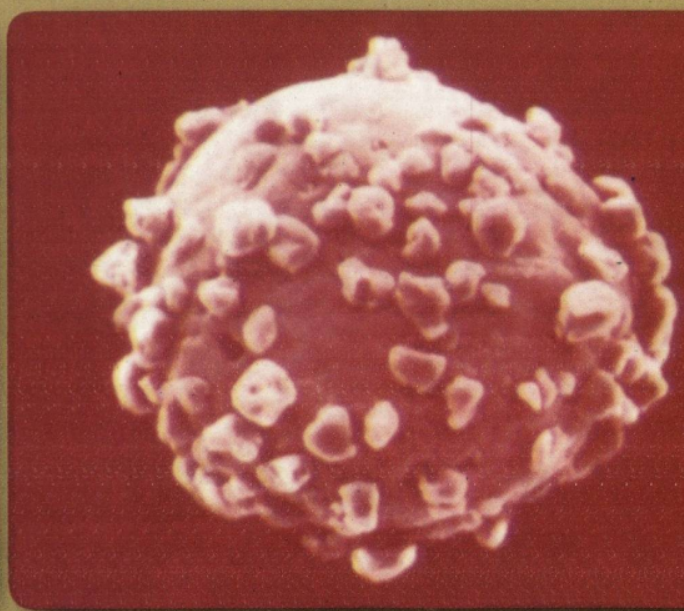


DAVID HALLIDAY - ROBERT RESNICK - JEARL WALKER

CƠ SỞ VẬT LÝ

TẬP BỐN - ĐIỆN HỌC



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

DAVID HALLIDAY - ROBERT RESNICK - JEARL WALKER

CƠ SỞ VẬT LÝ

TẬP BỐN : ĐIỆN HỌC

(Tái bản lần thứ mười hai)

Người dịch :

ĐÀM TRUNG ĐỒN (chủ biên)

HOÀNG HỮU THƯ (đồng chủ biên)

LÊ KHẮC BÌNH

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

FOURTH EDITION

FUNDAMENTALS OF PHYSICS

DAVID HALLIDAY

University of Pittsburgh

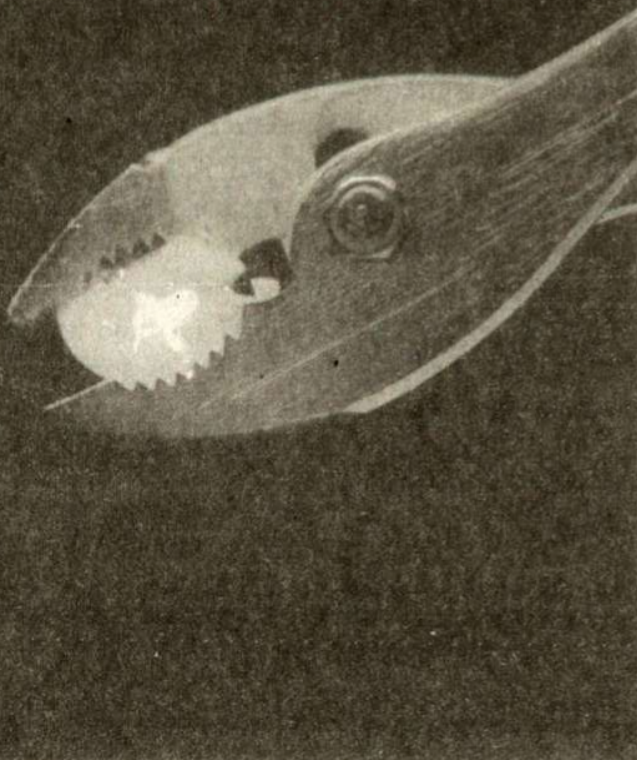
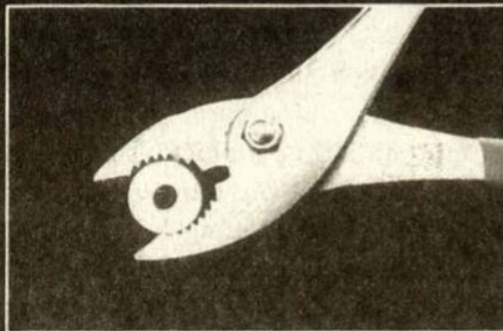
ROBERT RESNICK

Rensselaer Polytechnic Institute

JEARL WALKER

Cleveland State University

JOHN WILEY & SONS, INC.



