

Vào thời điểm Wolfgang Pauli ra đời ở Viên, năm 1900, thủ đô của đế chế Áo-Hung vẫn còn là trái tim của giới trí thức châu Âu: nhà vật lý Ludwig Boltzmann học đàn tại nhà của Bruckner trong khi Schonberg tạo ra loại nhạc mười hai âm, Freud giới thiệu phân tâm học và Wittgenstein đưa ngôn ngữ cao siêu của triết học trở thành bình dân.



WOLFGANG PAULI

## GIỜNG MẶT KHOA HỌC LỚN CỦA THẾ KỶ XX

● TS. PHẠM VĂN TUẤN

Là sinh viên ngành khoa học tự nhiên, chàng trai trẻ Pauli nhanh chóng trở thành thân đồng về vật lý và toán học. Cha đỡ đầu Ernst Mach cũng như cha đẻ của Pauli, đều là giáo sư đại học Viên giúp đỡ cậu rất nhiều trong công việc học tập. Mach lúc này đã là người có tên tuổi trong ngành khí động lực học siêu thanh người có những phê bình về nền tảng của vật lý đã khiến ông được nhiều người chú ý, nhất là những khái niệm về không gian tuyệt đối có ảnh hưởng quyết định tới các lý thuyết tương đối hẹp (1905) và lý thuyết tương đối tổng quát (1915) của Einstein.

Sau loạt bài phê bình về thuyết tương đối với 3 bài báo xuất bản trong năm 1919 và một bài báo bách khoa dài tới 250 trang vào năm 1921, chàng thanh niên trẻ tuổi người Áo đã được chính Einstein đón chào. Thậm chí sau đó ông còn coi Pauli như là "Người nối ngôi" (wahl Sohn). Con đường trước mắt Pauli rộng mở và năm 1918, anh đã được vào học nhà vật lý Arnold Sommerfeld.

Lúc này Sommerfeld đang nghiên cứu về "mô hình toàn cầu" về nguyên tử được phát hiện vào năm 1910 với các công

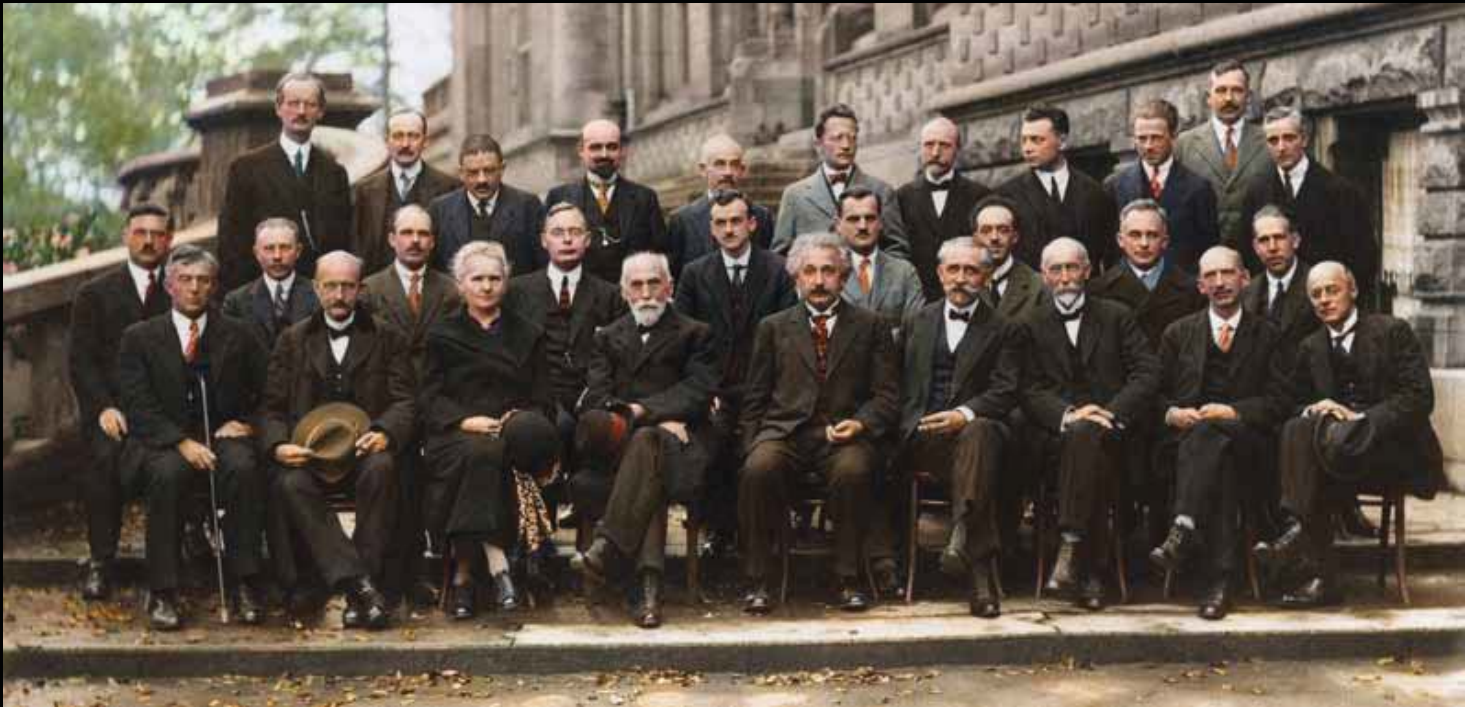
trình của Ernest Rutherford: hầu như tất cả khối lượng tập trung trong nhân, đường kính khoảng 1 phần triệu của 1 phân tử mét, xung quanh đó tập trung các điện tích rất nhẹ, kiểu như các hành tinh quay xung quanh mặt trời. Năm 1913, Bohr đã chứng tỏ rằng người ta có thể giải thích các tính chất phát xạ hoặc hấp thụ ánh sáng của một nguyên tử bằng cách giả thiết các hạt điện mụon, trong số hằng hà sa số các quỹ đạo có thể nhận biết được nhờ các máy móc cổ thời đó, một số quỹ đạo tĩnh do toàn bộ những quỹ đạo quy định. Người ta nói rằng các quỹ đạo điện tích có thể "định lượng" được và cần phải có 3 con số (trong không gian 3 chiều) để có thể miêu tả được chúng. Trong khi đi từ quỹ đạo tĩnh này tới một quỹ đạo tĩnh khác, điện tích đánh mất hoặc hấp thụ năng lượng dưới dạng ánh sáng.

