



# ĐIỆN TRƯỜNG

Chương 3

Bài

11

## ĐỊNH LUẬT COULOMB VỀ TƯƠNG TÁC TĨNH ĐIỆN

Định luật Coulomb về lực tương tác giữa hai điện tích điểm, đơn vị đo điện tích.



Vào những ngày thời tiết lạnh, đặc biệt là vào mùa đông, ta thường hay gặp một số hiện tượng như: bị điện giật khi chạm tay vào nắm cửa kim loại (Hình 11.1) hay nghe tiếng lách tách khi thay quần áo. Vậy nguyên nhân của hiện tượng này là gì?



▲ Hình 11.1. Hiện tượng bị điện giật khi chạm tay vào nắm cửa kim loại

### 1 SỰ TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC ĐIỆN TÍCH

#### Hai loại điện tích

Một vật bị nhiễm điện có khả năng hút các vật nhẹ khác thì được gọi là vật tích điện.



Có 2 loại điện tích: điện tích dương và điện tích âm. Các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, trái dấu thì hút nhau. Đơn vị đo điện tích là culông (C).

**Lưu ý:** Vật tích điện có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách tới vị trí mà ta xét có thể được xem là một điện tích điểm.

Trong mỗi vật luôn chứa cả hai loại điện tích dương và âm. Một vật nhiễm điện dương hoặc âm khi vật chứa lượng điện tích dương nhiều hơn lượng điện tích âm hoặc ngược lại. Khi số điện tích dương bằng số điện tích âm, hay tổng điện tích bằng 0 thì vật trung hoà về điện.

Điện tích nguyên tố có giá trị bằng độ lớn điện tích của một hạt mang điện tồn tại độc lập trong tự nhiên và có giá trị:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Electron là hạt tích điện âm và có độ lớn điện tích bằng điện tích nguyên tố.

Tất cả các vật tích điện đều có độ lớn điện tích  $Q$  luôn là một bội số của điện tích nguyên tố:

$$Q = ne$$

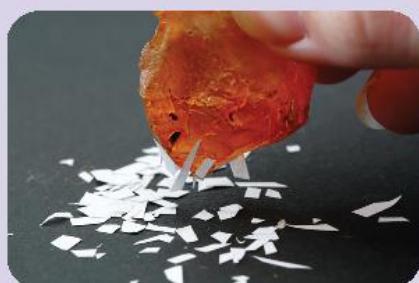
với  $n$  là số tự nhiên.



- Xét quả cầu kim loại nhỏ có điện tích  $-3,2 \cdot 10^{-7}$  C. Quả cầu này thừa hay thiếu bao nhiêu electron?



Một số hiện tượng nhiễm điện đã được biết đến từ thời cổ đại. Khoảng thế kỉ VI trước Công nguyên, Thales (Ta-lết) (khoảng 624 – 546 TCN) đã quan sát và mô tả hiện tượng nhiễm điện thông qua khả năng hút các vật nhỏ, nhẹ của các mảnh hổ phách khi được cọ xát (Hình 11.2). Vào thế kỉ XVIII, các nhà vật lí đã nghiên cứu các hiện tượng điện một cách có hệ thống và thu được một số kết quả như: vào năm 1729, Stephen Gray (Xte-phần Gờ-ray) (1666 – 1736) đã phát hiện ra tính dẫn điện của vật; vào năm 1733, Charles François de Cisternay du Fay (Sác-lơ Phờ-răng-xoa đờ Xít-tờ-nay du Phay) (1698 – 1739) đã khám phá ra sự tồn tại của hai loại điện tích: điện tích âm và điện tích dương; vào khoảng năm 1752, Benjamin Franklin (Ben-gia-min Phờ-ranh-lin) (1706 – 1790) đã đề xuất cách thức chế tạo cột thu lôi.

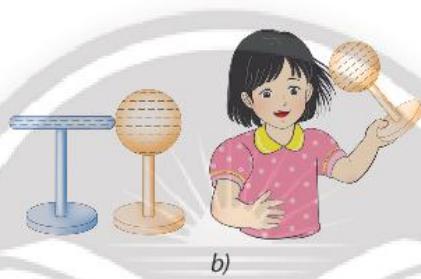


▲ Hình 11.2. Hổ phách nhiễm điện hút các mảnh giấy nhỏ

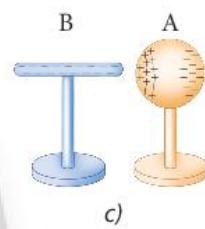
### ► Sự nhiễm điện của các vật



a)



b)



c)

▲ Hình 11.3. Minh họa ba cách nhiễm điện cho vật: a) nhiễm điện do cọ xát; b) nhiễm điện do tiếp xúc; c) nhiễm điện do hướng ứng

Nhiễm điện do cọ xát: là sự nhiễm điện khi các vật khác bẩn chát, trung hoà về điện được cọ xát với nhau. Khi đó, hai vật sẽ nhiễm điện trái dấu. Ví dụ: Khi ta cọ xát lược nhựa với tóc (điện mồi), lược nhựa sẽ bị nhiễm điện âm và hút các mảnh giấy vụn (điện mồi) (Hình 11.3a).

Nhiễm điện do tiếp xúc: là sự nhiễm điện khi một vật trung hoà về điện đặt tiếp xúc với một vật nhiễm điện. Khi đó, hai vật sẽ nhiễm điện cùng dấu. Ví dụ: Quả cầu trung hoà điện (vật dẫn điện), sau khi đặt tiếp xúc với thanh nhiễm điện âm (vật dẫn điện) sẽ trở nên nhiễm điện âm và hút được tóc (Hình 11.3b).

Nhiễm điện do hướng ứng: là sự nhiễm điện khi một vật A (vật dẫn điện) trung hoà về điện đặt gần (không tiếp xúc) với một vật B nhiễm điện. Khi đó, hai đầu vật A, gần và xa vật B, lần lượt nhiễm điện trái dấu và cùng dấu với vật B. Khi đưa vật A ra xa vật B, vật A trở về trạng thái trung hoà như lúc đầu (Hình 11.3c).



2. Sử dụng một số dụng cụ đơn giản như: vải khô, thước nhựa, mảnh lụa, miếng thuỷ tinh, vụn giấy nhỏ, lược nhựa, quả bóng bay, vỏ lon,... em hãy thực hiện thí nghiệm:

- Làm nhiễm điện cho các vật.
- Vẽ tương tác giữa các vật nhiễm điện.



### Thuyết electron

Thuyết electron được dùng để giải thích các hiện tượng về điện dựa trên sự cư trú và di chuyển của các electron. Theo thuyết electron thì:

- Nguyên tử có cấu tạo gồm hạt nhân và các electron chuyển động xung quanh hạt nhân. Hạt nhân nguyên tử mang điện tích dương và chiếm hầu hết khối lượng nguyên tử. Bình thường, nguyên tử trung hoà về điện.
- Do khối lượng electron rất nhỏ so với khối lượng hạt nhân nguyên tử nên chúng rất linh động. Dưới một tác nhân nào đó (ví dụ: cọ xát, tiếp xúc,...) electron có thể bứt ra khỏi nguyên tử và di chuyển từ vật này sang vật khác.



Giải thích hiện tượng bị điện giật trong các trường hợp:

- a) Khi chạm tay vào nắm cửa kim loại trong thời tiết hanh khô (Hình 11.1).
- b) Khi chạm tay vào vỏ kim loại của máy tính đang hoạt động.



Ngày nay, công nghệ sơn tĩnh điện (Hình 11.4) được sử dụng rất phổ biến với các ưu điểm vượt trội so với công nghệ sơn thường. Từ các nguồn tư liệu sách, báo, internet,... em hãy viết một bài giới thiệu ngắn về công nghệ sơn tĩnh điện.



▲ Hình 11.4. Công nhân đang sơn vật bằng công nghệ sơn tĩnh điện



### 2 ĐỊNH LUẬT COULOMB

Để khảo sát định lượng tương tác giữa các vật tích điện, từ năm 1785 đến năm 1787, Charles Augustin Coulomb (Sác-lơ Âu-gört-tin Cu-lông) (1736 – 1806) đã tiến hành các đo đạc thực nghiệm về tương tác tĩnh điện giữa hai quả cầu tích điện có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng. Dựa vào kết quả tổng hợp từ những thí nghiệm của mình, Coulomb đã nêu lên định luật mô tả sự tương tác hai điện tích điểm như sau:





Lực tương tác tĩnh điện giữa hai điện tích điểm đặt trong chân không có phương trùng với đường thẳng nối hai điện tích điểm đó (Hình 11.5), có độ lớn tỉ lệ thuận với tích độ lớn của các điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (11.1)$$

Trong đó  $k$  là hằng số phụ thuộc vào cách chọn đơn vị của các đại lượng;  $q_1, q_2$  là các giá trị đại số của hai điện tích. Trong hệ đơn vị SI,  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ , với  $\epsilon_0 = 8,8610^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$  là hằng số điện.

**Lưu ý:** Khi đặt hai điện tích vào một môi trường điện môi đồng chất, lực tương tác tĩnh điện sẽ giảm  $\epsilon$  lần so với khi chúng được đặt trong chân không;

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2} \quad (11.2)$$

với  $\epsilon$  là hằng số điện môi, chỉ phụ thuộc vào bản chất của môi trường. Bảng 11.1 cho biết giá trị của  $\epsilon$  trong một số chất.

**Bảng 11.1. Hằng số điện môi của một số chất**

| Chất             | Hằng số điện môi |
|------------------|------------------|
| Chân không       | 1                |
| Không khí        | 1,00059          |
| Nước nguyên chất | 81               |
| Thuỷ tinh        | 5 – 10           |

**Ví dụ:** Tính độ lớn lực tương tác tĩnh điện giữa electron và proton trong hạt nhân nguyên tử hydrogen. Biết khoảng cách giữa electron – hạt nhân là  $r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  và môi trường giữa chúng là chân không. Electron và proton lần lượt tích điện âm và dương với cùng độ lớn của điện tích nguyên tố.

