

## Chương I: TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

### I.1. KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Điện tích nguyên tố là điện tích nhỏ nhất có trong tự nhiên  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .
- Vật tích điện dương: khi nguyên tử hay phân tử trung hòa của vật bị mất electron.
- Vật tích điện âm: khi nguyên tử hay phân tử trung hòa của vật nhận thêm electron.
- Điện tích điểm: vật có kích thước rất nhỏ tích điện.
- Hệ điện tích điểm: tập hợp nhiều điện tích điểm phân bố rời rạc.
- Vật tích điện: là hệ điện tích điểm phân bố liên tục và có mối liên kết rắn.

**Định luật bảo toàn điện tích:** “ Trong 1 hệ cô lập, điện tích luôn được bảo toàn”.

### I.2. ĐỊNH LUẬT COULOMB : Định luật tương tác giữa 2 điện tích điểm.

**Phát biểu:** Hai điện tích điểm  $q_1$  và  $q_2$  đặt cách nhau một đoạn  $r$  thì chịu tác dụng tương tác bởi lực  $\vec{F}_1$ ,

$$\vec{F}_2. \quad \vec{F}_1 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}} \quad \vec{F}_2 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$

$q_1, q_2$  : các điện tích điểm

$\frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}}$  : vectơ đơn vị hướng từ điện tích gây ra tác dụng

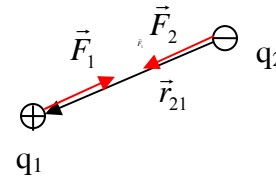
$q_2$  đến điện tích chịu tác dụng  $q_1$  .

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

$$\Rightarrow \epsilon_0 = 8.86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} : \text{hằng số điện}$$

$\epsilon$  : là hằng số điện môi của môi trường  $> 1$ .

Môi trường chân không  $\epsilon = 1$ , không khí  $\epsilon \approx 1$



- \* Điểm đặt: tại điện tích đang xét.
- \* Phương: đt nối từ  $q_1$  đến  $q_2$
- \* Chiều:  $q_1 \cdot q_2 > 0$  lực đẩy  
 $q_1 \cdot q_2 < 0$  lực hút
- \* Độ lớn:  $F_1 = F_2 = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$

### I.3. Điện trường:

- Điện trường của một điện tích điểm:** điện tích điểm  $q$  tạo xung quanh nó một điện trường và để xác định điện trường đó tại một vị trí thông qua một đại lượng hữu hướng  $\vec{E}$  gọi là **vectơ cường độ điện trường**.

$$q \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E}_M = \frac{k \cdot q}{\epsilon \cdot r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \quad \left\{ \begin{array}{l} * \text{Điểm đặt: điểm đang xét } M. \\ * \text{Phương: đt } \vec{E} \text{ nối từ } q \text{ đến } M \\ * \text{Chiều: } q > 0 \vec{E} \text{ hướng xa điện tích} \\ \quad \quad \quad q < 0 \vec{E} \text{ hướng vào điện tích} \\ * \text{Độ lớn: } |\vec{E}_M| = E_M = \frac{k \cdot q}{\epsilon \cdot r^2} \end{array} \right.$$

- Điện trường của một hệ điện tích điểm** ( $q_1, q_2, \dots, q_n$ ) tại  $M$  như sau:

$$q_1 \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E}_1 = \frac{k \cdot q_1}{\epsilon \cdot r_1^2} \cdot \frac{\vec{r}_1}{r_1}$$

$$q_n \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E}_n = \frac{k \cdot q_n}{\epsilon \cdot r_n^2} \cdot \frac{\vec{r}_n}{r_n}$$

$$(q_1, \dots, q_n) \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E} = \sum_1^n \vec{E}_i$$

Nguyên lý chồng chất điện trường: Điện trường của một hệ điện tích điểm bằng tổng điện trường của từng điện tích điểm riêng rẽ của hệ.

Ghi chú:

\* Nếu các  $\vec{E}_i$  cùng phương ta cộng đại số.

$$E = \sum_1^n E_i$$

Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

\* Nếu các  $\vec{E}_i$  khác phương ta chiếu lên ba phương:

$$E_x = \sum_1^n E_{ix} , \quad E_y = \sum_1^n E_{iy} , \quad E_z = \sum_1^n E_{iz}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y + \vec{E}_z \quad \text{và} \quad E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

### 3. Điện trường của một vật tích điện

$$dq \longrightarrow M \longrightarrow d\vec{E}$$

$$\text{VTĐ} \longrightarrow M \longrightarrow \vec{E} = \int_{\text{vtd}} d\vec{E}$$

Ghi chú:

\* Nếu các  $d\vec{E}$  cùng phương ta cộng đại số.

$$E = \int_{\text{vtd}} dE$$

\* Nếu các  $d\vec{E}$  khác phương ta chiếu lên ba phương:

$$E_x = \int_{\text{vtd}} dE_x , \quad E_y = \int_{\text{vtd}} dE_y , \quad E_z = \int_{\text{vtd}} dE_z$$

$$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y + \vec{E}_z \quad \text{và} \quad E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Ghi chú:

- Nếu vật là 1 dây tích điện:

Trên 1 phần tử chiều dài  $dq = \lambda \cdot dl$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{dq}{dl} \text{ (C/m): mật độ điện tích dài}$$

- Nếu vật là 1 mặt tích điện:

Trên 1 phần tử diện tích:  $dq = \sigma \cdot dS$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{dq}{dS} \text{ (C/m}^2\text{): mật độ điện tích mặt}$$

- Nếu vật là 1 khối tích điện:

Trên 1 đơn vị thể tích:  $dq = \rho \cdot dV$

$$\Rightarrow \rho = \frac{dq}{dV} \text{ (C/m}^3\text{): mật độ điện tích khối}$$

- Nếu vật tích điện đều thì:

$$\lambda = \frac{Q}{L} ; \sigma = \frac{Q}{S} ; \rho = \frac{Q}{V}$$

là hằng số.

