

CON ĐƯỜNG TÌM KIẾM ĐƠN CỰC TỬ

■ PGS.TS NGUYỄN HOÀNG HẢI



từ trường. Điện trường đi ra từ điện tích dương, đi vào điện tích âm. Từ trường đi ra từ cực nam, đi vào cực âm. Vậy thì nếu có đơn cực điện thì phải có đơn cực từ. Có điện tích âm, điện tích dương thì phải có từ tích bắc và từ tích nam. Tuy vậy, mặc dù điện tích thì rất dễ quan sát nhưng từ tích, hay đơn cực từ thì dù bao cố gắng cho đến nay vẫn chưa trực tiếp quan sát thấy.

Nếu chúng ta lấy một thanh nam châm, với hai cực bắc nam, bẻ đôi nó thì ta thu được một thanh nam châm mới, vẫn với hai cực bắc và nam. Ta tiếp tục làm thế nhiều lần cho đến khi không thể bẻ đôi được nữa thì chúng ta sẽ thu được một lưỡng cực từ (magnetic dipole) chứ không phải là một đơn cực từ. Lưỡng cực từ nhỏ nhất chính là một spin của điện tử hoặc của proton và neutron. Spin là một tính chất của các hạt vi mô tuân theo các lý thuyết lượng tử. Để đơn giản, có thể xem nó tương tự như là từ trường phát ra do một hạt vi mô tự quay xung quanh nó.

Cách đây hơn 150 năm, Clerk Maxwell đã thống nhất được lực điện và lực từ trong hệ phương trình Maxwell nổi tiếng của ông. Hệ phương trình này có thể giải thích toàn bộ các hiện tượng điện và từ cổ điển và nó vẫn được dùng để sử dụng trong phần lớn các ứng dụng điện từ ngày nay. Trong hệ phương trình này có một phương trình nói rằng điện tích chuyển động sinh ra từ trường. Và nếu vậy, một điện tích tự xoay xung quanh nó sẽ sinh ra spin mà không cần một đơn cực từ. Phương trình Gauss cho từ trường trong hệ phương trình Maxwell cũng cho thấy không có đơn cực từ.

Lý thuyết điện từ cổ điển của Maxwell rất phù hợp với các quan sát và dữ liệu thực nghiệm. Tuy nhiên việc lý thuyết này cho rằng không có đơn cực từ không có nghĩa là nó không có mà nói đúng hơn là nó không có ở những nơi mà chúng ta đã quan sát. Một số nhà khoa học đã quan tâm đến vấn đề này. Năm 1894, nhà vật lý đạt giải Nobel là Pierre Curie nói rằng không có lý do gì để phủ nhận sự tồn tại của đơn cực từ. Năm 1931, một nhà vật lý đạt giải Nobel khác là Paul Dirac chứng minh rằng hệ phương trình Maxwell mở rộng có sự tồn tại của đơn cực từ với giá trị rời rạc giống như điện tích. Nếu các nhà

Có bốn lực cơ bản trong tự nhiên, đó là lực hạt nhân mạnh, lực hạt nhân yếu, lực điện từ, lực hấp dẫn. Trong bốn lực này thì lực điện từ là lực giúp sinh vật có thể tri giác được thế giới. Không có lực điện từ, con người không có cảm giác, không thể nhìn, nghe, ngửi, nếm. Thậm chí cả tình yêu, tình cảm, các cảm giác tức giận, vui vẻ, đau buồn, hạnh phúc,... những thứ có vẻ phi vật chất cũng có được nhờ sự khéo léo đến không thể tin nổi của tự nhiên để sử dụng lực điện từ cho các hoạt động của con người. Sự phát triển như vũ bão của khoa học công nghệ ngày nay phần lớn dựa trên việc khai thác hiểu

biết của con người vào lực điện từ.

Mọi người đã quen với một khái niệm "điện tích" (electric charge) từ kiến thức phổ thông, các ví dụ về điện tích là điện tử hoặc proton rất phổ biến. Về bản chất, điện tích chính là một đơn cực điện (electric monopole). Các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, trái dấu thì hút nhau thông qua một môi trường đặc biệt gọi là điện trường đi từ điện cực dương sang điện cực âm. Thoạt nhìn thì chúng ta mong đợi một sự tương đương giữa điện và từ, hay còn gọi là đối xứng điện từ (các nhà khoa học rất thích sự đối xứng và không thích sự phá vỡ các đối xứng). Nếu có điện trường thì phải có



khoa học tìm thấy sự tồn tại của đơn cực từ thì có sự tương đương, hay còn gọi là tính đối ngẫu, hay đối xứng giữa điện và từ.