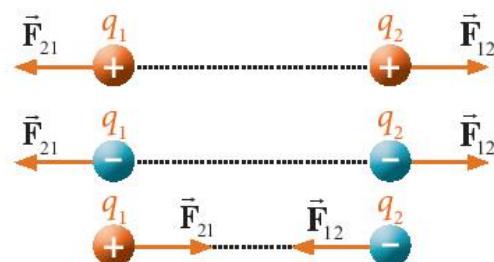
### Bài giải

Điện tích electron:  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Điện tích hạt nhân:  $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Lực tương tác tĩnh điện giữa electron và hạt nhân trong nguyên tử hydrogen là lực hút và có độ lớn:

$$F = k \frac{|q_e q_p|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{|(-1,6 \cdot 10^{-19}).(1,6 \cdot 10^{-19})|}{(5,3 \cdot 10^{-11})^2} = 8,2 \cdot 10^{-8} \text{ N.}$$



**Hình 11.5. Phương và chiều của lực tương tác tĩnh điện giữa hai điện tích điểm**



3. Các cặp lực  $\vec{F}_{12}$  và  $\vec{F}_{21}$  trong Hình 11.5 có phải là các cặp lực cân bằng không? Vì sao?
4. Một mẫu sắt nhỏ 6 g có thể chứa khoảng  $10^{24}$  electron. Vậy vì sao các electron này không bay ra khỏi mẫu sắt, mặc dù giữa chúng luôn tồn tại lực đẩy?



Xét điện tích  $q$  chịu tác dụng bởi lực tĩnh điện của  $n$  điện tích điểm, lực tổng hợp tác dụng lên điện tích  $q$  được xác định:

$$\vec{F}_q = \vec{F}_{1q} + \vec{F}_{2q} + \dots + \vec{F}_{nq} \quad (11.3)$$

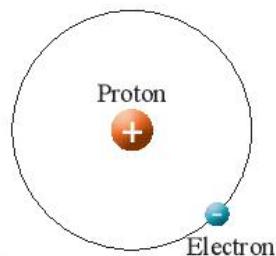


5. Hai vật nhỏ tích điện cùng dấu, ban đầu được giữ ở vị trí rất gần nhau. Dựa vào công thức (11.1), em hãy mô tả đặc điểm chuyển động của hai vật ngay thời điểm khi chúng được thả tự do. Giả sử hai vật chỉ chịu tác dụng của lực tương tác tĩnh điện giữa chúng.



Theo mô hình nguyên tử của nhà vật lí Ernest Rutherford (O-nít Rơ-dơ-pho) (1871 – 1937), nguyên tử gồm hạt nhân (tập trung hầu hết khối lượng của nguyên tử và có kích thước rất nhỏ so với bán kính nguyên tử) mang điện tích dương và các electron mang điện tích âm chuyển động trên các quỹ đạo tròn xung quanh hạt nhân.

Xét mô hình nguyên tử Rutherford cho nguyên tử hydrogen (Hình 11.6), em hãy cho biết lực giữ cho electron chuyển động tròn quanh hạt nhân là lực gì? Xác định phương, chiều của lực đó.



▲ Hình 11.6. Mô hình nguyên tử Rutherford cho nguyên tử hydrogen



Tại 3 điểm A, B, C cố định trong chân không lần lượt đặt 3 điện tích điểm có giá trị lần lượt là  $q_1 = 6.10^{-6}$  C,  $q_2 = -6.10^{-6}$  C và  $q_3 = 3.10^{-6}$  C. Biết  $AB = 3$  cm,  $AC = 4$  cm và  $BC = 5$  cm. Tính lực tác dụng lên điện tích điểm đặt tại C.

## BÀI TẬP

# Chân trời sáng tạo

- Sau khi cọ xát thanh thuỷ tinh (trung hoà về điện) với mảnh lụa, thanh thuỷ tinh tích điện dương và có giá trị 13 nC. Hãy giải thích quá trình tích điện cho thanh thuỷ tinh và xác định số electron đã bị bứt ra khỏi thanh thuỷ tinh.
- Một phân tử DNA bao gồm hai nhánh xoắn kép được liên kết với nhau có chiều dài  $0,459.10^{-6}$  m. Phần đuôi của phân tử có thể bị ion hoá mang điện tích âm  $q_1 = -1,6.10^{-19}$  C, đầu còn lại mang điện tích dương  $q_2 = 1,6.10^{-19}$  C. Phân tử xoắn ốc này hoạt động như một lò xo và bị nén 1% sau khi bị tích điện. Xác định "độ cứng k" của phân tử. Biết phân tử DNA trong nhân tế bào và môi trường xung quanh là nước; hằng số điện môi của nước là 81.
- Hai quả cầu A, B có kích thước nhỏ được đặt cách nhau một khoảng 12 cm trong chân không. Biết quả cầu A có điện tích  $-3,2.10^{-7}$  C và quả cầu B có điện tích  $2,4.10^{-7}$  C.
  - Tính lực tương tác giữa hai quả cầu.
  - Cho hai quả cầu tiếp xúc với nhau, sau đó đặt cách nhau một khoảng như lúc đầu. Biết rằng, sau khi tiếp xúc, hai quả cầu có điện tích bằng nhau. Tính lực tương tác giữa hai quả cầu lúc này.



## Bài 12 ➤ ĐIỆN TRƯỜNG

- Khái niệm điện trường.
- Cường độ điện trường do điện tích điểm gây ra tại một điểm.
- Điện phô.



Khi một vật nhiễm điện được đặt gần một vật nhiễm điện khác, ta thấy hai vật có thể hút hoặc đẩy nhau, nghĩa là giữa chúng có sự tương tác mặc dù không có sự tiếp xúc. Vậy, hai vật này tương tác với nhau bằng cách nào?

### 1 CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG

#### Khái niệm điện trường

Khi đặt một điện tích điểm  $q_1$  cố định tại một vị trí xác định trong không gian, sau đó đưa một điện tích điểm  $q_2$  lại gần, ta thấy hai điện tích điểm này tương tác với nhau. Ta đã biết sự tương tác này được mô tả bởi định luật Coulomb.

Dạng vật chất bao quanh các điện tích được gọi là **điện trường**. Điện trường tác dụng lực điện lên các điện tích khác đặt trong nó. Tốc độ lan truyền tương tác giữa các điện tích trong điện trường có giá trị hữu hạn. Trong chân không, tốc độ này là  $3 \cdot 10^8$  m/s, bằng tốc độ ánh sáng.



Trong tự nhiên, một số loài vật như cá mập, ong vò vẽ (Hình 12.1) có thể cảm nhận được điện trường. Điện trường do một số con mồi hoặc kẻ địch tạo ra khi bơi qua được cá mập ghi nhận thông qua những tế bào trên đầu, từ đó giúp nó phát hiện ra con mồi. Tính chất này dùng để săn mồi và phát hiện nguy hiểm. Trong khi đó, sự chuyển động liên tục của ong vò vẽ làm nó bị tích điện và tự tạo ra xung quanh mình một điện trường. Khi đậu trên bông hoa, chúng truyền cho hoa một phần điện tích. Từ đó, ong vò vẽ dùng râu của mình để nhận biết điện trường do bông hoa gây ra. Tính chất đặc biệt đó giúp nó tìm được mật hoa và phân biệt được hoa tươi với hoa đã hết mật.



a)



b)

▲ Hình 12.1. a) Cá mập; b) Ong vò vẽ



Điện trường là dạng vật chất bao quanh điện tích và truyền tương tác giữa các điện tích. Tính chất cơ bản của điện trường là tác dụng lực điện lên các điện tích khác đặt trong nó.



- Làm thế nào để biết trong một vùng không gian nào đó có sự xuất hiện của điện trường?

**Lưu ý:** Trong chương này, ta chỉ xét điện trường của các điện tích đứng yên đối với nhau, tức là **điện trường tĩnh**, được gọi tắt là điện trường.

### Cường độ điện trường

Xét một điện tích điểm  $Q$  đặt tại một vị trí xác định trong không gian. Lần lượt đưa các điện tích thử là những vật nhỏ tích điện dương, có độ lớn khác nhau  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  vào một vị trí xác định trong điện trường do điện tích  $Q$  sinh ra (Hình 12.2). Thực nghiệm cho thấy, lực do điện tích  $Q$  tác dụng lên các điện tích  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  có một số đặc điểm:

+ Có cùng hướng.

+ Có độ lớn khác nhau.

+ Tỉ số  $\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \frac{F_3}{q_3} = \dots = \frac{F_n}{q_n}$ .

Trong đó  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$  là lực do điện tích  $Q$  tác dụng lên các điện tích  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  khi chúng được đặt tại cùng một vị trí.

Khi thay đổi vị trí đặt các điện tích thử thì tỉ số  $\frac{F}{q}$  cũng thay đổi. Lúc này, ta thấy rằng tỉ số  $\frac{F}{q}$  đặc trưng cho điện trường tại điểm đang xét về mặt tác dụng lực và được gọi là **cường độ điện trường**.

