



CHƯƠNG 5

TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

Nguyễn Xuân Thấu -BMVL

1

HÀ NỘI

2017



I. TƯƠNG TÁC ĐIỆN – ĐỊNH LUẬT COULOMB

1. Sự nhiễm điện và một số khái niệm.

- **Cách làm nhiễm điện cho vật:** có 3 cách cọ xát, tiếp xúc và hưởng ứng.
- Có hai loại điện tích: **dương (+)** và **âm (-)**. Các điện tích **cùng dấu thì đẩy nhau, trái dấu thì hút nhau**.
- Điện tích có giá trị nhỏ nhất gọi là **điện tích nguyên tố**:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

- Điện tích của một vật nhiễm điện luôn bằng **bội số nguyên lần của điện tích nguyên tố**: $Q = ne$
 - Giá trị tuyệt đối của điện tích được gọi là **điện lượng**.
 - Điện tích của một chất điểm gọi là **điện tích điểm**.



I. TƯƠNG TÁC ĐIỆN – ĐỊNH LUẬT COULOMB

2. Thuyết điện tử: gồm các luận điểm sau

- *Vật chất được cấu tạo từ các nguyên tử (gồm một hạt nhân mang điện tích dương và các electron quay xung quanh). Ở trạng thái thường, nguyên tử **trung hoà điện**.*
- *Khi nguyên tử mất electron \Rightarrow **ion dương**. Khi nguyên tử nhận electron \Rightarrow **ion âm***
- *Các (e) có thể chuyển động tự do từ nguyên tử này sang nguyên tử khác, từ vật này sang vật khác gây ra sự nhiễm điện của vật.*



I. TƯƠNG TÁC ĐIỆN – ĐỊNH LUẬT COULOMB

3. Định luật bảo toàn điện tích.

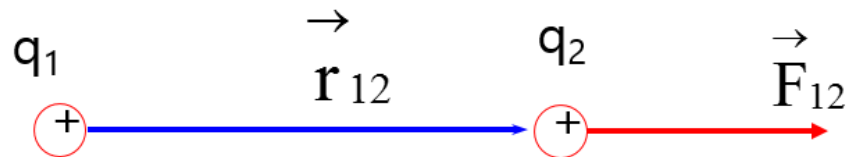
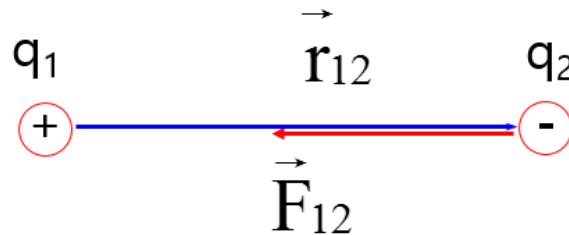
Phát biểu: *Hệ cô lập thì điện tích của hệ được bảo toàn.*



I. TƯƠNG TÁC ĐIỆN – ĐỊNH LUẬT COULOMB

4. Định luật Coulomb.

Phát biểu: *Lực tương tác giữa hai điện tích điểm có phương nằm trên đường nối hai điện tích, là lực hút nhau nếu 2 điện tích trái dấu và đẩy nhau nếu 2 điện tích cùng dấu, có độ lớn tỷ lệ với tích giữa 2 điện tích và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.*

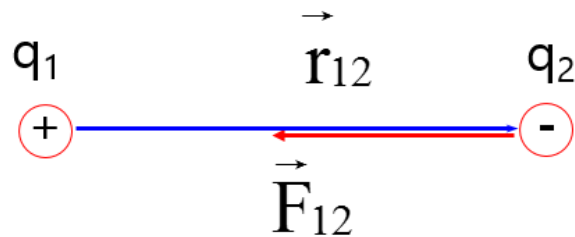




I. TƯƠNG TÁC ĐIỆN – ĐỊNH LUẬT COULOMB

4. Định luật Coulomb.

Trong chân không:

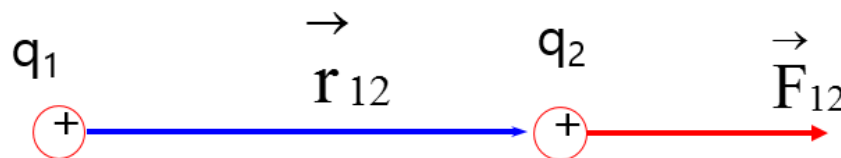


$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r}$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

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

là hằng số điện



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

là hằng số Coulomb



I. TƯƠNG TÁC ĐIỆN – ĐỊNH LUẬT COULOMB

4. Định luật Coulomb.

Trong các môi trường lực tương tác giảm đi ε lần:

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r} = k \frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r}$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{|q_1||q_2|}{\varepsilon r^2}$$

ε gọi là **độ điện thẩm** hay **hằng số điện môi tỷ đối** của môi trường



I. TƯƠNG TÁC ĐIỆN – ĐỊNH LUẬT COULOMB

4. Định luật Coulomb.

- **Định luật Coulomb đối với hệ điện tích điểm:** khi điện tích q_0 đặt trong hệ điện tích điểm q_1, q_2, \dots, q_n thì lực tĩnh điện tác dụng lên q_0 :

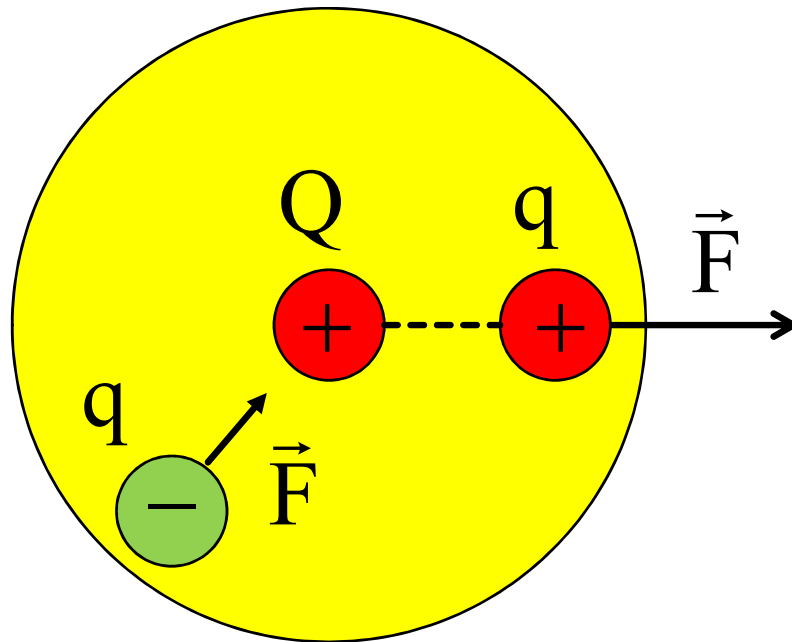
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum \vec{F}_i$$



II. ĐIỆN TRƯỜNG

1. Khái niệm điện trường

- Điện trường là môi trường vật chất bao quanh các điện tích, tác dụng lực lên điện tích khác đặt trong nó.