Nếu bạn để mắt mình thích nghi với bóng tối chừng 15 phút rồi nhìn một người bạn đang nhai kẹo wintergreen lifesaver, bạn sẽ thấy có một tia sáng xanh yếu phát ra từ mồm người bạn đó mỗi khi anh ta nhai. (Thay vì bạn có thể ép cái kẹo bằng cái kìm như ở trên ảnh). Nguyên nhân của sự phát sáng đó (thường được gọi là "phát tia lửa") là gì? Bản thân tên gọi đã là một gợi ý.

23-1. ĐIỆN TỪ HỌC

Các nhà triết học Hy Lạp cổ đã biết rằng nếu cọ xát một miếng hổ phách, nó có thể hút một mẫu cọng rơm. Có một đường dây phát triển trực tiếp từ sự quan sát cổ xưa đó cho đến thời đại điện tử mà chúng ta đang sống. (Mối liên hệ mạnh mẽ đó được thể hiện ở chỗ từ "electron" được bắt nguồn từ chữ Hy Lạp có nghĩa là hổ phách). Người Hy Lạp cũng biết một số "đá" thiên nhiên mà ngày nay người ta gọi là quặng manhêtit có thể hút sắt.

Đó là những nguồn gốc tự nhiên của khoa học điện và từ. Hai bộ môn khoa học đó đã được phát triển một cách độc lập qua nhiều thế kỉ. Cho đến năm 1820 khi Hans Christian Oersted tìm thấy mối liên hệ giữa chúng : dòng điện trong một dây dẫn có thể làm lệch kim của la bàn. Lí thú là Oersted đã phát hiện được điều đó khi chuẩn bị thí nghiệm chứng minh bài giảng cho các sinh viên vật lí.

Một khoa học mới là *điện từ học* (sự kết hợp của các hiện tượng điện và từ) đã được phát triển bởi nhiều nhà bác học của nhiều nước. Một trong các nhà bác học xuất sắc nhất là Michael Faraday, một nhà thực nghiệm thiên tài có tài năng trực giác và hình dung được các hiện tượng vật lí. Tài năng đó đã được chứng thực là trong các cuốn sổ ghi chép thực nghiệm của ông, không hề có một phương trình nào. Vào giữa thế kỉ 19, James Clerk Maxwell, người đã thể hiện các ý tưởng của Faraday dưới dạng toán học, đưa vào nhiều ý tưởng mới của mình và đặt cơ sở lí thuyết cho điện từ học.

Bảng 37.2 cho thấy các định luật căn bản của điện từ học mà ngày nay được gọi là các phương trình Maxwell. Sau nhiều chương chúng ta mới đi tới các phương trình đó, nhưng ngay bây giờ bạn có thể muốn nhìn qua chúng để biết trước cái đích của mình là gì. Các phương trình Maxwell trong điện từ học đóng vai trò giống như các định luật của Newton về chuyển động trong cơ học cổ điển và các định luật của nhiệt động học trong nhiệt học.

Sự phát minh vĩ đại của Maxwell trong điện từ học là đã coi ánh sáng là một sóng điện từ và có thể đo vận tốc của ánh sáng bằng các phép đo thuần túy điện và từ. Với khám phá đó, Maxwell đã nối liền quang học cổ điển với các khoa học về điện và từ. Heinrich Hertz đã tiến một bước khổng lồ khi tạo ra được hiện tượng điện từ mà ông đã gọi là "sóng Maxwell", còn bây giờ chúng ta gọi là sóng radio ngắn. (Còn sau đó, Marconi và các người khác đã phát triển với các ứng dụng thực tế của hiện tượng). Ngày nay các phương trình Maxwell được dùng trên khắp thế giới để giải quyết hàng loạt các bài toán kĩ thuật thực tế.

23-2. ĐIỆN TÍCH

Nếu bạn đi trên một tấm thảm trong thời tiết khô, bạn có thể tạo ra tia lửa điện khi đưa ngón tay đến gần núm vặn của bằng kim loại. Thông báo của truyền hình đã báo động cho chúng ta về vấn đề "bám dính tĩnh điện" (Hình 23 - 1). Ở mức độ

lớn hơn là chớp rất quen thuộc với mọi người. Tất cả các hiện tượng đó chỉ là biểu hiện đơn giản nhất của một lượng lớn *điện tích* được chứa trong các vật bao quanh chúng ta và cả trong chính cơ thể của chúng ta.