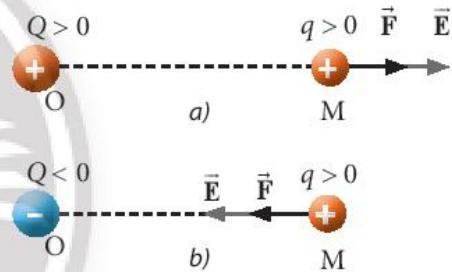


Cường độ điện trường do điện tích  $Q$  sinh ra tại một điểm là đại lượng đặc trưng cho điện trường về mặt tác dụng lực tại điểm đó. Đây là một đại lượng vectơ và được xác định bởi biểu thức:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (12.1)$$

Với  $\vec{F}$  là lực do điện tích  $Q$  tác dụng lên một điện tích  $q$  đặt tại điểm đó. Trong hệ SI, cường độ điện trường có đơn vị là niuton trên culông (N/C). Ngoài ra, đơn vị thường dùng của cường độ điện trường là volt trên mét (V/m).

- Làm thế nào để xác định được độ mạnh yếu của điện trường tại một điểm?



▲ **Hình 12.2. Vectơ lực do điện tích**  
Q tác dụng lên điện tích thử  $q$  được đặt tại điểm M và vectơ cường độ điện trường do Q sinh ra tại điểm M trong trường hợp: a)  $Q > 0$ ; b)  $Q < 0$

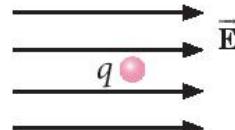


Từ (12.1), ta thấy độ lớn của cường độ điện trường tại một điểm bằng tỉ số giữa độ lớn lực tác dụng lên một điện tích dương đặt tại điểm đó và độ lớn của điện tích đó:

$$E = \frac{F}{q} \quad (12.2)$$

 Trong một vùng không gian có điện trường mà các đường sức điện trường có phương nằm ngang, song song với nhau và chiều như Hình 12.3. Hãy xác định hướng của lực điện trường tác dụng lên điện tích  $q$  trong các trường hợp:

- a)  $q > 0$ .
- b)  $q < 0$ .



▲ Hình 12.3. Điện tích điểm  $q$  đặt trong điện trường

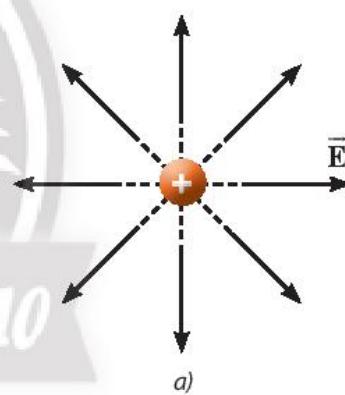
## 2

## CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG CỦA ĐIỆN TÍCH ĐIỂM

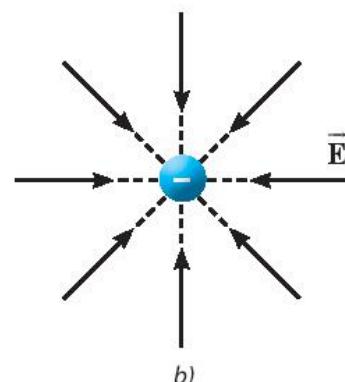
### → Cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm

Đặt hai điện tích điểm  $Q$  và  $q > 0$  cách nhau một đoạn  $r$  trong chân không, lực tĩnh điện giữa hai điện tích được xác định bằng định luật Coulomb theo công thức (11.1). Vì điện tích thử  $q > 0$  nên cường độ điện trường tại vị trí đặt  $q$  do điện tích điểm  $Q$  gây ra cùng hướng với lực tĩnh điện do  $Q$  tác dụng lên  $q$ .

Kết hợp công thức (11.1) và (12.2), ta rút ra được công thức xác định độ lớn của cường độ điện trường do điện tích điểm  $Q$  gây ra tại một điểm cách  $Q$  một đoạn  $r$ .



a)



b)

 Cường độ điện trường do điện tích điểm  $Q$  gây ra tại một điểm  $M$  cách điện tích một đoạn  $r$  trong chân không có phương nằm trên đường thẳng nối điện tích và điểm  $M$ , có chiều hướng ra xa điện tích nếu  $Q > 0$  và hướng lại gần điện tích nếu  $Q < 0$  (Hình 12.4), có độ lớn là:

$$E = k \frac{|Q|}{r^2} \quad (12.3)$$

với

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}, \epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}.$$

▲ Hình 12.4. Cường độ điểm trường của một điểm tích điểm:  
a)  $Q > 0$ ; b)  $Q < 0$



**Lưu ý:** Cường độ điện trường do điện tích  $Q$  gây ra tại một điểm trong môi trường điện môi sẽ giảm  $\varepsilon$  lần so với điểm trong chân không:

$$E = k \frac{|Q|}{\varepsilon r^2} \quad (12.4)$$

với  $\varepsilon$  là hằng số điện môi.



### Điện trường của hệ điện tích

Xét hệ có  $n$  điện tích điểm  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ . Cường độ điện trường do mỗi điện tích điểm gây ra tại điểm  $M$  là  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots, \vec{E}_n$ . Khi đó, cường độ điện trường tổng hợp tại điểm  $M$  là:

$$\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n \quad (12.5)$$

### Vận dụng biểu thức cường độ điện trường của điện tích điểm

**Ví dụ:** Đặt hai quả cầu nhỏ có điện tích lần lượt là  $q_1 = 3,2 \cdot 10^{-5}$  C và  $q_2 = -3,2 \cdot 10^{-6}$  C trong chân không tại 2 điểm A, B cách nhau 9,0 cm. Xem hai quả cầu là các điện tích điểm. Xác định vectơ cường độ điện trường tổng hợp do hai quả cầu gây ra tại điểm M. Biết điểm M cách A 3 cm, cách B 6 cm.

#### Bài giải

Độ lớn cường độ điện trường do quả cầu  $q_1$  gây ra tại điểm M:

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{AM^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{(3,2 \cdot 10^{-5})}{0,03^2} = 3,2 \cdot 10^8 \text{ V/m.}$$

Độ lớn cường độ điện trường do quả cầu  $q_2$  gây ra tại điểm M:

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{BM^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{(-3,2 \cdot 10^{-6})}{0,06^2} = 8,0 \cdot 10^6 \text{ V/m.}$$

Vectơ cường độ điện trường tổng hợp tại điểm M:

$$\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Vì  $\vec{E}_1$  song song cùng chiều với  $\vec{E}_2$  nên:

$$E_M = E_1 + E_2 = 3,3 \cdot 10^8 \text{ V/m.}$$

Vậy vectơ cường độ điện trường tại điểm M có điểm đặt tại M, hướng theo  $\vec{E}_1$  như Hình 12.5 và có độ lớn  $3,3 \cdot 10^8 \text{ V/m.}$



3. Tại hai điểm A và B trong chân không, người ta đặt hai điện tích trái dấu  $q_1$  và  $q_2$ . Tìm những điểm sao cho hai vectơ cường độ điện trường do hai điện tích  $q_1$  và  $q_2$  gây ra tại đó có đặc điểm:
- Cùng phương, cùng chiều.
  - Cùng phương, ngược chiều.



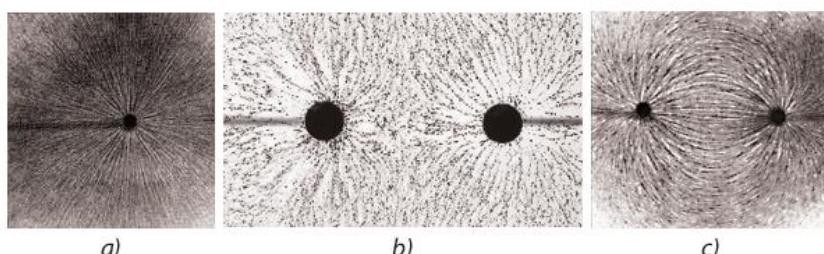
Hình 12.5. Phương, chiều vectơ cường độ điện trường tổng hợp tại M



## ĐƯỜNG SỨC ĐIỆN

### Điện phổ

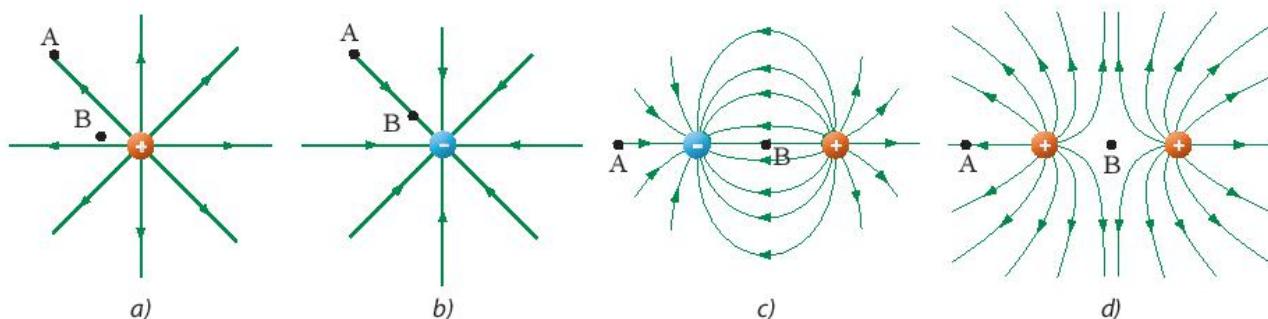
Đặt một quả cầu kim loại nhỏ vào trong một hộp chứa dầu và bột mịn cách điện. Tích điện cho quả cầu. Dùng tay gõ nhẹ vào hộp, ta thấy các hạt bột sắp xếp lại thành những hình dạng đặc biệt. Đây là điện phổ của quả cầu tích điện (Hình 12.6).



▲ Hình 12.6. Điện phổ của: a) điện tích điểm; b) hai điện tích cùng dấu; c) hai điện tích trái dấu

### Khái niệm đường sức điện

Ta đã biết, điện trường không thể quan sát được bằng mắt thường. Do đó, để mô tả điện trường một cách trực quan, ta sử dụng khái niệm **đường sức điện**. Đường sức điện là những đường mô tả “hình dạng” của điện trường và cũng là sự mô hình hoá hình ảnh điện phổ, sao cho tiếp tuyến tại một điểm bất kì trên đường trùng với phương của vectơ cường độ điện trường tại điểm đó, có chiều quy ước trùng với chiều của vectơ cường độ điện trường.



