị trí và cường độ của tình yêu. Nếu bạn biết bạn đang yêu rất nhiều, có thể bạn sẽ không biết mình đang yêu... ai. Nếu bạn biết mình đang yêu ai, thì bạn sẽ không thể biết mình yêu người ấy nhiều đến bao nhiêu. Cho nên đừng bao giờ hỏi cô gái mình yêu, rằng em yêu anh nhiều bao nhiêu. Hãy để mọi thứ trong tình yêu là bất định.

Điều quan trọng nhất, tình yêu được diễn đạt bằng hàm sóng cực kỳ trừu tượng. Hàm sóng ấy chỉ xuất hiện trong tâm tưởng. Đừng để ai biết sự tồn tại của sóng tình yêu. Bởi ngay khi sóng ấy bị quan sát, nó sẽ sụp đổ. Nếu bạn yêu ai, hãy giữ nó thật kín, đừng để tình yêu của mình bị quan sát và trở nên giống như con mèo của Schrödinger, một tình yêu vừa đang sống lại vừa đang chết.

Nhưng sóng tình yêu không bao giờ sụp đổ, nó liên tục chia tách sang nhiều thế giới mới. Một thế giới mới đâm chồi trong đa thế giới, chịu chi phối chung bởi vẫn một sóng tình yêu.

\*\*\*

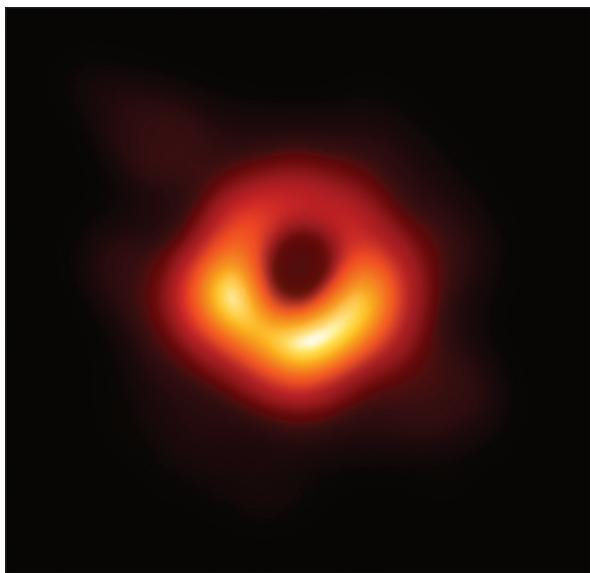
Với hàm sóng Schrödinger: toàn bộ vũ trụ này chỉ là một đối tượng đơn nhất và chịu sự chi phối của hàm sóng. Một “đan díu” lượng tử, dù là một ánh mắt thoáng qua hay một nụ cười nơi khói môi, cũng tạo ra một quấn quít ẩn giấu, và từ đó vũ trụ tách ra sang một nhánh khác. Có hằng hà sa số vũ trụ như vậy, với hằng hà sa số bản sao của mỗi con người, ứng với hằng hà sa số các số phận khác nhau: khổ đau, hạnh phúc, giàu nghèo, thành công, thất bại, yêu và được yêu...



## Chương VII

# NHỮNG KẺ SĂN LỖ ĐEN VŨ TRỤ

Từ lý thuyết đến thực nghiệm là một khoảng cách khổng lồ. Làm sao tìm được Lỗ đen khi nó hút tất cả mọi thứ kể cả ánh sáng. Làm sao dò được nó khi mọi tín hiệu đến gần nó đều bị nó nuốt chửng. Những nhà vật lý đi săn tìm Lỗ đen hẳn phải là những người không chỉ thông minh, kiên định mà còn phải rất tài tình trong các phương pháp thực nghiệm.



Ảnh chụp ngược sáng Lỗ Đen Vũ Trụ M-87  
do các nhà thiên văn của Dự án EHT thực hiện.



Katie Bouman (năm 2019)  
với các ổ cứng chứa dữ liệu hình ảnh Lỗ đen vũ trụ.



Margaret Hamilton với tập giấy in những dòng mã phần mềm mà cô viết để phóng tàu vũ trụ Apollo đưa người lên mặt trăng.

Trong hình, vòng tối ở giữa thể hiện “cái bóng” của Lỗ đen. Sắc cam sáng chói của đĩa sáng bao quanh Lỗ đen không phải là sắc màu thực của quang phổ bức xạ phát ra từ đĩa khí vũ trụ nóng hàng tỷ độ (109 độ K) xung quanh Lỗ đen. Đây là sắc màu nhân tạo do các nhà khoa học của EHT chủ ý chọn nhằm thể hiện bản đồ nhiệt của bức ảnh Lỗ đen. Trong đó màu đen thể hiện không có bức xạ, màu đỏ thể hiện mức bức xạ mạnh hơn chút, còn màu cam thể hiện bức xạ cực mạnh. Nếu thay vì “bản đồ nhiệt”, các nhà khoa học chọn cách thể hiện bức ảnh này như một bức “ảnh quang học” thông thường, đĩa sáng quanh Lỗ đen sẽ có màu trắng phớt thêm sắc xanh và sắc đỏ.

\*\*\*

Tại sao rất khó chụp ảnh Lỗ đen? Tại sao phải chụp ảnh Lỗ đen ngược sáng (silhouette)? Tại sao phải “tô màu” cho bức ảnh? Và trạm thiên văn cổ của nước ta, nay là vị trí nào trên phố Khâm Thiên? Câu trả lời lấp ló đằng sau lỗ đen trong bài viết dài dưới đây!

### 1. KATIE BOUMAN

Chỉ vài tiếng sau khi Dự án thiên văn Event Horizon Telescope (EHT) công bố bức ảnh đầu tiên chụp Lỗ đen vũ trụ, Internet bỗng tràn ngập một bức ảnh khác chụp một cô gái có ánh mắt rạng rỡ đang ngồi trong phòng làm việc bé xíu. Cô gái đấy là Katie Bouman, một nhà khoa học máy tính năm nay 29 tuổi. Cô là người phát triển thuật toán xử lý dữ liệu ảnh để tổng hợp một núi dữ liệu EHT thu thập từ Lỗ đen M-87 suốt nhiều năm, rồi từ dựng lên thành ảnh.

Đại học MIT nơi Katie Bouman làm nghiên cứu sinh sau tiến sĩ đã có một động tác tôn vinh cô. Trên twitter của nhà trường, họ đưa ảnh của Bouman bên cạnh ảnh một nhà khoa học máy tính khác, bà Margaret Hamilton. Bà Hamilton là người viết mã phần mềm phóng tàu vũ trụ Apollo của NASA đưa người lên mặt trăng.

### 2. KÍNH THIÊN VĂN VÔ TUYẾN

Vào thời của Galilei Galileo ở thế kỷ 17, các nhà thiên văn phải chế tạo những kính viễn vọng quang học tinh xảo để qua đó họ quan sát bầu trời bằng mắt thường. Thời đó, với các nhà thiên văn, cách duy nhất để nghiên cứu bầu trời là quan sát ánh sáng phát ra hoặc phản xạ ra từ các thiên thể.

Nhưng từ giữa thế kỷ 20, các nhà thiên văn biết rằng hầu hết các vật thể trong vũ trụ, ngoại trừ vật chất tối hay hạt neutrino, đều bức xạ hoặc phản xạ sóng điện từ. Ngày nay các nhà vật lý thiên văn quan sát bầu trời bằng các ăngten chảo kết nối với máy tính.

Giống như ta ngồi trong một căn phòng tro vơ trên núi, dùng ăngten chảo để bắt sóng truyền hình để xem Quang Hải và đồng đội thi đấu trên màn hình ti vi, các nhà thiên văn dùng các ăngten chảo khổng lồ đặt ở những nơi hoang địa để thu sóng điện từ đến từ vũ trụ. Dữ liệu thu được, họ lưu trữ vào ổ cứng, rồi chuyển về trung tâm phân tích của mình.

Thuật toán của Katie và nỗ lực của nhóm chuyên gia do cô dẫn dắt suốt ba năm qua, đã xử lý một núi dữ liệu Lỗ đen khổng lồ của EHT để dựng thành bức ảnh “chụp Lỗ đen” làm chấn động thế giới ngày 10 tháng Tư vừa qua.

### 3. KHÔNG-THỜI-GIAN (SPACETIME)

Nhưng Lỗ đen vũ trụ thực sự là gì. Lỗ đen vũ trụ là thứ nói về nó không quá khó, nhưng tưởng tượng về nó lại cực kỳ khó.

Trước tiên, ta hãy cùng tưởng tượng loài người là các con kiến bé li ti, thông minh và chăm chỉ. Những con kiến này sống trong một không gian chỉ có hai chiều, ví như trên một tờ giấy phẳng lỳ và vô cùng lớn. Dù rất thông minh, biết chế tác ra ống nhòm, nhưng các con kiến chỉ nhận thức được không gian hai chiều quen thuộc. Với chúng không gian không có chiều thứ ba. Nếu có một sinh vật khác đứng ở chiều thứ ba, ví dụ một con chim đứng ngoài tờ giấy và chĩa mỏ vào, toàn bộ loài kiến không có cách nào để “nhìn” được con chim ấy.

Thế rồi bỗng tờ giấy có một *lỗ thủng* bé xíu, gần như không có kích thước, nhưng có lực hút kinh hoàng. Nằm sát trên mặt tờ giấy, các con kiến không có cách nào “nhìn” thấy được *lỗ thủng*, chúng chỉ biết rằng có những con kiến đến gần cái “chỗ” ấy là đột ngột biến mất, và không ai biết là biến đi đâu.

Các con kiến rất giỏi toán, chúng nghiên cứu và cho rằng ở đúng cái “chỗ” bí ẩn ấy, không gian phẳng như chúng hằng quen thuộc, bị biến dạng, không còn phẳng nữa. Chúng gọi “chỗ” ấy là *điểm kỳ dị* (*singularity*). Điểm kỳ dị này hút những vật ở không gian hai chiều (trên mặt giấy phẳng) và đưa đi đâu đó, có thể sang một chiều không

gian khác, hoàn toàn nằm ngoài nhận thức và hiểu biết của loài kiến.

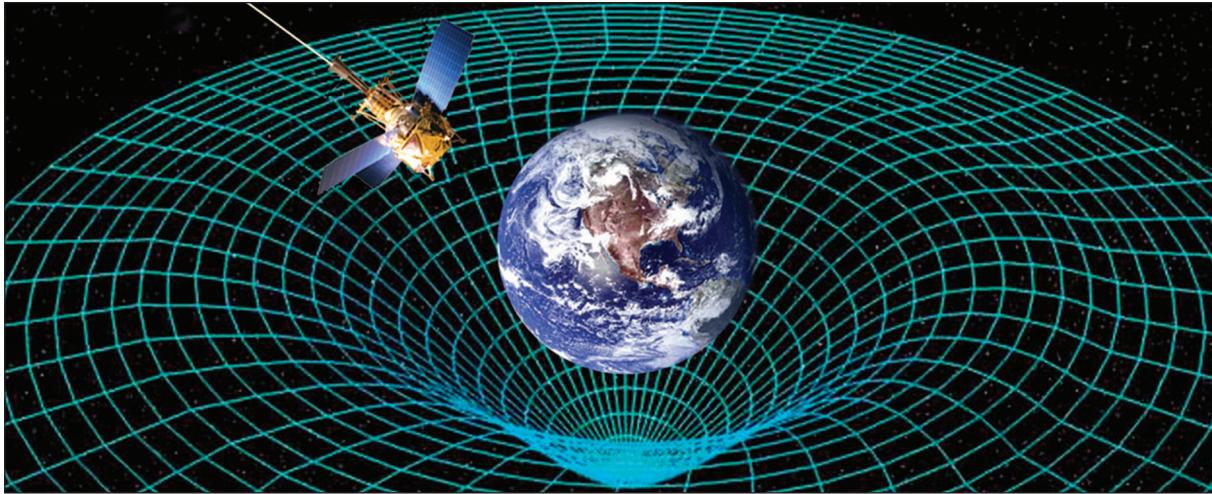
Lỗ đen vũ trụ là một điểm kỳ dị như vậy, nhưng trong không gian *nhiều hơn hai chiều*. Ví dụ như trong không gian *ba chiều* mà tất cả chúng ta đều quen thuộc. Hãy tưởng tượng có một cái lỗ gần như không có kích thước, nằm giữa không trung, mà ta có thể chui vào từ bất kỳ hướng nào cũng được (có vẻ dễ tưởng tượng, nhưng khó đấy, thử một chút xem). Nếu con người đến gần cái Lỗ đen ấy, họ sẽ bị hút vào và biến mất khỏi không trung. Không một gợn khói. Họ biến đi đâu? Theo quan điểm cổ điển của *Thuyết tương đối*, khi chui vào Lỗ đen và chạm đến điểm kỳ dị, không gian và thời gian sẽ kết thúc. Thế nhưng, liệu có còn những *chiều không gian nào khác* mà con người chúng ta (cũng như con kiến kia) chưa từng trải nghiệm và không có cách nào nhận thức được.

Tới đây, để hiểu thêm về điểm kỳ dị hay còn gọi là Lỗ đen vũ trụ, ta lại cần thêm một chút tưởng tượng về chiều không gian thứ tư: *chiều thời gian*.

Nếu không gian chỉ có *một chiều*, chúng ta sẽ là những con kiến sống trên một sợi chỉ thẳng băng dài vô tận. Nếu không gian có *hai chiều*, thì hai chiều không gian ấy vuông góc với nhau và tạo thành mặt, ví dụ mặt giấy phẳng rộng vô cùng tận. Nếu không gian có *ba chiều*, mỗi chiều của không gian sẽ vuông góc với hai chiều còn lại. Hãy nghĩ về cái góc trong phòng của bạn, đó chính là *ba chiều không gian trực giao* với nhau. Đó chính là không gian mà chúng ta quen thuộc: trực x, y, z vuông góc với nhau; hay nói cách khác: chiều rộng (bề ngang từ trái qua phải), chiều sâu (đằng trước và đằng sau), chiều cao (từ dưới lên trên), ba chiều này vuông góc với nhau.

Thế còn *chiều thứ tư*. Chiều thứ tư sẽ buộc phải vuông góc với ba chiều còn lại. Nói đúng hơn, mỗi chiều sẽ phải trực giao với ba chiều kia. Bạn thử tưởng tượng một chút về bốn chiều không gian này xem sao. Rất khó đấy. Nó vượt ra khỏi trải nghiệm và nhận thức thông thường của mỗi chúng ta. Thế nhưng các nhà khoa học lại tưởng tượng được: họ dùng toán học. Nếu bạn tình cờ nghe đến không gian Hilbert, thì đó chính là không gian *nhiều chiều*, có thể *nhiều hơn bốn chiều*.

Nhưng để hiểu Lỗ đen vũ trụ, chỉ cần bốn chiều là đủ: *ba chiều không gian* và *một chiều thời gian*. Đây chính là *không-thời-gian (spacetime)* mà ai đọc về *Thuyết tương đối* của Einstein đều bắt



Không gian bị làm cong do khối lượng của trái đất.

gặp. Không gian này còn mang tên nhà toán học phát minh ra nó: *không gian Minkowski*.

Trong không-thời-gian, **thời gian** là chiều luôn làm con người phải “xoắn não”. Ta có thể tiến hoặc lùi hoặc đứng yên theo các chiều không gian, còn với chiều thời gian ta chỉ có thể tiến. Nếu ai đã từng tìm hiểu không gian Minkowski, họ còn biết đến một sự thú vị mà phụ nữ nào cũng hết sức ghen tị: hạt photon không có khối lượng và nó không bị già đi. Hạt photon chuyển động với vận tốc ánh sáng: nó không có thời gian riêng. Sự thú vị này một lần nữa liên quan đến Einstein. Theo *Thuyết tương đối hẹp*, thời gian co dãn: chuyển động càng nhanh thì đồng hồ riêng của vật chuyển động chạy càng chậm. Những ai lè mề thì đời rất ngắn, ai lanh lẹn tháo vát đời sẽ rất dài.

Sự xoắn não của chiều thời gian không chỉ có vậy. Khoảng cách trong vũ trụ được đo bằng phút, hoặc năm ánh sáng. Năm ánh sáng là khoảng cách mà ánh sáng đi được trong một năm. Vận tốc ánh sáng nhanh kinh khủng, khoảng 300 ngàn kilômét mỗi giây. Một phút ánh sáng đã là một khoảng cách rất xa rồi. Mặt trời cách chúng ta hơn 8 phút ánh sáng. Một năm ánh sáng là một khoảng cách xa kinh khủng. Nếu ta dùng kính viễn vọng để nhìn xa thật xa vào vũ trụ, ta sẽ thấy mặt trời, các hành tinh Thủy, Hỏa, Mộc Thổ... Rồi thấy những ngôi sao ở ngoài Hệ mặt trời. Rồi thấy trung tâm thiên hà của chúng ta. Rồi sẽ thấy cả những thiên hà hàng xóm.

Thiên hà M-87, nơi có Lỗ đen vừa bị con người chụp ảnh, cách chúng ta 55 triệu năm ánh sáng. Tức là tín hiệu từ M-87 đến với chúng ta hôm nay, đã được phát đi từ 55 triệu năm trước. Càng

nhìn ra xa vào vũ trụ, ta lại càng nhìn thấy quá khứ xa xăm. Ta không thể đi lùi theo trực thời gian, nhưng ta có thể nhìn lùi về quá khứ. Đó chính là chiều thứ tư của không-thời-gian.

*Để tượng tượng 55 triệu năm xa thế nào, ta hãy nghĩ về một biến cố được cho là đã xảy ra với trái đất 65 triệu năm trước: một thiên thạch khổng lồ đâm vào trái đất ở vị trí nay là Mexico. Cú va chạm đã tạo ra một sóng địa chấn cực mạnh lan trên bề mặt trái đất, tạo ra các vụ phun trào núi lửa, và làm tuyệt diệt loài khủng long.*

#### 4. LỖ ĐEN VŨ TRỤ (BLACK HOLE).

Nếu ta đặt một khẩu đại bác trên mặt đất, hướng nòng thẳng lên trời rồi bắn ra một viên đạn, viên đạn ấy sẽ bay lên cao rồi... rơi xuống đất. Khẩu đại bác càng mạnh, vận tốc viên đạn càng nhanh, viên đạn bay càng cao, nhưng rồi cũng sẽ rơi xuống. Đó là vì sức hút của trái đất kéo viên đạn trở lại. Nhưng nếu khẩu đại bác đủ mạnh, viên đạn có vận tốc đủ lớn, nó sẽ thoát khỏi sức hút (lực hấp dẫn) của trái đất mà đi vào không gian. Vận tốc này gọi là vận tốc thoát. Vận tốc thoát phụ thuộc vào lực hấp dẫn, còn lực hấp dẫn phụ thuộc vào khối lượng của trái đất (theo định luật Newton).

Năm 1783, một nhà khoa học người Anh tên là John Mitchell cho rằng nếu một vật thể có khối lượng cực lớn, thì vận tốc thoát có thể lớn hơn cả vận tốc ánh sáng. Ánh sáng không thể thoát ra khỏi vật thể ấy. Đó sẽ là một ngôi sao tối (dark star).

Năm 1915, Albert Einstein công bố *Thuyết tương đối tổng quát* giải thích được vì sao có trường



Hermann Minkowski.



Karl Schwarzschild.

*hấp dẫn.* Đó là do khối lượng của vật thể làm cong không gian (chính xác hơn là cong không-thời-gian) xung quanh vật thể ấy và tạo ra trường hấp dẫn. Theo Newton, trái đất bay theo quỹ đạo quanh mặt trời, là do lực hấp dẫn gắn kết hai vật thể với nhau. Theo Einstein, khối lượng mặt trời làm cong không gian quanh nó, và trái đất trượt theo không gian cong ấy mà bay quanh mặt trời. Tương tự như vậy mà mặt trăng bay quanh trái đất.

Để dễ tưởng tượng, ta hãy tưởng tượng không gian chỉ là một mặt hai chiều có thể co dãn được (mặt hai chiều không nhất thiết là mặt phẳng, mặt hai chiều có thể là một mặt cong, ví dụ như bề mặt trái đất mà chúng ta đang sống là một mặt hai chiều). Đầu tiên mặt hai chiều của chúng ta chưa chịu tác động nào của khối lượng, tức là nó đang phẳng. Ta đặt lên mặt này một quả bóng bowling lên, và lập tức không gian quanh quả bóng bị dãn ra. Lúc này nếu ta quăng một hòn bi vào, nó sẽ lăn vòng quanh quả bóng bowling theo mặt cong của không gian.

John Wheeler bình luận *Thuyết tương đối tổng quát* bằng một câu rất ngắn nhưng sống động: “*Khối lượng bảo không-thời-gian phải uốn cong thế nào, còn không-thời-gian bảo khối lượng phải chuyển động ra sao?*”

Thuyết tương đối cũng cho thấy nếu vật chất bị dồn nén vào một không gian nhỏ đến mức nào đấy, nó sẽ bẻ cong không gian đến mức không thứ gì, kể cả ánh sáng, có thể thoát ra được. Cái không gian bị bẻ cong đến mức ấy, chính là *điểm kì dị*. Điểm kì dị này, sau này vào năm 1964 được nhà vật lý John Wheeler đặt tên là chính thức là *Lỗ đen* (black hole).

Năm 1917, có một nhà toán học tên là Karl Schwarzschild tham gia Thế chiến thứ nhất. Ông chiến đấu ở mặt trận Nga với vai trò là người tính toán quỹ đạo đạn pháo cho pháo binh Đức. Ngôi trong chiến hào, ông giải phương trình Einsten cho không gian nằm gần sát một khối lượng vật chất hình cầu. Nghiệm của điểm kì dị mà ông tìm ra cho biết bán kính của vòng xuyến bao quanh Lỗ đen mà bất cứ thứ gì, kể cả ánh sáng, khi đi vào trong vòng xuyến này sẽ không quay trở ra được nữa. Nó bị hút vào điểm kì dị, mà nay quen thuộc với tên gọi Lỗ đen. Bán kính của vòng tròn (không quyển) ma quái quanh Lỗ đen, được gọi là *Bán kính Schwarzschild*. Từ phía ngoài ta không thể quan sát được những gì vượt qua vòng xuyến đấy. Vòng xuyến là chân trời xa nhất mà “tầm mắt” ta có thể vươn tới được, nó còn được gọi là *chân trời sự kiện* (event horizon).

#### Nghiệm Schwarzschild

$$c^2 d_{T^2} = \left(1 - \frac{r_s}{r}\right) c^2 dt^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{r_s}{r}} - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2 \theta d\varphi^2$$

#### Bán kính Schwarzschild

$$r^s = \frac{2GM}{c^2}$$

G: hằng số hấp dẫn Newton; M: khối lượng lỗ đen; c: vận tốc ánh sáng

Điều thú vị, họ của Schwarzschild trong tiếng Đức có nghĩa là “Black Shield”, còn họ của Einstein là “One Stone”. Một hòn đá ném trúng hai con chim, một con quantum một con gravity. Lỗ đen là nơi quantum gặp gravity.



Hình vẽ bên giúp cho ta một chút tưởng tượng về việc khối lượng làm biến dạng không gian xung quanh như thế nào. Bên trái mô tả Mặt trời làm biến dạng không gian đủ để tạo thành “máng trượt” cho các hành tinh “trượt” trên đó và bay quanh quỹ đạo mặt trời. Ở giữa là sao neutron. Sao neutron là sao nguội và có mật độ vật chất cực kỳ đặc. Lúc đầu nó là một ngôi sao kềnh (giant star), nặng bằng 10 đến 30 lần khối lượng mặt trời. Sau đó nó suy sụp thành sao neutron, nặng cỡ vài lần khối lượng mặt trời, nhưng đường kính chỉ cỡ Quận 1. Một thửa vật chất sao neutron nặng cỡ 10 triệu tấn. Vận tốc thoát của ngôi sao neutron cỡ 0.4 vận tốc ánh sáng. Bên phải là Lỗ đen làm biến dạng không gian đến mức tạo thành giếng rất sâu (black hole well).

Đến năm 1939, nhà vật lý người Mỹ Robert Oppenheimer mô tả bằng lý thuyết việc một ngôi sao có khối lượng khổng lồ bị sập vào bên trong do sức nặng tạo nên bởi lực hấp dẫn của chính mình; từ đó hình thành Lỗ đen. Chiến tranh thế giới thứ hai bùng nổ, Oppenheimer được giao nhiệm vụ lãnh đạo dự án Manhattan, dự án chế tạo quả bom nguyên tử đầu tiên của Mỹ. Ý tưởng về Lỗ đen tạm bị lãng quên. Mãi cho đến những năm 1960, 1970 các công trình nghiên cứu của các nhà vật lý như Roger Penrose, Jacob Bekenstein, Stephen Hawking mới đem Lỗ đen trở lại sân khấu của vật lý hiện đại.

Thế nhưng, từ lý thuyết đến thực nghiệm là một khoảng cách khổng lồ. Làm sao tìm được Lỗ đen khi nó hút tất cả mọi thứ kể cả ánh sáng. Làm sao dò được nó khi mọi tín hiệu đến gần nó đều bị nó nuốt chửng. Những nhà vật lý đi săn tìm Lỗ đen hẳn phải là những người không chỉ thông minh, kiên định mà còn phải rất tài tình trong các phương pháp thực nghiệm.

\*\*\*

Trong khuôn khổ của *Thuyết tương đối tổng quát*, *không-thời-gian* là một cấu trúc liên tục (*không gián đoạn*), có bốn chiều và có thể thay đổi hình dạng. Các dạng thức của năng lượng, ví dụ khối lượng, có thể làm cong không-thời-gian. Không-thời-gian thể hiện mình như một “môi trường” liên tục và cùng lăm chỉ có những cái “lỗ” là các “điểm kỳ dị” do “môi trường” bị uốn cong. Một trong những loại “lỗ” đấy chính là “Lỗ đen vũ trụ”.

Trong thiên văn học, có một con số mang tên nhà khoa học tính toán ra nó: *Giới hạn Chandrasekhar*. Giới hạn này bằng 1.44 Khối lượng mặt trời ( $1.44 M_{\odot}$ ). Các ngôi sao, giống như mặt trời, ở lõi của nó xảy ra các phản ứng hợp hạt.

Các lò phản ứng hạt nhân này tạo ra các nguyên tử nặng hơn, đồng thời giải phóng năng lượng. Năng lượng tuôn trào ra từ lõi, tạo ra áp suất cân bằng với áp lực suy sụp vào lõi do sức nặng của ngôi sao. Khi năng lượng ở lõi đã “cháy” hết, các ngôi sao sẽ suy sụp vào lõi. Nhưng với các ngôi sao nhẹ hơn  $1.44 M_{\odot}$ , do năng lượng suy sụp không đủ để vượt qua áp suất tạo suy biến electron (degeneracy), nên ngôi sao chết suy sụp thành sao lùn trắng (white dwarf). Tương tự như vậy, nếu khối lượng lớn hơn  $1.44 M_{\odot}$ , áp suất của suy biến neutron (neutron degeneracy) sẽ chỉ cho phép ngôi sao suy sụp thành sao neutron (có mật độ vật chất lớn hơn rất nhiều). Nếu khối lượng sao lớn hơn 3 lần khối lượng mặt trời, nó có thể suy sụp thành Lỗ đen.

*Vật chất suy biến* (Degenerate matter): khi vật chất có mật độ cực kỳ lớn, nó sẽ có một áp suất chống lại việc dồn nén các hạt cơ bản vốn tạo thành nguyên tử lại với nhau. Là do Nguyên lý loại trừ Pauli không cho phép hai hạt cơ bản ở cùng một trạng thái lượng tử.