Áp dụng:

**1/ Xác định vectơ  $\vec{E}$  do 1 lưỡng cực** gây ra tại 1 điểm M trên trục đối xứng của lưỡng cực.

- Lưỡng cực điện là 1 hệ gồm 2 điện tích trái dấu, cùng độ lớn, đặt cách nhau 1 khoảng  $l$  rất nhỏ.

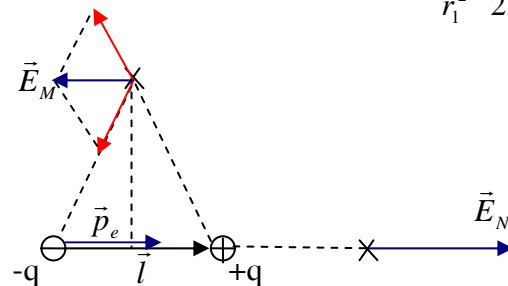
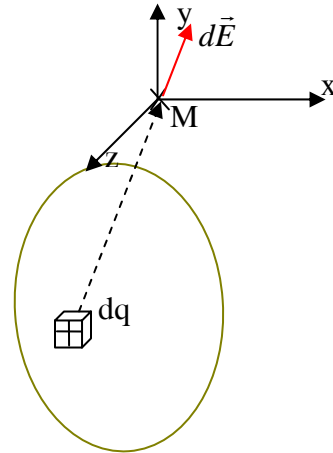
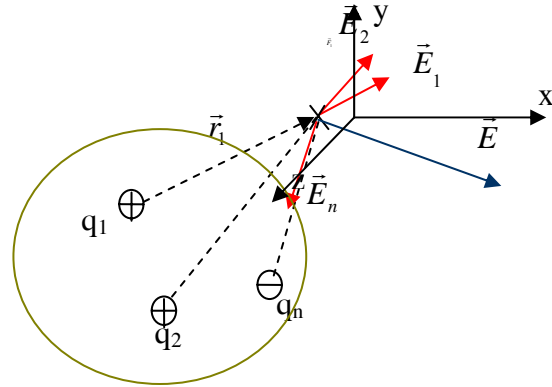
$$\text{Vectơ moment lưỡng cực điện: } \vec{p}_e = q\vec{l} \quad (\vec{l} \text{ hướng từ } -q \rightarrow +q) \quad E = 2 \cdot E_1 \cdot \cos \alpha = 2K \frac{q}{r_1^2} \cdot \frac{l}{2r_1}$$

(vì  $r \gg l$ )

$$\vec{E}_M = -\frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{q\vec{l}}{r^3} = -\frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{\vec{p}_e}{r^3}$$

Tại N:

$$\vec{E}_N = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{2 \cdot \vec{p}_e}{r^3}$$



Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

**2/ Điện trường gây ra bởi 1 đoạn dây thẳng L tích điện đều  $\lambda > 0$**  gây ra tại 1 điểm M nằm trên đường nối dài của dây và cách đầu gần nhất một đoạn a :  $dq = \lambda \cdot dx$

$dq \longrightarrow M \longrightarrow d\vec{E}$   
 dây  $\longrightarrow M \longrightarrow \vec{E} = \int_{\text{dây}} d\vec{E}$

$$dE = \frac{k}{\epsilon} \frac{\lambda \cdot dx}{r^2} = \frac{k}{\epsilon} \frac{\lambda \cdot dx}{(L + a - x)^2}$$

$$\Rightarrow \vec{E} = \int_{\text{dây}} d\vec{E} \Leftrightarrow E = \int dE = \frac{k \cdot \lambda}{\epsilon} \int_0^L \frac{dx}{(L + a - x)^2} \Rightarrow E_M = \frac{k \cdot \lambda}{\epsilon} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{(L + a)} \right)$$

**Tóm tắt:**

$\vec{E}_M$ 
 $\left\{ \begin{array}{l} * \text{ Điểm đặt: điểm đang xét M.} \\ * \text{ Phương: đường thẳng sợi dây.} \\ * \text{ Chiều: } \lambda > 0 \vec{E} \text{ hướng xa sợi dây.} \\ * \text{ Độ lớn:} \\ |\vec{E}_M| = E_M = \frac{k \cdot \lambda}{\epsilon} \cdot \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{(L + a)} \right) \end{array} \right.$

**3/ Điện trường gây ra bởi 1 đoạn dây thẳng tích điện đều  $\lambda > 0$**  gây ra tại 1 điểm M nằm ngoài dây và cách dây một đoạn a :  $dq = \lambda \cdot dx$

$dq \longrightarrow M \longrightarrow d\vec{E}$

dây  $\longrightarrow M \longrightarrow \vec{E} = \int_{\text{dây}} d\vec{E}$

Với :  $dE = \frac{k}{\epsilon} \frac{\lambda \cdot dx}{r^2}$

\* Các  $d\vec{E}_i$  khác phương ta chiếu lên hai phương:

$E_x = \int_{\text{Vid}} dE_x$  ,  $E_y = \int_{\text{Vid}} dE_y$  ,

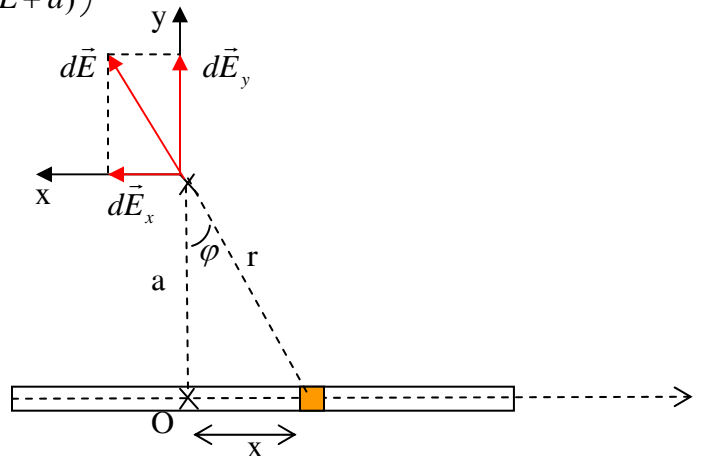
$\vec{E} = \vec{E}_x + \vec{E}_y$  và  $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$  Với