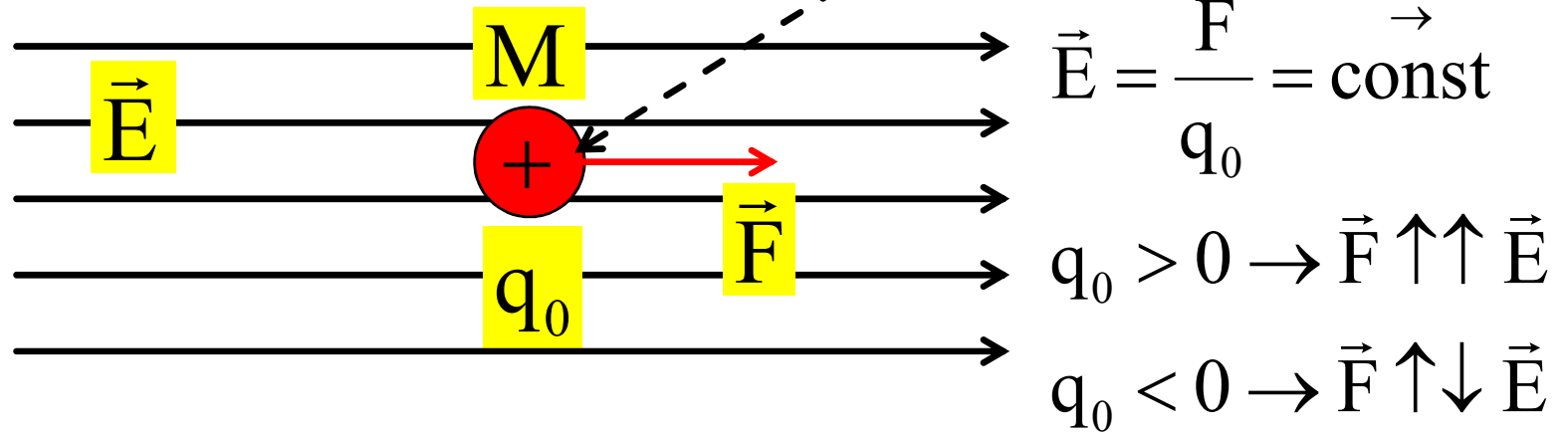




II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

Điện tích thử



10

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

Đơn vị: V/m



II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

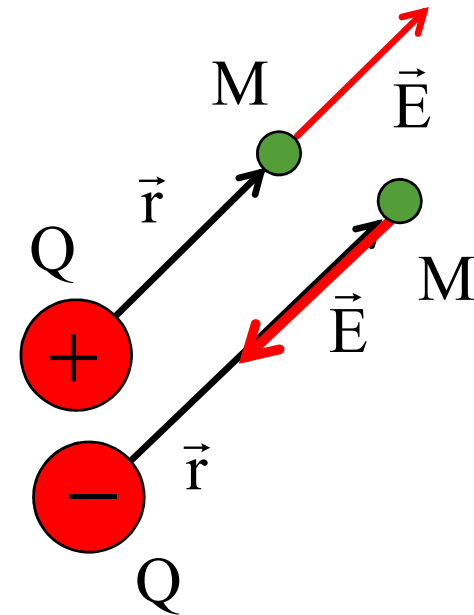
b) Véc-tơ cường độ điện trường gây ra bởi một điện tích điểm Q:

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

$$E = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2}$$

$Q > 0$: \vec{E} Hướng ra xa điện tích Q

$Q < 0$: \vec{E} Hướng vào điện tích Q





II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

c) Véc-tơ cường độ điện trường gây ra bởi 1 hệ vật mang điện.

Nguyên lý chồng chất điện trường.

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

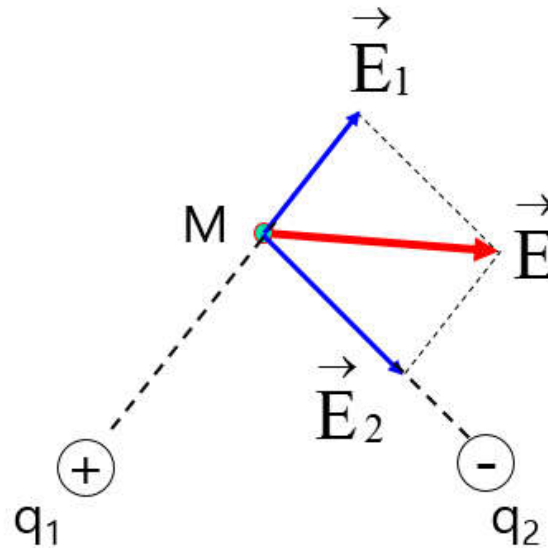
Nguyên lí chồng chất điện trường: véc-tơ cường độ điện trường gây ra bởi một hệ điện tích điểm bằng tổng của các véc-tơ cường độ điện trường gây ra bởi từng điện tích điểm của hệ.



II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

c) Véc-tơ cường độ điện trường gây ra bởi 1 hệ vật mang điện.
Nguyên lý chồng chất điện trường.





II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

c) Véc-tơ cường độ điện trường do một vật tích điện gây ra:

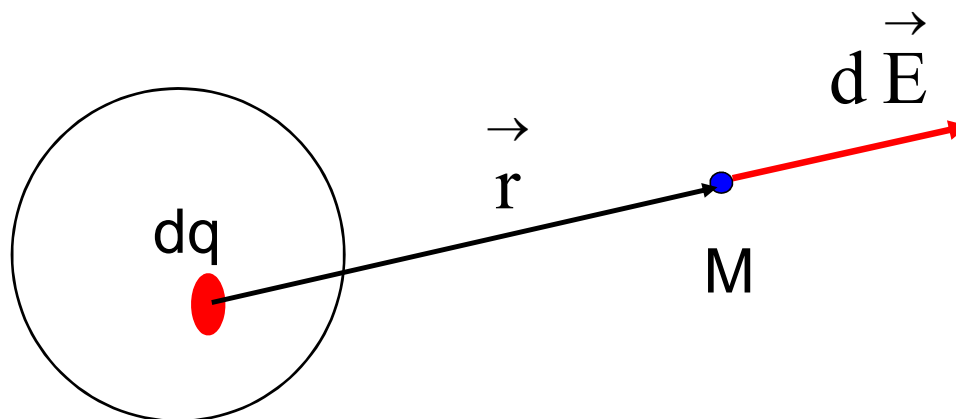
$$\vec{E} = \int_{\text{vật mang điện}} d\vec{E} = \int_{\text{vật mang điện}} k \frac{dq}{r^3} \cdot \vec{r}$$

ρ : mật độ điện khối

σ : mật độ điện mặt

λ : mật độ điện dài

$$dq = \rho dV = \sigma dS = \lambda d\ell$$





II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

Ví dụ 1:

Hai điện tích điểm cùng dấu $q_1 = q_2 = q$, đặt tại A và B cách nhau một khoảng $2a$. Xét điểm M trên trung trực của hai điểm AB, cách đường thẳng AB một khoảng x . Xác định vectơ cường độ điện trường tại điểm M. Tìm x để E_M đạt cực đại.