## 5. ĐI TÌM LỖ ĐEN

Mặt trời rất nặng, khối lượng của nó chiếm khoảng 99% khối lượng của toàn bộ hệ mặt trời. Các nhà vật lý thiên văn thường dùng khối lượng của mặt trời (ký hiệu  $M_{\odot}$ ) để làm đơn vị đo lường sức nặng của các vật thể trong vũ trụ. Họ thường nói Lỗ đen này nặng bằng mấy triệu lần khối lượng mặt trời. Về kích cỡ cũng vậy, họ ước lượng rằng nếu mặt trời (có đường kính cỡ gần 1.4 triệu kilômét) bị ép vào một không gian có chỉ rộng bằng khu cảng Ba Son, nó sẽ biến thành lỗ đen.

Năm 2016, đài thiên văn LIGO trong lúc cố gắng “lắng nghe” âm thanh từ những nơi thật thật

xa xăm trong vũ trụ, họ đã “nghe thấy” tiếng động của hai vụ sáp nhập Lỗ đen.

Đầu tiên là vụ sáp nhập hai Lỗ đen mỗi Lỗ đen có khối lượng cỡ 30 lần khối lượng mặt trời, xảy ra cách xa chúng ta 1,3 tỷ năm ánh sáng. Tiếp đó là vụ sáp nhập một Lỗ đen nặng cỡ 14,2 lần khối lượng mặt trời với một Lỗ đen nặng 7,5 khối lượng mặt trời, cách xa chúng ta 1,4 tỷ năm ánh sáng. Khi hai Lỗ đen sáp nhập vào nhau, chúng tạo ra một chấn động lớn, chấn động này làm “gợn sóng” không-thời-gian, và sóng này lan truyền trong không gian với vận tốc ánh sáng. Đó chính là sóng hấp dẫn, được Einstein tiên đoán bằng các tính toán của mình từ năm 1917. Sóng hấp dẫn ấy lan truyền trong không-thời-gian và vượt qua một khoảng cách rất lớn về cả không gian và thời gian để đến với “tai” của đài thiên văn LIGO. Nói cách khác, đài thiên văn LIGO thu được tín hiệu từ hai sự kiện trong quá khứ cách ngày nay 1,3 và 1,4 tỷ năm. Còn tín hiệu từ hai sự kiện ấy đã đi một quãng đường dài 1,3 và 1,4 tỷ năm ánh sáng để đến với LIGO.

*Đây là công thức tứ cực (quadrupole formula) của Einstein. Nó cho biết tốc độ (rate) sóng hấp dẫn được bức xạ từ một hệ dựa trên sự thay đổi khối lượng của mô men tứ cực (quadrupole moment):*

$$\hbar_{ij}(t, r) = \frac{2G}{c^4 r} I_{ij}(t - \frac{r}{c})$$

Trong vụ sáp nhập Lỗ đen thứ nhất, có một khối lượng khá lớn, cỡ khoảng 3 lần khối lượng mặt trời được chuyển thành năng lượng của sóng hấp dẫn (theo phương trình  $E=mc^2$ ). Như vậy để dò tìm được sóng hấp dẫn tạo ra từ các vụ sáp nhập hố đen “nhẹ” hơn, đài thiên văn LIGO cần phải “nhạy” hơn. Mới đây LIGO được nâng cấp và tăng thêm được 40% độ nhạy của mình. Tháng tư năm 2019, chỉ một thời gian ngắn sau khi “bật” máy đo, hai trạm LIGO ở Mỹ và trạm chị em của nó là VIRGO ở Italy phát hiện được sóng hấp dẫn từ các vụ va chạm sao neutron, các vụ sáp nhập Lỗ đen và đặc biệt là vụ sao neutron va chạm với Lỗ đen cách nay khoảng 900 triệu năm đến 1.6 tỷ năm.

Thế nhưng làm thế nào để quan sát “sóng” một Lỗ đen? Việc đầu tiên phải chứng minh được ở “chỗ đó” trong vũ trụ có một Lỗ đen. Còn cách chứng minh? Đó là phải xác định được có một

khối lượng khổng lồ nằm trong một thể tích rất nhỏ, ở đúng “chỗ” không gian đó.

Các nhà vật lý thiên văn một lần nữa phải dựa vào *Thuyết tương đối tổng quát* của Einstein để tìm lỗ đen. Nếu họ tìm thấy đúng như tính toán của mình, thì một lần nữa thuyết của Einstein được kiểm chứng.

Mặt khác, như các nhà vật lý kỳ vọng, nếu có cách nào quan sát được các hiện tượng xảy ra ở bên rìa chân trời sự kiện, ta sẽ không chỉ kiểm tra được sự đúng đắn của *Thuyết tương đối*, mà còn thấy *Thuyết tương đối* (vốn chỉ liên quan với những gì vô cùng lớn) gặp gỡ *Thuyết lượng tử* (vốn chỉ làm việc với những gì vô cùng tí hon). Đây là một trong những động cơ quan trọng thúc đẩy các nhà vật lý thiên văn đi nghiên cứu Lỗ đen vũ trụ, một vật thể chưa ai từng nhìn thấy. Và chưa có bức ảnh chụp thẳng Lỗ đen vũ trụ nào, cho đến ngày 10 tháng Tư vừa qua.

## 6. LỖ ĐEN GIỮA DÀI NGÂN HÀ

Trái đất nơi chúng ta đang sống là một hành tinh nằm trong Hệ mặt trời. Bán kính của Hệ mặt trời, tức khoảng cách từ mặt trời đến đường biên của hệ nơi lực hấp dẫn của mặt trời hết tác dụng, cỡ khoảng 2 năm ánh sáng. Khoảng cách từ trái đất đến mặt trời “chỉ” khoảng 8,3 phút ánh sáng.

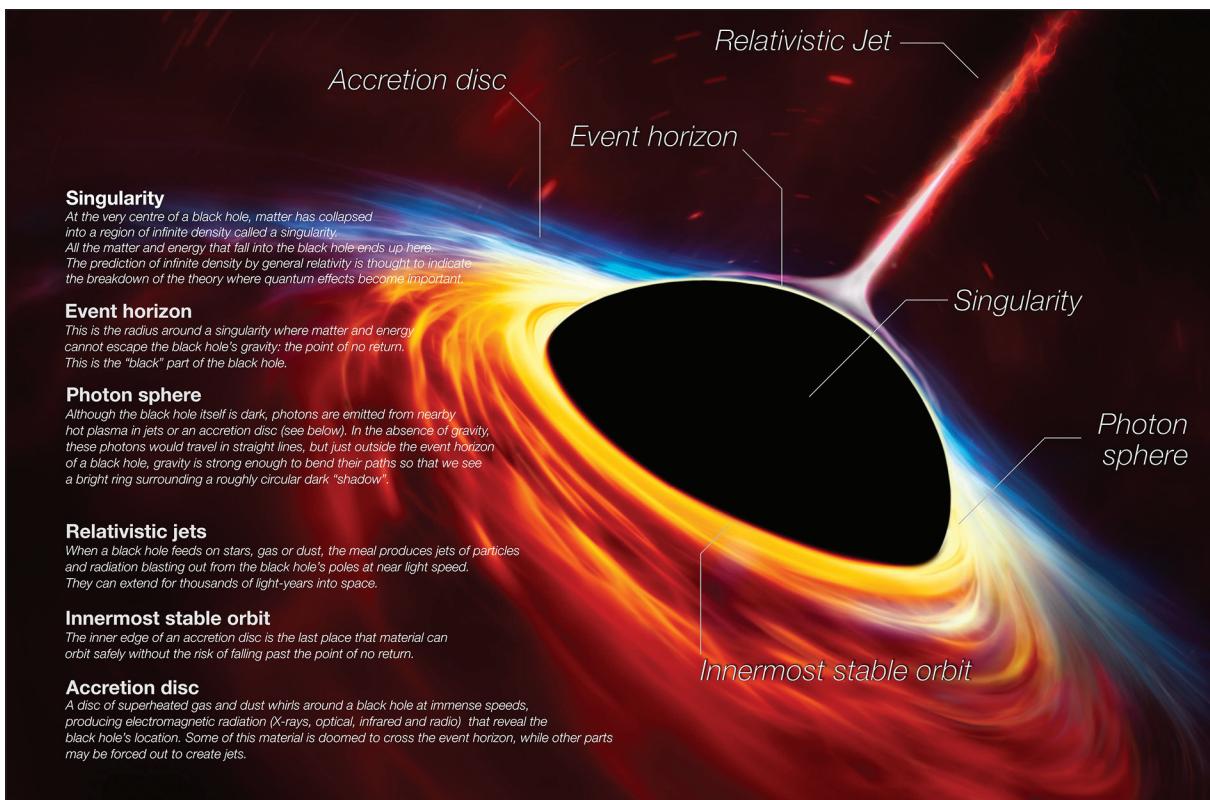
Hệ mặt trời của chúng ta lại nằm trong một thiên hà có tên gọi Dải Ngân hà. Khoảng cách từ Hệ mặt trời đến tâm Dải Ngân hà khoảng 28 ngàn năm ánh sáng.

Dải Ngân Hà có dạng một cái đĩa khổng lồ. Đường kính của đĩa này khoảng 100 ngàn đến 120 ngàn năm ánh sáng. Tháng 7 năm 2018 có một nghiên cứu thiên văn, cho rằng Ngân hà rộng tới 200 ngàn năm ánh sáng, nhưng khối lượng thì vẫn thế. Tuy nhiên điều này không quá quan trọng, với con người thì vài chục tiếng ánh sáng đã là khoảng cách xa kinh hoàng rồi.

Vũ trụ cực kỳ rộng lớn, nó có hàng tỷ thiên hà. Dải Ngân hà, tức thiên hà của chúng ta, chỉ là một trong vô vàn các thiên hà của vũ trụ.

Năm 1974 các nhà thiên văn vô tuyến phát hiện ra ở trung tâm Ngân hà có một nguồn bức xạ sóng điện từ mà các nhà thiên văn đặt tên là Sagittarius A\* (viết tắt là Sgr A\*).

Tên nguồn bức xạ được đặt theo tên Sagittarius, là tên một chòm sao nằm gần nguồn



Có hai loại Lỗ đen. Lỗ đen Schwarzschild là lỗ đen không tự quay quanh trục của mình (non-rotating) và Lỗ đen Kerr quay quanh trục của mình (rotating). Với Lỗ đen Kerr, có từ trường bao quanh ngay bên ngoài rìa đường biên của Lỗ đen. Các hạt chuyển động trong từ trường này với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng vòng quanh trục lỗ đen. Các hạt này phát ra bức xạ synchrotron (synchrotron emission) có đặc tính của sóng vô tuyến. Bức xạ này có hướng vuông góc với mặt phẳng quay, và phát ra thành tia sóng (relativistic jet) cực mạnh từ cực Nam và cực Bắc của Lỗ đen. Đây chính là “nguồn” bức xạ sóng vô tuyến ở “chỗ” mà các nhà khoa học tin rằng có một Lỗ đen quay.

bức xạ này, trong tiếng Latin có nghĩa là Cung Thủ. Ở vị trí của nguồn bức xạ Sagittarius A\* có thể tồn tại một Lỗ đen. Hay nói cách khác, ở chính giữa Ngân hà có một... lỗ đen. Lỗ đen này không phải là Lỗ đen hình thành do một ngôi sao khổng lồ kết thúc cuộc đời và suy sụp vào bên trong chính mình. Lỗ đen này là một *Lỗ đen siêu nặng* (super massive black hole).

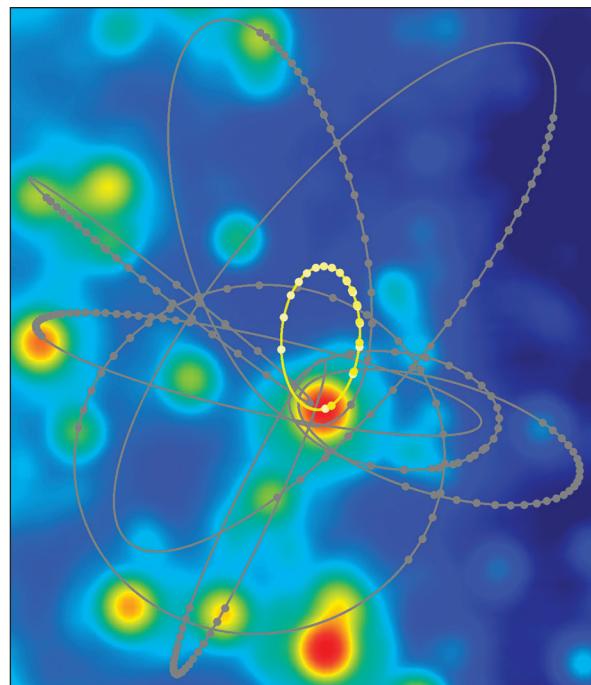
Từ hàng chục năm nay một nhà vật lý thiên văn, bà Andrea Mia Ghez, cùng các đồng nghiệp của mình tại University of California, Los Angeles (UCLA) và tại đài thiên văn Keck (Keck Observatory) đã và đang “quan sát” Lỗ đen này. Họ phát triển các công nghệ để quan sát những ngôi sao bay rất nhanh vòng quanh ngay sát trung tâm Ngân hà. Một ngôi sao sát gần trung tâm Ngân hà như vật có tên là S0-2.

Do tác động của lực hấp dẫn cực kỳ khổng lồ của lỗ đen, ánh sáng phát ra từ S0-2 bị “kéo dãn ra rất nhiều”. Nếu ánh sáng trắng (mắt người nhìn thấy

được) là cái lược có răng lược khít nhau (khoảng cách giữa các răng lược là bước sóng), thì dưới tác động của lực hấp dẫn các răng lược thưa nhau ra (bước sóng bị kéo dài ra) và trở thành ánh sáng hồng ngoại (mắt người không nhìn thấy). Ánh sáng hồng ngoại chính là “ánh sáng” phát ra từ remote điều khiển tivi nhà ai cũng có. Hiện tượng sóng ánh sáng bị kéo dãn ra như vậy được gọi là “chuyển dịch đỏ”.

Các nhà vật lý thiên văn quan sát sóng hồng ngoại phát ra từ S0-2, cách trái đất chúng ta khoảng 25 ngàn năm ánh sáng, từ đó xác định được quỹ đạo (có bán kính khoảng 17 giờ ánh sáng), chu kỳ (khoảng 16 năm) và vận tốc (khoảng 3 triệu dặm mỗi giờ) của ngôi sao S0-2 bay quanh tâm của Ngân hà. Rồi từ đây họ tính toán được khối lượng và kích thước Lỗ đen ở trung tâm Ngân hà.

Khối lượng của Lỗ đen này cỡ khoảng 4 triệu lần khối lượng mặt trời. Nhưng kích thước của nó chỉ hơn mặt trời cỡ 10 lần, tức là “chỉ” vào khoảng 10 triệu kilômét.



Quỹ đạo S0-2 quanh tâm dải Ngân hà (phải)

Andrea Mia Ghez (trái, trên)

Đài thiên văn Keck (trái, dưới)

## 7. CHỤP ẢNH LỖ ĐEN

Ta không thể chụp ảnh được Lỗ đen, một vật thể vũ trụ vốn hút vào trong “điểm kỳ dị” của mình tất cả mọi thứ kể cả ánh sáng. Thế nhưng nếu có một nền sáng, hẳn cái “Lỗ đen” ấy át sẽ phải phủ “bóng” lên cái nền sáng ấy. Tức là ta có thể chụp một tấm ảnh ngược sáng (silhouette) cái Lỗ đen ấy.

Do lực hấp dẫn cực mạnh của lỗ đen, khí (gas) và bụi (dust) vũ trụ bị kéo vào một không gian cực kỳ chật hẹp và do đó bị nung nóng lên nhiệt độ cực cao, cỡ hàng trăm tỷ độ, ở *xung quanh* một lỗ đen siêu nặng, và từ đó nó bức xạ ra sóng điện từ. Theo *Thuyết tương đối* của Einstein, không-thời-gian quanh Lỗ đen bị bẻ cong đến mức ở bên rìa của chân trời sự kiện, ánh sáng sẽ chạy vòng quanh trên quỹ đạo lỗ đen, giống như viên đạn được khẩu đại bác bắn ra với vận tốc bằng vận tốc thoát ly và cứ thế bay quanh trái đất (như một vệ tinh nhân tạo).

Nếu biết cách chế tạo ra kính thiên văn đặc biệt, ta có thể quan sát vùng rìa Lỗ đen từ rất nhiều góc xung quanh, giống như camera lượn quanh Neo trong bộ phim *The Matrix*. Từ đó, ta sẽ thấy hình ảnh ngược sáng cái bóng của Lỗ đen trên nền một vòng sáng. Vòng sáng này theo tính toán dựa trên phương trình Einstein sẽ có bán kính lớn gấp

5 lần *Bán kính Schwarzschild*. Ta không nhìn được bên trong lỗ đen thì ta ta nhìn bên vỏ ngoài của nó. Hay nói cách khác, ta sẽ chụp ảnh được cái bóng tối của nó ngược trên nền sáng.

## 8. LỖ ĐEN Ở THIÊN HÀ HÀNG XÓM

Các nhà thiên văn ở đài thiên văn EHT đang cố gắng chụp được ảnh Lỗ đen siêu nặng ở trung tâm dải Ngân hà. Nhưng trước tiên, họ phải thành công trong việc chụp ảnh được Lỗ đen ở thiên hà hàng xóm cái đã. Thiên hà hàng xóm đó có tên gọi Messier 87 (M-87) ở cách xa chúng ta 55 triệu năm ánh sáng. Thiên hà M-87 cực kỳ lớn, nó nặng hơn Ngân hà của chúng ta 200 lần. Lỗ đen ở thiên hà này nặng bằng 6,5 tỷ khối lượng mặt trời và có chiều rộng khoảng 40 tỷ kilômét. Nhưng vì nó ở quá xa, nên góc nhìn của nó từ trái đất cực kỳ hẹp, chỉ cỡ 40 μarcsec (40 micro-arcsecond). Một μarcsec bằng một phần triệu góc giây ( $10^{-6}$  arcsecond). Để dễ tưởng tượng, góc nhìn này tương đương với góc ngắm một mặt trăng tí hon, có đường kính chỉ bằng một phần 50 triệu đường kính mặt trăng thực.

Tức là, việc chụp ảnh lỗ đen M-87 khó khăn giống như ta dùng smartphone để chụp ảnh một quả lê để trên mặt trăng vậy.



Trạm thiên văn của EHT đặt ở Nam Cực.



Trung tâm Thiên văn Haystack Observatory của Đại học MIT.

Để chụp ảnh một vật thể nhỏ như vậy ta cần kính thiên văn có độ phóng đại cực kỳ lớn. Để chụp lỗ đen M-87 ta cần xây dựng một kính thiên văn parabol có đường kính chảo khoảng 10 ngàn kilômét. Thế nhưng đường kính trái đất chỉ tròn chèm 13 ngàn kilômét nên việc này là không thể.

Thay vào đó, các nhà thiên văn có giải pháp rất thông minh. Họ xây dựng 8 trạm thiên văn vô tuyến ở 6 vùng đất hoang sơ trên thế giới: Arizona, Hawaii, Mexico, Chile, Spain và Nam Cực (Chile và Hawaii, mỗi nơi có 2 trạm). Các trạm thiên văn này được đồng bộ hóa với nhau bằng đồng hồ nguyên tử và các chảo thu sóng được tinh chỉnh sao cho tín hiệu vũ trụ thu được từ 8 đài này nếu tổng hợp lại sẽ giống như được thu bằng một chảo thiên văn “áo” khổng lồ to bằng trái đất. Dữ liệu thu được ở mỗi đài được lưu trữ vào các ổ cứng rồi cứ vài tháng một lần được chuyển bằng máy bay về trung tâm nghiên cứu.

Dự án đài thiên văn này có tên Event Horizon Telescope (EHT).

Dữ liệu thu được từ các trạm thiên văn này lớn đến nỗi anh Shep Doeleman giám đốc dự án EHT nói đùa rằng anh xách ổ cứng đi ra máy bay rồi bay về trung tâm vẫn còn nhanh hơn cả đường truyền internet tốc độ cao nhất.

## 9. XỬ LÝ ẢNH LỖ ĐEN M-87

Ý tưởng, công nghệ, thiết bị và các tính toán giải phương trình của các nhà khoa học tại EHT toàn là những đỉnh cao kì diệu. Thế nhưng trái đất không đứng yên trong vũ trụ để các trạm thiên văn EHT chỉ việc hướng các ăng ten chảo của mình về phía thiên hà M-87 và thu sóng. Trái đất liên

tục quay quanh trục của mình và bay trên quỹ đạo quanh mặt trời.

Các tín hiệu vô tuyến mà EHT thu thập từ Lỗ đen M-87 bé xíu và rất xa xôi kia là một núi dữ liệu khổng lồ. Những ổ cứng chứa dữ liệu chuyển về Trung tâm Thiên văn Haystack Observatory của Đại học MIT nay đã nặng khoảng nửa tấn. Thế nhưng núi dữ liệu ấy lại bao gồm các tín hiệu rời rạc, không đầy đủ, bị trễ, bị trùng lắp và đầy nhiễu.

Để dựng các tín hiệu ấy thành hình ảnh ngược sáng của Lỗ đen, họ cần một công nghệ xử lý hình ảnh đặc biệt. Công nghệ ấy dựa trên một thuật toán do Katie Bouman phát triển từ năm 2016. Cô đặt tên thuật toán này là CHIRP (Continuous High-resolution Image Reconstruction using Patch priors).

Sử dụng thuật toán CHIRP, cô gái trẻ trung Bouman và nhóm của mình được giao nhiệm vụ tổng hợp và xử lý dữ liệu hình ảnh từ 8 trạm thiên văn của EHT để dựng thành ảnh Lỗ đen vũ trụ.

Cách đây hai năm, khi thuật toán của mình được EHT chọn sử dụng, Katie Bouman được TED Talk mời nói chuyện. Nhà khoa học nữ gầy gò, gương mặt sáng trưng, đứng trên sân khấu vẫn còn bị hồi hộp, nói vấp nói váp trước khán giả về thuật toán của mình.

Tuần vừa rồi, sau khi EHT công bố bức ảnh Lỗ đen đầu tiên mà loài người chụp được thì bức ảnh chụp Katie Bouman cô gái thế hệ 9x, một nhà khoa học trẻ trung, đang ngồi trước laptop của mình trong căn phòng nhỏ đã lan truyền khắp thế giới và truyền cảm hứng cho biết bao con người, kể cả những người đàn ông chỉ say mê lỗ đen con người chưa từng tò mò về lỗ đen vũ trụ.



Katie Bouman.



Lỗ đen M-87.

## 10. VÍ DỤ MINH HỌA

Trong thế giới mà không gian chỉ có hai chiều, các sinh vật sẽ có hình dạng là một hình gì đó mà vỏ ngoài (làn da) của chúng là một đường khép kín. Để đơn giản, chúng là các mặt tròn, vuông, đa giác. Thị giác của các sinh vật này tất nhiên là chỉ nhìn được hai chiều. Chúng nhìn thấy vỏ ngoài (nói đúng hơn là một phần vỏ ngoài) của nhau. Ví dụ hai con “hình tròn” nhìn nhau sẽ chỉ nhìn thấy các đường cung. Thế nhưng nếu có sinh vật (ví dụ con người chúng ta) ở không gian ba chiều, có thị giác ba chiều, nhìn vào không gian hai chiều này thì sao? Sinh vật ba chiều ấy (chúng ta) sẽ nhìn thấy “nội tạng” của các sinh vật hai chiều. Còn các sinh vật ở không gian hai chiều không có cách gì “nhìn” thấy được sinh vật ba chiều. Giả sử các sinh vật hai chiều bị nhốt trong tù (nhà tù ở thế giới này tất nhiên chỉ là một đường bao quanh), chúng ta có thể thò tay (từ chiều thứ ba) vào nhà tù và nhận sinh vật đang bị giam cầm lên. Từ nhận thức của các giám ngục hai chiều, tù nhân đột ngột biến mất: “biến vào không gian, không để lại một sợi khói”.

Hãy tưởng tượng có các sinh vật ở không gian bốn chiều đang dòm mắt nhìn vào thế giới ba chiều của chúng ta. Chúng sẽ thấy nội tạng của chúng ta, và có thể mang chúng ta đột ngột biến mất khỏi thế giới của mình ngay trước mũi rất nhiều người đang quan sát.

\*\*\*

Khi các *tia vũ trụ sơ cấp năng lượng cao* (primary cosmic ray) đến từ ngoài Hệ mặt trời, hoặc thậm chí từ ngoài Ngân hà, đi vào khí quyển trái đất (cách mặt đất khoảng 30 kilomét),

chúng sẽ va chạm với các nguyên tử (chủ yếu là oxy và nitơ) và tạo ra một dòng thác các *tia vũ trụ thứ cấp*, gồm đủ các loại hạt, phóng với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng và đâm thẳng xuống bề mặt trái đất. Trong đó có *hạt muon*. Muon là hạt sơ cấp không bền, nó sống được khoảng 2.2 micro giây là phân rã. Tức là từ lúc được tạo ra, chúng đi được tầm 600 đến 700 mét là bị phân rã. Thế mà ở dưới đất các máy dò hạt vẫn đón được chúng. Đó là nhờ thời gian co dãn theo *Thuyết tương đối hẹp*. *Hạt muon* chuyển động với tốc độ cỡ tốc độ ánh sáng, nên từ phía (hệ quy chiếu) người quan sát (máy dò) đứng trên mặt đất, ta thấy một quang đường dài mà *hạt muon* đi mất 300 micro giây mới tới, thì với từ phía (hệ quy chiếu) *hạt muon* thời gian nó tiêu tốn cho quang đường này chỉ là 1 micro giây. Cũng vậy, từ phía (hệ quy chiếu) *hạt muon* đang chuyển động cỡ tốc độ ánh sáng: khoảng cách đổi với nó bị co lại. Khoảng cách 30 kilomét từ trên khí quyển trái đất xuống tới mặt đất, đổi với nó chỉ còn 300 mét.

Với những ai lề mề, đời không chỉ trôi qua nhanh, mà quang đường họ đi có một tí mà thấy rất dài. Những ai nhanh nhẹn, đời rất dài, mà quang đường rất xa với họ hóa ra rất ngắn.

## 11. ARTHUR EDDINGTON, NIKOLA TESLA VÀ EINSTEIN

Tháng Năm năm 2019 có một lễ kỷ niệm đặc biệt: Kỷ niệm lần thứ 100 ngày các nhà thiên văn học xác nhận (confirm) *Thuyết tương đối tổng quát* của Einstein là đúng.

Có một câu chuyện đùa, chắc hẳn là không có thật, nhưng những người hâm mộ Einstein khá thích. Chuyện kể rằng, khi được hỏi “Là người thông minh nhất trái đất, ông cảm thấy thế nào?”, Einstein trả lời: “Câu này nên hỏi Nikola Tesla”.

Suốt mấy chục năm đầu thế kỷ 20, Tesla là kỹ sư điện và nhà sáng chế nổi bật, thành công, và sáng láng nhất thế giới. Kỹ sư điện hồi đó là nghề tân kỳ như nghề làm AI bây giờ. Các sáng chế của Tesla không chỉ mang lại cho ông một núi tiền (mà sau này ông phá hết vào các phòng lab kỳ quái của mình), mà còn khai sinh ra Cách mạng công nghiệp 2.0: Máy phát điện và động cơ điện xoay chiều.

