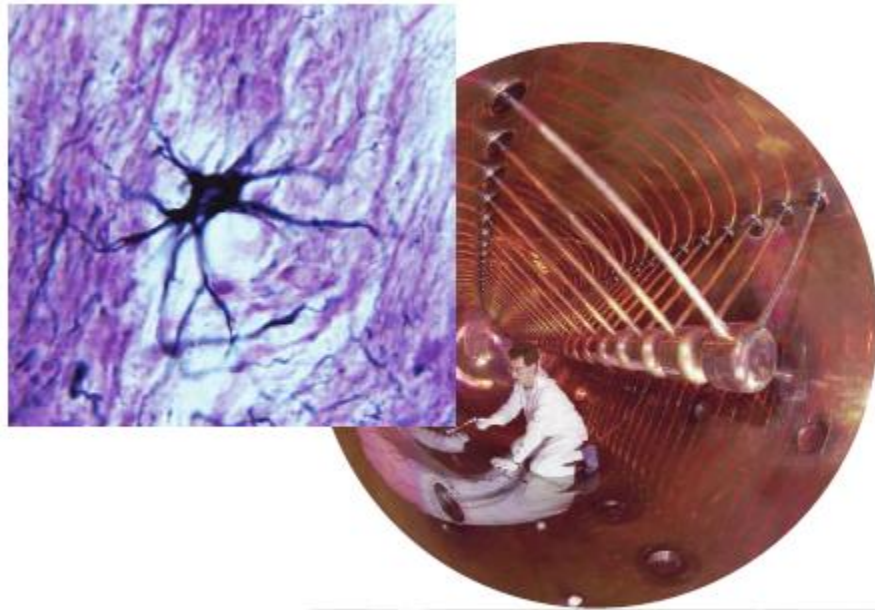


**BENJAMIN CROWELL**

# **BÀI GIẢNG ĐIỆN HỌC**



**An Minh, Xuân Mậu Tý 2008**

**Tặng Lớp Sư phạm Vật lí K2000  
Trường Cao đẳng Cộng đồng Kiên Giang**

**Nguyên bản: Electricity and Magnetism  
(freebook)**

**Tác giả: Benjamin Crowell**

**Người dịch: hiepkhachquay**

**Bản dịch còn nhiều sai sót, mong nhận được ý kiến góp ý của các bạn  
mailto: manhan101@yahoo.com**

# MỤC LỤC

## Chương 1

### Điện và Nguyên tử

1.1 Cuộc truy tìm lực nguyên tử .....	2
1.2 Điện tích, điện tính và từ tính .....	3
1.3 Nguyên tử .....	6
1.4 Lượng tử hóa điện tích .....	11
1.5 Electron .....	14
1.6 Mô hình bánh bông lan rắc nho của nguyên tử .....	18
Bài tập .....	21

## Chương 2

### Hạt nhân

2.1 Phóng xạ .....	24
2.2 Mẫu hành tinh nguyên tử .....	27
2.3 Số nguyên tử .....	31
2.4 Cấu trúc của hạt nhân .....	35
2.5 Lực hạt nhân mạnh, phân rã alpha và sự phân hạch .....	38
2.6 Lực hạt nhân yếu, phân rã beta .....	40
2.7 Sự nhiệt hạch .....	44
2.8 Năng lượng hạt nhân và năng lượng liên kết .....	45
2.9 Tác dụng sinh học của bức xạ ion hóa .....	47
2.10 Sự hình thành các nguyên tố .....	49
Bài tập .....	52

## Chương 3

### Mạch điện, Phần 1

3.1 Dòng điện .....	54
3.2 Mạch điện .....	57
3.3 Điện thế .....	58
3.4 Điện trở .....	61
3.5 Tính dẫn điện của vật chất .....	68
3.6 Áp dụng tính toán .....	71
Bài tập .....	73

## Chương 4

### Mạch điện, Phần 2

4.1 Sơ đồ mạch điện .....	78
4.2 Các điện trở mắc song song và quy tắc mối nối .....	78
4.3 Các điện trở mắc nối tiếp .....	83
Bài tập .....	88

## **Chương 5**

### **Các trường lực**

5.1 Tại sao lại là các trường lực .....	92
5.2 Trường hấp dẫn .....	94
5.3 Điện trường .....	97
5.4 Điện thế đối với trường không đều .....	102
5.5 Hai hoặc ba chiều .....	103
5.6 Điện trường của sự phân bố điện tích liên tục .....	105
Bài tập .....	107

