

# **PHẦN 2: ĐIỆN HỌC**

## **Chương I: ĐIỆN TRƯỜNG TĨNH**

**§1. Mở đầu**

**§2. Định luật Coulomb**

**§3. Điện trường**

**§4. Định lý Ostrogratzki - Gauss**

**§5. Điện thế - Hiệu điện thế**

# §1. Mở đầu

## Điện tích

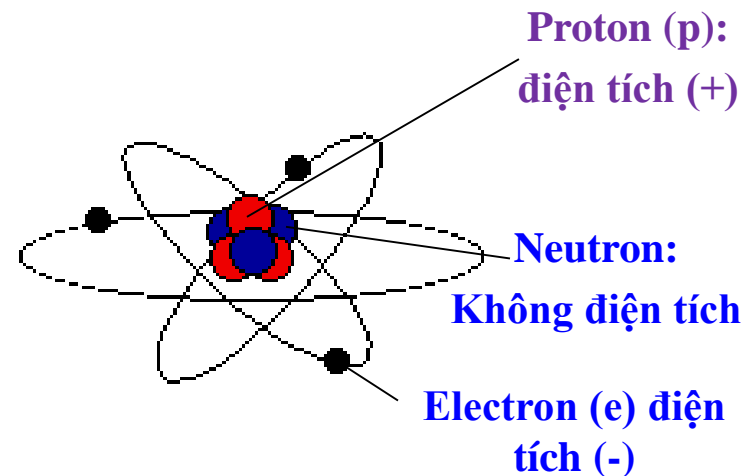
☞ Thuộc tính tự nhiên của những hạt cơ bản có kích thước rất nhỏ (không thể nhìn thấy bằng mắt thường) tạo nên liên kết về điện trong nguyên tử.

## Nguyên tử

☞ Phần tử cơ sở cấu tạo vật chất:

↪ Trạng thái bình thường: trung hòa điện  $\Rightarrow$  số e và p bằng nhau,

↪ Nguyên tử có thể nhận hoặc mất e tạo ra i-ôn



## Điện tích điểm

☞ Vật mang điện tích có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách nghiên cứu nó.

# §1. Mở đầu

## Điện tích nguyên tố

☞ Điện tích của một electron (hoặc một proton) có giá trị là  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , được qui ước làm giá trị một đơn vị điện tích.

Hạt cơ bản	Khối lượng	Điện tích
Electron	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$-1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C (-e)}$
Proton	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$+1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C (+p)}$
Neutron	$1,674 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	0

## Điện tích của vật thể tích điện

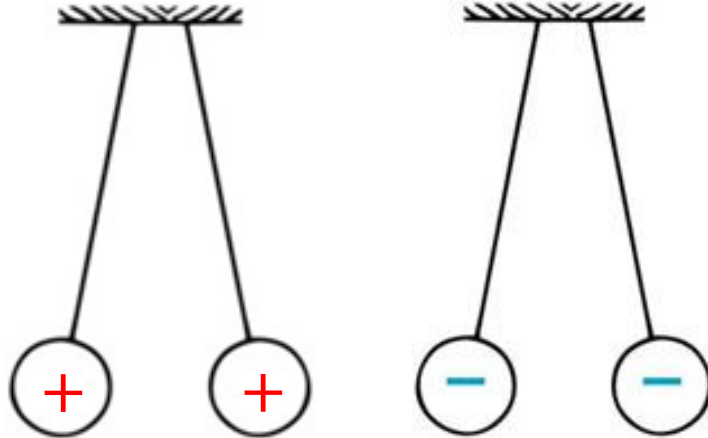
☞ Đại lượng vô hướng được xác định bằng một số nguyên (kết quả sự chênh lệch số các proton và electron) lần điện tích nguyên tố trong vật thể, tức là  $Q = e \cdot (N_p - N_e) = n \cdot e$

# §1. Mở đầu

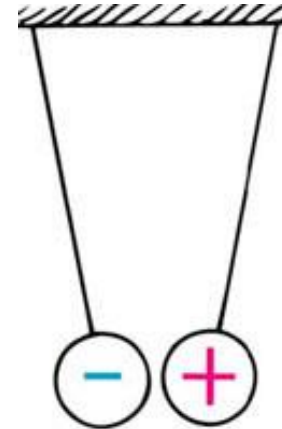
## Phân loại

☞ Điện tích dương 

☞ Điện tích âm: 



**Cùng dấu: đẩy nhau**



**Khác dấu: hút nhau**

# §1. Mở đầu

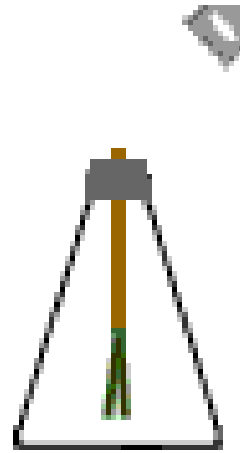
## Truyền điện tĩnh



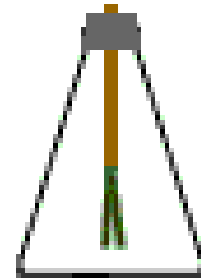
Ma sát (tiếp xúc)

## Bảo toàn điện tích

☞ Điện tích không tự sinh ra hay mất đi mà chỉ dịch chuyển bên trong một vật hoặc từ vật này sang vật khác. Tổng điện tích của hệ cô lập được bảo toàn.



Cảm ứng  
(điện hưởng)



Dẫn điện

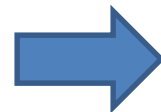
# §1. Mở đầu

## Phân loại vật liệu theo khả năng truyền điện của điện tích

☞ **Vật liệu dẫn điện:** Điện tích có thể chuyển động tự do trong toàn bộ thể tích vật (kim loại)

☞ **Vật liệu cách điện – điện môi:** Điện tích định xứ cố định tại những miền nào đó, và không thể di chuyển tự do trong vật liệu (cao su, chất dẻo, gỗ, giấy, không khí khô ...)

☞ **Vật liệu bán dẫn:** Điện tích cũng định xứ cố định tại những miền nào đó, nhưng có thể di chuyển tự do trong vật liệu dưới tác động của nhiệt độ, ánh sáng hoặc điện trường ngoài (silicon, germanium...).





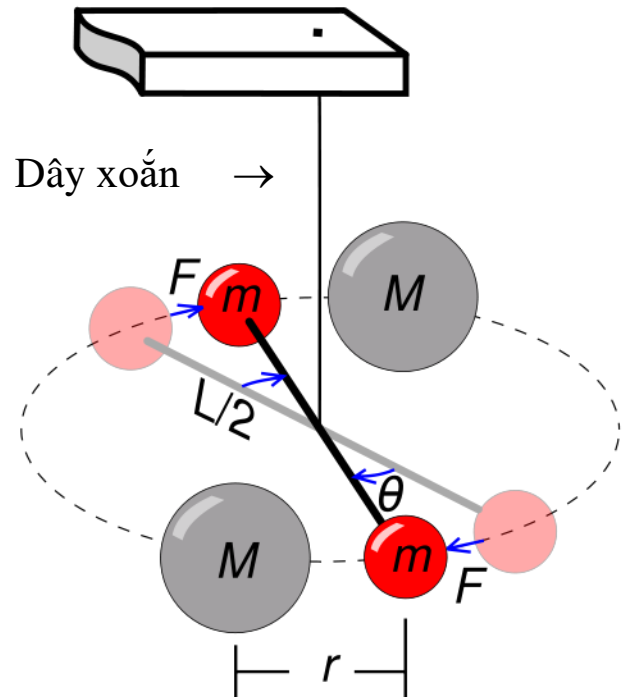
**Charles-Augustin de  
Coulomb**  
1736-1806

## §2. Định luật Coulomb

(Định luật về tương tác tĩnh điện)



**Cân xoắn Coulomb**

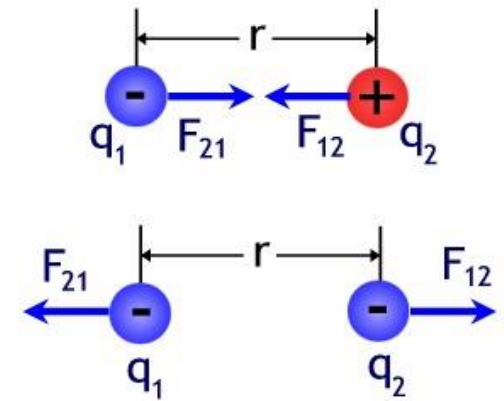


**Nguyên lý xác định tương tác  
tĩnh điện bằng cân xoắn  
Coulomb**

## §2. Định luật Coulomb

### Lực tương tác giữa 2 điện tích điểm

☞ Lực tương tác tĩnh điện giữa 2 điện tích  $q_1$ ,  $q_2$  đặt trong chân không, có phương nằm trên đường thẳng nối 2 điện tích, có chiều phụ thuộc vào dấu 2 điện tích, có độ lớn tỉ lệ thuận tích số  $q_1, q_2$  và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.



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

Tổng quát:

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

Hệ số tỉ lệ:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

Với:

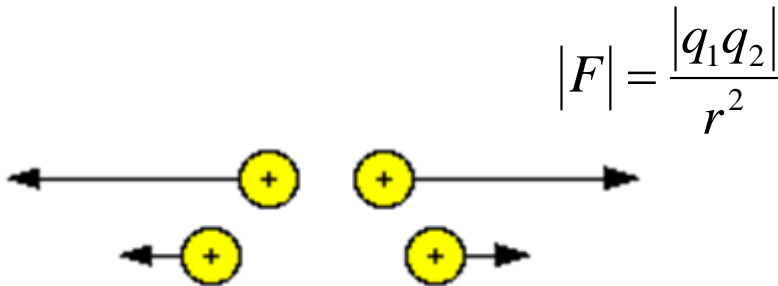
$$\epsilon_0 = 8,86.10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$



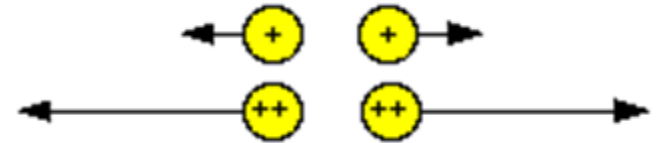
## §2. Định luật Coulomb

### Đặc điểm

☞ Lực Coulomb phụ thuộc khoảng cách và độ lớn các điện tích

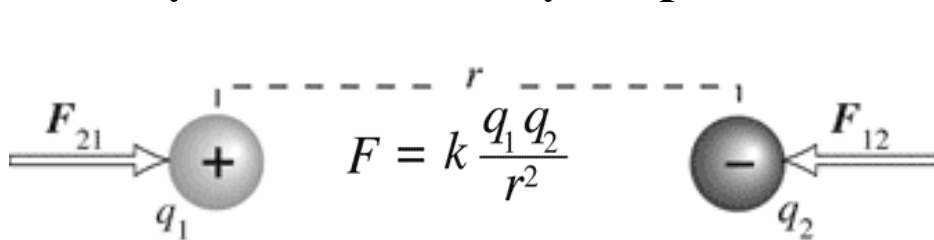


Gấp đôi khoảng cách, lực giảm 1/4

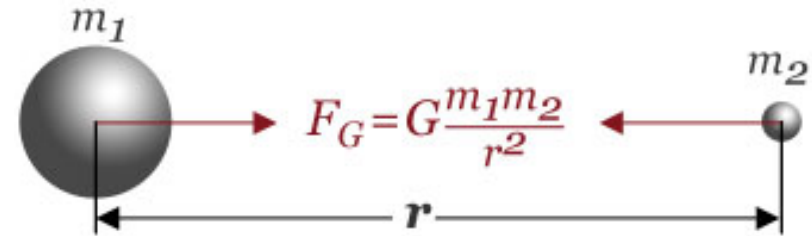


Gấp đôi điện tích, lực tăng 4 lần

☞ Lực Coulomb và lực hấp dẫn



$$\frac{F_e}{F_G} = \frac{q_1 q_2}{m_1 m_2} \frac{k}{G}$$



☞ Đ/v electron:  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m = 9,31 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \Rightarrow \frac{F_e}{F_G} = 4,17 \cdot 10^{42}$

## §2. Định luật Coulomb

### Nguyên lý chồng chất

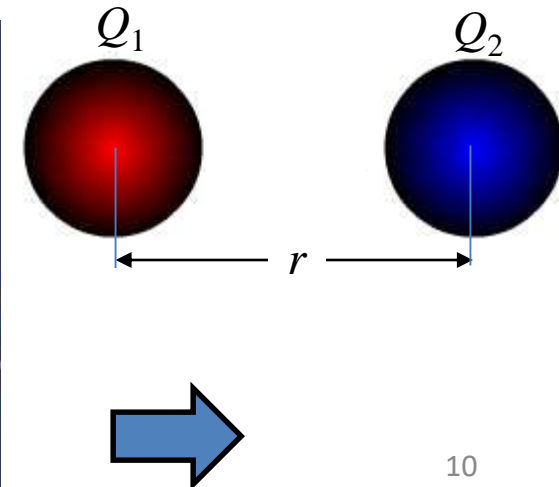
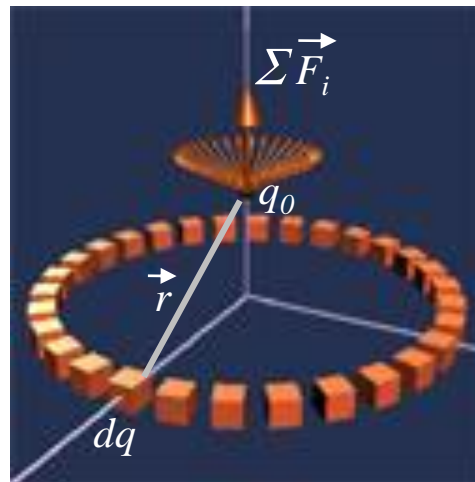
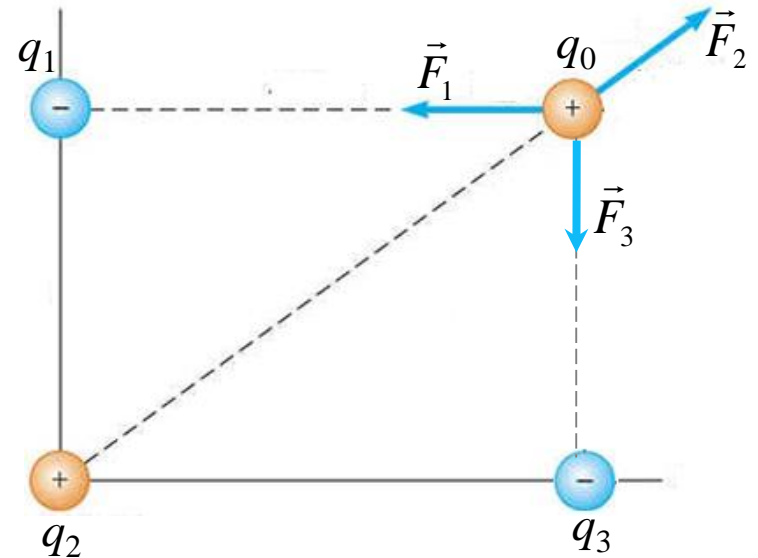
☞ Điện tích  $q_0$  chịu tác dụng của các lực  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  gây bởi hệ đ/tích  $q_1, q_2, \dots, q_n$

♦ Tương tác tổng cộng của hệ điện tích lên  $q_0$ :  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$

♦ Vật bất kỳ (vòng tròn) mang đ/tích  $q$  tác dụng lên đ/tích điểm  $q_0 \Rightarrow$  chia nhỏ  $q$  thành các điện tích vô cùng nhỏ  $dq$ , sao cho,  $dq$  được coi là đ/tích điểm  $\Rightarrow$  xác định lực tổng hợp của các đ/tích  $dq$  lên  $q_0$ .