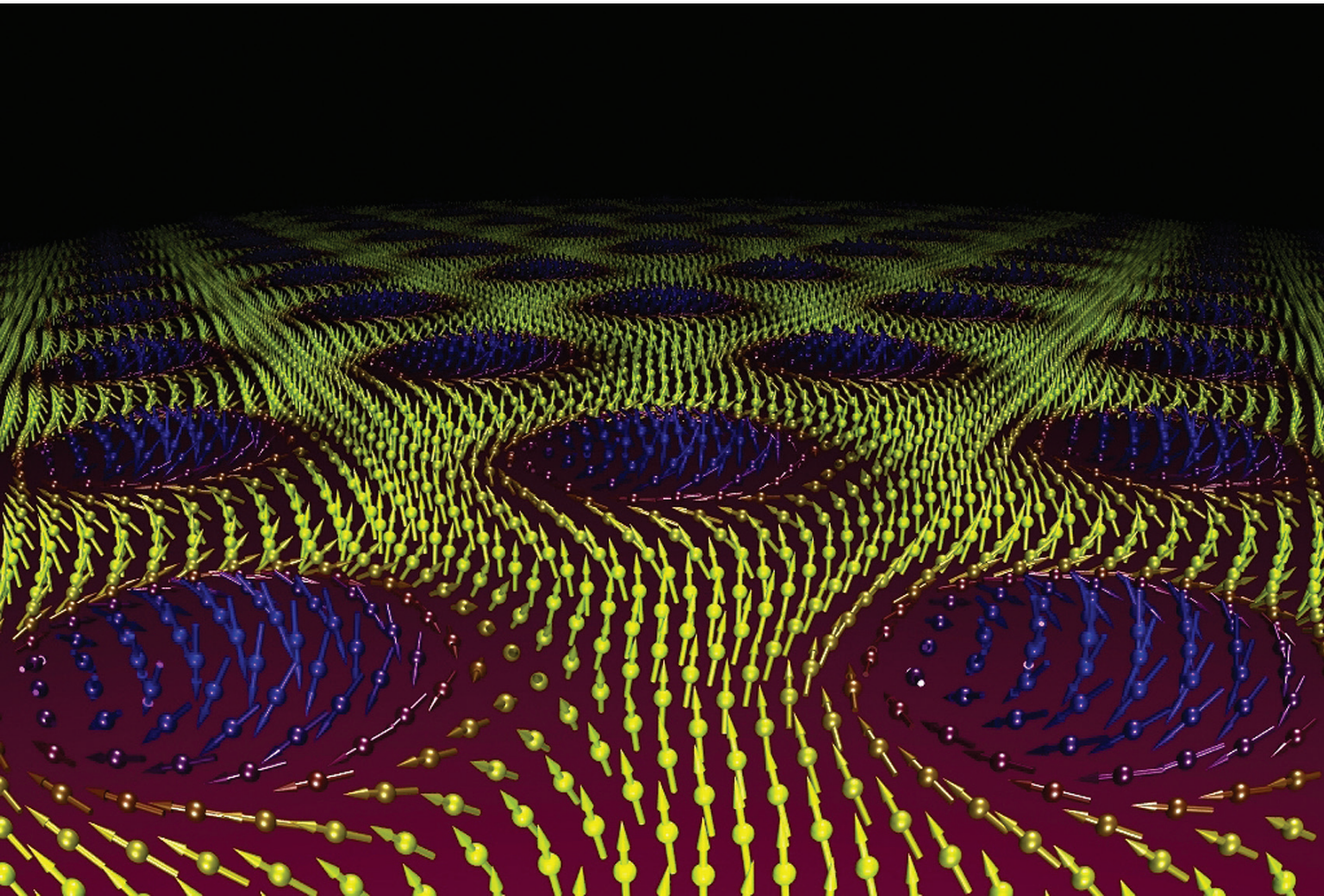
Hành trình tìm đơn cực từ bắt đầu.

Trong gần 80 năm, các nhà khoa học không có bước tiến nào đáng kể trong việc quan sát đơn cực từ. Cho đến năm 2009, một nhóm các nhà khoa học Đức tuyên bố họ đã quan sát thấy đơn cực từ. Họ nghiên cứu tính chất của tán xạ neutron trên đơn tinh thể Dysprosium Titanate. Neutron là một hạt không có điện tích nhưng có từ tính (lưỡng cực từ) nên chúng có thể tương tác từ với vật chất thông qua tương tác từ. Vật liệu này có cấu trúc rất đặc biệt. Các mô men từ của nguyên tử Dysprosium sắp xếp thành dạng ống bị xoắn lại tạo lòng ống có từ thông đi qua gọi là các dây Dirac. Trong quá trình tán xạ neutron, các nhà khoa học tác dụng một từ trường ở nhiệt độ thấp. Từ trường này phá vỡ đối xứng và

định hướng của các dây, làm giảm mật độ dây Dirac và tạo đơn cực từ có thể quan sát được từ kết quả tán xạ neutron. Đơn cực từ trong nghiên cứu này không phải là một hạt cấu thành của vật chất mà là một hệ quả của việc sắp xếp lại các lưỡng cực từ.

