

## 1. Những khái niệm mở đầu:

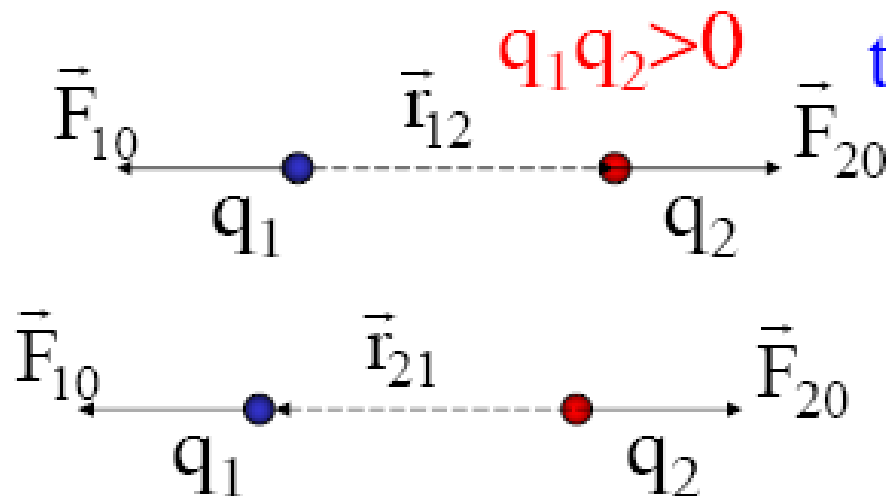
- Hiện tượng nhiễm điện do cọ xát
- Điện tích nguyên tố: **điện tử  $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$** ,  
 **$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$** ; Proton:  **$+e$** ,  **$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$**
- Mất điện tử nhiễm điện dương: thủy tinh
- Nhận điện tử nhiễm điện âm: lụa
- **Định luật bảo toàn điện tích**: Tổng đại số điện tích của hệ cô lập là không đổi.
- **Phân loại vật**: Dẫn điện, điện môi, Bán dẫn  $\rightarrow$  các thuyết:

**Khí điện tử tự do áp dụng cho kim loại**

**Lý thuyết vùng năng lượng áp dụng cho TThể**

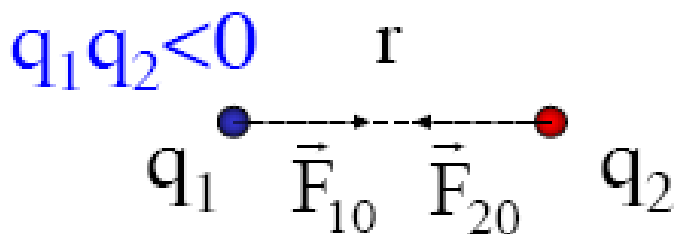
## 2. Định luật Culông

### 2.1. Định luật Culông trong chân không



$$\vec{F}_{20} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{i}_{12}}{r}$$

$$\vec{F}_{10} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{i}_{21}}{r}$$



$$F_{10} = F_{20} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

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

$$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$

$$F_{10} = F_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

Hằng số điện môi

- **ĐL Culông**: Lực tương tác giữa hai điện tích có phương nằm trên đường nối hai điện tích, là lực hút nhau nếu hai điện tích trái dấu và đẩy nhau nếu cùng dấu, có độ lớn tỷ lệ với độ lớn tích giữa hai điện tích đó và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai điện tích đó

## 2.2. Định luật Culông trong môi trường

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{|q_1q_2|}{r^2}$$

$\epsilon$ - Độ điện thẩm hay hằng số điện môi tỷ đối



- Độ điện thẩm hay hằng số điện môi tỷ đối  $\epsilon$  của một số chất:

Chân không	1
Không khí	1,0006
Thuỷ tinh	$5 \div 10$
H <sub>2</sub> O	81
Dầu cách điện	1000

- Lực Culông do hệ điện tích điểm  $q_1, q_2, \dots, q_n$  tác dụng lên điện tích điểm  $q_0$  :

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

## 3. Khái niệm về điện trường, Véc tơ cường độ điện trường

### 3.1. Khái niệm về điện trường:

Tương tác giữa hai điện tích điểm xảy ra như thế nào?

- Thuyết **tác dụng xa**: Tức thời, không thông qua môi trường nào cả -> Sai
- Thuyết **tác dụng gần**: Quanh điện tích có môi trường đặc biệt -> điện trường lan truyền với  $c$  -> vận tốc tương tác giới hạn  
-> điện trường của điện tích này tác dụng lực lên điện tích kia

### 3.2. Véc tơ cường độ điện trường

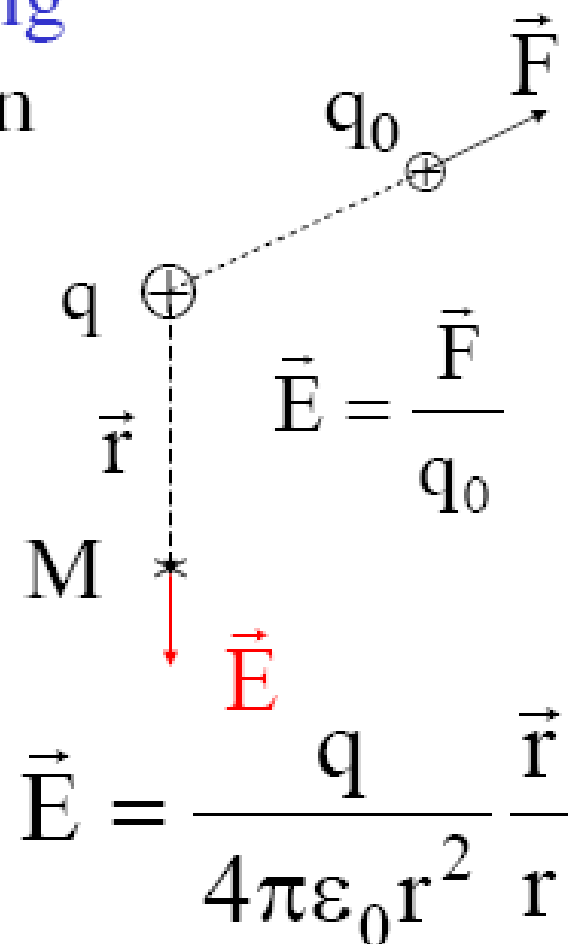
**Định nghĩa:** Véc tơ cường độ điện trường tại một điểm là đại lượng có giá trị bằng lực tác dụng của điện trường lên một đơn vị điện tích dương đặt tại điểm đó