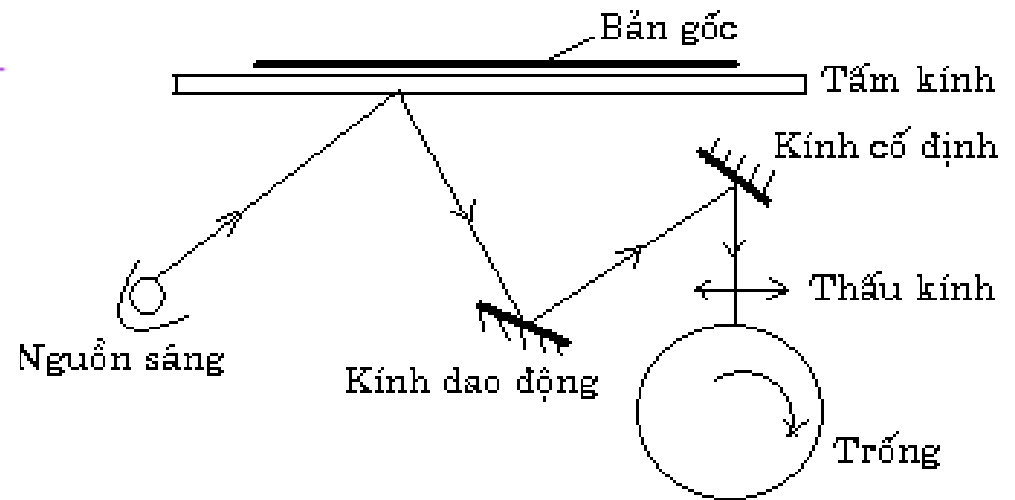
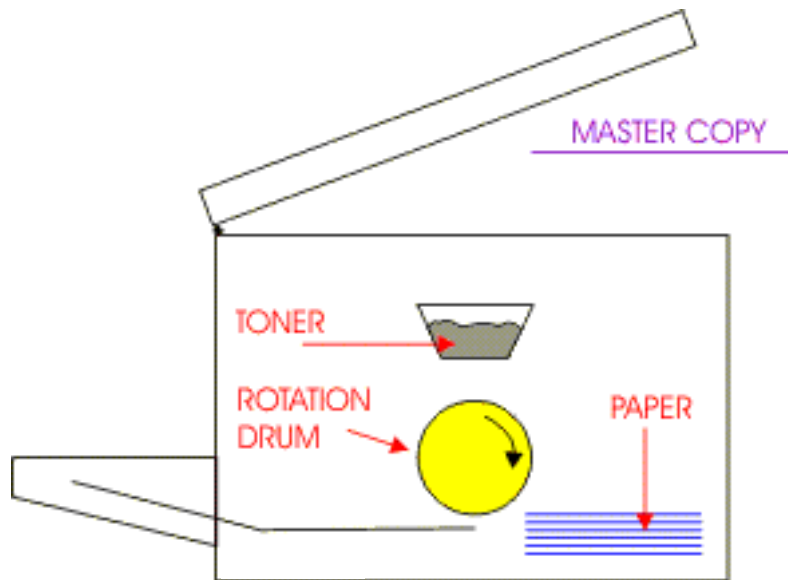
$$F = \frac{q_0}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{(V)} \frac{dq}{r^2}$$

♦ 2 quả cầu đồng chất phân bố đ/tích đều ( $Q_1$  và  $Q_2$ )  $\Leftrightarrow$  2 đ/tích điểm có vị trí tại tâm 2 quả cầu và  $r$  là khoảng cách tính từ tâm của chúng.



## §2. Định luật Coulomb

Ứng dụng tương tác tĩnh điện trong kỹ thuật:  
**Máy photocopy**



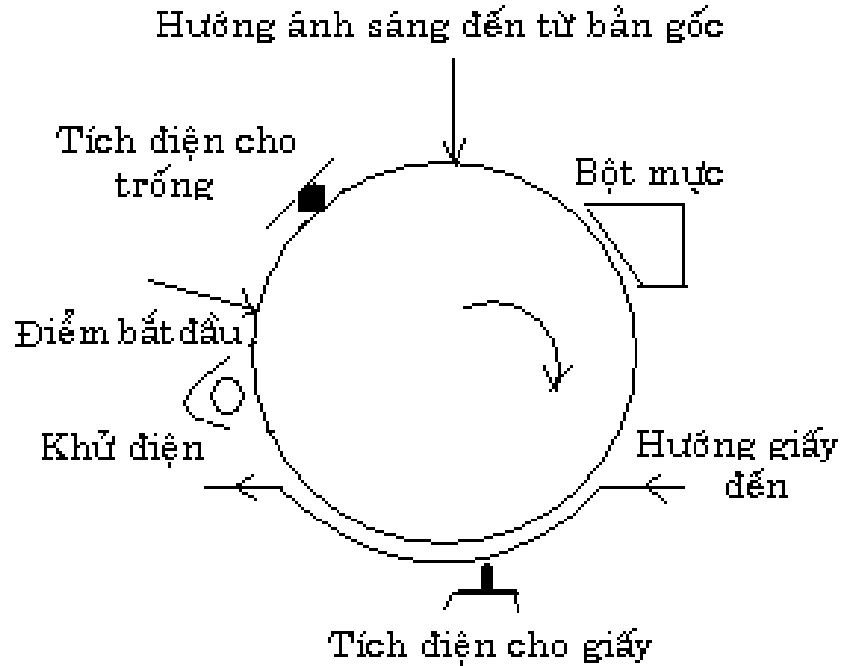
Sơ đồ cấu trúc nguyên lý của máy photocopy



## §2. Định luật Coulomb

Ứng dụng tương tác tĩnh điện trong kỹ thuật:

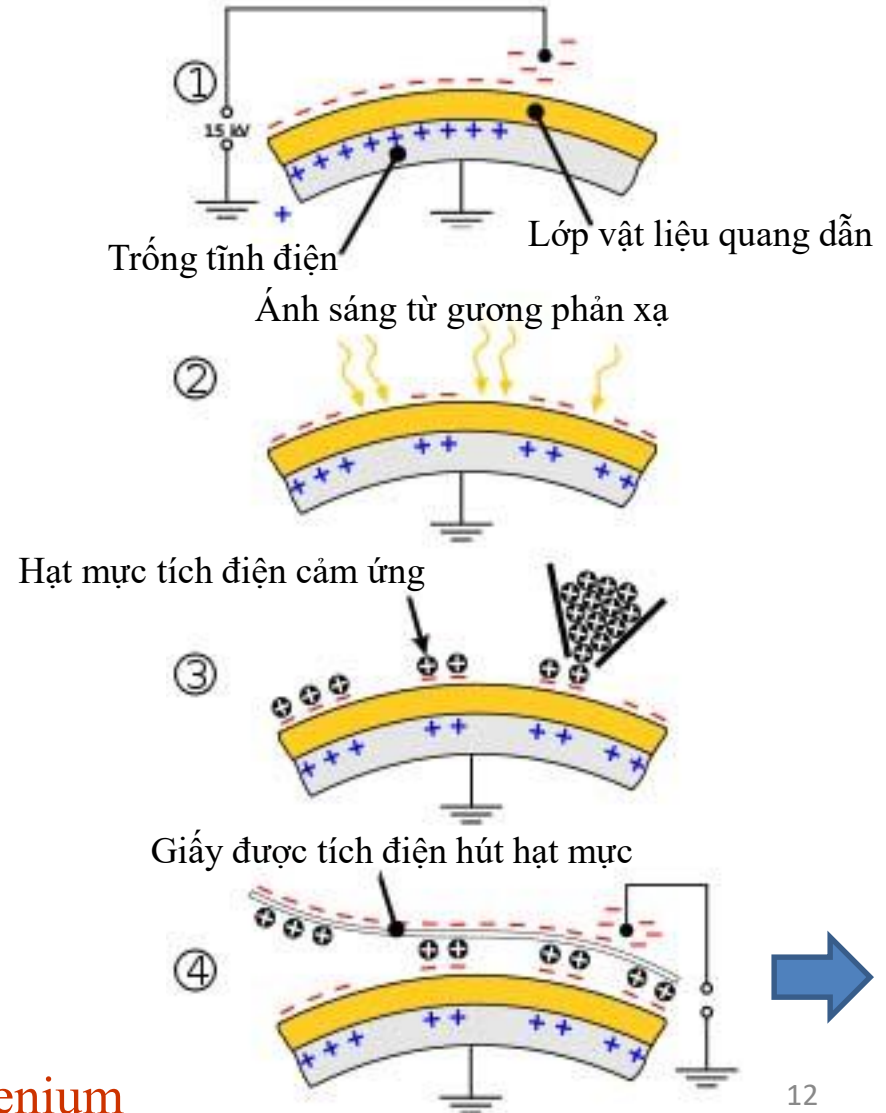
Máy photocopy



Nguyên lý hoạt động của  
trống máy photocopy

Vật liệu quang dẫn:

Polymer polyvinylcarbazole hoặc Selenium



# §3. Điện trường

## 1. Khái niệm điện trường

**Người ta chứng minh rằng:**

- Xung quanh mỗi một điện tích tồn tại một môi trường vật chất đặc biệt bao quanh nó gọi là điện trường.
- Đặc điểm của điện trường là: tác dụng lực điện lên điện tích khi đặt vào trong điện trường.

- Tương tác giữa các điện tích được thể hiện như sau:

Mỗi một điện tích gây ra xung quanh nó một điện trường; điện trường của điện tích này tác dụng lên điện tích kia một lực điện.

## §3. Điện trường

### 2. Vector cường độ điện trường

☞ Đặt điện tích thử  $q_0$  trong điện trường tại M

☞ Lực tác dụng lên  $q_0$  là  $\vec{F}$

☞ Xét tỉ số  $\frac{\vec{F}}{q_0}$

- Không phụ thuộc  $q_0$
- Phụ thuộc vị trí điểm M nơi đặt điện tích  $q_0$
- Tại vị trí điểm M tỉ số này có giá trị xác định

☞ Dùng tỉ số này đặc trưng cho điện trường tại M về phương diện tác dụng lực gọi là **cường độ điện trường**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

◆ Định nghĩa: Cường độ điện trường tại 1 điểm nào đó là đại lượng vật lý đặc trưng cho điện trường về phương diện tác dụng lực, có độ lớn bằng độ lớn của lực điện trường tác dụng lên 1 đơn vị điện tích dương đặt tại điểm đó.

## §3. Điện trường

### 3. Vector cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm:

☞ Xét điện tích  $q_0$  đặt trong điện trường của  $Q$

◆ Lực Coulomb

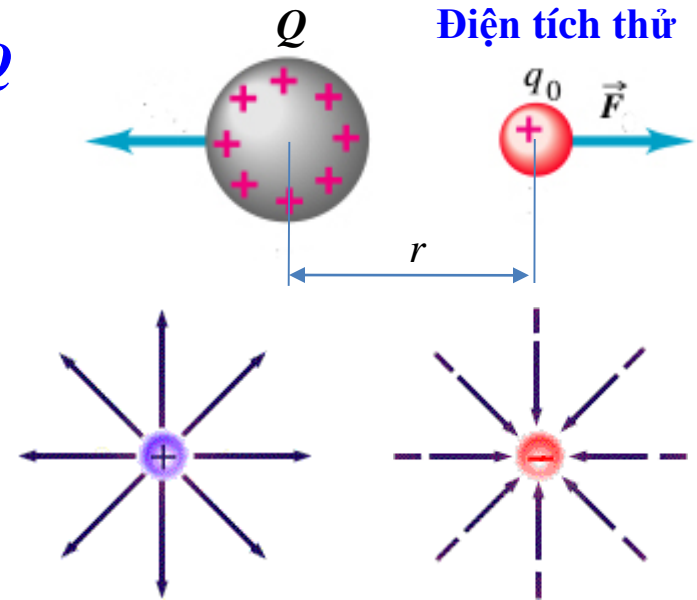
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{Qq_0}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

◆ Cường độ điện trường tại 1 điểm nào đó là đại lượng vật lý có độ lớn bằng độ lớn của lực điện trường tác dụng lên 1 đơn vị điện tích +1 đặt tại điểm đó

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{Q}{\epsilon \cdot r^2}$$

◆ Đơn vị: V/m



## §3. Điện trường

### 4. Nguyên lý chồng chập điện trường

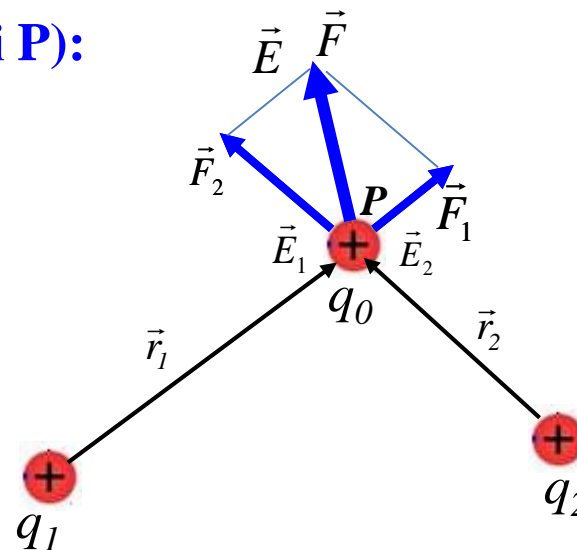
☞ Xét  $q_1, q_2$  tác dụng lực  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  lên  $q_0$  (đặt tại P):

♦ có:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$$\Rightarrow \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{\vec{F}_1}{q_0} + \frac{\vec{F}_2}{q_0}$$

♦ Điện trường gây bởi  $q_1$  và  $q_2$ :

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left( \frac{q_1}{r_1^2} \frac{\vec{r}_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2^2} \frac{\vec{r}_2}{r_2} \right)$$





## §3. Điện trường

### 4. Nguyên lý chồng chập điện trường

☞ Điện trường gây bởi  $n$  điện tích điểm tại vị trí bất kỳ:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \frac{\vec{r}_i}{r_i}$$

♦ Vector cường độ điện trường gây bởi một hệ điện tích tại bất kỳ điểm nào trong trường là tổng các vector cường độ điện trường gây bởi từng điện tích tại điểm đó.