▲ Hình 12.7. Các đường sức điện của:

a) điện tích dương; b) điện tích âm; c) hai điện tích cùng độ lớn nhưng trái dấu; d) hai điện tích dương cùng độ lớn

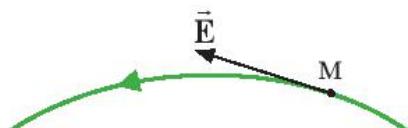


4. Dựa vào hình ảnh điện phổ quan sát được ở Hình 12.6, ta có thể kết luận được dấu của mỗi điện tích không? Vì sao?

5. Thiết kế phương án và thực hiện thí nghiệm để quan sát hình ảnh điện phổ của một vật tích điện.



Đường sức điện là đường mô tả điện trường sao cho tiếp tuyến tại một điểm bất kì trên đường cũng trùng với phương của vectơ cường độ điện trường tại điểm đó (Hình 12.8).



▲ Hình 12.8. Minh họa đường sức điện trường và vectơ cường độ điện trường tại điểm M

Đường sức điện có các đặc điểm sau:

- + Tại mỗi điểm trong điện trường chỉ có một đường sức điện đi qua. Số lượng đường sức điện qua một đơn vị diện tích vuông góc với đường sức tại một điểm trong không gian đặc trưng cho độ mạnh yếu của điện trường tại điểm đó.
- + Các đường sức điện là những đường cong không kín. Đường sức điện phải bắt đầu từ một điện tích dương (hoặc ở vô cực) và kết thúc ở một điện tích âm (hoặc ở vô cực).

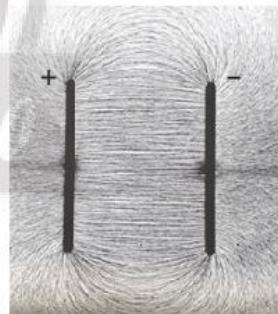


6. Quan sát Hình 12.7, em hãy mô tả hình dạng, điểm xuất phát, điểm kết thúc của đường sức điện và so sánh độ mạnh yếu của điện trường tại hai vị trí A và B cho mỗi trường hợp.

### Khái niệm điện trường đều

Đặt hai tấm kim loại phẳng, rộng, song song với nhau trong đĩa chứa dầu có bột mịn cách điện. Tích điện trái dấu và cùng độ lớn cho hai tấm kim loại và gõ nhẹ vào đĩa dầu, ta quan sát thấy điện phổ ở giữa hai tấm kim loại có hình ảnh như Hình 12.9.

Ở rìa hai tấm kim loại, điện phổ là những đường cong. Trong vùng không gian giữa hai tấm kim loại, điện phổ là những đường thẳng gần như song song và cách đều nhau. Khi đó, điện trường giữa hai tấm kim loại gọi là **điện trường đều**. Thực nghiệm cho thấy, tại mọi điểm trong điện trường đều, vectơ cường độ điện trường bằng nhau.



▲ Hình 12.9. Điện phổ ở hai tấm kim loại phẳng tích điện trái dấu, cùng độ lớn

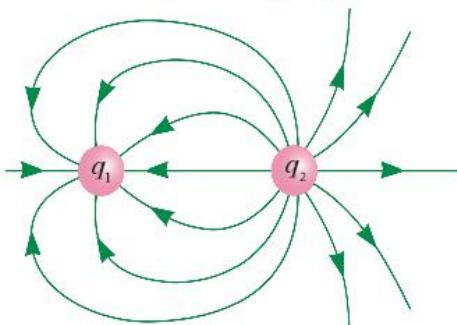


Điện trường đều là điện trường có vectơ cường độ điện trường tại mọi điểm đều bằng nhau. Điện trường đều có các đường sức điện song song, cách đều nhau.

7. Quan sát Hình 12.9, vẽ đường sức điện trường trong vùng không gian giữa hai tấm kim loại phẳng.



Xét đường sức điện của hai điện tích điểm  $q_1$  và  $q_2$  như Hình 12.10.  
Em hãy xác định dấu của hai điện tích  $q_1$ ,  $q_2$  và so sánh độ lớn điện tích của chúng.



▲ Hình 12.10. Đường sức điện  
của hệ hai điện tích  $q_1$  và  $q_2$

Từ các dụng cụ: pin, dây nối, 2 thanh kim loại, dầu cách điện (như dầu máy), thuốc tím ( $KMnO_4$ ), em hãy thiết kế và thực hiện thí nghiệm để quan sát đường sức điện trường giữa hai thanh kim loại.

## BÀI TẬP

- Trong điều kiện thời tiết bình thường, bên ngoài bề mặt Trái Đất được bao phủ bởi một điện trường. Biết rằng điện trường này có các đường sức điện luôn hướng vào tâm Trái Đất. Hãy xác định dấu của điện tích trên bề mặt Trái Đất trong tình huống này.
- Đặt lần lượt một electron và một proton vào cùng một điện trường đều. Hạt nào sẽ chịu tác dụng của lực tĩnh điện có độ lớn lớn hơn? Giả sử chỉ xét tương tác tĩnh điện, các tương tác khác được bỏ qua. So sánh gia tốc hai hạt thu được.
- Đặt hai quả cầu nhỏ có điện tích lần lượt là  $3,0 \mu C$  và  $-3,5 \mu C$  tại 2 điểm A và B cách nhau một khoảng 0,6 m. Xác định vị trí điểm C sao cho vectơ cường độ điện trường tại đó bằng không.



## Bài 13



## ĐIỆN THẾ VÀ THẾ NĂNG ĐIỆN

- Điện thế, thế năng điện.
- Mối liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế.
- Chuyển động của điện tích bay vào điện trường đều theo phương vuông góc với đường sức và ứng dụng.



Vào ngày 27/5/1994, đường dây cao thế 500 kV Bắc – Nam (Hình 13.1) đã chính thức được đưa vào vận hành. Sự kiện này đánh dấu một cột mốc lịch sử khi tạo ra sự liên kết lưới điện quốc gia. Vậy “thế” trong cụm từ “cao thế” đặc trưng cho khả năng gì về điện?



▲ Hình 13.1. Đường dây 500 kV Bắc – Nam đi qua tỉnh Thanh Hoá



## 1 THẾ NĂNG ĐIỆN. ĐIỆN THẾ

## Công của lực điện

Xét điện tích điểm  $q > 0$  được bắn vào một vùng không gian có điện trường đều với độ lớn cường độ điện trường là  $E$ . Điện tích  $q$  chuyển động theo quỹ đạo AB như Hình 13.2. Để xác định công của lực điện tác dụng lên  $q$  trong quá trình chuyển động từ A đến B, ta chia đường cong AB thành các đoạn nhỏ sao cho chúng có thể xem là các đoạn thẳng. Xét đoạn NP, công của lực điện tác dụng lên điện tích  $q$  là  $\Delta A_{NP} = qE\overline{N'P'}$ , với  $\overline{N'P'}$  là hình chiếu của NP lên phương của đường sức điện trường.

Vậy, công của lực điện tác dụng lên điện tích  $q$  khi  $q$  chuyển động từ A đến B là:

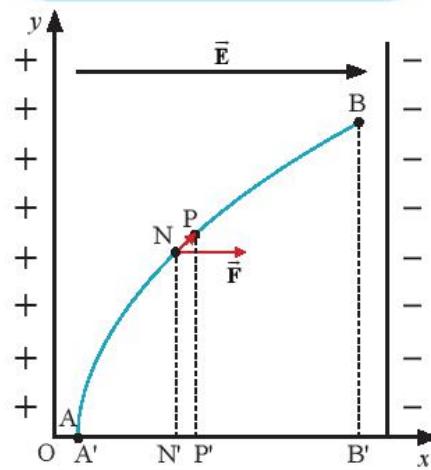
$$A_{AB} = qE\overline{A'B'} \quad (13.1)$$

với  $\overline{A'B'}$  là hình chiếu của AB lên phương của đường sức điện trường.

**Lưu ý:** Trong trường hợp  $q < 0$ , cách xác định công của lực điện là tương tự như trường hợp  $q > 0$ .



1. Liệt kê một số lực thế đã được học. Trình bày đặc điểm về công của lực thế.
2. Quan sát Hình 13.2, xác định công của lực điện tác dụng lên điện tích  $q > 0$  khi  $q$  di chuyển từ A' đến B'.



▲ Hình 13.2. Chuyển động của hạt mang điện  $q > 0$  trong điện trường đều



Công của lực điện tác dụng lên một điện tích không phụ thuộc vào dạng đường đi của điện tích mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi trong điện trường.

Do đó, lực điện là lực thế và điện trường là một trường thế.

### Thế năng điện

Tương tự như trường hợp của trọng lực, công của lực điện tác dụng lên điện tích điểm  $q$  để dịch chuyển  $q$  từ điểm A đến điểm B bằng hiệu **thế năng điện** giữa hai điểm này:

$$A_{AB} = W_A - W_B \quad (13.2)$$

Thông thường, gốc thế năng B được chọn ở vô cùng, khi đó

$W_B = 0 \text{ J}$ , ta có:

$$W_A = A_{A\infty} \quad (13.3)$$



Thế năng điện của một điện tích  $q$  tại một điểm trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường để dịch chuyển điện tích  $q$  từ điểm đó ra xa vô cùng.

Trong hệ SI, thế năng điện có đơn vị là jun (J).