II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

Ví dụ 1:

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

$$E_1 = E_2 = k \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{a^2 + x^2}$$

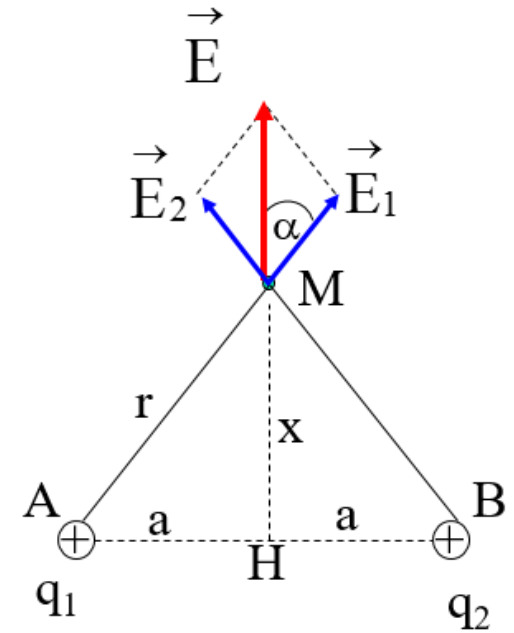
$$E = 2E_1 \cos \alpha = \frac{2kqx}{(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$x = 0$$

$$E = 0$$

$$x = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$E_{\max} = \frac{4kq}{3\sqrt{3}a^2}$$





II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

Ví dụ 2:

Xác định vectơ cường độ điện trường do vòng dây dẫn tròn bán kính R , tích điện đều với mật độ điện dài λ gây ra tại điểm M trên trục vòng dây, cách tâm vòng dây một khoảng x . Xác định x để $E_M = 0$; E_M cực đại.



II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

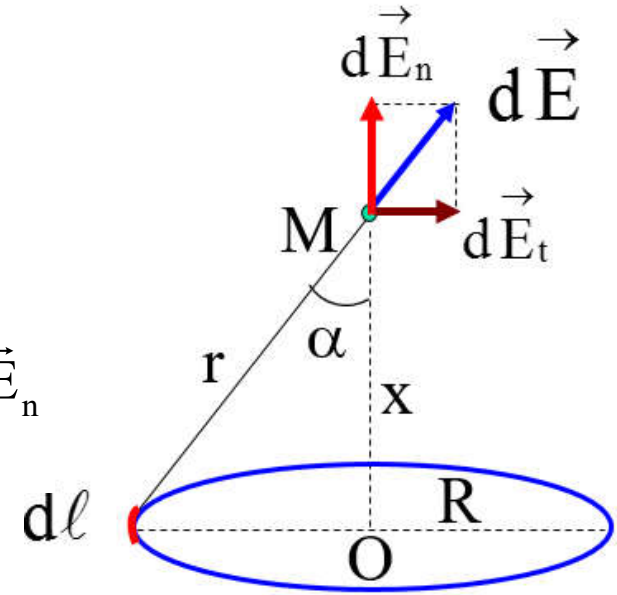
Ví dụ 2:

Cường độ điện trường tại điểm M:

$$\vec{E} = \int_{\text{vòng dây}} d\vec{E} = \int_{\text{vòng dây}} (d\vec{E}_n + d\vec{E}_t) = \int_{\text{vòng dây}} d\vec{E}_n$$

Các \vec{E}_t triệt tiêu do tính đối xứng!

Véc-tơ \vec{E} hướng vuông góc với mặt phẳng vòng dây và ra xa vòng dây nếu vòng dây tích điện dương.





II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

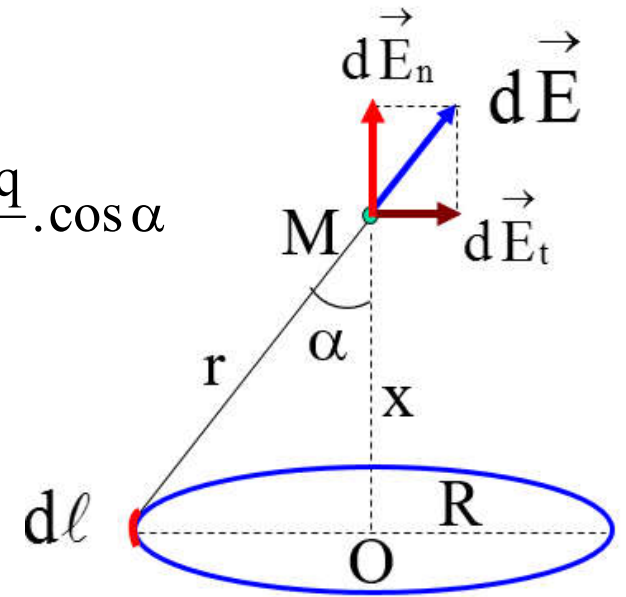
Độ lớn:

$$E = \int_{\text{vòng dây}} dE_n = \int_{\text{vòng dây}} dE \cdot \cos \alpha = \int_{\text{vòng dây}} \frac{k dq}{r^2} \cdot \cos \alpha$$

$$E = \frac{k \cdot \cos \alpha}{r^2} \int_{\text{vòng dây}} dq = \frac{k q x}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \xrightarrow{x=0} E=0$$

$$r^2 = R^2 + x^2 \xrightarrow{x = \frac{R}{\sqrt{2}}} E_{\max} = \frac{2kq}{3\sqrt{3} \cdot R^2}$$





II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

Ví dụ 3:

Xác định vectơ cường độ điện trường do đĩa tròn bán kính R , tích điện đều với mật độ điện mặt σ gây ra tại điểm M trên trục đĩa, cách tâm đĩa một khoảng x .