Thực nghiệm đã chứng tỏ rằng ánh sáng hấp thụ hoặc phát ra được điều chỉnh khi có môi trường từ trường. Để giải thích kết quả này, Pauli tính toán những dao động ảnh hưởng bởi các từ trường với mỗi quỹ đạo được lượng tử hóa. Trong các mùa đông 1921-1922, anh đã làm việc tại Göttingen, rồi vào tháng 12.1924 tại Copenhagen. Đó là một chặng đường rất

dài đi qua sa mạc trong đó không được chuẩn bị trước. Tuy vậy, anh đã quan sát được hiệu quả khi sử dụng hai quy tắc. Theo quy tắc thứ nhất, tình trạng tĩnh của một hạt điện không phải định nghĩa được bởi 3 mà là 4 con số, với các giá trị  $-1/2$  hoặc  $+1/2$ . Quy tắc thứ hai, được biết tới cái tên "nguyên tắc loại trừ", xác định rõ ràng một tình trạng chỉ có thể bị chiếm bởi đồng thời một hạt điện. Khám phá này đã được trao giải thưởng Nobel vật lý vào năm 1945.

Pauli nói rằng, đối với quy tắc thứ nhất, hạt điện đã có sẵn "tính hai mặt (Zweideutigkeit) không thể miêu tả được". Vậy thì chiều của con số thứ 4 là gì? Khởi nguồn từ hình ảnh toàn cầu, Lars Kronig, trợ lý của Pauli trong năm 1924 đã gợi ý rằng hạt điện quay quanh nó như là một con quay và quay xung quanh cả hạt nhân trung tâm. Nhờ giả thiết có thể định lượng này, người ta đã đưa ra được con số thứ 4. Nhưng Pauli đã can ngăn Kronig công bố điều này.

Sử dụng phép loại suy cho thấy trên thực tế con quay chỉ quay một nửa. Khi quay  $360^\circ$ , trạng thái hạt điện thay đổi dấu. Khi cần tới  $720^\circ$  để nó quay trở lại vị trí ban đầu.