# §3. Điện trường

## 4. Nguyên lý chồng chập điện trường

☞ Điện trường gây bởi vật mang điện có điện tích phân bố liên tục:

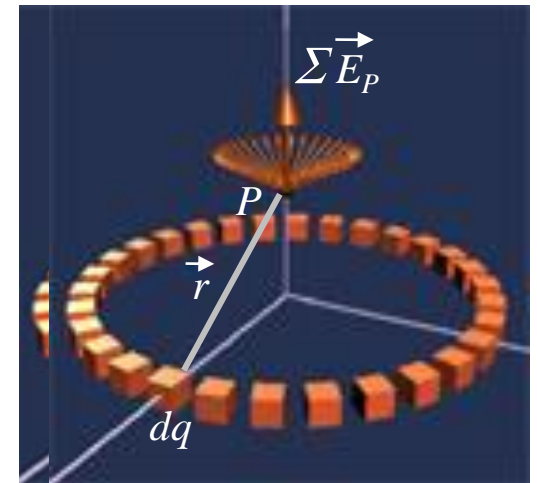
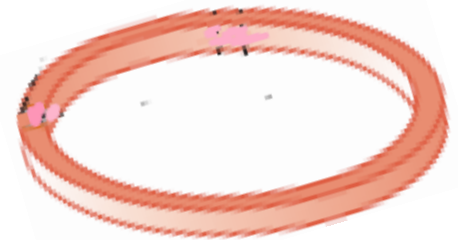
♦ Chia vật thành vô số các phần tử vô cùng nhỏ mang điện tích  $dq \Leftrightarrow$  điện tích điểm.

♦ Điện trường gây bởi  $dq$  tại 1 điểm cách  $dq$  đoạn  $r$ :

$$d\vec{E}_P = \frac{9 \cdot 10^9}{\varepsilon} \frac{dq}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

♦ Điện trường tổng hợp gây bởi toàn bộ vật mang điện tại 1 điểm trong không gian của điện trường:

$$\vec{E}_P = \int_{\text{toàn bộ vật}} d\vec{E} = \frac{9 \cdot 10^9}{\varepsilon} \int_{\text{toàn bộ vật}} \frac{dq}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



## §3. Điện trường

### 4. Nguyên lý chồng chập điện trường

☞ Điện trường gây bởi vật mang điện có điện tích phân bố liên tục

◆ Dây tích điện có độ dài  $l$

Đ/tích của vi phân độ dài:  $dq = \lambda dl$

( $\lambda$ : mật độ điện dài = điện tích/đơn vị độ dài)

$$\Rightarrow \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{(l)} \frac{\lambda dl}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

◆ Mặt tích điện có diện tích  $S$

Đ/tích của vi phân diện tích:  $dq = \sigma dS$

( $\sigma$ : mật độ điện mặt = điện tích/đơn vị diện tích)

$$\Rightarrow \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{(S)} \frac{\sigma dS}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

◆ Khối tích điện có thể tích  $V$

Đ/tích của vi phân thể tích:  $dq = \rho dV$

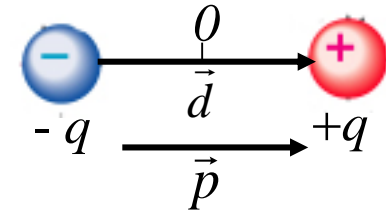
( $\rho$ : mật độ điện khối = đ/tích/đơn vị thể tích)

$$\Rightarrow \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{(V)} \frac{\rho dV}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

## §3. Điện trường

### 5.a. Lượng cực điện

☞ Hệ 2 điện tích điểm trái dấu có độ lớn bằng nhau cách nhau một khoảng  $d$  (**rất nhỏ**)  $\vec{p}_e = q\vec{d}$



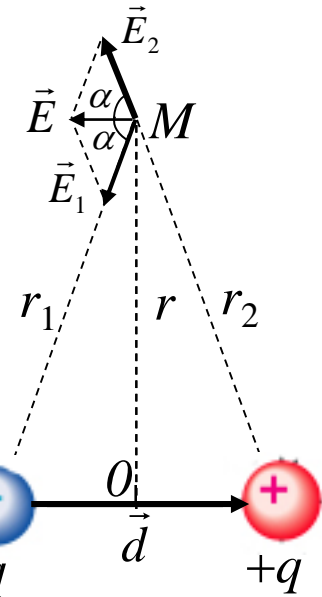
### Điện trường gây bởi lưỡng cực điện

♦ Tại điểm nằm trên đường trung trục ( $r \gg d$ )

$$\text{Có: } \vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \text{ với: } E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r_1^2}$$

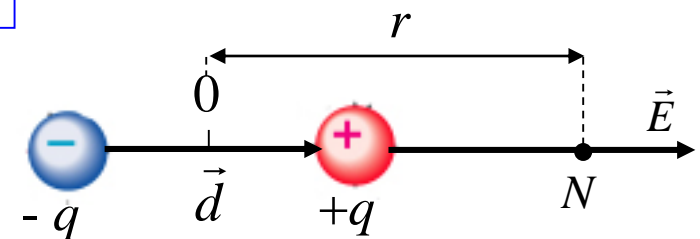
$$\text{hay: } E = E_1 \cdot \cos\alpha + E_2 \cdot \cos\alpha = 2E_1 \cdot \cos\alpha; (\cos\alpha = d/2r_1)$$

$$\Rightarrow \boxed{E_M = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{qd}{r_1^3}} \text{ hay: } \boxed{\vec{E}_M = -\frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{\vec{p}_e}{r_1^3}}$$



♦ Tại điểm nằm trên trục lưỡng cực ( $r \gg d$ )

$$\boxed{\vec{E}_M = -\frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{\vec{p}_e}{r^3}}$$



## §3. Điện trường

### 5.b. Điện trường gây bởi dây dẫn thẳng dài vô hạn

☞ Dây: độ dài  $l$ , điện tích  $Q$ , mật độ điện tích dài  $\lambda$ .

♦ Chia dây thành các phần tử độ dài  $dl$  vô cùng nhỏ, có điện tích:

$$dQ = \frac{Q}{l} dl = \lambda dl$$

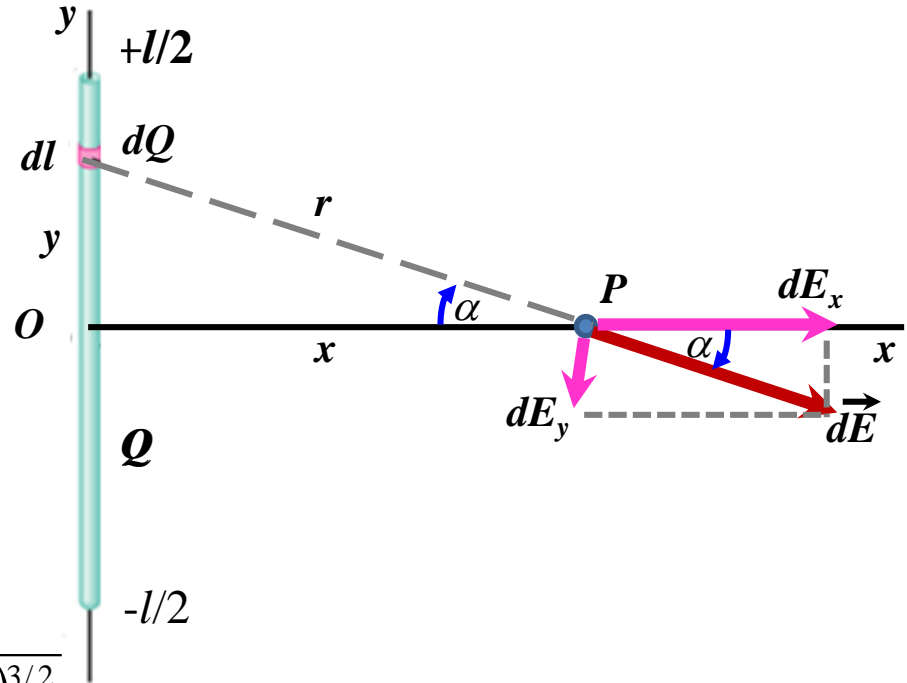
♦ Điện trường tại  $P$  gây bởi  $dQ$ :

$$d\vec{E} = d\vec{E}_x + d\vec{E}_y$$

♦ Điện trường tại  $P$  gây bởi  $Q$ :

$$E = E_x = \int dE_x = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{-l/2}^{+l/2} \frac{x dl}{(x^2 + y^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{2\lambda}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_0^{l/2} \frac{x dl}{(x^2 + y^2)^{3/2}} = \frac{\lambda l}{2\pi\epsilon\epsilon_0 x (x^2 + l^2)^{1/2}}$$

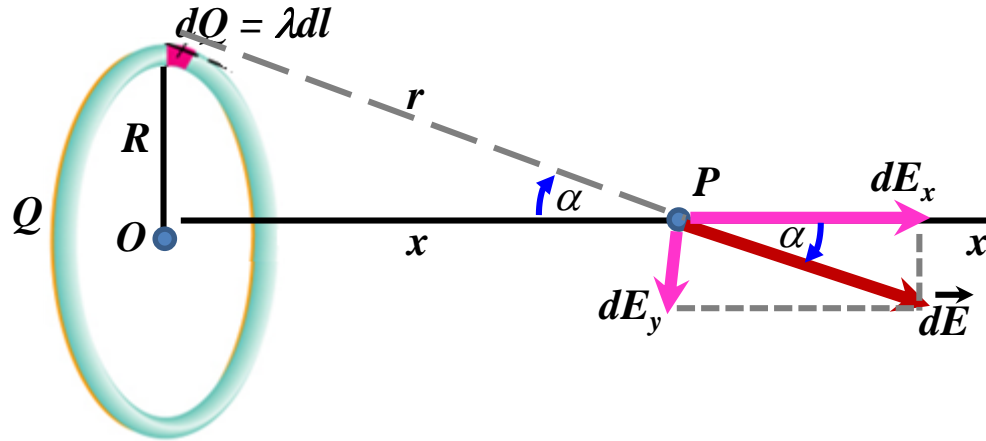


$$\left\{ \begin{array}{l} x \ll l \Rightarrow E = \frac{|\lambda|}{2\pi\epsilon\epsilon_0 x} \\ x \gg l \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 x^2} \end{array} \right.$$

### §3. Điện trường

#### 5.c. Điện trường gây bởi vòng dây tròn tích điện đều

☞ Dây tròn: bán kính  $R$ , mật độ điện tích dài  $\lambda$ , điện tích  $Q$ .



- ◆ Chia dây thành các phần tử độ dài  $dl$  vô cùng nhỏ, có điện tích  $dQ = \lambda dl$
- ◆ Điện trường tại  $P$  gây bởi  $dQ$ :  $d\vec{E}_P = d\vec{E}_x + d\vec{E}_y$  với  $dE_x = dE \cdot \cos \alpha$
- ◆ Điện trường tại  $P$  gây bởi  $Q$ :

$$E = E_x = \int_{(\text{vòng tròn})} \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{dQ}{r^2} \cos \alpha = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{x}{r^3} \int_0^{2\pi R} dl$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Qx}{r^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Qx}{(x^2 + a^2)^{3/2}}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x \ll R: E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{a^3} \\ x \gg R: E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \end{cases}$$

### §3. Điện trường

#### 5.d. Điện trường gây bởi mặt đĩa tích điện đều

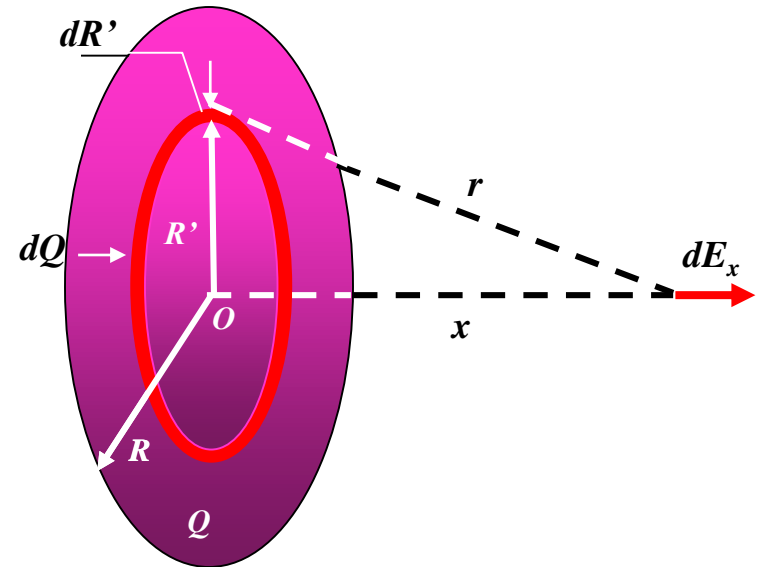
☞ Đĩa: bán kính  $R$ , điện tích  $Q$ , mật độ điện tích  $\sigma$ .

♦ Xét hình vành khăn có diện tích  $ds$ , độ rộng  $dR'$  mang điện tích  $dQ$ :

$$dQ = \sigma ds = \sigma 2\pi R' dR'$$

♦ Điện trường gây bởi  $dQ$ :

$$E = E_x = \int dE_x = \frac{2\pi\sigma x}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_0^R \frac{R' dR'}{(x^2 + R'^2)^{3/2}} =$$
$$= \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0} \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{x^2}}} \right)$$



♦ Nếu  $R \rightarrow \infty$  (mặt phẳng vô hạn)  $\Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$

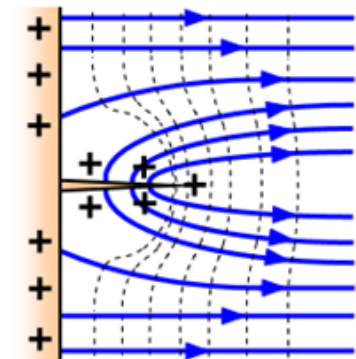
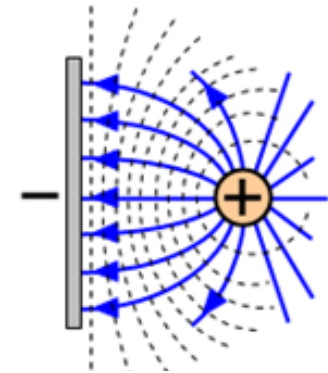
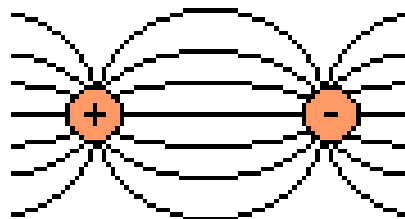
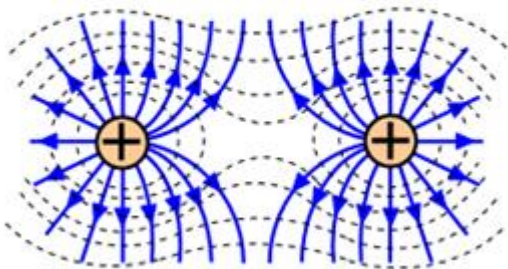
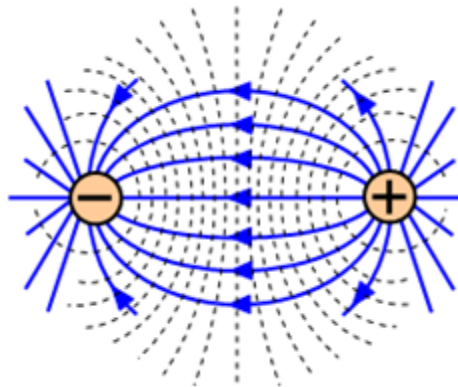
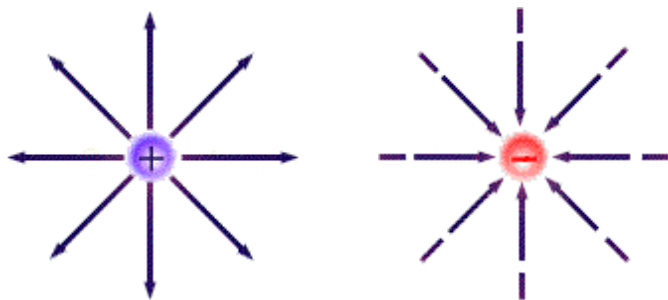
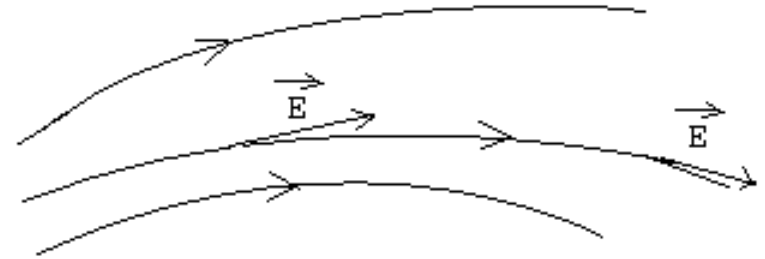
## §3. Điện trường

### 6. Đường sức điện trường

☞ Đường cong hình học mô tả điện trường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với phương của vector cường độ điện trường tại điểm đó.