### Điện thế

Ta đã biết độ lớn của lực điện tác dụng lên điện tích  $q$  đặt trong điện trường tỉ lệ thuận với điện tích  $q$ , do đó thế năng điện tại điểm A cũng tỉ lệ thuận với điện tích  $q$ . Chọn gốc thế năng ở vô cùng, ta có:

$$W_A = V_A q \quad (13.4)$$

Trong đó, hệ số tỉ lệ  $V_A$  là đại lượng không phụ thuộc vào điện tích  $q$  mà chỉ phụ thuộc vào điện trường tại vị trí điểm A. Đại lượng  $V_A$  được gọi là điện thế tại điểm A, nó đặc trưng cho điện trường về thế năng của điện tích  $q$  đặt trong điện trường.

Kết hợp (13.3) và (13.4), ta được:

$$V_A = \frac{A_{A\infty}}{q} \quad (13.5)$$

Trong đó,  $A_{A\infty}$  là công của lực điện để dịch chuyển một điện tích  $q$  dương từ A ra vô cực. Ngoài ra, ta có  $A_{A\infty} = A'_{\infty A}$  với



$A'_{\infty A}$  là công mà ta cần thực hiện để đưa điện tích từ vô cực về điểm A. Vậy:



Điện thế tại một điểm trong điện trường là đại lượng đặc trưng cho khả năng điện tại vị trí đó và được xác định bằng công mà ta cần thực hiện để dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ vô cực về điểm đó:

$$V_A = \frac{A'_{\infty A}}{q} \quad (13.6)$$

Trong hệ SI, điện thế có đơn vị là volt (V).

### ► Hiệu điện thế

Lấy hiệu điện thế giữa điểm A và điểm B, ta được hiệu điện thế giữa hai điểm A và B trong điện trường:

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (13.7)$$

Kết hợp công thức (13.5), (13.6) và (13.7), ta được  $U_{AB} = \frac{A_{AB}}{q}$ . Vậy, ta rút ra được:



Hiệu điện thế giữa hai điểm A và B trong điện trường là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của điện trường để dịch chuyển một đơn vị điện tích giữa hai điểm đó và được xác định bằng biểu thức:

$$U_{AB} = \frac{A_{AB}}{q} \quad (13.8)$$

Trong hệ SI, hiệu điện thế có đơn vị là volt (V).

Công thức (13.8) cho ta thấy: 1 V là hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường mà công của lực điện để dịch chuyển một điện tích dương 1 C giữa hai điểm đó bằng 1 J.

**Lưu ý:** Điện thế tại một điểm chính là giá trị hiệu điện thế giữa điểm đó với điểm được chọn làm gốc điện thế. Trong một số trường hợp, ta cũng có thể chọn gốc điện thế ở mặt đất.

**Ví dụ:** Ta cần thực hiện một công  $8 \cdot 10^{-5}$  J để dịch chuyển một điện tích  $1,6 \cdot 10^{-4}$  C từ vô cực đến điểm M. Chọn gốc điện thế ở vô cực, tính điện thế tại M.

### Bài giải

Ta có:  $A'_{\infty M} = 8 \cdot 10^{-5}$  J.

Theo công thức (13.8) ta có điện thế tại M là:

$$V_M = \frac{A'_{\infty M}}{q} = \frac{8 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-4}} = 0,5 \text{ V.}$$



3. Kết hợp công thức (13.5), (13.6) và (13.7), em hãy rút ra công thức (13.8).

4. Xét hai điểm M và N trong điện trường đều. Biết vectơ cường độ điện trường hướng từ M đến N. Hãy so sánh giá trị điện thế tại điểm M và N.



## Mối liên hệ giữa cường độ điện trường với hiệu điện thế

Từ các công thức (13.1) và (13.8), ta rút ra:

$$E = \frac{U_{AB}}{\overline{A'B'}} \quad (13.9)$$

Tổng quát, ta có:

$$E = \frac{U}{d} \quad (13.10)$$

với  $d$  là khoảng cách giữa hai điểm đang xét trên phương của vectơ cường độ điện trường.

**Lưu ý:** Cần xác định dấu của  $\overline{A'B'}$ :

+ Nếu  $\overline{A'B'}$  cùng chiều với  $\vec{E}$ :  $d = \overline{A'B'} > 0$ .

+ Nếu  $\overline{A'B'}$  ngược chiều với  $\vec{E}$ :  $d = \overline{A'B'} < 0$ .

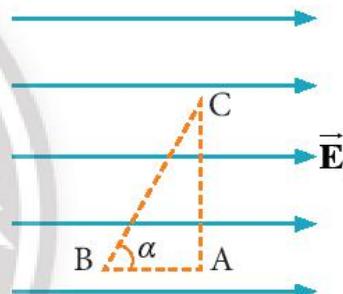


5. Giải thích vì sao cường độ điện trường có thể được đo bằng đơn vị volt trên mét (V/m).

## 2 VẬN DỤNG CÔNG THỨC LIÊN HỆ GIỮA CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ

**Ví dụ 1:** Trong vùng không gian có điện trường đều  $\vec{E}$ , xét ba điểm A, B và C tạo thành một tam giác vuông tại A, trong đó cạnh AB song song với các đường sức như Hình 13.3. Cho  $BC = 10\text{ cm}$  và  $\alpha = 60^\circ$ . Biết hiệu điện thế giữa hai điểm B và C bằng 100 V.

- Tính độ lớn cường độ điện trường  $E$ .
- Tính hiệu điện thế giữa hai điểm A, C và giữa hai điểm A, B.



Hình 13.3. Ba điểm A, B, C trong điện trường đều

### Bài giải

- Từ công thức (13.10), ta có hiệu điện thế giữa hai điểm B, C được xác định:

$$U_{BC} = E \cdot d_{BC} = E \cdot \overline{BA} = E \cdot BC \cdot \cos \alpha$$

Với  $d_{BC}$  là hình chiếu của BC lên phương của đường sức điện.

$$\text{Suy ra } E = \frac{U_{BC}}{BC \cdot \cos \alpha} = \frac{100}{0,1 \cos 60^\circ} = 2000 \text{ V/m.}$$

b) Ta có:

- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, C:

$$U_{AC} = E \cdot d_{AC} = 0 \text{ V.}$$

- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B:

$$U_{AB} = E \cdot d_{AB} = -E \cdot \overline{BA} = -U_{BC} = -100 \text{ V.}$$



**Ví dụ 2:** Xét hai bản kim loại hình vuông A và B đặt song song cách nhau 5 mm, tích điện bằng nhau nhưng trái dấu. Biết bản A tích điện dương và bản B tích điện âm. Hiệu điện thế giữa hai bản là  $U_{AB} = 25$  V. Xem điện trường giữa hai bản là đều, các đường sức điện vuông góc với các bản.

- Xác định độ lớn cường độ điện trường giữa hai bản kim loại.
- Xét một hạt electron bắt đầu chuyển động từ bản B. Xác định độ lớn lực điện tác dụng lên electron và tốc độ của electron khi nó đến bản A. Biết khối lượng electron  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg.

### Bài giải

- a) Độ lớn cường độ điện trường giữa hai bản kim loại:

$$E = \frac{U_{AB}}{d} = \frac{25}{5 \cdot 10^{-3}} = 5000 \text{ V/m.}$$

- b) Độ lớn lực điện tác dụng lên electron:

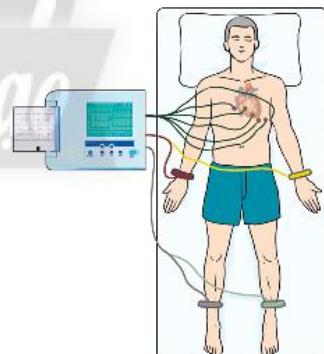
$$F = |q_e|E = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5000 = 8 \cdot 10^{-16} \text{ N.}$$

Độ biến thiên động năng bằng công của lực điện trường:

$$\begin{aligned} W_d - W_{d0} &= A \Rightarrow \frac{1}{2} m_e v^2 - 0 = q_e U_{BA} \\ \Rightarrow v &= \sqrt{\frac{2q_e U_{BA}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2(-1,6 \cdot 10^{-19})(-25)}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 2,96 \cdot 10^6 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

**Lưu ý:**  $U_{BA} = V_B - V_A$ . Do đó, khi electron đi từ bản âm sang bản dương thì  $U_{BA} < 0$ .

Xét hai bản kim loại song song, cách nhau 2,0 cm và có hiệu điện thế 5,0 kV. Tính lực điện tác dụng lên một hạt bụi nằm trong khoảng giữa hai bản, biết hạt bụi có điện tích  $8,0 \cdot 10^{-19}$  C.



▲ Hình 13.4. Bệnh nhân đang được đo điện tim

### Đo điện tim

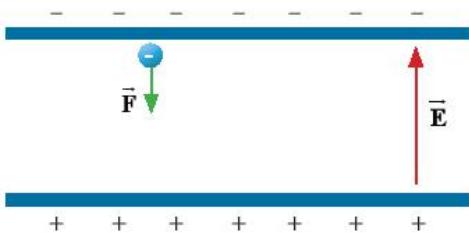
Trong máy đo điện tim, các điện cực được sử dụng để đo hiệu điện thế giữa các điểm khác nhau trên da của bệnh nhân, thường không vượt quá 1 mV đối với người bình thường (Hình 13.4). Đây là một phương pháp có độ nhạy cao để phát hiện sự bất thường của chức năng tim. Dựa vào sách, báo, internet, các em hãy tìm hiểu và trình bày ngắn gọn nguyên lý hoạt động của máy đo điện tim.



## 3 CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐIỆN TÍCH TRONG ĐIỆN TRƯỜNG ĐỀU

### Điện tích chuyển động với vận tốc ban đầu song song với vectơ cường độ điện trường

Xét điện trường đều được tạo bởi 2 tấm kim loại phẳng, đặt song song cách nhau một khoảng  $d$ , tích điện trái dấu như Hình 13.5. Hạt electron chuyển động với vận tốc ban đầu bằng không từ bản âm.