II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

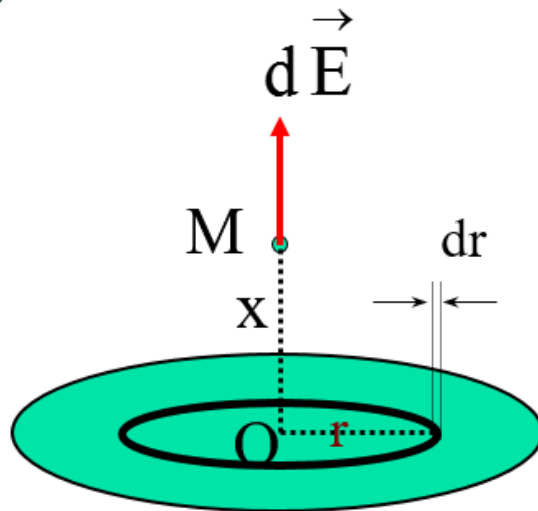
Ví dụ 3:

Xét một phần của đĩa tròn có dạng hình vành khăn, bán kính r , bề rộng dr , tích điện dq . Phần này xem như một vòng dây tròn, nên nó gây ra tại M vector cđđt hướng vuông góc với đĩa tròn và có độ lớn:

$$dE = \frac{kx.dq}{(r^2 + x^2)^{3/2}}; \quad dq = \sigma dS = \sigma 2\pi r dr$$

Véc-tơ \vec{E} cũng hướng vuông góc với mặt phẳng đĩa và có độ lớn:

$$E = \int_{\text{đĩa tròn}} dE = kx\sigma.2\pi \int_0^R \frac{r.dr}{(r^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right)$$





II. ĐIỆN TRƯỜNG

2. Véc-tơ cường độ điện trường

Ví dụ 3:

$$E = \int_{\text{đĩa tròn}} dE = kx\sigma \cdot 2\pi \int_0^R \frac{r \cdot dr}{(r^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right)$$

$$\xrightarrow{x=0} E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\xrightarrow{R=\infty \text{ mặt phẳng rộng vô hạn}} E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Điện trường đều



II. ĐIỆN TRƯỜNG

3. Lượng cực điện

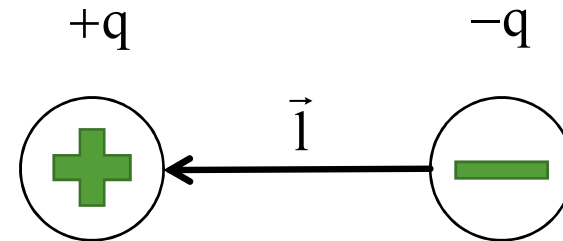
a) Khái niệm

Lượng cực điện là một hệ hai điện tích $+q$ và $-q$ đặt cách nhau một khoảng nhỏ l

Mỗi lượng cực điện được đặc trưng bằng một đại lượng gọi là mômen lượng cực điện:

$$\vec{p}_e = q\vec{l}$$

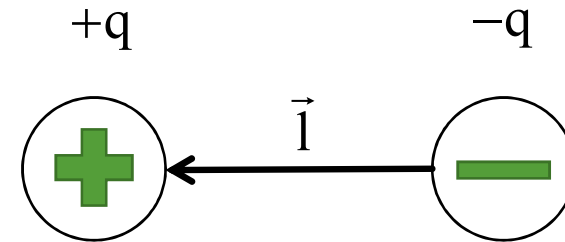
\vec{l} là véc-tơ hướng từ $-q$ đến $+q$ có độ dài bằng khoảng cách l giữa $-q$ và $+q$.





II. ĐIỆN TRƯỜNG

3. Lượng cực điện

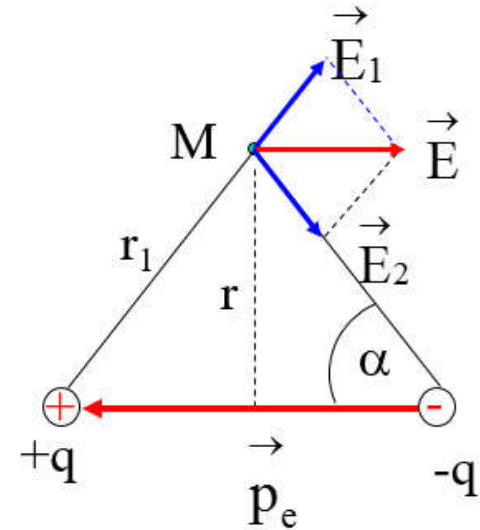


b) Điện trường gây bởi lưỡng cực điện.

- Xét điểm M trên mặt phẳng trung trực của lưỡng cực điện. Cường độ điện trường tại M:

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

$$\Rightarrow E = 2E_1 \cdot \cos \alpha = 2 \frac{kq}{r_1^2} \cdot \frac{l}{2} \Rightarrow E = \frac{kql}{r_1^3} = \frac{kp_e}{r^3}$$



$$\vec{E} = -\frac{kp_e}{r^3}$$



II. ĐIỆN TRƯỜNG

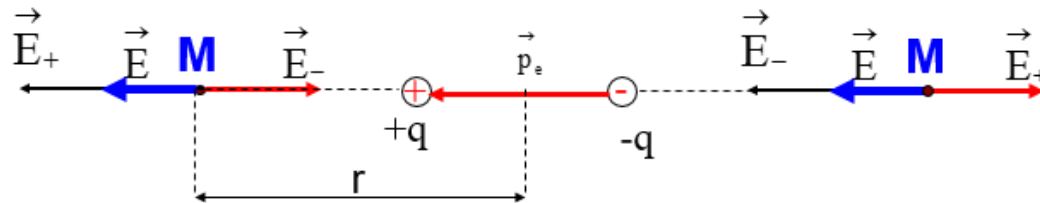
3. Lượng cực điện

b) Điện trường gây bởi lượng cực điện.

Xét điểm M trên giá (trục) của lượng cực điện. Cường độ điện trường tại M:

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- \Rightarrow E = |E_+ - E_-| = \frac{kq}{r_+^2} - \frac{kq}{r_-^2} = kq \frac{r_-^2 - r_+^2}{r_-^2 \cdot r_+^2}$$

$$r_- = r + l/2; \quad r_+ = r - l/2 \Rightarrow E = kq \frac{2rl}{r^4} = \frac{2kql}{r^3} = \frac{2kp_e}{r^3} \Rightarrow \vec{E} = \frac{2k\vec{p}_e}{r^3}$$





II. ĐIỆN TRƯỜNG

4. Đường sức của điện trường

Đường sức của điện trường là đường mà tiếp tuyến với nó tại mỗi điểm trùng với phương của vector cường độ điện trường tại điểm đó, **chiều của đường sức là chiều của vector cường độ điện trường.**

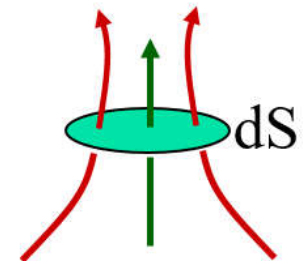
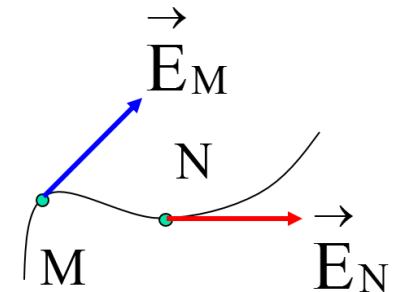
Tính chất:

Qua bất kì 1 điểm nào trong điện trường cũng vẽ được 1 đường sức.

