

**BÀI GIẢNG  
ĐIỆN VÀ NGUYÊN TỬ**



## Chương 1 ĐIỆN VÀ NGUYÊN TỬ

*Nơi kết thúc của kính thiên văn là nơi bắt đầu của kính hiển vi. Trong hai tâm 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 dúc sức 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 lý hiện đại, và thật là không công bằng nếu như phê bình 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

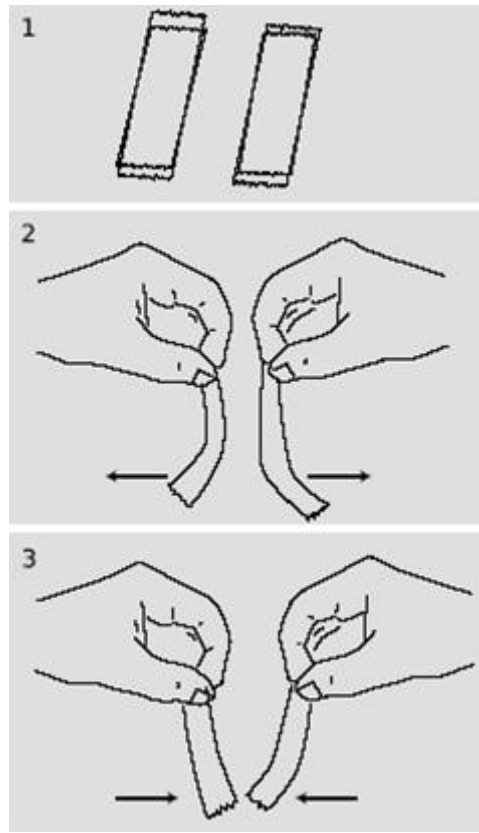
*Newton không phải là nhà khoa học đầu tiên. Ông là thầy phù thủy cuối cùng.*

*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. Bắn darts 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 đây 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.



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.

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 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-nội-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  $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ . 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

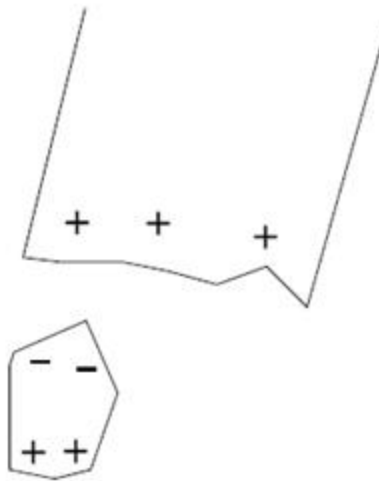
điện tích trên mỗi hạt là một tính chất cố định của loại hạt đó, và nếu chính những hạt đó không thể tự sinh ra hoặc phá hủy, thì bảo toàn điện tích là điều không thể tránh được.

### 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 lí do này nên nửa thứ hai của chương trình vật lí học của bạn khác hoàn toàn, tập trung nhiều hơn vào các thí nghiệm và kĩ 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 lí 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 lí 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 và thông dụng nhất) Loại nam châm kia, ví dụ là loại làm cho loa máy hát của bạn rung động, gồm những cuộn dây có dòng điện chạy trong đó. Cả hai loại nam châm đều có khả năng hút sắt chưa nhiễm từ, chẳng hạn như cánh cửa tủ lạnh.

Một cách xem xét khiến cho những hiện tượng trông có vẻ phức tạp này trở nên dễ hiểu hơn nhiều : đó là lực từ là tương tác giữa các điện tích đang chuyển động, xuất hiện cùng với lực điện. Giả sử một nam châm vĩnh cửu được mang tới gần một nam châm loại cuộn dây. Cuộn dây có các điện tích chuyển động bên trong nó vì chúng ta buộc các điện tích chạy thành dòng. Nam châm vĩnh cửu cũng có các điện tích chuyển động bên trong nó, nhưng trong trường hợp này các điện tích xoáy tròn tự nhiên bên trong sắt. (Cái làm cho một mẫu sắt bị từ hóa khác với một khối gỗ là ở chỗ chuyển động của điện tích bên trong gỗ là ngẫu nhiên chứ không có tổ chức) Các điện tích chuyển động trong cuộn dây nam châm tác dụng một lực lên các điện tích chuyển động trong nam châm vĩnh cửu, và ngược lại.

Cơ sở toán học của từ học phức tạp hơn nhiều so với định luật Coulomb đối với điện học, đó là lý do vì sao chúng ta phải chờ sang chương 6 mới nghiên cứu sâu về chúng. Hai cơ sở đơn giản sẽ được trình bày ngay bây giờ:

- (1) Nếu một hạt mang điện chuyển động trong vùng không gian gần một hạt mang điện khác cũng đang chuyển động, thì lực từ tác dụng lên nó tỉ lệ với vận tốc của nó.
- (2) Lực từ tác dụng lên một hạt mang điện chuyển động luôn luôn vuông góc với hướng hạt chuyển động.