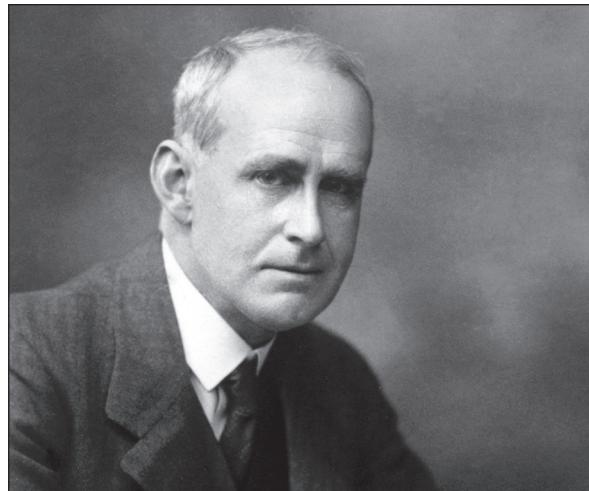
Thế nhưng Tesla luôn chế diễu Einstein và nhiều lần ngạo mạn bác bỏ cả *Thuyết tương đối hẹp* và *Thuyết tương đối tổng quát*. Sau này người ta cho rằng Tesla phủ nhận Einstein, một phần là vì bài Do Thái, một phần (lớn hơn) là do ông không hiểu về mặt toán học các lý thuyết của Einstein. Lý do Tesla không hiểu, có thể là do ông không được học về các phương trình của Maxwell. Vào thời của Einstein và Tesla, ở đại học hàng đầu thế giới người ta vẫn chưa dạy các phương trình của Maxwell. Einstein đã phải tự học các phương trình độc đáo này.

Câu chuyện Tesla phủ nhận Einstein thường được kể như một ví dụ về việc ngay cả những người như Tesla: thông minh nhất, được đào tạo tốt nhất, có đầu óc sáng tạo bậc nhất, có thành tựu khoa học rất lớn, đẹp gai, lịch lâm, nề nếp, nhưng đã không nhận ra (hoặc không chịu nhận ra) paradigm shift của khoa học, của xã hội.

*“Today’s scientists have substituted mathematics for experiments, and they wander off through equation after equation, and eventually build a structure which has no relation to reality.”*

*“The theory of relativity wraps errors... in magnificent mathematical garb... like a beggar clothed in purple whom ignorant people take for a king.”*  
[ Nikola Tesla ]

Câu chuyện của Sir Arthur Eddington thì ngược lại. Lúc Einstein công bố *Thuyết tương đối tổng quát* (1915-1916), việc liên lạc ở Châu Âu còn khó khăn. Khó khăn nhất không phải là việc gửi thư từ tài liệu cho nhau, mà là sự nghi kỵ của các nhà khoa học Châu Âu với các nhà khoa học Đức.

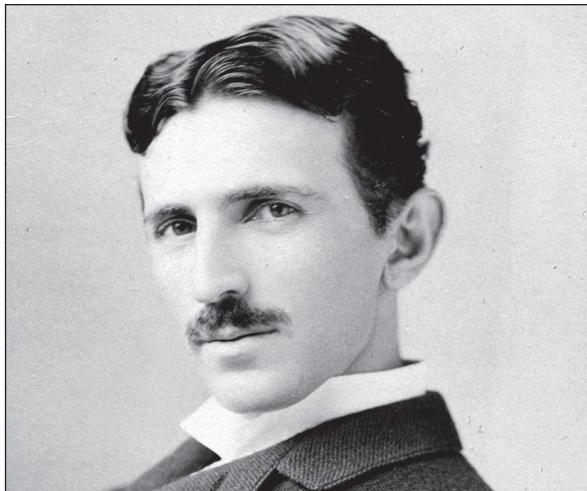


Sir Arthur Eddington.

Arthur Eddington lúc bấy giờ là Thư ký của Hội Thiên văn học Hoàng gia Anh, nên ông tiếp xúc sớm với công trình của Einstein. Vừa là nhà thiên văn, vừa giỏi toán và hiểu được công trình của Einstein, ông nhận ra được tính khả thi trong thí nghiệm Nhật thực mà Einstein đề xuất để kiểm chứng lý thuyết của chính mình. Chưa hết, Eddington không phân biệt chủng tộc mà còn ngược lại. Ông theo giáo lý Quaker và là người ủng hộ nhiệt thành cho chủ nghĩa quốc tế và chủ nghĩa thái bình. Chứng minh lý thuyết của Einstein là đúng sẽ kéo các nhà khoa học Anh và Châu Âu gần lại các nhà khoa học Đức.

Để chứng minh lý thuyết của mình bằng thực nghiệm, Einstein tự đề xuất (tất nhiên bằng các phương trình) sử dụng hiện tượng nhật thực toàn phần. Tháng Năm năm 1919 sẽ xảy ra hiện tượng Nhật thực toàn phần, nếu đo đạc từ hai điểm quan sát ở Châu Phi và Brazil sẽ chứng minh được *Thuyết tương đối tổng quát* là đúng. Eddington đã “đấu tranh” miệt mài để tổ chức được hai đoàn thám hiểm, đi Châu Phi và đi Brazil, để thực hiện thực nghiệm. Hồi đó, những chuyến đi như vậy vất vả, tốn kém, và phép đo phụ thuộc nhiều vào thời tiết.

May quá, Eddington thành công. Lý thuyết của Einstein lần đầu tiên được chứng minh là đúng. Einstein trở nên nổi tiếng khắp thế giới. Đến mức, như trong một cuốn sách mà hồi bé tôi đọc, họ kể rằng phong bì thư chỉ cần để “Ông Einstein ở Châu Âu” là sẽ đến nơi. Trong cuốn sách ấy, có cả bài thơ chế diễu Einstein, mà sau này đọc bài thơ Tesla làm để diễu cợt Einstein, tôi cảm như hai bài là một.



Nikola Tesla.



Cổng vào di tích Khâm thiên giám (Huế) ngày nay.

Sir Arthur Eddington cũng nổi tiếng chẳng kém. Truyền thuyết kể rằng, có lần được phỏng vấn: “Có phải thế giới này chỉ có ba người, trong đó có Einstein, là hiểu Thuyết tương đối không?”, Eddington ngồi nghĩ rất lâu, rồi trả lời: “Tôi không biết người thứ ba là ai!”

Tờ New York Times ở thời điểm Eddington công bố bức ảnh chụp Nhật thực toàn phần nổi tiếng của mình, họ không có sẵn phóng viên khoa học ở London. Thế là họ cử một anh chuyên viết về đánh golf đi làm bài. Điều kỳ lạ là bài báo thành công xuất sắc và đến tận bây giờ trong số những người hâm mộ Einstein vẫn nhiều người nhắc đến.

#### 10. VĨ THANH

“*Girl Power*”, một thời được Spice Girls truyền bá đến Việt Nam, nay không chỉ còn giới hạn ở âm nhạc, điện ảnh hay các hoạt động xã hội mà đã hiện diện đàng hoàng trong khoa học, thậm chí trong những ngành quý tộc cả ngàn năm nay phụ nữ không được bén mảng đến như ngành Thiên văn học.

\*\*\*

Chữ Đài thiên văn (Observatory) nếu thuộc sở hữu nhà nước, kể ra như ngày xưa thì phải dịch là “*Khâm thiên giám*”, nghĩa đen là “cơ quan của nhà vua có nhiệm vụ quan sát bầu trời”.

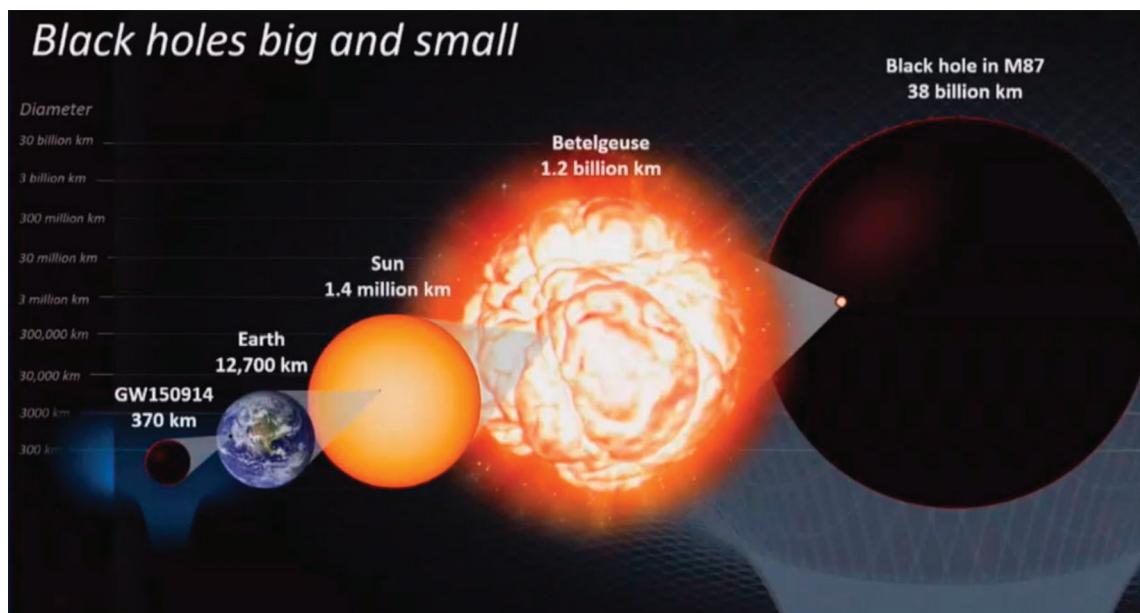
Thời Lê thì *Khâm thiên giám* đặt ở khu vực mà ngày nay là ngõ Khâm Đức, thuộc phố Khâm Thiên. Đến thời Nguyễn, *Khâm thiên giám* chuyển vào Huế (vì vậy mà ngõ Khâm Thiên ở Thăng Long bị đổi tên thành Khâm Đức). Đầu thế kỷ 20, khi ngõ Cổng Trắng ở Khâm Thiên vẫn còn đánh được cá, thì trong ngõ chợ Khâm thiên vẫn còn một cái

gò gọi là núi Thiên đài. Có lẽ đây là nơi đặt đài thiên văn cổ thời Lê.

*Khâm thiên giám* ở Huế có một trạm thiên văn tên là “*Quan tượng đài*”. Đài này đến trước Mậu Thân vẫn còn. Vua Minh Mạng còn cho nhập khẩu kính viễn vọng để quan sát thiên văn và khí tượng (thiên lý kính). Một số “quan” làm việc trong *Khâm thiên giám* của Nhà Nguyễn là người phương Tây.

Năm 1902, Toàn quyền Paul Doumer cho xây ở Việt Nam một đài thiên văn hiện đại, là đài thiên văn Phù Liễn ở Kiến An, Hải Phòng.





Hình trên so sánh kích cỡ các Lỗ đen với Mặt trời và trái đất. Ngoài cùng bên trái là Lỗ đen có mã hiệu GW150914 mà LIGO nghe được (GW là gravitational wave, sóng hấp dẫn, con số bên cạnh là năm tháng ngày LIGO dò được sóng). Bên phải ngoài cùng là Lỗ đen M-87 mới được chụp ảnh (GR là General relativity, thuyết tương đối tổng quát). Cái ngôi sao Betelgeuse to đùng to doàng sáng rực kia chính là ngôi sao Sâm nổi tiếng (Sâm tú trong Nhị thập bát tú, đối nghịch với sao Thượng: "Sâm Thượng chẳng vẹn chữ tòng, tại ai, há dám phụ lòng cố nhân"). Sao Sâm là ngôi sao thuộc chòm sao Lạp Hộ (Orion) và là ngôi sao sáng thứ chín trên bầu trời đêm. Về chủng loại, nó là sao kèn đỏ (red supergiant). Về kích thước thì nó to đến mức nếu khuân nó về Hệ mặt trời và đặt nó vào trung tâm (tức vào chỗ của Mặt trời), nó sẽ choán hết không gian của các hành tinh: Thủy, Kim, Trái Đất, Hỏa và có thể đến tận hành tinh Mộc. (Cũng đừng nhầm sao Sâm sao Thượng với sao Hốm sao Mai. Sao Hốm sao Mai chỉ là một hành tinh, là hành tinh Kim (Venus). Hành tinh Kim trong tử vi là sao Thái Bạch)



## Chương VIII

# TẠI SAO THỨ HAI, THỨ BA, THỨ TƯ ?

Tại sao một “tá” lại là 12? Tại sao ngày xưa tuần có 10 ngày (thượng tuần, trung tuần, hạ tuần) mà nay tuần chỉ có 7 ngày? Tại sao tên ngày trong tuần lại là số thứ tự (ordinal numbers), nhưng lại không có Thứ Nhất? Tại sao một năm có 12 tháng, và tại sao chiêu kim đồng hồ lại quay như bây giờ? Tất cả bắt đầu từ câu hỏi: tại sao góc vuông là 90 độ mà không phải là 100 độ.

**T**iên đề thứ tư của Euclid nói rằng: “*mọi góc vuông đều bằng nhau*”. Góc vuông là góc... 90 độ. Nhưng tại sao góc vuông 90 độ? Số 90 loài người lấy ở đâu ra?

Chuyện bắt đầu từ các nhà toán học Sumer cổ đại (ở vùng đất nay là Nam Iraq) cách nay khoảng 6.000 năm. Họ phát minh ra *Cơ số 60* (sexagesimal: Base 60). Rồi họ truyền cho hàng xóm của mình là các nhà toán học và thiên văn Babylon cổ đại ở vùng Lưỡng Hà trong và sau khi toàn bộ vùng đất này được thống nhất dưới thời đế chế Akkadian (cách nay khoảng 3.000 năm).

Hệ đếm 60 của người Babylon bắt đầu từ số 1 và kết thúc bằng số 59. Họ chưa biết đến và sử dụng số 0. Số 0 là phát minh của người Ấn Độ, sau này lan truyền qua các nước Hồi giáo, rồi phải vãy vùng rất vất vả mới đến được với phương tây. Nhưng đó là câu chuyện khác.

Các nhà toán học cổ đại rất thích con số 60, vì nó dễ dàng chia hết cho rất nhiều con số khác. Rất có thể ứng dụng phổ biến nhất của “toán học” cổ đại là trong thương mại. Nếu bạn là nhà buôn có 60 con cừu, hoặc 60 cái chum, bạn dễ dàng chia nó cho 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, và 60 nhà bán lẻ khác. Do chưa biết làm các phép tính, các nhà buôn cổ đại ấy có thể sẽ phải chia hàng hóa bằng cách thủ công như ta chia bài. Vậy nên tính “chia hết” hẳn là rất quan trọng.

Số 60 cũng là số bé nhất chia hết cho các số liên tiếp từ 1 đến 6: 1, 2, 3, 4, 5, 6. Các số 2, 3, 5 còn là ba số nguyên tố, điều mà sau này Euclid rất thích.

Đặc biệt là 60 chia hết cho 12.

Số 12 và *cơ số 12* (Base 12: duodecimal/dozenal) là con số được ưa thích với các thương nhân hồi đó, bởi nó dễ dàng được đếm bằng tay như sau: lấy ngón cái đếm các đốt trên bốn ngón còn lại, mỗi ngón có ba đốt tay ( $4 \times 3 = 12$ ). Bạn cứ tưởng tượng 5.000 năm trước đây, các nhà buôn Sumer không biết con số đếm (cardinal). Họ dùng ngón cái tay trái để “đếm” các đốt tay ứng với mỗi con cừu đi qua mặt họ. Cứ “đếm” được một lần (12 con), họ lại cùp một ngón tay ở bàn tay phải lại. Tay phải có năm ngón, cùp năm lần thì họ có  $5 \times 12$  (5 lần 12) là 60 con. Ấy là tôi đoán vậy, vì con người cổ xưa nếu không dùng que tính thì họ chỉ có hai bàn tay để “đếm”. Phép tính nhân chắc hình thành từ cách tính đếm này. Và vì thế tuy  $5 \times 12$  và  $12 \times 5$  cho ra kết quả giống nhau nhưng bản chất và

ý nghĩa của phép tính là khác nhau.

Các nhà thiên văn Lưỡng Hà không chỉ thừa hưởng từ người Sumer *Cơ số 60* mà còn thừa hưởng kiến thức thiên văn của họ. Từ khoảng 3.000 năm trước, các nhà thiên văn Babylon ở Lưỡng Hà và người Ai Cập cổ đại quan sát bầu trời nhận thấy chu kỳ (một năm) dài khoảng 360 ngày, vì vậy năm của họ có 360 ngày. Trong một chu kỳ (năm) đó, mặt trăng tròn và khuyết 12 lần. Đây là lý do chúng ta một năm có 12 tháng. Và sau này là một vòng đồng hồ chia thành 12 giờ.

Qua giao thương và chiến tranh, người Babylon truyền *Cơ số 60* cho người Ai Cập. Hắn là các nhà toán học Ai Cập rất thích con số này. Từ đây họ phát minh ra “độ góc” (degree of arc hoặc arcdegree).

Góc *đầy* (toute bộ vòng tròn) là góc mà trong quan sát thiên văn của người Lưỡng Hà và Ai Cập là góc mà trái đất nhìn trọn một vòng bầu trời. Nhìn trọn một vòng cũng là ứng với chu kỳ một năm mà theo họ có 360 ngày. Vậy nên góc *đầy* là 360 độ. Họ chia đôi để có góc *bẹt* 180 độ. Rồi chia đôi lần nữa để có góc *vuông* 90 độ.

Thật tình cờ, tiếng Việt Bắc Bộ gọi 1/4 lít rượu (một cút rượu) là một góc rượu. Hồi bé tôi ngồi cạnh bác tôi bán rượu ở ngõ Đại Đồng, khách qua mua nói: “*bán cho tôi một góc*”.

Người Ai Cập truyền kiến thức của mình cho nhà khoa học đầu tiên của loài người khi anh đi lang thang đến vùng đất này: Thales. Từ đây chúng ta có nền văn minh Ionia cực kỳ rực rỡ của Hy Lạp với nhà toán học lừng lẫy Pythagoras, người cũng được cho là đã du hành đến tận Babylon.

Sau này khi đồng hồ ra đời, người ta chia một vòng đồng hồ thành 60 phút, và 12 giờ. Vì 60 chia hết cho 1, 2, 3, 4, 5, 6 nên chúng ta dễ dàng có các khoảng thời gian 30 phút, 20 phút, 15 phút...

Có ai biết tại sao chiêu quay của kim đồng hồ lại như bây giờ không? Đó là vì ngày xưa người ta dùng đồng hồ cát, bóng của kim đồng hồ quay theo chiêu như vậy ở Bắc Bán Cầu. Nếu các nhà khoa học cổ đại mà ở Nam Bán Cầu, hẳn đồng hồ sẽ quay theo chiêu ngược lại.

\*\*\*

*Thế còn các nhà thiên văn Babylon phát hiện ra những gì?*

Vùng đất nằm giữa sông Tigris và Euphrates có tên gọi trong tiếng Hy Lạp là Mesopotamia, nghĩa là Lưỡng Hà (nằm giữa hai con sông). Trên

☿ 1	☿ 11	♃ 21	♄ 31	♅ 41	♆ 51
☿ 2	☿ 12	♃ 22	♄ 32	♅ 42	♆ 52
☿ 3	☿ 13	♃ 23	♄ 33	♅ 43	♆ 53
♃ 4	♃ 14	♃ 24	♄ 34	♅ 44	♆ 54
♃ 5	♃ 15	♃ 25	♄ 35	♅ 45	♆ 55
♃ 6	♃ 16	♃ 26	♄ 36	♅ 46	♆ 56
♃ 7	♃ 17	♃ 27	♄ 37	♅ 47	♆ 57
♃ 8	♃ 18	♃ 28	♄ 38	♅ 48	♆ 58
♃ 9	♃ 19	♃ 29	♄ 39	♅ 49	♆ 59
♄ 10	♄ 20	♄ 30	♄ 40	♄ 50	

Cơ số 60 theo cách ghi của người Babylon.

vùng đất ấy cách đây khoảng 5.000 năm có người Babylon và Assyria sinh sống.

Bằng mắt thường họ quan sát và nhận ra quy luật chuyển động của bảy “hành tinh” trên bầu trời (với họ Mặt Trăng cũng là một hành tinh như Mặt Trời). Người Babylon và Assyria dùng tên của bảy hành tinh để đặt tên cho bảy ngày.

Và cũng từ đó mà về sau này Pythagoras và nghệ thuật Ionian cổ đại có bảy nốt nhạc. Nó được gọi là *âm giai Ionian* (Ionian scale) hay *âm giai trưởng* (major scale). Hiện nay âm nhạc phương tây sử dụng *âm giai bán cung* (chromatic scale) có 12 nốt nhạc. Nó được phát triển từ âm giai 12 nốt vốn có từ thế kỷ 14 (âm giai thế kỷ 14 này có tên là *âm giai Pythagoras*).

Kiến thức thiên văn và toán học của người Babylon và Ai Cập cổ đại, nhờ giao thương và chinh phạt, lan truyền qua Hy Lạp, Ấn Độ và Ba Tư. Nhờ giao thương mà người Babylon, cũng như sau này là người Phoenicia đã phát minh ra chữ viết. Các nhà khảo cổ tìm ra các bảng đất sét mà nhà buôn Babylon ghi sổ sách. Từ đó chúng ta mới biết chữ của người Babylon giống cái nêm nên bị gọi là *chữ hình nêm* (cuineinform), biết họ dùng *cơ số 60*, và còn biết họ ghi các con số như thế nào nữa.

Ngày nay tên của các ngày trong tuần vẫn còn dấu vết trong những ngôn ngữ như Anh, Pháp, Ý và Tây Ban Nha...

*Chủ nhật* là Mặt Trời (Sun, Sunday), *Thứ hai* là Mặt Trăng (Moon, Monday), *Thứ ba* là Sao Hỏa (Mars, Mardi), *Thứ tư* là Sao Thủy (Mercury, Mercredi), *Thứ năm* là Sao Mộc (Jupiter, Jeudi), *Thứ sáu* là Sao Kim (Venus, Vendredi), *Thứ bảy* là Sao Thổ (Saturn, Saturday).

Trong tiếng Hindi cũng vậy. Ví dụ *Raviwar* (Chủ nhật) có *Ravi* là Sun, hay *Somwar* có *Som* là Moon. [Monday: Somwar (Moon); Tuesday: Mangalwar (mangal = Mars); Wednesday: Budhwar (Mercury); Thursday: Guruwar (Jupiter); Friday: Shukrawar (Venus); Saturday: Shaniwar (Saturn); Sunday: Raviwar (Sun)].

\*\*\*

Nhưng tại sao ở Việt Nam chúng ta gọi tên các ngày trong tuần bằng số thứ tự: *thứ hai*, *thứ ba*, *thứ tư*...?

Đó là vì trong tiếng Bồ Đào Nha tên của ngày trong tuần là *số thứ tự* (ordinal number): *thứ hai*, *thứ ba*, *thứ tư*... Các giáo sĩ dòng Tên người Bồ Đào Nha đã mang tên gọi đó vào trong tiếng Việt. Ngôn ngữ “chợ phiên” của thương cảng Bồ Đào Nha đã đi vào ngôn ngữ của thương cảng Đà Nẵng (Hội An) và ở lại với chúng ta đến ngày hôm nay.

*Thứ hai*: Segunda-feira (trong tiếng Bồ Đào Nha có nghĩa đen là phiên chợ thứ hai: second fair). *Thứ ba*: Terça-feira (nghĩa đen là phiên chợ thứ ba: third fair). *Thứ tư*: Quarta-feira (ta có thể

thấy chữ quarta quen thuộc, nó chính là phiên chợ thứ tư). *Thứ năm*: Quinta-feira. *Thứ sáu*: Sexta-feira. *Thứ bảy*: Sábado. *Chủ nhật*: Domingo.

Tại sao Monday lại là phiên chợ thứ hai mà không phải thứ nhất. Đó là vì ngày thứ nhất là *ngày của Chúa*, trong tiếng Bồ Đào Nha là *Domingo*. Từ *Domingo* này có gốc Latin là *domini*, nghĩa là God's day. Khi du nhập vào tiếng Việt nó trở thành *Chúa Nhật* (Chủ Nhật). Còn thứ bảy thì sao, thứ bảy tiếng Bồ Đào Nha là *Sábado*, vay từ tiếng Do Thái Sabbath.

Bạn có biết tổ phụ Abraham của những người theo đạo Do Thái, đạo Kitô và đạo Islam sinh ra ở đâu không. Trong Kinh Thánh thì đó là thành phố Ur. Sau này các nhà khảo cổ phát hiện ra thành phố Ur là một thành phố cổ, có niên đại ngang ngang các kim tự tháp Ai Cập, và nằm ở vùng đất của người Sumer ở Lưỡng Hà (ngày nay khu vực này thuộc Iraq).

Trong lịch Do Thái tuần bắt đầu từ ngày thứ Một và kết thúc bằng ngày Sabbath (là ngày sau ngày Thứ sáu). Tên các ngày trong tuần là số thứ tự: Rishon (ראשון), Sheni (שני), Shlishi (שלישי), Revi'i (רביעי), Hamishi (חמישי), Shishi (שישי), Shabat (שבת), có nghĩa là first, second, third, fourth, fifth, sixth, và Sabbath.

Chúa Kitô chết ngày thứ sáu và sống lại ba ngày sau, tức vào ngày MỘt. Dương lịch (lịch tây) do các nhà truyền giáo của Giáo hội Công giáo truyền vào nước ta nên còn được gọi là Công lịch, còn ngày Sunday được gọi là Chúa nhật (ngày của Thiên Chúa, đấng làm Chủ bầu trời, để tránh xung đột với Chúa Trịnh và Chúa Nguyễn làm chủ mặt đất lúc bấy giờ). Sau này Chúa nhật bị chuyển hóa thành Chủ nhật.

Trong chữ Hán, Chúa và Chủ là một từ: 主. Chữ Chủ này cũng là chữ chủ trong dân chủ: 民主. Nên chủ nhật, hay chúa nhật, chữ Hán ghi giống nhau là 主日, nó cũng có nghĩa đen là lấy mặt trời làm ông chủ của các vị thần.

Ngày nay trong lịch Việt Nam chúng ta gọi tên các ngày trong tuần theo số thứ tự giống người Bồ Đào Nha và người Do Thái; chỉ khác là chúng không có ngày Sabbath, thay vào đó là ngày Thứ bảy. Chúng ta cũng không có ngày Thứ Nhất, thay vào đó chúng ta gọi là ngày Chủ Nhật, gốc gác là ngày của Chúa.

Việc du nhập tây lịch vào cũng làm thay đổi ý nghĩa của chữ *tuần*. Chữ *tuần* trong tiếng Việt có gốc từ chữ Hán (旬) là chữ chỉ một chu kỳ 10 ngày. Khi nói thương tuần, người xưa nói đến 10 ngày đầu tiên của tháng.

\* \* \*

Thế còn số 12 trong tiếng Việt, một dân tộc quen với đếm 10 ngón tay kiểu Trang Quỳnh thì sao?

Số 12, bắt nguồn từ Cơ số 12 (Base 12: duodecimal/dozenal), khi truyền đến tiếng Anh đã chuyển thành dozen. Các thương nhân Anh đem số 12 đến Hương Cảng: 12 pence đổi được 1 shilling, 12 inches (12") = 1 foot (1 ft). Người Hoa phiên âm dozen thành 打臣 - âm Hán Việt là đả thắn, gọi tắt là đả (打), phát âm tiếng Tàu là tá. Những ai lớn lên thời kỳ chiến tranh biên giới hẳn còn nhớ kịch và phim hồi đó có bọn chỉ huy quân tàu mặt rất bựa, miệng hô tả tả (đánh đánh). Chữ tá đi vào Đàng Trong và trở thành tiếng Việt. Khúc ruột non (tràng) dài cỡ 12 inches, tên latin là *duodenum*, trong tiếng Việt được gọi là tá tràng.

Khác với “tả”, trò chơi Oǎn Tù Tì cũng đi theo thương nhân Anh mà đến thẳng Đàng Ngoài, nên Oǎn Tù Tì âm rất gần với One Two Three là vậy.



