



**ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**  
**HANOI UNIVERSITY OF**  
**SCIENCE AND TECHNOLOGY (HUST)**



**Khoa Vật lý Kỹ thuật**

**Faculty of Engineering Physics (SEP)**

# **CHƯƠNG I**

## **TRƯỜNG ĐIỆN TĨNH**

**1.1 Mở đầu**

**1.2 Định luật Coulomb**

**1.3 Điện trường**

**1.4 Định lý Gauss**

**1.5 Điện thế**

**1.6 Cường độ điện trường và điện thế**

# 1.1 Mở đầu

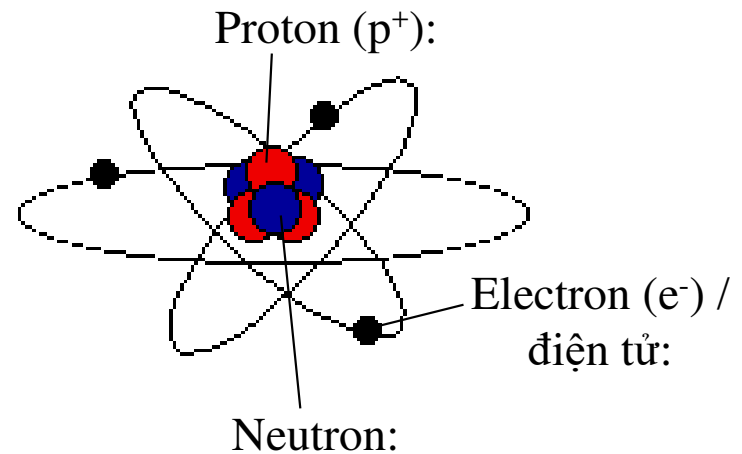
## 1.1.1 Điện tích

☞ Điện tích: thuộc tính tự nhiên của những hạt cơ bản có kích thước rất nhỏ (không thể nhìn thấy bằng mắt thường) tạo ra liên kết về điện trong nguyên tử (phần tử cơ sở = nguyên tố) hình thành lên thế giới vật chất.

☞ Cấu trúc nguyên tử:

♦ Hạt nhân (lõi ở chính giữa) coi như cố định, có các hạt mang điện tích (+), proton, ký hiệu  $p^+$  và hạt neutron ko điện tích.

♦ Vỏ gồm các hạt mang điện tích (-), electron ( $e^-$ ) xung quanh sắp xếp theo từng lớp tuân theo quy luật nhất định.



♦ Trạng thái bình thường: số  $e$  và  $p$  cân bằng  $\Rightarrow$  trung hòa điện

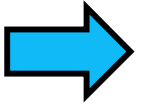
♦  $e^-$  luôn di chuyển  $\Rightarrow$  có thể gây ra sự mất cân bằng điện tích, khi 2 hay nhiều nguyên tử tiếp xúc với nhau  $\Rightarrow$  tạo ra các i-ôn mang điện tích (+) hoặc (-);

☞ Điện tích điểm:

♦ Điện tích có kích thước không đáng kể so với khoảng cách từ điện tích đến một điểm nào đó trong không gian nằm trong vùng ảnh hưởng của nó.

## 1.1 Mở đầu


### 1.1.2 Tính chất điện tích



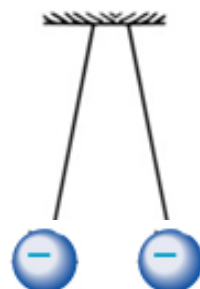
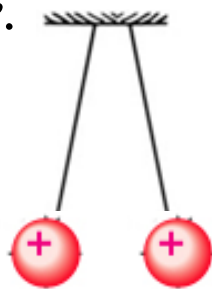
✎ Điện tích nguyên tố (giá trị của đơn vị điện tích) =  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Hạt cơ bản	Khối lượng	Điện tích
Electron	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$-1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} (-e)$
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 tích điện: Đại lượng vô hướng xác định bằng một số nguyên lần (= sự chênh lệch số các  $p^+$  và  $e^-$  trong vật thể) điện tích nguyên tố, tức là,  $Q = e \cdot (N_p - N_e) = n \cdot e$ .

◆ Điện tích dương: 

◆ Điện tích âm: 



✎ Truyền điện tích

◆ 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.



Ma sát (tiếp xúc)

Cảm ứng (điện hưởng)



Dẫn điện

## 1.2 Định luật Coulomb

### 1.2.1 Thực nghiệm

☞ Cân xoắn Coulomb

- ♦ 2 quả cầu kim loại gắn cách nhau khoảng  $L$ , treo trong hộp thủy tinh kín bằng dải lụa mảnh.;
- ♦ Một vành tròn chia độ đều ( $0-360^\circ$ ) gắn bên trong hộp thủy tinh tương ứng vị trí 2 quả cầu.



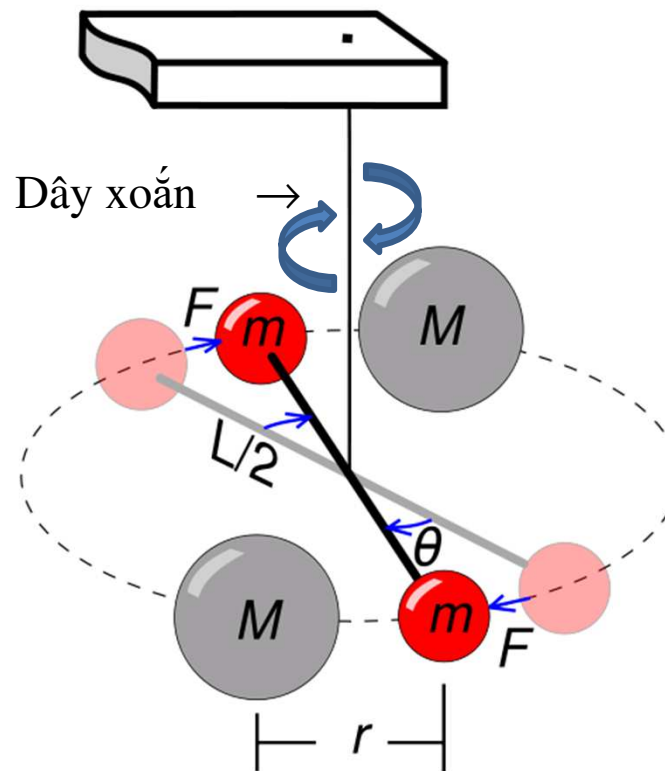
*Charles-Augustin de Coulomb*  
(1736 – 1896)

☞ TN xác định tương tác tĩnh điện:

- ♦ Dùng lực kế lò xo tác động để dây xoắn: biết  $F$ , đo góc  $\theta \Rightarrow$  x/đ được hệ số đàn hồi xoắn  $k$ ;

$$M = F \cdot \frac{L}{2} = k \cdot \theta$$

- ♦ Tích điện cho quả cầu treo, sau đó dùng 1 quả cầu khác ( $M$ ) cũng được tích điện đưa gần tới quả cầu treo (kh/cách  $r$ )  $\Rightarrow$  xuất hiện tương tác tĩnh điện (hút hoặc đẩy): đã biết  $k$ , đo góc  $\theta \Rightarrow$  x/đ được  $F$ .

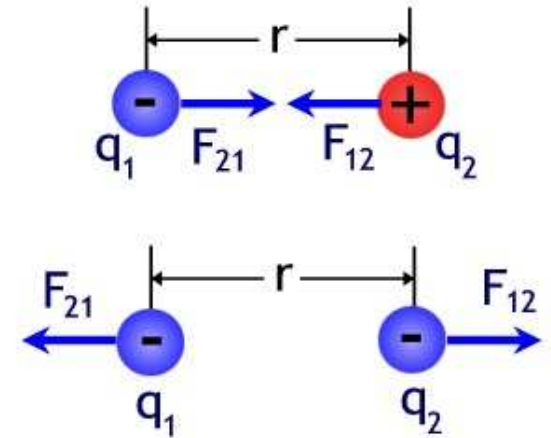


## 1.2 Định luật Coulomb

### 1.2.2 Nội dung

👉 Phát biểu

♦ 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 tỷ lệ thuận tích số  $q_1, q_2$  và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.



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

Tổng quát:  $\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$

Hệ số tỉ lệ:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0}$

Trong chân không và KK:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

Với:  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

## 1.2 Định luật Coulomb

### 1.2.2 Nội dung

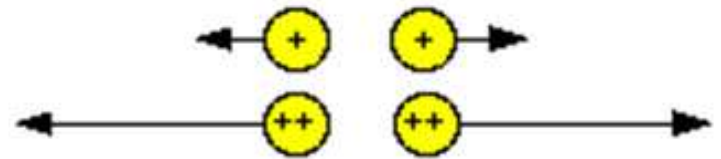
☞ Lực Coulomb  $|F| = \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$  phụ thuộc:

♦ khoảng cách;



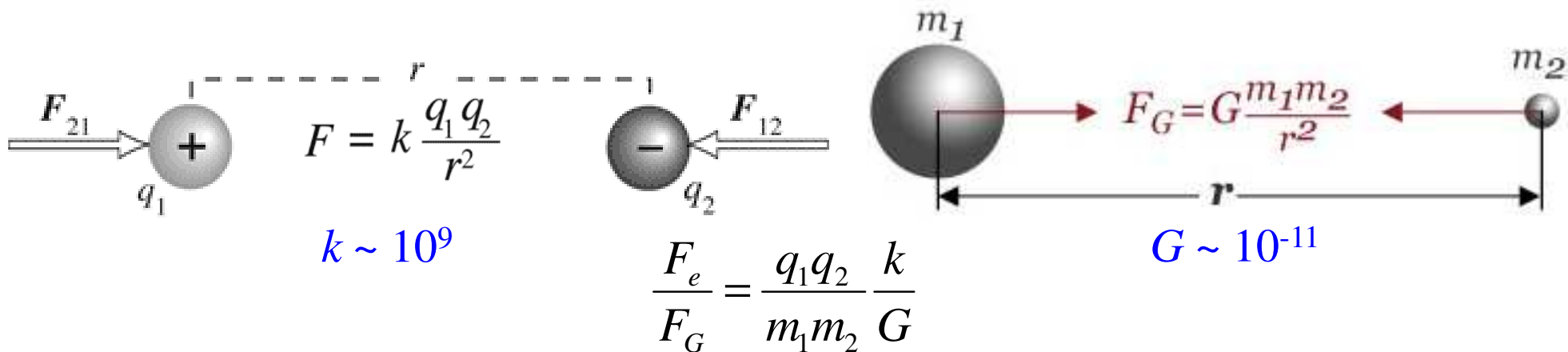
Gấp đôi khoảng cách, lực giảm 1/4

♦ độ lớn các điện tích.



Gấp đôi điện tích, lực tăng 4 lần

☞ Lực Coulomb và lực hấp dẫn



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

## 1.2 Định luật Coulomb

### 1.2.3 Nguyên lý chồng chất lực

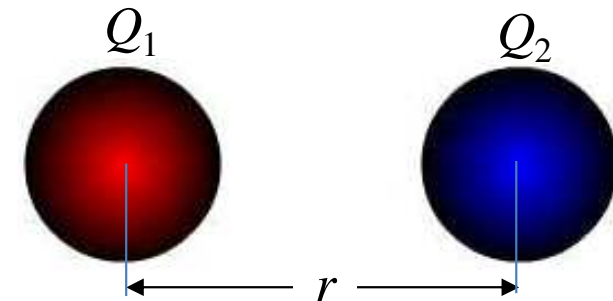
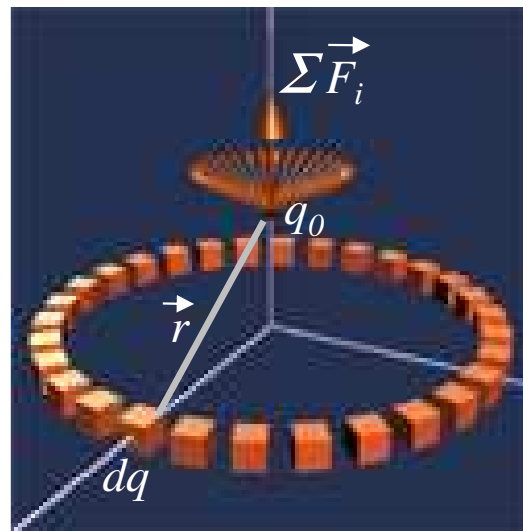
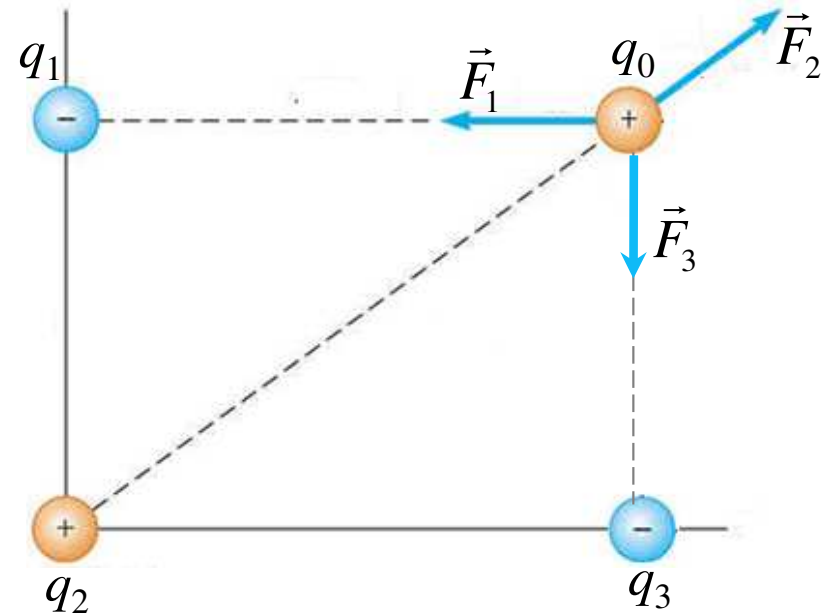
☞ Xét đ/tích  $q_0$  chịu tác dụng của các lực  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  bởi hệ đ/tích  $q_1, q_2, \dots, q_n$

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

☞ đ/tích  $q_0$  chịu tương tác tĩnh điện của vật bất kỳ (vòng tròn) mang đ/tích  $q \Rightarrow$  chia nhỏ  $q$  thành các điện tích vô cùng nhỏ  $dq$ , sao cho,  $dq$  được coi là đ/tích điểm  $\Rightarrow$  lực tác dụng lên  $q_0 \Leftrightarrow$  lực tổng hợp của các đ/tích  $dq$  lên  $q_0$ .

$$F = \frac{q_0}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2}$$

☞ 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.