Các đường sức không cắt nhau.

Quy ước:

Số đường sức xuyên qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương của đường sức bằng độ lớn của vector cường độ điện trường tại đó.

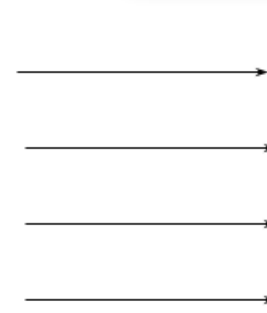
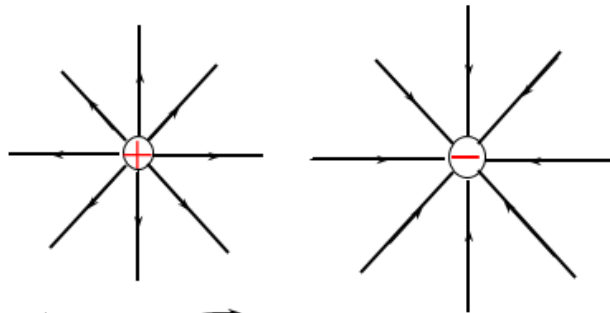




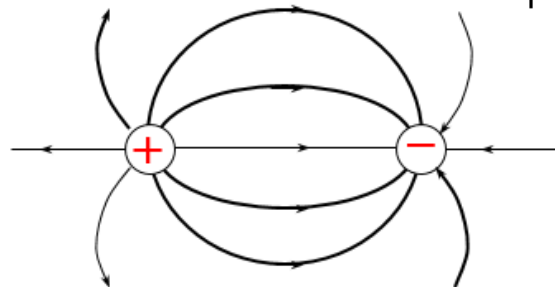
II. ĐIỆN TRƯỜNG

5. Điện phổ

Tập hợp các đường sức điện trường gọi là điện phổ (phổ của điện trường).
Điện phổ cho biết phân bố điện trường một cách trực quan



Điện trường đều có các đường sức song song cách đều nhau.



Đường sức của điện trường tĩnh thì không khép kín



III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

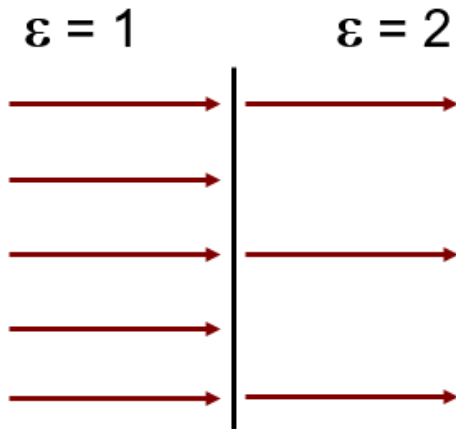
1. Véc-tơ cảm ứng điện

Véc-tơ cảm ứng điện trong môi trường đồng nhất, đẳng hướng:

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E}$$

Véc-tơ cảm ứng điện do một điện tích điểm gây ra:

$$\vec{D} = \frac{Q}{4\pi r^3} \cdot \vec{r}$$



$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon}$$

Véc-tơ cảm ứng điện không phụ thuộc tính chất của môi trường.

Đơn vị đo: C/m²



III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

2. Thông lượng cảm ứng điện (điện thông):

Thông lượng cảm ứng điện gửi qua yếu tố diện tích dS :

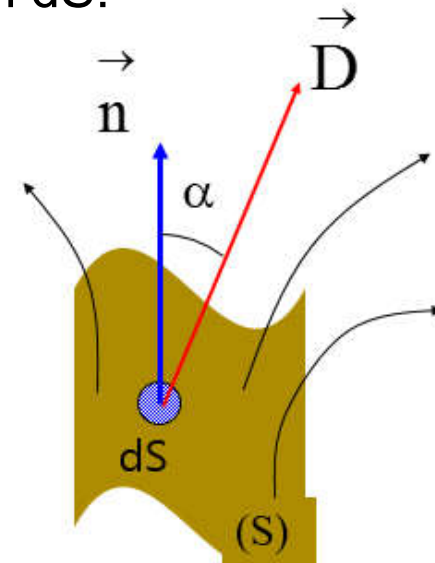
$$d\Phi_E \equiv d\Phi_D = D \cdot dS \cdot \cos \alpha = \vec{D} \cdot \vec{n} \cdot dS = \vec{D} \cdot d\vec{S}$$

Thông lượng cảm ứng điện gửi qua mặt (S) :

$$\Phi_D = \int_{(S)} d\Phi_D$$

Qui ước chọn pháp vector đơn vị: Mặt kín: chọn hướng ra ngoài; mặt hở: chọn tùy ý.

Ý nghĩa của điện thông: là đại lượng vô hướng có thể âm, dương, hoặc $= 0$. Giá trị tuyệt đối của điện thông cho biết số đường sức gửi qua mặt (S) .





III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

3. Nội dung định lý O – G:

Dạng tích phân:

$$\oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \sum q_{\text{trong}(S)}$$

$$\oint_{(S)} \vec{E} d\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{trong}(S)}}{\epsilon\epsilon_0}$$

Dạng vi phân:

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

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon\epsilon_0}$$



III. ĐỊNH LÍ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

4. Ứng dụng định lí O – G:

B1: Chọn mặt kín (S) – gọi là mặt Gauss, sao cho việc tính tích phân được đơn giản nhất.

B2: Tính thông lượng điện cảm gởi qua (S).

B3: Tính tổng điện tích chứa trong (S).

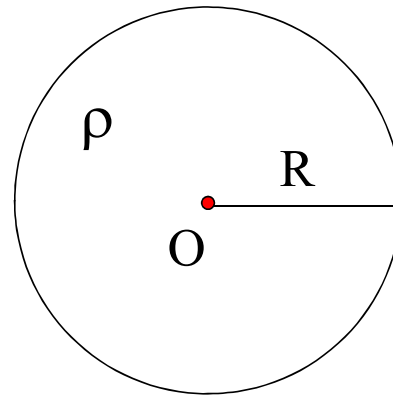
B4: Thay vào biểu thức của định lí O – G, suy ra đại lượng cần tìm.