Đây là một phần của Tấm bia Shamash (phần dưới là chữ cổ, không xuất hiện trong hình). Bia này là của người Babylon cổ đại ở thành phố Sippar nay là Nam Iraq. Tên thành phố này viết bằng chữ hình nêm sẽ là 𒋩𒀭𒀭𒀭. Vị thần to lớn ngồi bên phải là thần Mặt Trời Shamash, ông ngồi dưới các biểu tượng mặt trăng, mặt trời và các vì sao. Ba người đứng trước, người ở giữa là vua Babylon. Các cột bao quanh thần Shamash tạo nên hình chữ nhật có tỷ lệ vàng.



## Chương IX

# HỌC THÊM MỘT NGÔN NGỮ !

*Học để thành thạo và giỏi hai ngôn ngữ “toán học” và “lập trình” chắc là rất khó. Nhưng học để biết hai ngôn ngữ này, để sẵn sàng đón nhận kỹ nguyên của AI và IoT (Vạn vật trên Internet – Internet of things), thì không quá khó. Chỉ cần bỏ thời gian và chăm chỉ học. Ngôn ngữ lập trình ngày càng gần gũi với tiếng Anh giao tiếp; còn đại số tuyến tính, là loại toán được sử dụng nhiều trong AI, thực ra cũng chỉ khó vừa vừa, bởi nó chỉ xoay quanh (và đi xa hơn một chút) các phép toán cộng, trừ, nhân, chia thông thường.*

Trong tiếng Anh, chữ *scientist* và chữ *physicist* nghe rất quen thuộc, tưởng như nó được hình thành một cách tự nhiên trong quá trình ngôn ngữ phát triển. Thực sự, hai từ này được một học giả người Anh tên là William Whewell chế ra năm 1836. Ông sử dụng gốc latin của chữ *scientia* và chế đuôi *ist* cho giống *artist*. Ông giải thích hai từ *scientist* và *physicist* ở trong đoạn văn dưới đây. William Whewell cũng là người đề xuất các thuật ngữ vật lý mới cho Michael Faraday: *anode*, *cathode*, *electrode*, *ion*, *dielectric*.

*As we cannot use physician for a cultivator of physics, I have called him a physicist. We need very much a name to describe a cultivator of science in general. I should incline to call him a Scientist. Thus we might say, that as an Artist is a Musician, Painter, or Poet, a Scientist is a Mathematician, Physicist, or Naturalist.*

[William Whewell - “The Philosophy of the Inductive Sciences” - London, 1840]

Ngày nay có lẽ ai cũng hiểu việc biết thêm một ngôn ngữ khác tiếng mẹ đẻ của mình sẽ có ích lợi thế nào trong cuộc sống.

Ngày xưa các cụ ai biết chữ Hán thì oai hơn những người xung quanh hẳn mấy bậc. Gần đây hơn là những trí thức biết tiếng Pháp, rồi tiếng Anh. Hiện nay, trong công việc và đời sống thường ngày, những ai biết các thứ tiếng, Trung, Nhật, Đức... đều có chút lợi thế hơn những người không biết.

\*\*\*

Trong thế giới số hiện nay, nơi mà xu hướng trí tuệ nhân tạo đang mạnh mẽ xuất hiện ở mọi nơi, còn nền kinh tế chuyển dần sang 4.0, rất có thể hai ngôn ngữ sau đây sẽ đóng vai trò quan trọng trong cuộc sống thường ngày. Một là *ngôn ngữ toán* nói chung và *ngôn ngữ đại số tuyến tính* nói riêng. Hai là *ngôn ngữ lập trình cho trí tuệ nhân tạo*, ví dụ như ngôn ngữ Python.

Có nghĩa là nếu ai biết hai ngôn ngữ nói trên sẽ có thêm một chút lợi thế trong cuộc sống.

\*\*\*

Biết hai ngôn ngữ nói trên, không có nghĩa là phải thông thạo chúng. Ta chỉ cần biết chúng ở mức đọc hiểu. Cũng giống như học ngoại ngữ, ví dụ tiếng Anh, nếu giỏi đến mức viết được tiểu luận hay hùng biện bằng tiếng Anh được thì tốt, còn không thì chỉ cần đọc hiểu là được: đọc được báo

tiếng Anh, đọc phụ đề phim tiếng Anh, và cũng không nhất thiết phải hiểu 100% những gì họ viết.

\*\*\*

Toán là một thứ ngôn ngữ. Chỉ có điều nó không phải là ngôn ngữ tự nhiên, nó là ngôn ngữ do con người chủ ý tạo ra và được hoàn thiện dần theo thời gian.

Quảng năm 1557, có một nhà toán học xứ Wales tên là Robert Recorde. Ông này phát chấn với việc làm toán mà cứ phải viết cái này bằng với cái này, ông nghĩ ra cách thay cụm từ “*bằng với*” bằng dấu “=”. Từ đó dấu “=” xuất hiện trong các công thức toán.

Hoặc trước đó, vào năm 1525, nhà toán học người Đức Christoph Rudolff thấy cứ phải viết chữ *căn* (root) của số nào đó mãi cũng chán, ông ấy biến chữ *r* (ký tự đầu của chữ “root”) thành dấu căn “√”, và từ đó chúng ta có dấu căn trong toán học.

Ông René Descartes còn lười hơn nữa. Không chỉ nghĩ thêm từ vựng cho toán, ông ấy đặt thêm cả ngữ pháp. Khoảng năm 1637, thay vì viết phép nhân nhiều lần cùng số “x”, ví dụ “x.x.x.x” rất dài dòng và mệt, thì ông ấy viết “ $x^4$ ”. Descartes cũng là người quy ước dùng các số ở cuối bảng chữ cái “x, y, z” để chỉ các biến số “chưa biết, cần phải tìm”.

Ông Gottfried Leibniz thì nghĩ ra cách viết các dấu vi phân “ $\partial/\partial_x$ ” và dấu tích phân “ $\int$ ”. Euler thì nghĩ ra các ký hiệu nay rất quen thuộc: “e, i, f(x),  $\Sigma$ ”.

\*\*\*

Nếu ta biết tiếng Anh căn bản, ta có thể tra từ điển để đọc một tờ hướng dẫn sử dụng thiết bị được viết bằng tiếng Anh. Cũng vậy, nếu biết một chút từ vựng và ngữ pháp của toán, ta sẽ biết cách tra “từ điển” để tìm nghĩa của từ và ngữ pháp trong các công thức toán học mà ta phải tự đọc hoặc tự tìm hiểu cho công việc của mình, hoặc để mở mang kiến thức.

### VÍ DỤ 1:

Trong cơ học lượng tử, các nhà vật lý luôn quan tâm đến việc xác định vị trí và vận tốc (hay động lượng) của một hạt (ví dụ electron) trong không gian. Vị trí của hạt ở một thời điểm bất kỳ được xác định bằng các tọa độ x, y và z.

Theo kiến thức vật lý phổ thông, chúng ta ai cũng biết công thức  $p=m\cdot\vec{v}$  (trong đó “ $p$ ” là động lượng của hạt, bằng khối lượng của hạt là “ $m$ ” nhân

vận tốc của hạt là " $\vec{v}$ "). Giờ giả sử chúng ta biết thêm một phép toán (toán tử) nữa, có tên gọi là toán tử giao hoán, được ký hiệu bằng dấu  $[x, y]$ .

Nếu toán tử giao hoán này bằng không,  $[x, y] = 0$ , nghĩa là hai đại lượng "x" và "y" có khả năng giao hoán. Ý nghĩa vật lý của nó là ta có thể đồng thời xác định được cả "x" và "y" (tức là ta có thể đồng thời đo được chính xác *tọa độ trực x* và *tọa độ trực y* của hạt).

Nếu toán tử giao hoán này khác không,  $[x, p_x] \neq 0$ , nghĩa là x và p không có khả năng giao hoán. Ý nghĩa vật lý của nó là nếu ta biết (đo được) chính xác vị trí "x", thì không thể đo được chính xác giá trị của động lượng "p".

Nếu viết chính xác hơn, ta có:

$$[x, p_x] = i\hbar$$

Đây chính là *Nguyên lý bất định Heisenberg*. Nguyên lý này phát biểu bằng lời như sau: "Ta không thể đồng thời xác định chính xác được cả vị trí lẫn vận tốc (xung lượng) của một hạt. Nếu ta biết càng chính xác đại lượng này, thì ta biết kém chính xác đại lượng kia". Nếu phát biểu bằng toán học, nguyên lý này được viết ngắn gọn như sau:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x > \frac{\hbar}{2}$$

### VÍ DỤ 2:

Giả sử ta quên hết kiến thức toán, và cũng không hiểu gì về hàm sóng trong cơ lượng tử; nhưng ta vẫn nhớ một quy tắc cơ bản của ngữ pháp trong ngôn ngữ toán học: cần chặt chẽ và logic trong suy luận. Giờ chúng ta cùng nhìn vào phương trình sóng của Schrödinger:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H}\Psi$$

Về phải có  $\Psi$  là hàm sóng.

Ta được cho biết thêm, cùng bên về phải của phương trình có  $H$  (đọc là *toán tử năng lượng Hamilton*) là một số thực. Còn về trái của phương trình có:  $\hbar$  (hằng số Planck rút gọn) là số thực;  $i$  là số ảo ( $i^2 = -1$ ).

Từ đây ta có thể suy luận như sau: nếu ở về trái, có  $\Psi$  mà là số thực, thì hai về của phương trình sẽ mâu thuẫn nhau, kết quả của về phải là số thực, kết quả của về trái là số phức (do có chứa thành phần là số ảo  $i$ ). Để không mâu thuẫn, hàm sóng  $\Psi$  buộc phải là số phức. (Đây là cách chứng minh phản chứng quen thuộc trong toán phổ thông.)

Nhưng hàm sóng mà là số phức (có thành phần là số ảo  $i$ ), thì không thể đo lường bằng thực nghiệm (mọi đại lượng muốn đo lường được thì phải là số thực).

Chính tác giả của phương trình sóng nói trên, nhà vật lý Schrödinger, cũng bí và không biết giải thích hàm sóng này là gì. Sau đó nhà vật lý Max Born mới đề xuất một ý tưởng, ông lấy bình phương hàm sóng " $\Psi^2$ " và sau khi bình phương nó trở thành số thực, và tỷ lệ với xác suất tìm thấy một hạt ở một điểm cho trước trong không gian (xác suất là một đại lượng ta có thể đo được). Đề xuất này góp phần mang đến cho Max Born một giải Nobel Vật lý. (Born và học trò của mình là Jordan đã góp công hoàn thiện phiên bản Heisenberg của cơ lượng tử, có tên gọi là cơ học ma trận, vào năm 1925. Năm 1927 Heisenberg đưa ra nguyên lý bất định và đến năm 1932/1934 được giải Nobel. Born được Einstein đề cử Nobel cùng năm với Heisenberg, nhưng đến năm 1954 mới được giải, còn Jordan thì không.)

\*\*\*

Trong *Ví dụ 2* ta thấy một khái niệm rất khó hiểu trong vật lý lượng tử, rất khó diễn đạt bằng lời, nhưng khi diễn đạt bằng ngôn ngữ toán học lại dễ hiểu, ngắn gọn và chính xác. Ngay cả khi ta quên gần hết kiến thức toán, chỉ nhìn vào công thức và được giải thích thêm một chút là ta hiểu.

Nói rộng ra, nếu ta biết từ vựng và quy tắc ngữ pháp của toán, ta sẽ dễ dàng đọc hiểu những gì người khác diễn đạt bằng ngôn ngữ toán:

### VÍ DỤ 3:

Nhìn vào phương trình  $(x-a)^2 + (y-b)^2 = R^2$  ta sẽ hiểu ngay đây phương trình biểu diễn một đường tròn trên mặt phẳng, trong hệ tọa độ hai trục x và y. Đường tròn này có bán kính  $R$  và tâm là điểm có tọa độ trên trục x là "a" và trục y là "b".

### VÍ DỤ 4:

Đây là phương trình Fisher:

$$1+i=(1+r)(1+\pi^e)$$

Trong đó  $i$  là lãi suất danh nghĩa,  $r$  là lãi suất thực,  $\pi^e$  là lạm phát kỳ vọng. Để đơn giản hóa, người ta tính xấp xỉ phương trình này:  $r=i-\pi^e$ . Tức là nếu ta muốn biết lãi suất thực mà ngân hàng trả cho các khoản tiền gửi tiết kiệm, ta chỉ cần lấy lãi suất danh nghĩa (tức lãi suất ngân hàng công bố) trừ đi lạm phát.

Ngôn ngữ toán học cũng chính là ngôn ngữ mà trí tuệ nhân tạo (AI) giao tiếp với thế giới bên ngoài để tự học hỏi và dần trở nên hiểu biết và thông minh hơn. Nó dùng ngôn ngữ toán để tiếp thu thông tin từ thế giới xung quanh (thông qua các cảm biến và camera) và từ dữ liệu trên internet.

Tên gọi “trí tuệ nhân tạo” tự nó đã có nghĩa là một loại “trí tuệ” do con người tạo ra. Con người tạo ra trí tuệ ấy bằng cách lập trình. Để lập trình được, họ dùng “ngôn ngữ lập trình”, là một ngôn ngữ cũng do con người tạo ra để nói chuyện với máy móc. Ngôn ngữ lập trình cũng có sự tiến hóa riêng của nó, và càng ngày nó càng giống ngôn ngữ tự nhiên của chúng ta, cụ thể là nó rất giống tiếng Anh giao tiếp.

#### VÍ DỤ 5:

Giả sử ta muốn bảo “máy” tính tổng của hai số bất kỳ (do ta tùy ý nhập vào máy). Phần *Source Code* thể hiện các dòng lệnh “*input*” cho phép ta nhập số liệu và hiển thị câu chỉ dẫn để nhập liệu “Enter first number”. Phần *Output* thể hiện chương trình khi được “run” (có nghĩa là “chạy” chương trình). Trong ví dụ này, người chạy chương trình nhập số thứ nhất (number 1) là 1.5 và số thứ hai (number 2) là 6.3. Kết quả cho biết tổng (sum) là 7.8.

Nếu đọc từng dòng lệnh, ta thấy ngôn ngữ lập trình dùng để điều khiển máy tính không khác gì ngôn ngữ (ở đây là tiếng Anh) được sử dụng hằng ngày.

```
# Store input numbers
num1 = input('Enter first number: ')
num2 = input('Enter second number: ')

# Add two numbers
sum = float(num1) + float(num2)

# Display the sum
print('The sum of {0} and {1} is {2}'.format(num1, num2,
sum))
```

#### Output

```
Enter first number: 1.5
Enter second number: 6.3
The sum of 1.5 and 6.3 is 7.8
```

#### VÍ DỤ 6:

Giả sử ta muốn lập một chương trình mà ta có thể nhập vào ba con số rồi bắt chương trình ấy tìm ra số lớn nhất. Đọc kỹ từng dòng lệnh, ta sẽ thấy phần so sánh các con số sử dụng ngôn ngữ rất gần gũi với con người: nếu (if) và (and) thì (elif), còn nếu không thì (else). Phần kết quả (output) cho ta biết số lớn nhất trong ba con số được nhập vào.

```
# Python program to find the largest number among the
three input numbers
```

```
# take three numbers from user
```

```
num1 = float(input("Enter first number: "))
num2 = float(input("Enter second number: "))
num3 = float(input("Enter third number: "))
```

```
if (num1 >= num2) and (num1 >= num3):
```

```
    largest = num1
```

```
elif (num2 >= num1) and (num2 >= num3):
```

```
    largest = num2
```

```
else:
```

```
    largest = num3
```

```
print("The largest number among",num1,"",num2,"and",n
um3,"is: ",largest)
```

#### Output

```
Enter first number: 10
Enter second number: 12
Enter third number: 14
The largest number is 14.0
```

(Hai ví dụ về lập trình ở trên là ví dụ của trang dạy lập trình Programiz, cả hai ví dụ này đều sử dụng ngôn ngữ lập trình Python.)

\*\*\*

Học để thành thạo và giỏi hai ngôn ngữ “toán học” và “lập trình” chắc là rất khó. Nhưng học để biết hai ngôn ngữ này, để sẵn sàng đón nhận kỷ nguyên của AI và IoT (Vạn vật trên Internet - Internet of things), thì không quá khó. Chỉ cần bỏ thời gian và chăm chỉ học. Ngôn ngữ lập trình ngày càng gần gũi với tiếng Anh giao tiếp; còn đại số tuyến tính, là loại toán được sử dụng nhiều trong AI, thực ra cũng chỉ khó vừa vừa, bởi nó chỉ xoay quanh (và đi xa hơn một chút) các phép toán cộng, trừ, nhân, chia thông thường.

Nói cách khác, hai ngôn ngữ này có thể sẽ có vai trò quan trọng trong tương lai gần. Ai cũng nên học, nhất là những người trẻ tuổi, bởi họ sẽ phải sống phần lớn cuộc đời mình trong thế giới của AI. Rất có thể trong tương lai, mọi người thay vì nói chuyện với nhau bằng tiếng Việt, Trung, Pháp Anh... họ sẽ nói với nhau bằng ngôn ngữ lập trình. Thậm chí họ có thể còn phải nói với "máy móc".

Có thể một ngày nào đó họ sẽ quen thuộc với việc ra lệnh bằng ngôn ngữ lập trình. Buổi sáng thức dậy, họ bảo cái máy hút bụi có gắn chip AI và kết nối internet trong nhà mình: "Mày ra ngoài phố mua cho tao tờ báo giấy!"

\*\*\*

Hai nhà vật lý hàng đầu thế kỷ 20 là Einstein và Dirac cũng đóng góp rất nhiều vào từ vựng và ngữ pháp của toán. Vì lười nên Einstein gét cách viết tổng:

$$\Sigma_{i=1}^3 = c_i x^i = c_1 x^1 + c_2 x^2 + c_3 x^3$$

Ông viết ngắn gọn:  $y = c_i x^i$ , trong đó  $i$  không phải là lũy thừa bậc  $i$ , mà là chỉ số trên hoặc dưới, cứ có 2 chỉ số thế này, nghĩa là phép tổng với  $i$  chạy từ 1 đến 3. Trong phương trình trường của *Thuyết tương đối*,  $i$  chạy từ 0 đến 4.

Tích  $C_{ik}$  của ma trận  $A_{ij}$  ( $i$  hàng,  $j$  cột) với ma trận cột  $B_{jk}$  ( $j$  hàng,  $k$  cột) nhìn phức tạp thế này:

$$C_{ik} = (AB)_{ik} = \Sigma_{j=1}^N A_{ij} B_{jk}$$

Nhưng nếu dùng cách viết tổng của Einstein sẽ chỉ còn ngắn gọn thế này:

$$C_k^i = A_j^i B_k^j$$

Dirac thì nghĩ ra ký hiệu Bra-Ket. Vector Ket  $|\Psi\rangle$ , là vector trạng thái, thực chất là ma trận cột. Vector Bra  $\langle\phi|$ , bản chất là số phức liên hợp của Ket, và là ma trận hàng.

Nhờ các cách viết của Einstein và Dirac mà các phép tính nhân ma trận (và cũng là nhân vector) trở nên gọn gàng đơn giản. Phương trình Einstein (thuyết tương đối) và phương trình Schrödinger (hàm sóng) có dạng ngắn gọn như sau:

*Phương trình Einstein:*

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}G_{\mu\nu}R + G_{\mu\nu}\Lambda = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

*Phương trình Schrödinger:*

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi(t)\rangle = \hat{H} |\psi(t)\rangle$$

Mọi người có thể so sánh với cách viết bình thường phương trình Schrödinger cho hạt trong hệ tọa độ 3 chiều:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(r, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi(r, t) + V(r) \psi(r, t)$$

Trong phương trình trên, ta thấy ký hiệu  $\nabla^2$  (napla bình phương). Đây cũng là một "cú pháp" do ông Laplace người Pháp nghĩ ra (chắc cũng vì lười). Bởi vậy nó có tên là toán tử vi phân Laplace. Thay vì viết "tổng các đạo hàm bậc hai theo 3 trực tọa độ  $x, y, z$ :

$$\Delta f = \sum_{i=1}^n \frac{\partial^2 f}{\partial x_i^2}$$

ta có thể viết ngắn gọn thế này: " $\nabla^2 f$ " là xong.

### VÍ DỤ VỀ CÁCH DIỄN ĐẠT CHẶT CHẼ VÀ NGHỊCH LÝ

Hai câu dưới đây copy từ wiki, nội dung lăng mạn:

Câu 1:

$$\forall x (G(x) \rightarrow \exists y (B(y) \Lambda K(y, x)))$$

Câu này đọc là: *Với từng cô gái (trong tất cả các cô gái) sẽ tương ứng (có) vài chàng trai (là bất cứ ai trong các chàng trai) là người mà cô gái đã hôn.*

Câu 2:

$$\exists x (B(x) \Lambda \forall y (G(y) \rightarrow K(y, x)))$$

Câu này đọc là: *Có vài chàng trai (cụ thể) nào đó mà tất cả các cô gái đã hôn.*

\*\*\*

Còn hai câu phát biểu dưới đây, tôi chép lại của ông Penrose, là hai cách phát biểu khác nhau của Định lý Fermat.

Câu 3:

$$\sim \exists w, x, y, z [(x+1)^{w+0111} + (x+1)^{w+0111} = (z+1)^{w+0111}]$$

Câu 4:

$$\forall w, x, y, z [(x+1)^{w+0111} + (x+1)^{w+0111} = (z+1)^{w+0111}]$$

Hai câu này nếu đọc thành tiếng người, ở đây là tiếng Việt, sẽ là:

Câu 3: *Không tồn tại các số tự nhiên  $w, x, y, z$  sao cho  $x$  cộng một lũy thừa lên  $w$  cộng ba rồi cộng với  $y$  cộng một lũy thừa lên  $w$  cộng ba bằng với  $z$  cộng một lũy thừa  $w$  cộng ba.*

Câu 4: *Với mọi số tự nhiên  $w, x, y, z$  không tồn tại các số sao cho  $x$  cộng một lũy thừa lên  $w$  cộng ba*

rồi cộng với  $y$  cộng một lũy thừa lên  $w$  cộng ba bằng với  $z$  cộng một lũy thừa  $w$  cộng ba.

Còn câu này, chính là *Nghịch lý Russel*:

Let  $R = \{x \mid x \notin x\}$ , then  $R \in R \Leftrightarrow R \notin R$

Phiên bản giản dị của nó như sau: *Giả sử có một anh thợ cắt tóc, anh này cắt tóc cho tất cả những người đàn ông không tự cắt tóc cho mình, và chỉ cắt tóc những người đàn ông không tự cắt cho mình. Khi ta hỏi, anh thợ cắt tóc này có nên tự cắt cho chính mình hay không, thì nghịch lý bắt đầu lộ diện.*

Có thể anh đao diễn phim Parasite, anh Bong Joon-ho, có học về logic, nên các tình tiết trong phim của anh như “Mother”, “Memories of Murder” cứ gài người xem buộc phải “động não”. Và rồi các “nghịch lý” từ từ xuất hiện.

### VÍ DỤ CUỐI CÙNG:

Sau khi biết ký hiệu hình tam giác ngược  $\nabla$  (đọc là nabla), là ký hiệu đạo hàm theo ba trục tọa độ, ta có thể liên hệ với mật độ điện tích ( $\rho$ ) và mật độ dòng ( $j$ ) do Benjamin Franklin đặt ra; *Phương trình bảo toàn điện tích* như sau:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot j = 0$$

Điển đạt bằng lời như sau: *tốc độ biến thiên theo thời gian của mật độ điện tích (đạo hàm theo thời gian  $t$ ) được bù trừ bằng tốc độ biến thiên của mật độ dòng theo không gian (đạo hàm theo các trục tọa độ).*

Điều thú vị là dạng phương trình bảo toàn này là giống nhau ở rất nhiều lý thuyết vật lý, từ *cơ học chất lưu, nhiệt học, điện lý* *thuyết trường cổ điển* (Maxwell) và *lý thuyết trường lượng tử* (quantum field theory).

Trong phương trình Maxwell-Faraday đây, ta thấy biến thiên điện trường ( $E$ ) trong không gian bằng với biến thiên từ trường ( $B$ ) theo thời gian, và ngược lại. Đây là cái mà ta rất quen thuộc trong vật lý phổ thông, và giống với nguyên lý của máy phát điện (và động cơ điện).

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t}$$

Còn viết dưới dạng hàm sóng, phương trình Maxwell có dạng phương trình vi phân bậc hai, nhìn như thế này (c là vận tốc ánh sáng trong chân không):

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} - \nabla^2 E = 0 \quad \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 B}{\partial t^2} - \nabla^2 B = 0$$

Còn trong cơ lượng tử,  $\rho$  sẽ là mật độ xác suất (mà ta vừa biết ở trên là do Max Born nghĩ ra), còn  $j$  là mật độ dòng xác suất.

$$\nabla \cdot j + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \Rightarrow \nabla \cdot j + \frac{\partial |\Psi|^2}{\partial t} = 0$$

### GIÁO SƯ ĐÀM THANH SƠN NHẬN GIẢI DIRAC

*Giải thưởng Dirac 2018* (Dirac Medal 2018) mới được trao cho ba nhà vật lý lý thuyết xuất sắc: Subir Sachdev (Đại học Harvard), Đàm Thanh Sơn (Đại học Chicago) và Xiao-Gang Wen (Học viện công nghệ Massachusetts - MIT) vì các nghiên cứu độc lập của ba nhà vật lý này đã góp phần mang đến những hiểu biết sâu sắc và mới mẻ cho vật lý lý thuyết. Các nghiên cứu của ba nhà vật lý nhận giải Dirac năm nay đã đưa ra các kỹ thuật mới và độc đáo trong hệ đa -thể (many-body system).

Các nghiên cứu của ba nhà vật lý nói trên liên quan đến các *hiệu ứng của cơ học lượng tử tác động lên hệ đa thể quy mô lớn* (hệ đa-thể là một nhóm các hạt vi mô).

Trong cuộc sống thường ngày chúng ta quen thuộc với ba dạng (pha) của vật chất là *rắn, lỏng, khí*. Tuy nhiên trong vật lý lượng tử hiện đại, khi ta thay đổi thật chậm các tham số bên ngoài như nhiệt độ và áp suất, vật chất sẽ “chuyển pha” và do đó đột sinh các đặc tính mới.

Các nhà vật lý từ lâu đã có hiểu biết sâu sắc về việc các định luật của cơ học lượng tử tác động lên một nhóm nhỏ các hạt. Nhưng như chúng ta cũng biết, các đối tượng vật chất thường ngày chứa các nhóm hạt vi mô có số lượng cực kỳ lớn. Số lượng hạt trong nhóm là rất lớn, ngay cả so với trí tưởng tượng thông thường gần tới  $10^{23}$  (một con số có tới 23 con số 0 đứng sau, nếu ta so với số đếm là tỷ, chỉ có 9 con số 0 đứng sau). Trong một hệ có hàng hà sa số hạt vi mô như vậy, sẽ có vô vàn cách thức để các hạt tương tác với nhau. Hệ quả là để áp dụng cơ học lượng tử lên hệ đa-thể này là cực kỳ phức tạp về mặt toán học.

Chìa khóa để hiểu các đặc tính của *hệ đa-thể* là phải sử dụng hình thái *toán học số phức của liên đới lượng tử* (quantum entanglement) để tìm hiểu các đặc tính của vật chất. Các công trình của ba nhà vật lý Đàm Thanh Sơn, Subir Sachdev, Xiao-Gang Wen đã đóng góp những ý tưởng và phương pháp cực kỳ mới mẻ giúp làm sáng tỏ các hình thái

của liên đới lượng tử electron có thể tạo ra các đặc tính mới của vật chất như thế nào.

Những hiểu biết mới về tính chất vật lý của hệ đa-thể, nhờ vào công trình của ba nhà vật lý được giải Dirac năm nay, sẽ giúp thế giới khoa học hiểu được các đặc tính khác nhau của vật liệu, từ đó có thể thiết kế các vật liệu mới dùng trong các ứng dụng như các thiết bị siêu dẫn hay tính toán lượng tử.

