

100 NĂM CƠ HỌC LƯỢNG TỬ: NHỮNG CON NGƯỜI THAY ĐỔI THẾ GIỚI VÀ CƠ HỘI CHO VIỆT NAM

“

Năm 2025 đánh dấu tròn 100 năm ngày ra đời chính thức của cơ học lượng tử. Liên hợp quốc đã chọn đây là Năm Quốc tế khoa học và công nghệ lượng tử, không chỉ để tôn vinh những thành tựu mang tính nền tảng, mà còn để nhấn mạnh tầm quan trọng của công nghệ lượng tử trong thế kỷ XXI. Đây cũng là dịp để các quốc gia đang phát triển, trong đó có Việt Nam suy nghĩ nghiêm túc về vị trí của mình trong cuộc cách mạng lượng tử thứ hai đang diễn ra.

”

Từ lý thuyết đến đời sống thường ngày

Một thế kỷ trước, trong một căn phòng cổ kính ở Brussels (Bỉ), 29 nhà vật lý hàng đầu thế giới đã cùng nhau chụp một bức ảnh mà sau này trở thành biểu tượng cho một trong những cuộc cách mạng khoa học vĩ đại nhất của nhân loại: Cơ học lượng tử. Họ không biết rằng, những lý thuyết họ cùng nhau đặt nền móng hôm ấy sẽ thay đổi toàn bộ cách con người hiểu về vũ trụ, tạo nên nền tảng cho mọi công nghệ hiện đại - từ máy tính, laser, điện thoại thông minh cho đến máy cộng hưởng từ, Internet, GPS và cả các siêu máy tính

của tương lai. Vào đầu thế kỷ XX, các hiện tượng vật lý xảy ra ở cấp độ nguyên tử khiến các nhà khoa học lúng túng, bởi các định luật của Newton không còn phù hợp để giải thích những gì diễn ra ở thế giới vi mô. Trong bối cảnh đó, những cái tên như Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Werner Heisenberg và Erwin Schrödinger đã lần lượt xuất hiện với những đóng góp mang tính cách mạng. Planck đưa ra khái niệm lượng tử năng lượng, Einstein sử dụng nó để giải thích hiệu ứng quang điện, còn Heisenberg, Schrödinger và Dirac là những người đầu tiên xây dựng nên một hệ thống lý thuyết hoàn chỉnh, khai sinh



Năm 2025 được lựa chọn là Năm Quốc tế khoa học và công nghệ lượng tử.

ra cơ học lượng tử. Đặc biệt, mùa hè năm 1925, tại hòn đảo Heligoland ngoài khơi nước Đức, nhà vật lý trẻ Werner Heisenberg - khi đó mới 23 tuổi - trong khi tránh cơn dị ứng phấn hoa đã hoàn thành một bản thảo bài báo mang tính bước ngoặt. Bài báo ấy không chỉ tái định nghĩa các đại lượng động học và cơ học, mà còn khai mở một chương mới cho vật lý hiện đại. Điều làm cơ học lượng tử trở nên đặc biệt là nó không chỉ bổ sung cho vật lý cổ điển mà còn buộc chúng ta từ bỏ những quan niệm trực giác về thế giới. Trong thế giới lượng tử, một hạt có thể tồn tại đồng thời ở nhiều trạng thái khác nhau - điều được gọi là chồng chập lượng tử. Hai hạt có thể ảnh hưởng lẫn nhau ngay lập tức, dù cách nhau hàng triệu cây số - hiện tượng được gọi là vướng víu lượng tử. Và quan trọng hơn cả, ta không thể đo đồng thời chính xác vị trí và vận tốc của một hạt - một giới hạn được chính Heisenberg mô tả trong nguyên lý bất định nổi tiếng.

Cơ học lượng tử, tuy trừu tượng và phức tạp, nhưng lại là nền tảng của hầu hết công nghệ hiện đại. Trong chiếc điện thoại di động bạn đang cầm trên tay là hàng tỷ transistor - những công tắc siêu nhỏ được phát minh dựa trên hiểu biết về chất bán dẫn, một sản phẩm trực tiếp của cơ học lượng tử. Laser - một ứng dụng quen thuộc khác cũng ra đời từ các nguyên lý lượng tử, hiện diện trong mọi thứ, từ máy quét mã vạch, ổ đĩa CD, thiết bị phẫu thuật đến truyền dữ liệu trong cáp quang. Không có cơ học lượng tử, sẽ không có máy tính, không có Internet, không có GPS và không có y học hình ảnh hiện đại. Đặc biệt, máy chụp cộng hưởng từ (MRI) - công cụ chẩn đoán hình ảnh cứu sống hàng triệu người hoạt động dựa trên nguyên lý cộng hưởng từ hạt nhân, một hiện tượng hoàn toàn thuộc về thế giới lượng tử. Các phương pháp điều trị ung thư hiện đại bằng bức xạ cũng nhờ hiểu biết về tương tác hạt nhân nguyên tử - một thành tựu khác của vật lý lượng tử. Ngay cả những lĩnh vực xa xôi như vũ trụ học cũng không thể thiếu cơ học lượng tử. Nhờ nó, con người hiểu được vì sao các ngôi sao tỏa sáng, hình thành nguyên tố, phát nổ thành siêu tân tinh - tất cả đều được mô tả bằng các mô hình lượng tử chính xác.