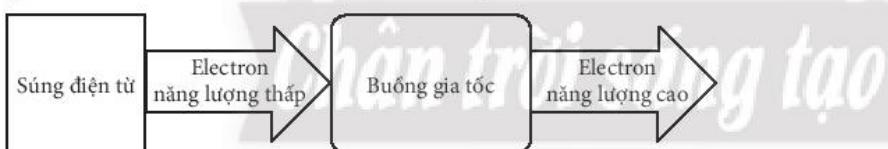
▲ **Hình 13.5.** Chuyển động của electron song song với vectơ cường độ điện trường

Dưới tác dụng của lực điện  $\vec{F} = q_e \vec{E}$ , hạt electron được gia tốc và chuyển động theo phương song song nhưng ngược chiều với điện trường. Theo định lí động năng trong chương trình Vật lí 10, ta có vận tốc của hạt electron tại bán dương:

$$v = \sqrt{\frac{2q_e Ed}{m}} \quad (13.11)$$

Chuyển động của hạt mang điện song song với điện trường được ứng dụng trong máy gia tốc tuyến tính. Máy gia tốc tuyến tính thường được sử dụng trong quá trình xạ trị để điều trị bệnh ung thư.

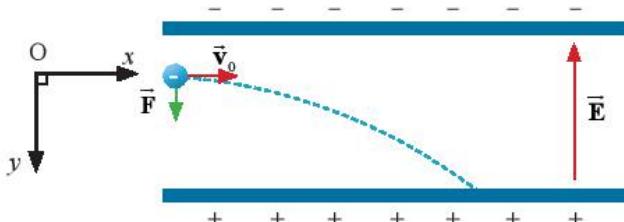
Nguyên tắc hoạt động của máy gia tốc tuyến tính: Các electron với năng lượng thấp được sinh ra do bức xạ nhiệt từ súng điện tử. Chúng được đưa vào buồng gia tốc (Hình 13.6). Dưới tác dụng của lực điện, các electron được gia tốc trở thành electron năng lượng cao. Sau đó, chúng được lái tới vùng cần xạ trị để tiêu diệt tế bào ung thư.



▲ **Hình 13.6.** Sơ đồ nguyên lý của máy gia tốc tuyến tính dùng electron

### ► Điện tích chuyển động với vận tốc ban đầu vuông góc với vectơ cường độ điện trường

Xét một electron chuyển động với tốc độ  $v_0$  vào vùng điện trường đều được tạo bởi 2 tấm kim loại phẳng, đặt song song, tích điện trái dấu sao cho vận tốc đầu của electron song song với 2 tấm kim loại như Hình 13.7.



▲ **Hình 13.7.** Chuyển động của electron trong điện trường đều



**6.** Áp dụng định lí động năng, em hãy rút ra công thức (13.11).

**7.** Xác định các lực tác dụng lên electron trong Hình 13.7. Từ đó, dự đoán chuyển động của electron.



Khi trọng lực của electron có độ lớn rất nhỏ so với lực điện tác dụng lên electron, một cách gần đúng, electron chỉ chịu tác dụng của lực điện  $\vec{F} = q_e \vec{E}$  cùng chiều dương quy ước. Quỹ đạo chuyển động của electron khi này giống với quỹ đạo chuyển động của vật ném ngang đã được phân tích trong chương trình Vật lí 10, gồm 2 thành phần:

+ Trên phương Ox: Electron chuyển động thẳng đều với tốc độ  $v_0$ .

+ Trên phương Oy: Lực điện  $\vec{F}$  gây ra gia tốc  $\vec{a} = \frac{q_e \vec{E}}{m}$ .

Electron chuyển động thẳng nhanh dần đều không vận tốc đầu.

Mô tả chuyển động của proton chuyển động với vận tốc  $\vec{v}_0$  vào vùng điện trường đều như Hình 13.7.



Một electron chuyển động với vận tốc đầu  $4.10^7$  m/s vào vùng điện trường đều theo phương vuông góc với các đường sức điện. Biết cường độ điện trường là  $E = 10^3$  V/m. Hãy xác định:

a) Gia tốc của electron.

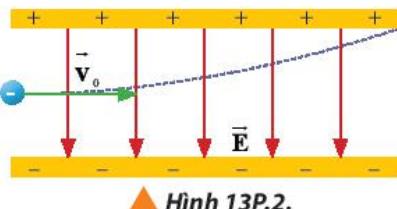
b) Vận tốc của electron khi nó chuyển động được  $2.10^{-7}$  s trong điện trường.



Neutron là một hạt không mang điện, có khối lượng gấp 7 lần proton. Một hạt neutron tự do có thể tồn tại khoảng 10 đến 15 phút, sau đó phân rã thành electron, proton và phản neutrino (là một hạt không mang điện, có khối lượng rất bé, chuyển động với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng trong chân không). Em hãy đề xuất phương án để tách hai hạt electron và proton ngay sau khi neutron bị phân rã.

## BÀI TẬP

- Độ chênh lệch điện thế giữa mặt trong và mặt ngoài của màng tế bào trong cơ thể người là 90 mV. Biết mặt trong và mặt ngoài của màng tế bào lần lượt mang điện âm và mang điện dương. Xác định công mà tế bào cần thực hiện để đưa một ion  $\text{Na}^+$  chuyển động từ bên trong ra bên ngoài màng tế bào theo cơ chế chủ động qua kênh protein.
- Một electron chuyển động với tốc độ ban đầu  $v_0 = 1,6.10^6$  m/s chuyển động vào vùng điện trường đều theo phương song song với hai bản và ở chính giữa khoảng cách hai bản như Hình 13P.2. Biết chiều dài mỗi bản là 3 cm và khoảng cách giữa hai bản là 1 cm. Giữa hai bản có điện trường hướng từ trên xuống, điện trường bên ngoài hai bản bằng 0. Biết electron di chuyển đến vị trí mép ngoài của tấm bản phía trên, tính độ lớn cường độ điện trường giữa hai bản.



Hình 13P.2.



## Bài 14

## TỰ ĐIỆN

- Điện dung, đơn vị đo điện dung.
- Ghép tụ điện nối tiếp, song song.



Màn hình cảm ứng (Hình 14.1) được sử dụng ngày càng phổ biến. Trong đó, màn hình cảm ứng điện dung (sử dụng tụ điện) hoạt động dựa vào khả năng nhường hoặc nhận điện tích của cơ thể con người khi có sự tiếp xúc với các thiết bị điện. Vậy, tụ điện là thiết bị có những đặc tính gì?



▲ Hình 14.1. Màn hình cảm ứng

## 1 ĐIỆN MÔI TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

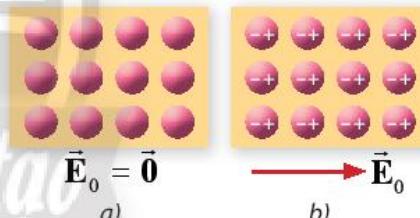
Những vật được cấu tạo từ các chất chứa ít hoặc không có hạt mang điện tự do, không cho điện tích chạy qua được gọi là **điện môi** hay vật cách điện. Ví dụ: nhựa, cao su, sú, thuỷ tinh,... Khi tích điện cho khối điện môi, điện tích dư sẽ nằm ngay tại vị trí được đưa vào.

Khi điện môi được đặt vào một vùng không gian có điện trường, mỗi nguyên tử của điện môi bị **phân cực** và làm cho cả khối điện môi bị phân cực với hai mặt tích điện trái dấu nhau như Hình 14.2. Điều này dẫn đến điện trường tổng hợp bên trong khối điện môi có độ lớn nhỏ hơn cường độ điện trường ngoài.

Mỗi chất điện môi được đặc trưng bởi hằng số điện môi, kí hiệu là  $\epsilon$ . Hằng số điện môi và điện trường giới hạn của một số chất điện môi được cho trong Bảng 14.1.



1. Liệt kê một số vật liệu có tính cách điện trong đời sống.



▲ Hình 14.2. Điện môi trước và sau khi đặt vào trong một điện trường

| Điện môi        | Hằng số điện môi ( $\epsilon$ ) | Cường độ điện trường giới hạn ( $10^6$ V/m) |
|-----------------|---------------------------------|---|
| Không khí (khô) | 1,00059                         | 3   |
| Cao su tổng hợp | 6,7                             | 12  |
| Nylon           | 3,4                             | 14  |
| Giấy            | 3,7                             | 16  |
| Sú              | 6                               | 12  |
| Thuỷ tinh       | 4 – 6                           | 9   |

▲ Bảng 14.1. Hằng số điện môi và điện trường giới hạn của một số điện môi



## 2 TỤ ĐIỆN

### Khái niệm tụ điện

Tụ điện là một linh kiện điện tử được sử dụng trong các mạch điện của máy thu thanh, máy tính và các thiết bị điện tử khác. Tụ điện có nhiều hình dạng và kích thước khác nhau (Hình 14.3). Vai trò của tụ điện là tích điện và phóng điện trong mạch.



Tụ điện là một hệ gồm hai vật dẫn đặt gần nhau và ngăn cách nhau bằng một lớp cách điện. Mỗi vật dẫn được gọi là một bản của tụ điện (Hình 14.4).

Dựa vào hình dạng của tụ điện, người ta chia tụ điện thành các loại: tụ điện phẳng, tụ điện trụ và tụ điện cầu.

Ngoài ra, tụ điện còn có thể được phân loại dựa vào môi trường điện môi bên trong tụ: tụ không khí, tụ giấy, tụ mica,... Trong các sơ đồ mạch điện, tụ điện thường được kí hiệu như Hình 14.5.



