

LƯƠNG DUYÊN BÌNH
DƯ TRÍ CÔNG - NGUYỄN HỮU HỒ

VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHỐI KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

TẬP HAI

ĐIỆN
ĐẠO ĐỘNG
SÓNG



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

LƯƠNG DUYÊN BÌNH (Chủ biên)
DƯ TRÍ CÔNG - NGUYỄN HỮU HỒ

VẬT LÝ

ĐẠI CƯƠNG

(DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHỐI KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP)

Tập hai

ĐIỆN - DAO ĐỘNG - SÓNG

(Tái bản lần thứ hai mươi mốt)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Chương 1

TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

§1. NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

Trước hết ta nhắc lại một số khái niệm đã được học ở chương trình trung học.

1. Như chúng ta đều biết, một số vật khi đem cọ xát vào len, dạ, lụa, lông thú... sẽ có khả năng hút được các vật nhẹ. Ta nói những vật này đã bị *nhiễm điện* hay trên vật đã có *điện tích*.

Thực nghiệm đã xác nhận, trong tự nhiên chỉ có hai loại điện tích : điện tích dương và điện tích âm. Theo quy ước, điện tích dương là loại điện tích giống điện tích xuất hiện trên thanh thuỷ tinh sau khi cọ xát nó vào lụa ; còn điện tích âm – giống điện tích xuất hiện trên thanh êbônít sau khi cọ xát nó vào dạ.

Thực nghiệm cũng chứng tỏ điện tích trên một vật bất kì có cấu tạo gián đoạn. Nó luôn luôn bằng một số nguyên lần điện tích nguyên tố. *Điện tích nguyên tố là điện tích nhỏ nhất đã được biết trong tự nhiên, có độ lớn bằng $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ culông (viết tắt là e)*.* Trong số những hạt mang một điện tích nguyên tố có prôtôn và êlectrôn. Prôtôn mang điện tích nguyên tố dương $+e$, có khối lượng $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg. Êlectrôn mang điện tích nguyên tố âm $-e$, có khối lượng bằng $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg

(*) Hiện nay người ta đã biết điện tích của các hạt quark bằng $\pm \frac{1}{3}e$, $\pm \frac{2}{3}e$.

2. Prôtôn và êlectrôn đều có trong thành phần cấu tạo nguyên tử của mọi chất. Prôtôn nằm trong hạt nhân nguyên tử, còn các êlectrôn chuyển động xung quanh hạt nhân đó.

Ở trạng thái *bình thường*, số prôtôn và êlectrôn trong một nguyên tử luôn luôn bằng nhau (bằng số thứ tự Z của nguyên tố đang xét trong bảng tuần hoàn Mendênlêep) do đó, tổng đại số các điện tích trong một nguyên tử bằng không, khi đó ta nói nguyên tử *trung hoà điện*.

Nếu vì lí do nào đó, nguyên tử *mất đi* một hoặc nhiều êlectrôn, nó sẽ trở thành một phần tử mang điện tích dương, khi đó nguyên tử được gọi là *ion dương*.

Ngược lại, nếu nguyên tử *nhận thêm* êlectrôn (hay thừa êlectrôn so với trạng thái bình thường), nó sẽ trở thành một phần tử mang điện tích âm, khi đó nguyên tử được gọi là *ion âm*.

Như vậy, vật mang điện tích dương hay âm là do vật đó đã mất đi hoặc nhận thêm một số êlectrôn nào đó so với lúc vật không mang điện. Nếu gọi n là số êlectrôn đó thì độ lớn của điện tích trên vật sẽ bằng $q = n.e$, với e là độ lớn của điện tích nguyên tố.

3. Thuyết dựa vào sự chuyển dời của êlectrôn để giải thích các hiện tượng điện được gọi là *thuyết êlectrôn*. Theo thuyết này, quá trình nhiễm điện của thanh thuỷ tinh khi sát vào lụa chính là quá trình êlectrôn chuyển dời từ thuỷ tinh sang lụa. Như vậy thuỷ tinh mất êlectrôn, do đó mang điện dương ; ngược lại lụa nhận thêm êlectrôn từ thuỷ tinh chuyển sang, nên lụa mang điện âm ; độ lớn của điện tích trên hai vật luôn luôn bằng nhau, nếu trước đó cả hai vật đều chưa mang điện.