## **Chương 6**

### **Điện từ học**

6.1 Từ trường .....	109
6.2 Tính từ trường và lực từ .....	112
6.3 Cảm ứng điện từ .....	115
6.4 Sóng điện từ .....	120
6.5 Năng lượng của trường .....	123
6.6 Sự đối xứng và khuynh hướng thuận một bên .....	125
Bài tập .....	127

## **Chương A**

### **Điện dung và Độ tự cảm**

A.1 Điện dung và độ tự cảm .....	132
A.2 Mạch dao động .....	135
A.3 Điện thế và dòng điện .....	137
A.4 Sự tắt dần .....	140
A.5 Trở kháng .....	143
Bài tập .....	145



## Chương 1 ĐIỆN VÀ NGUYÊN TỬ

*Nơi kết thúc của kính thiên văn là nơi bắt đầu của kính hiển vi. Trong hai tầm nhìn vĩ mô và vi mô này, cái nào quan trọng hơn ?*

*Victor Hugo*

Cha của ông qua đời khi mẹ ông đang thai nghén. Cậu con trai bị mẹ hắt hủi nên ông bị tống khứ đến một trường nội trú khi mẹ ông tái giá. Bản thân ông chưa hề lấy vợ, nhưng ở tuổi trung niên, ông có quan hệ gần gũi với một người phụ nữ trẻ tuổi hơn nhiều, mối quan hệ đó đã chấm dứt khi ông đột phát chứng thần kinh. Sau những thành công khoa học buổi đầu, ông đã sống phần lớn quãng đời còn lại của mình trong sự thất vọng vì bất lực không giải mã được bí mật của thuật giả kim.

Con người được mô tả ở trên chính là Isaac Newton, nhưng không phải một Newton hoan hỉ trong các sách giáo khoa tiểu sử thông thường. Vậy tại sao ta lại chú ý đến mặt buồn bã của cuộc đời ông ? Đối với các nhà giáo dục khoa học hiện đại, nỗi ám ảnh lâu dài của Newton với thuật giả kim có thể xem là một sự bối rối, một sự xao lãng khỏi thành tựu chủ yếu của ông là sáng lập nền cơ học hiện đại. Tuy nhiên, đối với Newton, việc nghiên cứu thuật giả kim của ông có liên quan tự nhiên với nghiên cứu của ông về lực và chuyển động. Gốc rễ của phép phân tích chuyển động của Newton là tính phổ quát của nó: nó đã thành công trong việc mô tả thế giới trên trời và dưới đất với cùng những phương trình đó, trong khi trước đây người ta vẫn cho rằng mặt trời, mặt trăng, các sao và hành tinh khác biệt về cơ bản so với những vật thể thuộc trái đất. Nhưng Newton nhận thấy rằng nếu như khoa học mô tả được mọi thế giới tự nhiên theo một cách thống nhất, thì nó không đủ khả năng thống nhất quy mô con người với quy mô vũ trụ: ông sẽ không hài lòng cho đến khi nào ông hợp nhất được vũ trụ vi mô vào trong bức tranh đó.

Chúng ta không gì phải ngạc nhiên trước thất bại của Newton. Mặc dù ông là một tín đồ chắc chắn về sự tồn tại của các nguyên tử, nhưng không hề có thêm bằng chứng thực nghiệm nào cho sự tồn tại của chúng kể từ khi những người Hi Lạp cổ đại lần đầu tiên thừa nhận chúng trên cơ sở thuần túy triết học. Thuật giả kim làm việc đóc sục dưới truyền thống bí mật và thần bí. Newton đã chuyển hóa lĩnh vực “triết học tự nhiên” thành cái mà chúng ta công nhận là khoa học vật lí hiện đại, và thật là không công bằng nếu như phê

binh ông đã thất bại trong việc biến thuật giả kim thành ngành hóa học hiện đại. Thời gian lúc đó chưa chín muồi. Kính hiển vi là một phát minh mới, và nó là một khoa học mũi nhọn khi người đương thời của Newton là Hooke khám phá những cơ thể sống cấu tạo nên tế bào.