Thứ nguyên:  $\left(\frac{V}{m}\right)$

Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm

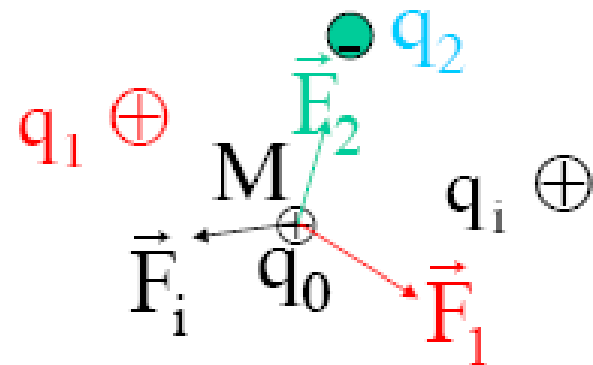
$$\vec{F} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi hệ điện tích điểm

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{q_0} = \sum_{i=1}^n \frac{\vec{F}_i}{q_0} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

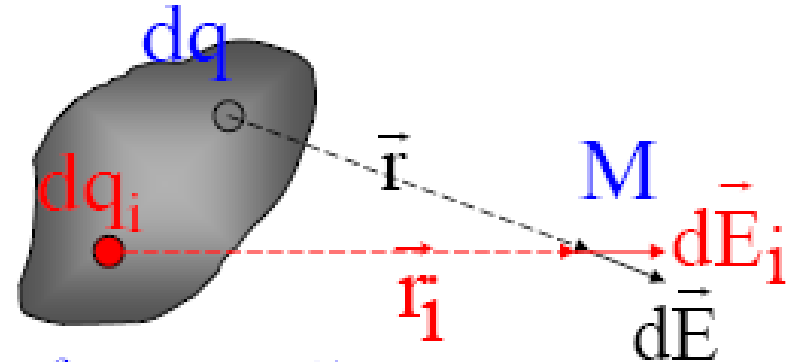
$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

...tại  $M$  bằng tổng các véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi các điện tích điểm tại điểm đó

-> nguyên lý chồng chất điện trường

Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi vật mang điện tích

$$\vec{E} = \int_{\text{Toàn bộ vật}} d\vec{E} = \int_{\text{tbv}} \frac{dq}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



Trong trường hợp cụ thể phải xác định phương và chiều bằng hình vẽ, tích phân chỉ xác định giá trị của E

Dây:  $\lambda$  (C/m)

$$dq = \lambda dl$$

$$\vec{E} = \int_{\text{tbv}} \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Mặt:  $\sigma$  (C/m<sup>2</sup>)

$$dq = \sigma dS$$

$$\vec{E} = \int_{\text{tbv}} \frac{\sigma dS}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Khối:  $\rho$  (C/m<sup>3</sup>)

$$dq = \rho dV$$

$$\vec{E} = \int_{\text{tbv}} \frac{\rho dV}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



### 3.3. Thí dụ

• **Lưỡng cực điện**  $\vec{p}_e = ql$

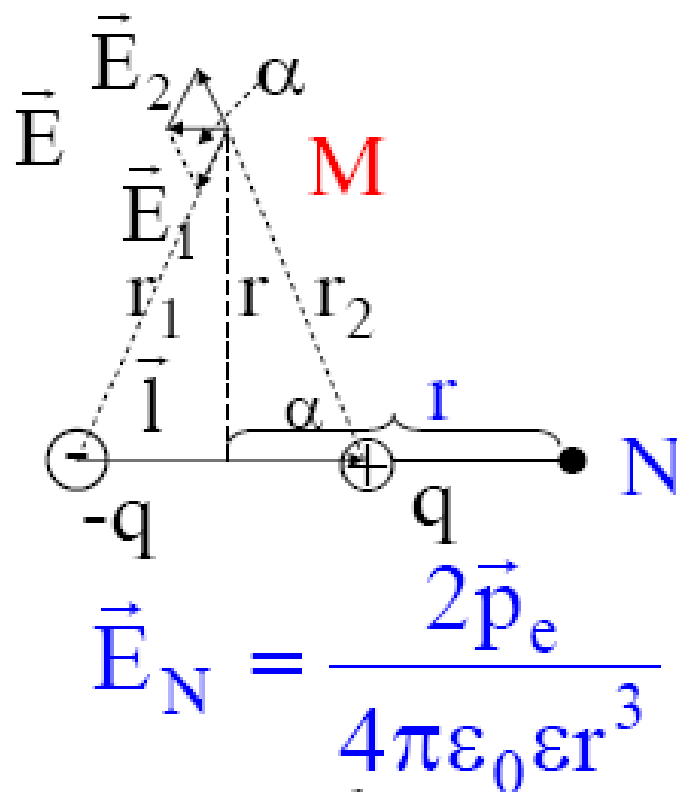
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad E = 2E_1 \cos \alpha$$

$$E = 2 \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1^2} \frac{l}{2r_1} = \frac{ql}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1^3}$$

$$r \gg l \Rightarrow r_1 = \sqrt{r^2 + \frac{l^2}{4}} \approx r$$

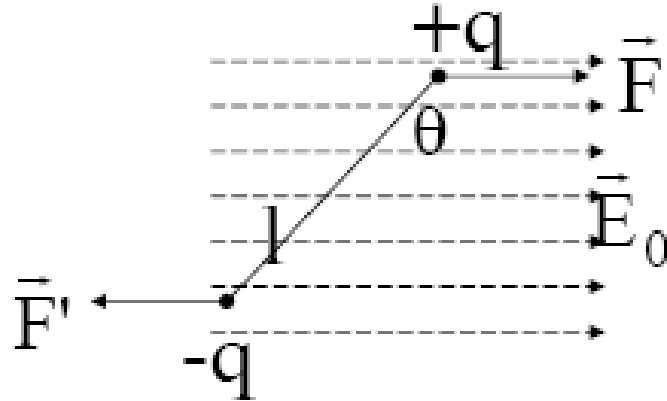
$$E = \frac{p_e}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}$$