HÌNH 23-1. Sự dính tĩnh điện, hiện tượng thấy được khi thời tiết khô làm cho các mẫu giấy dính vào nhau và vào một cái lược làm bằng chất dẻo và làm cho áo quần của bạn dính vào người.

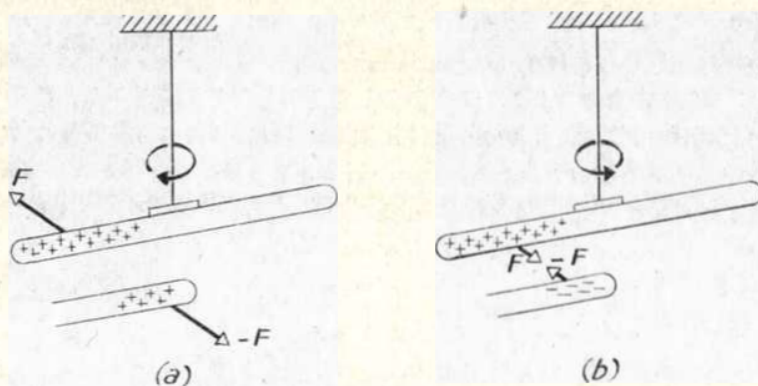
của vật. Ta nói một vật *được tích điện* là biểu thị nó có một sự không cân bằng về điện tích hoặc vật có điện tích tổng khác không (mọi sự không cân bằng bao giờ cũng rất nhỏ so với lượng điện tích toàn phần của điện tích dương và âm chứa trong vật).

Các vật tích điện tương tác bằng cách tác dụng lực lên nhau. Để chứng tỏ điều đó, trước hết ta hãy tích điện cho một thanh thủy tinh bằng cách cọ xát một đầu của nó vào mảnh lụa. Ở các điểm tiếp xúc giữa thanh và lụa, một lượng nhỏ điện tích đã được chuyển từ vật này sang vật khác, làm mất đi sự trung hòa điện của mỗi vật (Ta cọ xát tấm lụa với thanh để làm tăng số điểm tiếp xúc và do đó tăng lượng điện tích, tuy vẫn rất ít, di chuyển từ vật này sang vật kia).

Bây giờ nếu ta treo thanh bằng một sợi chỉ và đưa một thanh thủy tinh thứ hai, cũng được tích điện bằng cách tương tự đến gần như ở hình 23 - 2a, hai thanh sẽ đẩy nhau. Tuy nhiên, nếu ta cọ xát một thanh chất dẻo vào tấm lông thú và đưa lại gần thanh đang treo như hình 23 - 2b, hai thanh sẽ hút nhau.

Ta có thể hiểu được hai thí nghiệm chứng minh đó nhờ các điện tích dương và âm. Khi thanh thủy tinh được xát vào lụa, thủy tinh mất một số điện tích âm và do đó có một lượng nhỏ điện tích dương không được cân bằng (được biểu thị bằng dấu + trên hình 23 - 2a). Khi thanh nhựa được xát vào lông thú, thanh nhựa thu được một lượng nhỏ

Mọi vật trong thế giới quanh ta mà ta nhìn thấy được và sờ mó được chứa một lượng rất lớn điện tích ; tuy nhiên điều đó thường bị che giấu vì vật chứa một lượng như nhau của hai loại điện tích : *điện tích dương* và *điện tích âm*. Vì sự bằng nhau đó (hay *cân bằng*) của điện tích, vật được gọi là *trung hòa điện* ; nghĩa là tổng điện tích của vật bằng không và vật không tương tác điện với các vật khác. Nếu hai loại điện tích không cân bằng nhau vật có tổng điện tích khác không và có thể tương tác với các vật khác, và chúng ta có thể nhận biết có sự tồn tại của điện tích tổng



HÌNH 23-2. a) 2 thanh tích điện như nhau đẩy nhau
b) 2 thanh tích điện trái dấu hút nhau.