$x = a \cdot \tan \varphi \Rightarrow dx = \frac{a \cdot d\varphi}{\cos^2 \varphi}$  và  $r = \frac{a}{\cos \varphi}$

$E_x = \int_{\text{dây}} dE \cdot (\sin \varphi) = \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{k \cdot \lambda \cdot \frac{a \cdot d\varphi}{\cos^2 \varphi}}{\epsilon \left( \frac{a^2}{\cos^2 \varphi} \right)} \cdot \sin \varphi = \frac{k \cdot \lambda}{\epsilon \cdot a} \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \sin \varphi \cdot d\varphi \Rightarrow E_x = \frac{k \cdot \lambda}{\epsilon \cdot a} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$

$E_y = \int_{\text{dây}} dE \cdot (\cos \varphi) = \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{k \cdot \lambda \cdot \frac{a \cdot d\varphi}{\cos^2 \varphi}}{\epsilon \left( \frac{a^2}{\cos^2 \varphi} \right)} \cdot \cos \varphi = \frac{k \cdot \lambda}{\epsilon \cdot a} \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \cos \varphi \cdot d\varphi$

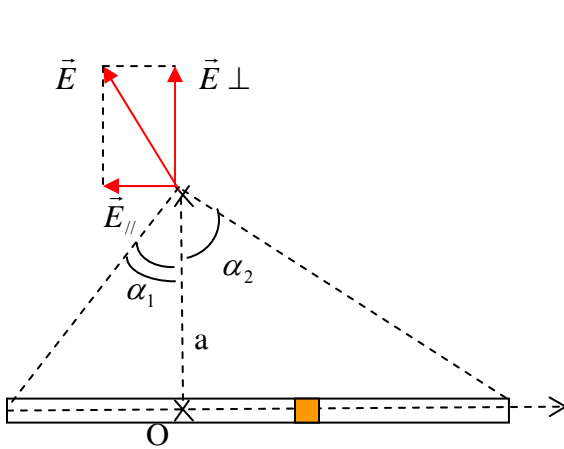
$E_y = \frac{k \cdot \lambda}{\epsilon \cdot a} [\sin \alpha_2 - \sin(-\alpha_1)] = \frac{k \cdot \lambda}{\epsilon \cdot a} (\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1)$



Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

**Tóm tắt:**  $\vec{E}_M = \vec{E}_\perp + \vec{E}_\parallel$   $E_M = \sqrt{E_\perp^2 + E_\parallel^2}$

Chọn  $\alpha_2 > \alpha_1$ : giá trị số học



$\vec{E}_\perp$

\* Điểm đặt: điểm đang xét M.

\* Phương: dt  $\perp$  dây tại M

\* Chiều: hướng xa dây

\* Độ lớn:  $E_\perp = \frac{k.\lambda}{\epsilon.a} (\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1)$  khi cM  $\in$  dây

$E_\perp = \frac{k.\lambda}{\epsilon.a} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$  khi hcM  $\notin$  dây

\* Điểm đặt: điểm đang xét M.

\* Phương: dt  $\perp$  dây tại M

\* Chiều: hướng về phía đoạn ngắn của dây

\* Độ lớn:  $E_\parallel = \frac{k.\lambda}{\epsilon.a} |\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1|$

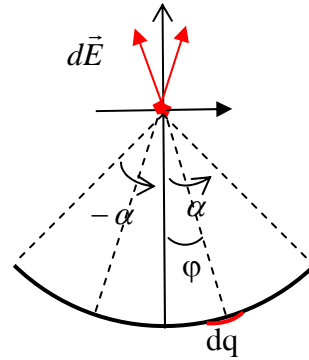
**4/ Điện trường gây ra bởi 1 cung tròn (O,R) tích điện đều  $\lambda > 0$  gây ra tại tâm O:  $dq = \lambda.dx$**

góc chắn cung  $2\alpha$

dq  $\rightarrow$  M  $\rightarrow$   $d\vec{E}$

cung  $\rightarrow$  M  $\rightarrow$   $\vec{E} = \int_{dây} d\vec{E}$

Với  $dE = \frac{k.\lambda.dl}{\epsilon.r^2}$



\* Các  $d\vec{E}_i$  khác phương ta chiếu lên hai phương x, y:

$$E_x = \int_{Vtd} dE_x = 0,$$

$$E_y = \int_{Vtd} dE_y = \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{k.\lambda.R.d\varphi}{\epsilon.R^2} \cdot \cos \varphi$$

$$\Rightarrow E = \frac{2k.\lambda}{\epsilon.R} \cdot \sin \alpha$$

$\vec{E}_O$

\* Điểm đặt: điểm đang xét O.

\* Phương: đường trung trục dây cung.

\* Chiều:  $\lambda > 0$   $\vec{E}$  hướng xa sợi dây.

\* Độ lớn:  $|\vec{E}_O| = E_o = \frac{2k.\lambda}{\epsilon.R} \cdot \sin \alpha$

**Tóm tắt:**

**5/ Điện trường gây ra bởi 1 vành tròn (O,R) tích điện đều  $\lambda > 0$  gây ra tại điểm M nằm trên trục của vành và cách O một đoạn h**

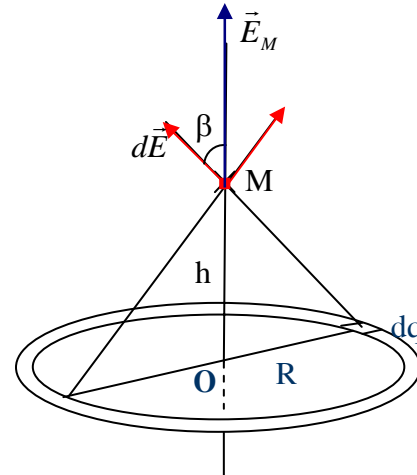
$$\cos \beta = \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}}, \quad dE = \frac{k.dq}{\epsilon.(R^2 + h^2)}$$