### *Ví dụ 1. La bàn từ*

Trái Đất có nhân nóng chảy bên trong, giống như một bình nước sôi, nó khuấy động và nổi sóng. Để đơn giản hóa, điện tích có thể đi theo những chuyển động khuấy tròn, nên Trái Đất chứa những điện tích chuyển động. Kim nam châm của la bàn từ chính là một nam châm vĩnh cửu nhỏ. Điện tích chuyển động bên trong Trái Đất tương tác từ với điện tích chuyển động bên trong kim la bàn, làm cho kim la bàn xoay tròn và chỉ hướng bắc.

### *Ví dụ 2. Ống phóng điện tử*

Hình ảnh trên tivi được vẽ bằng chùm electron bắn từ phía sau ống phóng ra phía trước. Chùm hạt quét qua toàn bộ mặt ống giống như một người đọc xem lướt qua một trang sách. Lực từ



được sử dụng để lái chùm hạt. Khi chùm hạt đi từ phía sau ra phía trước ống, cần có lực theo hướng trên-dưới, trái- phải để lái chúng. Nhưng không thể sử dụng lực từ để làm tăng tốc chùm hạt, vì chúng chỉ có thể đẩy vuông góc với hướng chuyển động của các electron, chứ không cùng chiều với chúng.

### **Câu hỏi thảo luận**

A. Nếu lực hút điện giữa hai chất điểm nằm cách nhau 1m là  $9 \times 10^9$  N thì tại sao chúng ta không thể suy ra điện tích của chúng là + 1 C và - 1 C ? Chúng ta cần phải có thêm những quan sát gì để chứng minh điều này ?

B. Một miếng băng tích điện sẽ hút dính vào tay bạn. Điều đó có cho phép chúng ta nói rằng các hạt mang điện tự do bên trong tay bạn là dương hay âm, hoặc cả hai, hay không ?

### **1.3 Nguyên tử**

*Tôi đi tới chỗ xem nguyên tử là người bạn xinh đẹp, khó tính, có màu xám hoặc màu đỏ tùy theo cảm nhận.*

*Rutherford*

### **Thuyết nguyên tử**

Người Hi Lạp chịu rất nhiều áp bức trong hai thiên niên kỉ qua: bị người La Mã thống trị, bị ức hiếp trong cuộc thập tự chinh bởi những kẻ thánh chiến đi đến và đến từ Miền đất hứa, và bị người Thổ Nhĩ Kỳ chiếm đóng mãi cho đến gần đây. Không có gì ngạc nhiên khi mà họ thích nhớ tới những ngày tháng lộn xộn đó, vào lúc những nhà tư tưởng lỗi lạc nhất của họ đã tiến rất gần tới các quan niệm như nền dân chủ và thuyết nguyên tử. Hi Lạp trở lại dân chủ sau một giai đoạn độc tài quân sự, và hình nguyên tử được in một cách hãnh diện trên một trong những đồng tiền của họ. Đó là lí do vì sao khiến tôi xúc động phải nói rằng giả thuyết Hi Lạp cổ đại rằng vật chất cấu thành từ các nguyên tử là một công trình dự đoán thuần túy. Không có bằng chứng thực nghiệm thực tế nào cho các nguyên tử, và sự hồi sinh khái niệm nguyên tử vào thế kỉ thứ 18 bởi Dalton có ít tính chất Hi Lạp hơn tên gọi, có nghĩa là “không thể chia tách”. Thậm chí tiếng tăm Hi Lạp còn bị sút mẻ nhiều khi tên gọi đó được chỉ rõ là không thích hợp vào năm 1899, lúc nhà vật lí J.J. Thomson chứng minh bằng thực nghiệm cho thấy các nguyên tử có những thứ còn nhỏ hơn nữa bên trong chúng, tức là chúng có thể chia tách ra được (Thomson gọi chúng là “electron”). Sau cùng thì “không thể phân tách” là có thể phân tách được.

Nhưng hãy tiếp tục câu chuyện của chúng ta. Điều gì đã xảy ra với khái niệm nguyên tử trong hai ngàn năm ở giữa ? Những người có học thức tiếp tục bàn luận ý tưởng đó, và những người yêu thích nó có thể thường sử dụng nó để mang lại những lời giải thích hợp lí cho nhiều sự việc và hiện tượng khác nhau. Một thực tế được giải thích dễ dàng là sự bảo toàn khối lượng. Ví dụ, nếu bạn trộn 1 kg nước với 1 kg bụi đất, bạn sẽ có chính xác 2 kg bùn, không hơn không kém. Điều tương tự đúng cho nhiều quá trình như sự đông đặc của nước, lên men bia, hoặc nghiền sa thạch. Nếu bạn tin vào các nguyên tử, thì sự bảo toàn khối lượng mang lại sự cảm nhận đầy đủ, vì tất cả những quá trình này có thể xem là sự trộn lẫn hoặc bố trí lại các nguyên tử, chứ không

làm thay đổi tổng số nguyên tử. Tuy nhiên, đây vẫn chẳng phải là bằng chứng cho thấy nguyên tử tồn tại.