Giáo sư Đàm Thanh Sơn là nhà vật lý lý thuyết đầu tiên sử dụng các hiểu biết vật lý của *đối ngẫu trường chuẩn/trọng trường* (gauge/gravity duality) để nghiên cứu các vấn đề tương tác trong *hệ đa-thể*, từ pha của nhiệt độ cực thấp là *các hạt nguyên tử bị bẫy đông lạnh* (cold trapped atom) đến pha của nhiệt độ cực cao là *plasma của các hạt quark-gluon*.

Giáo sư Đàm Thanh Sơn có những công trình quan trọng giúp thúc đẩy sự phát triển sự hiểu biết của *lý thuyết trường chuẩn* (gauge theory). Đây là một lý thuyết rất quan trọng trong vật lý hiện đại. Công trình của Giáo sư Đàm Thanh Sơn liên quan đến *Thống kê Fermi-Dirac* và *Phương trình Dirac* (một trong những phương trình được bình chọn là đẹp nhất của vật lý lý thuyết, vì phương trình này tiên đoán được hạt “*phản vật chất*” và là phương trình đầu tiên kết hợp được *lý thuyết cơ học lượng tử* và *Thuyết tương đối hẹp* của Einstein.)

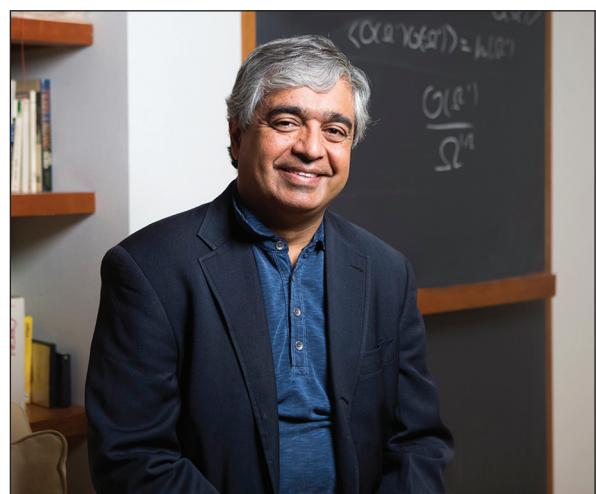
Các lĩnh vực nghiên cứu của Giáo sư Đàm Thanh Sơn bao gồm: Lý thuyết dây, Vật lý hạt nhân, Vật lý vật chất mật độ cao, Vật lý nguyên tử.

Công trình được giải Dirac năm nay của Giáo sư Đàm Thanh Sơn nằm trong lĩnh vực Vật lý nguyên tử.

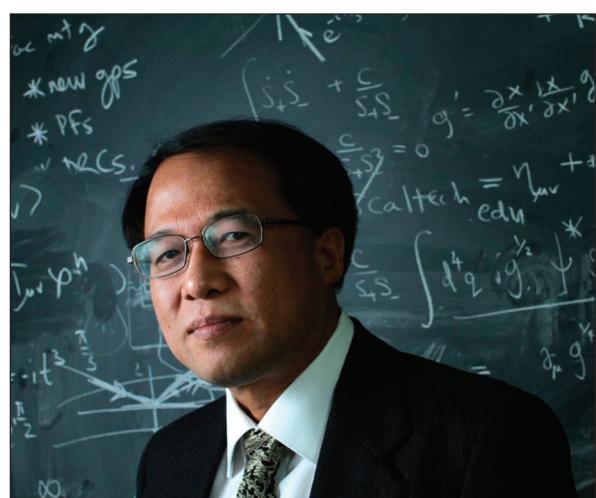
Giải thưởng Dirac được trao hằng năm vào ngày 8 tháng 8, là ngày sinh của Dirac.



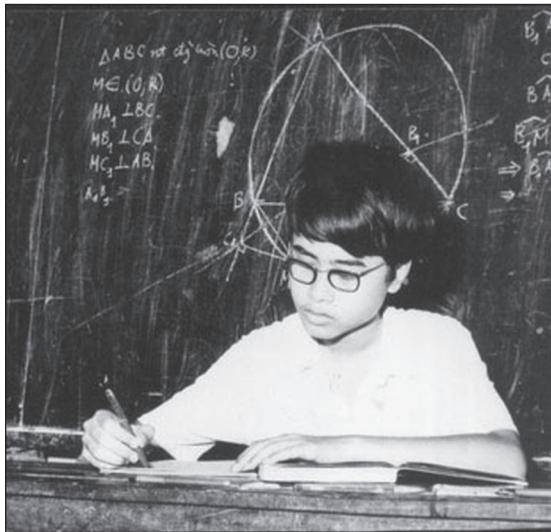
Giáo sư Đàm Thanh Sơn.



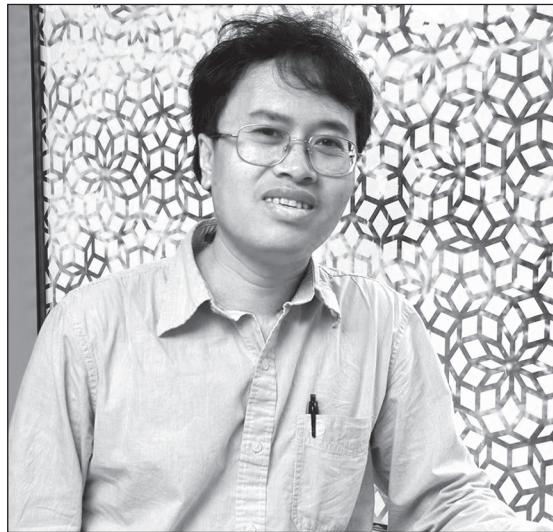
Giáo sư Subir Sachdev.



Giáo sư Xiao-Gang Wen.



Giáo sư Đàm Thanh Sơn là cựu học sinh Chuyên toán Đại học tổng hợp Hà Nội. Anh đoạt huy chương vàng toán quốc tế (IMO) với số điểm tuyệt đối 42/42 năm 1984 khi mới 15 tuổi.



Giáo sư Đàm Thanh Sơn là viện sĩ Viện Hàn lâm Khoa học tự nhiên và Khoa học Xã hội Hoa Kỳ (American Academy of Arts & Sciences), và viện sĩ Viện Hàn lâm Khoa học quốc gia Hoa Kỳ (National Academy of Sciences ).





## Chương X

# VÀ ĐÂY LÀ ELON MUSK

Sau bài diễn thuyết tại Hội nghị vũ trụ quốc tế ở Mexico cuối tháng 9 vừa qua, người sáng lập công ty vũ trụ SpaceX, tỷ phú Elon Musk đã tham gia mục hỏi đáp Ask Me Anything trên diễn đàn Reddit. Elon Musk đã nói về cách Hệ thống vận tải liên hành tinh (Interplanetary Transport System) hoạt động và cách mà các robot công nghiệp sẽ xây một nhà kính khổng lồ để trồng cây trên bề mặt Sao Hỏa. Đây là những bước đi quan trọng trong tham vọng của Elon Musk: biến Sao Hỏa thành thuộc địa của loài người.

Đạo diễn của Iron Man, Jon Favreau cho biết anh và diễn viên Robert Downey Jr. đã gặp Elon Musk và sau đó đưa nhiều tính cách của Musk vào nhân vật Iron Man - Tony Stark. Elon Musk cũng cameo trong phần 2 và 3 của bộ phim này.

Năm 1880, xưởng sản xuất Edison Lamp Works bắt đầu sản xuất bóng đèn. Một năm sau, xưởng này có pháp nhân chính thức với tên Edison Electric Lamp Company. Cùng năm này, xưởng sản xuất Edison Machine Works bắt đầu sản xuất dynamo (bộ phát điện một chiều) và mô tơ điện để sử dụng cho các hệ thống do Thomas Edison sáng chế. Lúc này Thomas Edison mới 34 tuổi.

Trong vài năm tiếp theo, tài phiệt phố Wall bắt đầu đổ tiền vào các doanh nghiệp của Edison. Edison Machine Works sáp nhập một loạt các công ty của Edison, bao gồm Edison Electric Lamp Company (công ty sở hữu các bằng sáng chế đèn điện của Edison) và một công ty đầu tư tài chính do J.P.Morgan hậu thuẫn (công ty này vốn đã đầu tư vào các nghiên cứu của Edison và cộng sự). Sau sáp nhập, công ty mới có tên Edison General Electric Company.

Hơn 10 năm sau, năm 1896, công ty này IPO và là một trong 12 công ty đầu tiên tạo nên chỉ số Dow Jones công nghiệp (DJIA). Công ty ở trên sàn chứng khoán suốt 120 năm, từ năm 1896 đến nay, và chính là tập đoàn General Electric (GE). Các lĩnh vực mà GE tham gia trải rộng từ đồ điện tử gia dụng, đến phần mềm, năng lượng, dầu khí, hàng không và vũ khí. Doanh thu năm 2015 của tập đoàn GE là 140 tỷ dollar Mỹ.

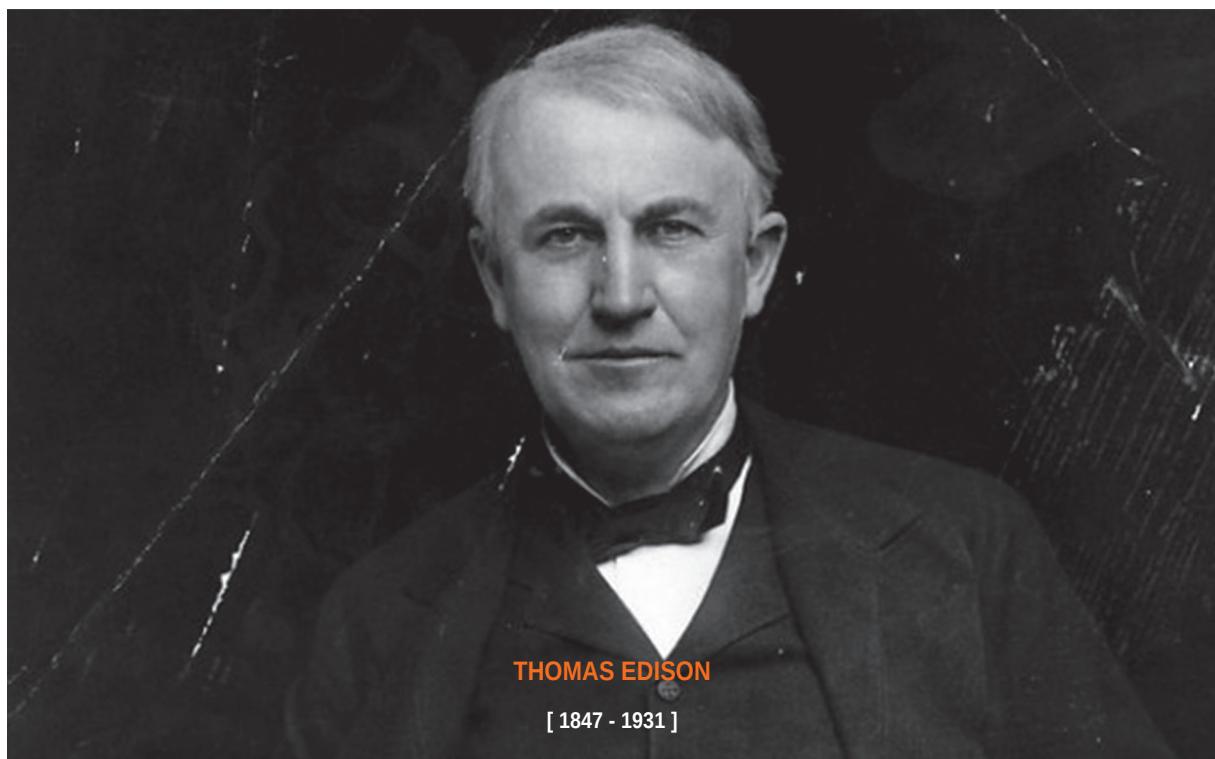
\*\*\*

Rất nhiều thế hệ thanh niên lớn lên ở miền bắc ngày trước rất quen thuộc với nhà sáng chế vĩ đại người Mỹ Tô-mát É- di-son (Thomas Edison) qua một cuốn sách cùng tên. Cuốn sách ấy mô tả Edison như một cậu bé nhà nghèo, phải thôi học để đi làm từ khi còn là thiếu niên. Sau này ông phát minh ra nhiều thứ kì diệu, từ điện báo, đèn điện đến máy hát, máy quay phim, tàu điện. Tất cả là để phục vụ cuộc sống con người, đặc biệt là người lao động.

Cuốn sách không hề mô tả Edison như một nhà công nghiệp có tầm nhìn, một doanh nhân khôn ngoan, một doanh chủ start-up cứng đầu, sẵn sàng chấp nhận rủi ro cao nhất. Mà đấy mới là những phẩm chất để Edison làm nên những kỳ tích của mình, và qua đó làm thay đổi cuộc sống không chỉ người dân Mỹ mà cả nhân loại.

Henry Ford, người đã thay đổi diện mạo không chỉ ngành xe hơi, mà cả nền công nghiệp Hoa Kỳ, đã có may mắn làm việc cùng, rồi trở thành người bạn lâu năm của Edison. Năm 1930 Henry Ford xuất bản cuốn sách *Edison as I know him*.

Cuốn sách cho ta biết gia đình Edison không nghèo. Nhận ra con mình là đứa trẻ khác người, mẹ Edison đã xin cho Edison thôi học để tự mình dạy con cho nên người. Cuốn sách mà cậu bé Edison yêu thích nhất và cũng là nguồn cảm hứng để cậu muốn trở thành nhà hóa học là cuốn *Natural and*



*Experimental Philosophy* của Richard Green Parker, một cuốn sách kiểu wikipedia đơn giản về khoa học tự nhiên và thực nghiệm. Lúc này Edison mới 9 tuổi.

Cha mẹ Edison không ngăn cản con trai mình tự làm các thí nghiệm ở nhà. Chỉ có điều hóa chất hôi đó có lẽ rất đắt, cha mẹ không đáp ứng nổi, nên Edison lúc đó mới chừng 12-13 tuổi đã xin một chân bán báo trên tàu lửa để có tiền chi trả cho niềm đam mê nghiên cứu của mình. Tiền bán báo không đủ, Edison đã tự xuất bản một tờ báo nhỏ, in ngay trên tàu, để có thêm nguồn thu cho phòng thí nghiệm tí hon của mình.

Cũng vì làm việc trên tàu hỏa mà Edison đã có lần dũng cảm cứu được một em bé, con của một nhân viên điện báo hỏa xa. Ông này đã dạy Edison nghề điện báo, và từ đây đam mê của Edison đã chuyển từ “hóa” sang “điện”.

Nói theo ngôn ngữ thời thượng của ngày nay, Edison đã khởi sự doanh nghiệp start-up của mình, tự xoay sở kiếm ra vốn seeding/angel bằng các nguồn thu từ các “doanh nghiệp” làm thêm bằng tay trái.

Henry Ford đánh giá Edison đã rất tiên phong trong tự kiếm nguồn tài trợ cho các nghiên cứu phát triển của mình. Sau này, khi trở thành nhà công nghiệp, doanh chủ và nhà sáng chế hàng đầu thế giới, Edison vẫn rất thiện nghệ trong việc mà ngày nay các doanh nghiệp start-up gọi là “gọi vốn”. Henry Ford cho ta biết Edison rất ghét những kẻ thiếu óc hài hước, mà các nhà đầu tư đến từ Phố Wall là những kẻ như vậy. Nhưng ông nhẹ nhàng chấp nhận họ vì “họ cần ông cho mục đích của họ, còn ông dùng họ cho mục đích của ông”. Cách tiếp cận này gợi ta nhớ đến tỷ phú Jack Ma (Mã Vân), ông chủ tỷ phú của Alibaba, sẵn sàng chấp nhận giảm sở hữu của mình trong công ty để lấy chỗ cho các tay tư bản cá mập như Masayoshi Son bỏ vốn vào.

Henry Ford cũng cho ta biết, chính Edison (chứ không phải Henry Ford) mới là người đầu tiên áp dụng phương thức sản xuất hàng loạt để những sản phẩm công nghiệp tiên tiến nhất có giá thành thấp nhất, và do đó nhiều người dân có thể sử dụng nhất. Nói gương Edison, Henry Ford đã áp dụng tư duy cấp tiến này vào việc sản xuất chiếc ô tô Ford Model T, biến ô tô vốn là sản phẩm xa xỉ trở thành sản phẩm mà mọi gia đình Mỹ đều có thể sở hữu được.

Khi công ty của Edison lên sàn chứng khoán ở Mỹ, ở nước ta vua Thành Thái vẫn đang trên ngai vàng còn Paul Doumer vẫn chưa qua Đông Dương nhậm chức. Nhưng quan trọng hơn, nhìn vào độ

mở của giáo dục, gia đình và xã hội, ngay cả ở Việt Nam bây giờ sẽ rất hiếm một bà mẹ dám mang con mình về nhà tự dạy học, hiếm một người cha dám cho con nghịch ngợm với một đồng hóa chất sẵn sàng nổ tung, và bởi vậy sẽ rất hiếm những đứa trẻ dám đi làm thêm để có tiền nuôi dưỡng những đam mê khoa học của mình.

Có lẽ ở Mỹ ngày nay cũng khó có một Edison như thế. Nhưng may mắn thay, họ có những Edison kiểu khác. Những Edison không chỉ hiện đại hơn, tất nhiên, mà còn Hollywood và Marvel hơn.

Thomas Edison dũng cảm đi vào những địa hạt chưa ai dám đặt chân đến. Khi thế gian còn dùng đèn khí đốt, Edison đã nghĩ đến đèn điện. Để làm ra đèn điện và bán cho có lãi, ông đã tiên phong thực hiện những việc mà ngày nay trở thành tiêu chuẩn của mọi ngành công nghiệp. Thay vì tự mình nghiên cứu phát triển sản phẩm, ông thuê rất nhiều kỹ sư về cùng làm. Phòng nghiên cứu của ông ở Melon Park được coi là phòng Lab nghiên cứu phát triển đầu tiên của loài người. Để bán được đèn, ông cũng phát triển các máy phát điện có hiệu suất cao, các hệ thống truyền tải điện ít tiêu hao, rồi triển khai trên diện rộng. Khi có hệ thống truyền tải điện, Edison không chỉ bán bóng đèn, ông phát triển thêm nhiều sản phẩm khác để tạo nên cái mà ngày nay người ta gọi là hệ sinh thái.

Mặc dù thua cuộc trong cuộc chiến dòng điện “Một chiều vs Xoay chiều” mà Edison là thủ lãnh phe Một chiều, điện thế dân dụng 110Volt của Mỹ, các ổ cắm, phích cắm và đui đèn điện, vẫn còn tồn tại đến hiện nay, là do Edison thiết kế, hoặc phát triển, và quan trọng nhất là đưa vào ứng dụng trên diện rộng để biến nó thành tiêu chuẩn công nghiệp. Việc thua cuộc này khiến cho tên Edison bị rót khỏi tên công ty GE sau khi sáp nhập với phe thắng cuộc là công ty Thomson-Houston Electric Company.

Sau này Steve Jobs cũng bị đá ra khỏi công ty Apple do mình sáng lập, khởi nghiệp lại từ đầu với Next. Apple và Steve Jobs cũng làm cho chuột máy tính, giao diện đồ họa, cổng USB ... phổ cập trong ngành máy tính cá nhân.

\*\*\*

Cách nay hơn 3.000 năm, thế giới còn rất nhỏ bé, chiến tranh liên miên, và chưa có chữ viết. Hồi đó có những người Phoenicia rất khéo tay, có tài xây dựng và khéo buôn bán. Họ còn rất dũng cảm, dong buồm vượt biển đi phiêu lưu khắp nơi, từ Bắc Phi đến Nam Âu để kiếm tiền nhờ buôn bán và xây

dụng. Để liên lạc về quê hương, họ phát minh ra chữ cái để viết thư. Chữ cái của người Phoenicia là cái gốc hình thành chữ Hy Lạp, chữ Latin. Rồi khi Ferdinand Magellan dong buồm khám phá địa cầu, những nhà buôn và nhà truyền giáo theo chân ông đã đến vùng đất mà ngày nay là Quảng Nam của Việt Nam. Từ đây, chữ quốc ngữ dựa trên bảng chữ cái Latin và cách đánh vần của người Bồ Đào Nha và Tây Ban Nha, như ta đang dùng hiện nay, đã hình thành.

Trái với đám người phương tây thích phiêu lưu tìm những chân trời mới, người Việt chúng ta, lại khá tự hào bởi những thứ “nhà 10 đời sống ở phố cổ”, hoặc “xa Hà Nội mấy hôm đã thèm phở sáng”, và thích thú với cái kiểu giang hồ vặt “nghe tiếng còm sôi cung nhớ nhả”. Người Việt chúng ta cứ ngồi yên mà hưởng lợi từ không chỉ từ nền văn minh phương tây ngày nay, với iPhone của Steve Jobs, phần mềm Office của Microsoft, bóng đèn điện của Edison; mà chúng ta còn hưởng lợi rất nhiều từ phát minh của những người Phoenicia cổ đại và máu phiêu lưu của Magellan. Đó là những người dũng cảm dong buồm vượt bể, đi đến những vùng đất lạ, sáng tạo ra những sản phẩm phục vụ chính mình và dần dà phục vụ cả nhân loại.

Di sản của những kẻ tiên phong này, còn là một thứ mà ở Việt Nam người ta vừa căm ghét vừa ngưỡng mộ: Thuộc địa và văn minh thuộc địa.

\*\*\*

Có một doanh nhân, và cũng là một nhà sáng chế, một nhà công nghiệp tiên phong không khác gì Edison đang nổi còn hơn một ngôi sao ở nước Mỹ. Anh chàng Edison kiểu mới này không chỉ xông vào những địa hạt kinh doanh mới, mà còn muốn chiếm những địa hạt ngoài không gian để làm **thuộc địa** cho **loài người**.

Anh ta không chỉ muốn *thắp sáng* loài người bằng ánh sáng *điện*, mà anh ta còn muốn giải cứu nhân loại.

Người hùng từ truyện tranh Marvel bước ra ngoài đời ấy chính là Elon Musk.

\*\*\*

Elon Musk sinh ra (năm 1971) và lớn lên ở Nam Phi. Năm 18 tuổi anh di cư sang Canada và lấy quốc tịch nước này. Với một bộ não thiên tài, việc học hành của Elon Musk khá dễ dàng, anh chuyển tiếp sinh qua Mỹ và lấy hai bằng đại học ở hai trường đại học danh giá. Năm 1995, ở tuổi 24, Elon Musk chuyển đến California để học tiến sĩ Vật lý ở đại học Stanford. Anh đi học 2 ngày rồi bỏ học để khởi nghiệp ở thung lũng Silicon.

Sự nghiệp giải cứu thế giới của siêu nhân Musk bắt đầu.

Khác với hầu hết các doanh nhân khởi nghiệp khác, Musk rất khỏe mạnh về thể chất và tinh thần. Khi đã thành triệu phú, anh vẫn tham gia các trò thể thao đòi hỏi cực kỳ nhiều thể lực và cả



sự liều mạng. Khi là tỷ phú anh vẫn đưa các con của mình đi dự lễ hội của dân độ xe vốn rất bừa, bẩn và bụi. Lúc ở ngưỡng cửa phá sản, anh vẫn dùng máy bay riêng của mình đi làm từ thiện ở Haiti vào lúc bệnh dịch tả đang hoành hành đất nước này dữ dội. Anh đi các hộp đêm đất liền London, uống rượu với những cô gái đẹp nhất thế giới, cùng lúc điêu hành vài công ty toàn là khởi nghiệp, làm việc có những lúc tới 23 tiếng đồng hồ một ngày, vẫn dành thời gian chơi với đám tỷ phú công nghệ, mượn nhà của họ cho bạn gái ở nhờ trong lúc bản thân mình sắp vỡ nợ, mượn tiền của họ để trả lương nhân viên khi công ty sắp phá sản, và vẫn tài trợ hàng núi tiền cho cả hai đảng Dân chủ lẫn Cộng hòa.

Anh làm tất cả mọi thứ để có thể một ngày nào đó công ty SpaceX của anh chiếm Sao Hỏa làm thuộc địa, biến hành tinh chết ấy thành nơi có thể sống được, rồi đưa loài người lên sống.

\*\*\*

Giống như Edison, khi còn bé Elon Musk là một đứa trẻ hiếu học và hiếu động. Có năng khiếu lập trình, ham đọc sách và có những lúc bị bắt nạt ở trường học. Bộ sách mà Musk thích có tên *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*.

Cũng giống như Edison, Elon Musk có khiếu kiếm tiền. Năm 12 tuổi, Elon Musk đã tự lập trình một video game và bán nó cho một tạp chí máy tính với giá khoảng 500 dollar. Lúc mới nhập cư vào Canada, với lợi thế về ngoại hình và thể lực, Musk bán sức lao động của mình bằng cách làm những nghề cực kỳ vất vả. Khi đang là sinh viên ở đại học Pennsylvania, Musk và bạn học thuê nhà hộ sinh để làm hộp đêm trá hình, bán vé thu tiền. Người thu ngân, rất thú vị, là mẹ của Musk.

Rời đại học Stanford sau hai ngày học tiến sĩ, Elon Musk và em ruột của anh là Kimbal (sinh năm 1972) quyết định khởi nghiệp ở thung lũng Silicon. Cũng như các doanh nhân cùng thời đại, Elon bắt đầu với một xu thế mới mẻ đang xuất hiện: internet và web. Công ty có tên là Zip2, nhà đầu tư vốn hạt giống (seeding) chính là cha của hai anh em Musk. Ông Errol Musk, lúc này vẫn sống ở Nam Phi, đã gửi cho anh em Musk 28 ngàn dollar. Sau này khi Elon Musk nổi tiếng, có người lên Quora hỏi về cha của Elon. Ông Errol Musk tự lập một tài khoản Quora và viết: "Mấy thằng kia, đừng có viết gì về tao đấy. Cám ơn".

Những tháng đầu tiên của Zip2 là thời gian rất khó khăn của anh em Musk. Họ túng đến ức phải ở luôn công ty, ăn đồ ăn nhanh rẻ tiền và tắm nhờ ở

cơ sở của YMCA (Jack Ma khi khởi nghiệp cũng sử dụng cơ sở của YMCA ở Hàng Châu). Thành công lớn đầu tiên của Zip2 là hợp đồng ký với hai tờ báo lớn là New York Times và Chicago Tribune.

Năm 1999, Compaq, một công ty máy tính rất lớn hồi đó, mua lại Zip2 với giá hơn 300 triệu dollar. Musk thu về 22 triệu dollar và trở thành triệu phú ở tuổi 28 và sau 4 năm khởi nghiệp.

Trong 10 năm tiếp theo, Elon Musk đầu tư vào Paypal, trở thành cổ đông lớn nhất của công ty này trước khi bán nó cho eBay với giá 1.5 tỷ dollar. Musk thu về 165 triệu.

Với số tiền này, Musk bắt đầu hiện thực hóa tham vọng giải cứu thế giới, mà việc đầu tiên là "xâm lược Sao Hỏa để làm thuộc địa cho loài người".

\*\*\*

Trong bộ phim khoa học giả tưởng có tên *The Martian* (2015), một phi hành gia (Matt Damon đóng) bị bỏ rơi trên một hành tinh không có sự sống. Nhờ kiến thức khoa học và nghị lực phi thường, anh chàng này không những sống sót mà còn tạo thêm sự sống trên hành tinh chết này.

Năm 2001, ở tuổi 30 tròn, Elon Musk bắt đầu dựng mô hình "Ốc Đảo Sao Hỏa". Anh muốn đưa lên sao hỏa một nhà kính để làm các thí nghiệm sinh học và nông học, đặt những viên gạch đầu tiên cho một sự sống trên Sao Hỏa. Ý nghĩ đầu tiên của anh là tìm mua động cơ phóng của tên lửa, loại hàng second-hand, của Nga.