## 1.1 Cuộc truy tìm lực nguyên tử

*Newton không phải là nhà khoa học đầu tiên. Ông là thầy phù thủy cuối cùng.*

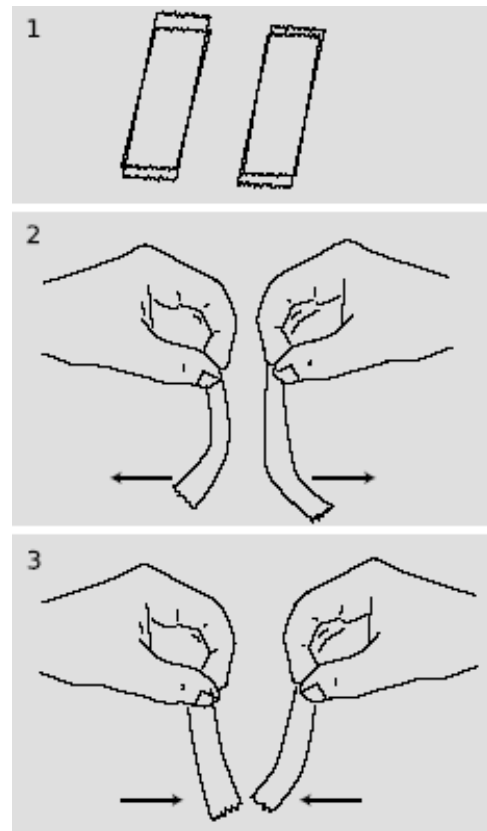
*John Maynard Keynes*

Tuy nhiên, sẽ cần phải nắm bắt được chuỗi tư tưởng của Newton và xét nơi nó đưa chúng ta đến với sự thuận lợi của nhận thức khoa học hiện đại. Trong việc thống nhất quy mô con người và vũ trụ của sự tồn tại, ông đã hình dung lại cả hai sân khấu trên đó các diễn viên (cây cối và nhà cửa, hành tinh và các sao) tương tác qua lực hút và lực đẩy. Ông cũng bị thuyết phục rằng đối tượng ngự trị thế giới vi mô là các nguyên tử, cho nên vấn đề còn lại chỉ là xác định xem chúng tác dụng lên nhau bằng loại lực gì.

Sự sáng suốt tiếp theo của ông cũng không kém nổi bật so với sự bất lực của ông mang nó đến đơm hoa kết trái. Ông nhận thấy nhiều lực ở quy mô con người – như lực ma sát, lực nhót, những lực thông thường giữ các vật chiếm giữ cùng một không gian, và vân vân – đều phải đơn giản là biểu hiện của một loại lực cơ bản hơn tác dụng giữa các nguyên tử. Băng dính vào giấy vì các nguyên tử trong băng hút các nguyên tử trong giấy. Nhà của tôi không đổ sập xuống tâm của trái đất vì các nguyên tử của nó đẩy các nguyên tử bùn đất nằm dưới nó.

Ở đây ông đã bị sa lầy. Thật cảm dỗ khi nghĩ rằng lực nguyên tử là một hình thức của hấp dẫn, loại lực ông biết là phổ quát, cơ bản và đơn giản về mặt toán học. Tuy nhiên, hấp dẫn luôn luôn là lực hút, nên làm sao có thể sử dụng nó để giải thích sự tồn tại lực nguyên tử cả đẩy lẫn hút? Lực hấp dẫn giữa các vật có kích thước bình thường cũng cực kì nhỏ, đó là lí do tại sao chúng ta chưa hề chú ý tới xe cộ và nhà cửa hút chúng ta về mặt hấp dẫn. Thật khó hiểu được làm sao hấp dẫn có thể gây ra bất cứ thứ gì mãnh liệt như nhịp đập của con tim hay sự nổ của thuốc súng. Newton tiếp tục viết lách hàng triệu từ ghi chép thuật giả kim đầy luận cứ về một số lực khác, có lẽ “lực thần thánh” hay “lực sinh dưỡng” là ví dụ lực được mang bởi tinh dịch đến trứng.