III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

4. Ứng dụng định lý O – G:

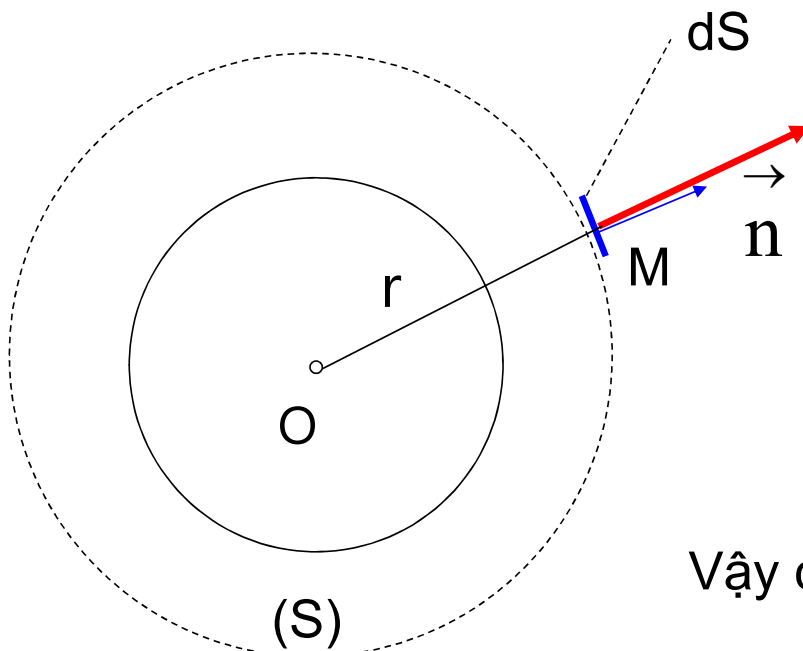
Ví dụ 1: Xác định cường độ điện trường tại điểm bên trong và bên ngoài khối cầu bán kính R , tích điện đều với mật độ điện khối ρ . Cho biết hệ số điện môi ở trong và ngoài khối cầu đều bằng ϵ .





III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

4. Ứng dụng định lý O – G:



Điện thông gửi qua mặt gauss (S):

$$\vec{\Phi}_D = \oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \oint_{(S)} D dS = DS_G = D \cdot 4\pi r^2$$

Tổng điện tích trong (S):

$$Q = \sum q_{\text{trong}(S)} = \rho \cdot V = \frac{4}{3} \pi \rho R^3$$

Theo đ lí O - G: $\Phi_D = Q$

Vậy cảm ứng điện bên ngoài khối cầu là:

$$D = D_n = \frac{Q}{4\pi r^2} \Rightarrow E = \frac{D}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{Q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 r^2} = \frac{kQ}{\epsilon r^2}$$



III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

4. Ứng dụng định lý O – G:

Điện thông gửi qua mặt (S):

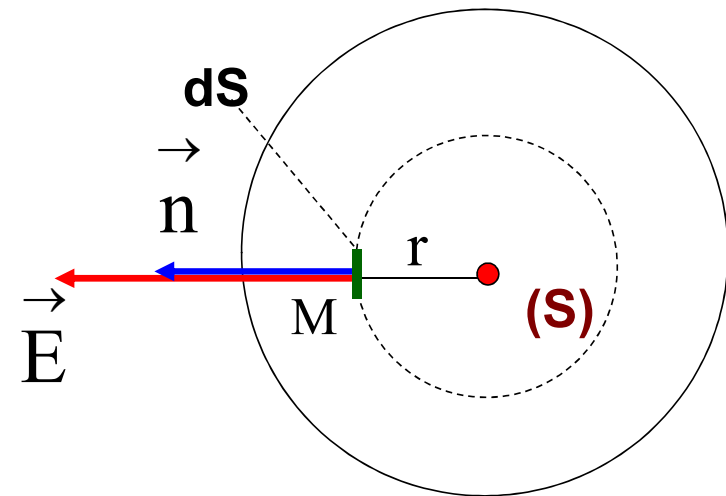
$$\Phi_D = \oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \oint_{(S)} D dS = DS_G = D \cdot 4\pi r^2$$

Tổng điện tích chứa trong (S):

$$Q = \sum q_{\text{trong}(S)} = \rho \cdot V_{(S)} = \frac{4}{3} \pi \rho r^3$$

Theo đ lí O - G: $\Phi_D = Q$

Vậy cảm ứng điện bên trong khối cầu là: $D_t = \frac{\rho r}{3}; E_t = \frac{\rho r}{3\epsilon\epsilon_0}$





III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

4. Ứng dụng định lý O – G:

Bên trong khối cầu tích điện đều:

$$\vec{E}_t = \frac{\rho \vec{r}}{3\epsilon\epsilon_0}$$

Bên ngoài khối cầu hoặc vỏ cầu tích điện đều: cường độ điện trường giống như một điện tích điểm đặt tại tâm gây ra.

$$\vec{E}_n = \frac{kQ}{\epsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

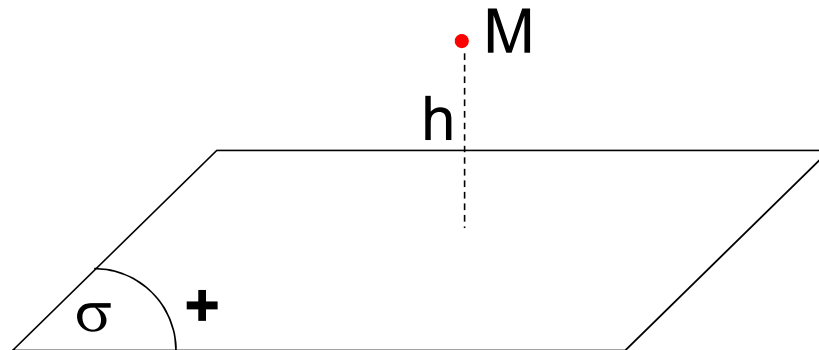
Bên trong vỏ cầu tích điện đều: cường độ điện trường bằng không.



III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

4. Ứng dụng định lý O – G:

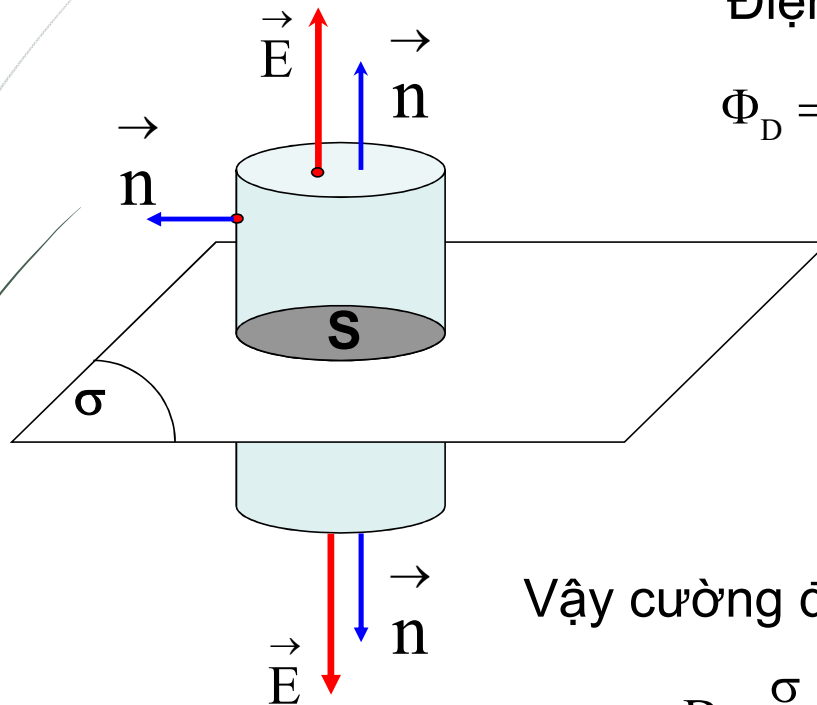
Ví dụ 2: Xác định cường độ điện trường do mặt phẳng rộng vô hạn, tích điện đều với mật độ điện mặt σ gây ra tại điểm cách mặt phẳng (σ) một khoảng h . Cho biết hệ số điện môi là ϵ .