Mua tên lửa chưa bao giờ là một việc dễ dàng. Tên lửa mà Musk muốn mua thuộc loại liên lục địa, một thiết bị luôn được coi là đồ quân sự và chịu quản lý cấp quốc gia, luôn là một việc nguy hiểm, luôn ở ranh giới vi phạm pháp luật. Sau hai chuyến đi mạo hiểm như phim gián điệp đến Moscow, Musk và đồng đội thất bại. Thất bại này, khá giống với bước ngoặt học điện tín của Edison, đã đưa Musk đến một quyết định điên rồ: thành lập công ty vũ trụ tư nhân SpaceX.

Lĩnh vực hàng không vũ trụ, cho đến trước khi Elon Musk bước chân vào, là một lĩnh vực trì trệ và quan liêu. Nó luôn được coi là một lĩnh vực do nhà nước đầu tư và quản lý. Nó tiêu tốn vô cùng nhiều tiền, kém hiệu quả, nếu nhìn từ quan điểm đầu tư. Nó không có cạnh tranh. Nhất là sau khi chiến tranh lạnh kết thúc, hai siêu cường Nga Mỹ không còn đối đầu nhau trong lĩnh vực không gian. Sự cố với dự án tàu con thoi của Mỹ khiến chương trình này bị ngưng vô thời hạn. Rồi Trung

Quốc bắt đầu nổi lên như một cường quốc chinh phục không gian với chi phí thấp (mà Musk khinh khi cho là nhờ nhân công rẻ). Mỹ bắt đầu đánh mất lợi thế phóng tên lửa đưa vệ tinh vào không gian, để rồi các hợp đồng phóng vệ tinh vào tay Nga và Trung Quốc. Thậm chí để phóng vệ tinh của mình, NASA phải thuê Nga bắn tên lửa đưa vệ tinh của mình lên quỹ đạo.

Elon Musk đã có “chiến lược đại dương xanh” của chính mình. Anh mở một công ty start-up để nhảy vào một mảng thị trường khổng lồ và không có cạnh tranh. Một tư duy hoàn toàn sáng suốt, chỉ hơi điên rồ ở chỗ đó là thị trường phóng tàu vũ trụ. Lập luận cơ bản của Musk cho hướng đi này rất đơn giản, ngành công nghiệp không gian đã phát triển rất chậm trong khoảng 50 năm, không có cạnh tranh, sản phẩm rất đắt đỏ. Theo tính toán ban đầu của Musk, chi phí phóng một tàu vũ trụ có khối lượng 250 kg chỉ tốn khoảng 6.9 triệu dollar, trong khi chi phí phóng hiện hành đang vào khoảng 30 triệu dollar. Một khoảng chênh lệch lớn đến mức một doanh nhân gà mờ nhất cũng nhận ra. Nhưng để biến thành hiện thực phải là một doanh nhân sáng suốt kiêm một nhà sáng chế điên rồ như Musk mới có thể làm được.

Không chỉ táo bạo về chiến lược, Musk còn mang tính phóng khoáng, lăng mạn, ngây ngô và cả khắc nghiệt nữa, của văn hóa và tinh thần start-up vào công ty vũ trụ tư nhân SpaceX. Tất nhiên, SpaceX lúc mới ra đời, dù có tới 100 triệu dollar tiền cá nhân của Musk, cũng vẫn là một công ty start-up.

Bản thân Musk chỉ học hỏi kiến thức về tên lửa từ một cuốn sách cũ nát mua trên Amazon. Nhưng với tầm nhìn xa và ý chí mạnh mẽ, Musk muốn công ty mình tự sản xuất, toàn bộ và tất cả, mọi thành phần và thiết bị của tên lửa. Tên lửa ấy phải an toàn, bền và quan trọng nhất là có thể sử dụng nhiều lần. Sản xuất phải đủ nhanh và đủ rẻ để dễ bê thương mại hóa kiếm lời.

Musk thực hiện việc này, bắt đầu với xưởng sản xuất tương đối nghèo nàn và sơ sài, với đội hình các giám đốc toàn sao và một đám kỹ sư đa phần là trẻ, cực kỳ tài năng và tương đối nghiệp dư so với các chuyên gia thực sự của ngành tên lửa và vũ trụ. Câu chuyện nhân sự của SpaceX cũng phản ánh chiến lược thiên tài của Musk. Lần đầu tiên, các sinh viên tài năng nhất, từ các khoa hàng không vũ trụ của các đại học lớn nhất, có một đích đến là một công ty tư nhân vũ trụ, mà còn là khởi nghiệp.

Tiếng lành vang xa, các kỹ sư hàng đầu của Boeing, Lockheed Martin cũng chuồn khỏi những công ty già cỗi để đến với SpaceX trẻ trung, cởi mở và chưa đầy rủi ro, một thứ rủi ro gây khoái cảm.

Ở SpaceX, cũng như ở Tesla Motors, các kỹ sư làm việc không ngừng nghỉ đến kiệt sức, làm tất cả mọi việc họ cần phải làm, thay vì giao cho chuyên gia khác hay thuê công ty bên ngoài. Họ phải hoàn thiện tất cả mọi thứ trong thời gian không phải là ngắn nhất. Khi nghe được lời phàn nàn của một kỹ sư, rằng anh này rất ít được về nhà với gia đình, triệu phú Musk đã nói một câu đầy tinh thần khởi nghiệp: *“Đợi đến khi công ty phá sản, anh sẽ tha hồ có thời gian với gia đình”*.

Để tiết kiệm chi phí nghiên cứu thử nghiệm, Musk thuê một bãi phóng tên lửa cũ của quân đội Mỹ trên một hòn đảo rất hoang sơ tên là Kwaj nằm giữa Guam và Hawaii trên Thái Bình Dương. Những kỹ sư của SpaceX đã phải ra hòn đảo này, phóng thử hết quả tên lửa này đến quả tên lửa khác, mà toàn là thất bại. Khiến cho ông chủ Musk, cùng lúc này dính vào vụ li dị vợ, đi xuống đến sát vùng đáy của cuộc đời mình.

Các câu chuyện trên đảo Kwaj, thất bại của SpaceX giai đoạn này, các bê bối của Elon Musk, đều nằm trong chương 6 của cuốn sách *Elon Musk*, do nhà báo Ashlee Vance viết. Đây là chương mà theo tôi là quyển rũ và gây phấn khích mạnh nhất trong cuốn sách. Các kỹ sư của SpaceX sống trên đảo như những tay du lịch hoang dã kiểu Robinson, sinh hoạt như những quân nhân, và làm việc như nô lệ dưới sự áp bức của lãnh chúa tên là Musk. Họ làm như điên, sáng tạo như điên, và hưởng thụ thiên nhiên hoang dã cũng như những kẻ điên.

Hai sản phẩm chính của SpaceX giai đoạn này là động cơ tên lửa Falcon 1 và Falcon 9. Ba lần đầu tiên phóng thử chiếc Falcon 1 đều thất bại và đẩy Musk vào miệng vực phá sản. May mắn thay, lần phóng thứ 4 vào năm 2008, đã thành công.

Musk và đồng nghiệp của mình đã mất 6 năm và cùng bao nhiêu công sức và cả một núi tiền, để trở thành công ty vũ trụ tư nhân hàng đầu thế giới. Hai tháng sau khi phóng tên lửa thành công, SpaceX nhận được hợp đồng trị giá 1.6 tỷ dollar từ NASA. Số tiền này để trả cho SpaceX phóng 12 chuyến bay tới trạm vũ trụ quốc tế ISS. SpaceX đã thực hiện tốt nhiệm vụ này và là công ty tư nhân đầu tiên có tàu vũ trụ kết nối với ISS. Tên chiếc tàu vũ trụ ấy là Dragon.

Falcon 1 phóng từ đảo Kwaj là sản phẩm khá nghiệp dư của một công ty khởi nghiệp, nhưng đến tên lửa khổng lồ cao 68 mét nặng 500 tấn Falcon 9 thì SpaceX đã trở thành tay chơi số 1 trong lĩnh vực phóng vệ tinh thương mại. Với chi phí phóng mỗi lần chỉ khoảng 60 triệu dollar Mỹ, và tiếp tục còn rẻ đi nữa, SpaceX đang bỏ xa các đối thủ cạnh tranh, không phải là các công ty mà là hai quốc gia Nga và Trung Quốc, trong thị trường dịch vụ phóng vệ tinh trị giá 200 tỷ dollar. (Điều này có nghĩa SpaceX cũng bỏ xa Châu Âu và Nhật, vốn có chi phí phóng vệ tinh rất đắt. Elon Musk, xét theo nghĩa nào đó, đã giúp một tay để cứu ngành công nghiệp vũ trụ của Hoa Kỳ).

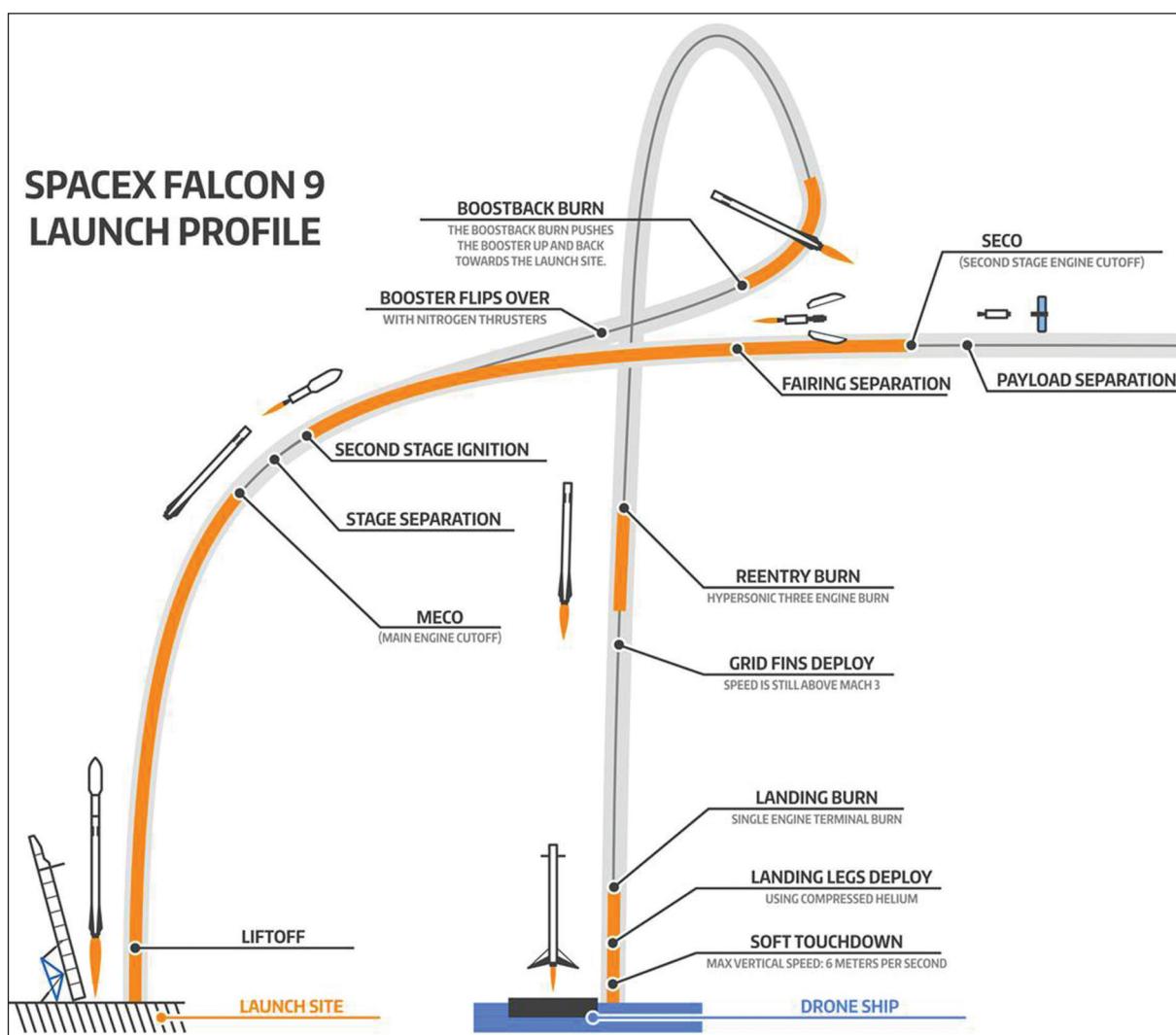
Chính vì đối thủ của SpaceX không phải là các công ty mà là các quốc gia, SpaceX đã không đăng ký bất kỳ một sáng chế nào, bởi Musk không muốn lộ bài của mình cho Trung Quốc. Đây là điểm khác biệt giữa Musk và Edison. Edison nắm

tới hơn 1.000 bằng sáng chế đăng ký dưới tên mình, tính riêng ở Mỹ.

\*\*\*

Vào nửa cuối năm 2008, giai đoạn trước khi phóng thành công Falcon 1, cuộc đời Elon Musk thật bi đát. Ly dị vợ, chia tài sản, tiền bạc đốt như điên vào hai công ty khởi nghiệp là SpaceX và Tesla. Một siêu nhân như Musk, cuộc đời tưởng như đã sa cơ. Anh đón người yêu mới, ngôi sao người Anh của bộ phim *Pride and Prejudice* qua Mỹ chơi mà phải mượn nhà của tỷ phú Jeff Skoll cho người yêu ở.

Trong cuốn sách *Elon Musk* của Alpha Books xuất bản, ta có thể đọc được câu chuyện thú vị này. Riley, người yêu của Musk ở ngôi biệt thự sang trọng này được một tuần thì bỗng nhiên có một gã đàn ông lạ xuất hiện. Cô hỏi, anh là ai. Gã trả lời: tôi là chủ nhà, còn cô là ai. Sau khi biết Riley là người yêu của Musk, tỷ phú chủ nhà Jeff Skoll bỏ đi luôn.



Sơ đồ phóng Falcon 9 và thu hồi động cơ phóng của tên lửa (tầng 1)

Sau khi Musk cưới Riley, tình hình tài chính của Musk khó khăn đến mức bố mẹ vợ của anh ở Anh phải cầm cố nhà lấy tiền cho anh vay. Cũng trong thời gian này, Skoll phải cho Musk vay hàng trăm ngàn dollar để trả lương nhân viên ở Tesla. Hàng trăm ngàn dollar, quy ra tiền Việt là vài tỷ, con số mà các đại gia Việt Nam cho nhau vay không cần ký nhận. Hoặc đơn giản hơn, vài tỷ chỉ là chuyện lại quả của những thương vụ tầm thường. Nhưng trong một thế giới khởi nghiệp, phiêu lưu và đầy sáng tạo, vài tỷ bạc có thể cứu một công ty tầm cỡ như Tesla.

\*\*\*

Ở Mỹ có những tay dị, cả đời chỉ thích nghịch máy móc. Từ bé đã thích tháo cái này ra lắp cái kia vào. Ở Việt Nam có lẽ cũng có những tay như thế, nhưng họ không bao giờ có điều kiện để nghịch cái này lắp cái kia. Thị trường không có sẵn phụ tùng để nghịch. Và quan trọng hơn, nếu có cậu bé nào dám nghịch như vậy sẽ xuất hiện ngay ai đó đại diện cho tổ dân phố, chính quyền, đến hỏi han và yêu cầu ngừng nghịch ngợm. Ở Việt Nam, không có chỗ cho các chú bé sáng tạo.

Những thanh niên nghịch ngợm và mê máy móc ở Mỹ không chỉ được nghịch mà còn được những trường đại học danh tiếng như Stanford ôm vào lòng, rồi khi tốt nghiệp, họ được thả vào thung lũng Silicon đầy tinh thần khởi nghiệp và vô số những quỹ đầu tư mạo hiểm, và có cả những tỷ phú điện rồ như Musk.

Để dễ tưởng tượng, sự kết nối giữa đại học, các nhà sản xuất và nhà đầu tư ở Thung lũng Silicon rất giống các kỹ sư học Đại học Bách Khoa Thành Phố Hồ Chí Minh với các nhà sản xuất người Hoa có sẵn vốn, kinh nghiệm sản xuất, và phân phối sản phẩm. Đây là lý do khiến Quận 11 là cái trung tâm công nghiệp nhẹ Việt Nam suốt những năm 1980 và 1990 của thế kỷ trước. Điều này đang lặp lại ở quy mô nhỏ hơn, nhưng sâu sắc hơn, ở Thủ Đức với hàng loạt các trường đại học và khu công nghiệp xung quanh.

Có hai gã đàn ông như thế, mê xe hơi, và thích bảo vệ môi trường. Họ cũng biết rõ công ty khởi nghiệp cuối cùng trong lĩnh vực sản xuất xe hơi là Chrysler, ra đời từ tận 1925. Họ cũng biết cái nôi của xe hơi phải ở Detroit, nơi có sẵn hàng ngàn công nhân sản xuất xe hơi tay nghề cao, chứ không phải Silicon toàn máy tính. Nhưng hai người đàn ông ấy vẫn quyết tâm thành lập một công ty chuyên tâm làm xe hơi chạy điện vào năm 2003. Họ đặt tên công ty là Tesla Motors, theo tên của « nhà khoa học khùng » luôn đi trước thời đại là Nicola Tesla (Điều thú vị là Tesla có một thời gian làm việc cho phòng lab nghiên cứu của Edison). Hai nhà sáng lập Tesla đã tự tài trợ cho công ty khởi nghiệp của mình cho đến vòng gọi vốn Serie A của quy trình gọi vốn mạo hiểm. Một trong hai sáng lập viên của Tesla, Martin Eberhard, sinh năm 1960, lúc này 43 tuổi. Năm 2004, chính Musk đã tham gia và dẫn dắt vòng gọi vốn Serie A cho Tesla, rồi nhập ban điều hành và trở thành chủ tịch công ty.



Ngành công nghiệp xe hơi, do Henry Ford khai sinh, đã đi một quãng đường đủ dài, đủ giàu, và trở nên già cỗi. Các công nghệ dùng trong động cơ xe hơi đã tiến hóa đầy đủ. Tesla, một công ty non trẻ, gần như là một tay mơ về công nghệ xe hơi, chỉ có lợi thế duy nhất là tinh thần trẻ trung, sáng tạo và chấp nhận rủi ro của một công ty start-up. Không phải một công ty start-up thông thường mà là công ty start-up của Thung lũng Silicon với tỷ phú điên rồ Elon Musk đứng chống lưng.

Các kỹ sư trẻ và tài năng ở đại học Stanford bắt đầu nhận ra sức hấp dẫn của công ty khởi nghiệp Tesla. Có người thậm chí bỏ học, gia nhập Tesla, chấp nhận lau sàn nhà, chỉ để được làm việc.

Quá trình phát triển nguyên mẫu đầu tiên, chiếc Roadster, gặp vô cùng nhiều khó khăn, nó đốt từng chục triệu dollar của Musk. Cho đến khi anh bắt đầu cạn ví và phải gọi sự trợ giúp từ hai tỷ phú sáng lập Google là Larry Page và Sergey Brin. Đến giữa năm 2008, chi phí phát triển chiếc Roadster đã đốt hết 140 triệu dollar, đồng thời thế giới rơi vào khủng hoảng tài chính. Trên báo chí, chiếc Roadster bị coi là thất bại công nghệ của năm. Có những ngày có tới 50 bài báo nói về việc Tesla sẽ chết như thế nào. Tesla chỉ thoát chết nhờ phút cuối Elon Musk bán một công ty khởi nghiệp khác, mà anh em nhà Musk bỏ vốn vào, cho Dell và thu về 19 triệu dollar để nuôi tiếp Tesla.

Đến năm 2013, một lần nữa Tesla lao đao với dòng xe thứ hai: Model S. Có thời điểm Elon Musk phải đàm phán với Google để người khổng lồ internet bỏ ra khoảng 6 tỷ dollar để mua lại Tesla và giữ cho công ty không ngừng hoạt động. Cùng lúc này, bá đạo và ác nghiệt không kém gì Jack Ma ở Alibaba, Musk bắt 500 nhân viên của Tesla phải ra ngoài đường đi bán hàng. Và họ đã làm được điều kì diệu, họ bán được một lượng xe khổng lồ, và lần đầu tiên Tesla có lãi: 11 triệu dollar tiền lời trên 562 triệu dollar doanh thu. Cổ phiếu Tesla tăng từ 30 dollar lên 130 dollar.

Thỏa thuận dang dở với Google bị chấm dứt.

\*\*\*

Khi Henry Ford đến làm việc cho Edison, thiên tài sáng tạo này đang âm mưu chế tạo ác quy để chạy xe ô tô. Nhưng những chiếc xe hơi chạy động cơ đốt trong giá rẻ, và xăng có thể dễ dàng mua hơn điện, đã khiến Edison bỏ ý tưởng xe ô tô chạy điện và chuyển qua phát triển hệ thống tàu điện phục vụ giao thông công cộng.

Elon Musk cũng đang đi những hướng đi tương tự.

Anh đã định nghĩa lại xe ô tô chạy điện. Đó không phải là những chiếc xe hơi bình thường chạy bằng điện, mà là một chiếc xe hoàn toàn khác, được thiết kế và phát triển với những triết lý hoàn toàn khác. Một chiếc sedan bốn chỗ truyền thống chứa động cơ đốt trong rất nặng nề, ồn ào và phức tạp đằng trước, bình xăng đằng sau, và các hệ thống truyền động rất phức tạp. Một chiếc sedan động cơ điện, sẽ có hai động cơ điện nhỏ bé, nhẹ và yên tĩnh nhưng rất khỏe đặt thẳng vào hai trực bánh. Hệ thống ác quy nặng nề nằm trên sàn xe và giữ cho xe cực kỳ cân bằng khi hoạt động. Cũng như Edison phát triển hệ thống truyền tải điện khắp nơi để dễ dàng bán bóng đèn điện, Tesla đang lắp đặt hệ thống sạc điện miễn phí khắp nước Mỹ và tham vọng lắp ở nhiều nơi trên thế giới.

Toàn bộ hệ thống sạc điện ấy, Tesla sử dụng hệ thống điện tái tạo, do công ty SolarCity của Elon Musk cung cấp. Công ty này, đến lượt nó, đang cố gắng tự sản xuất tất cả các thiết bị của mình, trong lòng nước Mỹ.

Tesla cũng đang tiến hóa xe của mình, không chỉ chạy điện mà còn tự lái. Những chiếc xe chở mình đến nơi làm việc rồi tự đi vào bãi đỗ xe, rồi quay đến đón chủ khi có lệnh triệu tập, không khác gì chổi thần trong Harry Potter. Những chiếc xe khi chủ làm việc trong văn phòng có thể tự mình đi ra đường chở khách, kiếm thêm tiền cho chủ. Triết lý của Musk về xe tự lái cũng khá kì quặc nhưng khó lòng bê được: tự lái những chiếc xe hơi nặng cả tấn với tốc độ cao, chẳng khác gì tiếp tay cho giết người; cần phải để xe hơi tự vận hành và chuyên chở con người, giống như thang máy vậy.

Với giao thông công cộng, Elon Musk đầu tư vào Hyperloop, một thương hiệu do SpaceX sở hữu. Đây là hệ thống vận tải tốc độ cao chạy bằng các ống tube áp suất thấp, một ý tưởng chẳng khác gì lấy ra từ một bộ phim khoa học viễn tưởng. Hệ thống này, nếu trở thành hiện thực, có thể chở hành khách với tốc độ lên tới 1.200 km/h.

Vấn đề nan giải với tàu tốc độ cao là ma sát và lực cản do áp suất không khí khi chạy ở tốc độ cao là rất lớn. Ma sát có thể giảm bằng cách sử dụng đệm từ (maglev), nhưng chi phí rất đắt. Tàu cao tốc đệm từ ở Thượng Hải (Shanghai Maglev Train) hoạt động từ năm 2004 có thể đạt tốc độ thử nghiệm lên tới 500 km/h, và tốc độ khai thác là 431km/h. Ký

lục thế giới của tàu Maglev là 603 km/h do Central Japan Railway thực hiện năm tháng tư năm ngoái (2015). Lực cản không khí có thể giảm bằng cách cho tàu chạy đậm từ chạy trong đường ống tube chân không khép kín (vactrain) để đạt tốc độ lên tới 8,000 km/h (nhanh gấp 5-6 lần vận tốc âm thanh). Việc giữ chân không trong đường ống dài là không khả thi, nên vactrain chưa thành hiện thực.

Hyperloop của SpaceX giải quyết nan giải chân không và đậm từ bằng cách giữ cho đường ống tube ở áp suất thấp (1 milli Bar), các toa tàu hình viên đạn/viên con nhộng, lướt trên lớp đậm không khí rất mỏng (0.5 - 1.3 mili mét). Lớp đậm khí được hệ thống nâng bằng khí (air caster) tạo ra từ áp suất của các thanh ván trượt sử dụng máy nén khí. Các toa tàu viên đạn sẽ tăng và giảm tốc nhờ các mô tơ cảm ứng tuyến tính chạy điện lắp dọc theo đường ống. Theo Musk, hệ thống Hyperloop khi dùng trên Sao Hỏa sẽ không cần đường ống tube bằng thép, do áp suất khí quyển Sao Hỏa vốn đã rất thấp so với trái đất.

\*\*\*

Tháng 5 năm 2015, tàu Dragon kết nối thành công với trạm vũ trụ quốc tế ISS. Một tháng sau Tesla bán ra chiếc Model S với giá 75 ngàn dollar. Tháng 9 năm 2015 Tesla giao chiếc Model X cho khách hàng. Tháng 12 năm 2015 SpaceX hạ cánh thành công tầng 1 (main engine) của tên lửa Falcon 9. Đây là lần đầu tiên trong lịch sử ngành vũ trụ, tầng 1 của tên lửa phóng (booster) quỹ đạo sau khi lên đến quỹ đạo đã tách ra khỏi tầng 2, bật động cơ đẩy (thruster) để lộn một vòng, rồi quay trở vào khí quyển trái đất và hạ cánh an toàn; tiến một bước dài tới việc hoàn thiện tên lửa tái sử dụng giúp giảm chi phí phóng rất

nhiều lần. Đầu năm 2016 SpaceX đã xây một đường Hyperloop dài 8km để phục vụ thử nghiệm.

Dự kiến Hyperloop sẽ được đưa vào sử dụng trên trái đất năm 2020. Chuyến bay đầu tiên có người lái tới Sao Hỏa theo tính toán của Elon Musk sẽ được thực hiện vào năm 2024. Musk cũng dự báo tới năm 2040 anh sẽ thiết lập Sao Hỏa làm thuộc địa cho loài người, với dân số sống trên đó khoảng 800 ngàn người. Tất nhiên, những cư dân trên Sao Hỏa ấy sẽ di chuyển bằng Hyperloop và sử dụng năng lượng tái tạo của SolarCity trong cuộc sống của mình.