## 1.3 Điện trường

### 1.3.1 Khái niệm

☞ Trường: Không gian mà một đại lượng vật lý được xác định tại mỗi điểm trong đó.

◆ Đại lượng vector  $\Rightarrow$  trường vector;

◆ Đại lượng vô hướng  $\Rightarrow$  trường vô hướng.

☞ Điện trường: *khoảng không gian bao quanh các điện tích, thông qua đó tương tác (lực) tĩnh điện được xác định.*

◆ Tương tác giữa 2 điện tích điểm được truyền đi không tức thời ( $v$  hữu hạn);

◆ Tương tác diễn ra thông qua sự tham gia của môi trường trung gian;

◆ Điện trường xung quanh điện tích: giữ vai trò truyền tương tác.

◆ Điện trường là trường vector (do  $\sim$  với vector lực).



## 1.3 Điện trường

### 1.3.2 Vector cường độ điện trường

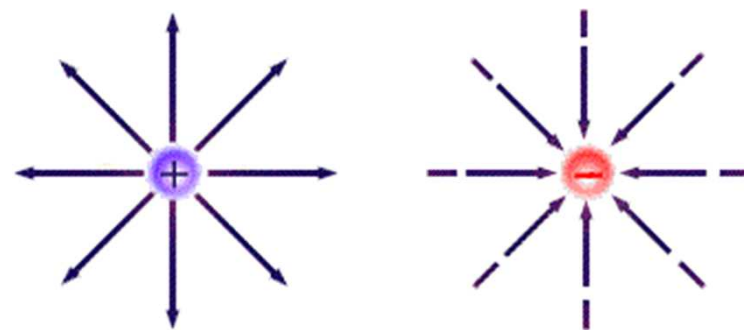
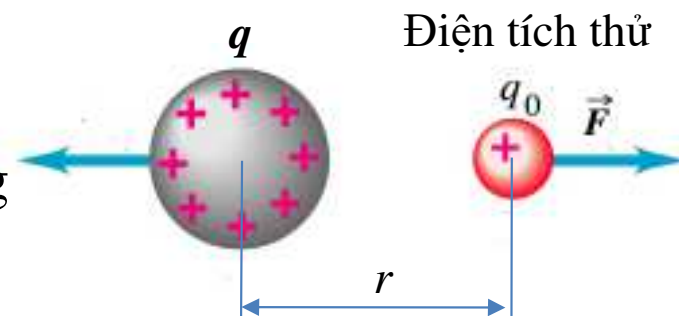
☞ Xét điện tích  $q_0 = +1C$  (đ/tích thử) đặt trong điện trường của đ/t điểm  $q$ , cách  $q$  1 khoảng  $r$ .

◆ Lực Coulomb

$$\vec{F} = k \frac{qq_0}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} = q_0 \left( k \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \right) = q_0 \cdot \vec{E}$$

☞ Khái niệm:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = k \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



◆ 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  $+1C$  đặt tại điểm đó.

◆ Độ lớn: 
$$E = k \frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{q}{r^2}$$

◆ Ý nghĩa: Đặc trưng cho khả năng tác dụng lực (mạnh, yếu) của điện trường tại các vị trí không gian khác nhau trong đó.

◆ Đơn vị:  $N/C$  hoặc  $V/m$ .

## 1.3 Điện trường

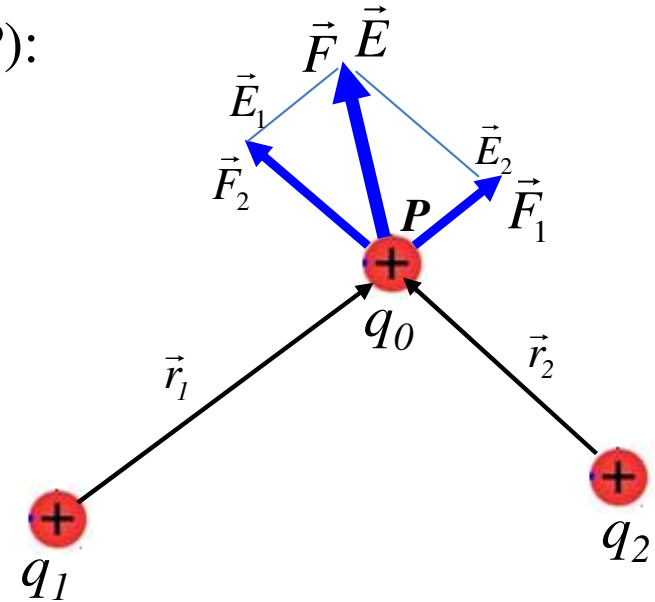
### 1.3.3 Nguyên lý chồng chập điện trường

☞ 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  $q_2$ :

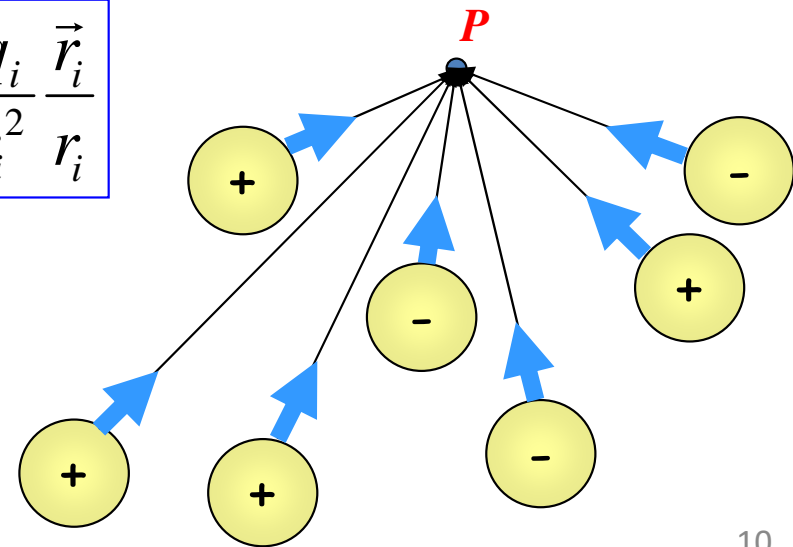
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left( \frac{q_1}{r_1^2} \frac{\vec{r}_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2^2} \frac{\vec{r}_2}{r_2} \right)$$



☞ Điện trường gây bởi  $n$  điện tích điểm tại vị trí bất kỳ (P) trong không gian:

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

♦ *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.*



## 1.3 Điện trường

### 1.3.3 Nguyên lý chồng chập điện trường

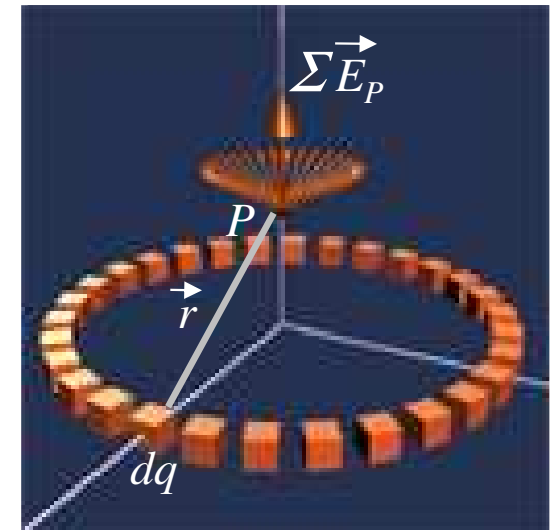
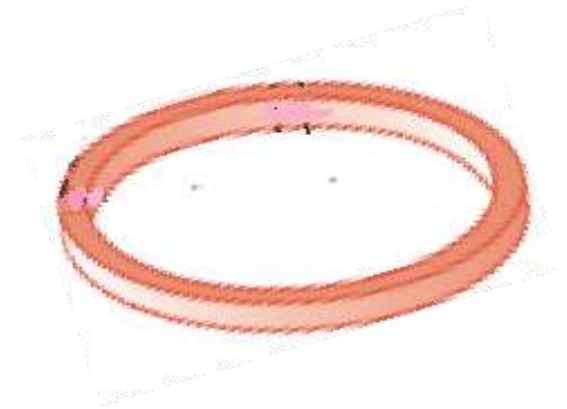
☞ Điện trường gây bởi vật mang điện, có điện tích phân bố liên tục:

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

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

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

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



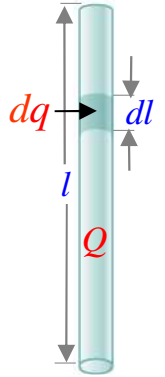
## 1.3 Điện trường

### 1.3.3 Nguyên lý chồng chất điện trường

☞ Điện trường gây bởi vật tích điện ( $Q$ ), điện tích phân bố liên tục:

◆ Dây dài  $l$ : chia thành vô số các độ dài  $dl$  rất nhỏ  $\Leftrightarrow$  điện tích điểm  $dq$

$$\vec{E} = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon} \int_{(l)} \frac{\lambda dl}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (\lambda = Q/l: \text{mật độ điện dài})$$



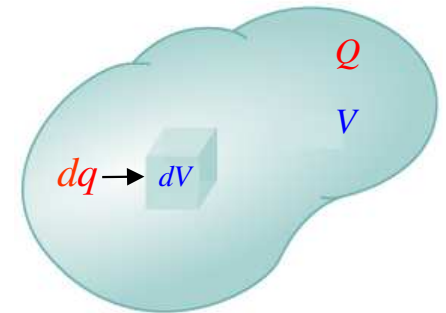
◆ Mặt phẳng diện tích  $S$ : chia thành vô số các diện tích  $dS$  rất nhỏ  $\Leftrightarrow$  điện tích điểm  $dq$

$$\vec{E} = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon} \int_{(S)} \frac{\sigma dS}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (\sigma = Q/S: \text{mật độ điện mặt})$$



◆ Khối thể tích  $V$ : chia thành vô số các thể tích  $dV$  rất nhỏ  $\Leftrightarrow$  điện tích điểm  $dq$

$$\vec{E} = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon} \int_{(V)} \frac{\rho dV}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (\rho = Q/V: \text{mật độ điện khối})$$



## 1.3 Điện trường

### 1.3.3 Nguyên lý chồng chất điện trường

☞ Dây dài  $l$  tích điện ( $Q$ ), đặt trong không khí  $\Rightarrow$  điện trường tại  $P$ , nằm trên trục, đi qua điểm giữa của dây?

◆ Điện trường gây bởi mỗi  $dQ$ , độ dài  $dl$  tại  $P$ :

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

◆ Điện trường tổng hợp tại  $P$  của dây:

$$\vec{E} = \int_{-l/2}^{+l/2} d\vec{E}_x + \int_{-l/2}^{+l/2} d\vec{E}_y$$

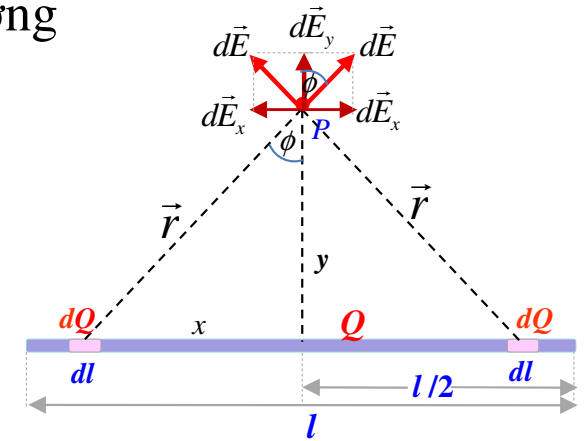
◆ Các thành phần  $dE_x$  của  $d\vec{E}$  gây bởi từng cặp  $dQ$ , có cùng trị số, ngược chiều nhau ở 2 phía trục dây  $\Rightarrow$  tổng hợp vector = 0.

◆ thành phần  $dE_{iy} = dE_i \cos \phi$

◆ Có:  $E = \int_{-l/2}^{+l/2} \cos \phi dE_i = 2ky \int_0^{l/2} \frac{dQ}{r^3} = 2ky\lambda \int_0^{l/2} \frac{dl}{(x^2 + y^2)^{3/2}}$

$$\text{hay } E = \frac{\lambda l}{2\pi\epsilon_0 y (y^2 + l^2)^{1/2}}$$

◆ khi  $y \ll l \Rightarrow E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{y}$  và  $y \gg l \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{y^2}$



## 1.3 Điện trường

### 1.3.3 Nguyên lý chồng chất điện trường

☞ Dây tích điện ( $Q$ ), cuộn thành vòng tròn, bán kính  $R$ , chu vi  $C = 2\pi R$ , đặt trong không khí  $\Rightarrow$  điện trường tại  $P$ , nằm trên trục cách tâm vòng dây khoảng  $h$ ?