☞ Chiều đường sức điện trường là chiều vector cường độ điện trường.

☞ Điện phổ: tập hợp các đường sức điện trường





## §3. Điện trường

### 7. Điện tích trong điện trường ngoài

☞ Cho trước 1 điện tích  $\Rightarrow$  tạo ra điện trường xung quanh nó!

☞ Cho trước 1 điện trường  $\Rightarrow$  ảnh hưởng của đ/trường lên điện tích đặt trong đó?

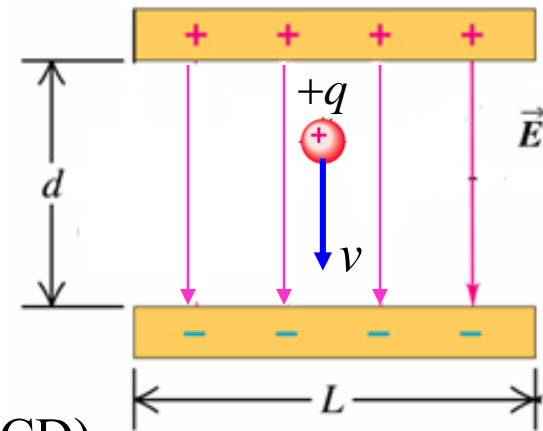
◆ Điện trường tác dụng lên điện tích 1 lực điện:  $\vec{F} = q.\vec{E}$

◆ Chiều của  $F$  không phụ thuộc chiều  $E$  mà phụ thuộc dấu điện tích

*Điện tích  $q$  chuyển động cùng chiều điện trường đều  $E$*   $\vec{v} \equiv \vec{E}$

☞ Phương trình động lực học:  $m\vec{a} = \vec{F} = q.\vec{E}$

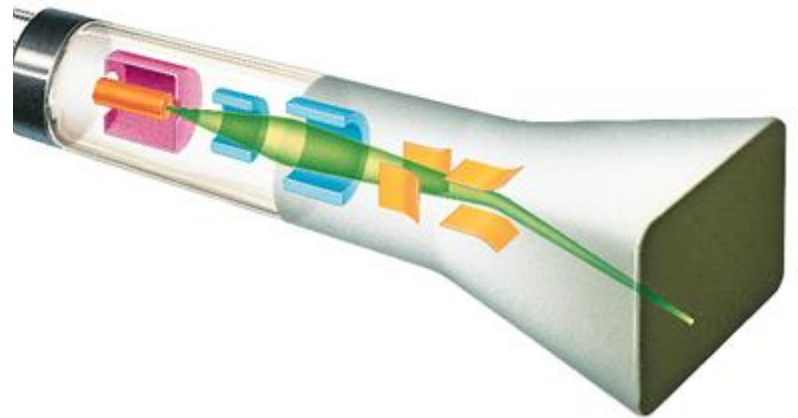
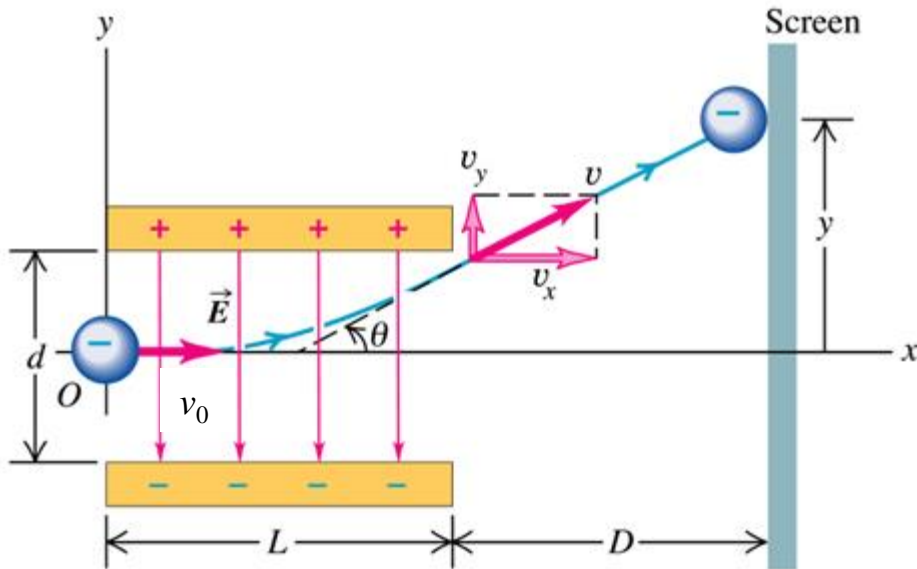
$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} a = a_y = \frac{q}{m} E \\ v = v_y = \frac{q}{m} E.t \\ y = \frac{1}{2} \frac{q}{m} E.t^2 \text{ (ph/trình CĐ)} \end{array} \right.$$



### §3. Điện trường

#### 7. Điện tích trong điện trường ngoài

Điện tích  $-q$  đi vào vùng điện trường đều  $E$  với vận tốc ban đầu,  $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$



Các đặc trưng động học theo 2 phương Ox và Oy:

$$\begin{cases} a_x = 0 ; & a_y = \frac{qE}{m} \\ v_x = v_0 ; & v_y = \left( \frac{qE}{m} \right) t \\ x = v_0 \cdot t ; & y = \frac{1}{2} \left( \frac{qE}{m} \right) t^2 \end{cases}$$

$\Rightarrow$  Phương trình quỹ đạo:  $y = \frac{1}{2} \left( \frac{qE}{mv_0^2} \right) x^2$

# §4. Định lý Ostrogradski – Gauss ( Định lý O – G)

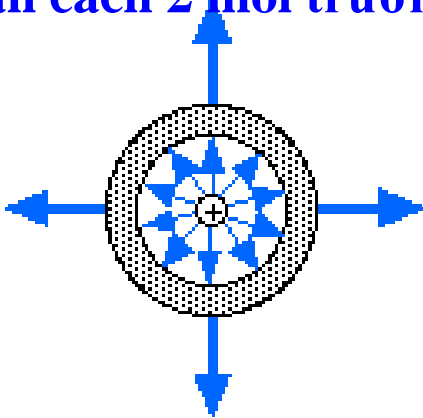
## 1. Vector điện cảm (véc tơ cảm ứng điện

Johann Carl-Friederich Gauss  
(1777-1855)

Vector cường độ điện trường:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \Rightarrow E \in \mathcal{E}$$

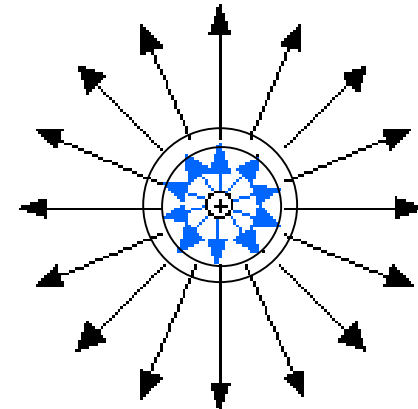
⇒ Phổ đường sức của vector điện trường gián đoạn khi qua mặt phân cách 2 môi trường



Vector cảm ứng điện (điện cảm)

$$\vec{D} = \epsilon\epsilon_0 \vec{E} \Rightarrow D = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^2} \notin \mathcal{E}$$

⇒ Phổ đường sức của vector điện cảm là liên tục khi qua mặt phân cách 2 môi trường



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (O - G)

### 2. Điện thông

☞ **Khái niệm:** *Thông lượng vector điện cảm gửi qua một thiết diện có trị số tỉ lệ với số đường sức cắt vuông góc thiết diện đó.*

$$\Phi_e = D \cdot S_0$$

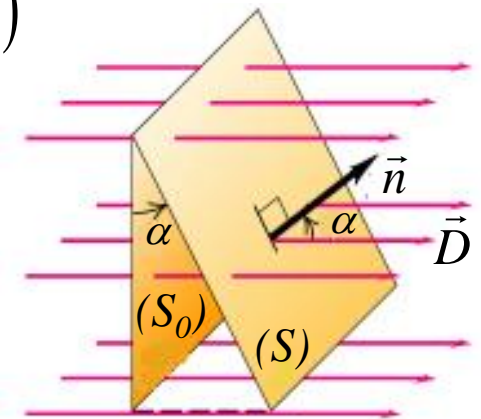
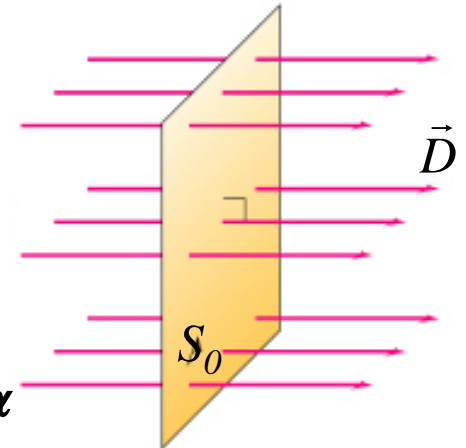
☞ Tiết diện ( $S$ ) bất kỳ, tạo với  $S_0$  góc  $\alpha \Rightarrow S_0 = S \cdot \cos \alpha$

♦  $\vec{n}$  là vector pháp tuyến của mặt  $S$ , cũng có:  $\alpha = (\vec{n}, \vec{D})$

$$\Phi_e = D \cdot S_0 = D \cdot S \cdot \cos \alpha = D_n S$$

♦  $D_n$  là hình chiếu của  $\vec{D}$  lên phương pháp tuyến  $\vec{n}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha < \frac{\pi}{2} \Rightarrow \Phi_e > 0 \\ \alpha > \frac{\pi}{2} \Rightarrow \Phi_e < 0 \\ \alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \Phi_e = 0 \end{array} \right.$$



# §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O – G)

## 2. Điện thông

☞ Điện trường bất kỳ: xét phần tử diện tích  $dS$

$$d\Phi_e = D \cdot S_0 = D \cdot dS \cdot \cos \alpha \Rightarrow d\Phi_e = \vec{D} \cdot d\vec{S}$$

♦ Điện thông toàn phần:

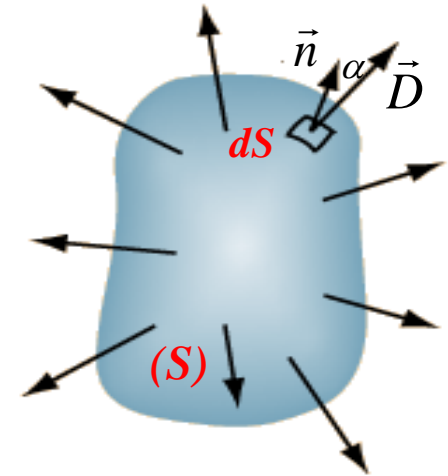
$$\Phi_e = \int_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_S D_n dS$$

$$\text{Hoặc } \Phi_e = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \oint_S E_n dS$$

:

♦ Điện thông (*electric flux*): Đại lượng đặc trưng lượng điện trường đi qua một diện tích bề mặt

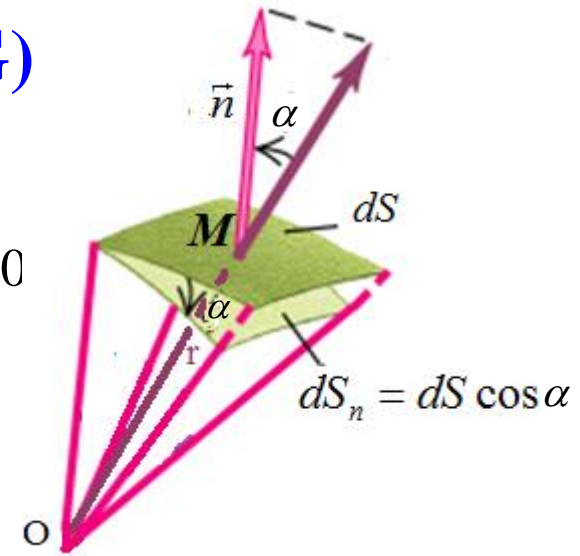
♦ Đơn vị:  $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (O-G)

### Góc khối

☞ Góc khối vi phân:  $d\Omega = \frac{dS \cos \alpha}{r^2}$   $\left\{ \begin{array}{l} -\alpha \text{ nhọn} \Rightarrow d\Omega > 0 \\ -\alpha \text{ tù} \Rightarrow d\Omega < 0 \end{array} \right.$   
 $(\vec{r} = \overrightarrow{OM})$   
 Hay:  $d\Omega = \frac{dS_n}{r^2}$



☞ Xét mặt kín bất kỳ  $\Rightarrow$  xây dựng mặt cầu  $\Sigma$ , tâm O, bán kính đơn vị (tức là,  $R = 1$ ), sao cho  $d\Sigma$  nằm trong hình nón tạo góc khối  $d\Omega$ .