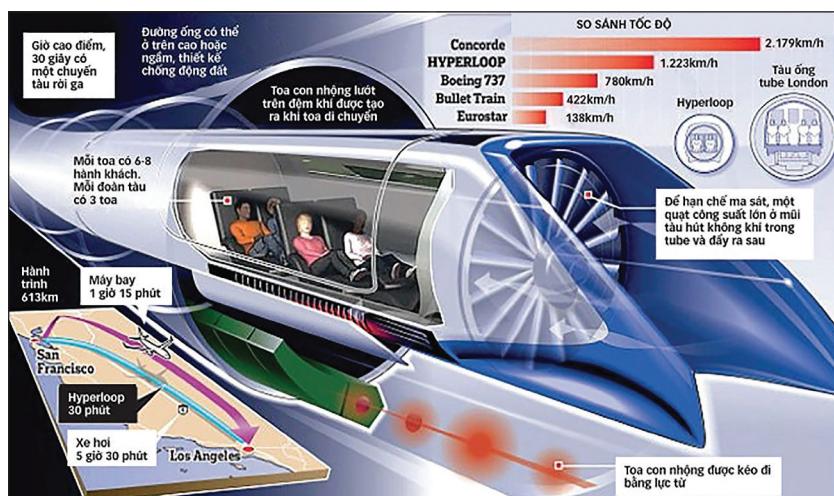
\*\*\*

Musk tin rằng loài người có thể bị tuyệt diệt chẳng khác gì loài khủng long ngày xưa. Virus, núi lửa, thiên thạch khổng lồ, ... đều có thể dễ dàng tiến toàn bộ loài người đi cùng các vị khủng long tiền bối. Musk cũng tin rằng thám hiểm không gian là một bước quan trọng để mở rộng không gian sinh tồn, hoặc chí ít là để bảo tồn sự sống, cho nhân loại.

Động cơ tên lửa Falcon và phi thuyền Dragon của SpaceX, xe ô tô sử dụng động cơ điện của Tesla, năng lượng tái tạo của SolarCity, hệ thống vận chuyển Hyperloop, và mới đây là trí tuệ nhân tạo OpenAI, ... tất cả những thứ ấy đều nằm trong tầm nhìn lớn lao của Elon Musk: đưa nhân loại vào một cuộc sống liên hành tinh, cách duy nhất để hạn chế rủi ro cho sự tồn tại của loài người. Tất cả những công nghệ mà SpaceX, Tesla, SolarCity đang phát triển, trước mắt để phục vụ con người của hiện tại, và sau cùng là để cứu loài người trong tương lai.

Với một người bình thường, Elon Musk quả là dị thường, thậm chí khùng điên ngoại cõi.

Nhưng với một anh hùng đi cứu loài người, sự khùng điên ấy thật là có lý.





© ENCHO ENCHEV



JIM CANTRELL, MỘT KỸ SƯ làm việc cho NASA và làm tư vấn cho các công ty không gian, đã tham gia nhóm thành lập SpaceX cùng Elon Musk. Đến năm 2002, do không tin tưởng vào sự thành công của SpaceX, Jim Cantrell rời công ty.

Trong thời gian ở SpaceX, anh đã tham gia sâu vào quá trình phát triển Falcon 1.

Jim Cantrell viết về Elon Musk như sau:

Làm việc với Elon tôi phát hiện ra một điều, anh ấy bắt đầu bằng việc xác định mục tiêu, rồi bỏ ra rất nhiều nỗ lực để hiểu mục tiêu ấy là gì và tại sao đấy lại là mục tiêu rõ ràng và đúng đắn. Mục tiêu của Elon, như tôi thấy, không thay đổi gì kể từ ngày anh gọi điện cho tôi vào tháng Tám năm 2001. Tôi vẫn nghe thấy mục tiêu ấy trong những bài phát biểu của Elon. Mục tiêu của anh ấy là: biến loài người thành một loài sinh vật đa hành tinh, và để thực hiện mục tiêu này việc đầu tiên anh ấy phải làm là giải quyết vấn đề vận tải.

Khi đã có mục tiêu, bước tiếp theo của Elon là học càng nhiều càng tốt về chủ đề mình đang muốn nắm, từ mọi nguồn khả dụng. Elon là cá nhân thông minh nhất mà tôi đã từng làm việc cùng. Tôi không rõ IQ của Elon, nhưng anh ấy rất rất thông minh. Và không phải là cái loại thông minh ngắn ngo. Anh ấy có một bộ óc ứng dụng thực sự. Elon nuốt chửng kiến thức và kinh nghiệm của những người xung quang. Anh mượn tất cả các sách giáo khoa của tôi về động cơ tên lửa, vào cái hồi chúng tôi mới làm việc cùng nhau năm 2001. Chúng tôi cũng thuê tôi đa các đồng nghiệp làm việc trong lĩnh vực tàu vũ trụ và tên lửa để tư vấn cho Elon. Hội đó giống như một nhóm cuồng không gian khổng lồ. Ở thời điểm đó chúng tôi chưa nói về việc tự làm tên lửa, mà chỉ nói về việc phóng tên lửa lên Sao Hỏa bằng tiền chi từ quỹ tư nhân. Sau này tôi mới biết Elon

còn nói chuyện với một nhóm khác về việc thiết kế tên lửa và cộng tác với vài dự án ở mức độ thiết kế giàn phóng. Khi thỏa thuận của chúng tôi với người Nga thất bại, Elon quyết định tự làm tên lửa, và đó là “sáng thế” của SpaceX.

Tôi cho rằng Elon thành công không phải vì tầm nhìn của anh ấy lớn lao, không phải vì anh ấy đặc biệt thông minh, không phải vì anh ấy làm việc chăm chỉ quá sức tưởng tượng. Những điều ấy đều đúng. Một điểm khác biệt lớn, làm Elon đứng riêng một chiều, đó là anh ấy không có khả năng nhìn nhận thất bại. Đơn giản là không có [thất bại] trong cách suy nghĩ của Elon. Anh ấy không thể nuốt được thất bại, và điều này thật đáng nể. Bất kể việc ấy là gì, chống lại hệ thống ngân hàng (Paypal), chống lại toàn bộ ngành công nghiệp vũ trụ (SpaceX), hay chống lại ngành công nghiệp xe hơi (Tesla). Elon không thể tưởng tượng được KHÔNG thành công, và điều này cuối cùng dẫn anh đến thành công.

Cách thức nhẫn tâm mà Elon dùng để triển khai vốn cũng là một lý do lớn để tạo ra thành công. Anh ấy ngay lập tức ngửi thấy lỗi đi đúng của một vấn đề và anh ấy thúc đẩy nhân viên và công ty rất mạnh mẽ để đạt được thành tựu.

Ở Mỹ Musk không phải tay khùng duy nhất muốn phiêu lưu vào vũ trụ. Jeff Bezos, một người ít khùng hơn nhiều, bởi đã rất thành công với đế chế bán lẻ online Amazon, và là tỷ phú giàu thứ 2 nước Mỹ (71 tỷ dollar, đứng sau Bill Gates). Năm 2000, tỷ phú giàu hơn Musk rất nhiều này, thành lập công ty vũ trụ Blue Origin. Mục tiêu của công ty này rất tham vọng: đưa sản xuất công nghiệp nặng vào vũ trụ, để cứu trái đất khỏi ô nhiễm, xây dựng các thành phố nhỏ dành cho khoảng 2, 3 triệu dân, với đầy đủ khách sạn và công viên trên quỹ đạo trái đất. Tháng 11 năm 2015, Blue Origin đã phóng thử thành công tàu vũ trụ của mình. Tháng 9 năm 2016, Jeff Bezos cho biết ông muốn biến hệ mặt trời thành thuộc địa.



Chương XI

# ĐẮNG SAU

# BẢN KẾ HOẠCH SAO HỎA

# CỦA ELON MUSK

*Mở đầu một buổi nói chuyện TED Talks, Stephen Petranek, cựu biên tập viên khoa học cao cấp của LIFE và Discovery nói: “Chúng ta sẽ lên Sao Hỏa. Không chỉ vài nhà du hành vũ trụ, mà là hàng hàng người sẽ đến để biến Sao Hỏa thành thuộc địa. Loài người [trên Trái Đất] rất mong manh trước những trận đòn roi của Thiên Hà. Một Thiên Thạch lớn có thể làm chúng ta biến mất mãi mãi. Để tồn tại, chúng ta phải vượt ra ngoài trái đất.”*

**L**oài người nhận biết và quan tâm đến Sao Hỏa từ rất sớm. Cách nay khoảng hơn 5000 năm, có những tộc người văn minh sống ở vùng đồng bằng nằm giữa hai con sông Tigris và Euphrates. Vùng đất ấy có tên gọi trong tiếng Hy Lạp là Mesopotamia, nghĩa là Lưỡng Hà (nằm giữa hai con sông), nay thuộc nước Iraq. Những tộc người văn minh ấy là những người Sumer, Babylon và Assyria. Không ai rõ nên văn minh của họ kéo dài trong bao lâu, chỉ biết rằng những nhà khảo cổ tìm thấy công trình kiến trúc của người Sumer được làm bằng gạch đất nung từ khoảng năm 3100 trước Công Nguyên, còn sách luật cổ của người Babylon - Luật của vua Hammurabi - ra đời khoảng năm 1700 trước Công Nguyên.

Người Babylon và Assyria giỏi đi buôn, thạo săn bắn và dũng cảm trong chiến đấu bảo vệ thành phố của mình. Những lúc không phải làm ăn và chiến đấu, họ giải trí bằng cách đánh cờ và chiêm ngưỡng bầu trời. Bằng mắt thường, họ nhận ra và nắm được quy luật chuyển động của bảy "thiên thể". Người Assyria dùng tên của bảy thiên thể này để đặt tên cho bảy ngày. Vòng tuần hoàn của 7 ngày ứng với 7 hành tinh hình thành một tuần có bảy ngày.. Người Assyria đặt tên nghĩ ra đến nay vẫn còn dấu vết trong những ngôn ngữ như Anh, Pháp và Ý. Chủ nhật là Mặt Trời (Sun, Sunday), Thứ hai là Mặt Trăng (Mon, Monday), Thứ ba là Sao Hỏa (Mars, Mardi), Thứ 4 là Sao Thủy (Mercury, Mercredi), thứ năm là Sao Mộc (Jupiter, Jeudi), thứ sáu là Sao Kim (Venus, Vendredi), thứ bảy là Sao Thổ (Saturday).

Theo chân nhà thám hiểm Ferdinand Magellan, các nhà buôn Bồ Đào Nha và các giáo sĩ Dòng Tên đã đến Kẻ Chàm (Quảng Nam) của Xứ Đàng Trong. Đến cùng họ là chữ quốc ngữ, có nguồn gốc từ người Phoenicia, và Tây lịch với bảy ngày một tuần.

Trong tiểu thuyết phiêu lưu Robinson Crusoe, anh chàng Robinson cô đơn trên đảo hoang, cuối cùng cũng vớ được một người bạn mà anh đặt tên là Thứ Sáu. Thứ Sáu trong văn hóa phương tây ứng với Sao Kim. Đàn ông đến từ Sao Hỏa, còn đàn bà từ Sao Kim.

\*\*\*

Cuối những năm 1950 của thế kỷ trước nước, nước Mỹ bị tụt hậu trong cuộc Chạy Đua Không Gian, khi đối thủ của họ là Liên Xô thành công trong việc phóng vệ tinh nhân tạo đầu tiên của loài

người lên quỹ đạo Trái Đất (vệ tinh Sputnik, năm 1957). Để đuổi kịp và vượt Liên Xô, Tổng thống Eisenhower thông qua dự án Project Mercury (1958-1963), một dự án nhằm tới việc phóng tàu vũ trụ của Mỹ lên quỹ đạo Trái Đất.

Năm 1961, Liên Xô tiếp tục đi trước nước Mỹ một bước khi thành công trong việc đưa con người vào vũ trụ (phi công Gagarin). Tổng thống Mỹ lúc này là Kennedy thúc đẩy mạnh mẽ Apollo Program, một chương trình có mục tiêu đưa con người lên Mặt Trăng.

Tháng 9 năm 1962, Project Mercury thành công trong việc đưa phi hành gia lên quỹ đạo Trái Đất.

Cùng năm này, phát biểu tại Đại học Rice, Tổng thống Kennedy nói: "Một số người hỏi, tại sao lại là Mặt Trăng? Chúng ta chọn bay tới Mặt Trăng ngay trong thập niên này và làm những việc khác, không phải những việc này dễ, mà bởi đây là những việc khó."

Chương trình Apollo cũng tiếp sức cho việc mua thêm đất và xây dựng cơ sở phóng tên lửa ở mũi Canaveral bang Florida. Sân bay vũ trụ này bắt đầu được xây năm 1962. Sau khi Kennedy bị ám sát, tổng thống Johnson ra sắc lệnh đặt tên Trung tâm điều hành phóng tên lửa (Launch Operations Center - LOC) và mũi Canaveral theo tên tổng thống Kennedy.

Tháng 5 năm 1961, Tổng thống Kennedy phát biểu trước quốc hội về nhiệm vụ của Chương trình Apollo: "Đưa một người lên Mặt Trăng và đưa anh ấy trở về Trái Đất an toàn". Nhiệm vụ được hoàn thành năm 1969, khoảng 6 năm sau khi Kennedy bị ám sát. Phi hành gia Neil Armstrong của Apollo 11, người đầu tiên đặt chân lên Mặt Trăng đã nói: "Một bước nhỏ của một con người, một bước tiến lớn của loài người".

Bước tiến lớn ấy của loài người lớn và khó đến mức sau khi Chương trình Apollo đóng cửa, không một quốc gia nào, kể cả Hoa Kỳ, thực hiện tiếp các chuyến bay xa đến tận mặt trăng.

Cho đến nay, Apollo là chương trình thám hiểm không gian độc nhất thực hiện các chuyến bay vũ trụ vượt ra ngoài Quỹ đạo Trái đất Thấp (Low Earth Orbit -LEO). Trong đó có 9 chuyến bay có người lái vượt ra khỏi quỹ đạo trái đất thấp (LEO). Trong 9 chuyến bay này có 6 chuyến đưa 12 phi hành gia đổ bộ xuống mặt trăng. Chuyến bay Apollo 13 tuy thất bại trong việc đưa phi công đổ bộ xuống mặt trăng do sự cố kỹ thuật, nhưng lập kỷ lục tàu vũ trụ có người lái bay xa nhất khỏi trái đất.

Họ đã bay qua mặt khuất của mặt trăng và cách trái đất ở thời điểm ấy hơn 400 ngàn km.

Điễn thuyết tại TED Talks, Stephen Petranek nói: “Hãy suy nghĩ một chút, chúng ta có được những gì khi John F. Kennedy nói với chúng ta rằng chúng ta sẽ đưa con người lên Mặt Trăng. Kennedy đã tạo cảm hứng khiến cả một thế hệ biết mơ ước. Hãy nghĩ xem, chúng ta sẽ phấn khích đến thế nào khi chúng ta nhìn thấy con người đổ bộ lên Sao Hỏa. Có lẽ lúc đó chúng ta sẽ nhìn về Trái Đất, trong lúc chúng ta vật lộn để tồn tại trên Sao Hỏa, và nhận ra hành tinh quê hương thật yêu dấu đến thế nào.”

\*\*\*

Khi bắt đầu chương trình Apollo, các kỹ sư của NASA đề xuất bốn phương cách đưa người lên mặt trăng. Cách được chọn có tên *Trung chuyển trên quỹ đạo mặt trăng* (*Lunar Orbit Rendezvous -LOR*): Một tên lửa Saturn V sẽ đưa một tàu vũ trụ có thể hoạt động như một tàu mẹ bay quanh quỹ đạo mặt trăng. Thiết bị đổ bộ sẽ tách ra và mang hai phi hành gia đổ bộ xuống mặt trăng. Sau khi nhiệm vụ hoàn thành, hai phi hành gia sử dụng thiết bị đổ bộ, lúc này đã tách bộ phận đổ bộ ra và bỏ lại mặt trăng, bay trở lại quỹ đạo và ghép nối với tàu mẹ.

Mấu chốt của phương cách này là sử dụng một con tàu có khối lượng nhỏ tách ra từ tàu lớn để hạ xuống mặt trăng. Con tàu đổ bộ này sau khi bỏ lại mặt trăng phần thiết bị hạ cánh để nhẹ bớt sẽ quay trở lại quỹ đạo mặt trăng. Như vậy tổng khối lượng phải phóng đi từ mặt đất, và cất cánh trở lại từ mặt trăng được giảm thiểu rất nhiều. Giải pháp này, trong sự cố Apollo 13, còn thể hiện được lợi ích “cứu hộ” bất ngờ. Con tàu mẹ (còn gọi là mô đun chỉ huy Command Service Module) bị mất điện do nổ bình chứa oxy, các phi hành gia đã sử dụng mô đun đổ bộ (LunarModule) để đưa phi hành gia quay về trái đất.

\*\*\*

Mấy năm gần đây Hollywood tung ra một loạt phim về đề tài thám hiểm không gian. Trong những bộ phim ấy, các tàu vũ trụ đi thật xa tới các hố đen (*Interstellar*) hay đưa người lên Sao Hỏa (*Martian*). Những bộ phim ấy không chỉ phóng chiếu ước mơ của loài người về việc thám hiểm không gian, mà phần nào cho thấy hạn chế của ngành hàng không vũ trụ: con người chưa bao giờ đi xa quá mặt trăng, và lần họ đi xa trái đất nhất cách nay cũng đã 46 năm.

Giải thích về mục tiêu chinh phục Sao Hỏa, kỹ sư hàng không vũ trụ Robert Zubrin, nói đại ý:

“Có ba lý do tại sao Sao Hỏa là mục tiêu của chương trình thám hiểm không gian của chúng tôi.

Sao Hỏa là điểm đến của Khoa học, Thách thức và Tương lai.

Sao Hỏa là hành tinh đã từng ẩm áp, ẩm ướt. Nước đã từng bao phủ bề mặt Sao Hỏa hơn một tỷ năm, gấp năm lần thời gian để sự sống xuất hiện trên Trái Đất này, kể từ sau khi nước không còn bao phủ bề mặt trái đất.

Chương trình đưa Con Người lên Sao Hỏa sẽ nói với mọi đứa trẻ trên ghế nhà trường “Các em hãy học khoa học tự nhiên và các em sẽ là người khám phá ra thế giới mới”.

Nếu 500 năm trước đây thế giới có báo chí như ngày nay, hẳn những tin tức hàng đầu của năm 1492 sẽ là: Hiệp ước hòa bình Anh Pháp, đức ông Borgias chiếm quyền lực từ giới tăng lữ thần quyến, đại gia giàu nhất thế giới Lorenzo De'Medici qua đời. Không báo nào viết về việc con trai một ông thợ dệt người Ý lên thuyền đi về một nơi không ai biết. Vậy mà ngày nay, khi hỏi bất cứ học sinh nào trên nước Mỹ rằng có việc gì xảy ra năm 1942, chúng sẽ nói về con trai người thợ dệt ấy: “Năm 1492, Columbus lên dong thuyền đi thám hiểm và đã tìm ra Châu Mỹ.”

\*\*\*

Robert Zubrin không phải là một kỹ sư bình thường. Ông là kỹ sư của công ty hàng không Martin Marietta tham gia nhóm viết bản báo cáo “The 90-Day Study” nổi tiếng. Tên gọi đầy đủ của báo cáo này là “Báo cáo 90-Ngày về việc đưa con người khám phá Mặt Trăng và Sao Hỏa - The 90-Day Study on Human Exploration of the Moon and Mars”. Bản báo cáo này nằm trong Sáng kiến Khám phá Không Gian (Space Exploration Initiative - SEI) do tổng thống Bush Cha đề xuất năm 1989. Đây là một Sáng kiến với mục tiêu đưa con người lên Mặt Trăng và ở lại. Tổng thống Bush cho rằng định mệnh của loài người là khám phá, và Hoa Kỳ phải dẫn dắt công cuộc khám phá ấy. Sáng kiến SEI sẽ kết thúc bằng một chuyến viễn hành từ trái đất đến một hành tinh khác: một chuyến bay có người lái đến Sao Hỏa.

Bản kế hoạch “The 90-Day Study” được đề xuất cùng với một ngân sách dài hạn lên tới 450 tỷ dollar và vì thế không được Quốc Hội Hoa Kỳ thông qua.

Sáng kiến khám phá không gian SEI của tổng thống Bush Cha cũng bị kết liễu khá nhanh, sau khi tổng thống Clinton lên nắm chính quyền.

Nhưng kỹ sư Robert Zubrin không bỏ cuộc.

\*\*\*

Trong Hệ Mặt Trời, lấy mặt trời làm tâm đếm ra ngoài, trái đất là hành tinh thứ ba, còn Sao Hỏa là hành tinh thứ tư. Cả hai hành tinh cùng quay quanh mặt trời theo quỹ đạo ellipse nên khoảng cách giữa Trái Đất và Sao Hỏa liên tục thay đổi.

Khoảng cách xa nhất giữa Sao Hỏa và Trái Đất là 401 triệu km, khi chúng ở hai phía khác nhau của mặt trời, với Sao Hỏa ở điểm xa mặt trời nhất (điểm viễn nhật) còn Trái đất ở điểm gần mặt trời nhất (điểm cận nhật).

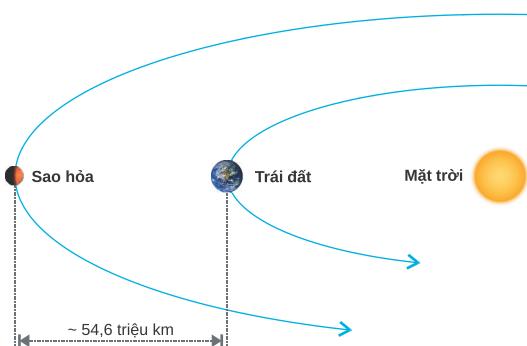
Hai hành tinh ở gần nhau khi chúng ở cùng một phía với mặt trời. Khoảng cách khi này chỉ vào khoảng 54.6 triệu km.

Sao Hỏa đến gần Trái Đất nhất lần cuối là năm 2003, khoảng cách năm đó là 56 triệu km. Và đây là lần gần nhau nhất trong suốt 50 ngàn năm vừa qua.

Do chu kỳ quỹ đạo, cứ 26 tháng (2 năm 2 tháng), Trái Đất và Sao Hỏa sẽ đến gần nhau. Đây là thời điểm tốt nhất, gọi là cửa sổ phóng (launching window), để phóng tàu vũ trụ lên Sao Hỏa.

Tháng 5 năm 2012, Sao Hỏa cách Trái Đất 100.7 triệu km. Tháng 7 năm 2018 sẽ là 57.6 triệu km và tháng 10 năm 2020 sẽ là 62.1 triệu km.

Như vậy năm 2018 là năm rất thuận lợi để phóng tàu vũ trụ lên Sao Hỏa.



Ngày 22 tháng 5 năm 2018, sao Hỏa ở vị trí gần Trái Đất nhất

Rất khó phóng thẳng tàu vũ trụ từ Trái Đất lên Sao Hỏa được, bởi nếu nhắm vào Sao Hỏa và bắn tên lửa, khi tàu vũ trụ đến nơi thì Sao Hỏa đã dịch chuyển đi chỗ khác. Cách phóng như vậy sẽ cần rất nhiều nhiên liệu tên lửa. Thay vào đó tàu vũ trụ được tính toán để phóng về hướng sao cho có thể chặn đón đúng nơi Sao Hỏa sẽ dịch chuyển đến trong tương lai. Giống một cú tạt bóng từ biên của David Beckham vậy.

Để gửi các xe tự hành lên Sao Hỏa, NASA chọn phương án có tên gọi Quỹ đạo liên vận sử dụng tối thiểu năng lượng (Minimum Energy Transfer Orbit), sử dụng đường bay do Walter Holmann đề xuất từ năm 1925. Đường bay này không phải là đường bay nhanh nhất, hoặc ngắn nhất từ trái đất lên Sao Hỏa, mà là đường bay tiết kiệm nhất.

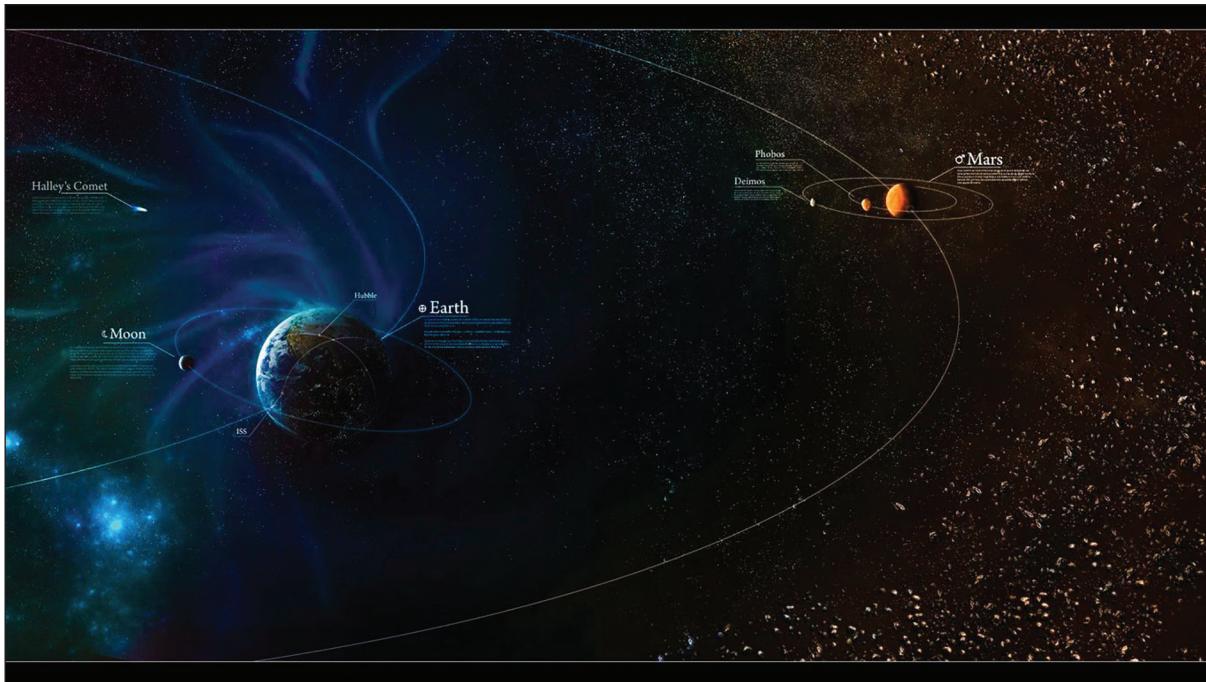
Từ bề mặt trái đất, tàu vũ trụ được phóng lên quỹ đạo của trái đất, sau đó tên lửa đẩy sẽ đưa tàu đi xa hơn, cho đến khi đi vào quỹ đạo của Mặt Trời. Tàu sẽ bay trên quỹ đạo này (quanh mặt trời) cho đến khi cắt vào quỹ đạo của Sao Hỏa (quỹ đạo quanh Sao Hỏa). Sau khi liên vận (transfer) từ quỹ đạo bay quanh Mặt Trời sang quỹ đạo bay quanh Sao Hỏa, từ quỹ đạo Sao Hỏa tàu sẽ đổ bộ xuống Sao Hỏa. Ngoài yếu tố khoảng cách, thời gian bay lên Sao Hỏa phụ thuộc rất nhiều vào vận tốc phóng và năng lượng sử dụng cho tên lửa đẩy trong suốt hành trình. Càng dùng nhiều năng lượng, tàu đi càng nhanh. Trung bình, cách đi này mất khoảng 250 ngày.

Tàu vũ trụ đầu tiên của NASA đến Sao Hỏa thành công là tàu Mariner 4, phóng vào tháng 11 năm 1964. Tàu này đi mất 228 ngày. Tàu Viking 1 phóng năm 1976 đi mất 335 ngày. Tàu đổ bộ Phoenix (2008) đi mất 295 ngày và tàu đổ bộ Curiosity (2011) đi mất 253 ngày.

Liên Xô, Châu Âu, Mỹ đã gửi nhiều vệ tinh thám hiểm, tàu đổ bộ và xe tự hành đi thám hiểm Sao Hỏa. Chỉ khoảng 1/3 các sứ mệnh đã thực hiện là thành công.