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



$E \sim$  mômen lưỡng cực điện  $p_e$

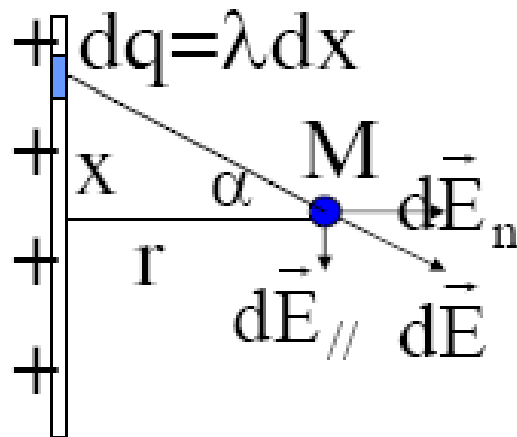
• Tác dụng điện trường đều lên lưỡng cực điện



$$\vec{\mu} = \vec{l} \times \vec{F} = \vec{l} \times q\vec{E}_0 = q\vec{l} \times \vec{E}_0$$

$$\vec{\mu} = \vec{p}_e \times \vec{E}_0 \quad \mu = qlE_0 \sin\theta$$

• Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi dây dẫn vô hạn tích điện đều

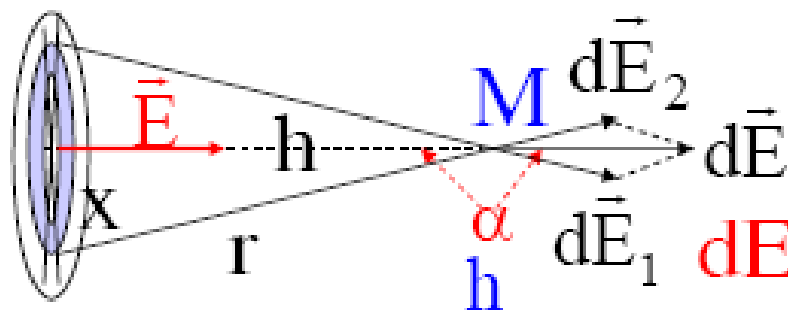


$$E = \int_{\text{tbd}} dE_n = \int_{\text{tbd}} \frac{\lambda dx}{4\pi\epsilon_0\epsilon(x^2 + r^2)} \cos\alpha$$

$$\cos^2\alpha = r^2 / (x^2 + r^2) \quad dx = \frac{r d\alpha}{\cos^2\alpha}$$

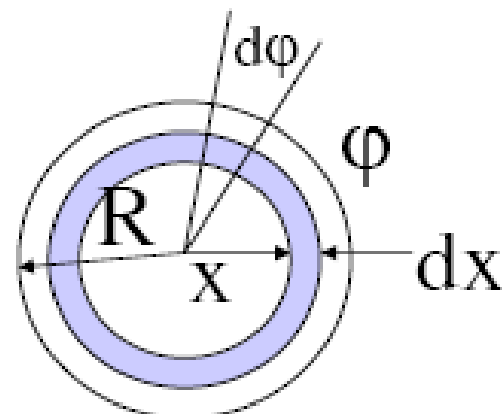
$$E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos\alpha d\alpha \quad E = \frac{|\lambda|}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

- Véc tơ cường độ điện trường gây ra bởi đĩa tròn phẳng tích điện đều



$$dE = 2dE_1 \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{(h^2 + x^2)^{1/2}}$$



$$dq = \sigma dS = \sigma x dx d\phi$$

đĩa phẳng vô hạn

$$R \rightarrow \infty$$

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

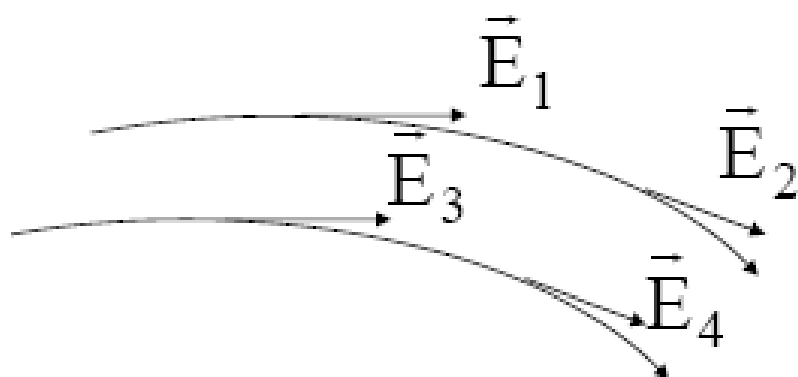
$$E = \int_{\text{tbd}} dE = \int_{\text{tbd}} \frac{\sigma h}{2\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{x dx d\phi}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$E = \frac{\sigma h}{2\pi\epsilon_0 \epsilon} \int_0^R \frac{x dx}{(h^2 + x^2)^{3/2}} \int_0^\pi d\phi$$