Hình 14.5. Kí hiệu tụ điện trong sơ đồ mạch điện

Khi nối hai bản của tụ điện vào hai cực của nguồn điện như Hình 14.4, hai bản này sẽ tích điện bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu. Đây là quá trình **nạp điện** (hay tích điện) cho tụ.

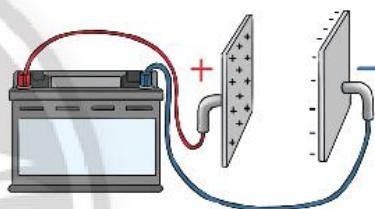
Khi nối hai bản của tụ điện đã được nạp điện với một điện trở, một dòng điện sẽ xuất hiện và chạy qua điện trở làm điện tích của tụ giảm dần. Đây là quá trình **phóng điện** (hay xả điện) của tụ.

### Điện dung của tụ điện

Khi nối hai bản của tụ điện với hai cực của nguồn điện có hiệu điện thế  $U$ , một bản của tụ sẽ có điện tích  $Q$ , bản còn lại có điện tích  $-Q$ . Độ lớn điện tích  $Q$  trên mỗi bản của tụ điện khi đã tích điện được gọi là điện tích của tụ điện. Khi nối hai bản của các tụ điện khác nhau vào cùng nguồn điện có hiệu điện thế  $U$ , điện tích của các tụ khác nhau là khác nhau.



Hình 14.3. Một số loại tụ điện



Hình 14.4. Tụ điện nối vào nguồn điện



- Dựa vào cấu tạo của tụ điện ở Hình 14.4, hãy cho biết tụ điện có cho dòng điện một chiều đi qua không.



Các khảo sát thực nghiệm chứng tỏ, đối với một tụ điện xác định được nối vào nguồn điện, khi thay đổi hiệu điện thế  $U$  thì điện tích  $Q$  của tụ điện cũng thay đổi. Tuy nhiên, tỉ số  $\frac{Q}{U}$  là một hằng số. Thực hiện khảo sát tương tự nhưng cho các tụ điện khác nhau, tỉ số  $\frac{Q}{U}$  có giá trị không đổi tương ứng với từng tụ điện. Mặt khác, tỉ số  $\frac{Q}{U}$  đổi với các tụ điện khác nhau là khác nhau. Vậy tỉ số  $\frac{Q}{U}$  đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ.



Điện dung của tụ điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ, kí hiệu là  $C$  và được xác định bởi:

$$C = \frac{Q}{U} \quad (14.1)$$

Trong hệ SI, điện dung có đơn vị là fara (F).

Từ công thức (14.1), ta thấy 1 F là điện dung của một tụ điện mà khi đặt vào giữa hai bản tụ điện một hiệu điện thế 1 V thì điện tích được tích trên tụ là 1 C.

Thông thường, các tụ điện có điện dung rất nhỏ, cỡ từ  $10^{-12}$  F đến  $10^{-6}$  F. Vì vậy, ta thường dùng các ước của fara:

$$1 \text{ micrôfara } (\mu\text{F}) = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nanôfara } (\text{nF}) = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ picôfara } (\text{pF}) = 10^{-12} \text{ F}$$

Mỗi tụ điện đều có một giá trị hiệu điện thế giới hạn. Đó là hiệu điện thế tối đa mà tụ có thể chịu được. Nếu vượt quá giá trị này, tụ điện sẽ bị hỏng. Thông thường, trên vỏ của tụ điện thường ghi giá trị điện dung và hiệu điện thế giới hạn của tụ.

**Lưu ý:** Điện dung của một tụ điện xác định chỉ phụ thuộc vào cấu tạo của tụ điện (dạng hình học của hai bản tụ, vị trí tương đối giữa chúng và môi trường điện môi bên trong tụ) mà không phụ thuộc vào hiệu điện thế giữa hai bản tụ.

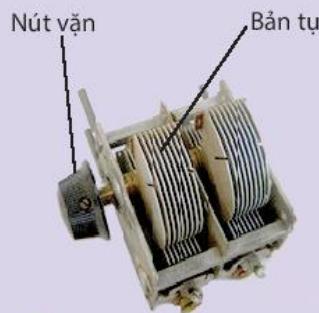


Tụ điện phẳng là một trường hợp riêng của tụ điện. Tụ điện phẳng là hệ gồm hai bản kim loại có diện tích  $S$  bằng nhau, được đặt cách nhau một khoảng  $d$  và tích điện trái dấu.

Các tính toán chứng tỏ điện dung của tụ điện phẳng được xác định bằng công thức:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd} \quad (14.2)$$

với  $\epsilon$  là hằng số điện môi và  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ .



▲ Hình 14.6. Tụ điện xoay

Trong kỹ thuật, một số tụ điện phẳng được chế tạo sao cho giá trị điện dung của tụ điện có thể điều chỉnh được như tụ điện xoay. Tụ điện xoay có cấu tạo gồm hai hệ kim loại, một hệ cố định và một hệ có thể xoay quanh một trục như Hình 14.6. Khi vặn nút điều khiển, phần diện tích đối diện  $S$  giữa các bản tụ thay đổi, do đó điện dung của tụ cũng thay đổi.



Xét một tụ điện được tích điện. Khi thay đổi điện dung của tụ, hiệu điện thế và điện tích của tụ có thay đổi không trong các trường hợp sau?

- a) Tụ vẫn còn được mắc vào nguồn điện một chiều.
- b) Tụ đã được tháo ra khỏi nguồn điện trước khi thay đổi điện dung.



Dựa vào sách, báo, internet, em hãy trình bày ngắn gọn vai trò của tụ điện trong màn hình cảm ứng điện dung của thiết bị điện thoại.



### 3 GHÉP TỤ ĐIỆN

Trong kỹ thuật, để tạo ra tụ điện với điện dung thích hợp, người ta thường ghép các tụ điện thành bộ tụ. Có hai cách ghép cơ bản: ghép nối tiếp và ghép song song.

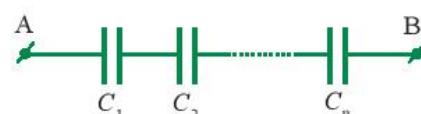
#### ► Bộ tụ ghép nối tiếp

Hình 14.7 mô tả sơ đồ ghép nối tiếp tụ điện. Trong trường hợp này, bản tích điện dương của tụ điện này được nối với bản tích điện âm của tụ điện sát bên. Bản thứ nhất của tụ điện đầu tiên được nối với một cực, bản thứ hai của tụ điện cuối cùng được nối với cực còn lại của nguồn điện.

Gọi  $U$  là hiệu điện thế đặt vào hai đầu của bộ tụ điện;  $U_1, U_2, \dots, U_n$  lần lượt là hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện  $C_1, C_2, \dots, C_n$ . Ta có:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (14.3)$$

Gọi  $C_b$  là điện dung của bộ tụ điện;  $Q, Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  lần lượt là độ lớn điện tích của cả bộ tụ điện và các tụ điện  $C_1, C_2, \dots, C_n$ . Kết hợp hai công thức (14.3) và (14.1), ta có:



▲ Hình 14.7. Tụ điện ghép nối tiếp



$$\frac{Q}{C_b} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \dots + \frac{Q_n}{C_n} \quad (14.4)$$

Nếu các tụ điện lúc đầu chưa được tích điện, thì điện tích các bản tụ điện mắc nối tiếp sau khi được nối với nguồn sẽ bằng nhau và bằng điện tích của cả bộ tụ điện  $Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$



Điện dung của bộ tụ điện ghép nối tiếp được xác định:

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (14.5)$$

### Bộ tụ ghép song song

Hình 14.8 mô tả sơ đồ ghép tụ điện song song. Trong trường hợp này, các tụ điện được mắc vào cùng một hiệu điện thế  $U$ . Gọi  $U_1, U_2, \dots, U_n$  lần lượt là hiệu điện thế đặt vào hai đầu các tụ điện  $C_1, C_2, \dots, C_n$ . Ta có:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (14.6)$$

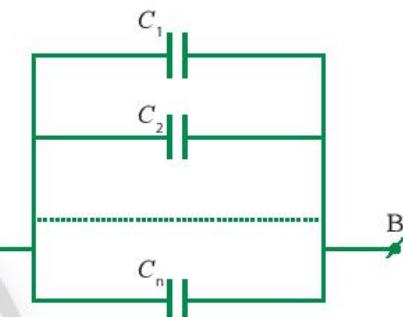
Gọi  $Q$  là điện tích của bộ tụ điện;  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  lần lượt là độ lớn điện tích các tụ điện  $C_1, C_2, \dots, C_n$ . Do một bản của mỗi tụ điện cùng được ghép vào cực dương của nguồn nên:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (14.7)$$



Điện dung của bộ tụ điện ghép song song được xác định:

$$C_b = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (14.8)$$



▲ Hình 14.8. Tụ điện ghép song song



3. Xét hai tụ điện có cùng điện dung lần lượt được mắc nối tiếp và song song để tạo ra hai bộ tụ điện khác nhau. Hãy so sánh điện dung của hai bộ tụ điện trên với điện dung của mỗi tụ điện thành phần.



Xét mạch điện như Hình 14.9. Biết hiệu điện thế giữa hai điểm A, B bằng 6 V và điện dung của hai tụ điện lần lượt là  $C_1 = 2 \mu F$  và  $C_2 = 4 \mu F$ . Xác định hiệu điện thế và điện tích trên mỗi tụ điện. Giả sử ban đầu các tụ chưa tích điện.



▲ Hình 14.9. Hai tụ mắc nối tiếp



Quan sát Hình 14.10 và cho biết:

- giá trị điện dung của tụ điện.
- ý nghĩa các thông số trên tụ điện.