Có:  $\frac{d\Sigma}{1^2} = \frac{dS_n}{r^2} \Rightarrow |d\Omega| = d\Sigma$

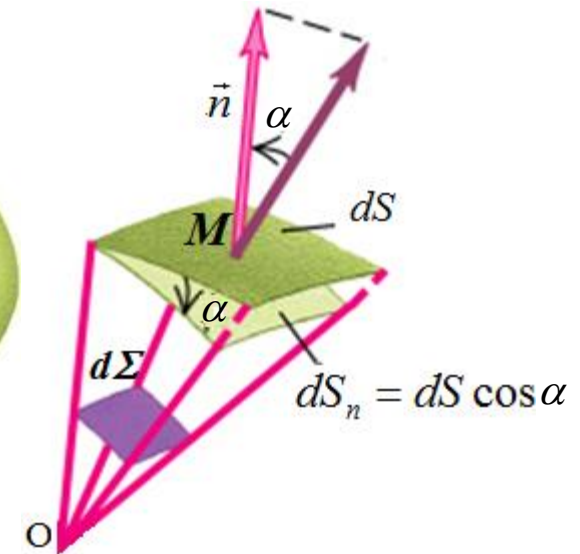
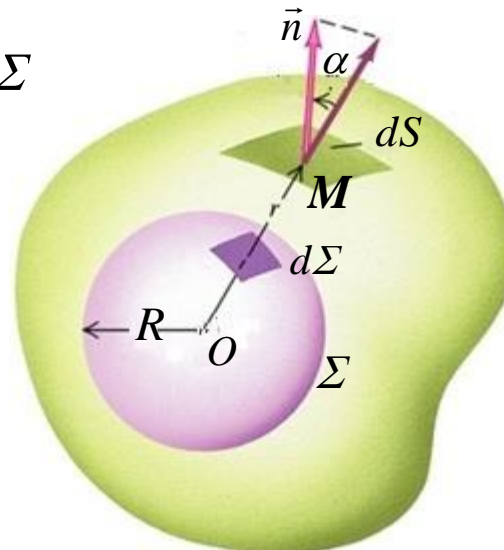
♦  $\vec{n}$  hướng ra ngoài:

$$\Rightarrow d\Omega = +d\Sigma$$

♦  $\vec{n}$  hướng vào trong:

$$\Rightarrow d\Omega = -d\Sigma$$

☞  $\Omega = \pm 4\pi(1)^2 = \pm 4\pi$



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O – G)

### Điện thông xuất phát từ điện tích điểm $q$

Trong mặt cầu kín  $S$  hoặc mặt kín bất kỳ

☞ Vector điện cảm (điện trường)  $\equiv$  phương OM

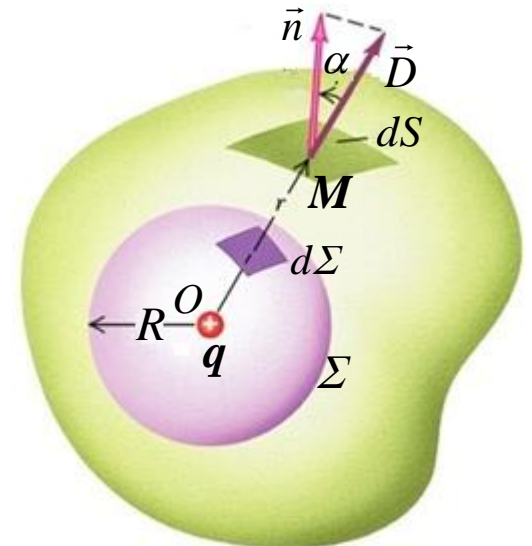
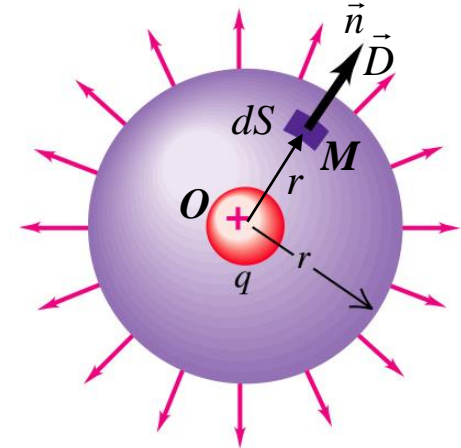
$$\text{Có: } D = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^2}$$

☞ Điện thông qua diện tích vi phân  $dS$ :

$$d\Phi_e = D dS \cos \alpha = \frac{q}{4\pi} d\Omega$$

$$\Phi_e = \int_S d\Phi_e = \frac{q}{4\pi} \int_S d\Omega = \frac{q}{4\pi} 4\pi = q$$

♦ Mặt kín bao quanh điện tích điểm hay vật mang điện: *mặt Gauss*



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

### Điện thông xuất phát từ điện tích điểm $q$

*Ngoài mặt kín  $S$  bất kỳ*

☞ Đường sức vector điện cảm là đường hở  
⇒ hoặc không cắt hoặc cắt số chẵn lần (một đi vào mặt  $S_1$ , một ra khỏi mặt  $S_2$ ).

♦ Có:  $\Phi_e = \frac{q}{4\pi} \int_S d\Omega$

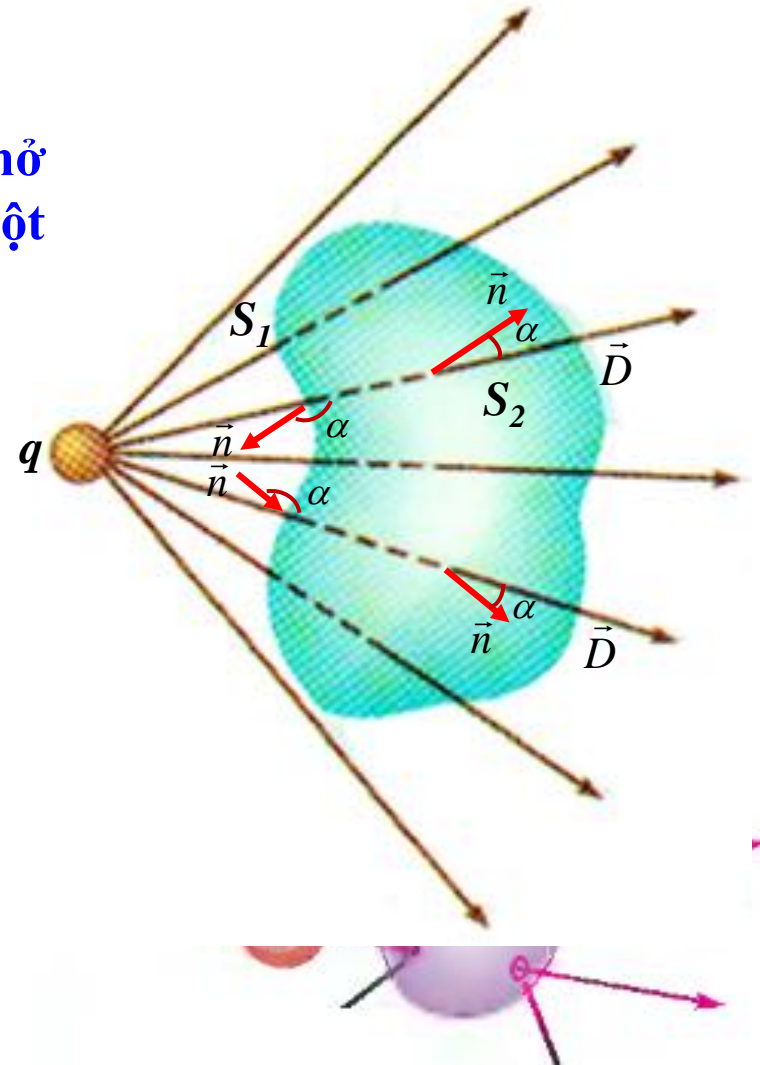
♦ Với:  $\int_S d\Omega = \int_{S_1} d\Omega + \int_{S_2} d\Omega$

♦  $S_1$  tương ứng  $\vec{n}$  hướng ngược chiều  $\vec{D}$

♦  $S_2$  tương ứng  $\vec{n}$  hướng cùng chiều  $\vec{D}$

♦  $\int_{S_1} d\Omega + \int_{S_2} d\Omega = (-\Delta\Sigma) + (+\Delta\Sigma) = 0$

♦ Vì vậy:  $\Phi_e = 0$





## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

### 3. Định lý O - G cho phân bố điện tích gián đoạn

👉 **Nội dung:** Thông lượng điện cảm gửi qua một mặt kín bất kỳ bằng tổng đại số các điện tích nằm trong mặt kín đó.

$$\Phi_e = \oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_k q_k$$

### 4. Định lý O - G cho phân bố điện tích liên tục

👉 Khi đó:  $\sum_k q_k = \int_V \rho \cdot dV$

$$\Phi_e = \oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \iiint_V \rho \cdot dV$$

vì:  $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_V \text{div} \vec{D} \cdot dV$

với:  $\text{div} \vec{D} = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z}$

$$\Rightarrow \text{div} \vec{D} = \rho$$

(Phương trình Poisson)

## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

### 5. Xác định cường độ điện trường ứng dụng định lý O-G

#### 5.1. Quả cầu rỗng (bán kính $R$ ) tích điện đều ( $Q > 0$ ) trên bề mặt

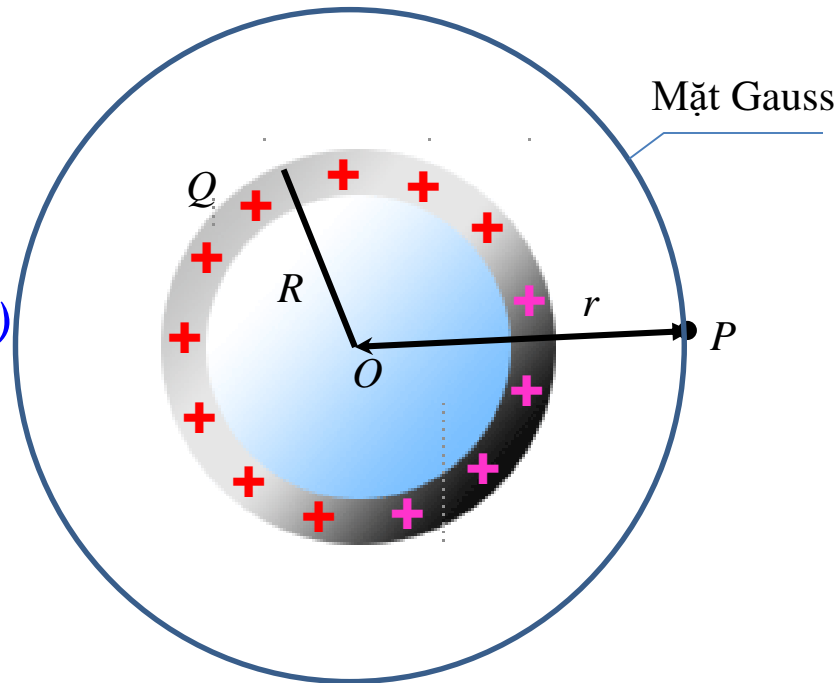
☞ Điểm  $P$  bên ngoài, cách  $O$  khoảng  $r$ .

◆ Dựng mặt Gauss bao quanh, bán kính  $r > R$ .

◆ Thông lượng điện cảm qua mặt Gauss, bk  $r$ :

$$\left. \begin{aligned} \Phi_e &= \oint D_n \cdot dS = \oint D \cdot dS = D \oint dS = D \cdot 4\pi \cdot r^2 \\ \text{◆ Định lý Gauss: } \Phi_e &= Q \end{aligned} \right\} D \cdot 4\pi \cdot r^2 = Q \Rightarrow D = \frac{1}{4\pi} \frac{Q}{r^2}$$

◆ Cường độ điện trường bên ngoài quả cầu:  $E = \frac{D}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

### 5. Xác định cường độ điện trường ứng dụng định lý O-G

#### 5.2. Quả cầu rỗng (bán kính $R$ ) tích điện đều ( $Q > 0$ ) trên bề mặt

☞ Điểm  $P'$  bên trong, cách  $O$  khoảng  $r'$ .

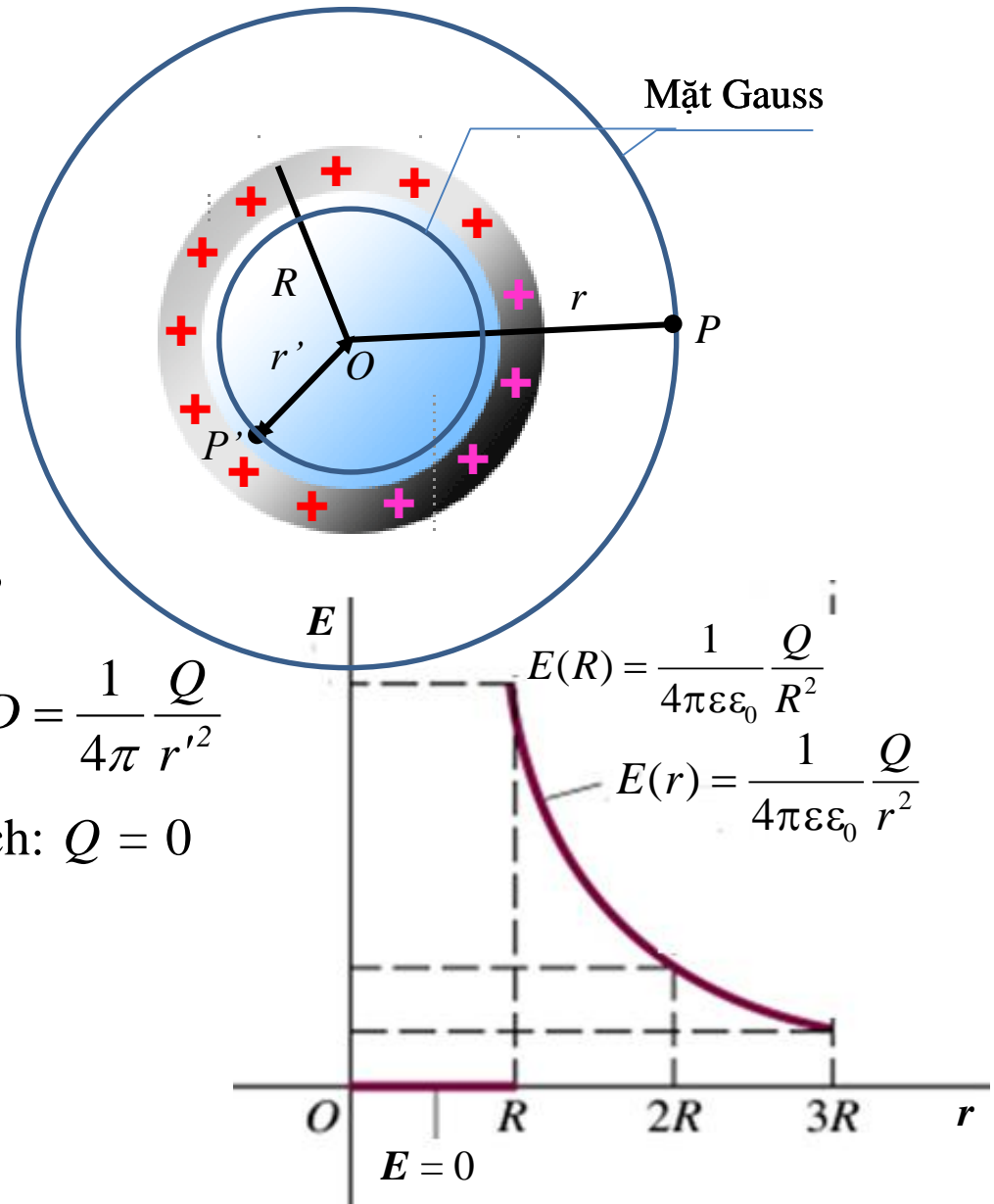
♦ Dựng mặt Gauss sát mặt cầu, bán kính  $r' < R$ .