◆ Điện trường gây bởi mỗi  $dQ$ , độ dài  $dl$  tại  $P$ :

$$d\vec{E}_i = d\vec{E}_{ix} + d\vec{E}_{iy}$$

◆ Điện trường tổng hợp tại  $P$  của dây:

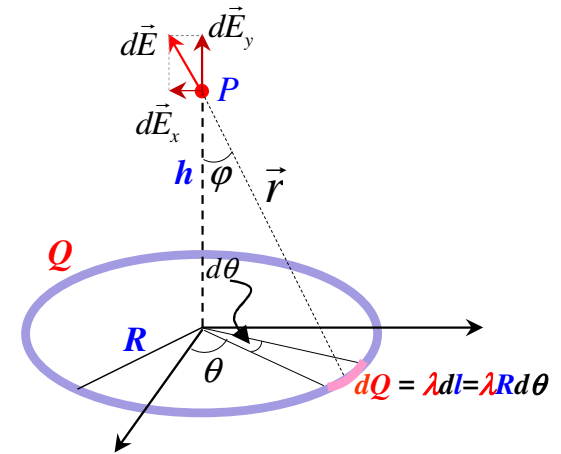
$$\vec{E} = \int_{(C)} d\vec{E}_x + \int_{(C)} d\vec{E}_y$$

◆ Các thành phần  $dE_x$  của  $dE$  gây bởi các  $dQ$ , có cùng trị số và đối xứng quanh trục của vòng dây  $\Rightarrow$  tổng hợp vector = 0.

◆ thành phần  $dE_y = dE \cos \varphi = \frac{h}{r} k \frac{dQ}{r^2} = kh\lambda R \frac{d\theta}{r^3}$

◆ có:  $E = \frac{kh\lambda R}{(R^2 + h^2)^{3/2}} \int d\theta = \frac{khQ}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$

◆ khi  $h \ll R \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^3}$  và  $h \gg R \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{h^2}$

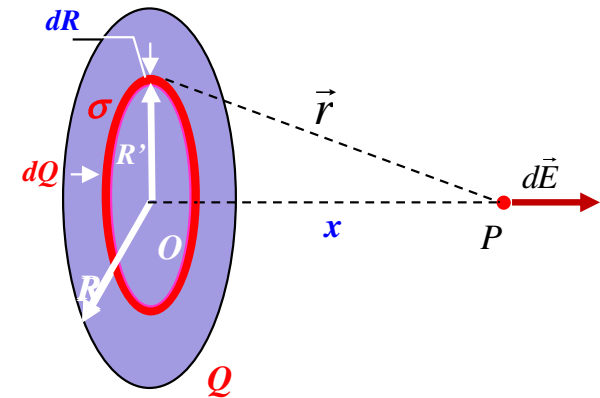


## 1.3 Điện trường

### 1.3.3 Nguyên lý chồng chất điện trường

☞ Đĩa tròn bán kính  $R$ , điện tích  $Q$ , mật độ điện tích mặt  $\sigma$ , đặt trong không khí  $\Rightarrow$  điện trường tại  $P$ , nằm trên trục cách tâm đĩa khoảng  $x$ ?

◆ Coi đĩa được thành bởi các phần tử hình vành khăn (giống dây tròn) bán kính  $R'$ , bề dày  $dR$  có diện tích,  $dS = \pi(R' + dR)^2 - \pi R'^2 \approx 2\pi R' dR$  và điện tích  $dQ = \sigma dS = 2\sigma\pi R' dR$ .



◆ Điện trường gây bởi  $dQ$ :  $dE = \frac{kxdQ}{(R'^2 + x^2)^{3/2}}$

◆ Điện trường gây bởi đĩa:  $E = \int dE = 2\pi k\sigma x \int_0^R \frac{R' dR'}{(x^2 + R'^2)^{3/2}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{x^2}}} \right)$

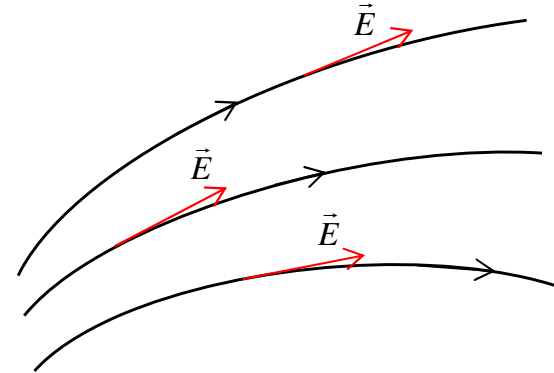
☞ khi  $R \rightarrow \infty$  (mặt phẳng vô hạn):  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$

## 1.3 Điện trường

### 1.3.4 Đường sức điện trường

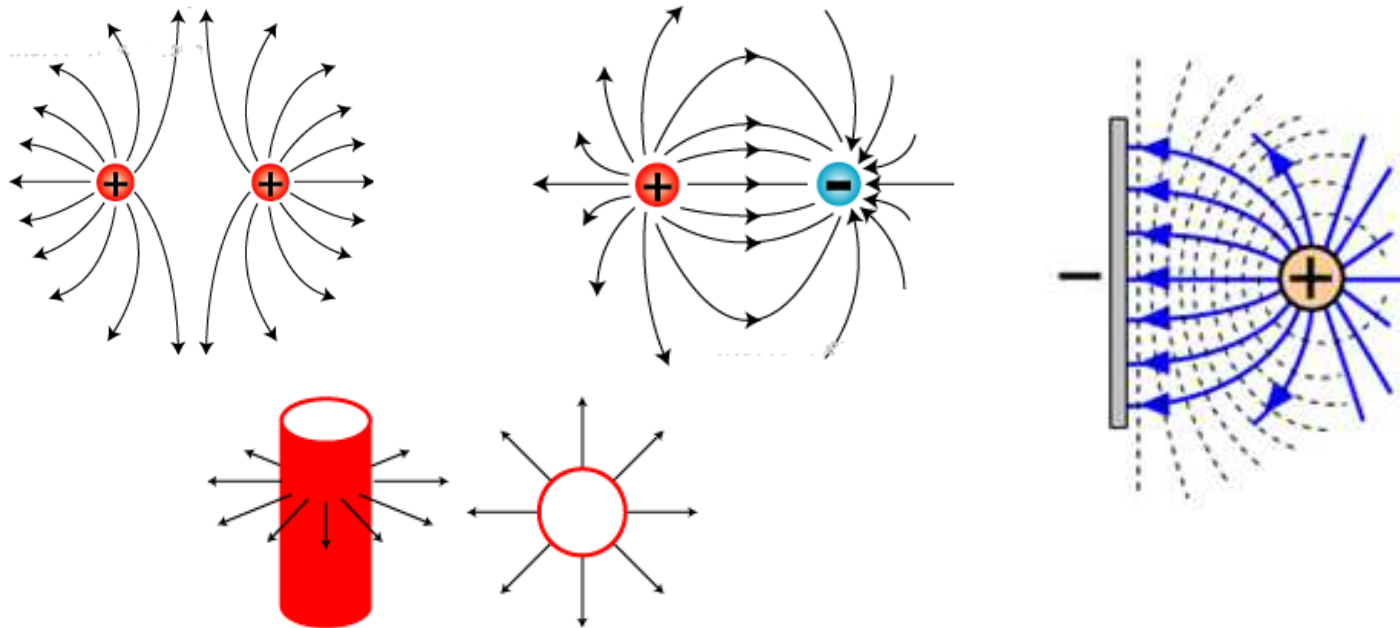
☞ Định nghĩa

♦ Các đường (thẳng hoặc cong) mô tả điện trường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm trên các đường này trùng với phương của vector cường độ điện trường tại điểm đó.



♦ Xuất phát từ điện tích/vật tích điện dương (+) đến vô cùng và từ vô cùng đến điện tích/vật tích điện âm (-).

☞ Điện phổ: hệ tập hợp các đường sức điện trường

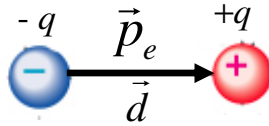




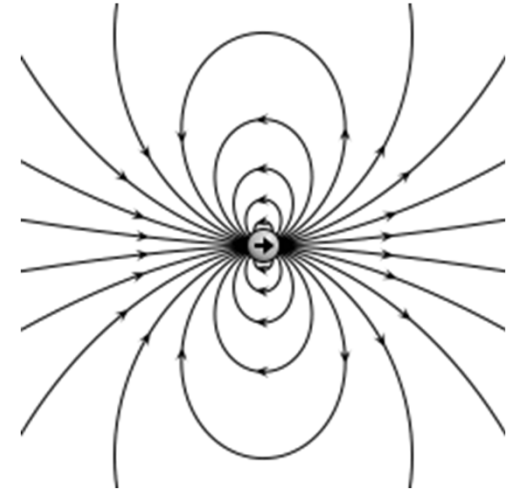
## 1.3 Điện trường

### 1.3.4 Lưỡng cực điện

☞ Khái niệm



◆ Hệ 2 điện tích điểm trái dấu có độ lớn bằng nhau, cách nhau một khoảng  $d$  (rất nhỏ), đặc trưng bởi vector moment lưỡng cực:  $\vec{p}_e = q\vec{d}$



☞ Điện trường gây bởi lưỡng cực điện:

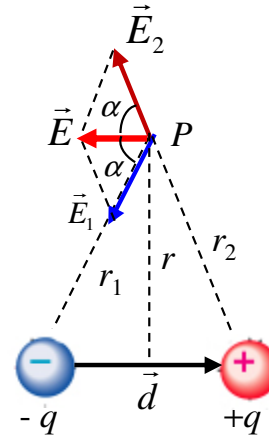
◆ Tại điểm nằm trên đường trung trục ( $r_1 = r_2 \approx r \gg d$ )

$$\text{có: } \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$\text{với: } E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

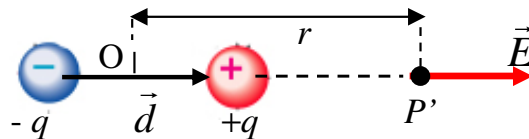
$$\text{Hay: } E = 2E_1 \cos \alpha; (\cos \alpha = d/2r_1)$$

$$\Rightarrow \vec{E} = k \frac{q\vec{d}}{r^3} = k \frac{\vec{p}_e}{r^3}$$



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

$$\text{Có: } \vec{E} = k \frac{2\vec{p}_e}{r^3}$$



## 1.3 Điện trường

### 1.3.4 Lưỡng cực điện

☞ Lưỡng cực điện trong điện trường đều, ở vị trí bất kỳ, tức là,  $(\vec{p}_e, \vec{E}) = \theta$

◆ Điện tích (-) chịu tác dụng của lực điện trường  $F^-$

◆ Điện tích (+) chịu tác dụng của lực điện trường  $F^+$

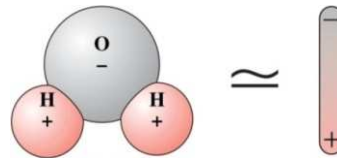
◆ Tạo ra moment lực  $\vec{\mathcal{M}} = \vec{p}_e \times \vec{E}$

$$\text{hay } \mathcal{M} = P_e E \cos \theta = qdE \cos \theta$$

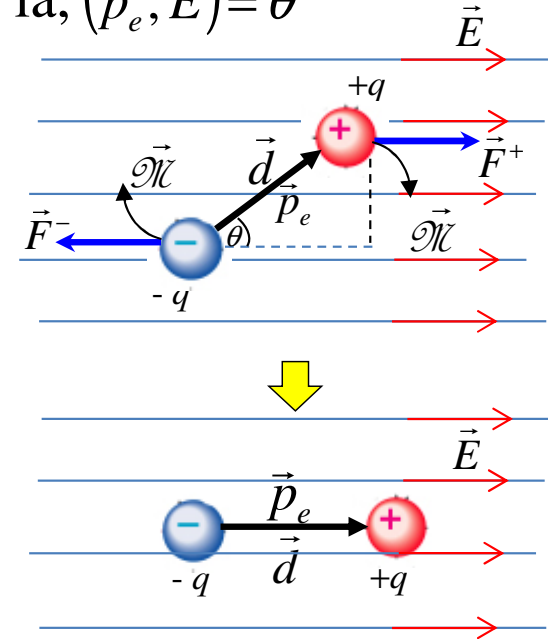
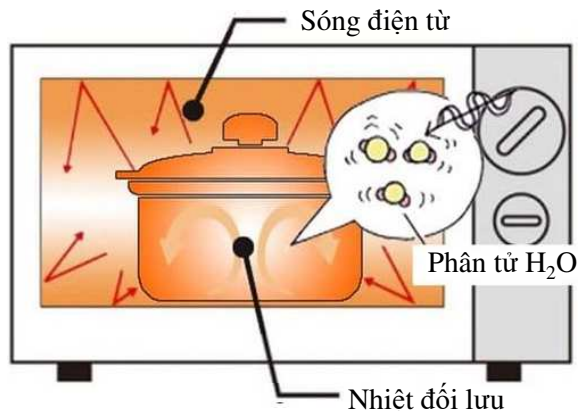
◆ thực hiện công xoay lưỡng cực điện cho đến khi  $\vec{p}_e \uparrow \uparrow \vec{E}$

☞ Lò vi sóng (microwave oven)

◆ Lưỡng cực điện: phân tử  $H_2O$



◆ Nguyên lý hoạt động: quá trình quay các phân tử  $H_2O$  trong điện trường xoay chiều tần số cao  $\Rightarrow$  sinh ra nhiệt tức thời do va chạm của các lưỡng cực điện trong khi quay.



