

CÁC XU HƯỚNG THỐNG NHẤT TRONG VẬT LÝ HỌC

Theo Weinberg, giải Nobel vì thống nhất tương tác điện từ và tương tác yếu, một mục tiêu căn bản của vật lý là chiêm ngưỡng sự đa dạng của tự nhiên bằng cái nhìn thống nhất [1].

Trang: [1] [2]

Theo Weinberg, giải Nobel vì thống nhất tương tác điện từ và tương tác yếu, một mục tiêu căn bản của vật lý là chiêm ngưỡng sự đa dạng của tự nhiên bằng cái nhìn thống nhất [1].

Thành tựu quá khứ chính là minh họa điển hình: thống nhất giữa cơ học thiên thể và cơ học trái đất của Newton thế kỷ XVII, thống nhất giữa quang học và và lý thuyết điện và từ của Maxwell thế kỷ XIX, thống nhất hình học không - thời gian và lý thuyết hấp dẫn của Einstein năm 1905 và 1916, thống nhất giữa hóa học và vật lý nguyên tử thông qua cơ học lượng tử những năm 1920. Và nay là thống nhất giữa thuyết thống nhất cuối cùng của vật lý, một sự nghiệp vĩ đại có lẽ còn lâu mới kết thúc.

Lý thuyết trường thống nhất

Lý thuyết trường là Sự kết hợp giữa thuyết tương đối hẹp (lý thuyết không - thời gian) và cơ lượng tử. Đến cuối những năm 1970, nó đạt tới đỉnh cao qua mô hình chuẩn (standard model) của vật lý hạt khi thống nhất được ba tương tác điện từ, yếu và mạnh trong khuôn khổ luận lý là lý thuyết nhóm. Theo mô hình chuẩn, vũ trụ cấu trúc từ 6 hạt quark và 6 hạt nhẹ (lepton) chia đều thành 3 nhóm. Các hạt đó kết nối nhau nhờ 4 tương tác cơ bản. Thêm nữa, 4 tương tác được thực hiện qua các boson (graviton cho hấp dẫn, photon ảo cho điện từ, 3 boson trung gian cho tương tác yếu và 8 gluon tương tác mạnh). Tất cả các hạt cấu trúc và hạt mang tương tác đó đã được thấy trong máy gia tốc, trừ graviton. Cho đến nay, mọi cố gắng thống nhất thuyết hấp dẫn Einstein (thuyết tương đối tổng quát) với mô hình chuẩn đều thất bại.

Nhà khoa học Weinberg (Ảnh: physik.uni-frankfurt.de)

Có đến hơn 10 lý do để mô hình chuẩn - lý thuyết vật lý tốt nhất lịch sử khoa học - không thể là mô hình cuối cùng của vật lý học [2]. Trong đó nổi bật là:

Nó không bao gồm thuyết hấp dẫn Einstein;

Nó có những đặc trưng “tùy tiện”; chẳng hạn, tại sao 12 chứ không phải 11 hay 13 hạt, tại sao 3 chứ không phải 4 nhóm hạt, tại sao số lepton và quark bằng nhau?;

Nó không giải thích được tại sao các hạt, và do đó vật chất, lại có khối lượng.

Để giải quyết vấn đề thứ ba, Higgs giả định một loại trường vô hướng lấp đầy vũ trụ Tương tác với trường Higgs, vật chất sẽ có khối lượng, tương tác càng mạnh khối lượng càng lớn. Săn lùng boson Higgs là một mục tiêu quan trọng của các máy gia tốc trên thế giới, như Bộ va chạm hadron lớn LHC của Trung tâm nghiên cứu hạt nhân Châu Âu tại Geneva, Thụy Sĩ. Lý thuyết dây Bước ngoặt xảy ra khi Veneziano (1968) phát hiện lý thuyết dây khá tình cờ [3]. Khác với giả thuyết hạt điểm của lý thuyết trường khi xem kích thước hạt cơ bản đủ nhỏ so với khoảng cách giữa chúng, lý thuyết mới xem chúng là dây một chiều, màng hai chiều hay các thực thể nhiều chiều hơn với kích thước 10-32 cm (khoảng 10 lần độ dài Planck 10-33cm). Giống sợi dây đàn dao động sẽ tạo ra các nốt nhạc (các dao động cộng hưởng), dây hay màng dao động trong không - thời gian 11 chiều sẽ tạo ra mọi hạt cơ bản đã biết và chưa biết, cùng mọi đặc trưng vật lý của chúng (như điện tích hay khối lượng). Chính xác hơn, hạt cơ bản và tính chất vật lý chỉ là trạng thái dao động cộng hưởng của dây hay màng ở mức năng lượng nhỏ hơn năng lượng Planck. Năng lượng Planck là năng lượng cần thiết để thống nhất bốn tương tác, khoảng 10¹⁸ GeV, tương đương sức công phá của một quả tạc đạn. Tuy nhiên để gia tốc một hạt cơ bản tới năng lượng đó, cần có máy gia tốc kích thước hệ mặt trời, thậm chí kích thước vũ trụ nhìn thấy [4]! Tại sao không - thời gian có 11 chiều? Câu trả lời không xuất phát từ một căn nguyên vật lý sâu xa, mà chỉ thuần túy đến từ toán học. Chỉ với không - thời gian chiều, mới tránh được xác suất tìm hạt có giá trị âm - một điều vô nghĩa về vật lý. Đó là do lý thuyết dây bị công kích, khi các đối thủ cho rằng, nó không dựa trên bằng chứng thực nghiệm, mà chỉ dựa trên sự thẩm mỹ. Tuy nhiên những công kích như thế đang lắng dịu dần, khi lý thuyết ngày càng có triển vọng. Ưu điểm lớn nhất của lý thuyết dây là bài toán thống nhất, khi mọi tương tác đều có thể thống nhất rất tự nhiên trong khuôn khổ luận lý của nó. Ưu điểm lớn khác là đóng góp trong vũ trụ luận khi nó đưa ra hai kịch bản bổ sung cho kịch bản Big Bang lạm phát tiêu chuẩn (mô hình tiền Big Bang và mô hình màng va chạm). Nó cũng giải quyết được bài toán entropy lỗ đen. Nhược điểm căn bản của lý thuyết bao gồm:

Thiếu nguyên lý dẫn dắt nền tảng, kiểu nguyên lý tương đương trong lý thuyết Einstein,

Thiếu loại toán học cần thiết như hình học Euclid là cơ sở của vật lý Newton hay hình học Riemann là cơ sở của vật lý Einstein;

Phụ thuộc nền, khi các phương trình được viết trong không - thời gian phi lượng tử có trước, nói cách khác không - thời gian không xuất hiện từ bản thân lý thuyết [5].

Quan niệm không - thời gian 11 chiều cũng có thể xem là một nhược điểm. Lý thuyết dẫn lượng tử vòng

Nhà khoa học Lee Smolin (Ảnh: wikipedia)

Có hai cách tìm lý thuyết thống nhất: từ cơ lượng tử và từ thuyết tương đối. Lý thuyết dẫn đi từ cơ lượng tử và tuy đạt nhiều thành tựu, nhưng không là con đường duy nhất. Lý thuyết hấp dẫn lượng tử vòng (loop quantum gravity) của Smolin và đồng sự xuất phát từ lý thuyết Einstein, với hai nguyên lý hiển nhiên của tương đối luận [6]. Để xây dựng lý thuyết, Smolin đưa ra một quan điểm cách mạng về không - thời gian. Ông quan niệm, giống vật chất và năng lượng, không - thời gian cũng có cấu trúc gián đoạn từ các lượng tử. Lượng tử không gian là độ dài Planck 10^{-33} cm, lượng tử thời gian là thời gian Planck 10^{-43} giây. Các lượng tử đó kết nối nhau tạo thành không - thời gian và vũ trụ. Đáng chú ý là dây hay màng trong lý thuyết dây cũng có thể cấu trúc từ các lượng tử, giống con rắn dẻo chơi ghép từ các khúc gỗ lại với nhau. Ưu điểm lớn nhất của hấp dẫn lượng tử vòng là không phụ thuộc nền, khi không cần giả định không - thời gian có trước như lý thuyết dây, mà nó xuất hiện tự nhiên từ hệ phương trình. Ưu điểm lớn khác là không cần tìm kiếm nguyên lý nền tảng mới (vì đã có nguyên lý tương đối). Entropy lỗ đen cũng được giải quyết tốt. Không - thời gian chỉ với 4 chiều cũng là một ưu điểm, theo nguyên lý lưỡi dao Occam [7]. Nhược điểm chính của lý thuyết gồm:

Chưa có ý tưởng thống nhất các tương tác;

Chưa có đóng góp trong vũ trụ luận [8].

Không loại trừ khả năng dây và vòng là hai mặt của một vấn đề, vì ưu điểm của lý thuyết này lại là nhược điểm của lý thuyết kia và ngược lại. Ngay nhà lý thuyết dây lừng danh Greene cũng đồng ý như vậy trong một cuộc phỏng vấn [9]. Các lý thuyết khác. Ngoài hai tiếp cận trên, còn nhiều lý thuyết thống nhất khác, như lý thuyết twistor của Penrose, hình học không giao hoán của Connes, các mô hình vi phân Regge, các mô hình dựa trên vật lý vật chất ngưng tụ... Chúng chưa đạt tới mức độ thành công như lý thuyết dây hay hấp dẫn lượng tử vòng [8]. Thực nghiệm kiểm chứng. Trong một thời gian dài, thành công của lý thuyết trường tiếp sức cho việc xây dựng các máy gia tốc càng ngày càng lớn. Điển hình là Bộ va chạm hadron lớn LHC (Large Hadron Collider) tại châu

Âu và Bộ siêu va chạm siêu dẫn SSC (Superconducting Super-Collider) tại Mỹ. Bên cạnh các nhiệm vụ khác, chúng được thiết kế để truy tìm các boson Higgs. Với chu vi hơn 80 km, SSC sẽ đủ năng lượng để tạo ra hạt Higg, được xem là nguồn gốc của khối lượng nên được thậm xưng là "hạt của Chúa". Đến 1993, Quốc hội Mỹ đã ngưng cấp tiền cho dự án, dù hệ đường hầm đã xây xong một nửa với phí tổn 2 tỉ đô la. Tuy nhiên lý do không phải vì quá tốn kém hay sự thay đổi chính sách khoa học, như có thể bị lầm tưởng.