Những nhà khoa học bị lãng quên

Lịch sử thường nhắc đến Einstein, Bohr hay Schrödinger, nhưng ít ai biết rằng có rất nhiều nhà khoa học, đặc biệt là phụ nữ, đã âm thầm đóng góp vào sự phát triển của cơ học lượng tử mà không được vinh danh xứng đáng. Một trong những nhân vật tiêu



Chân dung nhà khoa học nữ Lucy Mensing - người góp phần đặt nền móng cho khoa học lượng tử ngày nay.

biểu là Lucy Mensing - nhà vật lý người Đức sinh năm 1901. Bà là nhà khoa học làm việc cùng Heisenberg, và là người đầu tiên thực hiện các tính toán cụ thể cho lý thuyết ma trận mới của ông. Tuy vậy, tên tuổi của bà gần như bị lãng quên khỏi các tài liệu giáo khoa. Lucy Mensing - người tiên phong trong ứng dụng cơ học lượng tử vào phân tử. Bà là một trong những người đầu tiên áp dụng lý thuyết ma trận vào các hệ vật lý cụ thể sau khi cơ học lượng tử được khai sinh năm 1925. Dưới sự hướng dẫn của Wilhelm Lenz tại Đại học Hamburg (Đức), Mensing bảo vệ thành công luận án tiến sĩ với công trình về ảnh hưởng của điện trường đến độ rộng vạch quang phổ - công bố trên *Tạp chí Zeitschrift für Physik* năm đó. Không lâu sau, bà cộng tác với Pascual Jordan tại Göttingen (Đức) để nghiên cứu phổ quay phân tử, và sau đó phối hợp với Wolfgang Pauli tính toán hệ số phân cực điện của các phân tử khí - một bước đi tiên phong đưa lý thuyết lượng tử từ nguyên tử sang thế giới phân tử. Năm 1930, Mensing rút khỏi đời sống nghiên cứu sau khi lập gia đình, và tên tuổi bà dần bị lãng quên.

Một cái tên khác là Grete Hermann (1901-1984), nhà toán học, triết gia và nhà vật lý lý thuyết người Đức. Năm 1935, trong một bài phân tích toán học ít được để ý lúc bấy giờ, bà đã phản biện công trình nổi tiếng của John von Neumann - người từng tuyên bố rằng không thể tồn tại lý thuyết ẩn phía sau cơ học lượng tử. Hermann chỉ ra rằng, John von Neumann đã đưa vào giả định không cần thiết trong phép chứng minh - điều mà sau này nhà vật lý John Bell chứng

minh lại bằng lý thuyết Bell nổi tiếng năm 1964. Nói cách khác, Hermann đã phát hiện ra lỗ hổng triết học lớn trong cơ sở toán học của cơ học lượng tử gần 30 năm trước Bell, nhưng công trình của bà không được đón nhận do định kiến giới và chính trị thời bấy giờ. Sau Thế chiến thứ hai, Hermann rời khoa học để chuyển sang hoạt động chính trị và triết học. Đến nay, bà được đánh giá là một trong những nhà tư tưởng tiên phong về nền tảng triết học của lượng tử học, và sự nghiệp của bà đang được nghiên cứu lại trong cộng đồng khoa học quốc tế.

Ở lĩnh vực thực nghiệm, Marietta Blau (1894-1970), nhà vật lý người Áo, là người phát triển phương pháp sử dụng nhũ tương hạt nhân để ghi lại dấu vết của các hạt hạ nguyên tử - công cụ quan trọng giúp khám phá nhiều hạt cơ bản về sau. Năm 1937, Blau và cộng sự Hertha Wambacher đã phát hiện các “sự kiện sao” (star events) - dấu vết tương tác của tia vũ trụ với hạt nhân nguyên tử trong máy ảnh hạt nhân. Phát hiện này đặt nền tảng cho kỹ thuật phát hiện hạt hạ nguyên tử trong vật lý hiện đại. Tuy nhiên, do là người Do Thái sống ở châu Âu giữa thế kỷ XX, Blau buộc phải rời Áo sau khi Đức Quốc xã lên nắm quyền, và sự nghiệp của bà bị gián đoạn nghiêm trọng. Blau được đề cử giải Nobel nhưng không đoạt giải. Một số nhà khoa học cho rằng Cecil Powell, người giành Nobel năm 1950 vì nghiên cứu kỹ thuật nhũ tương và phát hiện meson π , thực chất đã kế thừa trực tiếp công trình của bà.