điện tích âm không được cân bằng (được biểu thị bằng dấu - trên hình 23 - 2b). Hai thí nghiệm chứng minh dẫn đến điều sau :



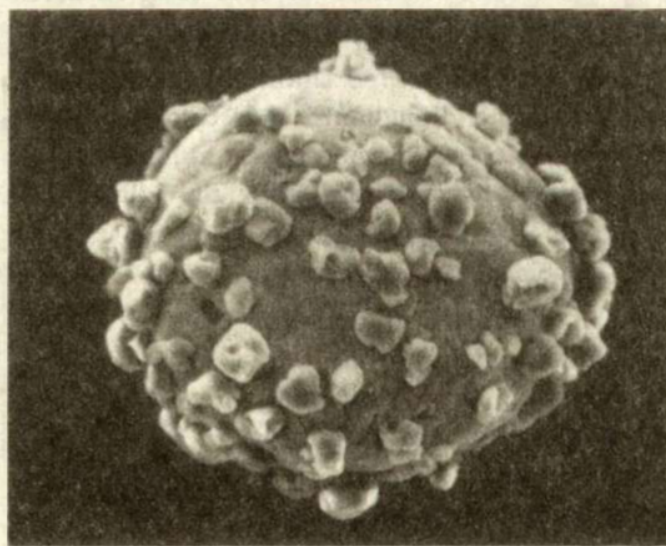
Loại dính của bao gói thực phẩm bằng chất dẻo làm dính nó với vỏ hộp nhờ lực hút tĩnh điện giữa vùng tích điện trên bề mặt của bao gói và vùng tích điện do nó gây ra trên vỏ hộp. Bao gói thực phẩm bằng chất dẻo được làm cho tích điện ngay sau khi được sản xuất và vì chất dẻo là chất cách điện nên các điện tích trên đó là bất động.

những thành công lớn của Franklin trong lĩnh vực ngoại giao ở Pháp trong suốt cuộc chiến tranh giành độc lập của Hoa Kỳ, mà ông đạt được có thể bởi vì ông được coi là nhà khoa học được đánh giá rất cao).

Sự hút và đẩy giữa các vật tích điện có nhiều ứng dụng trong công nghiệp, trong đó có phun sơn tĩnh điện và phủ bột, thu gom tro bay trong ống khói, in bằng tia mực và photocopy. Hình 23 - 3 chẳng hạn, cho thấy một hạt mang nhỏ trong máy photô copy Xerox được bao bởi các hạt bột đen, được gọi là *toner*, dính vào nó nhờ các lực tĩnh điện. Các hạt toner tích điện âm cuối cùng bị hút từ hạt mang sang hình ảnh tích điện dương của tài liệu cần chụp được tạo trên một trống quay. Sau đó một tờ giấy tích điện sẽ hút các hạt toner từ trống và nhờ nhiệt chúng được làm chảy tại chỗ để tạo thành bản sao.

Các điện tích như nhau đẩy nhau và các điện tích khác nhau hút nhau.

Các điện tích như nhau là các điện tích có cùng dấu ; các điện tích khác nhau ngược dấu. Trong phần 23 - 4 ta sẽ thể hiện quy tắc đó dưới dạng định lượng bằng định luật Coulomb về *lực tĩnh điện* (hoặc *điện lực*) giữa các điện tích. Thuật ngữ *tĩnh điện* được dùng để nhấn mạnh rằng các điện tích đứng yên hoặc chỉ chuyển động rất chậm đối với nhau. Cách gọi "dương" và "âm" cũng như dấu của điện tích đã được Benjamin Franklin chọn một cách tùy ý. Ông cũng có thể dễ dàng đảo tên gọi hai loại trên hoặc dùng một cặp tên gọi đối ngược nào khác để phân biệt hai loại điện tích. (Franklin là một nhà khoa học danh tiếng quốc tế. Người ta còn ca ngợi



HÌNH 23 - 3. Hạt mang trong máy photôcopy Xerox được phủ bởi các hạt mực. Các hạt mực dính vào nó nhờ lực hút tĩnh điện. Đường kính của hạt này cỡ 0,3mm.

23-3. CHẤT DẪN ĐIỆN VÀ CHẤT CÁCH ĐIỆN

Trong một số chất như kim loại, nước trong vòi nước máy và cơ thể người, một số điện tích âm có thể di chuyển tương đối dễ dàng. Ta gọi các vật liệu đó là *vật dẫn*. Trong các chất khác như thủy tinh, nước tinh khiết về mặt hóa học, và nhựa, không có điện tích nào có thể chuyển động tự do. Ta gọi các chất đó là *chất cách điện* hoặc *điện môi*.

