

Cơ học lượng tử

3

Lý thuyết trường lượng tử cho lực tương tác mạnh và lực tương tác yếu đã được phát triển và gọi là sắc động lực học lượng tử. Lý thuyết mô tả tương tác của các hạt hạ hạt nhân như là các quark và gluon. Lực tương tác yếu và lực điện từ đã được thống nhất và lý thuyết lượng tử mô tả hai lực đó được gọi là lý thuyết điện-yếu.

Rất khó có thể xây dựng các mô hình lượng tử về hấp dẫn, lực cơ bản còn lại duy nhất mà chưa được thống nhất với các lực còn lại. Các phép gần đúng bán cổ điển có thể được sử dụng và dẫn đến tiên đoán về bức xạ Hawking. Tuy nhiên, công thức của một lý thuyết hấp dẫn lượng tử hoàn thiện lại bị cản trở bởi sự không tương thích giữa lý thuyết tương đối rộng (lý thuyết về hấp dẫn chính xác nhất hiện nay) với một số giả thuyết cơ bản của lý thuyết lượng tử. Việc giải quyết sự không tương thích này là một nhánh của vật lý mà đang được nghiên cứu rất sôi nổi hiện nay. Một số lý thuyết như lý thuyết dây là một trong những ứng cử viên khả dĩ cho lý thuyết hấp dẫn lượng tử của tương lai.

Ứng dụng của cơ học lượng tử

Cơ học lượng tử đã đạt được các thành công vang dội trong việc giải thích rất nhiều các đặc điểm của thế giới chúng ta. Tất cả các tính chất riêng biệt của các

hạt vi mô tạo nên tất cả các dạng vật chất đó là điện tử, proton, neutron,... chỉ có thể được mô tả bằng cơ học lượng tử.

Cơ học lượng tử còn quan trọng trong việc tìm hiểu các nguyên tử riêng biệt kết hợp với nhau để tạo nên các chất như thế nào. Việc áp dụng cơ học lượng tử vào hóa học được gọi là hóa học lượng tử. Cơ học lượng tử có thể cho phép nhìn sâu vào các quá trình liên kết hóa học bằng việc cho biết các phân tử ở các trạng thái có lợi về năng lượng như thế nào so với các trạng thái khác và làm sao mà chúng khác nhau. Phần lớn các tính toán được thực hiện trong hóa học tính toán dựa trên cơ học lượng tử.

Rất nhiều các công nghệ hiện đại sử dụng các thiết bị có kích thước mà ở đó hiệu ứng lượng tử rất quan trọng. Ví dụ như là laser, transistor, hiển vi điện tử, và chụp cộng hưởng từ hạt nhân. Nghiên cứu về chất bán dẫn dẫn đến việc phát minh ra các đi-ốt và transistor, đó là những linh kiện điện tử không thể thiếu trong xạ hội hiện đại.

Các nhà nghiên cứu hiện đang tìm kiếm các phương pháp để can thiệp vào các trạng thái lượng tử. Một trong những cố gắng đó là mật mã lượng tử cho phép truyền thông tin một cách an toàn. Mục đích xa hơn là phát triển các máy tính lượng tử, có thể thực hiện các tính toán nhanh hơn các máy tính hiện này rất nhiều lần. Một lĩnh vực khác đó là di chuyển lượng tử có thể cho phép truyền các trạng thái lượng tử đến những khoảng cách bất kỳ.

Hệ quả triết học của cơ học lượng tử

Ngay từ đầu, các kết quả ngược với cảm nhận con người bình thường của cơ học lượng tử đã gây ra rất nhiều các cuộc tranh luận triết học và nhiều cách giải thích khác nhau về cơ học lượng tử. Ngay cả các vấn đề cơ bản như là các quy tắc Max Born liên quan đến biên độ xác suất và phân bố xác suất cũng phải mất đến hàng thập kỷ mới được thừa nhận.

Giải thích Copenhagen, chủ yếu là do Niels Bohr đưa ra, là cách giải thích mẫu mực về cơ học lượng tử từ khi lý thuyết này được đưa ra lần đầu tiên. Theo cách giải thích của trường phái này thì bản chất xác suất của các tiên đoán của cơ học lượng tử không thể được giải thích dựa trên một số lý thuyết tất định, và không chỉ đơn giản phản ánh kiến thức hữu hạn của chúng ta. Cơ học lượng tử cho các kết quả có tính xác suất vì vũ trụ mà chúng ta đang thấy mang tính xác suất chứ không phải là mang tính tất định.

Bản thân Albert Einstein, một trong những người sáng lập lý thuyết lượng tử, cũng không thích tính bất định trong các phép đo vật lý. Ông bảo vệ ý tưởng cho rằng có một lý thuyết biến số ẩn cục bộ nằm đằng sau cơ học lượng tử và hệ quả là lý thuyết hiện tại chưa phải là hoàn thiện. Ông đưa ra nhiều phản đề đối với lý thuyết lượng tử, trong số đó thì nghịch lý EPR (nghịch lý do Albert Einstein, Boris Podolsky, và Nathan Rosen đưa ra) là nổi tiếng nhất. John Bell cho rằng nghịch lý EPR dẫn đến các sự sai khác có thể được kiểm nghiệm bằng thực nghiệm giữa cơ học lượng tử và lý thuyết biến số ẩn cục bộ. Thí nghiệm đã được tiến hành và

khẳng định cơ học lượng tử là đúng và thế giới thực tại không thể được mô tả bằng các biến số ẩn. Tuy nhiên, việc tồn tại các kẽ hở Bell trong các thí nghiệm này có nghĩa là câu hỏi vẫn chưa được giải đáp thỏa đáng.