Tương tự ta có

$$E_x = \int_{Vtd} dE_x = 0,$$

$$E_y = \int_{Vtd} dE_y = \int_{dây} \frac{k.dq}{\epsilon.(R^2 + h^2)} \cdot \cos \beta$$

$$\Rightarrow E_M = \frac{k.Q.h}{\epsilon.(R^2 + h^2)^{3/2}} = \frac{h.\lambda.R}{2.\epsilon_0.\epsilon.(R^2 + h^2)^{3/2}}$$



**5/ Điện trường gây ra bởi 1 đĩa tròn (O,R) tích điện đều  $\sigma > 0$**  gây ra tại điểm M nằm trên trục của đĩa và cách O một đoạn h

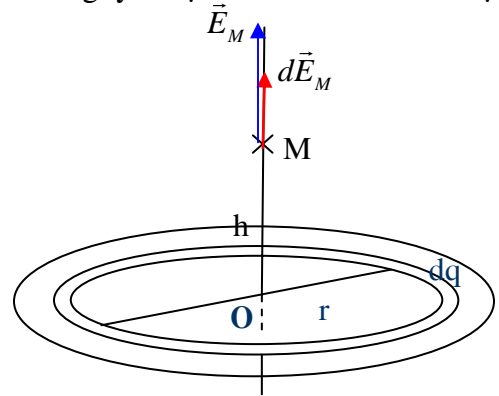
$$\text{vành } dq = \sigma.dS = \sigma.2\pi.r.dr \rightarrow M \rightarrow |d\vec{E}| = \frac{k.h}{\epsilon} \cdot \frac{dq}{(r^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$\text{đĩa} \rightarrow M \rightarrow |\vec{E}_M| = \int_0^R \frac{k.h.\sigma.2\pi}{\epsilon} \cdot \frac{r.dr}{(r^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$\Rightarrow E = \frac{h.\sigma.2\pi}{4\pi.\epsilon_0.\epsilon} \left( -\frac{1}{(r^2 + h^2)^{1/2}} \right) \Big|_0^R = \frac{h.\sigma}{2\epsilon_0.\epsilon} \left( \frac{1}{h} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + h^2}} \right)$$

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

$$R \rightarrow \infty : \text{mặt phẳng vô hạn} : R \rightarrow \infty : E = \frac{\sigma}{2.\epsilon_0.\epsilon}$$



Vậy điện trường gây ra bởi 1 mặt phẳng rộng vô hạn: là điện trường đều có phương vuông góc mặt phẳng, chiều hướng ra ngoài nếu mặt tích điện dương, không phụ thuộc vào vị trí của điểm đang khảo sát.

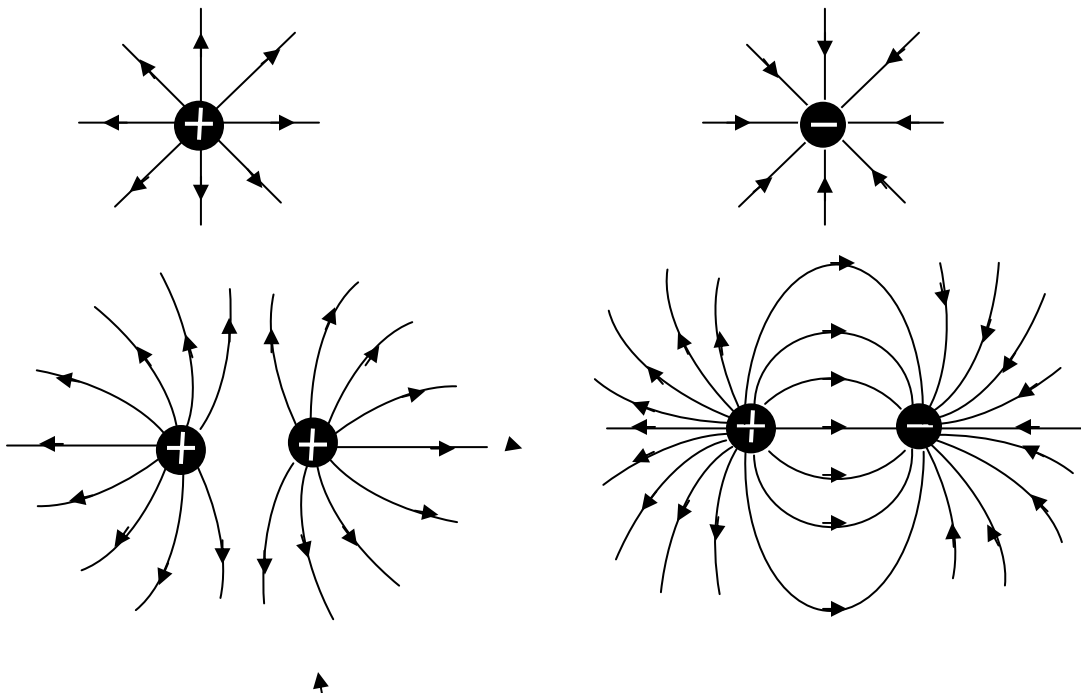
#### I.4. Định lý Gauss:

##### 1. Đường sức của $\vec{E}$ :

**a/ Định nghĩa:** là một đường cong mà tiếp tuyến tại mọi điểm trên đường cong có phương trùng với  $\vec{E}$ , chiều của đường sức là chiều của  $\vec{E}$ .

##### b/ Tính chất:

- Các đường sức không cắt nhau
- Đường sức của điện trường là đường cong hở. Xuất phát từ +q, kết thúc là -q.
- Tập hợp các đường sức của điện trường là điện phổ.
- Người ta qui ước vẽ số đường sức qua 1 đơn vị diện tích tiết diện có giá trị  $|\vec{E}|$ .
- Đường sức của  $\vec{E}$  khi qua mặt phân cách giữa 2 môi trường bị gián đoạn.

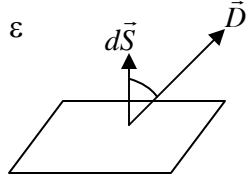


Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

**2. Vectơ điện cảm  $\vec{D}$ :**  $\vec{D} = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E}$   $\left[ \frac{C}{m^2} \right]$

Đường sức của  $\vec{D}$  không phụ thuộc  $\epsilon \epsilon_0$  nên không bị gián đoạn khi qua mặt phân cách.