## 1.4 Định lý Gauss



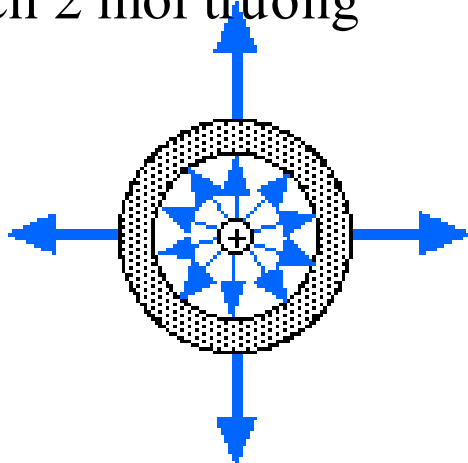
Johann Carl-Friedrich Gauss  
(1777-1855)

### 1.4.1 Các khái niệm cơ sở

Vector cường độ điện trường:

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

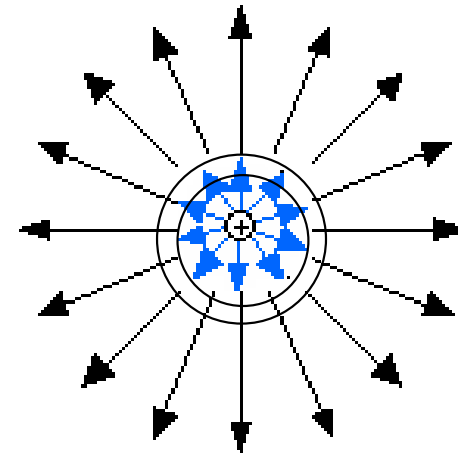
$\Rightarrow$  Phổ đường sức của vector điện trường gián đoạn khi qua mặt phân cách 2 môi trường



Vector cảm ứng điện (điện cảm)

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

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



## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.1 Các khái niệm cơ sở

☞ Mặt kín

♦ Mặt bao xung quanh một không gian bên trong.

☞ Góc khối (góc trong không gian 3 chiều).

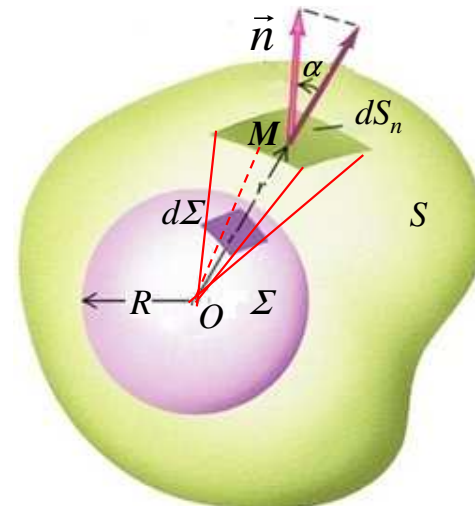
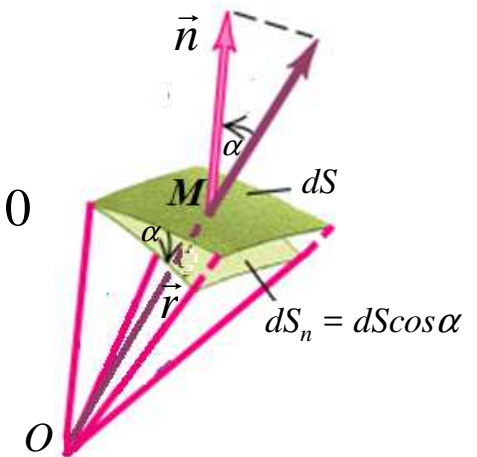
♦ Góc hướng từ 1 điểm đến một bề mặt ( $S$ ) phía trước.

♦ Góc khối vi phân:  $d\Omega = \frac{dS_n}{r^2} = \frac{dS \cos \alpha}{r^2}$   $\begin{cases} -\alpha \text{ nhọn} \Rightarrow d\Omega > 0 \\ -\alpha \text{ tù} \Rightarrow d\Omega < 0 \end{cases}$

♦ Góc khối trong mặt kín: tại  $O$  dựng mặt cầu bán kính đ/vị,  $R = 1 \Rightarrow d\Sigma$  trên mặt cầu nằm trong góc khối hướng từ  $O$  đến  $dS$ .

$$\text{có: } \frac{d\Sigma}{1^2} = \frac{dS_n}{r^2} \text{ hay } d\Omega = d\Sigma$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{n} \text{ hướng ra ngoài: } d\Omega = +d\Sigma \\ \vec{n} \text{ hướng vào trong: } d\Omega = -d\Sigma \end{array} \right\} \Omega = \pm 4\pi$$



## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.2 Điện thông

☞ Định nghĩa

♦ Thông lượng vector điện là số đường sức của một điện trường đều, cắt vuông góc qua một thiết diện ( $S_0$ ),

$$\Phi_e = D.S_0$$

☞ Trường hợp đường sức cắt qua nhưng tạo với mặt  $S$  góc

$$\alpha = (\vec{n}, \vec{D})$$

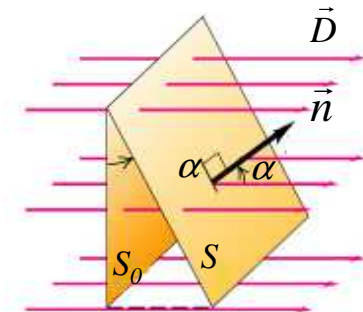
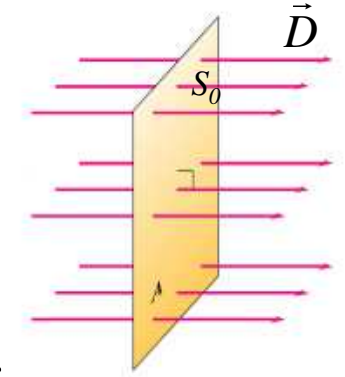
♦ Điện thông gửi qua  $S$

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

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

☞ Tổng quát:  $\Phi_e = \vec{D} \cdot \vec{S}$

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



## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.2 Điện thông

☞ Trường hợp đường sức điện trường bất kỳ cắt qua mặt  $S$  không phẳng.

♦ Chia mặt  $S$  thành vô số các phần tử diện tích vô cùng nhỏ  $dS$ , sao cho coi là phẳng, mà đường sức cắt qua mỗi  $dS$  như của điện trường đều.

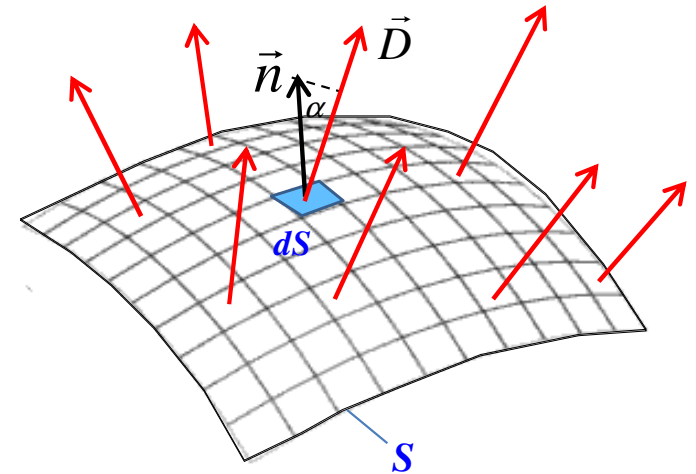
♦ Điện thông gửi qua  $dS$ :  $d\Phi_e = D_{\perp} \cdot dS = D dS \cos \alpha$

♦ Điện thông gửi qua toàn bộ mặt  $S$ :

$$\Phi_e = \int_{(S)} d\Phi_e = \int_{(S)} D \cos \alpha dS = \int_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S}$$

☞ Ý nghĩa: Đại lượng đặc trưng lượng điện trường đi qua một diện tích bề mặt.

☞ Đơn vị:  $\text{N.m}^2/\text{C}$



## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.2 Điện thông

☞ Trường hợp điện tích điểm  $q$  bên trong một mặt cầu ( $S$ )

♦ Chia mặt cầu thành vô số phần tử điện tích rất nhỏ, coi là phẳng  $dS$

♦ Luôn có:  $\vec{n} \equiv \vec{D} \Rightarrow \alpha = 0$  và  $\cos \alpha = 1$

♦ Điện thông gửi qua diện tích vi phân  $dS$  trên mặt cầu:

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

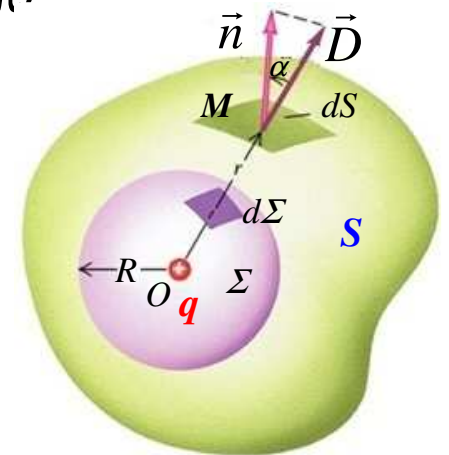
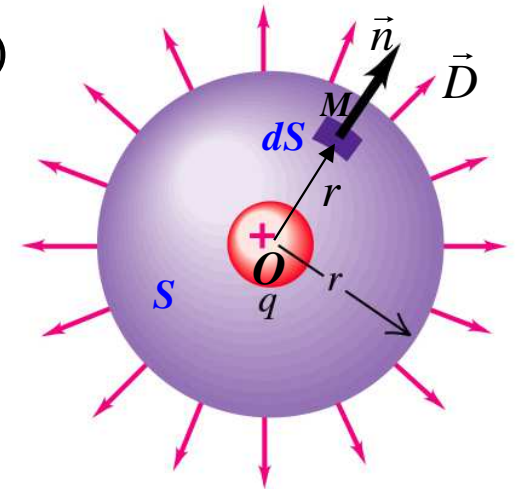
♦ Điện thông qua mặt cầu  $S$ :  $\Phi_e = \int_S d\Phi_e = \frac{q}{4\pi r^2} \int_S dS = \frac{q}{4\pi r^2} 4\pi r^2 = q$

☞ Trường hợp điện tích  $q$  bên trong mặt kín  $S$  bất kỳ

♦ Điện thông qua mặt kín  $S$ :

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

☞ Mặt kín bao quanh điện tích điểm hoặc vật tích điện gọi là *mặt Gauss*





## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.2 Điện thông

☞ Trường hợp điện tích  $q$  ở bên ngoài một mặt kín ( $S$ )

♦ Đường sức điện trường là đường hở  $\Rightarrow$  hoặc không cắt hoặc cắt số chẵn lần (một đi vào mặt  $S_1$ , một ra khỏi mặt  $S_2$ ).

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

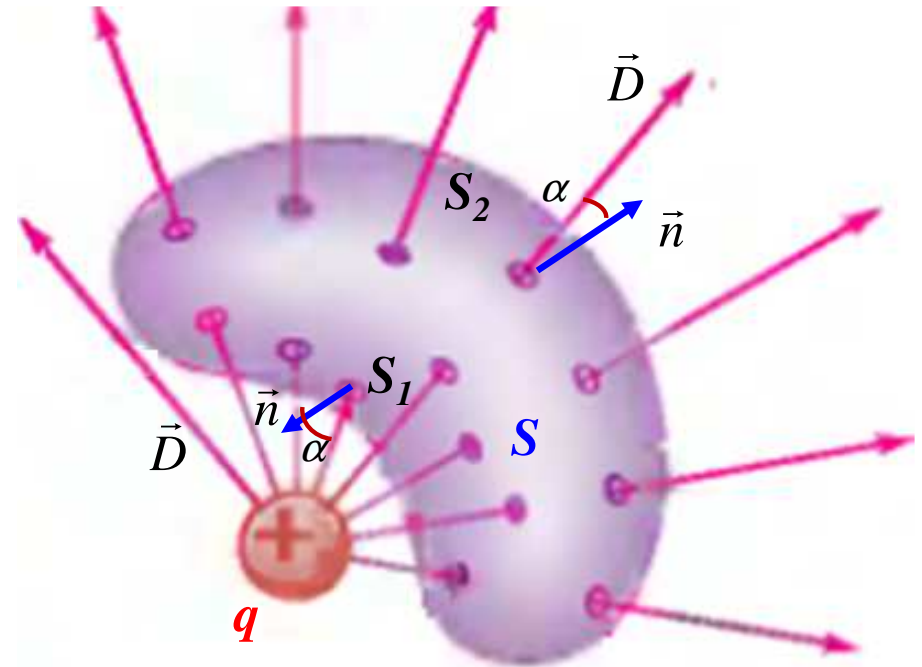
♦ Với:  $\int_S d\Omega = \int_{S_1} d\Omega + \int_{S_2} d\Omega$

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

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

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

♦ Do đó  $\Phi_e = 0 \Rightarrow$  bên trong mặt  $S$  không có điện trường.





## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.3 Nội dung

👉 Phát biểu

♦ *Thông lượng điện trường đi qua một mặt kín bất kỳ bằng tổng đại số các điện tích nằm trong mặt kín đó.*

👉 Biểu diễn toán học

♦ Hệ điện tích phân bố rời rạc  $\Phi_e = \oint_{(S)} D_n \cdot dS = \sum_{i=1}^n q_i$

♦ Vật tích điện có điện tích phân bố liên tục

$$\left. \begin{aligned} \Phi_e &= \oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{(V)} \rho \cdot dV \\ \text{vì: } \oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} &= \int_V \text{div} \vec{D} \cdot dV \\ \text{với: } \text{div} \vec{D} &= \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} \end{aligned} \right\} \text{div} \vec{D} = \rho \quad (\text{Phương trình Poisson})$$

👉 Ý nghĩa: khẳng định đường sức điện trường tĩnh có dạng hở (không khép kín)

## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.4 Tính điện trường bên trong và bên ngoài quả cầu rỗng tích điện

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

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

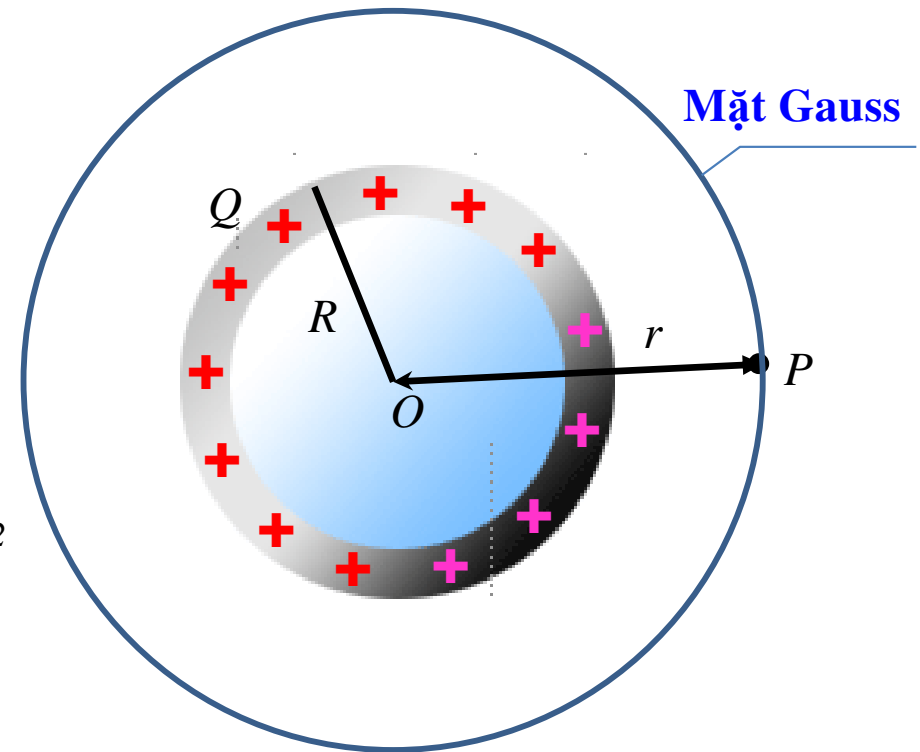
◆ Thông lượng điện cảm qua mặt Gauss, bk  $r$ :

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

◆ Định lý Gauss:  $\Phi_e = Q$

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

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



## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.4 Tính điện trường bên trong và bên ngoài quả cầu rỗng tích điện

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

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

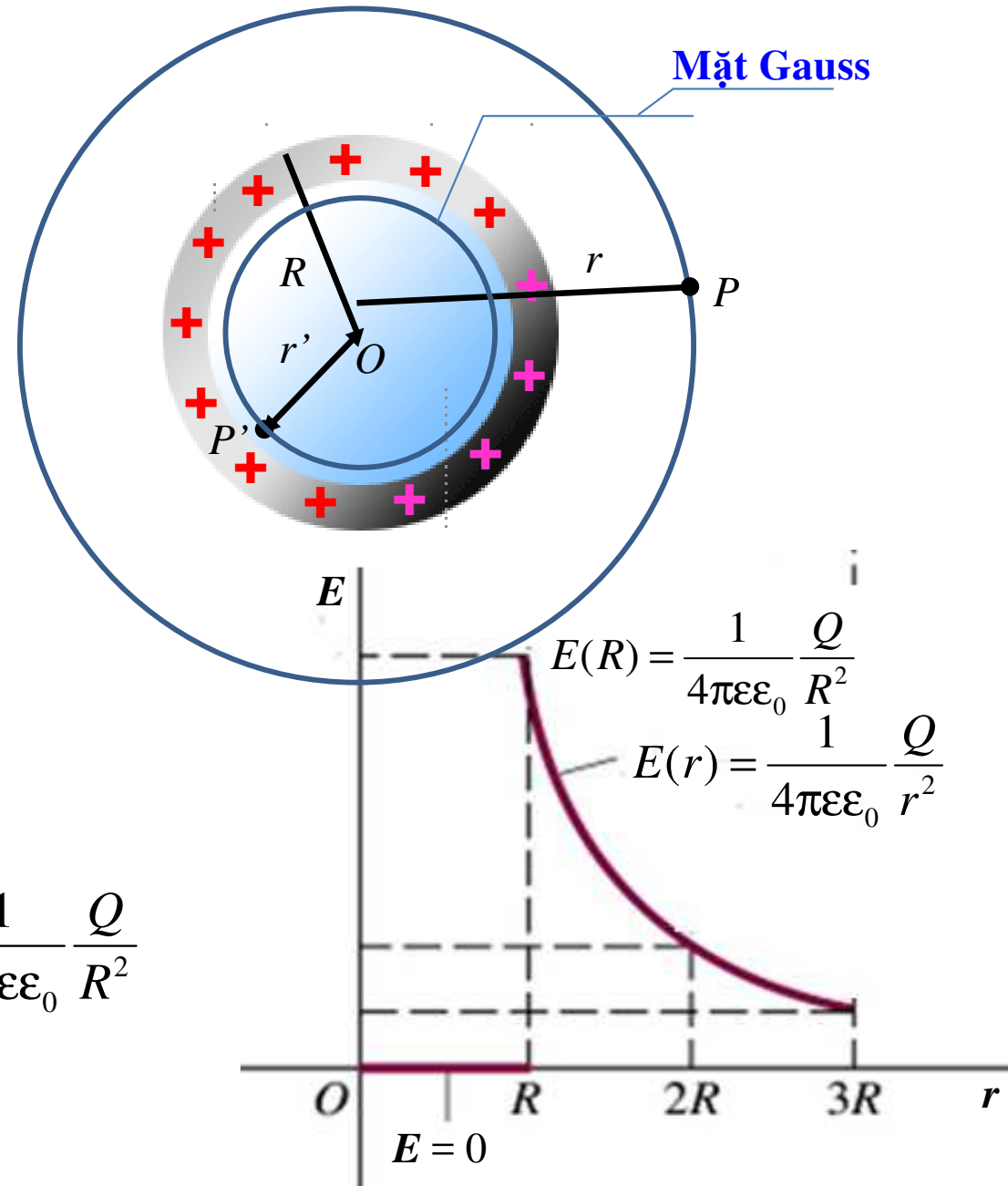
♦ Tương tự có:

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

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

♦ Tại bề mặt,  $r = R$ , có:

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



## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.5 Tính điện trường bên trong và bên ngoài khối cầu đặc tích điện

☞ Phân bố điện tích trong khối cầu  
(mật độ điện tích)

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

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

♦ Dựng mặt Gauss, bán kính  $r < R$ .

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

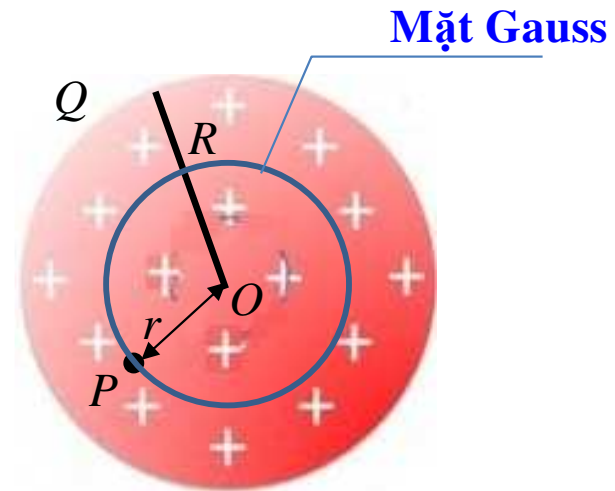
♦ Thông lượng điện cảm qua mặt Gauss, bk  $r$ :

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

♦ 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:  $E = \frac{D}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{Qr}{R^3}$



## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.5 Tính điện trường bên trong và bên ngoài khối cầu đặc tích điện

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

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

♦ Tương tự có:

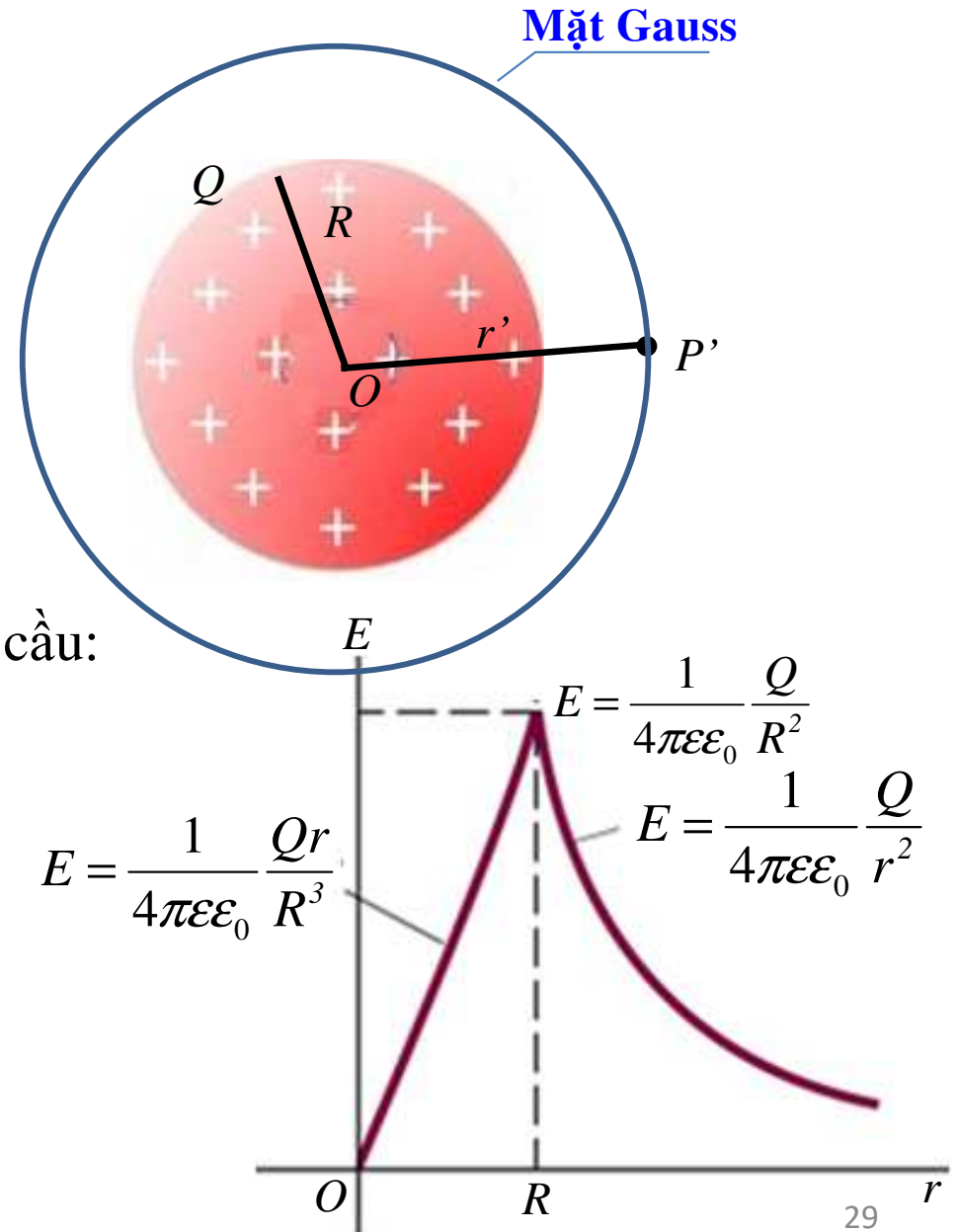
$$D \cdot 4\pi \cdot r'^2 = Q \Rightarrow D = \frac{1}{4\pi} \frac{Q}{r'^2}$$

♦ Cường độ điện trường bên ngoài khối cầu:

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

☞ Tại bề mặt:  $r = R$ :

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



## 1.4 Định lý Gauss

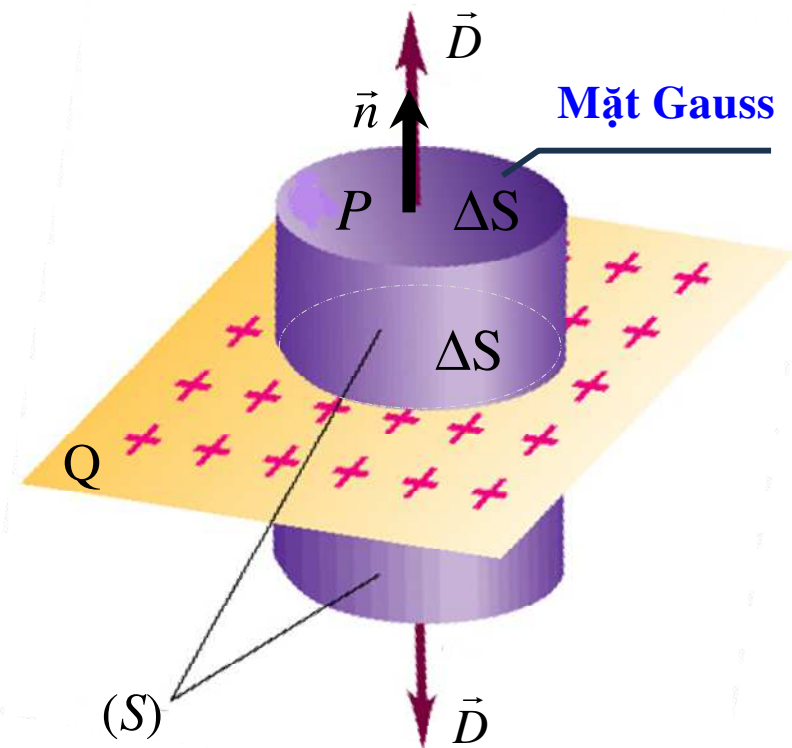
### 1.4.6 Tính điện trường xung quanh mặt phẳng tích điện

☞ Tại điểm  $P$ , dựng mặt kín  $S$  (Gauss) dạng trụ, có đường sinh cắt  $\perp$  mặt phẳng tích điện  $\Rightarrow \vec{D} \perp$  mặt phẳng tích điện và 2 mặt đáy,  $\Delta S$  là giao diện của trụ và mặt phẳng tích điện.