Cách giải thích đa thế giới của Hugh Everett được đưa ra vào năm 1956 cho rằng tất cả các xác suất mô tả bởi cơ học lượng tử xuất hiện trong rất nhiều thế giới khác nhau, cùng tồn tại song song và độc lập với nhau. Trong khi đa thế giới là tất định thì chúng ta nhận được các tính chất bất định cho bởi các xác suất bởi vì chúng ta chỉ quan sát được thế giới mà chúng ta tồn tại mà thôi.

Giải thích Bohm, do David Bohm đưa ra, đã thừa nhận sự tồn tại của các hàm sóng phổ quát, phi cục bộ. Hàm sóng này cho phép các hạt ở xa nhau có thể tương tác tức thời với nhau. Dựa trên cách giải thích này Bohm lý luận rằng bản chất sâu xa nhất của thực tại vật lý không phải là tập hợp các vật thể rời rạc như chúng ta thấy mà là một thực thể thống nhất năng động, không thể phân chia, và bất diệt. Tuy nhiên cách giải thích của Bohm không được phổ biến trong giới vật lý vì nó được coi là không tinh tế

Lịch sử cơ học lượng tử

Năm 1900, Max Planck đưa ra ý tưởng là năng lượng phát xạ bị lượng tử hóa để giải thích về sự phụ thuộc của năng lượng phát xạ vào tần số của một vật đen.

Năm 1905, Einstein giải thích hiệu ứng quang điện dựa trên ý tưởng lượng tử của Plank nhưng ông cho rằng năng lượng không chỉ phát xạ mà còn hấp thụ theo

những lượng tử mà ông gọi là quang tử. Năm 1913, Bohr giải thích quang phổ vạch của nguyên tử hydrogen lại bằng giả thuyết lượng tử. Năm 1924 Louis de Broglie đưa ra lý thuyết của ông về sóng vật chất.

Các lý thuyết trên, mặc dù thành công trong giải thích một số thí nghiệm nhưng vẫn bị giới hạn ở tính hiện tượng luận: chúng không được chứng minh một cách chặt chẽ về tính lượng tử. Tất cả các lý thuyết đó được gọi là lý thuyết lượng tử cổ điển.

Thuật ngữ "vật lý lượng tử" lần đầu tiên được dùng trong bài Planck's Universe in Light of Modern Physics của Johnston (Vũ trụ của Planck dưới ánh sáng của vật lý hiện đại).

Cơ học lượng tử hiện đại được ra đời năm 1925, khi Heisenberg phát triển cơ học ma trận và Schrödinger sáng tạo ra cơ học sóng và phương trình Schrödinger. Sau đó, Schrödinger chứng minh rằng hai cách tiếp cận trên là tương đương.

Heisenberg đưa ra nguyên lý bất định vào năm 1927 và giải thích Copenhagen cũng hình thành vào cùng thời gian đó. Bắt đầu vào năm 1927, Paul Dirac thống nhất lý thuyết tương đối hẹp với cơ học lượng tử. Ông cũng là người tiên phong sử dụng lý thuyết toán tử, trong đó có ký hiệu Bra-ket rất hiệu quả trong các tính toán như được mô tả trong cuốn sách nổi tiếng của ông xuất bản năm 1930. Cũng vào khoảng thời gian này John von Neumann đã đưa ra cơ sở toán học chặt chẽ cho cơ

học lượng tử như là một lý thuyết về các toán tử tuyến tính trong không gian Hilbert. Nó được trình bày trong cuốn sách cũng nổi tiếng của ông xuất bản năm 1932. Các lý thuyết này cùng với các nghiên cứu khác từ thời kỳ hình thành cho đến nay vẫn đứng vững và ngày càng được sử dụng rộng rãi.

Lĩnh vực hóa học lượng tử được phát triển của những người tiên phong là Walter Heitler và Fritz London. Họ đã công bố các nghiên cứu về liên kết hóa trị của phân tử hydrogen vào năm 1927. Sau đó, hóa học lượng tử được phát triển rất mạnh trong đó có Linus Pauling.

Đầu năm 1927, các cố gắng nhằm áp dụng cơ học lượng tử vào các lĩnh vực khác như là các hạt đơn lẻ dẫn đến sự ra đời của lý thuyết trường lượng tử. Những người đi đầu trong lĩnh vực này là Paul Dirac, Wolfgang Pauli, Victor Weisskopf và Pascual Jordan. Lĩnh vực này cực thịnh trong lý thuyết điện động lực học lượng tử do Richard Feynman, Freeman Dyson, Julian Schwinger và Sin-Itiro Tomonaga phát triển vào những năm 1940. Điện động lực học lượng tử là lý thuyết lượng tử về điện tử, phản điện tử và điện từ trường và đóng vai trò quan trọng trong các lý thuyết trường lượng tử sau này.

Hugh Everett đưa ra giải thích đa thế giới vào năm 1956.

Lý thuyết sắc động lực học lượng tử được hình thành vào đầu những năm 1960. Lý thuyết này do Politzer, Gross và Wilczek đưa ra vào năm 1975. Dựa trên các công trình tiên phong của Schwinger, Peter Higgs, Goldstone và những người

khác, Sheldon Lee Glashow, Steven Weinberg và Abdus Salam đã độc lập với nhau chứng minh rằng lực tương tác yếu và sắc động lực học lượng tử có thể kết hợp thành một lực điện-yếu duy nhất

TaiLieuTuoai.com