Qua nhận xét trên đây và nhiều sự kiện thực nghiệm khác, người ta nhận thấy :

"Các điện tích không tự sinh ra mà cũng không tự mất đi, chúng chỉ có thể truyền từ vật này sang vật khác hoặc dịch chuyển bên trong một vật mà thôi".

Nói một cách khác : "*Tổng đại số các điện tích trong một hệ cô lập là không đổi*".

Đó chính là nội dung của *định luật bảo toàn điện tích*, một trong những định luật cơ bản của Vật lí.

4. Theo tính chất dẫn điện, người ta phân biệt hai loại vật : vật dẫn và điện môi. *Vật dẫn* là vật để cho điện tích chuyển động tự do trong toàn bộ thể tích của vật, do đó trạng thái nhiễm điện được truyền đi trên vật. *Điện môi* không có tính chất trên, mà điện tích xuất hiện ở đâu sẽ định xứ ở đấy. Kim loại, các dung dịch axit, muối, bazơ, các muối nóng chảy v.v... là các vật dẫn. Thuỷ tinh, êbonit, cao su, dầu, nước nguyên chất v.v... là các điện môi.

Nói chung sự phân chia ra vật dẫn và điện môi chỉ có tính chất quy ước. Thực vật, trong những điều kiện nhất định, vật nào cũng có thể dẫn điện được, chúng chỉ khác nhau ở chỗ dẫn điện tốt hay không tốt (xấu). Thí dụ thuỷ tinh ở nhiệt độ bình thường không dẫn điện, nhưng ở nhiệt độ cao lại trở thành chất dẫn điện.

Ngoài ra còn có một nhóm chất có tính chất dẫn điện trung gian giữa vật dẫn và điện môi. Đó là các *chất bán dẫn điện*.

Trong chương này chúng ta chỉ nghiên cứu tương tác và tính chất của *các điện tích đứng yên* (so với hệ quy chiếu dùng để nghiên cứu điện tích đó).

§2. ĐỊNH LUẬT CU LÔNG

Thực nghiệm chứng tỏ các điện tích luôn luôn tương tác với nhau : *các điện tích cùng dấu đẩy nhau, các điện tích khác dấu hút nhau*. Tương tác giữa các điện tích đứng yên được gọi là *tương tác tĩnh điện* (hay *tương tác Culông*).

Năm 1975, Culông đã thiết lập được định luật thực nghiệm, cho ta xác định lực tương tác giữa hai điện tích điểm. Theo định nghĩa, điện tích điểm là một vật mang điện có kích thước nhỏ không đáng kể so với khoảng cách từ điện tích đó tới những điểm hoặc những vật mang điện tích khác mà ta đang khảo sát. Như vậy khái niệm điện tích điểm chỉ có tính chất tương đối, tương tự như khái niệm chất điểm trong cơ học.

1. Định luật Culông trong chân không

Giả sử có hai điện tích điểm q_1, q_2 đặt trong chân không và cách nhau một khoảng r . Định luật Culông được phát biểu như sau :

"Lực tương tác tĩnh điện giữa hai điện tích điểm có phương nằm trên đường thẳng nối hai điện tích, có chiều như hình 1-1a (hai điện tích cùng dấu đẩy nhau) và hình 1-1b (hai điện tích khác dấu hút nhau), có độ lớn tỉ lệ thuận với tích số độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai điện tích đó".

Ta có thể biểu diễn định luật Culông dưới dạng vector.