♦ Điện thông gửi qua mặt kín ( $S$ ):

$$\Phi_e = \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_{\text{Mat bên}} \vec{D} d\vec{S} + \int_{2\text{Mat đáy}} \vec{D} d\vec{S}$$

$$\int_{\text{Mat bên}} \vec{D} d\vec{S} = 0 \text{ do } \vec{D} \perp \vec{n} \text{ và } \int_{2\text{Mat đáy}} \vec{D} d\vec{S} = D \cdot \Delta S \text{ do } \vec{D} \parallel \vec{n}$$



♦ Theo định lý *Gauss*:  $\Phi_e = Q \Rightarrow D_n = D = \frac{Q}{2\Delta S} = \frac{\sigma\Delta S}{2\Delta S} = \frac{\sigma}{2}$  hay  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$

( $\sigma$  = mật độ điện tích mặt)

## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.6 Tính điện trường xung quanh mặt phẳng tích điện

☞ Hai mặt phẳng vô hạn song song tích điện bằng nhau, trái dấu ( $+Q$  và  $-Q$ )

♦ Điểm  $P$  ở giữa hai bản  $\Rightarrow$  có

$$\vec{E}_P = \vec{E}^+ + \vec{E}^-$$

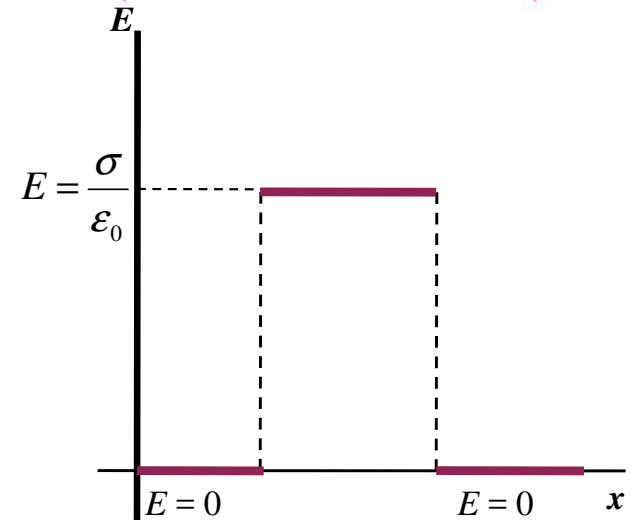
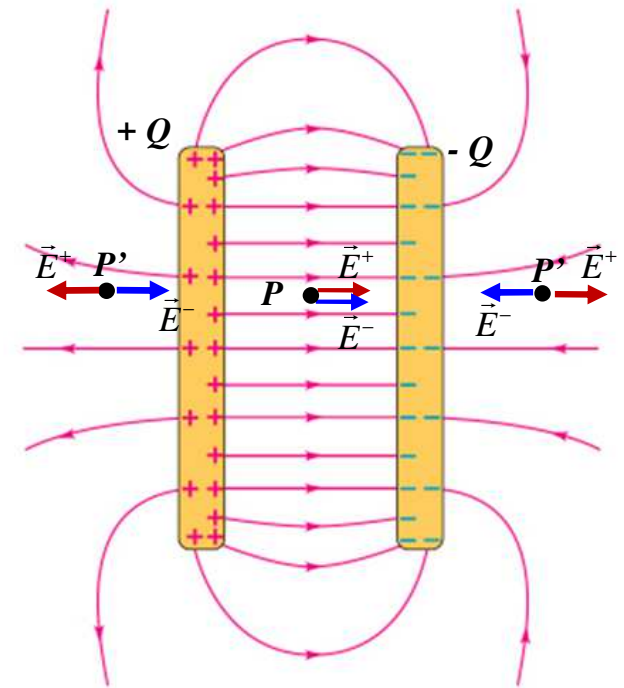
Trong đó:  $E^+ = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$  vì  $\vec{E} \uparrow \uparrow \vec{n}$

$$E^- = -\frac{-\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \text{ vì } \vec{E} \uparrow \downarrow \vec{n}$$

♦ Hai vector cùng chiều nên có

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

♦ Tại bất kỳ điểm  $P'$  bên ngoài hai mặt phẳng luôn có vector điện trường của mỗi mặt ngược chiều nhau  $\Rightarrow$  vector tổng hợp có trị số  $E_P = 0$ .



## 1.4 Định lý Gauss

### 1.4.7 Điện trường xung quanh mặt trụ tích điện

☞ Tại điểm P, dựng mặt kín  $S$  (mặt Gauss) dạng trụ, b/kính  $r > R$ , độ dài  $l$ , 2 đáy vuông góc trục, mặt bên bao quanh trục và  $\vec{D} \perp$  bề mặt tại mọi điểm trên đó (tức là,  $\vec{D} \parallel$  mặt đáy).

♦ Điện thông gửi qua mặt kín ( $S$ ):

$$\Phi_e = \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_{\text{Mat bên}} \vec{D} d\vec{S} + \int_{2\text{Mat đáy}} \vec{D} d\vec{S}$$

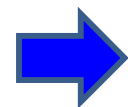
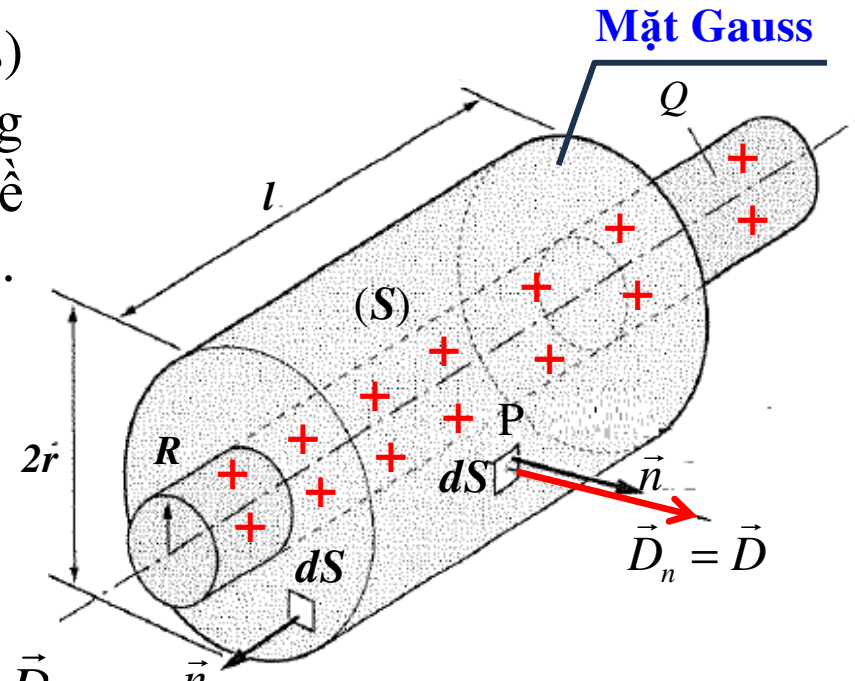
$$\int_{2\text{Mat đáy}} \vec{D} d\vec{S} = 0 \text{ do } \vec{D} \perp \vec{n} \text{ và } \int_{\text{Mat bên}} \vec{D} d\vec{S} = D \cdot 2\pi r l \text{ do } \vec{D} \parallel \vec{n}$$

♦ Theo định lý **Gauss**:  $\Phi_e = Q \Rightarrow D_n = D = \frac{Q}{2\pi r l}$  hay  $E = \frac{R}{\epsilon \epsilon_0} \frac{Q}{r 2\pi R l} = \frac{R}{\epsilon \epsilon_0} \frac{\sigma}{r}$

♦ Khi  $R$  rất nhỏ:  $E = \frac{1}{2\pi \epsilon \epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$

$\sigma = \frac{Q}{2\pi R l} = \frac{Q}{S}$ : mật độ điện mặt;

$\lambda = \frac{Q}{l}$ : mật độ điện dài.





## 1.5 Điện thế

### 1.5.1 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  $\vec{E}$  từ  $a \rightarrow b$  trên quỹ đạo (C) bất kỳ.

♦  $q_0$  chịu tác dụng của lực tĩnh điện  $\vec{F}$ :

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

♦ Công lực  $F$  thực hiện trong dịch chuyển vô cùng nhỏ  $dl$  của  $q_0$  trên  $ab$ :

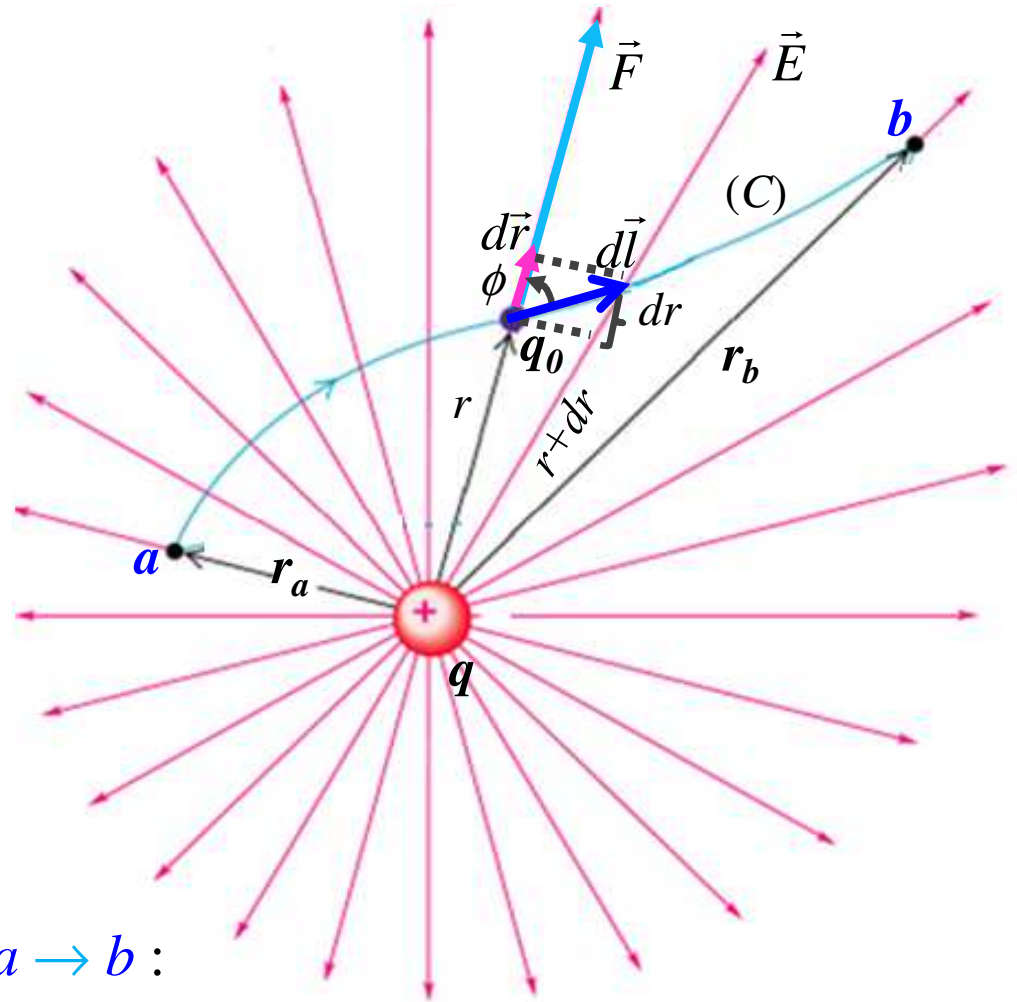
$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 E \cdot dl \cos \phi$$

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

☞ Công lực tĩnh điện dịch chuyển  $q_0$  từ  $a \rightarrow b$ :

$$A = \int_a^b \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_a^b \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left[ -\frac{1}{r} \right]_{r_a}^{r_b} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_a} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_b}$$

♦  $A$  *không* dạng đường đi, chỉ  $\in$  điểm đầu và điểm cuối đoạn dịch chuyển!