Năm 2025, một tập sách về 16 nhà khoa học nữ trong lịch sử vật lý lượng tử sẽ được xuất bản, như một bước đi quan trọng để khôi phục công lý lịch sử và ghi nhận đóng góp tập thể của toàn giới nghiên cứu. Bởi khoa học chưa bao giờ là công việc của những thiên tài cô độc, mà là nỗ lực của cộng đồng, vượt qua mọi ranh giới chính trị, giới tính và quốc gia.

Việt Nam - đứng trước ngưỡng cửa cơ hội

Nếu thế kỷ XX chứng kiến sự ra đời của cơ học lượng tử như một lý thuyết, thì thế kỷ XXI là thời kỳ con người bắt đầu khai thác trực tiếp các hiện tượng lượng tử để tạo ra những công nghệ chưa từng có.

Máy tính lượng tử là ví dụ nổi bật. Không giống như máy tính cổ điển sử dụng bit nhị phân (0 hoặc 1), máy tính lượng tử sử dụng đơn vị qubit, có thể tồn tại ở cả hai trạng thái cùng lúc. Nhờ đó, máy tính lượng tử có khả năng xử lý song song khổng lồ, giải các bài toán phức tạp chỉ trong vài giờ - điều mà máy tính

cổ điển có thể mất hàng triệu năm. Cảm biến lượng tử, một ứng dụng khác, có thể đo lường các thay đổi nhỏ nhất về trọng lực, từ trường hoặc thời gian. Trong y học, chúng giúp phát hiện bệnh từ giai đoạn sớm nhất; trong địa chất, chúng hỗ trợ tìm kiếm khoáng sản sâu dưới lòng đất mà không cần khoan; trong quốc phòng, chúng mở ra khả năng dẫn đường chính xác không cần vệ tinh. Trong lĩnh vực truyền thông, mật mã lượng tử đang được thử nghiệm để truyền tin tuyệt đối an toàn, vì mọi hành vi nghe lén sẽ ngay lập tức bị phát hiện do thay đổi trạng thái lượng tử của tín hiệu. Trung Quốc, Nhật Bản và một số nước châu Âu đã bắt đầu xây dựng hạ tầng truyền thông lượng tử quốc gia, với tầm nhìn đưa Internet lượng tử vào thực tiễn trong hai thập kỷ tới.

Khi thế giới bước vào cuộc cách mạng lượng tử thứ hai, Việt Nam đứng trước câu hỏi sống còn: chúng ta sẽ đứng ngoài, chạy theo hay đồng hành với thế giới? Câu trả lời không thể chỉ nằm ở chính sách mà cần bắt đầu từ giáo dục, đào tạo và đầu tư nghiên cứu. Việt Nam cần sớm xây dựng các trung tâm nghiên cứu lượng tử, thúc đẩy hợp tác quốc tế với các viện nghiên cứu hàng đầu và quan trọng hơn là truyền cảm hứng cho thế hệ trẻ về một lĩnh vực tưởng chừng xa vời nhưng lại gần gũi hơn bao giờ hết. Một số nhóm nghiên cứu trong nước đã bắt đầu tiếp cận lĩnh vực tính toán lượng tử, mô phỏng phân tử và mật mã lượng tử. Tuy nhiên, để tạo ra đột phá thực sự, cần có chiến lược dài hạn, đầu tư bài bản và sự dẫn dắt từ nhà nước, doanh nghiệp, viện nghiên cứu, trường đại học và cộng đồng khoa học.

Một trăm năm trước, những nhà tiên phong của cơ học lượng tử không có siêu máy tính, không có mô phỏng, chỉ có bảng đen, phấn trắng và trí tuệ sắc bén. Vậy mà họ đã thay đổi thế giới. Bây giờ, đến lượt thế hệ chúng ta tiếp tục hành trình ấy - với những công cụ mạnh hơn, dữ liệu nhiều hơn, và cơ hội lớn hơn. Cơ học lượng tử đã dạy chúng ta rằng, thực tại phức tạp hơn nhiều so với trực giác. Nó cũng nhắc rằng, mọi điều tưởng là không thể hôm nay có thể trở thành hiện thực ngày mai. Chính vì thế, có lẽ bài học lớn nhất từ 100 năm cơ học lượng tử không chỉ là những công thức vật lý, mà là lời kêu gọi không ngừng tò mò, không ngừng nghi ngờ, và không bao giờ ngừng khám phá ✍️

Hồng Châu - Chiêu Dương