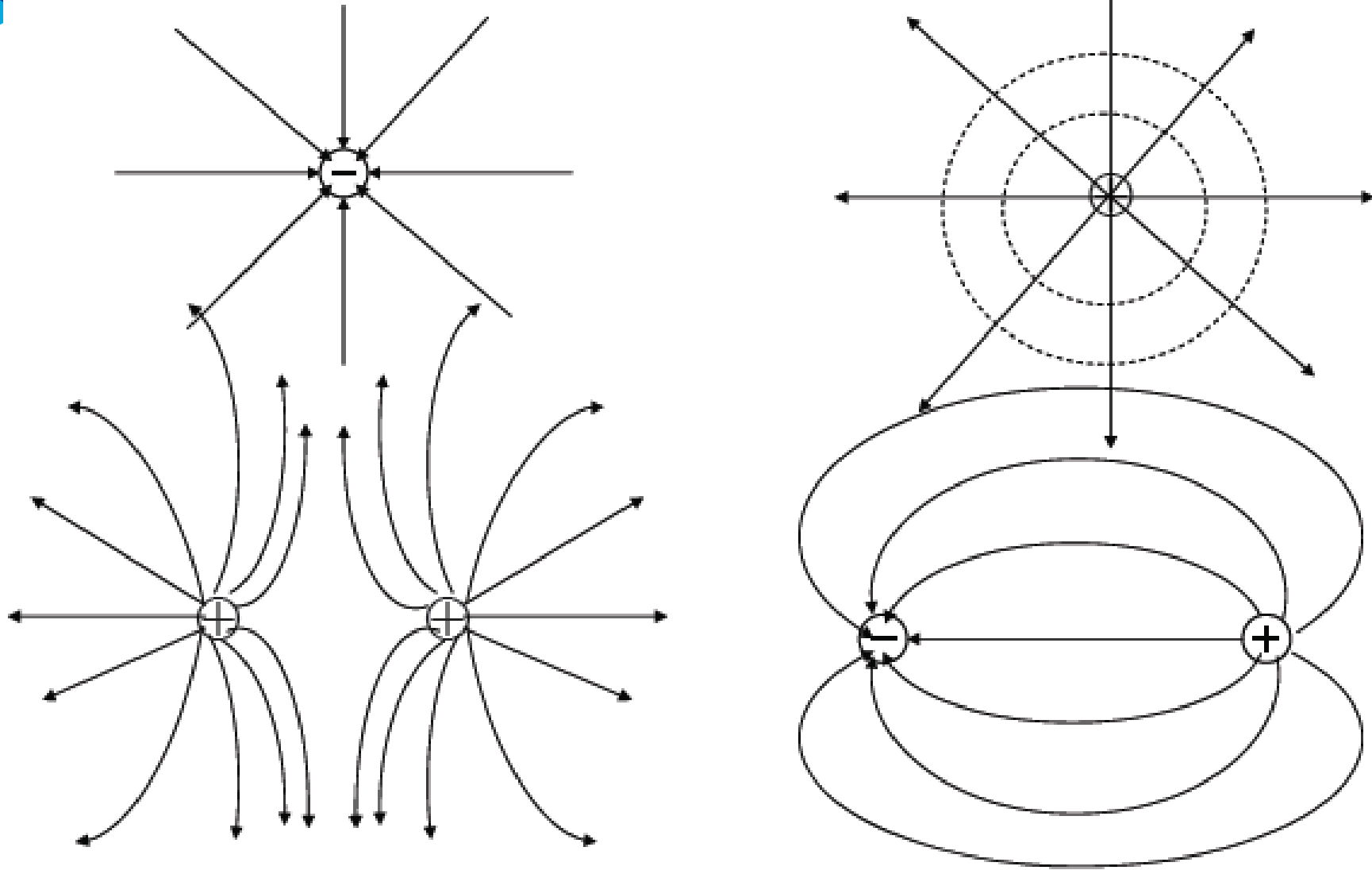
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon} \left( 1 - \frac{1}{(1 + R^2/h^2)^{1/2}} \right)$$

## 4. Điện thông

4.1. Đường sức điện trường là đường cong mà tiếp tuyến tại mỗi điểm của nó trùng với phương của véc tơ cường độ điện trường tại điểm đó chiều của đường sức điện trường là chiều của véc tơ cường độ điện trường



Tập hợp đường sức của điện trường = điện phổ



**Đặc điểm:** Đường sức của trường tĩnh điện là các đường hở

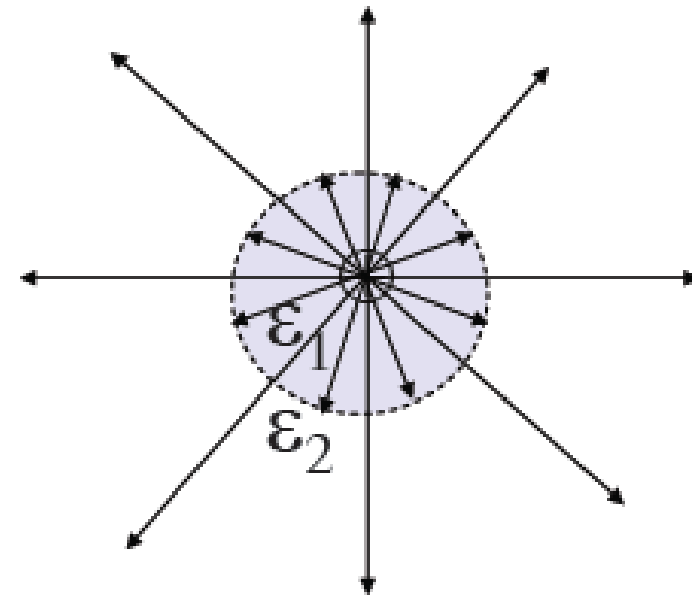
## 4.2. Sự gián đoạn đường sức của điện trường

Nếu  $2\varepsilon_1 = \varepsilon_2$  gián đoạn tại biên giới hai môi trường  
 $\Rightarrow$  Véc tơ cảm ứng điện

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E} \quad D = \varepsilon_0 \varepsilon E$$

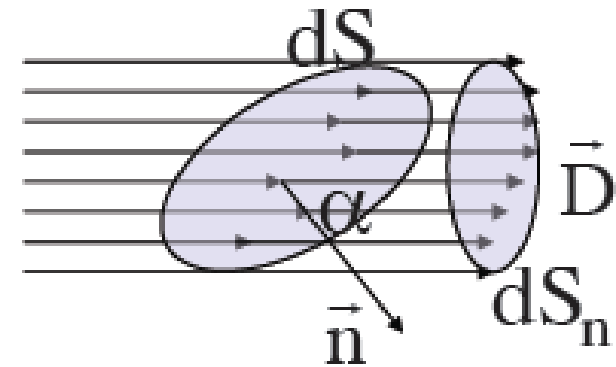
Điện tích điểm

$$\vec{D} = \frac{q}{4\pi r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad D = \frac{|q|}{4\pi r^2}$$