Big bang (Ảnh: vista-arts)

Nguyên nhân sâu xa là sự xuất hiện các ý tưởng mới như dây hay hấp dẫn lượng tử vòng. Với quan niệm hạt cơ bản chỉ là trạng thái dao động của dây hay màng, boson Higgs giảm hẳn tầm quan trọng và sự quan tâm. Vấn đề là phải truy tìm được dây hay màng. Muốn thế thì phải đạt mức năng lượng Planck, một nhiệm vụ bất khả trên máy gia tốc. Vậy phải tìm năng lượng Planck ở đâu và bằng cách nào? Câu trả lời là ở Big Bang hay lỗ đen, các thực tại vật lý thỏa mãn tiêu chí thống nhất tối hậu. Đó là lý do Mỹ chuyển hướng từ xây máy gia tốc sang phóng các vệ tinh nghe ngóng bức xạ tàn dư và sóng hấp dẫn từ Big Bang, cũng như theo dõi các vụ bùng nổ bức xạ gamma trong vũ trụ (được xem là do siêu lỗ đen tại tâm các thiên hà hút vật chất về phía mình và gia tốc chúng tới gần tốc độ ánh sáng). Khoảng 5 năm tới, đo đạc bức xạ từ các vụ nổ gamma có thể giúp trả lời câu hỏi không - thời gian cấu trúc liên tục hay gián đoạn, qua đó khẳng định tính đúng đắn của lý thuyết dây hay hấp dẫn lượng tử vòng. Và trong 10 năm tới, phép đo sóng hấp dẫn từ Big Bang có thể lựa chọn một trong ba kịch bản Big Bang [10]. Nếu kịch bản tiền Big Bang hay màng va chạm được khẳng định, đó cũng là bằng chứng gián tiếp của lý thuyết dây. Điều đó chứng tỏ rằng, có thể tìm kiếm bằng chứng thực nghiệm của lý thuyết thống nhất, một điều tưởng như vô vọng nếu chỉ dùng máy gia tốc. Ngoài ra việc phát triển các hệ thống vệ tinh tìm kiếm cũng chứng tỏ sự bi quan về tương lai của khoa học cơ bản do thiếu đầu tư dường như không chính xác. Không có "siêu tương tác" liên quan với sự sống Liên quan với sự thống nhất tương tác, trên thế giới hiện lưu truyền một quan niệm cho rằng, có thể có các siêu tương tác hay siêu năng lượng gắn với các hiện tượng dị thường. Chúng nằm ngoài khả năng của khoa học hiện hành. Thực ra quan điểm đó đã bị khoa học phản bác từ lâu. Quan niệm "sinh khí" phương Đông hay "chất lỏng sống" phương Tây đã bị bác bỏ từ 1818, khi Wohler tổng hợp được amoniac. Năm 1953, Miller tạo nhiều axit amin khi cho tia lửa điện phóng qua bình khí mô phỏng khí quyển trái đất xưa. Hiện người ta đã tạo được virus nhân tạo và gần như tạo được tế bào sống. Điều đó có nghĩa chỉ với vật chất và tương tác thông thường, sự sống cũng có thể tự phát sinh và phát triển. Việc giả định các siêu tương tác mà khoa học chưa có khả năng khám phá chỉ là suy tưởng. Siêu tương tác đó phải đủ mạnh hay đủ yếu thì khoa học hiện hành mới bó tay; điều đó trái với thực tế vì năng lượng

đồ ăn thức uống mà ta nhận hàng ngày không có giá trị như thế. Từ thế kỷ XIX, Lavoisier đã chứng tỏ sự bảo toàn năng lượng của cơ thể sống khi đo đạc trong nhiệt lượng. Theo quan điểm hiện đại, chỉ với vật chất và tương tác "thông thường" như trong thế giới không sống, nhưng khi chúng kết hợp với nhau tạo nên tế bào, cơ thể và bộ não, do quy luật lượng - chất của triết học biện chứng, các đặc trưng hợp nổi sẽ xuất hiện [11]. Chúng biểu tượng cho một trạng thái đặt biệt, gọi là trạng thái sống [12]. Theo Schrodinger, sự sống đặc biệt không vì loại tương tác hay năng lượng mới, mà vì cấu trúc vật chất của nó quá phức tạp [13]. Và sự biến đổi giữa sự sống và cái chết chỉ là sự chuyển pha giữa hai trạng thái động lực, chứ không phải do sự tham gia của các năng lượng hay tương tác siêu hình, như sinh lực luận từng quan niệm.