♦ Tương tự có:  $D \cdot 4\pi \cdot r'^2 = Q \Rightarrow D = \frac{1}{4\pi} \frac{Q}{r'^2}$

♦ Bên trong q/cầu ko có điện tích:  $Q = 0 \Rightarrow E = 0$

♦ Trên bề mặt:  $r = R$ , có:

$$E = \frac{D}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{R^2}$$



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

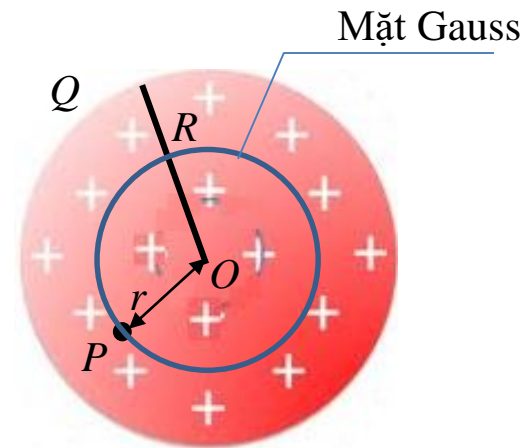
### 5. Xác định cường độ điện trường ứng dụng định lý O-G

#### 5.3. Quả cầu đặc (bán kính $R$ ) tích điện đều ( $Q > 0$ ) trong toàn bộ thể tích.

☞ Mật độ điện tích khối của quả cầu:

$$\rho = \frac{Q}{V_{\text{khối cầu}}} = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

☞ Điểm  $P$  bên trong, cách  $O$  khoảng  $r$ .



♦ Dựng mặt Gauss, bán kính  $r < R$ .

♦ Đ/tích quả cầu Gauss:  $Q' = \rho V_{\text{mặt cầu Gauss}} = \rho \frac{4}{3}\pi r^3 = Q \frac{r^3}{R^3}$

♦ Thông lượng điện cảm qua mặt Gauss, bk  $r$ :

$$\Phi_e = \oint D_n \cdot dS = \oint D \cdot dS = D \oint dS = D \cdot 4\pi \cdot r^2$$

♦ Định lý Gauss:  $\Phi_e = Q'$

$$D \cdot 4\pi \cdot r^2 = Q' \Rightarrow D = \frac{1}{4\pi} \frac{Q'}{r^2} = \frac{1}{4\pi} \frac{Qr}{R^3}$$

♦ Cường độ điện trường bên trong quả cầu:  $E = \frac{D}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Qr}{R^3}$

## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

### 5. Xác định cường độ điện trường ứng dụng định lý O-G

5.3. Quả cầu đặc (bán kính  $R$ ) tích điện đều ( $Q > 0$ ) trong toàn bộ thể tích.

☞ Điểm  $P'$  bên ngoài, cách  $O$  khoảng  $r'$ .

♦ Dựng mặt Gauss bao quanh, bán kính  $r' > R$ .

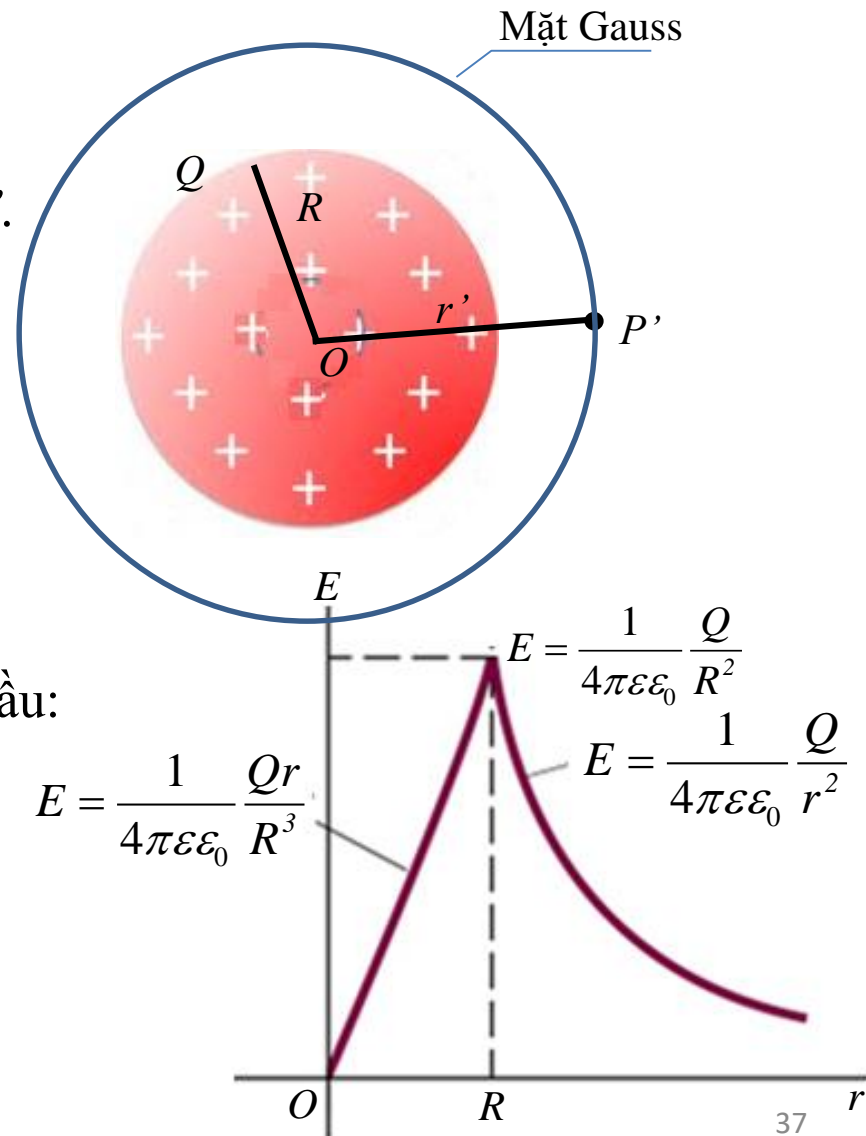
♦ Tương tự có:

$$D \cdot 4\pi \cdot r'^2 = Q \Rightarrow D = \frac{1}{4\pi} \frac{Q}{r'^2}$$

♦ Cường độ điện trường bên ngoài quả cầu:

$$E = \frac{D}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{r'^2}$$

☞ Trên bề mặt:  $r = R$ :  $E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Q}{R^2}$



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

### 5. Xác định cường độ điện trường ứng dụng định lý O-G

#### 5.4. Mặt phẳng vô hạn tích điện đều ( $Q > 0$ )

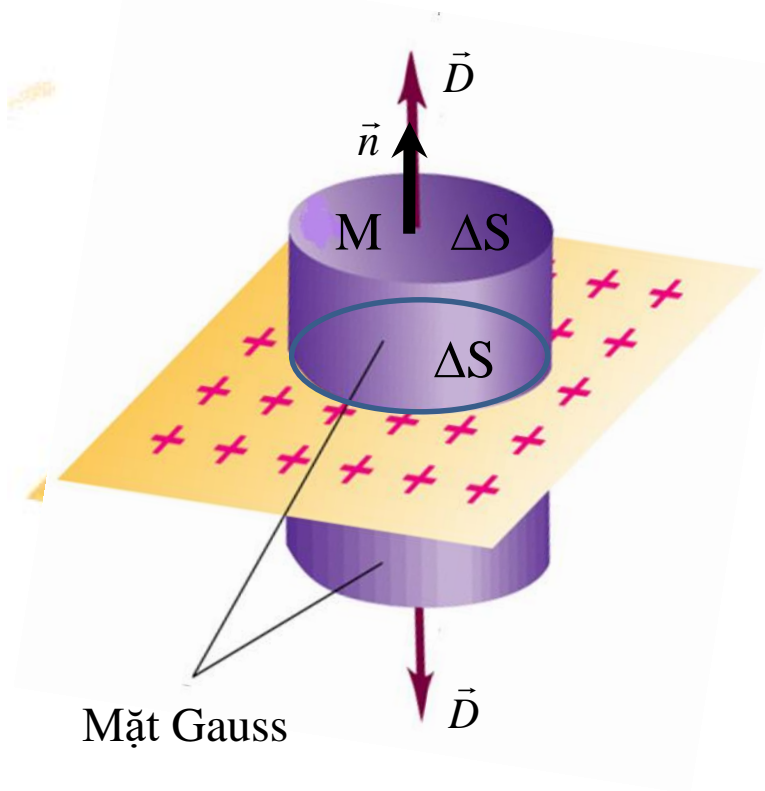
☞ Vector điện cảm (điện trường) có chiều và phương vuông góc mặt phẳng

☞ Xét điểm M nằm trên một đáy hình trụ (mặt bên là mặt Gauss) cắt vuông góc mặt phẳng tích điện.  $\Delta S$  là giao diện trụ và mặt phẳng tích điện  $\Rightarrow$  Điện thông gửi qua 2 mặt đáy là  $D_n$ , qua mặt bên = 0.

$$\text{Có: } \Phi_e = D_n \cdot 2\Delta S = Q$$

$$\blacklozenge D_n = D = \frac{1}{2} \frac{Q}{\Delta S} = \frac{1}{2} \frac{\sigma \Delta S}{\Delta S} = \frac{\sigma}{2} \quad (\sigma: \text{mật độ điện tích mặt})$$

$$\blacklozenge E = \frac{D}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{\sigma}{2\epsilon \epsilon_0}$$



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

### 5. Xác định cường độ điện trường ứng dụng định lý O - G

5.5. Hai mặt phẳng vô hạn song song tích điện bằng nhau, trái dấu (+q và -q)

☞ Không gian giữa 2 mặt phẳng:

♦ Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường

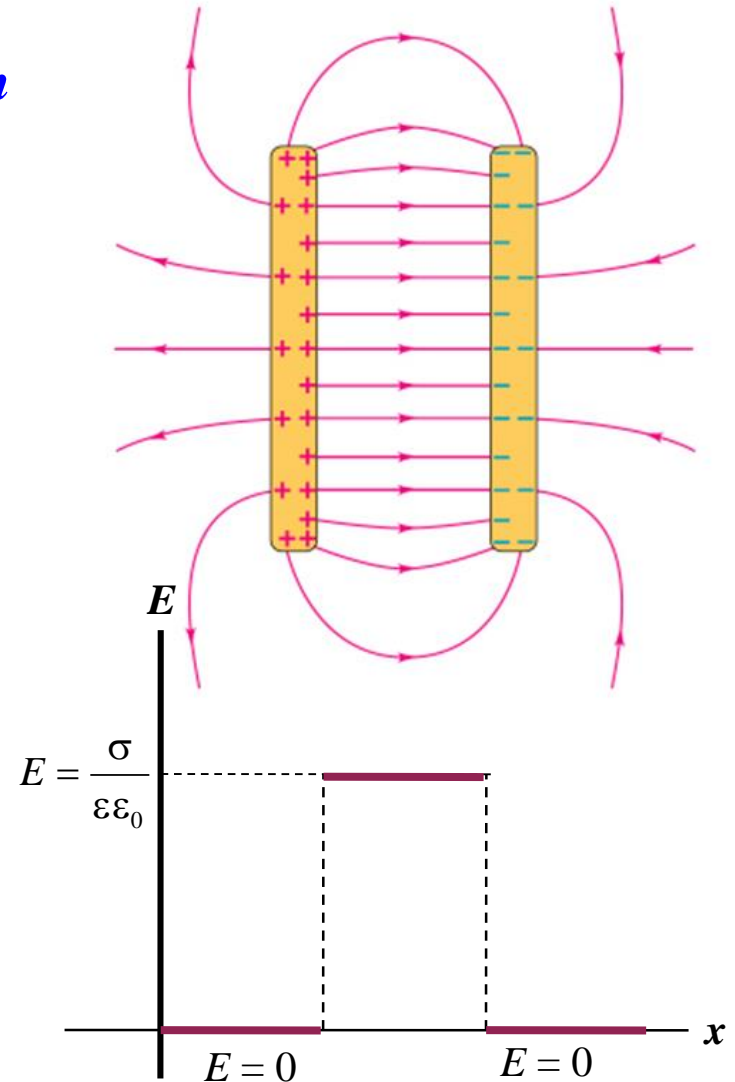
$$\vec{D} = \vec{D}_1 + \vec{D}_2$$

♦ Độ lớn:  $D = \frac{\sigma}{2} + \frac{\sigma}{2} = \sigma$

$$E = \frac{D}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$$

☞ Không gian bên ngoài 2 mặt phẳng:

$$E = 0$$



## §4. Định lý Ostrogradski – Gauss (Định lý O - G)

### 5. Xác định cường độ điện trường ứng dụng định lý O - G

#### 5.6. Mặt trụ (bán kính $R$ ) vô hạn tích điện đều ( $Q > 0$ )

☞ Xét  $M$  trên mặt trụ bao quanh - mặt Gauss ( $r > R$ , độ dài  $l$ , cạnh mặt bên song song trục, 2 đáy vuông góc trục)  $\Rightarrow$  Vector điện cảm (điện trường) có chiều và phương vuông góc mặt trụ  $\Rightarrow$  Điện thông gửi qua mặt bên là  $D_n$ , qua 2 mặt đáy  $= 0$ .

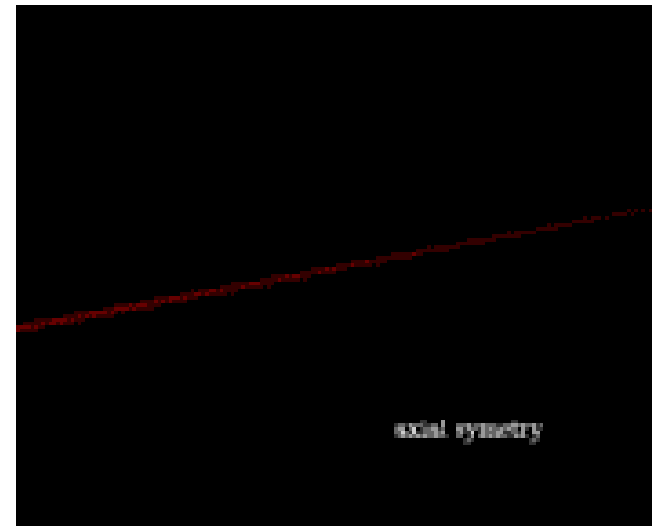
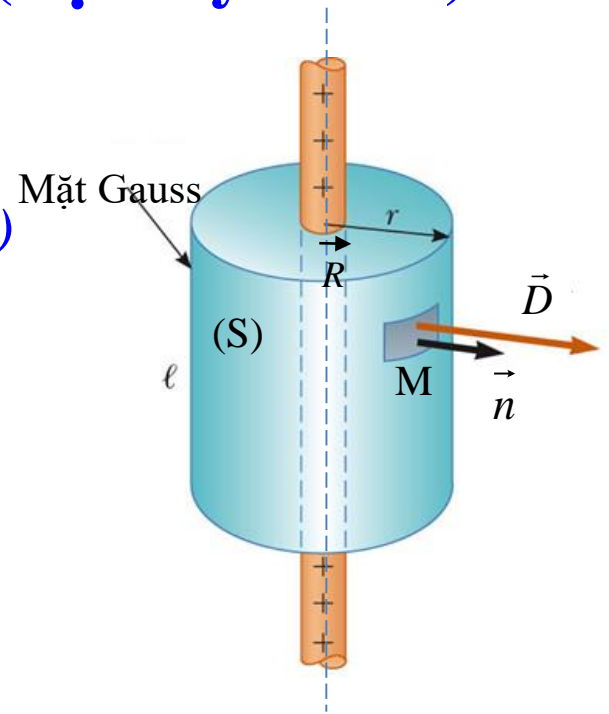
$$\text{Có: } \Phi_e = \oint_S D_n \cdot dS = \int_{\text{Mat bên}} D_n \cdot dS = D \int_{\text{Mat bên}} dS = D \cdot 2\pi r l$$

$$\Phi_e = Q = \lambda l \quad (\lambda: \text{mật độ điện tích dài})$$

$$\text{☞ } D_n = D = \frac{Q}{2\pi r l} = \frac{\lambda}{2\pi r} = \frac{\sigma R}{r} \quad (\sigma: \text{mật độ điện tích mặt})$$

$$\text{và } E = \frac{D}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{Q}{2\pi \epsilon \epsilon_0 r} = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon \epsilon_0 r} = \frac{\sigma R}{\epsilon \epsilon_0 r}$$

$$\blacklozenge \text{ Khi } R \text{ rất nhỏ: } E = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon \epsilon_0 r}$$





## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 1. Công của lực tĩnh điện – Tính chất thế trường tĩnh điện

☞ Điện tích  $q$  đứng yên tạo ra điện trường  $\vec{E}$

☞ Điện tích  $q_0$  dịch chuyển trong từ  $M \rightarrow N$  trên quỹ đạo cong (C).