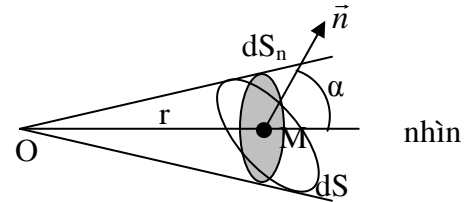
**3. Điện thông** (thông lượng của  $\vec{D}$ ) gửi qua 1 diện tích  $dS$ :  $d\phi = \vec{D} \cdot d\vec{S} = D \cdot dS \cdot \cos(\vec{D}, d\vec{S})$



$d\vec{S}$  { Điểm đặt : với mọi điểm thuộc  $dS$   
 Phương: vuông góc  $dS$   
 Chiều: hướng ra ngoài mặt kín.  
 Độ lớn:  $dS$

#### 4. Định lý Gauss:

a/ Góc khối: Cho một diện tích vi phân  $dS$  (coi như phẳng) và một điểm  $O$  ngoài  $dS$ ; điểm  $M \in dS$  cách  $O$  một đoạn  $r$ . Góc khối từ  $O$  diện tích  $dS$  :



$$d\Omega = \frac{dS \cdot \cos \alpha}{r^2} = \frac{dS_n}{r^2} \text{ (sr) (stêradian)}$$

Góc khối cả không gian:  $\Omega = \frac{4\pi \cdot R^2}{R^2} = 4\pi \text{ (sr)}$

b/ Định lý Gauss đối với điện trường: Thông lượng của  $\vec{D}$  qua mặt kín  $S$  bằng tổng đại số các điện tích chứa trong mặt kín đó.

$$\Phi_D = \oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$$

c/ Công thức dạng tích phân và vi phân của định lý Gauss:

$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{(V)} \rho \cdot dV \quad (V: \text{thể tích phần có điện tích nằm trong mặt Gauss})$$

$$\int_{(V)} \text{div} \vec{D} \cdot dV = \int_{(V)} \rho \cdot dV \Rightarrow \text{div} \vec{D} = \nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad \text{với} \quad \nabla \cdot \vec{D} = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z}$$

Tương tự với  $\vec{E}$ :

$$\oint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum q_i}{\epsilon \cdot \epsilon_0} = \int_V \text{div} \vec{E} \cdot dV; \text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon \cdot \epsilon_0}$$

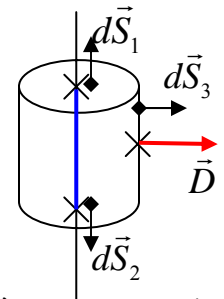
#### 5. Áp dụng định lý Gauss để tính $\vec{D}$ :

a/ Tại 1 điểm nằm ngoài dây tích điện đều ( $\lambda > 0$ ) dài vô hạn.

Mặt kín  $S$  (mặt Gauss) là mặt trụ, trục là sợi dây bán kính  $R = a$ , độ cao  $h$  bất kỳ.

$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{S_1} \vec{D} \cdot d\vec{S}_1 + \int_{S_2} \vec{D} \cdot d\vec{S}_2 + \int_{S_3} \vec{D} \cdot d\vec{S}_3 = \int_{S_3} D \cdot dS_3 = D \int_{(S_3)} dS_3 = D \cdot 2\pi \cdot a \cdot h$$

$$D \cdot 2\pi \cdot a \cdot h = \sum q_i = \lambda \cdot h \Rightarrow D = \frac{\lambda}{2\pi \cdot a}$$



KL: Vậy điện trường do dây dài vô hạn gây ra tại  $M$  có phương vuông góc dây, chiều hướng ra nếu  $\lambda > 0$ , hướng vào nếu  $\lambda < 0$ .

b/ Tính  $\vec{D}$  tại  $M$  cách mặt phẳng vô hạn ( $\sigma > 0$ ) tích điện đều gây ra tại  $M$  cách khoảng  $h$ .

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

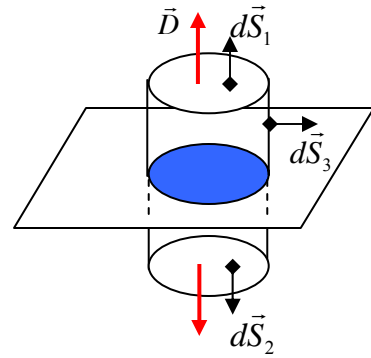
Mặt Gauss là mặt trụ bán kính  $R$  bất kỳ, độ cao  $2h$  vuông góc mặt phẳng.

Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

$$\oint_{(s)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{(s_1)} \vec{D} \cdot d\vec{S}_1 + \int_{(s_2)} \vec{D} \cdot d\vec{S}_2 + \int_{(s_3)} \vec{D} \cdot d\vec{S}_3$$

$$= D \int_{(s_1)} dS_1 + D \int_{(s_2)} dS_2 = D.S_1 + D.S_2 = 2D.S_1$$

$$2DS_1 = \sum q_i = \sigma.S_1 \Rightarrow D = \frac{\sigma}{2}$$



c/ Tính  $\vec{D}$  tại M cách tâm quả cầu đặc tích điện đều ( $\rho > 0$ ) 1 đoạn r.

$$Q = \rho \left[ \frac{4}{3} \pi R^3 \right]$$

Mặt Gauss là mặt cầu tâm O, bán kính r.