Nếu các nguyên tử thật sự tồn tại, thì có những loại nguyên tử gì, và cái gì phân biệt rõ những loại khác nhau đó? Chúng có kích thước, hình dạng, trọng lượng và một số đại lượng khác không? Hồ ngấn cách giữa thuyết nguyên tử cổ đại và hiện đại trở nên hiển hiện khi chúng ta xét đến những nghiên cứu sơ khai đã có về vấn đề này cho đến thế kỉ hiện nay. Những người cổ đại quyết định có bốn loại nguyên tử, đất, nước, không khí và lửa; quan điểm phổ biến nhất cho rằng chúng phân biệt nhau ở hình dạng của chúng. Các nguyên tử nước có hình cầu, nên nước có khả năng chảy một cách êm đềm. Các nguyên tử lửa có những điểm sắc nhọn, đó là lí do vì sao lửa làm đau khi nó chạm vào da một người nào đó (Không có khái niệm nhiệt độ mãi cho đến hai ngàn năm sau này). Cách hiểu hiện đại khác một cách cơ bản về cấu trúc của nguyên tử thu được trong giai đoạn cách mạng 10 năm từ 1895 đến 1905. Mục tiêu chính của chương này là mô tả những thí nghiệm trọng yếu đó.

### **Bạn có bao giờ nghe nói tới thuyết nguyên tử chưa ?**

“Bạn là thứ bạn ăn”. Câu nói hiện đại lém lỉnh đó ít nhiều mang cách hiểu nguyên tử về sự tiêu hóa. Xét cho cùng thì sự tiêu hóa là một bí ẩn thú vị vào thời cổ đại, và các nền văn hóa tiền hiện đại thường tin rằng sự ăn cho phép bạn giải phóng một số dạng “lực sự sống” khỏi thực phẩm. Chuyện thần thoại đầy dẫy những năng lực trừu tượng như sự can đảm hoặc sự ô uế lễ nghi có thể đi vào cơ thể bạn thông qua thực phẩm mà bạn ăn. Trái với những quan điểm siêu nhiên này, những nhà nguyên tử luận cổ đại có một cách hiểu hoàn toàn mang tính tự nhiên về sự tiêu hóa. Thức ăn cấu tạo từ các nguyên tử, và khi bạn tiêu hóa nó, bạn đã đơn giản là phóng thích một số nguyên tử ra khỏi nó và sắp xếp chúng vào những hợp chất cần thiết cho các mô cơ thể của bạn. Các nhà [khoa học](#) xa xưa tiến bộ hơn và các nhà [khoa học](#) thời phục hưng yêu thích loại giải thích này. Họ nóng lòng coi trối cho mối ràng buộc lên trung tâm của nền vật lí Aristotle (và phiên bản thân nhà thờ, thêm mắm dặm muối của nó, tức triết học kinh viện), theo quan điểm của họ nền vật lí đó có quá nhiều tính chất huyền bí và “mục tiêu” cho các vật. Ví dụ, trường phái Aristotle giải thích nguyên nhân hòn đá rơi trở lại đất là vì đó là “bản chất” hay “mục tiêu” của nó phải đến nằm nghỉ trên mặt đất.

Tuy nhiên, nỗ lực có vẻ ngây thơ nhằm giải thích sự tiêu hóa một cách tự nhiên cuối cùng khiến các nhà nguyên tử luận gặp rắc rối to với Giáo hội. Vấn đề là ở chỗ thánh lễ quan trọng nhất của nhà thờ gồm ăn bánh mì và rượu và nhờ đó mà nhận được tác động siêu nhiên của sự tha thứ cho tội lỗi. Đề cập đến nghi lễ này, học thuyết hóa thể khẳng định rằng phúc lành của bánh mì và rượu thánh thể đúng là chuyển hóa thành máu và thịt của Chúa. Thuyết nguyên tử được nhận thức là mâu thuẫn với thuyết hóa thể, vì thuyết nguyên tử phủ nhận phúc lành có thể làm thay đổi bản chất của các nguyên tử. Mặc dù thông tin lịch sử cung cấp trong đa số sách giáo khoa khoa học nói về [galileo](#) miêu tả sự bất đồng của ông với Tòa án dị giáo là khơi mào cuộc tranh luận xem Trái Đất có chuyển động hay không, nhưng một số nhà sử học tin rằng sự bị trừng phạt của ông có nhiều thứ để tìm hiểu hơn là sự biện hộ của ông cho thuyết nguyên tử làm lật đổ thuyết hóa thể. (Những vấn đề khác ở trong trạng thái phức tạp là phong cách đối đầu của [galileo](#), vấn đề vũ trang của Tòa thánh, và tin đồn cho rằng nhân vật xuất hiện trong tác phẩm của Galileo là ám chỉ đức giáo hoàng) Trong một thời gian dài, niềm tin vào thuyết nguyên tử đóng vai trò là biểu hiện của sự không theo lễ thói đối với các nhà khoa học, một cách khẳng định sở thích hiểu