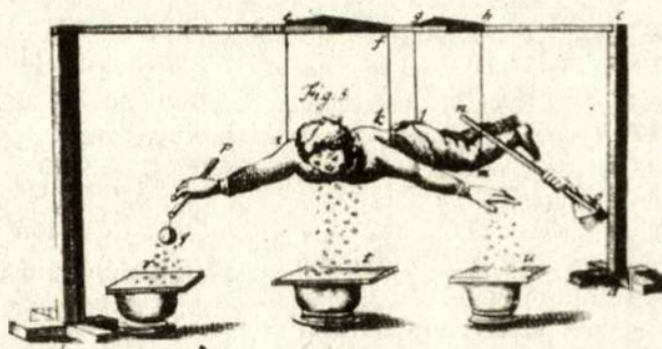
Nếu bạn cọ xát một thanh đồng vào len trong khi giữ thanh trong tay, bạn không thể tích điện cho thanh được vì cả bạn và thanh đồng đều là vật dẫn điện. Sự cọ xát sẽ gây một sự không cân bằng về điện tích trên thanh, nhưng điện tích không cân bằng đó ngay lập tức sẽ dịch chuyển từ thanh qua bạn và xuống sàn (được nối với mặt đất) và thanh sẽ trở thành trung hòa điện một cách nhanh chóng. Khi lập một đường nối bằng vật dẫn giữa một vật và mặt đất, ta nói đã *nối đất* vật. Và việc làm trung hòa vật (bằng cách loại trừ điện tích dương hoặc âm không cân bằng) ta nói là đã làm cho vật *phóng điện*.

(xem hình 23 - 4 như là một ví dụ kì lạ của sự phóng điện). Thay vì giữ thanh trong tay nếu bạn giữ nó qua một cán cách điện, bạn loại bỏ được đường dẫn xuống đất và khi đó thanh có thể được tích điện bằng cọ xát, chừng nào bạn không chạm tay trực tiếp vào nó.

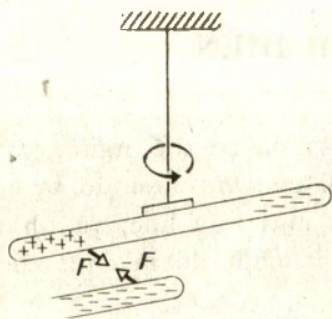
Cấu tạo và bản chất điện của các nguyên tử quyết định tính chất của vật dẫn và vật cách điện. Các nguyên tử gồm có các prôtôn tích điện dương, các êlectrôn tích điện âm và các nơtrôn trung hòa điện. Các prôtôn và nơtrôn được xếp chặt (sát nhau) trong một *hạt nhân*. Trong mẫu nguyên tử đơn giản các êlectrôn chuyển động theo các quỹ đạo quanh hạt nhân.

Điện tích của một êlectrôn và của một prôtôn có cùng độ lớn nhưng trái dấu nhau. Do đó một nguyên tử trung hòa điện chứa một số êlectrôn và prôtôn bằng nhau. Các êlectrôn được giữ trên quỹ đạo quanh hạt nhân vì chúng có điện tích trái dấu với các prôtôn nằm ở hạt nhân và do đó bị hút về phía hạt nhân.

Khi các nguyên tử của một vật dẫn như đồng đến gần nhau để hình thành chất rắn, một số êlectrôn ở ngoài cùng (và do đó bị giữ yếu nhất), không còn bị giữ ở các nguyên tử riêng biệt mà trở thành tự do, có thể di chuyển trong chất rắn. Ta gọi các êlectrôn di động đó là các êlectrôn dẫn. Trong một chất cách điện có ít (nếu có) các êlectrôn tự do.



HÌNH 23-4. Đây không phải là một cuộc biểu diễn nhào lộn mà là một thí nghiệm nghiêm túc thực hiện năm 1774 để chứng tỏ cơ thể con người là một vật dẫn điện. Bản khắc cho thấy một người được treo bằng các sợi dây thừng không dẫn điện, được tích điện bởi một thanh tích điện (có lẽ chạm vào thịt chứ không phải vào quần). Khi người đó đưa mặt, tay trái hoặc quả cầu dẫn điện và thanh ở trong tay phải đến gần một trong các đĩa kim loại, các tia lửa điện được phóng qua không khí, anh ta đang phóng điện.