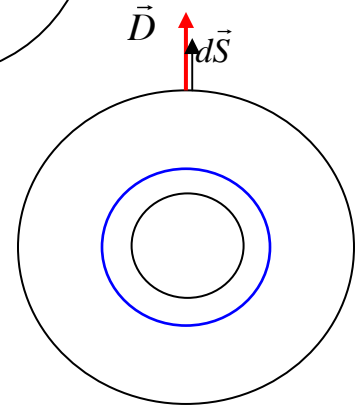
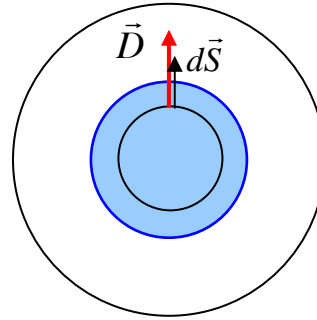
$$\oint_{(s)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{(s)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = D \int_{(s)} dS = D.4\pi.r^2 = \sum q_i$$

o Xét  $r < R$ :

$$D.4\pi.r^2 = \rho \frac{4}{3} \pi.r^3 \Rightarrow D = \frac{\rho.r}{3}$$

o Xét  $r > R$ :

$$D.4\pi.r^2 = \rho \frac{4}{3} \pi.R^3 = Q \Rightarrow D = \frac{Q}{4\pi.r^2} = \frac{\rho.R^3}{3r^2}$$



\* Nếu cầu rỗng:  $Q = \sigma.4\pi.R^2$   $\oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = D.4\pi.r^2 = \sum q_i$

o  $r < R$ :

$$D.4\pi.r^2 = 0 \Rightarrow D = 0$$

o  $r > R$ :

$$D.4\pi.R^2 = Q = \sigma.4\pi.R^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = \frac{D}{\epsilon.\epsilon_0} = \frac{K.Q}{r^2}$$

$$D = \frac{\sigma.R^2}{r^2} = \frac{Q}{4\pi.r^2}$$

Khi 1 quả cầu tích điện đều đặc hay rỗng, với điện tích toàn thể là Q, thì ta coi quả cầu đó tương đương như điện tích điểm đặt tại tâm O quả cầu **khi xét điểm M nằm từ mặt quả cầu ra  $\infty$** .

**I.5. Lực tĩnh điện (lực điện):** Một điện tích  $q_0$  đặt trong điện trường mà tại đó có vectơ cường độ điện

trường là  $\vec{E}$  thì điện tích  $q_0$  chịu 1 lực:  $\vec{F}_E = q_0.\vec{E}$

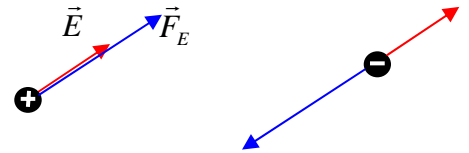
1/ Điện tích điểm  $q_0 \rightarrow \vec{E} \rightarrow \vec{F}_E = q_0.\vec{E}$

$$dq \rightarrow \vec{E} \rightarrow d\vec{F}_E \Rightarrow$$

2/ Vật tích điện:

$$Vtd \rightarrow \vec{E} \rightarrow \vec{F}_E = \int_{Vtd} d\vec{F}$$

Vd: Hai thanh L tích điện đều  $\lambda > 0$ , cách khoảng a.



Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

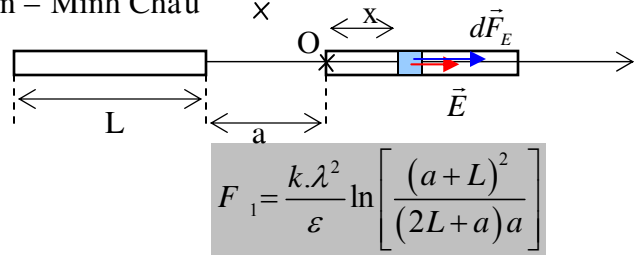
$$\rightarrow |\vec{E}_1| = \frac{k.\lambda}{\epsilon} \left[ \frac{1}{a+x} - \frac{1}{L+a+x} \right]$$

$$dq_2 \rightarrow \vec{E}_1 \rightarrow d\vec{F}_{2E}$$

$$\text{Thanh 1: } Q_2 \rightarrow \vec{E}_1 \rightarrow \vec{F}_{2E} = \int d\vec{F}_{2E}$$

$$dq_2 = \lambda dx$$

$$\Rightarrow F_{2E} = \frac{k.\lambda^2}{\epsilon} \int_0^L \left[ \frac{1}{a+x} - \frac{1}{L+a+x} \right] dx = \frac{k.\lambda^2}{\epsilon} \left( \ln \left( \frac{a+x}{L+a+x} \right) \right) \Big|_0^L$$



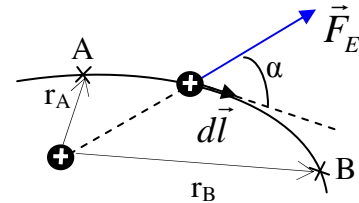
## L.6. ĐIỆN THẾ

**1. Công của lực tĩnh điện:** Điện tích  $q_0$  đặt trong điện trường của  $q$  chịu tác dụng của lực tĩnh điện

$\vec{F}_E$  và di chuyển từ  $A \rightarrow B$ :

Cộng nguyên tố:

$$dA = \vec{F}_E \cdot d\vec{l} \Rightarrow A = \int_A^B dA = \int_A^B F_E \cdot dl \cdot \cos \alpha$$



Xét điện tích  $q > 0$  và  $q_0 > 0$  di chuyển trong điện trường của  $q$ :

$$A = \int_A^B q_0 \frac{k.q}{\epsilon.r^2} dl \cdot \cos \alpha = \frac{k.q.q_0}{\epsilon} \int_{r_A}^{r_B} \frac{dr}{r^2}$$

(vì:  $dl \cdot \cos \alpha = dr$ )

$$A = \frac{k.q.q_0}{\epsilon} \left( -\frac{1}{r} \right) \Big|_{r_A}^{r_B} = \frac{k.q.q_0}{\epsilon} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

\*Công của lực tĩnh điện khi di chuyển điện tích đi từ chỉ phụ thuộc vào vị trí đầu và vị trí cuối mà không phụ thuộc vào đường đi thì lực tĩnh điện là lực thế và trường tĩnh điện là trường thế.

