ĐẠI HỌC QUỐC GIA HCM
TRƯỜNG ĐH KHOA HỌC TỰ NHIÊN

BÀI GIẢNG VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 2

ĐIỆN TỪ VÀ QUANG

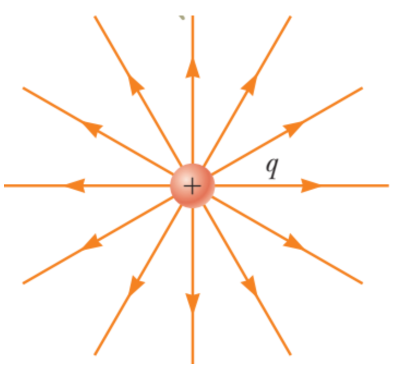
(PHY00002)

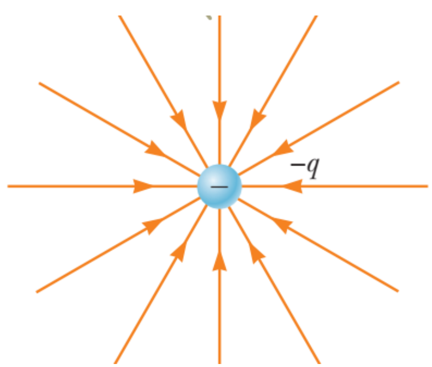
NGUYỄN VĂN THUẬN
Email: nvthuan@hcmus.edu.vn