## 1.5 Điện thế

### 1.5.2 Lưu số vector cường độ điện trường

☞  $A = 0$  khi  $r_a \equiv r_b \Rightarrow$  trường tĩnh điện là trường thế.

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

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

♦ *Lưu số của  $\vec{E}$  dọc theo đường kín = 0!*

### 1.5.3 Thế năng trường tĩnh điện

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

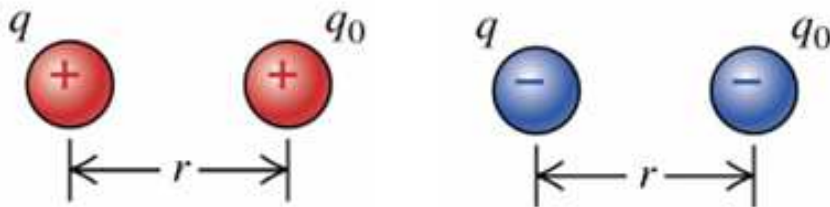
$$\text{Tức là: } A = W_a - W_b = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_a} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_b}$$

♦  $W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} \Rightarrow$  *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 cùng.*

## 1.5 Điện thế

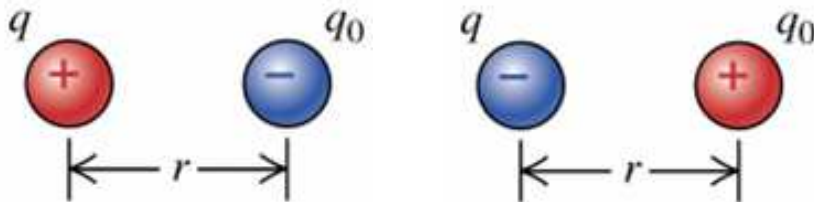
### 1.5.3 Thế năng trường tĩnh điện

☞ Thế năng trong trường của 2 điện tích cùng dấu

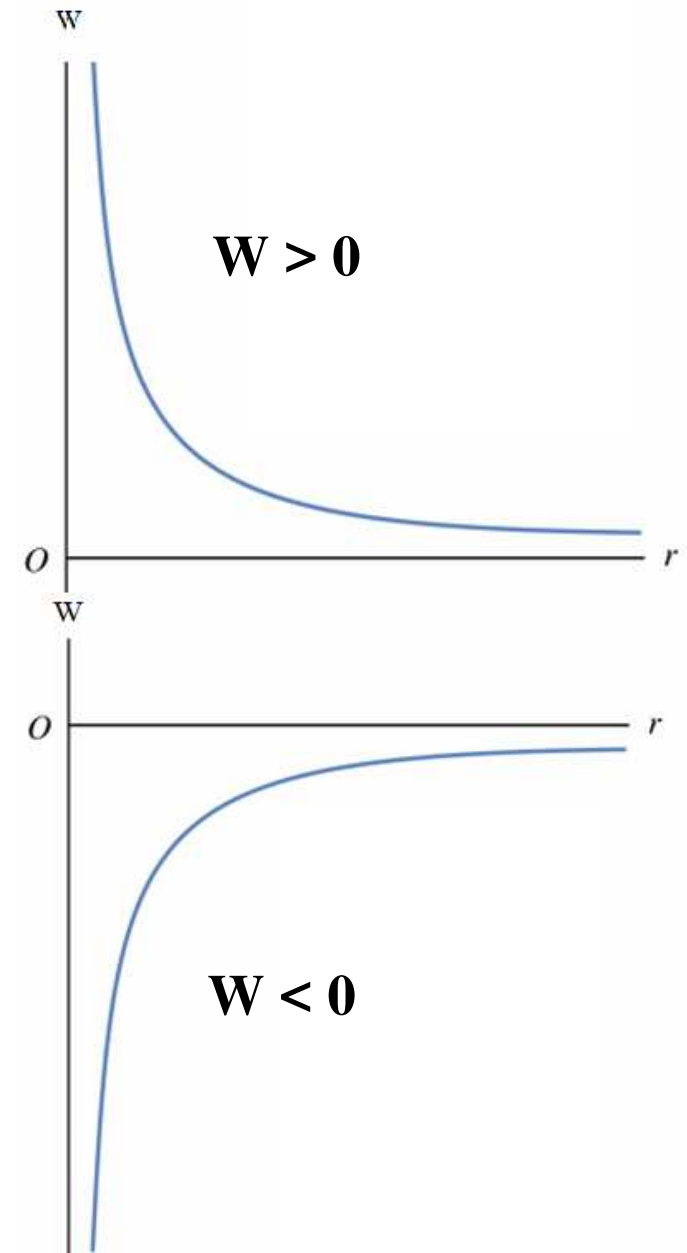


$$q_0 q > 0 \Rightarrow F > 0 \text{ do } F = \frac{\partial W}{\partial r} \Rightarrow W > 0$$

☞ Thế năng trong trường của 2 điện tích trái dấu



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



## 1.5 Điện thế

### 1.5.4 Điện thế và hiệu điện thế

☞ Công lực tĩnh điện khi di chuyển 1 điện tích từ  $r_a$  ra vô cực:  $A_{a\infty} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_a}$

có:  $V_a = \frac{A_{a\infty}}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_a} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r_a}$  gọi là *điện thế* của điện tích  $q$  tại vị trí  $r_a$

◆  $V_a$  chỉ ∈ điện tích  $q$  gây ra trường và vị trí xét trong 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  $+1C$  từ điểm đó ra xa vô cùng.*

☞ Nếu di chuyển  $q_0$  giữa  $a$  và  $b$ , có:  $\frac{A_{ab}}{q_0} = \frac{W_a}{q_0} - \frac{W_b}{q_0} = V_a - V_b$

◆ *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.*

◆ Công của lực tĩnh điện khi di chuyển 1 điện tích giữa 2 điểm:  $A_{ab} = q_0(V_a - V_b)$

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

## 1.5 Điện thế

### 1.5.4 Điện thế và hiệu điện thế

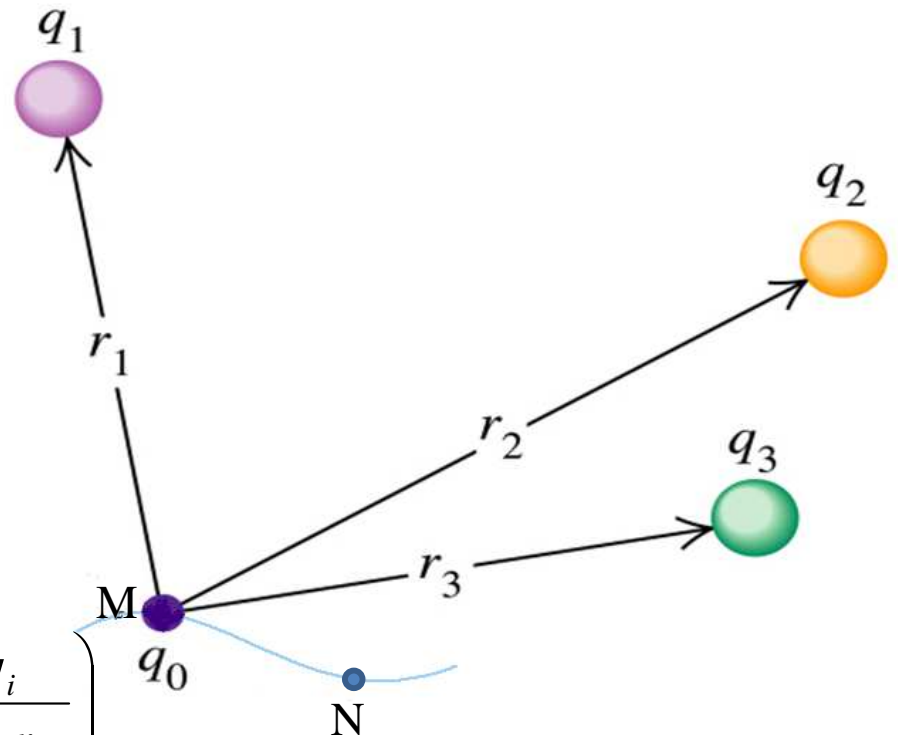
#### Trường hợp hệ điện tích phân bố rời rạc

☞ 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

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



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

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

☞ Điện thế gây bởi hệ  $n$  điện tích tại M:  $V_M = V_{1M} + V_{2M} + \dots + V_{nM}$

## 1.5 Điện thế

### 1.5.4 Điện thế và hiệu điện thế

#### *Trường hợp vật có phân bố điện tích (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 vật tích điện tại  $M$ :  $V_M = \int_{\text{toàn bộ vật}} dV = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{\text{toàn bộ vật}} \frac{dq}{r}$

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

☞ Công của lực tĩnh điện khi di chuyển điện tích từ  $M \rightarrow N$ :

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

☞ Công của lực tĩnh điện khi di chuyển điện tích từ  $M \rightarrow \infty$ :

$$A_{M\infty} = W_M = \int_M^\infty \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_M^\infty q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

♦ Điện thế tại  $M$ :  $V_M = \frac{A_{M\infty}}{q_0} = \int_M^\infty \vec{E} \cdot d\vec{l}$  và hiệu điện thế:  $V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q_0} = \int_M^N \vec{E} \cdot d\vec{l}$

## 1.5 Điện thế

### 1.5.5 Mặt đẳng thế

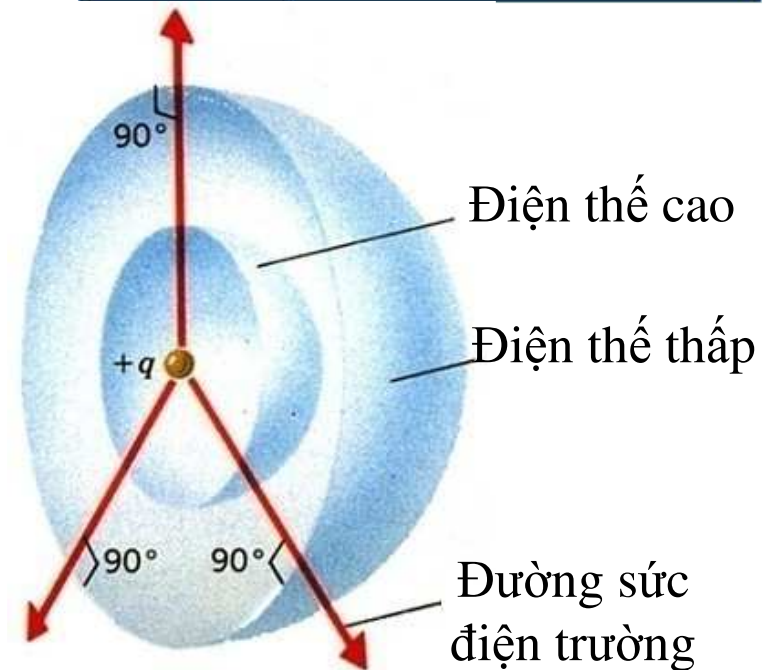
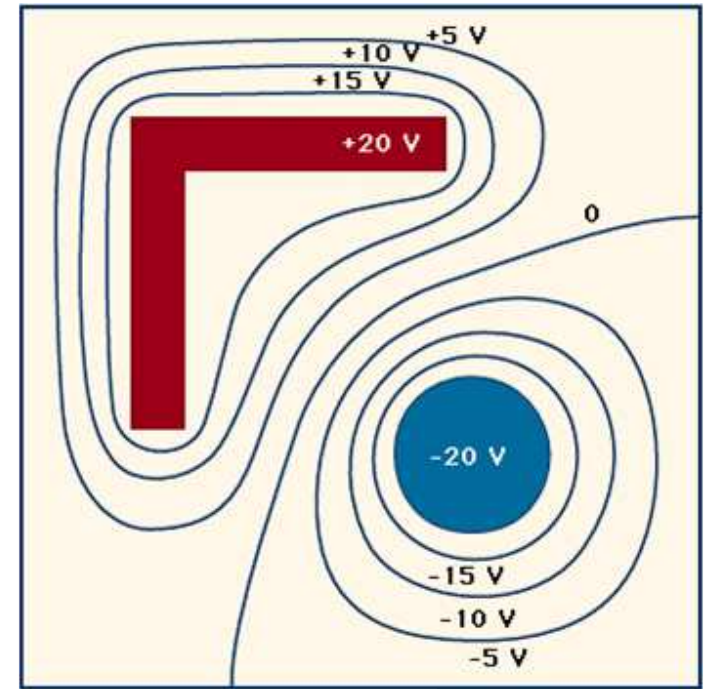
☞ Khái niệm

- ◆ 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

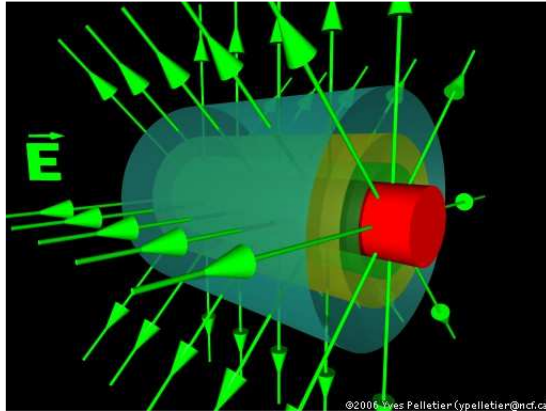
- ◆ Công lực tĩnh điện khi dịch chuyển 1 điện tích trên mặt đẳng thế,  $A_{MN} = q_0(V_M - V_N) = 0$ ,
- ◆ Vector  $\vec{E}$  tại mỗi điểm trên mặt đẳng thế  $\perp$  mặt đẳng thế tại điểm đó,
- ◆ Các mặt đẳng thế không cắt nhau,
- ◆ Mật độ đường đẳng thế xác định cường độ điện trường.