Thứ nguyên  
 $C/m^2$

4.3. Thông lượng cảm ứng điện /điện thông  
là đại lượng có độ lớn bằng số  
đường sức vẽ vuông góc qua  
diện tích

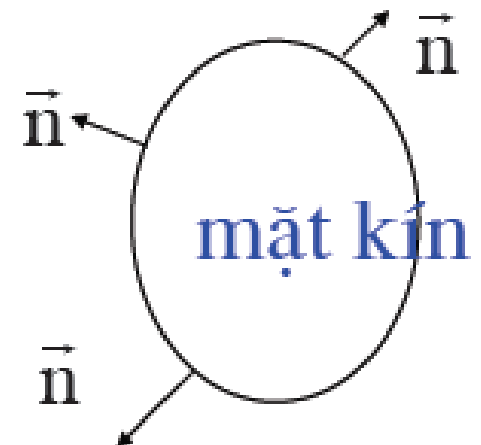


$$d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$$

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

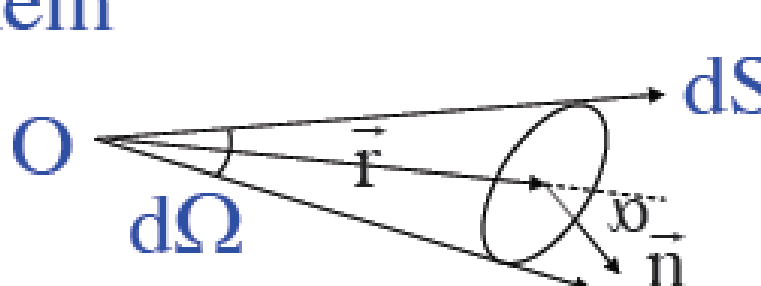
qua diện tích  $S$

$$\Phi_e = \int_S d\Phi_e = \int_S \vec{D} d\vec{S}$$



## 5. Định lý Ôxtrôgratxki-Gauox (Ô-G)

5.1. Góc khối: góc nhìn một diện tích từ một điểm

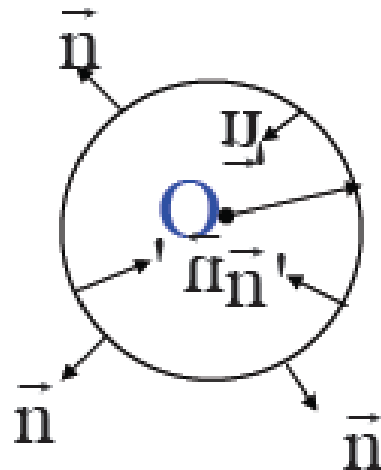


$$\vec{dS} = dS \cdot \vec{n}$$

$$d\Omega = \frac{dS \cos \alpha}{r^2}$$

$$dS \cos \alpha = dS_n$$

Góc nhìn mặt cầu (pháp tuyến ra):



$$\Omega = \int_S \frac{dS \cos \alpha}{r^2} = \int_S \frac{dS_n}{r^2} = 4\pi$$

Góc nhìn mặt cầu

(pháp tuyến vào):

$$\Omega' = -4\pi$$



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

Điện thông qua  $dS$       $d\Phi_e = \vec{D}d\vec{S} = DdS \cos \alpha$

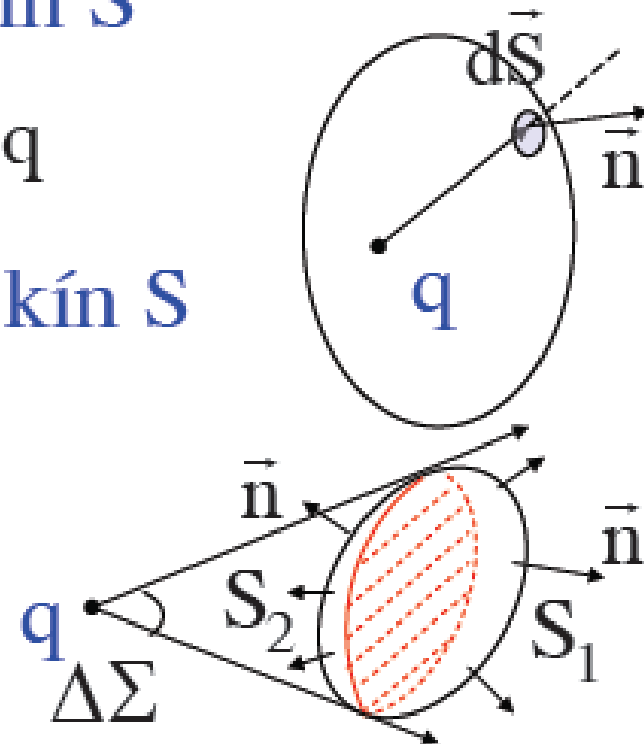
$$D = \frac{|q|}{4\pi r^2} \quad d\Phi_e = \frac{q}{4\pi r^2} dS \cos \alpha = \frac{q}{4\pi} d\Omega$$

Điện tích điểm  $q$  trong mặt kín  $S$

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

Điện tích điểm  $q$  ngoài mặt kín  $S$

$$\begin{aligned} \Phi_e &= \frac{q}{4\pi} \left( \int_{S_1} d\Omega + \int_{S_2} d\Omega \right) \\ &= \frac{q}{4\pi} (\Delta\Sigma - \Delta\Sigma) = 0 \end{aligned}$$



### 5.3. Định lý Ôxtrôgratxki-Gauox (Ô-G)

Điện thông qua mặt kín bất kỳ bằng tổng đại số các điện tích chứa trong mặt kín ấy:

$$\Phi_e = \oiint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_i q_i \quad \Sigma q_i \text{ Tổng đại số (dấu của điện tích)}$$

### 5.4. Dạng vi phân định lý Ôxtrôgratxki-Gauox

$$\oiint_S \vec{D} d\vec{S} = \iiint_V \text{div} \vec{D} dV \quad \text{div} \vec{D} = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z}$$

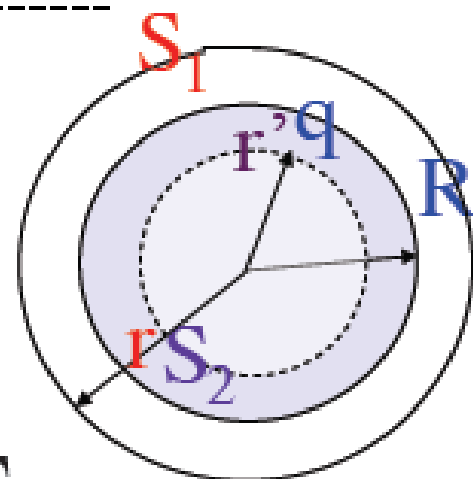
$$\sum_i q_i = \iiint_V \rho dV \quad \rho = \text{div} \vec{D}$$

Phương trình Poisson (Poát Xông)

## 5.5. Ứng dụng: Tính D & E

### 5.5.1 Cầu bán kính R tích điện mặt q

Xác định điện trường tại điểm:



• **Ngoài cầu** ( $r > R$ ):  $\Phi_e = \oiint_{S_1} \vec{D} d\vec{S} = \sum_i q_i = q$

$$D 4\pi r^2 = q \quad D = \frac{q}{4\pi r^2} \quad E = \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2}$$