Thật may mắn, ngày nay chúng ta có đủ kiến thức để nghiên cứu một mối hoài nghi khác với tư cách là ứng cử viên cho lực nguyên tử: đó là lực điện. Lực điện thường thấy giữa các vật chuẩn bị bằng cách cọ xát (hay những tương tác bề mặt khác), chẳng hạn như quần áo chà xát lên nhau trong máy sấy. Một ví dụ hữu ích được chỉ rõ trong hình a/ 1: dán hai miếng băng lên mặt bàn, và sau đó đặt thêm hai miếng nữa lên trên chúng. Kéo mỗi cặp lên khỏi bàn, và rồi tách chúng ra. Hai miếng phía trên sẽ đẩy nhau, a/2, hai miếng dưới cũng vậy. Tuy nhiên, một miếng phía



Bốn miếng băng được làm cho nhiễm điện, 1. Tùy thuộc vào loại kết hợp chọn để kiểm tra, lực tương tác có thể là lực hút, 2, hoặc lực đẩy, 3.

dưới sẽ hút một miếng phía trên,  $a/3$ . Lực điện như thế này có một số điểm tương tự như lực hấp dẫn, loại lực khác mà chúng ta biết là lực cơ bản:

- Lực điện là phổ biến. Mặc dù một số chất, ví dụ như lông thú, cao su, và chất dẻo, phản ứng với sự nhiễm điện mạnh hơn những chất khác, nhưng mọi vật chất đều tham gia vào lực điện ở một mức độ nào đó. Không có chất nào là chất “phi điện”. Vật chất vốn có tính hấp dẫn lẫn tính điện.
- Thí nghiệm cho thấy lực điện, giống như lực hấp dẫn, là lực tỉ lệ nghịch với bình phương. Nghĩa là, lực điện giữa hai quả cầu tỉ lệ với  $1/r^2$ , trong đó  $r$  là khoảng cách tâm-nối-tâm giữa chúng.

Ngoài ra, lực điện còn có ý nghĩa hơn lực hấp dẫn về phương diện là ứng cử viên cho lực cơ bản giữa các nguyên tử, vì chúng ta đã thấy chúng có thể hút nhau hoặc đẩy nhau.

## 1.2 Điện tích, điện tính và từ tính

### Điện tích

“Điện tích” là thuật ngữ chuyên môn dùng để chỉ cho biết một vật đã được làm nhiễm để tham gia vào tương tác điện. Cần phân biệt với cách sử dụng phổ biến, trong đó thuật ngữ này được sử dụng bừa bãi để chỉ bất cứ tính chất điện nào. Chẳng hạn, mặc dù chúng ta nói một cách thông tục là “điện tích” của pin, nhưng bạn có thể dễ dàng xác minh là pin không hề có điện tích nào về ý nghĩa chuyên môn, tức là nó không tác dụng bất cứ lực điện nào lên một miếng băng đã bị làm cho nhiễm điện như đã mô tả ở phần trước.

### Hai loại điện tích

Chúng ta có thể dễ dàng thu thập hàng loạt dữ liệu về lực điện giữa các chất khác nhau được làm cho tích điện theo những cách khác nhau. Ví dụ, chúng ta lấy lông mèo nhiễm điện bằng cách cọ xát lên lông chó sẽ hút thủy tinh đã chà xát lên lụa. Vậy chúng ta có thể hiểu tất cả những thông tin này như thế nào? Chúng ta có thể thu được một sự đơn giản hóa rất lớn bằng cách lưu ý rằng thực tế chỉ có hai loại điện tích. Giả sử chúng ta chọn lông mèo cọ xát lên lông chó là đại diện của loại A, và thủy tinh cọ lên lụa là đại diện cho loại B. Bây giờ chúng ta sẽ thấy là không có “loại C”. Bất kì vật nào được làm cho nhiễm điện bằng bất cứ phương pháp nào thuộc loại A, hút các vật mà A hút và đẩy các vật mà A đẩy, hoặc là thuộc loại B, có cùng tính chất hút và đẩy như B. Hai loại, A và B, luôn luôn biểu hiện tương tác ngược nhau. Nếu như A biểu hiện lực hút đối với một số vật tích điện, thì B chắc chắn sẽ đẩy nó ra xa, và ngược lại.

### Đơn vị coulomb

Mặc dù chỉ có hai loại điện tích, nhưng mỗi loại có thể biểu hiện lượng điện khác nhau. Đơn vị hệ mét của điện tích là coulomb, được định nghĩa như sau:

Một coulomb (C) là lượng điện tích sao cho một lực  $9,0 \cdot 10^9$  N xuất hiện giữa hai chất điểm có điện tích 1 C nằm cách nhau 1 m.

Kí hiệu cho lượng điện tích là  $q$ . Hệ số trong định nghĩa có nguồn gốc lịch sử, và không phải học thuộc lòng chính xác. Định nghĩa phát biểu cho chất điểm, tức là những vật rất nhỏ, vì nếu không thì những phần khác nhau của chúng sẽ cách nhau những khoảng khác nhau.