**2. Thế năng: ( năng lượng phụ thuộc vào vị trí)  $W_t$**

$$\int_A^B dA = \int_{W_{tA}}^{W_{tB}} -dW_t = W_{tA} - W_{tB} = \frac{k.q.q_0}{\epsilon.r_A} - \frac{k.q.q_0}{\epsilon.r_B}$$

$$\Rightarrow \text{Hàm thế năng: } W_t = \frac{k.q.q_0}{\epsilon.r} + C \quad \text{Chọn thế năng gốc ở } \infty: \quad W_{t(r=\infty)} = 0 \Rightarrow C = 0 \Rightarrow W_{t(r)} = \frac{K.q.q_0}{\epsilon.r}$$

Cũng chính là công di chuyển điện tích  $q_0$  trong điện trường gây ra bởi điện tích  $q$  đi từ  $r \rightarrow \infty$ .

**3. Điện thế của 1 điện tích điểm** đặt cách  $q$  một đoạn  $r$ :

Một điện tích điểm  $q$  sẽ tạo ra xung quanh nó 1 điện trường và điện thế (V) tại điểm M được xác định bằng.

$$V_M = \frac{k.q}{\epsilon.r}$$

$$q > 0 \rightarrow V_M > 0$$

$$q < 0 \rightarrow V_M < 0$$

\*Điện thế này chính là công di chuyển 1 đơn vị điện tích  $q_0$  từ  $M \rightarrow \infty$

**4. Điện thế của 1 hệ điện tích điểm ( $q_1, q_2, \dots, q_n$ ) gây ra tại M:**

$$\begin{cases} q_1 \rightarrow M \rightarrow V_1 \\ q_2 \rightarrow M \rightarrow V_2 \\ \vdots \\ q_n \rightarrow M \rightarrow V_n \end{cases}$$

$$q_1, \dots, q_n \rightarrow M \rightarrow V_M = \sum_{i=1}^n V_i$$

**5. Điện thế của vật tích điện:** Vật tích điện  $\rightarrow M \rightarrow V = \int_{VTD} dV$



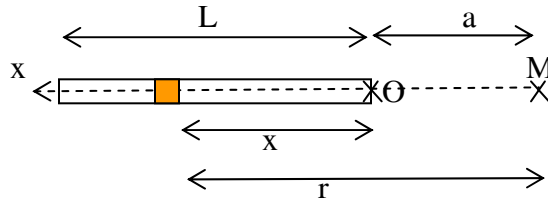
Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

Vd1: Điện thế tại điểm M gây ra bởi dây L tích điện đều  $\lambda > 0$

$$r = x + a$$

$$dq = \lambda \cdot dx$$

$$\Rightarrow dV = \frac{K \cdot dq}{\epsilon \cdot r} = \frac{K \cdot \lambda \cdot dx}{\epsilon (x + a)}$$

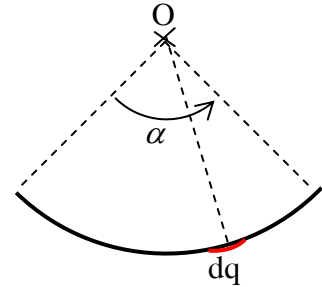


Cả thanh:

$$V = \int_0^L \frac{K \cdot \lambda \cdot dx}{\epsilon (x + a)} = \frac{K \cdot \lambda}{\epsilon} \int_0^L \frac{dx}{x + a} = \frac{K \cdot \lambda}{\epsilon} \ln(x + a) \Big|_0^L \Rightarrow V = \frac{K \cdot \lambda}{\epsilon} \ln\left(\frac{L + a}{a}\right)$$

Vd2: Điện thế tại điểm O gây ra bởi cung (O,R) tích điện đều Q chắn góc  $\alpha$

$$\Rightarrow V_0 = \int_{cong} dV = \frac{k}{\epsilon \cdot R} \int dq = \frac{k \cdot Q}{\epsilon \cdot R} = \frac{k \cdot \lambda \cdot R \cdot \alpha}{\epsilon \cdot R} = \frac{k \cdot \lambda \cdot \alpha}{\epsilon}$$



## 6. Mặt đẳng thế:

a/ Định nghĩa: là tập hợp mọi điểm có cùng điện thế

b/ Tính chất:

- công di chuyển 1 điện tích  $q_0$  trong mặt đẳng thế thì bằng 0.

$$A_{q_0(A \rightarrow B)} = q_0 \left( \frac{K \cdot q}{\epsilon \cdot r_A} - \frac{K \cdot q}{\epsilon \cdot r_B} \right) = q_0 (V_A - V_B)$$

- Vecto cường độ điện trường tại 1 điểm nằm trên mặt đẳng thế thì vuông góc mặt đẳng thế và theo chiều giảm của điện thế.

## 1.7 LIÊN HỆ GIỮA $\vec{E}$ VÀ $V$ :

Cho 2 điểm M, N rất gần nhau trong điện trường  $\vec{E}$ : điện thế tại M là  $V_M = V$  và

tại N là  $V + dV$  ( $dV > 0$ ) Ta di chuyển 1 điện tích  $q_0$  đi từ  $M \rightarrow N$

$$dA = q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \cdot E \cdot dl \cdot \cos(\vec{E}, d\vec{l}) = q_0 \cdot E_l \cdot dl$$

$$dA_{(M \rightarrow N)} = q_0 (V_M - V_N) = q_0 (-dV)$$

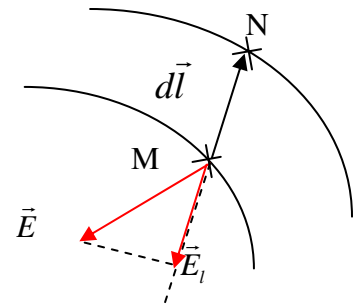
$$\Rightarrow -dV = E_l \cdot dl \Rightarrow E_l = -\frac{dV}{dl}$$

$$\text{Chọn: } l \approx x; l \approx y; l \approx z \Rightarrow \left( E_x = -\frac{dV}{dx}; E_y = -\frac{dV}{dy}; E_z = -\frac{dV}{dz} \right)$$

$$\text{Mà: } \vec{E} = E_x \cdot \vec{i} + E_y \cdot \vec{j} + E_z \cdot \vec{k} = -\left( \frac{\partial V}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{k} \right) = -\left( \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k} \right) V$$