Trong thập kỷ đầu tiên của thế kỷ 21, có thể kể đến hai tàu vũ trụ không người lái đi thám hiểm Sao Hỏa là tàu Mars Odyssey của NASA (tới quỹ đạo Sao Hỏa năm 2001, thu thập và gửi dữ liệu phổ kế của Sao Hỏa về Trái Đất, dữ liệu này cho biết Sao Hỏa có Hydro). Tàu Mars Express của Châu Âu đổ bộ xuống Sao Hỏa thất bại và mất liên lạc năm 2004. Cùng năm này hai tàu Spirit và Opportunity của NASA đổ bộ thành công xuống bề mặt Sao Hỏa và gửi về trái đất nhiều kết quả quan trọng, trong đó có sự tồn tại của nước lỏng. Sau 6 năm làm nhiệm vụ trên bề mặt Sao Hỏa, đến năm 2010 robot Spirit hy sinh anh dũng do mắc kẹt.

Tháng 8 năm 2012, Một chương trình của NASA có tên Lab Khoa học Sao Hỏa (Mars Science Laboratory - MSL) đã đưa một xe tự hành có tên Curiosity đổ bộ lên bề mặt Sao Hỏa. Xe tự hành này đã đi một hành trình từ Trái Đất tới Sao Hỏa dài tới 563 triệu km trong khoảng 253 ngày (Curiosity được phóng tháng 11 năm 2011).



Nhiệm vụ của Curiosity khá đa dạng, từ tìm hiểu khí hậu và địa chất Sao Hỏa tới khảo sát và đánh giá xem một khu vực được chọn sẵn trong miệng núi lửa Gale có điều kiện môi trường phù hợp cho sự sống của vi khuẩn hay không. Những nhiệm vụ này là để phục vụ các nghiên cứu về khả năng sinh sống liên hành tinh, chuẩn bị cho sứ mệnh đưa con người lên Sao Hỏa.

Đơn độc là lâm lũi vài năm trời trên Sao Hỏa, con robot Curiosity rất tò mò này đã gửi về Trái Đất những thông tin đầy bất ngờ và phán khích. Sao Hỏa không chỉ có nước, mà còn có những nguyên tố hợp thành chất hữu cơ: carbon, hydro, oxy, phốt pho, sun phua. Sao Hỏa đã từng có rất nhiều nước, trong rất nhiều năm. Có thể cũng đã từng có sự sống hữu cơ trên đó.

\*\*\*

Phần lớn tên lửa, tàu vũ trụ, vệ tinh hiện được thiết kế để phóng lên và hoạt động trong vùng quỹ đạo trái đất thấp (LEO). LEO là vùng không gian bao quanh trái đất, có cao độ từ 160 km đến 2000 km. Trạm vũ trụ quốc tế ISS nằm ở độ cao 400km. Vệ tinh viễn thám, viễn thông phục vụ thương mại cũng nằm ở tầng LEO. Các vệ tinh định vị GPS nằm cao hơn LEO nhưng thấp hơn tầng quỹ đạo địa tĩnh. Quỹ đạo trái đất cao nhất là quỹ đạo địa tĩnh (Geostationary Transfer Orbit - GTO) cách bề mặt trái đất khoảng 35 ngàn km. Vệ tinh viễn thông và thời tiết thường được đặt ở quỹ đạo này.

Xa hơn quỹ đạo địa tĩnh khoảng gần 10 lần là quỹ đạo của mặt trăng. Mặt trăng cách trái đất khoảng 380 ngàn km.

Để đi tới mặt trăng và xa hơn, không chỉ cần các tên lửa phóng (booster) cực mạnh để đi lên tầng quỹ đạo thấp LEO, mà còn cần các tên lửa đẩy mạnh nhưng tiêu tốn ít năng lượng (thruster) để đưa tàu vũ trụ đi ra khỏi tầng địa tĩnh GTO và đi xa vào vũ trụ. Các con tàu vũ trụ này còn có các hệ thống dẫn đường và viễn thông đặc biệt. Bởi ở khoảng cách xa như vậy, mọi thiết bị định hướng dẫn đường và viễn thông tinh xảo nhất dành cho vệ tinh thông thường, không còn hoạt động chính xác. Việc liên lạc theo thời gian thực từ Trái Đất lên Sao Hỏa cũng là bất khả. Ở vị trí gần nhau nhất, tín hiệu đi từ Trái Đất lên Sao Hỏa mất 3 phút, và mất thêm 3 phút nữa để đợi tín hiệu phản hồi. Ở vị trí xa nhau nhất, thời gian này là 21 phút.

Hành trình lên Sao Hỏa, hàng ngàn lần xa hơn Mặt Trăng. Các phi hành gia của tàu Apollo cần ba ngày để bay tới Mặt Trăng, còn để lên Sao Hỏa họ cần khoảng 240 ngày. Tức là, các phi hành gia phải sống khoảng 8 tháng trong một thiết bị chật hẹp, được làm bằng vật liệu đặc biệt để chống lại phóng xạ và các tia vũ trụ rất nguy hiểm cho sức khỏe con người.

\*\*\*

Sang thế kỷ 21, một Cuộc Chạy Đua Không Gian (Space Race) mới bắt đầu.



Năm 2003 Trung Quốc phóng tàu vũ trụ có người lái vào không gian. Họ cũng tuyên bố sẽ bắt đầu sứ mệnh chinh phục Mặt Trăng vào năm 2017.

Cơ quan không gian Châu Âu đưa ra kế hoạch đưa người lên Mặt Trăng năm 2024 và lên Sao Hỏa năm 2033.

Năm 2004, tổng thống Bush con công bố chương trình Constellation trong đó bắt đầu sứ mệnh đưa người lên Mặt Trăng năm 2020. Chương trình này chưa bao giờ trở thành hiện thực do tổng thống kế nhiệm là Obama hủy bỏ.

Năm 2010, đến lượt mình tổng thống Obama tuyên bố: “Tôi tin tưởng, khoảng giữa những năm 2030, chúng ta có thể đưa người lên quỹ đạo Sao Hỏa và mang họ trở về Trái Đất an toàn; và tiếp theo đó sẽ là việc đổ bộ lên Sao Hỏa.”

\*\*\*

Trong bộ phim Martian của đạo diễn Ridley Scott và tài tử Matt Damon, nhân vật do Matt Damon đóng đã dùng thiết bị cất cánh Mars Ascent Vehicle (MAV) để trở về tàu mẹ Earth Return Vehicle (ERV) bay chờ trên quỹ đạo. Tàu mẹ, được thiết kế để tự quay quanh trục của mình để tạo ra trọng trường nhân tạo, giúp các phi hành gia ổn định sức khỏe thể chất trong một chuyến bay kéo dài nhiều tháng.

Tất cả những chi tiết này, và nhiều tình tiết khác trong phim, đều có trong bản đề án kỹ thuật để đưa người lên Sao Hỏa của kỹ sư Robert Zubrin. Bản đề án này có tên gọi Mars Direct.

Chính xác hơn, cách mà nhân vật do Matt Damon được giải cứu, chính là phương cách mà Robert Zubrin sử dụng để lập đề án đưa người lên Sao Hỏa và trở về trong phiên bản đơn giản có tên gọi Mars Semi-Direct. Hiện Mars Semi-Direct đang được Elon Musk và SpaceX sử dụng để lập kế hoạch vận tải liên hành tinh.

Khi bản báo cáo “90-Day Study” và ngân sách khổng lồ bị quốc hội Mỹ từ chối năm 1989, kỹ sư không gian Robert Zubrin (sinh 1952) đang ở độ tuổi 37. Rủ rê một đồng nghiệp khác, cũng ở Martin Marietta (một công ty thuộc Lockheed Martin), Robert Zubrin phát triển bản đề xuất Mars Direct: một bản đề án khả thi hơn về công nghệ và chi phí đầu tư với mục tiêu đưa con người lên Sao Hỏa và trở về. Triết lý của kế hoạch này là: sử dụng tài nguyên tại chỗ, du hành với khối lượng nhẹ, và sống sót bằng cách làm ra thực phẩm tại chỗ.

Bộ phim Martian của Ridley Scott không chỉ phản ánh chính xác triết lý của bản đề án Mars Direct mà còn đưa vào trong phim các trạm làm việc và thiết bị do Zubrin thiết kế. Trạm làm việc đã vận hành thử nghiệm trong môi trường Sao Hỏa giả lập được tạo ra trên sa mạc trái đất. Còn thiết bị In-Situ Resource Utilization (ISRU) đã chạy kiểm định thành công tại trung tâm vũ trụ Johnson Space Center. In Situ Resource Utilization (ISRU) là các công nghệ sử dụng tài nguyên tại chỗ (in-stu trong tiếng Latin là tại chỗ), tức là sử dụng vật chất cơ

bản đang có sẵn trên Sao hỏa, đặc biệt là không khí Sao Hỏa có tới 96% khí CO<sub>2</sub>, và biến chúng thành nhiên liệu phóng tên lửa, khí oxy, nước uống và các chất quan trọng khác.

Bản đề xuất Mars Direct hoàn thành năm 1990. Đến năm 1996, Robert Zubrin đưa kế hoạch này lồng vào một cuốn sách có tên The Case for Mars. Cuốn sách thành công bất ngờ. Nhờ cuốn sách, Zubrin nhận ra có rất nhiều người, từ nhà khoa học, chính trị gia đến người lao động bình thường, có ước mơ và khát khao chinh phục Sao Hỏa.

Năm 1998, Zubrin thành lập tổ chức phi lợi nhuận Mars Society. Tổ chức này đã góp một phần rất lớn vào việc lôi kéo công chúng, doanh nhân, chính trị gia quan tâm tới việc chinh phục Sao Hỏa cũng như các phương cách khả thi để thực hiện. Đến nay Mars Society đã có hàng trăm thành viên là các nhà du hành vũ trụ, nhà khoa học, kỹ sư, doanh nhân, sinh viên ở nhiều nước tham gia. Mars Society tham gia nhiều hoạt động phát triển kỹ thuật và công nghệ: tổ chức các chương trình mô phỏng môi trường và thiết bị để sinh sống trên Sao Hỏa, tổ chức cuộc thi thiết kế xe tự hành đi trên Sao Hỏa, phát triển vệ tinh mô phỏng trọng trường Sao Hỏa.

\*\*\*

Năm 1990, Mars Direct được Marshall Space Flight Center (MSFC), trung tâm lớn nhất của NASA, chuyên nghiên cứu động cơ đẩy cho tên lửa và vũ trụ, tiếp nhận tích cực.

Năm 2003, Robert Zubrin được mời đến phát biểu tại Ủy ban thương viện về tương lai của khám phá vũ trụ. Vài tháng sau, chính quyền của tổng thống Bush Con công bố sáng kiến thực hiện các chuyến bay không gian có người lái nhằm đưa người lên Mặt Trăng vào năm 2020. Tên của sáng kiến này là Chương trình Constellation. Đến năm 2011, chính quyền Obama chấm dứt chương trình khám phá không gian Constellation của Bush Con, giống như chính quyền Clinton chấm dứt sáng kiến không gian SEI của Bush Cha.

Năm 2012, NASA đã sử dụng Mars Semi-Direct để thay thế cho nền tảng “90-Day Study” để thiết kế kế hoạch ý tưởng và thiết bị nguyên mẫu (Design Reference Mission) cho các chuyến bay lên Sao Hỏa.

\*\*\*

Sao Hỏa có trọng trường chỉ bằng 38% trọng trường trái đất nhưng mật độ khí quyển chỉ bằng 0.6% khí quyển trái đất. So với sức cản không khí,

trọng trường Sao Hỏa tương đối mạnh hơn so với trái đất, vậy nên việc sử dụng dù và tên lửa hãm (brake thruster/ retrorocket) để hạ cánh các tàu vũ trụ có người lái vốn nặng nề lên bề mặt Sao Hỏa khá khó khăn về mặt kỹ thuật.

Tháng 3 năm 2016, một thiết bị thử nghiệm loại mô đun đổ bộ “Đi vào khí quyển, Hạ độ cao và Đổ bộ (Entry, Descent and Landing Demonstrator Module - EDM) có tên Schiaparelli được phóng lên Sao Hỏa. Thử nghiệm này nằm trong chương trình ExoMars - một sứ mệnh chung giữa Cơ quan Không Gian Châu Âu (European Space Agency - ESA) và Cơ quan Không gian Nga Roscosmos. Mô đun thử nghiệm Schiaparelli có nhiệm vụ đổ bộ thử lên bề mặt Sao Hỏa vào tháng 10 năm 2016.

Mô đun đổ bộ Schiaparelli trị giá 251 triệu dollar đã đi một hành trình dài bảy tháng và xa tới 496 triệu km trên một tàu mẹ có tên gọi Trace Gas Orbite. Khi chỉ còn cách Sao Hỏa khoảng 1 triệu km, mô đun Schiaparelli tác ra và thực hiện nhiệm vụ của mình. Để đổ bộ an toàn, Schiaparelli phải đi qua bầu khí quyển Sao Hỏa, chịu đựng nhiệt độ ma sát lên tới 1500 độ C đồng thời giảm tốc độ từ 21 ngàn km/h xuống 0 km/h.

Do máy tính tính sai, hệ thống dẫn đường xác định cao độ của Schiaparelli thấp hơn thực tế, tên lửa và dù hãm đã bật quá sớm, khiến Schiaparelli đâm vào bề mặt Sao Hỏa với vận tốc 540km/h và hy sinh. Schiaparelli đã đi hành trình hàng trăm triệu km, để rồi thất bại do tính toán sai khoảng cách có 3.7 km.

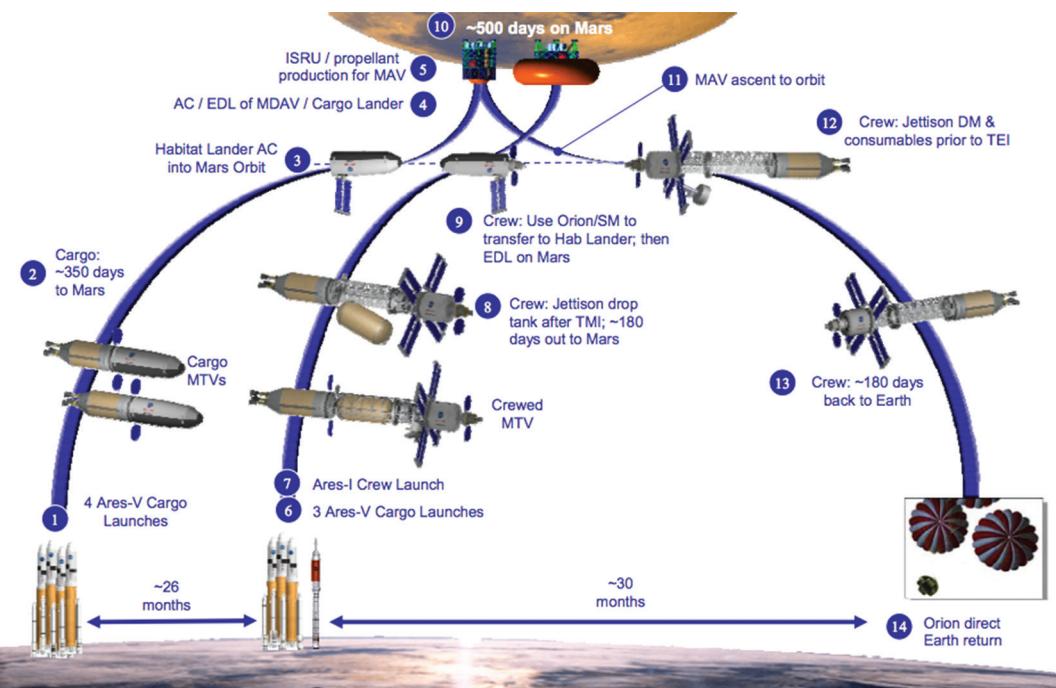
Một phần quan trọng khác của hành trình lên Sao Hỏa là cần một tên lửa phóng cực mạnh và chi phí thấp để đưa tàuERV lên quỹ đạo. Dòng tên lửa đủ mạnh để đưa tàu vũ trụ ra ngoài quỹ đạo trái đất là tên lửa phóng Saturn V dùng để đưa tàu Apollo lên Mặt Trăng. Chiếc cuối cùng đã được sử dụng năm 1973 để phóng trạm vũ trụ SpaceLab. Trong đề án Mars Direct của mình, Zubrin thiết kế một tên lửa phóng mà ông đặt tên là Ares V.

\*\*\*

Các thách thức nói trên, SpaceX của Elon Musk đều thực hiện được.

Robert Zublin đã gửi tới SpaceX một bản đề án được làm cho đơn giản hơn, đề án Mars Semi-Direct, với phi hành đoàn chỉ có hai người. Trong đó tên lửa Falcon Heavy của SpaceX sẽ được sử dụng làm tên lửa phóng, còn tàu vũ trụ Dragon sẽ được sử dụng như một thiết bị chuyên chở liên hành tinh mà con người có thể sống được một quãng thời

**KẾ HOẠCH ĐƯA CON NGƯỜI LÊN SAO HỎA**  
**GIẢN ĐỒ GIẢI THÍCH THIẾT KẾ Ý TƯỞNG (DESIGN REFERENCE MISSION) CỦA NASA**  
**THIẾT KẾ NÀY DỰA TRÊN ĐỀ ÁN MARS DIRECT**



TỔNG THỜI GIAN THỰC HIỆN NHIỆM VỤ khoảng 56 tháng. Trong đó có khoảng 26 tháng để đưa trước máy móc sản xuất nhiên liệu và thiết bị cất cánh lên Sao Hỏa;

30 tháng để đưa phi hành đoàn 4 người từ Trái Đất lên Sao Hỏa và trở về.

1. Tàu vũ trụ vận tải (Cargo) được 4 tên lửa phóng Ares-V phóng lên từ mặt đất.

2. Tách bỏ tên lửa phóng, tàu vận tải bắt đầu hành trình 350 ngày tới Sao Hỏa.

3. Tàu vận tải đi vào quỹ đạo Sao Hỏa. Trong đó có tàu mẹ "Aerocapture Habitat" có mô đun môi trường sống nhân tạo trong vũ trụ và phương tiện Hạ cánh và Cất cánh Sao Hỏa (Descent and Land Ascent Vehicle).

4. Phương tiện Hạ cánh và Cất cánh tách khỏi tàu vận tải và đổ bộ xuống bề mặt Sao Hỏa. Tàu mẹ Aerocapture Habitat tiếp tục bay trên quỹ đạo Sao Hỏa.

5. Trên bề mặt Sao Hỏa, thiết bị sản xuất nhiên liệu nổ cho tên lửa đẩy sử dụng tài nguyên sẵn có của Sao Hỏa (In-stu propellant) bắt đầu hoạt động, tạo ra nhiên liệu để sau này phóng phương tiện cất cánh bay lên quỹ đạo Sao Hỏa.

6. Và 7. 26 tháng sau, từ mặt đất phóng lên hai tàu vũ trụ. Một tàu vận tải (Cargo) được phóng lên bằng 3 tên lửa phóng (booster) Ares-V. Một tàu vũ trụ, thực chất là một toa "chuyển tàu", được tên lửa Ares-I phóng lên. Phi hành đoàn gồm 4 phi hành gia ở trong toa "chuyển tàu" (Crew Transfer Vehicle). Phi hành đoàn 4 người được cho là lựa chọn tối ưu. Sau khi đổ bộ xuống Sao Hỏa họ sẽ chia làm hai nhóm làm việc.

7. Sau khi vượt ra khỏi quỹ đạo trái đất thấp (LOE), tàu vận tải và toa "chuyển tàu" sẽ ghép nối với nhau trong

không gian, trở thành Tàu liên vận Sao Hỏa (Trans-Mars Injection) để tiếp tục hành trình. Trên hình vẽ mô tả: giữa tàu vận tải và toa chuyển tàu là kho chứa.

8. Phi hành đoàn và toa "đôi tàu" chuyển sang chế độ tàu liên vận Sao Hỏa (Trans-Mar Injection) sau khi cắt bỏ kho chứa đã sử dụng xong. Phi hành đoàn tiếp tục chuyến bay dài 180 ngày tới quỹ đạo Sao Hỏa. Tàu liên vận, bao gồm tàu "Cargo" và toa "chuyển tàu" lúc này ở hai đầu của "đoàn tàu" có dạng một đoạn thẳng sẽ quay tròn quanh trục giữa đoạn thẳng này để tạo trọng trường nhân tạo giống dưới Trái Đất.

9. Toa "chuyển tàu" tách ra khỏi Tàu liên vận và được tên lửa đẩy Orion "chuyển" vào quỹ đạo Sao Hỏa. Trên đường bay này, toa "chuyển tàu" sẽ được ghép nối với tàu mẹ Aeocapture Habitat. Tàu mẹ lúc này chỉ còn chức năng Đi vào khí quyển, Hạ cánh và Đổ bộ xuống bề mặt Sao Hỏa (EDL: Entry, Decent and Landing). Dùng tàu mẹ, phi hành đoàn đổ bộ xuống bề mặt Sao Hỏa.

Tàu liên vận tiếp tục bay.

10. Phi hành đoàn sử dụng nhiên liệu phóng tên lửa do thiết bị tạo nhiên liệu tại chỗ (in-stu) đã sản xuất liên tục trong 500 ngày để cất cánh trở lại quỹ đạo Sao Hỏa.

11. Sau khi cắt bỏ mọi máy móc thiết bị không cần sử dụng tiếp, phi hành đoàn dùng thiết bị cất cánh Sao Hỏa để bay lên quỹ đạo Sao Hỏa.

12. Phi hành đoàn ghép nối với Tàu liên vận Sao Hỏa.

13. Phi hành đoàn và Tàu liên vận Sao Hỏa thực hiện chuyến bay 180 ngày trở về trái đất.

14. Tên lửa Orion đưa khoang đổ bộ đi vào khí quyển trái đất và hạ cánh.

Từ lúc cất cánh từ mặt đất đến lúc trở về, phi hành đoàn thực hiện chuyến bay kéo dài 30 tháng.

gian dài trong đó. Khi vượt ra khỏi quỹ đạo trái đất và trước khi tới quỹ đạo Sao Hỏa, Dragon sẽ tạm tách khỏi trạm vũ trụ liên vận Sao Hỏa TMI (Trans-Mars Injection) nhưng vẫn nối với trạm này bằng một sợi cáp dài để hai tàu quay quanh một trục chung, nhằm tạo ra trọng trường nhân tạo.

\*\*\*

Nói chuyện ở TED Takls, Elon Musk giải thích về chi phí du hành trong không gian. Chi phí nhiên liệu phóng chỉ bằng 0.3% chi phí sản xuất tên lửa phóng. Nếu tái sử dụng được tên lửa phóng, có giá thành hàng chục triệu dollar, thì chỉ còn mất chi phí nguyên liệu phóng, chừng vài ngàn dollar Mỹ.

Tháng 12 năm 2015, lần đầu tiên SpaceX của Elon Musk hạ cánh thử nghiệm thành công tên lửa Falcon 9. Tên lửa phóng (tầng 1) của Falcon 9 sau khi đưa tàu vũ trụ lên quỹ đạo đã lắc nhẹ để đổi chiều rồi bay trở về và hạ cánh đúng bãi đáp mà nó được phóng lên.

Tháng 4 năm 2016, Space X thử nghiệm thành công hạ cánh tên lửa phóng Falcon 9 xuống một bãi đáp không người lái (drone) nổi trên biển. Đây là lần thử nghiệm thứ 5 sau khi thất bại tới 4 lần trước đó. Hạ cánh tên lửa trên mặt biển giúp SpaceX tiết kiệm năng lượng phóng. Tên lửa phóng sau khi cắt rời khỏi tàu vũ trụ, lắc nhẹ để đổi hướng rồi bay trở vào khí quyển trái đất. Nó không cần phải bay về bệ phóng mà có thể hạ cánh thẳng xuống biển nơi có bãi đáp đón sẵn. Ngay cả khi hạ cánh thất bại, tên lửa rơi xuống biển sẽ không bị nổ tung như khi hạ cánh thất bại trên đất liền.

Khi làm chủ được kỹ thuật hạ cánh trên biển rất khó khăn, SpaceX sẽ có thêm kinh nghiệm để hạ cánh và đổ bộ lên bề mặt Sao Hỏa.

Theo dự kiến của SpaceX, tới đầu năm 2017 họ sẽ hoàn thiện và phóng thành công tên lửa Falcon Heavy. Đây là tên lửa mạnh, sử dụng 9 động cơ lõi Merlin của tên lửa Falcon 9. Trong đó hai tên lửa phóng sau khi hoàn thành nhiệm vụ đưa tàu lên quỹ đạo thấp LEO sẽ tách ra và quay về trái đất. Tên lửa đẩy (thruster) còn lại sau khi đưa tàu vũ trụ lên tầng địa tĩnh GTO cũng tách ra và quay về trái đất. Tổng khối lượng Falcon Heavy mang lên tầng quỹ đạo thấp lên tới 54 tấn, và lên tầng địa tĩnh GTO lên tới 22 tấn.

Tháng 9 năm 2016 vừa qua, tại hội nghị hàng không International Astronautical Congress, Elon Musk công bố khung thời gian và chi tiết kỹ thuật của kế hoạch biến Sao Hỏa thành thuộc địa. Musk ước lượng việc chinh phục Sao Hỏa cần

khoảng 10 tỷ dollar để phát triển tên lửa. Musk dự kiến hành khách đầu tiên lên Sao Hỏa vào năm 2024.

Musk gọi hệ thống vận tải này là Interplanetary Transport System (hệ thống vận tải liên hành tinh). Tàu của SpaceX sẽ gắn 42 động cơ tên lửa đẩy Raptor, một động cơ tên lửa mới và cực mạnh của SpaceX.

Mỗi chuyến bay của SpaceX có thể mang theo khoảng 100 hành khách. Các chuyến du hành sẽ được thực hiện 26 tháng một lần, khi Sao Hỏa ở gần Trái Đất. Chuyến bay đầu tiên sẽ rất đắt, khoảng 500 ngàn dollar một hành khách. Nhưng giá vé sẽ giảm dần, rơi vào khoảng 100 ngàn đến 200 ngàn dollar một người.

\*\*\*

Stephen Petranek, tác giả cuốn sách “Chúng ta sẽ sống trên Sao Hỏa thế nào - How We'll Live on Mars” nói ở TED Talks:

“Có một lý do khác chúng ta nên đến Sao Hỏa: đó là tinh thần khám phá có sẵn trong ADN của con người. Hai triệu năm trước con người bắt đầu tiến hóa ở Châu Phi, và với việc vươn tới những nơi hoang dã nằm xa hơn đường chân trời của mình, loài người lan dần ra khắp địa cầu, một cách chậm rãi nhưng chắc chắn. Máu khám phá Sao Hỏa có sẵn bên trong chúng ta. Nhiều tiến bộ lớn nhất của văn minh nhân loại có được bởi chúng ta đã [dám] khám phá.”

“Chúng ta [chắc chắn] sẽ đổ bộ lên Sao Hỏa. Lý do là có một người đàn ông quyết tâm thực hiện việc này. Tên anh ấy là Elon Musk, CEO của Tesla Motors và SpaceX.

Các chính phủ và lũ robot không còn kiểm soát trò chơi không gian này nữa. Các công ty tư nhân đang nhảy vọt vào không gian, và họ sẽ rất vui lòng mang các bạn lên Sao Hỏa”.

\*\*\*

Và như lịch của người Assyria mà ngày nay cả thế giới cùng sử dụng, sau ngày thứ hai Mặt Trăng sẽ là ngày thứ ba Sao Hỏa, và trước khi nghỉ cuối tuần, chúng ta có ngày thứ sáu của Sao Kim.

Đàn ông sẽ lên Sao Hỏa, còn đàn bà sẽ là Sao Kim? Phải chăng định mệnh của loài người sẽ là như vậy?

\*\*\*







# BẦU TRỜI CHIỀU ẨN GIẤU

NGUYỄN PHƯƠNG VĂN

(Tái bản lần III, có bổ sung)

Copyright Nguyễn Phương Văn © 2016 - 2019

Published by Châu-Sa Publishing