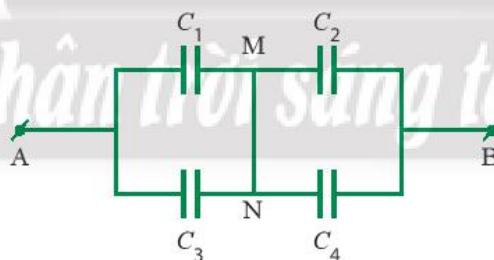


▲ Hình 14.10. Tụ điện

## BÀI TẬP

**1.** Xét tụ điện như Hình 14.10.

- Tính điện tích cực đại mà tụ có thể tích được.
  - Muốn tích cho tụ điện một điện tích là  $4,8 \cdot 10^{-4}$  C thì cần phải đặt giữa hai bản tụ một hiệu điện thế là bao nhiêu?
- 2.** Hai tụ điện có điện dung lần lượt là  $C_1 = 0,5 \mu\text{F}$  và  $C_2 = 0,7 \mu\text{F}$  được ghép song song rồi mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế  $U < 60$  V thì một trong hai tụ có điện tích  $35 \mu\text{C}$ . Tính hiệu điện thế  $U$  của nguồn và điện tích của tụ còn lại.
- 3.** Cho các tụ điện  $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 3,3 \mu\text{F}$  được mắc thành mạch như Hình 14P.1. Xác định điện dung tương đương của bộ tụ.



▲ Hình 14P.1. Bộ tụ mắc hỗn hợp

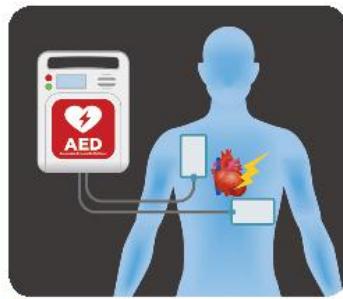
**Bài 15**

# NĂNG LƯỢNG VÀ ỨNG DỤNG CỦA TỤ ĐIỆN

- Năng lượng tụ điện.
- Ứng dụng của tụ điện trong cuộc sống.



Máy khử rung tim xách tay là thiết bị được các đội y tế thường dùng để cấp cứu bệnh nhân bị rối loạn nhịp tim và tạo nhịp tim ổn định cho bệnh nhân. Khi hoạt động, các điện cực của máy được đặt trên ngực của bệnh nhân để tạo dòng điện đi qua tim bệnh nhân trong thời gian rất ngắn (Hình 15.1), tạo điều kiện cho tim bệnh nhân hoạt động bình thường. Thiết bị này hoạt động dựa vào khả năng tích trữ năng lượng điện của tụ điện bên trong thiết bị. Theo em, tụ điện dự trữ được năng lượng dựa trên nguyên tắc nào?



▲ Hình 15.1. Bệnh nhân đang được cấp cứu bằng máy khử rung tim xách tay

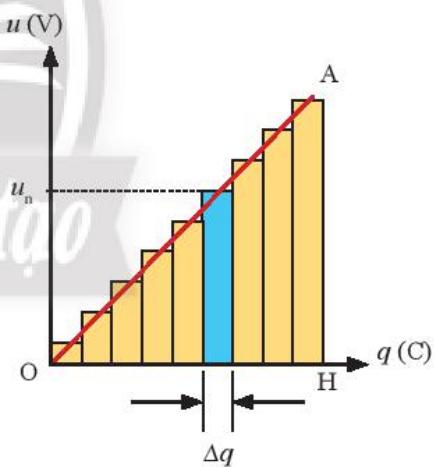


## NĂNG LƯỢNG TỤ ĐIỆN

Tụ điện là thiết bị được sử dụng để tích điện và phóng điện dựa vào năng lượng  $W$  mà tụ điện tích lũy được. Lượng năng lượng này chính là công cần thiết  $A$  để di chuyển điện tích đến các bản tụ điện.

Xét một tụ điện ban đầu chưa tích điện. Khi đó, trên mỗi bản tụ điện có nhiều điện tích âm và dương với số lượng bằng nhau, do đó giữa hai bản không xuất hiện điện trường. Để tích điện cho các bản tụ, cần một công để dịch chuyển một lượng điện tích  $q$  từ bản này sang bản kia của tụ điện. Khi đó, giữa hai bản sẽ xuất hiện một hiện điện thế  $u$  với  $q = uC$ .

Điện tích  $q$  của tụ điện và hiệu điện thế  $u$  giữa hai bản tụ điện tỉ lệ thuận với nhau. Do đó, đồ thị hiệu điện thế – điện tích của tụ điện có dạng đường thẳng, đi qua gốc toạ độ như Hình 15.2 và có hệ số góc bằng  $1/C$  với  $C$  là điện dung của tụ điện.



▲ Hình 15.2. Đồ thị hiệu điện thế – điện tích của tụ điện



Ta đã biết, công để dịch chuyển một lượng điện tích  $\Delta q$  giữa hai điểm có hiệu điện thế  $u_n$  là  $\Delta A = \Delta q \cdot u_n$ , chính là diện tích hình chữ nhật màu xanh trên đồ thị trong Hình 15.2. Nếu chia trực  $q$  thành những đoạn vô cùng bé, thì tổng tất cả diện tích các hình chữ nhật thành phần chính là diện tích của hình tam giác OAH và chính là công tổng cộng công để tích điện cho tụ điện từ trạng thái ban đầu đến khi có điện tích  $Q$ . Do đó, ta có:

$$A = \frac{1}{2} Q U \quad (15.1)$$

Công này chính là năng lượng được dự trữ trong tụ điện dưới dạng **năng lượng điện trường**.



Năng lượng điện trường được dự trữ bên trong tụ điện:

$$W = \frac{1}{2} Q U = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{Q^2}{2C} \quad (15.2)$$



- 1.** Vận dụng kiến thức đã học và công thức (15.1), em hãy rút ra công thức (15.2).



Một tụ điện có điện dung  $C = 2 \text{ pF}$  được tích điện đến điện tích  $3,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ . Tính năng lượng của tụ điện. Tụ điện này có thể được dùng để duy trì dòng điện trong mạch hay không? Vì sao?

## 2 ỨNG DỤNG CỦA TỤ ĐIỆN

### \* Xây dựng ý tưởng dự án và quyết định chủ đề:

- **Mục đích:** Nghiên cứu ứng dụng của tụ điện trong cuộc sống.
- **Vấn đề thực tiễn:**

Trong thời đại công nghệ ngày nay, những thiết bị thông minh đang ngày càng phát triển như máy tính xách tay, điện thoại, máy chiếu,... Trong số đó, phải kể đến ô tô điện (Hình 15.3). Ô tô điện có nhiều ưu điểm như chi phí bảo dưỡng thấp hơn xe sử dụng nhiên liệu hoá thạch (xăng, dầu), khả năng vận hành ổn định, tiết kiệm nhiên liệu và đặc biệt là giảm thiểu các vấn đề ô nhiễm môi trường vì xe điện có thể hạn chế phát thải CO<sub>2</sub>. Tuy nhiên, bên cạnh các lợi ích của xe điện thì vẫn tồn tại một số hạn chế như phạm vi di chuyển, trạm sạc và đặc biệt là chi phí thay pin. Vòng đời pin của xe điện trung bình khoảng 10 năm và chi phí để thay mới lên đến hàng nghìn USD. Do đó, để khắc phục vấn đề này, các nhà nghiên cứu đang tiến hành khảo sát phương án thay thế

- 2.** Tìm hiểu và trình bày một số ứng dụng của tụ điện trong cuộc sống.



▲ Hình 15.3. Xe ô tô đang sạc điện



pin sạc. Trong đó, thiết bị đang được quan tâm nhiều nhất là tụ điện. Các tụ điện có thể sạc, xả hàng triệu lần mà không bị chai, giảm điện dung hoặc bị hỏng. Bên cạnh đó, tốc độ sạc, xả của tụ điện nhanh hơn pin và ắc quy. Ngoài ra, hệ thống năng lượng kết hợp song song giữa pin và tụ điện giúp hỗ trợ kéo dài tuổi thọ sạc, xả của pin, từ đó nâng cao khả năng vận hành của ô tô điện và tiết kiệm chi phí.

Ngoài ra, tụ điện cũng là một linh kiện điện tử có vai trò quan trọng và được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật. Trong đó có thể kể đến bếp từ, micro với độ nhạy cao khi có sử dụng tụ điện,...

\* **Lập kế hoạch thực hiện dự án:**

- Tìm kiếm nguồn tài liệu đáng tin cậy.
- Tiến hành nghiên cứu ứng dụng của tụ điện trong cuộc sống về vai trò và nguyên lý hoạt động (có thể sử dụng các ứng dụng được cho trong bài).

\* **Báo cáo kết quả:** Công bố sản phẩm và báo cáo kết quả thực hiện dự án.

## BÀI TẬP

- 1.** Xét một đám mây tích điện –32 C. Xem đám mây và bề mặt Trái Đất như một tụ điện phẳng, biết điện dung của tụ điện này khoảng  $9,27 \text{ nF}$ . Hãy tính:
  - a) Hiệu điện thế giữa hai bản của tụ điện.
  - b) Năng lượng của tụ điện này.
- 2.** Xét một máy khử rung tim xách tay. Để cấp cứu cho bệnh nhân, nhân viên y tế đặt hai điện cực của máy khử rung tim lên ngực bệnh nhân và truyền năng lượng dự trữ trong tụ điện cho bệnh nhân. Giả sử tụ điện trong máy có điện dung  $70 \mu\text{F}$  và hiệu điện thế giữa hai bản tụ là  $5\,000 \text{ V}$ .
  - a) Xác định năng lượng của tụ.
  - b) Giả sử trung bình máy truyền một năng lượng khoảng  $200 \text{ J}$  qua bệnh nhân trong một xung có thời gian khoảng  $2 \text{ ms}$ . Xác định công suất trung bình của xung.