Hình ảnh này hấp dẫn tới mức vào năm 1925, hai nhà khoa học người Hà Lan Georger Uhlenberg và Samuel Goudsmit đã đặt tên cho tính chất quay góc của hạt điện này là spin. Theo họ, spin phù hợp với con số lượng tử thứ 4. Cái tên này được giữ lại nhưng vào năm 1926, Kronig bình luận trong tờ Nature: “Giả thiết mới đã đẩy con ma xuống dưới tầng hầm căn nhà của gia đình thay vì tống cổ nó vĩnh viễn ra khỏi nhà”.

Ý tưởng của con quay bị Pauli kết án ngay từ trong trứng vì nguyên nhân chính là ông không còn tin và biểu hiện của các tiến trình nguyên tử. Ngay từ lúc hình thành ra nguyên tắc loại trừ, ông đã viết thư tới Niels Bohr và cho rằng các con số lượng tử đối với ông dường như “hiện thực hơn nhiều đối với các quỹ đạo”. Quan sát này sau đã được Heisenberg và nhóm nghiên cứu của Göttingen tiếp tục sử dụng để hình thành nên cơ học lượng tử.

Trong các năm tiếp theo, tại Zurich – nơi ông chuyển đến sinh sống từ năm 1928, Pauli đã tham gia vào việc phát triển ngành cơ học mới trong đó cách thức sử dụng cũng như biểu hiện của nó làm rất nhiều nhà vật lý bối rối. Một mặt, quan hệ nhân quả chặt chẽ của một tiến trình vật lý thay thế cho quan hệ nhân quả tĩnh, nơi một tiến trình đơn độc chỉ được miêu tả

bằng những từ ngữ có tính xác suất. Mặt khác, việc miêu tả chỉ có thể tiến hành được bằng cách cụ thể những tình huống trong đó tiến trình được quan sát. Cách thức đánh giá thực tế vật lý đã có được một thành công về mặt thực nghiệm nhưng cũng bị một số nhỏ các nhà vật lý bác bỏ, trong đó có cả Einstein.

Sau khi trở thành công dân Đức, Pauli vẫn rời Zurich để tới Mỹ vào những năm 1940-1945 vì lý do “các cụ tổ của ông có tới 75% dòng máu Do Thái”. Tại đó, trong khi làm việc về các lý thuyết các phân tử spin độc lập, ông suy nghĩ về việc biến chuyển cái nền tảng, theo cách gọi của Heisenberg, “làm suy đồi đạo đức nghề nghiệp của chủ nghĩa vật chất” xuất phát từ chủ nghĩa nguyên tử của Democrite và cơ học chuyển động của các điểm vật chất theo quan điểm của Newton. Vật chất có thể được coi như một tập hợp của các hạt va chạm lẫn nhau kiểu như khi đánh billiard vậy. Pauli đã đi ngược lại thời kỳ hình thành của bản thể học, nghĩa là vào đầu của thế kỷ XVII, khi mà Johannes Kepler đã tìm ra được các quy luật của cơ học không gian.

Pauli khám phá ra rằng việc lý giải tự nhiên của Kepler thường hay được gắn với các “nguyên mẫu” để dễ dàng được chấp nhận. Đặc biệt từ ý tưởng rằng các

số tự nhiên là một nguyên mẫu của thế giới, Kepler đã suy ra rằng lý giải tự nhiên phải được định lượng và điều này đã ám ảnh ông ngay từ những bước đầu tiên. Kết quả là một cuộc luận chiến đã xảy ra giữa ông với nhà giả kim Fludd, người kiên quyết với quan điểm tự nhiên phải được giải thích bằng định tính. Đây chính là “va chạm lớn giữa cách nghĩ huyền bí của thuật giả kim và tư duy của các nhà khoa học tự nhiên (mới xuất hiện vào đầu thế kỷ XVII). Những nghiên cứu gần đây cũng đã khẳng định lại quá trình chuyển tiếp đây mâu thuẫn giữa hai lối tư duy đó.

Thành công trong các bước đi của Kepler và những người kế thừa ông đã hướng vật lý tới một quan niệm cơ học có tính tự nhiên hơn. Quan niệm này sau được gắn thêm khái niệm quan sát với các tiến trình vật lý: một hiện tượng về nguyên tắc có thể được miêu tả mà không cần tham khảo tới sự quan sát của con người. Nhưng vật lý nguyên tử đã chỉ ra rằng việc miêu tả một quá trình không thể được tham dẫn từ bất kỳ quan sát nào. Kết luận của Pauli: “Trong thế kỷ XVII, người ta đã tiến được những bước khá xa” trong quan niệm về cơ học.