III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

4. Ứng dụng định lý O – G:



Điện thông gửi qua mặt (S):

$$\Phi_D = \oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \int_{xq} \vec{D} d\vec{S} + \int_{2day} \vec{D} d\vec{S} = 2 \int_{day} D dS = 2DS_{day}$$

Tổng điện tích chứa trong (S):

$$Q = \sum q_{\text{trong}(S)} = \sigma S_{day}$$

Theo đ lí O - G: $\Phi_D = Q$

Vậy cường độ điện trường do mặt phẳng gây ra là:

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

→ Điện trường đều



III. ĐỊNH LÝ OSTROGRADSKY – GAUSS (O – G)

4. Ứng dụng định lý O – G:

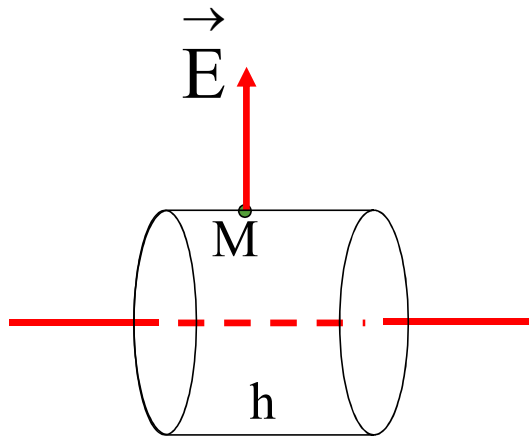
Ví dụ 3: Một dây dẫn thẳng, dài vô hạn, tích điện đều với mật độ điện dài λ . Xác định cường độ điện trường tại điểm M cách dây dẫn một đoạn r .

$$\Phi_D = \oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \int_{xq} \vec{D} d\vec{S} + \int_{2day} \vec{D} d\vec{S} = \int_{xq} D dS = D \cdot 2\pi r h$$

$$Q = \sum q_{\text{trong}(S)} = \lambda \cdot h$$

$$\Phi_D = Q \Rightarrow D = \frac{\lambda \cdot h}{2\pi r h} = \frac{\lambda}{2\pi r} \Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon \epsilon_0 r}$$

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon \epsilon_0 r} \cdot \vec{n} = \frac{2k\lambda}{\epsilon r} \cdot \vec{n}$$



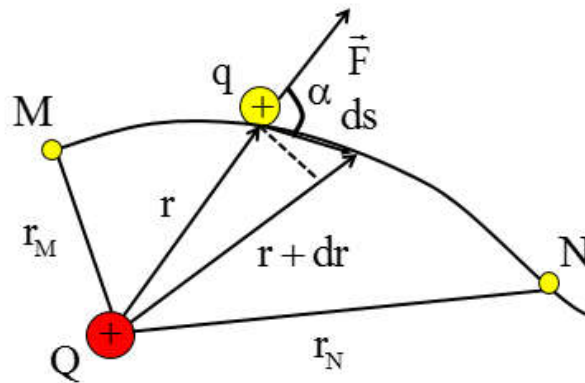


IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THỂ - HIỆU ĐIỆN THỂ

1. Công của lực điện trường:

Điện tích q di chuyển trong điện trường của điện tích Q

$$A = \int_{(M)}^{(N)} \vec{F} d\vec{r} = \int_{(M)}^{(N)} k \frac{Qq}{\epsilon r^2} \frac{\vec{r}}{r} d\vec{r} = kQq \int_{(M)}^{(N)} \frac{\vec{r} d\vec{r}}{\epsilon r^3}$$



$$A_{MN} = q \left(\frac{kQ}{\epsilon r_M} - \frac{kQ}{\epsilon r_N} \right)$$

$$\vec{F} = q \vec{E} = qk \frac{Q}{\epsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THỂ - HIỆU ĐIỆN THỂ

1. Công của lực điện trường:

Trong trường hợp tổng quát, người ta chứng minh được: Công của lực điện trường không phụ thuộc vào hình dạng đường đi, chỉ phụ thuộc vào vị trí đầu và cuối.

Lực điện trường là LỰC THỂ.

Đối với các trường lực thể, người ta xây dựng các hàm vô hướng phụ thuộc vị trí của các điểm trong trường lực thể, gọi là hàm thể. **Hàm thể của điện trường gọi là điện thể $V(x,y,z)$.**



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THỂ - HIỆU ĐIỆN THỂ

2. Điện thế - hiệu điện thế

a. **Khái niệm:** Điện thế là một hàm vô hướng $V(x,y,z)$, sao cho:

$$V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q} = U_{MN}$$

b. **Nhận xét:** Điện thế không xác định đơn giá mà sai khác nhau một hằng số cộng, tùy thuộc vào việc chọn gốc điện thế.

Lí thuyết: chọn gốc điện thế ở vô cùng;

Thực hành: chọn gốc điện thế ở đất, vỏ máy.



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THẾ - HIỆU ĐIỆN THẾ

2. Điện thế - hiệu điện thế

c. Điện thế do các hệ điện tích gây ra:

- Điện thế gây bởi 1 điện tích điểm: $V = k \frac{Q}{\epsilon r} + C$

- Điện thế gây bởi hệ điện tích điểm: $V_M = \sum V_i = \sum k \frac{Q_i}{\epsilon r_{iM}} + C$

- Điện thế gây bởi vật tích điện:

$$V_M = \int_{\text{vật mang điện}} dV = \int_{\text{vật mang điện}} k \frac{dq}{\epsilon r} + C$$

Chú ý: Nếu chọn gốc điện thế ở vô cùng thì $C = 0$



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THỂ - HIỆU ĐIỆN THỂ

3. Thế năng của điện tích trong điện trường:

Ta có: $W_{tM} - W_{tN} = A_{MN} = qU_{MN} = q(V_M - V_N)$

Vậy thế năng của điện tích q trong điện trường là:

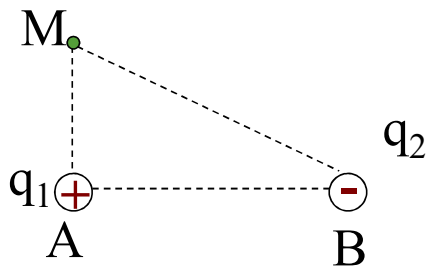
$$W_{tM} = qV_M$$



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THẾ - HIỆU ĐIỆN THẾ

3. Thế năng của điện tích trong điện trường:

Ví dụ 1: Cho $q_1 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$; $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, đặt tại A, B trong không khí. Tính điện thế tại M cách A, B lần lượt là 10 cm, 20cm. Chọn gốc điện thế ở vô cùng.



$$V = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} = k\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right)$$

$$V = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{5 \cdot 10^{-8}}{0,1} - \frac{8 \cdot 10^{-8}}{0,2} \right) = 900 \text{ V}$$



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THẾ - HIỆU ĐIỆN THẾ

3. Thế năng của điện tích trong điện trường:

Ví dụ 2: Vòng dây tròn, bán kính a , tích điện đều với điện tích tổng cộng Q . Tính điện thế tại tâm O của vòng dây và tại điểm M trên trục vòng dây, cách O một đoạn x . Suy ra hiệu điện thế U_{OM} .

Áp dụng: $a = 5\text{cm}$; $x = 12\text{cm}$; $Q = -2,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

Xét 2 trường hợp:

- a) Gốc điện thế ở vô cùng;
- b) Gốc điện thế tại O .



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THỂ - HIỆU ĐIỆN THỂ

3. Thế năng của điện tích trong điện trường:

a) Gốc điện thế ở vô cùng:

$$V_M = \oint_{v/d} dV = \oint_{v/d} \frac{k \cdot dq}{r} = \frac{k}{r} \oint_{v/d} dq$$

$$V_M = \frac{kQ}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-2,6 \cdot 10^{-9})}{\sqrt{0,05^2 + 0,12^2}} = -180V$$

$$V_O = \frac{kQ}{a} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-2,6 \cdot 10^{-9})}{0,05} = -468V$$

$$\Rightarrow U_{OM} = V_O - V_M = -288V$$



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THỂ - HIỆU ĐIỆN THỂ

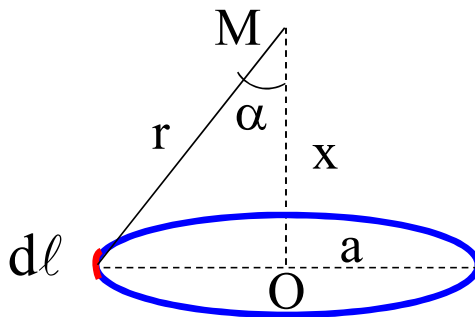
3. Thế năng của điện tích trong điện trường:

b) Góc điện thế ở O

$$\Rightarrow V_O = \frac{kQ}{a} + C = -468 + C = 0 \Rightarrow C = 468$$

$$V_M = \frac{kQ}{\sqrt{a^2 + x^2}} + C = -180 + C = 288V$$

$$\Rightarrow U_{OM} = V_O - V_M = -288V$$





IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THỂ - HIỆU ĐIỆN THỂ

4. Mặt đẳng thế

a. Khái niệm: Tập hợp các điểm trong điện trường có cùng một giá trị điện thế, tạo nên mặt đẳng thế.

b. Tính chất:

- Các mặt đẳng thế không cắt nhau
- Khi điện tích q di chuyển trên mặt đẳng thế thì công của lực điện trường bằng không.
- Đường sức điện trường (do đó, vector cường độ điện trường) luôn vuông góc với mặt đẳng thế.

c. Qui ước vẽ: Độ chênh lệch ΔV giữa hai mặt đẳng thế liên tiếp là không đổi.

Suy ra: điện trường mạnh thì các mặt đẳng thế dày, điện trường yếu thì các mặt đẳng thế thưa; điện trường đều thì các mặt đẳng thế là các mặt phẳng song song và cách đều nhau.



IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THẾ - HIỆU ĐIỆN THẾ

5. Liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế

Xét điện tích q di chuyển trong điện trường từ nơi có **điện thế cao** đến nơi có **điện thế thấp**.

Công của lực điện trường trên đoạn đường vi phân $d\vec{l}$ là:

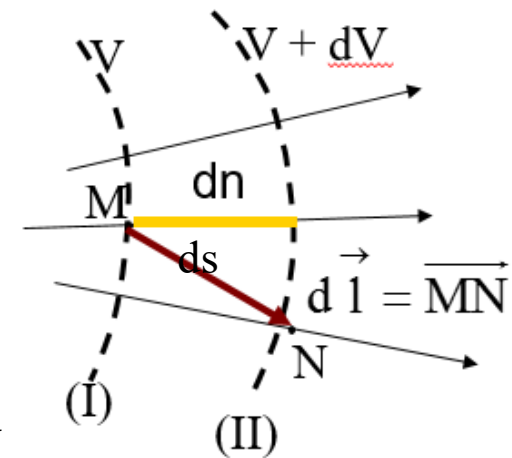
$$dA = \vec{F} d\vec{l} = q \vec{E} d\vec{l}$$

Mặt khác:

$$dA = q(V_1 - V_2) = -qdV$$

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

$$\vec{E} = -\frac{dV}{dn} \cdot \vec{n}_0 = -\vec{\text{grad}} V = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z}\right)$$





IV. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN TRƯỜNG ĐIỆN THẾ - HIỆU ĐIỆN THẾ

5. Liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế

Vector cường độ điện trường hướng theo chiều giảm thế.

Độ lớn của vector cường độ điện trường tại mỗi điểm bằng độ giảm điện thế trên một đơn vị chiều dài dọc theo đường sức đi qua điểm đó.

Lân cận một điểm trong điện trường, điện thế biến thiên nhanh nhất theo phương đường sức đi qua điểm đó. $\left| \frac{dV}{ds} \right| \leq \left| \frac{dV}{dn} \right|$

Lưu số của vector cường độ điện trường giữa hai điểm M, N bằng hiệu điện thế giữa hai điểm đó. $\int_{MN} \vec{E} d\vec{\ell} = \frac{A_{MN}}{q} = U_{MN} = E \cdot d$

Lưu số của vector cường độ điện trường dọc theo một đường cong kín bất kì thì bằng không. $\oint_{(C)} \vec{E} d\vec{\ell} = 0$



+ **Phần bài tập:** Các bài tập tối thiểu yêu cầu sinh viên ôn tập (Sách BTVLĐC tập 2):

**1.1, 1.2, 1.3, 1.6, 1.7, 1.9, 1.10, 1.11, 1.13, 1.20, 1.23, 1.24, 1.25,
1.32, 1.33, 1.34, 1.37**



HẾT