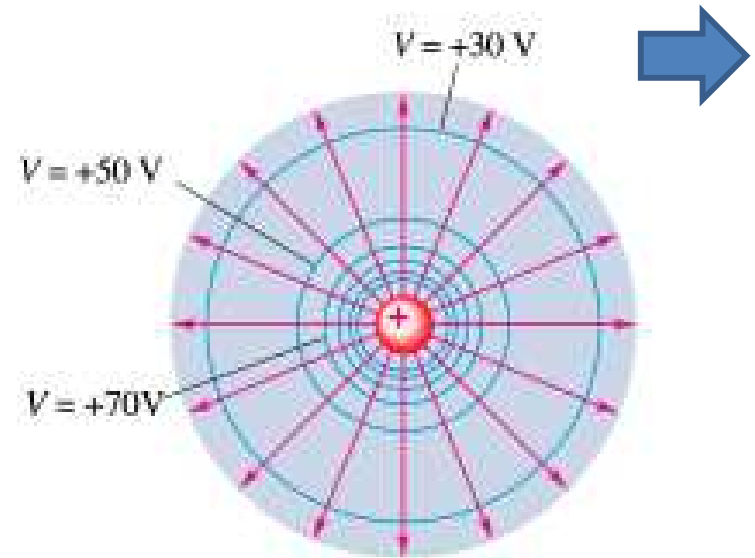


## 1.5 Điện thế

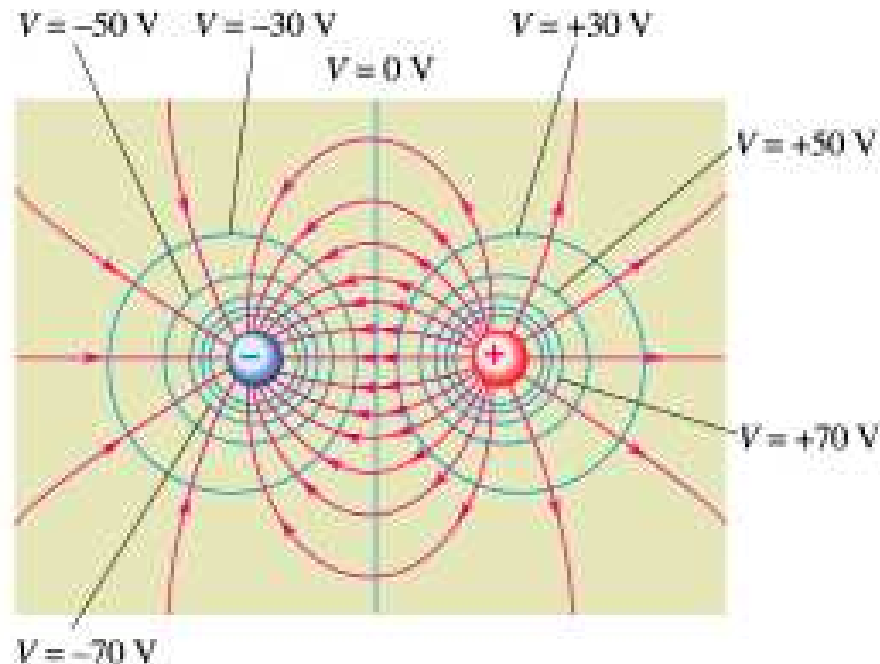
### 1.5.5 Mặt đẳng thế



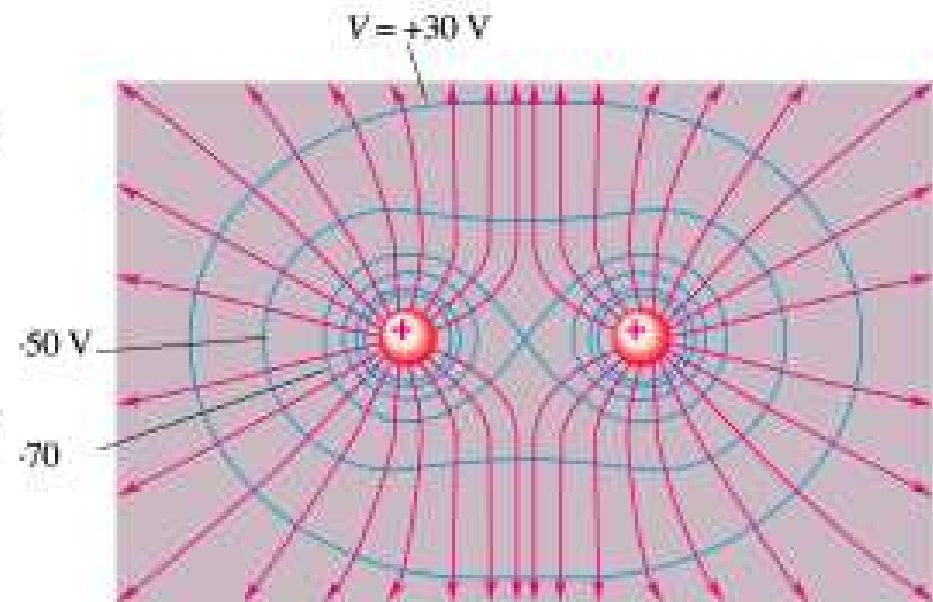
Mặt đẳng thế quanh dây tích điện đều



Mặt đẳng thế quanh điện tích dương



Mặt đẳng thế quanh lưỡng cực điện



Mặt đẳng thế quanh hệ 2 điện tích điểm



# 1. 6. Cường độ điện trường và điện thế

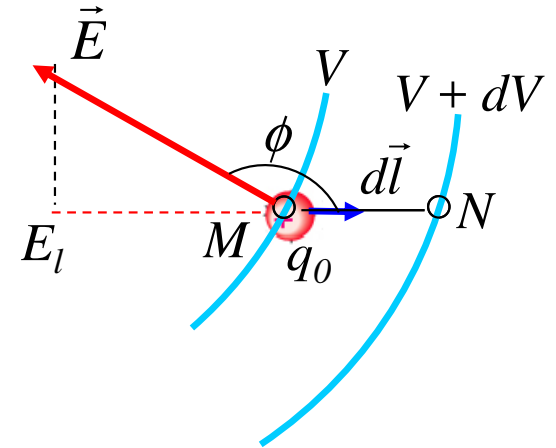
## 1.6.1 Mối liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế

☞ Xét điện tích  $q_0$  trong điện trường  $\vec{E}$

◆ Công vi phân lực điện trường thực hiện để dịch chuyển  $q_0$  từ  $M$  (có điện thế  $V$ )  $\rightarrow N$  (điện thế  $V + dV$ ). tương ứng khoảng cách  $dl$ :

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } dA = q_0[V - (V + dV)] = -q_0 \cdot dV \quad (2)$$



◆ Kết hợp (1) và (2) có:  $\vec{E} \cdot d\vec{l} = -dV$

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

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

☞  $E \cdot \cos \phi$  chính là hình chiếu của vector điện trường  $\vec{E}$  lên phương dịch chuyển  $dl$  tức là:  $E \cdot \cos \phi \cdot dl = E_l \cdot dl = -dV$

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

# 1. 6. Cường độ điện trường và điện thế

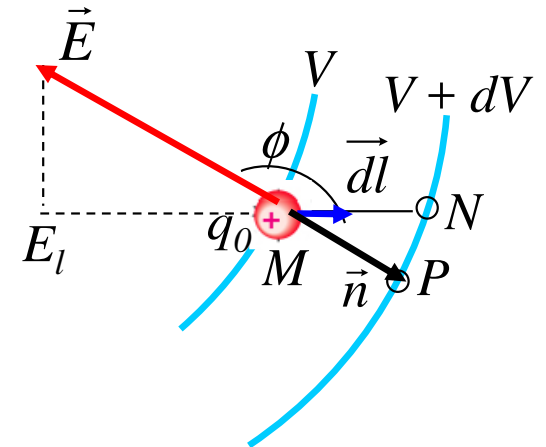
## 1.6.1 Mối liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế

☞ 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.*



♦  $E_l = E \cos \phi \leq E \Rightarrow \left| \frac{\partial V}{\partial l} \right| \leq \left| \frac{\partial V}{\partial n} \right|$  *Điện trường lấy dọc theo pháp tuyến với mặt đẳng thế luôn có giá trị lớn nhất.*

## 1.6 Cường độ điện trường và điện thế

### 1.6.2 Hiệu điện thế đối với vật tích điện

☞ Hai mặt phẳng vô hạn mật độ điện mặt ( $\sigma$ ) đều, điện thế trên mỗi mặt  $V_1$  và  $V_2$ , cách nhau một khoảng  $d$ .

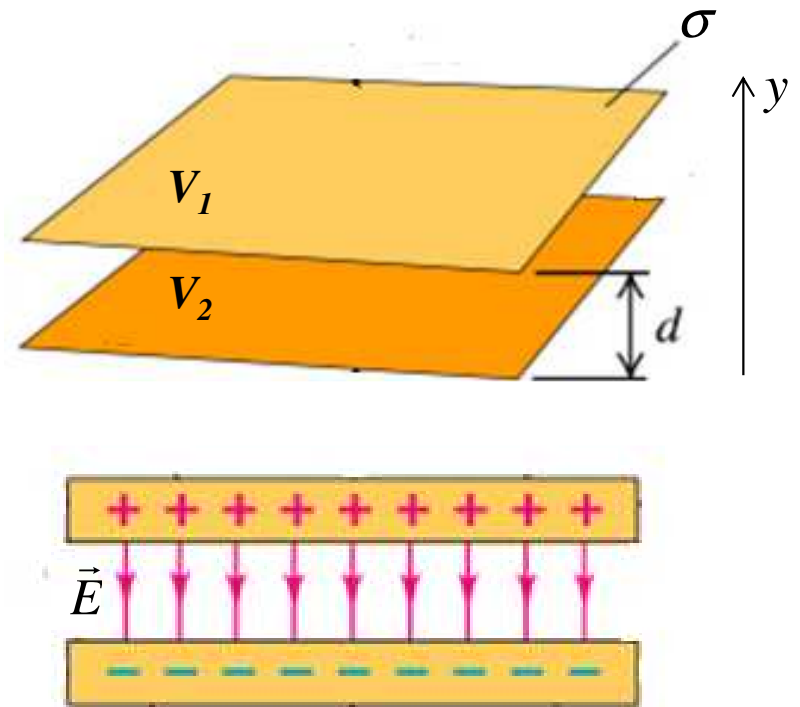
$$dV = -E dy \Rightarrow \int_{V_1}^{V_2} dV = - \int_0^d E dy$$

Điện trường giữa 2 mặt:  $E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}$

$$\Rightarrow \text{có : } U = V_1 - V_2 = \frac{\sigma d}{\epsilon \epsilon_0}$$

☞ Định nghĩa đơn vị cường độ điện trường

♦ *V/m là cường độ điện trường của một điện trường đều mà hiệu thế dọc theo mỗi mét đường sức bằng một Vôn (Volt).*



## 1.6 Cường độ điện trường và điện thế

### 1.6.2 Hiệu điện thế đối với vật tích điện

☞ Mặt cầu tích điện đều  $Q$ , bán kính  $R$ .

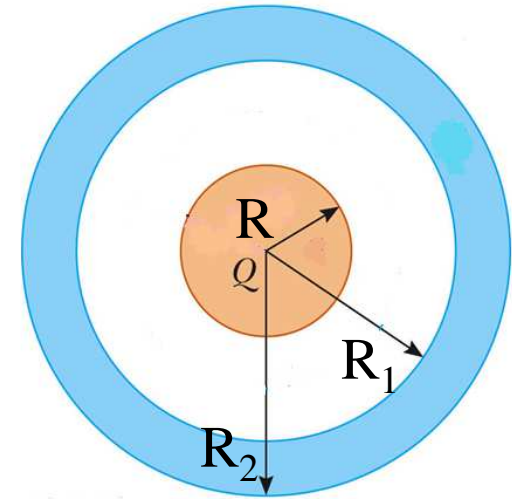
♦ Độ giảm điện thế giữa 2 điểm nằm trên 2 mặt cầu, bán kính  $R_1$  và  $R_2$  ( $R_2 > R_1 > R$ ) với điện thế tương ứng  $V_1, V_2$  là:

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

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

$$\Rightarrow \text{có : } U = V_1 - V_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\text{♦ Khi } R_1 = R, R_2 \rightarrow \infty (V_2 = 0) \Rightarrow V = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R}$$



## 1.6 Cường độ điện trường và điện thế

### 1.6.2 Hiệu điện thế đối với vật tích điện

☞ Mặt trụ tích điện đều, mật độ điện mặt  $\sigma$ , bán kính  $R \Rightarrow$  hiệu điện thế giữa 2 điểm tương ứng 2 mặt trụ, bán kính  $R_1$  và  $R_2$  là:

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

☞ Lượng cực điện (cặp 2 điện tích  $+q$  và  $-q$  cách nhau khoảng  $d$ )

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

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

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

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