### Mô hình hai loại hạt mang điện

Thí nghiệm cho thấy mọi phương pháp cọ xát hoặc bất kì phương pháp nào khác làm tích điện cho vật đều gồm hai vật, và cả hai cuối cùng đều tích điện. Nếu một vật cần một lượng nhất định của một loại điện tích, thì vật kia sẽ có lượng tương đương loại điện



tích kia. Có thể có nhiều cách hiểu khác nhau về điều này, nhưng cách đơn giản nhất là những viên gạch cấu trúc cơ bản của vật chất có hai vị, mỗi vị ứng với một loại điện tích. Việc cọ xát các vật lên nhau làm di chuyển một số hạt này từ vật này sang vật kia. Theo mô hình này, một vật chưa bị làm cho nhiễm điện có thể thật sự có một lượng lớn *cả hai* loại điện tích, nhưng số lượng của chúng bằng nhau và chúng phân bố đều nhau bên trong vật. Vì loại A đẩy bất cứ thứ gì mà loại B hút, và ngược lại, nên vật sẽ tác dụng một lực tổng hợp bằng không lên bất cứ vật nào khác. Phần còn lại của chương này sẽ làm sáng tỏ mô hình này và bàn xem những hạt bí ẩn này có thể được hiểu như thế nào với ý nghĩa là những phần cấu trúc nội của nguyên tử.

## Sử dụng kí hiệu điện tích dương và âm

Vì hai loại điện tích có xu hướng triệt tiêu lực lẫn nhau, nên người ta gán nhãn cho chúng bằng kí hiệu dương và âm, và nói về điện tích *toàn phần* của một vật. Việc gọi điện tích này là dương, điện tích kia là âm, là hoàn toàn độc đoán. Benjamin Franklin quyết định mô tả loại thứ nhất mà chúng ta gọi là “A” là âm, nhưng thật ra không có vấn đề gì nếu như ai ai cũng đều gọi như vậy. Một vật có điện tích toàn phần bằng không (lượng điện tích thuộc hai loại bằng nhau) được gọi là trung hòa điện.

♥ Hãy bình luận phát biểu sau: “Có hai loại điện tích, hút và đẩy”.

## Định luật Coulomb

Một đối tượng lớn của những quan sát thực nghiệm có thể được tóm tắt như sau:

Định luật Coulomb: Cường độ của lực tác dụng giữa hai điện tích điểm cách nhau một khoảng  $r$  cho bởi phương trình

$$|F| = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

trong đó  $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ . Lực là lực hút nếu như các điện tích khác dấu, là lực đẩy nếu như chúng cùng dấu.

Những kĩ thuật hiện đại tài tình cho phép dạng  $1/r^2$  của định luật Coulomb được kiểm tra đến độ chính xác không thể tin nổi, cho thấy số mũ nằm trong khoảng từ 1,9999999999999998 đến 2,0000000000000002.

Lưu ý là định luật Coulomb rất giống với định luật hấp dẫn của Newton, trong đó độ lớn của lực là  $Gm_1m_2/r^2$ , ngoại trừ chỉ có một loại khối lượng, chứ không phải hai, và lực hấp dẫn không bao giờ là lực đẩy. Do sự tương tự gần gũi này giữa hai loại lực, nên chúng ta có thể sử dụng lại rất nhiều hiểu biết của chúng ta về lực hấp dẫn. Chẳng hạn, có một tương đương điện của định lí lớp vỏ: lực điện tác dụng ra bên ngoài bởi một vỏ cầu tích điện đều có độ lớn như thể toàn bộ điện tích tập trung tại tâm của nó, và lực tác dụng vào bên trong là bằng không.