Năm 2012, các nhà khoa học của Pháp công bố "đã tìm thấy bằng chứng về các giả hạt (quasiparticle) có tính chất tương tự đơn cực từ." Trong cơ học lượng tử, một hạt vi mô có đặc điểm lưỡng tính, tức là, nó vừa có tính chất của một hạt nhưng đồng thời vừa có tính chất của một sóng. Đơn cực từ là một sóng thì có 2 đặc điểm của sóng đó là nút sóng và pha của sóng. Các nhà khoa học nghiên cứu một hiện tượng đặc biệt khác tên là Ngưng tụ Bose-Einstein (BEC - Bose Einstein Condensate). Thông thường chúng ta biết vật chất có thể ở ba trạng thái, từ nhiệt độ thấp đến nhiệt độ cao vật chất nói chung chuyển từ trạng thái rắn - lỏng - khí. Tuy nhiên, ở các điều kiện

đặc biệt, khi nhiệt độ cực thấp hoặc cực cao, vật chất có thể ở các trạng thái khác. Khi nhiệt độ rất cao, vật chất ở trạng thái plasma, ở đó, các điện tử rời bỏ nguyên tử, phân tử để hoà thành một hỗn hợp đám khí điện tích. Khi nhiệt độ rất thấp, vật chất có thể ở một trạng thái lượng tử là ngưng tụ Bose-Einstein. Ở đó, các hạt vật chất trở thành các hạt boson (là các hạt truyền tương tác như là các quang tử, photon, hấp dẫn graviton,... khác với hạt fermion là các hạt thực như điện tử, proton, neutron, quark,... Các hạt boson có thể ở cùng một mức lượng tử năng lượng, các hạt fermion thì không thể) và có thể ở cùng một mức lượng tử năng lượng. Các nhà khoa học tạo một khe nhỏ (microcavity) trên một chất bán dẫn để nhốt các photon (quang tử) và các exciton ở nhiệt độ thấp 10 K. Khi các photon và exciton kết cặp với nhau, chúng tạo ra các polariton. Tập hợp các polariton tạo thành một loại chất lỏng



polariton và có thể nghiên cứu tính chất của chúng bằng các kĩ thuật quang học. Khi chất lỏng này va chạm với một vật cản, ví dụ như là một sai hỏng trong cấu trúc microcavity thì nó sẽ tạo ra các sóng soliton (sóng giữ nguyên hình dạng lan truyền với một tốc độ không đổi). Một từ trường xuất hiện nhờ tính điện môi của microcavity sẽ tách mỗi soliton thành một cặp gồm hai bán-soliton có từ tích ngược nhau. Các bán-soliton tương tác ngược hướng với từ trường và có tính chất giống như các đơn cực từ một chiều. Thực ra các bán-soliton không thực sự là các đơn cực từ. Đơn cực từ phải là một hạt cơ bản giống như các điện tử. Nhưng sự tương tự của các bán-soliton cũng là một động viên lớn trong việc đi tìm từ tích thực sự.

Năm 2014, các nhà khoa học Phần lan tuyên bố đã tạo ra được đơn cực từ nhân tạo. Một từ trường tạo bởi một BEC ở nhiệt

độ cực thấp, vài phần tỉ độ K. Hệ BEC pha loãng khi có tác động của từ trường ngoài sẽ xuất hiện các sai hỏng topo gắn với các dây xoắn tương đương với các dây Dirac của đơn cực từ. Nghiên cứu này dựa trên nghiên cứu lí thuyết trước đó cũng của nhóm này công bố năm 2009. Tuy nhiên nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng, cái mà họ tìm ra không phải là bản thân đơn cực từ mà chỉ là một sự tương tự đơn cực từ. Ngay sau đó, nhóm này cũng tìm ra một sự tương tự khác, một đơn cực lượng tử (quantum monopole) khi nghiên cứu ngưng tụ Bose-Einstein của một đám khí Rubidium ở trạng thái phi từ tính gần nhiệt độ không tuyệt đối.

Gần đây nhất, một số nhà khoa học ở Mỹ và Tây Ban Nha công bố một công trình lí thuyết để giải thích tại sao chúng ta không thể quan sát trực tiếp đơn cực từ. Theo công trình này, tính đối ngẫu điện - từ, hay

tính đối xứng điện từ không tồn tại hay nói một cách khác sự đối xứng bị phá vỡ do lực hấp dẫn có mặt ở khắp mọi nơi. Họ nghiên cứu lực hấp dẫn phá vỡ đối xứng như thế nào, đầu tiên là phá vỡ đối xứng của các hạt fermion và áp dụng cho các hạt boson. Kết quả nghiên cứu cho thấy, lực hấp dẫn thẩm thấu khắp mọi nơi trong vũ trụ đã phá vỡ đối xứng điện từ. Điều này không bác bỏ sự tồn tại của đơn cực từ nhưng nó loại bỏ lí do tìm đơn cực từ dựa trên sự đối xứng giữa điện và từ.

Và con đường tìm kiếm đơn cực từ vẫn tiếp tục và khó khăn hơn.

 Đọc thêm: <http://sciencealert.com>, <http://phys.org>.