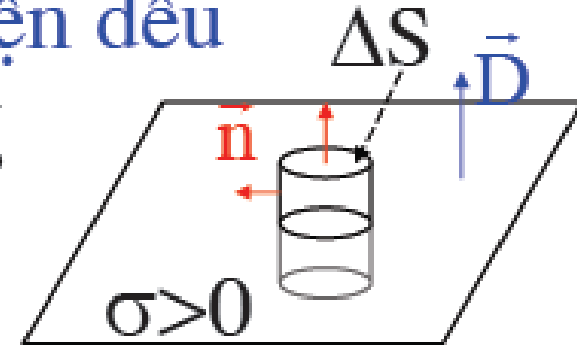
• **Trên mặt cầu** ( $R$ ):  $D = \frac{q}{4\pi R^2} \quad E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon R^2}$

• **Trong cầu** ( $r' < R$ ):

$$\Phi_e = \oiint_{S_2} \vec{D} d\vec{S} = \sum_i q_i = 0 \quad D=0, E=0$$

### 5.5.2 Mặt phẳng vô hạn tích điện đều

$$\Phi_e = \oiint \vec{D} d\vec{S} = \iint_{\text{mặt trụ}} \vec{D} d\vec{S} + \iint_{\text{2đáy}} \vec{D} d\vec{S}$$

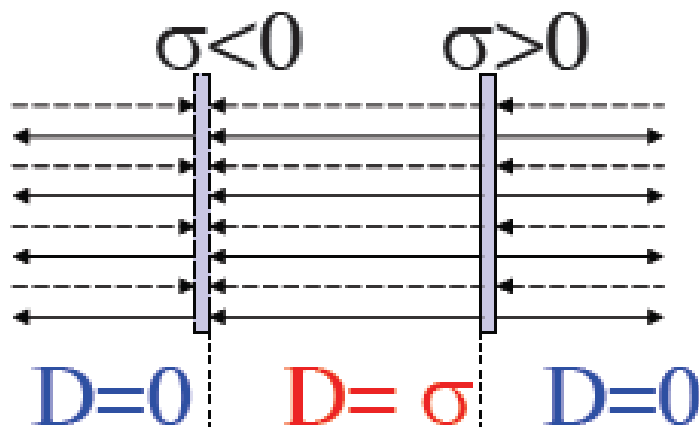


$$\iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} = 0 \quad \iint_{\text{2đáy}} \vec{D} d\vec{S} = D 2\Delta S$$

$$\Phi_e = \iint_{\text{2đáy}} \vec{D} d\vec{S} = \Delta S \sigma$$

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

### 5.5.3 Giữa 2 mặt phẳng vô hạn tích điện đều

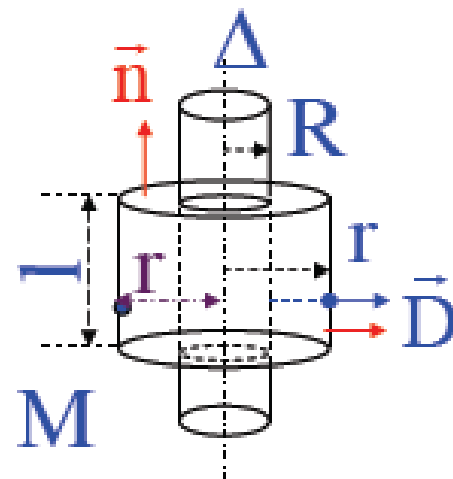


Giữa: E đều  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon}$

Ngoài: E=0

## 5.5.4 Mật trụ vô hạn tích điện đều

Vẽ mặt trụ: qua M, bán kính r, cao l



$$\Phi_e = \oiint \vec{D} d\vec{S} = \iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} + \iint_{\text{2dáy}} \vec{D} d\vec{S}$$

$$\iint_{\text{2dáy}} \vec{D} d\vec{S} = 0 \quad \iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} = D 2\pi r l$$

$$\Phi_e = \iint_{\text{mặt bên}} \vec{D} d\vec{S} = Q = 2\pi R l \sigma = \lambda l$$

$$D = \frac{Q}{2\pi r l} = \frac{\sigma R}{r} = \frac{\lambda}{2\pi r}$$

Q - Điện tích trên mặt trụ trong, cao l

$$E = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r l} = \frac{\sigma R}{\epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r r}$$

$\sigma$  - Mật độ điện mặt  
 $\lambda$  - Mật độ điện dài

## 6. Điện thế

### 6.1 Công của lực tĩnh điện. Tính chất thế của trường tĩnh điện

$$dA = \vec{F} d\vec{s} = q_0 \vec{E} d\vec{s}$$

$$dA = q_0 \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^3} \vec{r} d\vec{s}$$

$$= \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2} ds \cos \alpha = \frac{q_0 q dr}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

$$ds \cdot \cos \alpha = dr$$

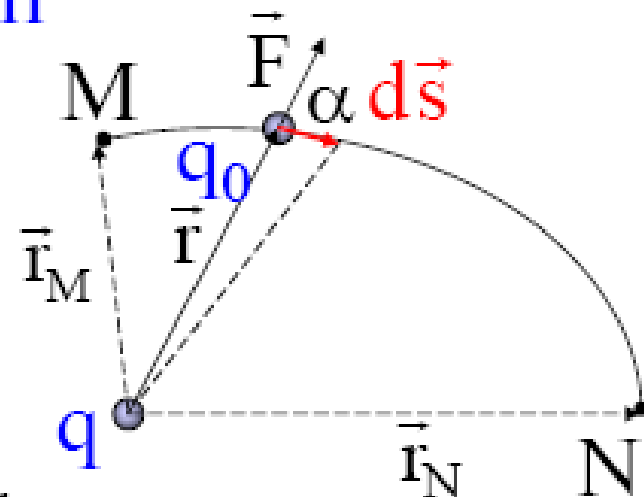
Trong điện trường của q

$$A_{MN} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \int_{r_M}^{r_N} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \left( -\frac{1}{r} \right) \Big|_{r_M}^{r_N}$$

Công của lực tĩnh điện

$$A_{MN} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_M} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_N}$$

=> Tính chất thế



Trong điện trường bất kì

$q_0$  ch động trong điện trường của hệ  $q_1, q_2, \dots, q_n$

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = q_0 \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

$$A_{MN} = \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{iM}} - \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_{iN}}$$

Công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích  $q_0$  trong điện trường bất kì:

- Không phụ thuộc vào dạng của đường cong dịch chuyển
- Chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và cuối của chuyển dời

•=> Tính chất thế:  $A = \oint \vec{F} d\vec{s} = q_0 \oint \vec{E} d\vec{s} = 0$

Lưu số véc tơ cường độ đtrường  
 dọc theo một đường cong kín bằng  $\oint \vec{E} d\vec{s} = 0$   
 không:

## 6.2 Thế năng của một điện tích trong điện trường

Công bằng độ giảm thế năng  $dA = -dW$

$$A_{MN} = \int_M^N dA = \int_M^N -dW = W_M - W_N \quad W_M = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_M}$$

$$A_{MN} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_M} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_N} \quad W_N = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_N}$$

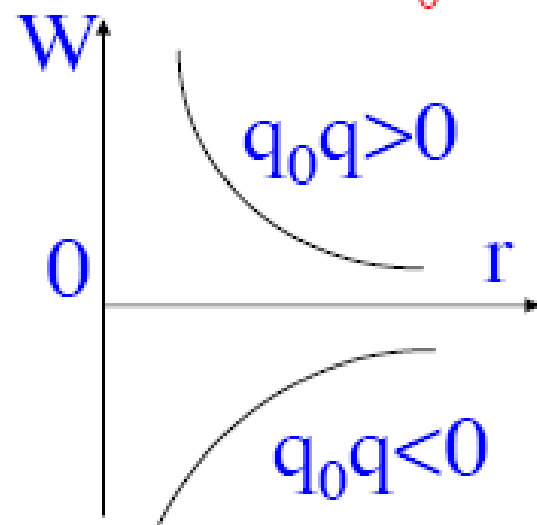


$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r} + C \quad W_M = \int_M q_0 \vec{E} d\vec{s}$$

$$W_\infty = 0 \Rightarrow C=0$$

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r}$$

- Thế năng  $q_0$  tại  $M$  trong điện trường là đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển  $q_0$  từ  $M$  ra xa vô cùng



### 6.3. Điện thế

6.3.1 Định nghĩa:  $W/q_0$  không phụ thuộc vào điện tích  $q_0$  mà chỉ phụ thuộc vào vị trí trong điện trường và điện tích gây ra điện trường



**Điện thế** tại điểm đang xét của đt

$$V = \frac{W}{q_0}$$

Điện thế  $q$  gây ra tại  $r$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

Điện thế hệ  $q_i$  gây ra tại  $r$

$$V = \sum_i V_i = \sum_i \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_i}$$

**Điện thế tại  $M$**  trong điện trường là đại lượng về trị số bằng **Công của lực tĩnh điện** trong sự dịch chuyển đơn vị điện tích dương từ  $M$  ra  $\infty$

$$V_M = \int_M^{\infty} \vec{E} d\vec{s}$$

Công dịch chuyển  $q_0$  từ  $M \rightarrow N$ :

$$A_{MN} = W_M - W_N = q_0(V_M - V_N)$$

### 6.3.2 Ý nghĩa

$$q_0 = +1 \Rightarrow V_M - V_N = A_{MN}$$

$$V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q_0}$$

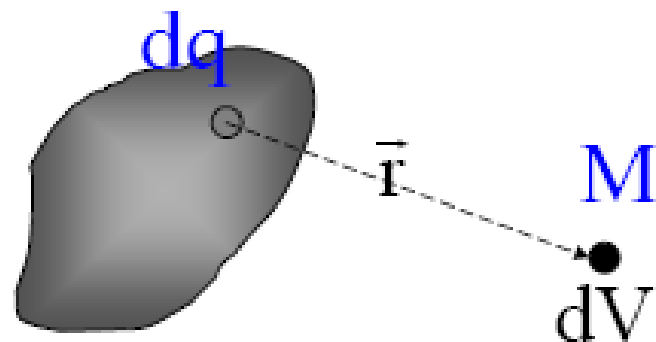
- Hiệu điện thế giữa 2 điểm M, N = Công của lực điện trường dịch chuyển đơn vị điện tích dương từ M  $\rightarrow$  N.

$$V_M - V_\infty = A_{M\infty} \rightarrow V_M = A_{M\infty}$$

. Điện thế tại điểm M = Công dịch chuyển đơn vị điện tích dương từ M  $\rightarrow \infty$ .

• Điện thế tại 1 điểm trong điện trường của hệ điện tích:

$$V = \int_{\text{Cả hệ}} dV = \int_{\text{Cả hệ}} \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{dq}{r}$$

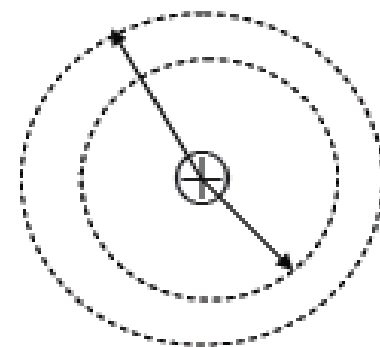


thứ nguyên V là vôn

## 7. Mặt đẳng thế

7.1. **Định nghĩa:** Quỹ tích của những điểm có cùng điện thế.  $V = C = \text{const}$

Điện tích điểm:  $r = \text{const}$

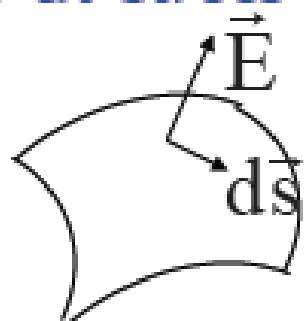


7.2. **Tính chất mặt đẳng thế:**

↘ Công của lực điện trường dịch chuyển  $q_0$ :

$$A_{MN} = q_0(V_M - V_N) = 0 \quad (M, N \text{ trên mặt đt})$$

↘ **Véc tơ cường độ điện trường** tại một điểm trên mặt đt luôn **vuông góc** với mặt đt tại điểm đó



$$dA = q_0 \vec{E} d\vec{s} = 0$$

$$\vec{E} d\vec{s} = 0$$

↗ Các mặt đẳng thế không cắt nhau

8. Liên hệ giữa véc tơ cường độ điện trường và điện thế

$$dA = q_0 [V - (V + dV)] = -q_0 dV$$

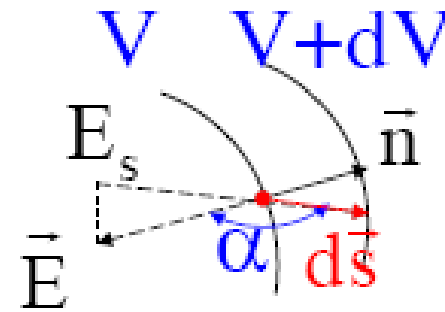
$$dA = q_0 \vec{E} d\vec{s} \quad \longrightarrow \quad \vec{E} d\vec{s} = -dV$$

$$dV > 0 \rightarrow Eds \cos\alpha < 0$$

$\cos\alpha < 0 \rightarrow \alpha > \frac{\pi}{2}$  Véc tơ cường độ điện trường theo chiều giảm điện thế

$$Eds \cos\alpha = E_s ds = -dV \quad \rightarrow \quad E_s = -\frac{dV}{ds}$$

. Hình chiếu véc tơ cường độ điện trường trên một phương nào đó có trị số bằng độ giảm điện thế trên đơn vị dài của phương đó