HÌNH 23-5. Một đầu của một thanh đồng trung hòa đặt cố lập sẽ bị hút bởi một thanh tích điện với dấu tùy ý. Trong trường hợp này, các electron dẫn trong thanh đồng bị đẩy về đầu xa của thanh bởi điện tích âm trên thanh nhựa. Khi đó điện tích âm hút điện tích dương còn lại ở đầu gần của thanh đồng.

Thí nghiệm trên hình 23.5 chứng minh cho sự linh động của điện tích trong một vật dẫn. Một thanh nhựa tích điện âm sẽ hút một đầu của một thanh đồng trung hòa. Nhiều electron dẫn ở đầu gần hơn của thanh đồng bị đẩy về đầu xa hơn bởi điện tích âm trên thanh nhựa. Điều đó làm cho đầu gần hơn thiếu electron và do đó có một lượng điện tích dương không được cân bằng (bị hút bởi điện tích âm trên thanh nhựa). Mặc dù thanh đồng vẫn trung hòa điện, nó có một *điện tích cảm ứng*, nghĩa là một số điện tích dương và âm của nó đã bị tách ra do sự tồn tại của một điện tích của vật khác ở gần đó.

Tương tự, nếu một thanh thủy tinh tích điện dương được đưa đến gần một đầu của thanh đồng trung hòa, điện tích cảm ứng xuất hiện trong thanh do các electron dẫn bị hút về phía đó. Đầu gần trở nên tích điện âm còn đầu xa tích điện dương. Tuy cả thanh đồng vẫn trung hòa điện, hai thanh vẫn hút lẫn nhau.

Chú ý là chỉ có các electron có điện tích âm là chuyển động, một vật trở nên tích điện dương chỉ do sự di chuyển của các điện tích âm.

Các chất bán dẫn điện, như silic và germani, là các chất trung gian giữa các chất dẫn điện và cách điện. Cuộc cách mạng về điện tử đã làm biến đổi cuộc sống của chúng ta trong nhiều lĩnh vực là nhờ các dụng cụ bán dẫn. Chúng ta sẽ nghiên cứu hoạt động của các chất bán dẫn điện trong chương 46, và mở rộng bài học này.

Cuối cùng, là các *chất siêu dẫn*. Gọi như vậy vì không có sự cản trở nào đối với sự chuyển động của các điện tích qua chúng. Khi điện tích đi qua một chất, ta nói có *dòng điện* tồn tại trong đó. Các vật liệu thông thường, ngay cả các chất dẫn điện thông thường đều gây ra sự cản trở dòng điện tích đi qua chúng. Chẳng hạn, dây dẫn được dùng trong các dụng cụ điện tuy cho dòng điện đi qua rất tốt, nhưng vẫn có sự cản trở nhỏ đối với dòng điện. Tuy nhiên, trong một chất siêu dẫn trở không phải chỉ là rất nhỏ mà thực sự bằng 0. Nếu bạn thiết lập một dòng điện trong một vòng siêu dẫn, nó sẽ tồn tại mãi không thay đổi chừng nào bạn vẫn còn quan sát nó, mà không cần nguồn điện hoặc nguồn năng lượng nào khác để duy trì dòng điện đó.

Các chất siêu dẫn đã được phát hiện năm 1911 bởi nhà vật lý người Hà Lan Kammerlingh Onnes, người đã phát hiện thủy ngân rắn mất hoàn toàn điện trở ở nhiệt độ dưới 4,2K. Cho đến năm 1986, siêu dẫn vẫn chưa có ứng dụng vì các vật liệu siêu dẫn đã biết cần phải làm lạnh xuống dưới chừng 20K mới có tính siêu dẫn.

Tuy nhiên trong những năm gần đây, người ta đã chế tạo được vật liệu siêu dẫn ở nhiệt độ cao hơn nhiều. Nhờ đó, một kỉ nguyên mới áp dụng hữu ích các chất siêu dẫn hình như đã ở trong tầm tay của chúng ta. Siêu dẫn ở nhiệt độ bình thường không còn là điều không tưởng.