

Nghiên cứu mới về siêu dẫn gần nhiệt độ phòng

Những nỗ lực của các nhà khoa học trong việc tìm kiếm vật liệu có khả năng siêu dẫn (khả năng dẫn điện với điện trở bằng không) ở nhiệt độ phòng đã đạt được kết quả mới. Dữ liệu thực nghiệm mới được công bố trên Tạp chí Nature cho thấy, khi bị nén tại một áp suất lớn hơn một triệu lần áp suất khí quyển của Trái đất, lanthanum hydride sẽ xuất hiện tính chất siêu dẫn ở nhiệt độ 250 K (kelvin) - nhiệt độ cao nhất của chất siêu dẫn từng được biết đến.

Vật liệu được coi là chất siêu dẫn khi năng lượng điện được truyền đi với hiệu suất 100%. Các chất siêu dẫn có thể ứng dụng trong một loạt các thiết bị như máy chụp cộng hưởng từ trong bệnh viện. Tuy nhiên, sự phát triển của các ứng dụng này đã bị cản trở bởi vì trạng thái siêu dẫn chỉ xuất hiện tại nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ phòng (295 K). Trong một bài báo mới được công bố trên Tạp chí Nature*, Drozdov và các cộng sự đã báo cáo một kết quả đáng ngạc nhiên về tính chất siêu dẫn của lanthanum hydride. Khi bị nén tại một áp suất lớn hơn một triệu lần áp suất khí quyển của trái đất, lanthanum hydride sẽ xuất hiện tính chất siêu dẫn ở nhiệt độ 250 K - nhiệt độ cao nhất của chất siêu dẫn từng được biết đến.

Siêu dẫn được phát hiện lần đầu tiên trong thủy ngân tại nhiệt độ dưới 4 K vào năm 1911. Nhiệt độ mà tại đó vật liệu trở thành chất siêu dẫn được gọi là nhiệt độ tới hạn. Sau khi phát hiện ra siêu

dẫn, người ta thấy rằng cần thiết phải tìm kiếm các vật liệu có nhiệt độ tới hạn lớn hơn 4 K. Trong hơn một thế kỷ qua, nhiều chất siêu dẫn đã được phát hiện, giá trị của nhiệt độ tới hạn liên tiếp được cải thiện và dần hướng tới mục tiêu cuối cùng là bằng với nhiệt độ phòng (25°C, tương đương với 298 K).

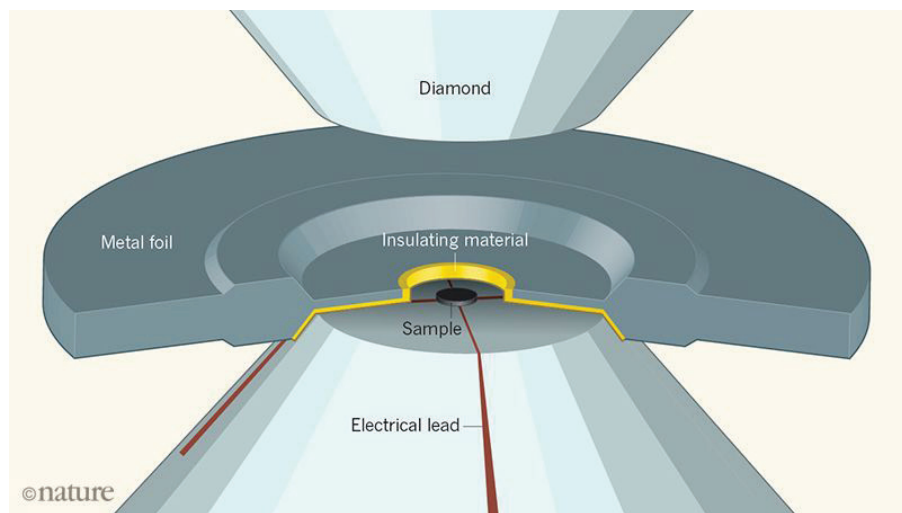
Drozdov và các cộng sự đã phá vỡ kỷ lục vào năm 2014 khi họ phát hiện ra rằng hydrogen sulfide (một chất gây ra mùi thối của trứng gà) thể hiện tính chất siêu dẫn tại nhiệt độ tới hạn khoảng 200 K khi nó được nén với một áp suất gấp 2 triệu lần áp suất khí quyển. Sau đó, vào năm 2018, hai nhóm nghiên cứu độc lập (Drozdov và cộng sự; Somayazulu và cộng sự) đã công bố gần như đồng thời kết quả nghiên cứu của mình với khẳng định, lanthanum hydride có thể xuất hiện tính chất siêu dẫn ở nhiệt độ cao hơn (từ 215 đến 280 K).

Đặc điểm chung của các chất siêu dẫn hydrogen sulfide và lanthanum hydride là chúng rất giàu hydro và tính chất siêu dẫn chỉ xuất hiện dưới một áp suất

cực cao (hơn một triệu lần áp suất khí quyển). Trong điều kiện khắc nghiệt như vậy, các liên kết hóa học bị thay đổi đáng kể và hình thành các cấu trúc mới không ổn định. Trong trường hợp lanthanum hydride, áp suất cao đã dẫn đến sự hình thành cấu trúc LaH_{10} , cấu trúc hóa học này có hàm lượng hydro cao hơn nhiều so với cấu trúc của lanthanum hydride tại áp suất khí quyển.