$\Rightarrow q_0$  chịu tác dụng của lực tĩnh điện:  
 $\vec{F} = q_0 \vec{E}$

☞ Công lực  $F$  thực hiện trong dịch chuyển vô cùng nhỏ  $d\vec{l}$ :

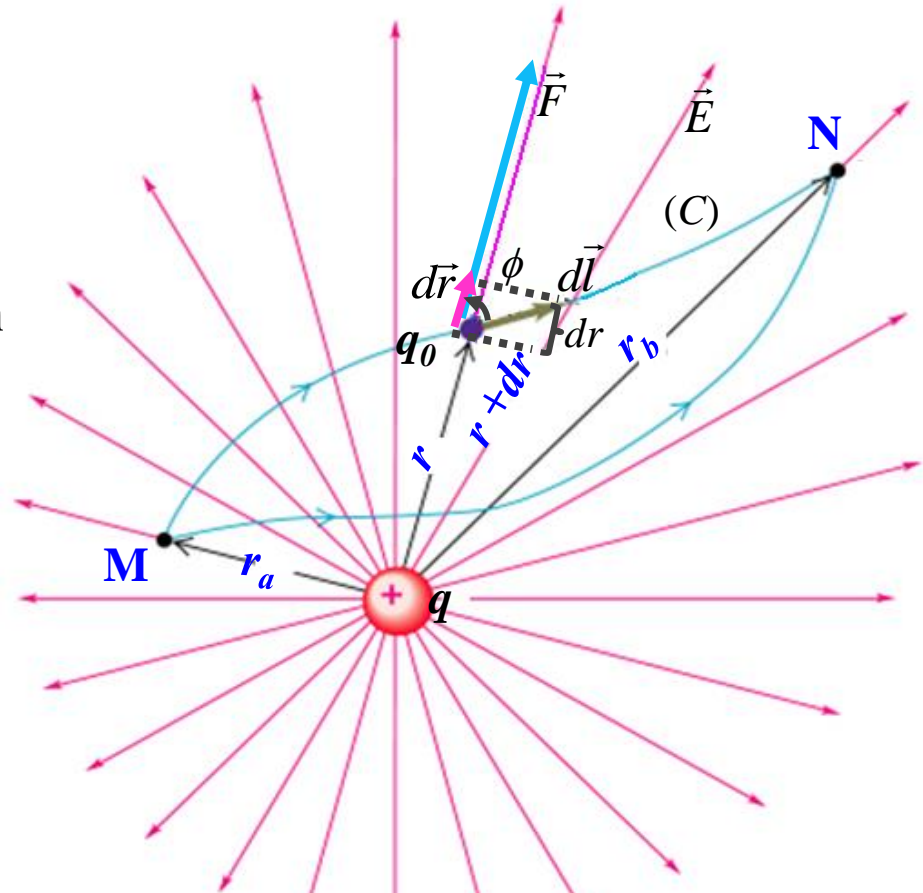
$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 E \cdot dl \cos \phi$$

$$\text{hay: } dA = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{dr}{r^2}$$

◆ Công lực tĩnh điện:

$$A_{MN} = \int_M^N \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_M^N \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left[ -\frac{1}{r} \right]_{r_M}^{r_N} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_M} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_N}$$

◆  $A$   $\notin$  dạng đường đi, chỉ  $\in$  điểm đầu và điểm cuối đoạn dịch chuyển!



## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 2. Lưu số vector cường độ điện trường

☞  $A = 0$  khi  $M \equiv N \Rightarrow$  trường tĩnh điện là trường thế.

Tức là:  $A = \oint \vec{F} \cdot d\vec{l} = \oint q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$

Hay:  $\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$  ( $\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l}$  là *lưu số của vector cường độ điện trường*)

☞ Lưu số của  $\vec{E}$  dọc theo đường cong kín  $= 0$

### 3. Thế năng trường tĩnh điện

☞ Đối với trường thế: Công của lực trong trường = độ giảm thế năng

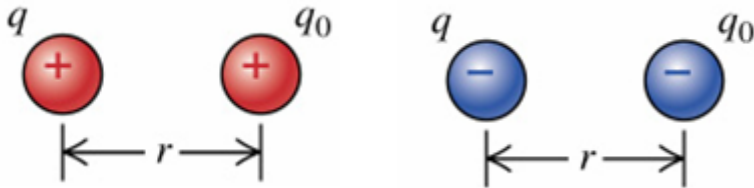
Tức là:  $A_{MN} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_M} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_N} = W_M - W_N$

$W_M = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_M} + C \Rightarrow$  Thế năng của điện tích  $q_0$  trong trường tĩnh điện của điện tích  $q$  tại 1 điểm nào đó có giá trị bằng công của lực tĩnh điện khi dịch chuyển  $q_0$  từ điểm đó ra vô cực.

## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

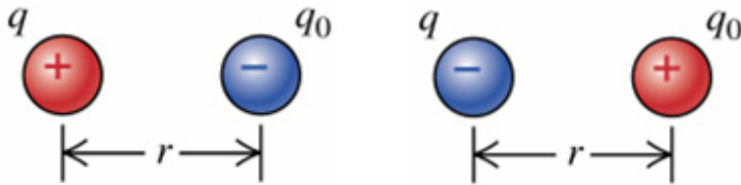
### 3. Thế năng trường tĩnh điện

☞ Thế năng trong trường của 2 điện tích cùng dấu

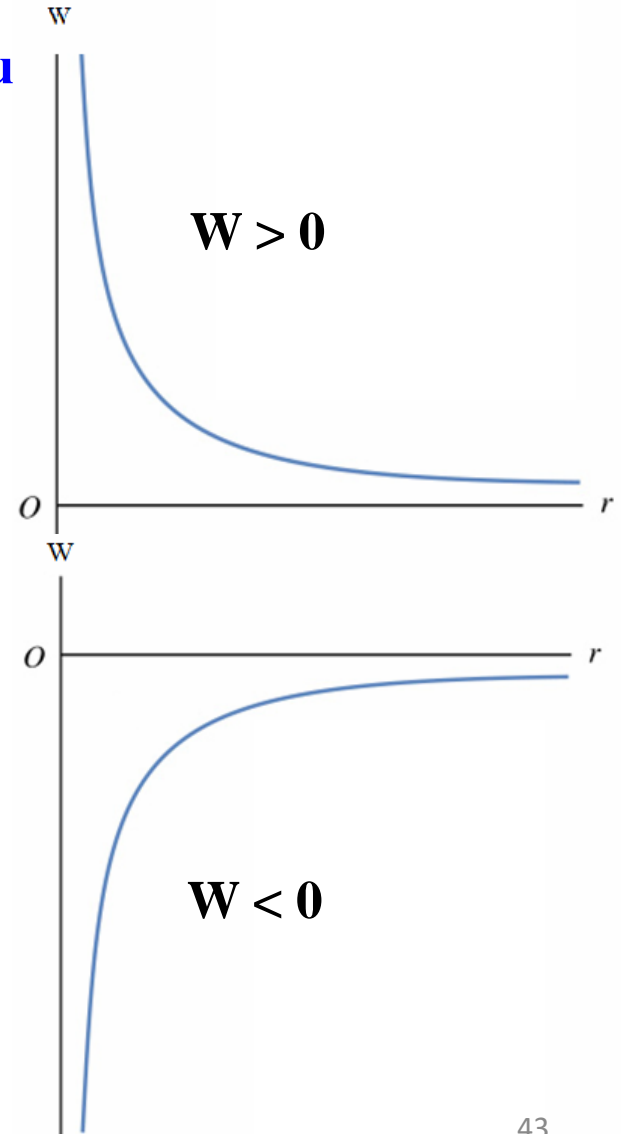


$$q_0 q > 0 \Rightarrow F = \frac{\partial W}{\partial r} > 0$$

☞ Thế năng trong trường của 2 điện tích trái dấu



$$q_0 q < 0 \Rightarrow F = \frac{\partial W}{\partial r} < 0$$



## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 4. Điện thế và hiệu điện thế

☞  $A_{M\infty} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_M}$  hay:  $V_M = \frac{A_{M\infty}}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_M} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r_M}$

♦  $V_M$  chỉ ∈ điện tích  $q$  gây ra trường và vị trí xét trường.

♦ Điện thế tại 1 điểm trong điện trường là đại lượng có trị số bằng công của lực tĩnh điện khi di chuyển 1 điện tích +1 từ điểm đó ra xa vô cực.

☞ Nếu di chuyển  $q_0$  giữa  $M$  và  $N \Rightarrow \frac{A_{MN}}{q_0} = \frac{W_M}{q_0} - \frac{W_N}{q_0} = V_M - V_N = U_{MN}$

♦ Hiệu điện thế giữa 2 điểm trong điện trường là đại lượng có trị số bằng công của lực tĩnh điện khi di chuyển 1 điện tích +1 giữa 2 điểm đó.

☞ Đơn vị của điện thế và hiệu điện thế: V (Volt)

♦ Công của lực tĩnh điện:  $A_{MN} = q_0(V_M - V_N)$

## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 4. Điện thế và hiệu điện thế

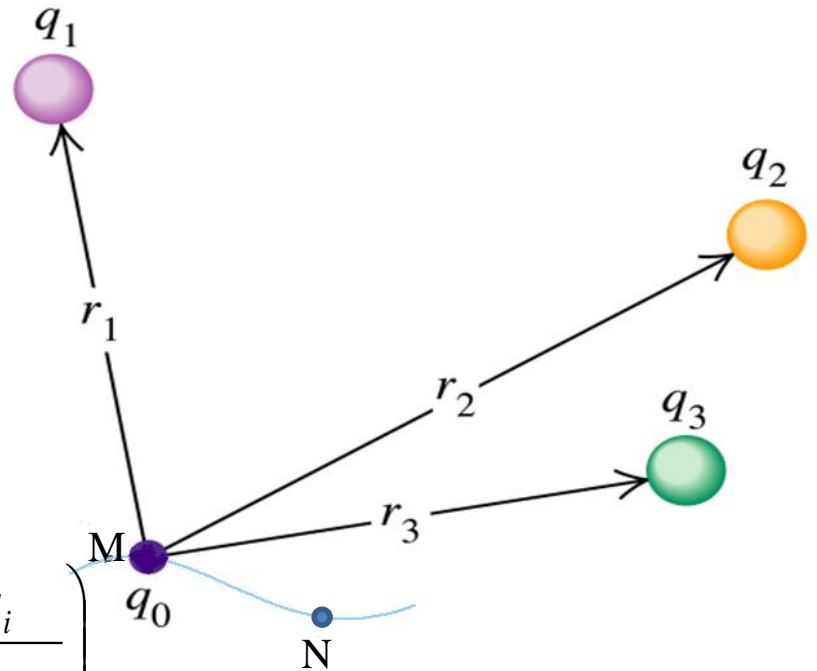
*Trường hợp hệ điện tích phân bố rời rạc*

☞ Xét  $q_0$  dịch chuyển trong trường gây bởi  $q_1, q_2$  và  $q_3$

◆ **Lực điện trường tổng hợp,**  $\vec{F} = \sum_{i=1}^3 \vec{F}_i$

◆ **Công của lực điện trường tổng hợp để  $q_0$  dịch chuyển từ M  $\rightarrow$  N**

$$A_{MN} = \int_M^N \vec{F} d\vec{l} = \sum_{i=1}^3 \int_M^N \vec{F}_i d\vec{l} = \sum_{i=1}^3 \left( \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{iM}} - \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{iN}} \right)$$



☞ **Điện thế gây bởi hệ 3 điện tích tại M:**

$$\frac{A_{M\infty}}{q_0} = V_M = \frac{q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{1M}} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{2M}} + \frac{q_3}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{3M}} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \sum_{i=1}^3 \frac{q_i}{r_{iM}} = V_{1M} + V_{2M} + V_{3M}$$

☞ **Điện thế gây bởi hệ  $n$  điện tích tại M:**

$$V_M = V_{1M} + V_{2M} + \dots + V_{nM}$$

## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 4. Điện thế và hiệu điện thế

*Trường hợp vật có phân bố tích điện ( $q$ ) liên tục*

☞ Chia vật thành vô số các phần tử điện tích  $dq$  (coi như điện tích điểm)

◆ Điện thế gây bởi  $dq$ :  $dV = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r}$  ( $r$  là khoảng cách từ  $dq$  đến điểm xét - M)

☞ Điện thế gây bởi cả vật tại điểm xét:  $V_M = \int_{\text{toàn bộ vật}} dV = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{\text{toàn bộ vật}} \frac{dq}{r}$

**Trường hợp  $q_0$  dịch chuyển trong trường tĩnh điện bất kỳ**

$$\text{☞ } A_{MN} = \int_M^N \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_M^N q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = W_M - W_N \Rightarrow A_{M\infty} = W_M = \int_M^\infty \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_M^\infty q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\text{☞ } V_M = \frac{A_{M\infty}}{q_0} = \int_M^\infty \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \text{và} \quad V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q_0} = \int_M^N \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