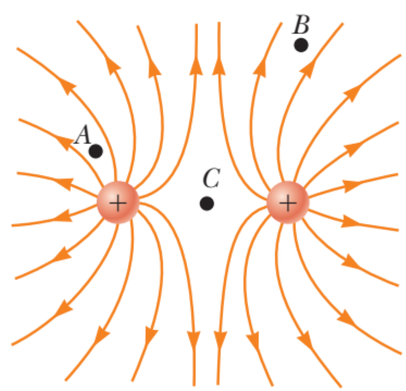
**HỌC ĐỂ BIẾT, HỌC ĐỂ LÀM, HỌC ĐỂ CHUNG SỐNG,
HỌC ĐỂ KHẲNG ĐỊNH BẢN THÂN**

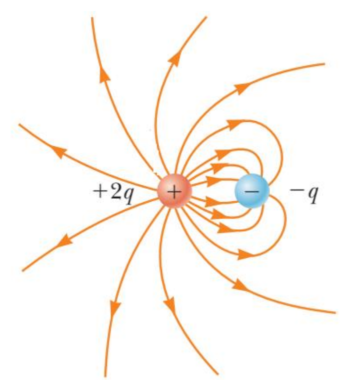
CHƯƠNG 1

TĨNH ĐIỆN TRƯỜNG TRONG CHÂN KHÔNG









NỘI DUNG

1. Điện tích

2. Định luật Coulomb

3. Điện trường

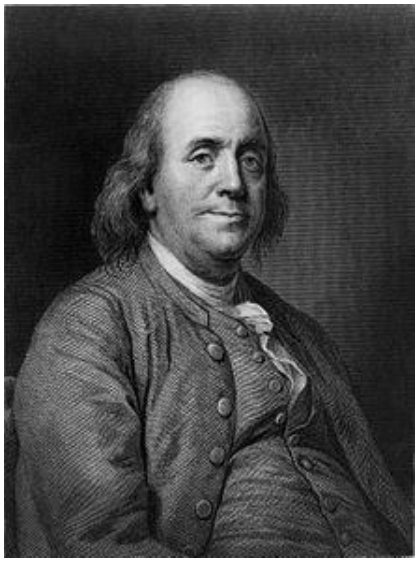
4. Điện thông – Định luật Gauss

5. Điện thế

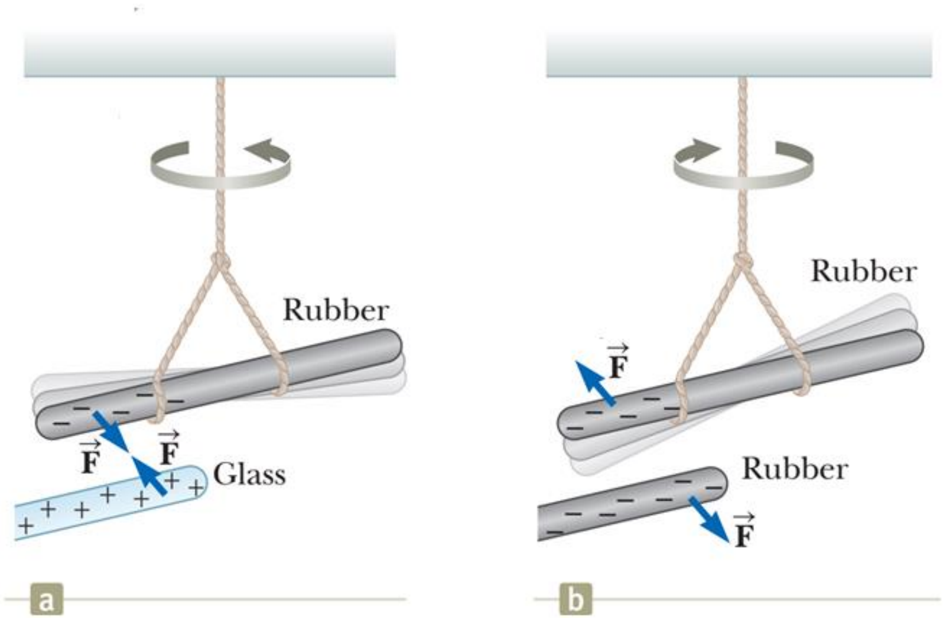
6. Mối liên hệ giữa E và V

1. ĐIỆN TÍCH

1.1. Các khái niệm

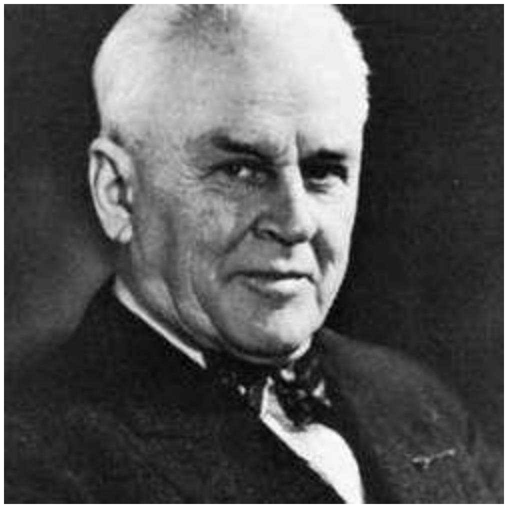


Benjamin Franklin
(1706–1790)

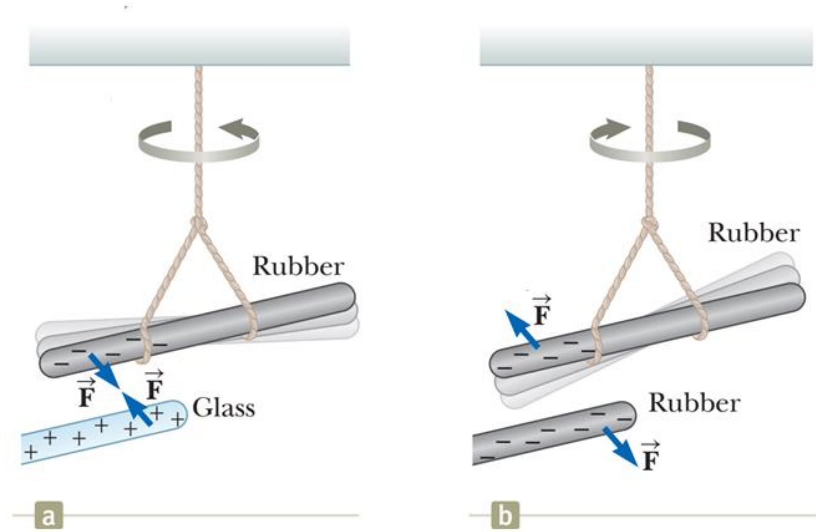


- Có 02 loại điện tích: **DƯƠNG (+) và ÂM (-)**
- Điện tích **cùng dấu đẩy** nhau và **khác dấu hút** nhau.
- Trong một <u>hệ cô lập</u>, điện tích luôn **bảo toàn**.

1.1. Các khái niệm



Robert Millikan (1868–1953)