**Hệ thức**  $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}; E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$

$$\vec{E} = \vec{i}E_x + \vec{j}E_y + \vec{k}E_z$$

$$\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}V}$$

$$\vec{E} = -\left(\vec{i}\frac{\partial V}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial V}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

- Véc tơ cường độ điện trường tại một điểm bằng về giá trị nhưng ngược chiều với gradien của điện thế tại điểm đó

$E_n$  là hình chiếu của  $\vec{E}$  trên pháp tuyến

đối với mặt

đẳng thế:

$$E_n = -\frac{dV}{dn} = E$$

$$E_s = -\frac{dV}{ds} = E \cdot \cos \alpha$$

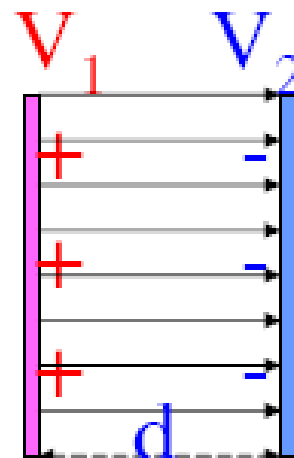
**7 Điện thế biến thiên nhiều nhất**

**theo pháp tuyến với mặt đẳng thế**

$$\left| \frac{dV}{ds} \right| \leq \left| \frac{dV}{dn} \right|$$

## Ứng dụng

*a, Hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng song song tích điện đều*



$$E = \frac{V_1 - V_2}{d} \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} \quad V_1 - V_2 = \frac{\sigma d}{\epsilon_0 \epsilon}$$

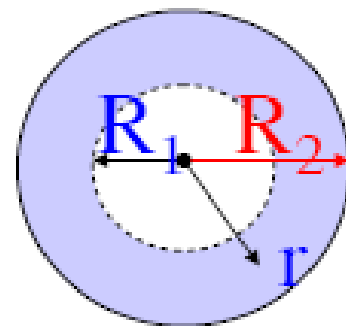
$d=1\text{m}, V_1 - V_2 = 1\text{vôn} \rightarrow E = 1\text{V/m}$

V/m là cường độ điện trường trong ĐT đồng tính  
mà hiệu điện thế trên mỗi m là 1vôn

*b, Hiệu điện thế giữa hai mặt cầu mang điện đều*

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

$$V_1 - V_2 = \int_{R_1}^{R_2} \frac{q dr}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$



*c, Hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của mặt trụ tích điện đều*

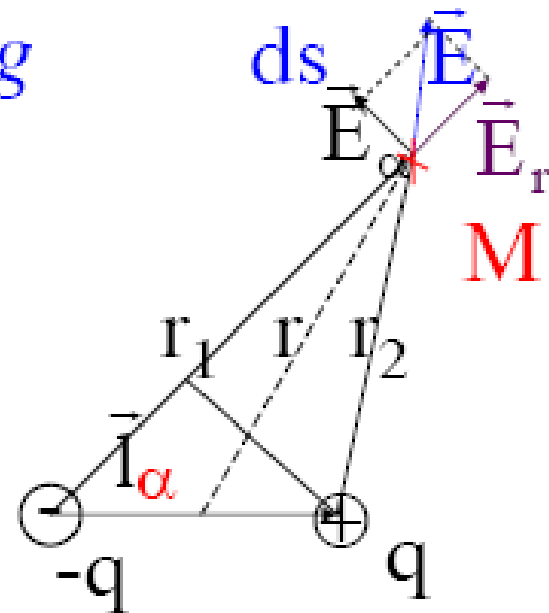
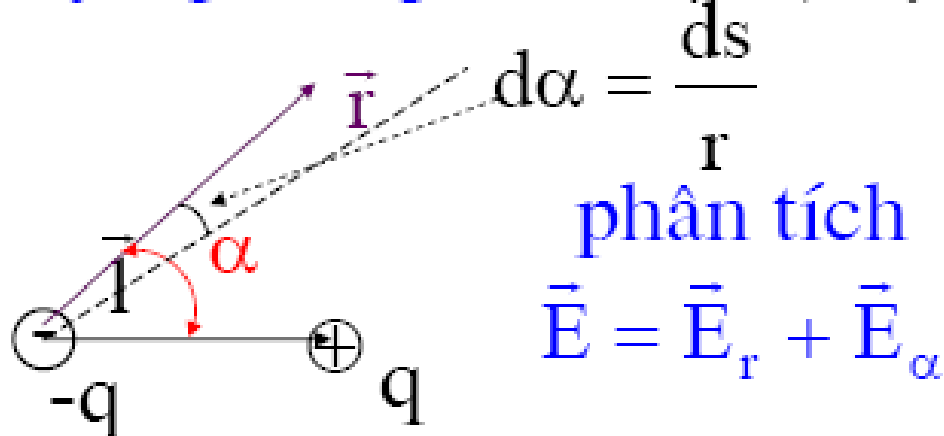
$$E = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l r} = \frac{\sigma R}{\epsilon_0\epsilon r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

$$\begin{aligned} V_1 - V_2 &= \int_{R_1}^{R_2} E dr = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon l} \ln \frac{R_2}{R_1} \\ &= \frac{\sigma R}{\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{R_2}{R_1} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{R_2}{R_1} \end{aligned}$$



*d, Véc tơ cường độ điện trường gây bởi lưỡng cực điện*

Lấy  $-q$  làm gốc Toạ độ cực



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

$$r_1 - r_2 = l \cos \alpha \text{ và } r_1 r_2 \approx r^2$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{l \cos \alpha}{r^2} = \frac{p_e \cos \alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

$$E_r = -\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{2p_e \cos \alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}$$

$$E_\alpha = -\frac{\partial V}{r\partial\alpha} = \frac{p_e \sin \alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}$$

$$E = \sqrt{E_r^2 + E_\alpha^2} = \frac{p_e}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3} \sqrt{3\cos^2 \alpha + 1}$$