# §5. Điện thế - Hiệu điện thế

## 5. Mặt đẳng thế

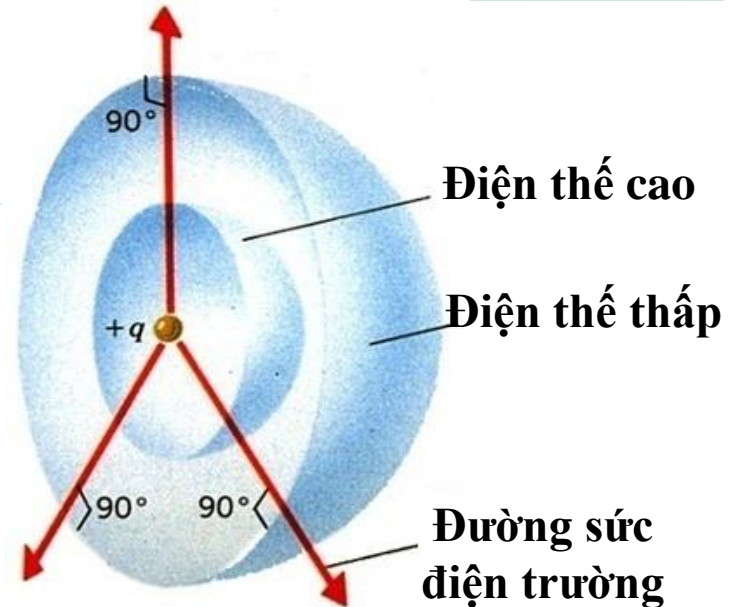
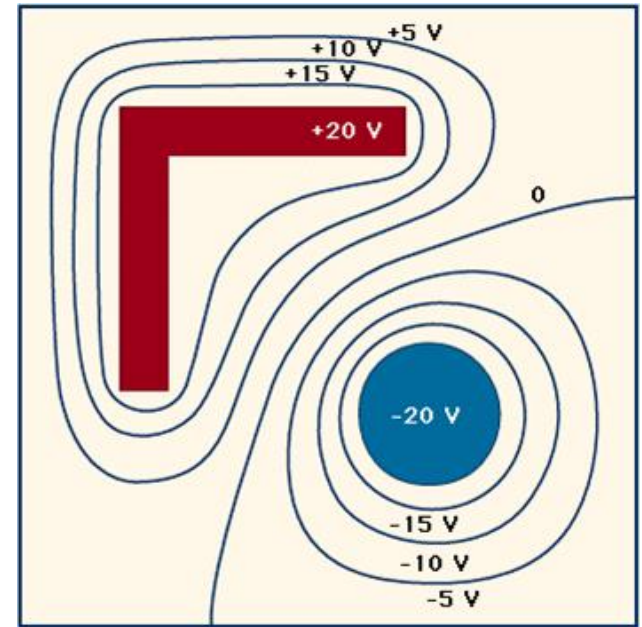
### 👉 Khái niệm

- ◆ Quỹ tích của những điểm có cùng điện thế.
- ◆ Được mô tả bằng những đường đồng mức 2 chiều, mỗi điểm trên đó biểu diễn cùng 1 giá trị điện thế (hình ảnh nhận được giống như bản đồ địa hình).

$$V(x,y,z) = C$$

### 👉 Tính chất

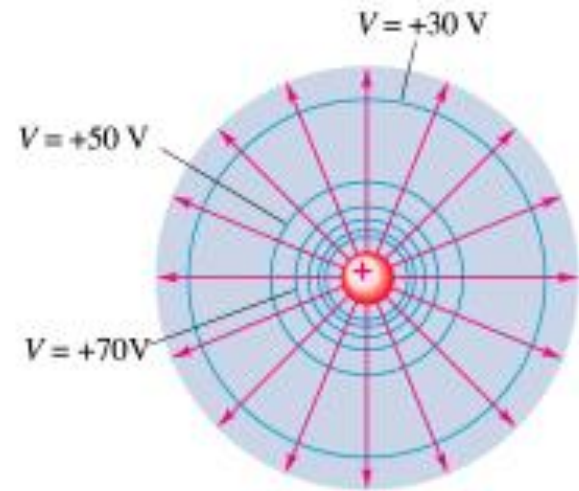
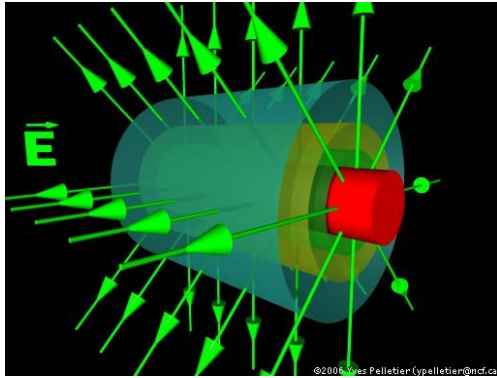
- ◆ Công lực tĩnh điện khi dịch chuyển 1 điện tích trên mặt đẳng thế,  $A_{MN} = q_0(V_M - V_N) = 0$ ,
- ◆ Vector  $\vec{E}$  tại mỗi điểm trên mặt đẳng thế  $\perp$  mặt đẳng thế tại điểm đó,
- ◆ Các mặt đẳng thế không cắt nhau,
- ◆ Mật độ đường đẳng thế xác định cường độ điện trường.





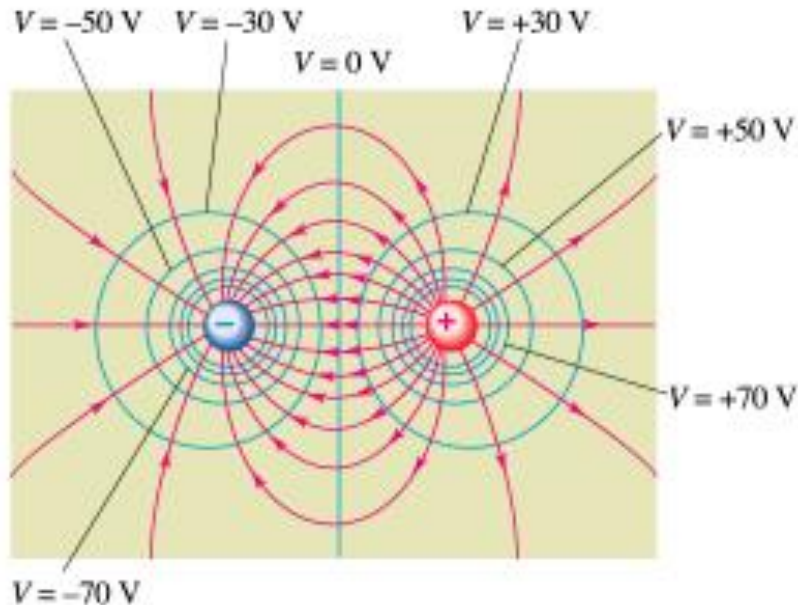
## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 5. Mặt đẳng thế

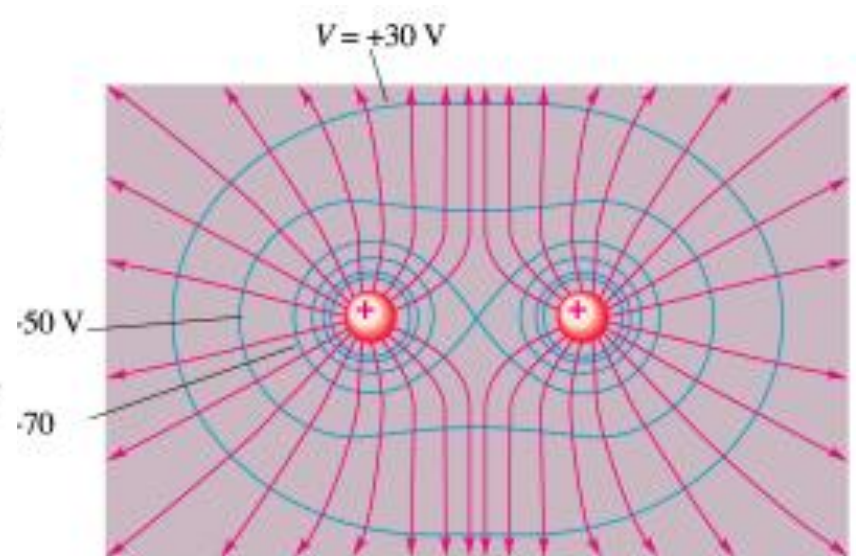


Mặt đẳng thế quanh dây tích điện đều

Mặt đẳng thế quanh điện tích dương



Mặt đẳng thế quanh lưỡng cực điện



Mặt đẳng thế quanh hệ 2 điện tích điểm



## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 6. Mối liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế

☞ Xét M & N tương ứng điện thế  $V$  &  $V+dV$ , với  $dV>0$  trong điện trường  $\vec{E}$

☞ Công của lực tĩnh điện để dịch chuyển  $q_0$  từ M  $\rightarrow$  N

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 E \cdot dl \cdot \cos \phi$$

Mặt khác:  $dA = q_0[V - (V + dV)] = -q_0 \cdot dV$

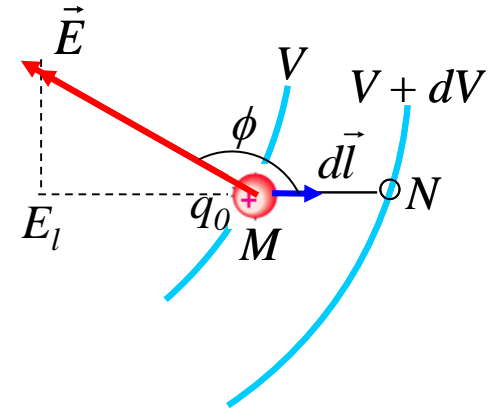
$$\blacklozenge \vec{E} \cdot d\vec{l} = -dV$$

$$\text{Vì: } dV > 0 \Rightarrow \vec{E} \cdot d\vec{l} = E \cdot dl \cos \phi = -dV < 0$$

◆  $\cos \phi < 0 \Rightarrow \phi$  là góc tù:  $\vec{E}$  luôn hướng về phía điện thế giảm

☞ Chiếu lên phương dịch chuyển  $dl$  có:  $E \cdot \cos \phi \cdot dl = E_l \cdot dl = -dV$

$$\blacklozenge E_l = -\frac{dV}{dl}$$



## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 6. Mối liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế

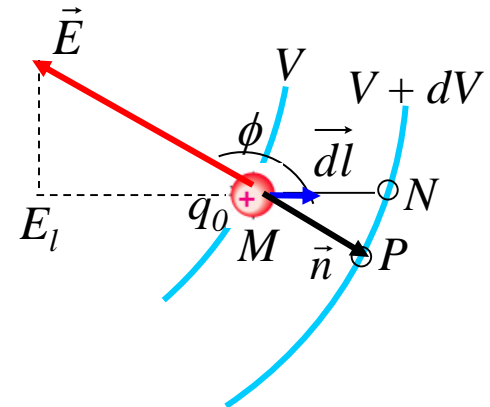
☞ Có thể viết:  $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}; E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$

♦  $\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y + \vec{E}_z = -\vec{i} \frac{\partial V}{\partial x} - \vec{j} \frac{\partial V}{\partial y} - \vec{k} \frac{\partial V}{\partial z} = -\vec{\nabla} V = -\overrightarrow{\text{grad}} V$

☞ Xét điểm P:  $\overrightarrow{MP} = \vec{n} \Rightarrow E_n = E = -\frac{\partial V}{\partial n}$

♦ Cường độ điện trường tại 1 điểm trong trường có trị số bằng độ biến thiên của điện thế trên 1 đơn vị khoảng cách lấy dọc theo pháp tuyến với mặt đẳng thế đi qua điểm đó.

☞  $E_l = E \cos \phi \leq E \Rightarrow \left| \frac{\partial V}{\partial l} \right| \leq \left| \frac{\partial V}{\partial n} \right|$

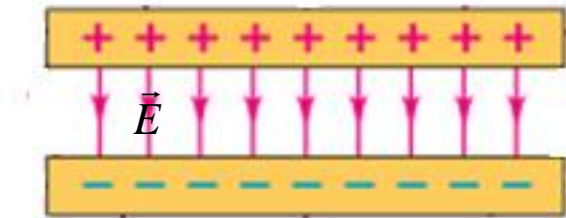
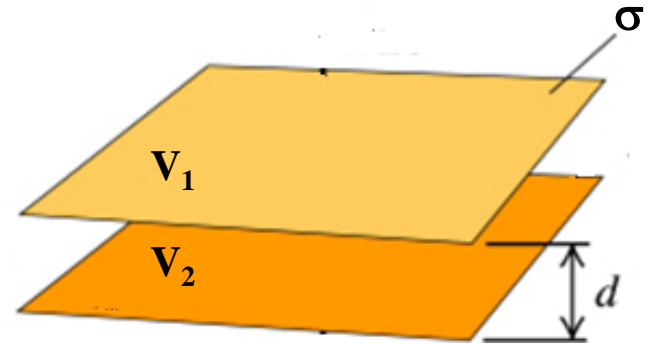


## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 6.1. Hiệu điện thế trong điện trường các vật tích điện

*Hai mặt phẳng vô hạn mật độ điện mặt ( $\sigma$ ) đều, cách nhau một khoảng  $d$*

$$\left. \begin{array}{l} \text{vì: } E = \frac{V_1 - V_2}{d} \\ E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0} \end{array} \right\} V_1 - V_2 = \frac{\sigma d}{\epsilon \epsilon_0}$$



☞ Định nghĩa (V/m): Cường độ điện trường của một điện trường đều mà hiệu thế dọc theo mỗi mét đường sức bằng một Vôn (Volt).

## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 6.2. Hiệu điện thế trong điện trường các vật tích điện

*Mặt cầu tích điện đều (R)*

☞ Hiệu điện thế tại 2 điểm cách mặt cầu  $R_1$  và  $R_2$   
( $R_2 > R_1 > R$ )

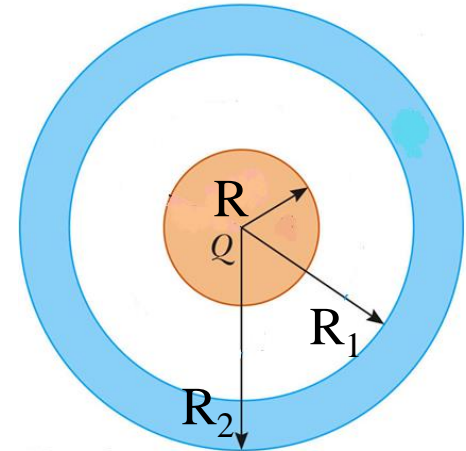
$$-dV = Edr = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} dr$$

$$\blacklozenge \int_{V_1}^{V_2} -dV = \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} dr$$

$$\blacklozenge V_1 - V_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

☞ Khi  $R_1 = R$ ,  $R_2 \rightarrow \infty$  ( $V_2 = 0$ )

$$\blacklozenge V = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R}$$



## §5. Điện thế - Hiệu điện thế

### 6.3. Hiệu điện thế trong điện trường các vật tích điện

*Mặt trụ tích điện đều*

$$V_1 - V_2 = \int_{V_1}^{V_2} -dV = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\sigma R}{\epsilon \epsilon_0} \frac{dr}{r} = \frac{\sigma R}{\epsilon \epsilon_0} \ln \frac{R_1}{R_2}$$

*Lưỡng cực điện*

- Điện thế tại M ( $r, r_1, r_2 \gg d$ )

$$\text{Có: } V = -\frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1} + \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_2} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left( \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} \right)$$

với:  $r_1 - r_2 = d \cdot \cos \alpha$  và  $r_1 \cdot r_2 = r^2$

$$\Rightarrow V = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{qd \cos \alpha}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{p_e \cos \alpha}{r^2}$$