## Bảo toàn điện tích

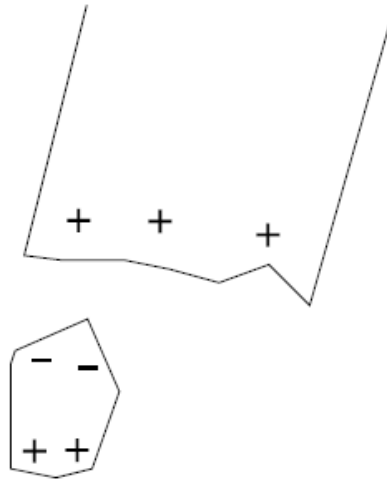
Một lí do còn cơ bản hơn nữa cho việc sử dụng kí hiệu dương và âm cho điện tích là các thí nghiệm cho thấy điện tích được bảo toàn theo định nghĩa này: trong bất kì hệ cô lập nào, tổng lượng điện tích là một hằng số. Đây là lí do vì sao chúng ta thấy việc cọ xát những chất ban đầu không tích điện lên nhau luôn luôn có kết quả là một chất có một lượng nhất định một loại điện tích, còn chất kia cần một lượng tương đương điện tích kia. Bảo toàn điện tích trông có vẻ tự nhiên trong mô hình của chúng ta trong đó vật chất cấu thành từ những hạt dương và âm. Nếu điện tích trên mỗi hạt là một tính chất cố định của loại hạt đó, và nếu chính những hạt đó không thể tự sinh ra hoặc phá hủy, thì bảo toàn điện tích là điều không thể tránh được.

## Lực điện với các vật trung hòa

Như chỉ rõ trong hình b, một vật tích điện có thể hút một vật không tích điện. Làm sao điều này có thể xảy ra? Vấn đề mấu chốt là ở chỗ mặc dù mỗi miếng giấy có tổng điện tích bằng không, nhưng ít nhất nó có một số hạt mang điện bên trong nó có một mức độ tự do chuyển động nào đó. Giả sử miếng băng tích điện dương, c. Các hạt di động trong miếng giấy sẽ phản ứng với lực của miếng băng, làm cho một đầu của miếng giấy trở nên tích điện âm và đầu kia trở nên dương. Lực hút giữa giấy và băng bây giờ mạnh hơn lực đẩy, vì đầu tích điện âm ở gần miếng băng hơn.



b/ Miếng băng tích điện hút các mẫu giấy không tích điện ở gần, làm nhấc bổng chúng lên.



c/ Mẫu giấy có tổng điện tích bằng không, nhưng nó có những hạt tích điện bên trong nó có thể di chuyển được.

♥ Điều gì sẽ xảy ra nếu như miếng băng tích điện âm?

## Lối đi phía trước

Chúng ta bắt đầu làm việc với những hành vi điện phức tạp mà chúng ta chưa bao giờ nhận thấy xuất hiện rành rành ngay trước mắt mình. Không giống như chiếc ròng rọc, cái puli, và mặt phẳng nghiêng của cơ học, các diễn viên trên sân khấu điện và từ học là những hiện tượng không nhìn thấy xa lạ với kinh nghiệm hàng ngày của chúng ta. Vì lý do này nên nửa thứ hai của chương trình vật lý học của bạn khác hoàn toàn, tập trung nhiều hơn vào các thí nghiệm và kỹ thuật. Mặc dù bạn sẽ không bao giờ thật sự nhìn thấy điện tích chuyển động qua một sợi dây, nhưng bạn có thể học cách sử dụng máy đo ampe để đo dòng chuyển động đó.

Sinh viên cũng có xu hướng bị gây ấn tượng từ học kì vật lý đầu tiên của họ rằng nó là môn khoa học chết người. Không phải như thế! Chúng ta đang lần theo vết tích lịch sử dẫn trực tiếp đến nghiên cứu vật lý mũi nhọn mà bạn đọc thấy trên báo chí. Những thí nghiệm nguyên tử xuất sắc bắt đầu vào khoảng năm 1900, mà chúng ta sẽ nghiên cứu trong chương này, không khác gì mấy với những thí nghiệm của năm 2000 – chỉ có điều nhỏ hơn, đơn giản hơn, và rẻ tiền hơn nhiều.

## Lực từ

Nghiên cứu toán học chi tiết của từ học sẽ không xuất hiện mãi cho đến phần cuối của cuốn sách này, nhưng chúng ta cần phát triển một vài khái niệm đơn giản về từ học ngay bây giờ vì lực từ thường được sử dụng trong các thí nghiệm và kỹ thuật mà chúng ta sắp nói tới. Các nam châm thông dụng hàng ngày nói chung có hai loại. Nam châm vĩnh cửu, ví dụ như loại nằm trên tủ lạnh nhà bạn, cấu tạo từ sắt hoặc những chất giống thép có chứa những nguyên tử sắt. (Những chất khác nhất định cũng có từ tính, nhưng sắt rẻ nhất