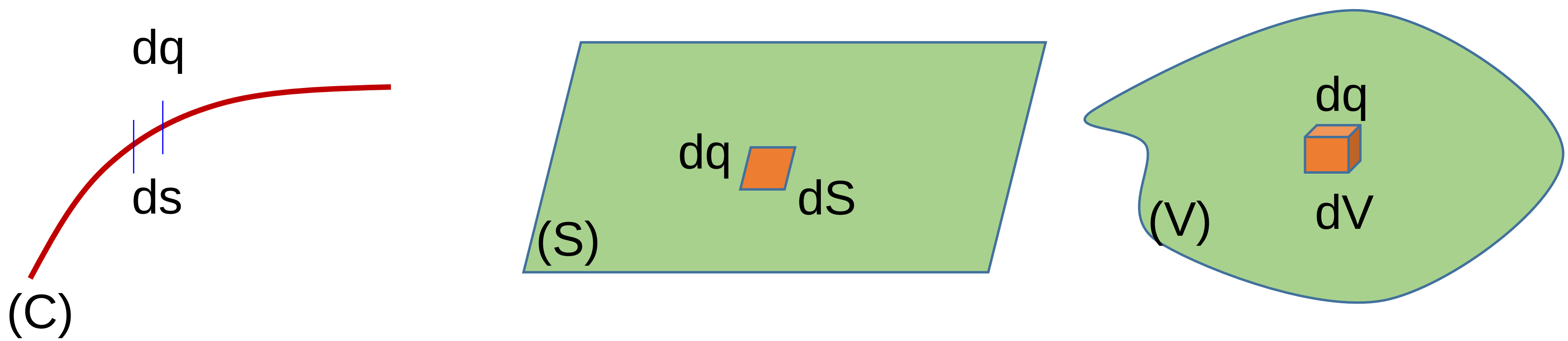
- Điện tích của một vật bị lượng tử hóa: $q = \pm Ne$.
- $e = 1{,}6.10^{-19}$ C: điện tích cơ bản
- Điện tích của một vật bất kỳ: $q = (n_1 - n_2)e$.

n_1: số điện tích (+)
n_2: số điện tích (-)

1.2. Sự phân bố điện tích của một vật mang điện

- **Điện tích điểm:**

- **Phân bố điện tích:**

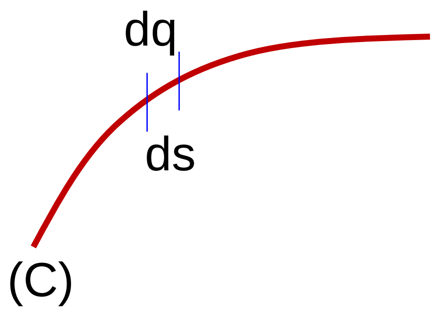


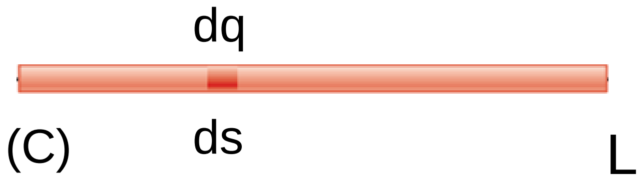
a. Điện tích dài b. Điện tích mặt c. Điện tích khối

1. ĐIỆN TÍCH

1.2. Sự phân bố điện tích của một vật mang điện

a. Điện tích dài





❖ Mật độ điện dài: $\boxed{\lambda = \dfrac{dq}{ds}}$ (C/m)

➡ Tính điện tích: $\boxed{dq = \lambda ds}$ ➡ $\boxed{q = \int_{(C)} \lambda ds}$

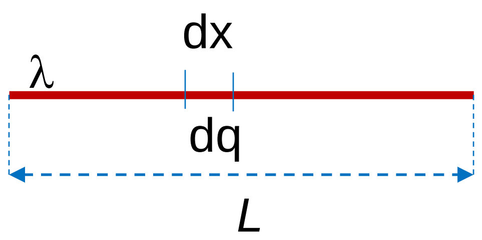
❖ Nếu điện tích phân bố đều trên dây thì: $\boxed{q = \lambda \int_{(C)} ds}$

1. ĐIỆN TÍCH

1.2. Sự phân bố điện tích của một vật mang điện

Ví dụ 1.1: Cho một sợi dây dài *L* = 1 m mang điện tích phân bố đều với mật độ điện dài $\lambda = 1{,}5.10^{-4}$ C/m (Xem hình vẽ). Tính điện tích của dây.

Bài giải



❖ Trên dây, lấy 1 phần tử chiều dài dx tương đương với phần tử điện tích dq:

$$dq = \lambda dx \Rightarrow q = \int_0^L \lambda dx$$

❖ Do điện tích phân bố đều nên

$$q = \lambda \int_0^L dx = \lambda L$$

❖ Thay số:

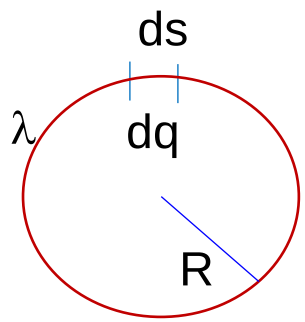
$$\boxed{q = 1{,}5.10^{-4} \times 1 = 1{,}5.10^{-4} \text{ C}}$$

1. ĐIỆN TÍCH

1.2. Sự phân bố điện tích của một vật mang điện

Ví dụ 1.2: Cho một đường tròn bán kính R = 20 cm mang điện đều với mật độ điện dài λ = 200 nC/m. Tính điện tích trên đường tròn.