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

$$* \text{ Từ } V \Rightarrow \vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}} V = -\vec{\nabla} V = -\left( \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k} \right) V$$



Vd: Cho điện thế trong điện trường phân bố theo quy luật:  $V = x^2 + y^3 + z$  (V)

$$V = x^2 + y^3 + z \Rightarrow \vec{E} = -(2x \vec{i} + 3y^2 \vec{j} + \vec{k})$$

Vd: Điện thế tại điểm M nằm trên đường nối dài của dây (trục x) cách đầu gần nhất gốc O một đoạn x là:

Tóm tắt bài giảng phần Điện – Từ của GVC :Nguyễn – Minh Châu

$$V_M = \frac{K.\lambda}{\epsilon} \left[ \ln \frac{L+x}{x} \right] = \frac{K.\lambda}{\epsilon} [\ln(L+x) - \ln x]$$

$$\Rightarrow \vec{E} = -\frac{K.\lambda}{\epsilon} \left[ \frac{1}{L+x} - \frac{1}{x} \right] \cdot \vec{i} \text{ hay } E = \frac{K.\lambda}{\epsilon} \left[ \frac{1}{x} - \frac{1}{L+x} \right]$$

\*Từ:  $\vec{E} \rightarrow V$ : Chọn phương  $\vec{E}$  là phương  $\vec{r} \Rightarrow$  Tổng quát:  $-dV = E_r \cdot dr$

$$\Rightarrow \int_{V_A}^{V_B} -dV = \int_{r_A}^{r_B} E_r \cdot dr \Rightarrow V_A - V_B = \int_{r_A}^{r_B} E_r \cdot dr$$

Lưu ý:

- Công thức:  $V = \frac{K.q}{\epsilon.r}$  (ta chọn thế năng  $W_{t(r=0)} = 0$ , hay  $V_\infty = 0$ ) thì điện tích phải hữu hạn (không được tiến ra  $\infty$ ).
- Khi điện tích phân bố vô hạn thì ta tính hiệu điện thế chứ không thể tính được điện thế tại 1 điểm.

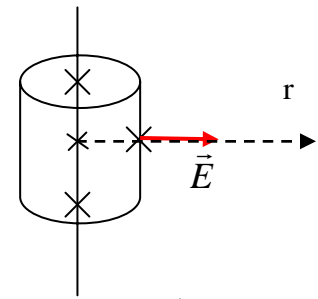
Vd1: Dây dài vô hạn tích điện đều  $\lambda > 0$  tính hiệu điện thế giữa hai điểm M và N cách dây  $r_M$  và  $r_N$ .

Hay hai mặt trụ dài vô hạn, đồng trục, tích điện đều có mật độ điện dài theo trục là  $+\lambda$  và  $-\lambda$  tính hiệu điện thế hai mặt trụ. Dùng định lý Gauss  $\Rightarrow E \Rightarrow V_M - V_N$

$$E = \frac{2.k.\lambda}{\epsilon.r} = \frac{1}{2.\pi.\epsilon.\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r}$$

$$\int_{V_M}^{V_N} -dV = \int_{r_M}^{r_N} E_r \cdot dr = \frac{\lambda}{2\pi.\epsilon.\epsilon_0} \int_{r_M}^{r_N} \frac{dr}{r}$$

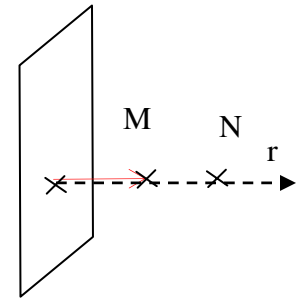
$$\Leftrightarrow V_M - V_N = \frac{\lambda}{2\pi.\epsilon.\epsilon_0} \ln.r \Big|_{r_M}^{r_N} = \frac{\lambda}{2\pi.\epsilon.\epsilon_0} \ln \frac{r_N}{r_M}$$



Vd2:

Mặt phẳng vô hạn tích điện đều  $\sigma$  tính hiệu điện thế giữa hai điểm M và N cách mặt phẳng  $r_M$  và  $r_N$ :

$$\int dr.E_r = \int \frac{\sigma}{2\epsilon.\epsilon_0} dr = -\int dV \Rightarrow \int_{V_M}^{V_N} -dV = \frac{\sigma}{2\epsilon.\epsilon_0} \cdot r \Big|_{r_M}^{r_N} \Leftrightarrow V_M - V_N = \frac{\sigma}{2\epsilon.\epsilon_0} (r_N - r_M)$$



Vd3: Quả cầu đặc:  $(0, R)$  tích điện đều  $\rho$  hay điện tích toàn thể là  $Q$  tính điện thế ở điểm O, A thuộc mặt cầu và M cách O một đoạn  $r$ .

$0 < r < R$ :

$$E_r = \frac{\rho.r}{3.\epsilon.\epsilon_0} \Rightarrow \int_{V_0}^{V_A} -dV = \int_{r_0}^R E_r \cdot dr = \frac{\rho}{3.\epsilon.\epsilon_0} \int_0^R r \cdot dr \Leftrightarrow V_0 - V_A = \frac{\rho}{3.\epsilon.\epsilon_0} \cdot \frac{R^2}{2} = \frac{\rho.R^2}{6.\epsilon.\epsilon_0}$$

$$V_A = \frac{K.Q}{\epsilon.R} = \frac{1}{4\pi.\epsilon.\epsilon_0.R} \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{\rho.R^2}{3.\epsilon.\epsilon_0} \Rightarrow V_0 = \frac{\rho.R^2}{6.\epsilon.\epsilon_0} + \frac{\rho.R^2}{3.\epsilon.\epsilon_0} = \frac{\rho.R^2}{2.\epsilon.\epsilon_0}$$

$$V_0 - V_M = \frac{\rho.r^2}{6.\epsilon.\epsilon_0} \Rightarrow V_M = \frac{\rho.R^2}{2.\epsilon.\epsilon_0} - \frac{\rho.r^2}{6.\epsilon.\epsilon_0}$$

$$r > R: V_M = \frac{k.Q}{\epsilon.r}$$