Để đạt được áp suất cực cao (gần bằng một nửa áp suất tại lõi của trái đất), Drozdov và các cộng sự đã sử dụng một thiết bị gọi là tế bào đe bằng kim cương. Thiết bị này có thể nằm gọn trong lòng bàn tay và tạo áp lực bằng cách nén mẫu, trong đó mẫu được nằm trong một lá kim loại mỏng, giữa hai viên kim cương có hình dạng dẹt (hình 1). Tuy nhiên cần lưu ý rằng, với cấu tạo này chỉ một số phép đo là có thể thực hiện được, vì mẫu có kích thước rất nhỏ (~0,01 mm) và được bao quanh bởi các lá kim loại và kim cương có kích thước tương đối lớn. Hơn nữa, để có thể đo được độ dẫn điện, các dây dẫn điện cần phải tiếp xúc với mẫu, nhưng

*<https://www.nature.com/articles/d41586-019-01583-y>.



Hình 1. Phát hiện siêu dẫn nhiệt độ cao. Drozdov và các cộng sự đã báo cáo một thí nghiệm trong đó một mẫu nhỏ (sample) của lanthanum được đặt bên trong một lỗ trong một lá kim loại mỏng (metal foil). Các lỗ được lấp đầy bằng hydro lỏng (không hiển thị). 4 dây dẫn điện (electrical lead) tiếp xúc với mẫu nhưng được cách ly với giấy bạc bằng vật liệu cách điện (insulating material). Mẫu được ép giữa hai viên kim cương (diamond) và biến thành lanthanum hydride ở áp suất cao. Các tác giả sử dụng thiết lập này để chứng minh rằng lanthanum hydride trở nên siêu dẫn ở nhiệt độ 250 K, dưới áp suất lớn hơn một triệu lần áp suất khí quyển của Trái đất.

phải cách ly điện bằng giấy bạc.

Các tác giả đã vượt qua được những thách thức trong việc thiết kế thí nghiệm siêu dẫn với áp suất cực cao và đã báo cáo những kết quả quan trọng về tính chất siêu dẫn tại nhiệt độ cao của lanthanum hydride. Để chứng minh rằng một vật liệu là siêu dẫn, các nhà nghiên cứu thường kiểm tra 3 tính chất của vật liệu như sau: điện trở bằng không, sự giảm nhiệt độ tới hạn dưới một từ trường và từ thông bị đẩy ra khỏi bên trong vật liệu (một hiện tượng vật lý được gọi là hiệu ứng Meissner). Drozdov và các cộng sự đã phát hiện ra 2 đặc tính đầu tiên của chất siêu dẫn. Đặc tính cuối cùng - hiệu ứng Meissner đã không thể quan sát được vì các mẫu quá nhỏ.

Việc tìm kiếm tính chất siêu dẫn nhiệt độ cao trong các vật liệu giàu hydro có thể được liên kết với các dự đoán trước đó vào năm 2004. Dự

đoán này dựa trên một lý thuyết cho rằng các nguyên tố với khối lượng nguyên tử thấp có thể đóng góp vào giá trị nhiệt độ tới hạn cao. Hydro là nguyên tố nhẹ nhất trong bảng tuần hoàn, do đó tối ưu cho nhiệt độ tới hạn cao. Dựa trên logic này, việc thay thế hydro bằng một đồng vị deuterium nặng hơn sẽ dẫn tới giảm nhiệt độ tới hạn. Drozdov và các cộng sự đã quan sát tính chất siêu dẫn với đồng vị này và thấy rằng nhiệt độ tới hạn của lanthanum deuteride thấp hơn so với lanthanum hydride. Kết luận này gần như chính xác theo dự đoán của lý thuyết.

Từ quan điểm khoa học, những kết quả này cho thấy chúng ta đang bước vào giai đoạn chuyển đổi từ tìm kiếm chất siêu dẫn bằng thực nghiệm, trực giác hoặc may mắn sang tìm kiếm chất siêu dẫn dựa trên các hướng dẫn được dự đoán bởi lý thuyết. Nhiệt độ tới hạn của vật liệu siêu dẫn từ lâu đã được coi là một

trong những tính chất khó có thể tính toán chính xác. Tuy nhiên, các thực nghiệm trên hydrogen sulfide và lanthanum hydride đã được thúc đẩy bởi các kết quả từ tính toán lý thuyết. Những thành công đáng chú ý này dường như được thúc đẩy bởi các tiến bộ trong các phương pháp tính toán gần đây.

Tầm quan trọng thực tế của tính chất siêu dẫn trong các vật liệu được tổng hợp với số lượng cực nhỏ tại một áp suất lớn hơn áp suất khí quyển một triệu lần là gì? Câu trả lời phụ thuộc vào việc các trạng thái siêu dẫn có thể được phục hồi tại áp suất khí quyển hay không. Bản thân kim cương là một ví dụ về vật liệu được hình thành tại áp suất cao nhưng có thể tồn tại trong áp suất khí quyển. Nỗ lực sản xuất kim cương tổng hợp cung cấp động lực đáng kể cho sự phát triển của các phương pháp thực nghiệm với áp suất cao. Tuy nhiên, ngày nay kim cương tổng hợp được phát triển bằng cách sử dụng một kỹ thuật với áp suất thấp gọi là lắng đọng hơi hóa học. Về mặt lạc quan, cuối cùng có thể sử dụng các phương pháp với áp suất thấp tương tự để tạo ra các chất siêu dẫn siêu bền được phát hiện ban đầu tại áp suất cao.

Trong vài năm tới, các thí nghiệm có thể sẽ tập trung vào việc tìm kiếm tính siêu dẫn trong các vật liệu giàu hydro có áp suất thấp hơn. Do đó dường như nhiều khả năng giấc mơ siêu dẫn nhiệt độ phòng có thể được thực hiện trong tương lai gần. Tại thời điểm đó, thách thức lớn sẽ chuyển từ đẩy nhiệt độ tới hạn lên cao hơn sang đẩy áp suất cần thiết xuống thấp hơn ☞

Nguyễn Tuấn Hưng

(theo <https://www.nature.com>)