Gọi q_1 và q_2 là các giá trị đại số của hai điện tích, $\vec{F}_{10}$ là lực tác dụng của điện tích q_2 lên điện tích q_1 , $\vec{F}_{20}$ là lực tác dụng của điện tích q_1 lên điện tích q_2 , $\vec{r}_{12}$ là bán kính vector hướng từ điện tích q_1 tới điện tích q_2 , $\vec{r}_{21}$ là bán kính vector hướng từ điện tích q_2 tới điện tích q_1 , ta có :

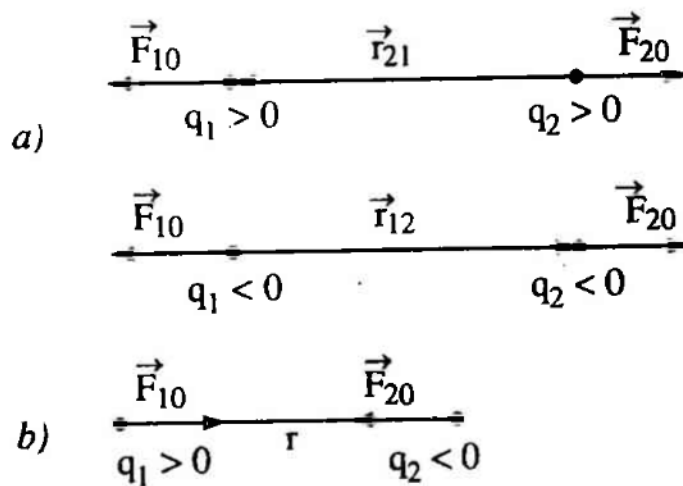
$$\vec{F}_{10} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r}, \quad (1-1)$$

$$\vec{F}_{20} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r}, \quad (1-2)$$

trong đó : $r_{21} = r_{12} = r$ và k là một hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào hệ đơn vị ($k > 0$).

Từ các công thức (1-1) và (1-2) ta thấy : Nếu tích số $q_1 \cdot q_2 > 0$ (hai điện tích cùng dấu), thì $\vec{F}_{10}$ cùng phương chiều với $\vec{r}_{21}$, $\vec{F}_{20}$ cùng phương chiều với $\vec{r}_{12}$.

• Nếu tích số $q_1 \cdot q_2 < 0$ (hai điện tích khác dấu) thì $\vec{F}_{10}$ cùng phương nhưng ngược chiều với $\vec{r}_{21}$, còn $\vec{F}_{20}$ cùng phương nhưng ngược chiều với $\vec{r}_{12}$ (h. 1-1).



Hình 1-1. Lực tương tác giữa hai điện tích điểm.

Độ lớn của hai lực $\vec{F}_{10}$ và $\vec{F}_{20}$ bằng nhau và bằng :

$$F_{10} = F_{20} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (1-3)$$

Như vậy các biểu thức (1-1) và (1-2) đã nêu lên đầy đủ nội dung của định luật Culông trong chân không.

Trong hệ đơn vị SI, điện tích được đo bằng đơn vị culông, kí hiệu là C ; hệ số tỉ lệ k trong các công thức (1-1), (1-2), (1-3) bằng :

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2},$$

với $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{12} \text{ C}^2 / \text{N.m}^2$ gọi là *hằng số điện*.

Các biểu thức (1-1), (1-2), (1-3) trở thành :

$$\vec{F}_{10} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r}, \quad (1-4)$$

$$\vec{F}_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r}, \quad (1-5)$$

$$F_{10} = F_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (1-6)$$

Thừa số $\frac{1}{4\pi}$ trong các công thức (1-4), (1-5) và (1-6) biểu thị tính chất đối xứng cầu của tương tác Culông (hay tính hợp lí hoá của hệ đơn vị SI).

2. Định luật Culông trong các môi trường

Thực nghiệm chứng tỏ lực tương tác giữa các điện tích đặt trong môi trường giảm đi ϵ lần so với lực tương tác giữa chúng trong chân không.

Theo kết quả trên đây, biểu thức vector của định luật Culông trong môi trường sẽ có dạng :

$$\vec{F}_{10} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon \cdot r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r}, \quad (1-7)$$

$$\vec{F}_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon \cdot r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r}, \quad (1-8)$$

và

$$F_{10} = F_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2}, \quad (1-9)$$