Bài giải



❖ Trên đường tròn, lấy 1 phần tử chiều dài ds tương đương với phần tử điện tích dq:

$$dq = \lambda ds \Rightarrow q = \int_0^{2\pi R} \lambda ds$$

❖ Do điện tích phân bố đều nên: $q = \lambda \int_0^{2\pi R} ds = 2\pi R\lambda$

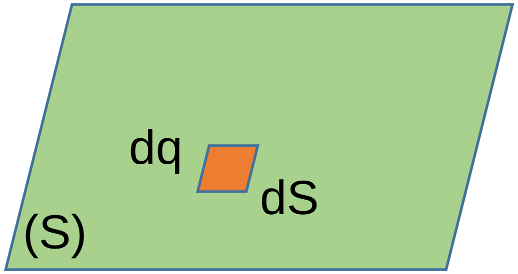
❖ Thay số:

$$\boxed{q = 2\pi.\ 0{,}2\text{x}200.10^{-9} = 2{,}51.10^{-7}\ C}$$

1. ĐIỆN TÍCH

1.2. Sự phân bố điện tích của một vật mang điện

b. Điện tích mặt



❖ Mật độ điện mặt: $\boxed{\sigma = \frac{dq}{dS}}$ (C/m²)

Điện tích của bề mặt: $\boxed{dq = \sigma dS \Rightarrow q = \int_{(S)} \sigma dS}$

❖ Nếu điện tích phân bố đều trên mặt phẳng thì:

$$\boxed{q = \sigma \int_{(S)} dS = \sigma S}$$

1.2. Sự phân bố điện tích của một vật mang điện

Ví dụ 1.3: Một mặt phẳng hình chữ nhật kích thước 2 m x 3 m mang điện đều với mật độ điện mặt σ = 2 μC/m^2. Tính điện tích của mặt phẳng.

Bài giải:

❖ Do mặt phẳng mang điện tích đều nên:

$$q = \sigma S = 2.10^{-6} \text{ x } 2 \text{ x } 3 = 12.10^{-6} \text{ C} = 12\ \mu\text{C}$$

Ví dụ 1.4: Một mặt cầu bán kính R = 20 cm mang điện điều với mật độ điện mặt σ = 2 μC/m^2. Tính điện tích của mặt cầu.

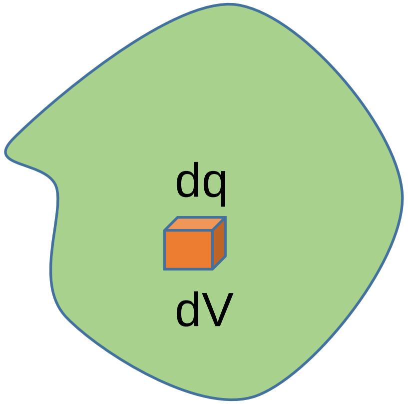
Bài giải:

❖ Do mặt cầu mang điện tích đều nên:

$$q = \sigma S = \sigma 4\pi R^2 = 2.10^{-6} \text{ x } 4\pi \text{ x } 0{,}2^2 = ...10^{-6} \text{ C} = ...\ \mu\text{C}$$

1.2. Sự phân bố điện tích của một vật mang điện

c. Điện tích khối



❖ Mật độ điện khối: $\boxed{\rho = \frac{dq}{dV}}$ (C/m³)

➡ Điện tích của khối: $\boxed{dq = \rho dV \Rightarrow q = \int_{(V)} \rho dV}$

❖ Nếu điện tích phân bố đều trên khối cầu thì:

$$\boxed{q = \rho \int_{(V)} dV = \rho V}$$

1.2. Sự phân bố điện tích của một vật mang điện

Ví dụ 1.5: Một hòn bi sắt hình cầu bán kính R = 2 cm mang điện điều với mật độ điện khối $\rho = 5\ \mu C/m^3$. Tính điện tích của hòn bi.

Bài giải:

❖ Do hòn bi mang điện tích đều nên:

$$q = \rho V = \rho\, 4/3\pi R^3 = 5.10^{-6} \,.\, 4/3\pi \,.\, (0{,}02)^3 = ...10^{-7}\ C = ...\ \mu C$$

Ví dụ 1.6: Một khối cầu bán kính R = 30 cm mang điện tích Q = 200 nC. Sau khi được gia công, khối cầu ban đầu nhỏ lại thành 1 khối cầu bán kính r = 10 cm. Tính điện tích Q' của khối cầu nhỏ.

Bài giải:

❖ Do khối cầu mang điện tích đều nên:

* Điện tích khối cầu lớn: $Q = \rho V$

* Điện tích khối cầu nhỏ: $Q' = \rho V'$

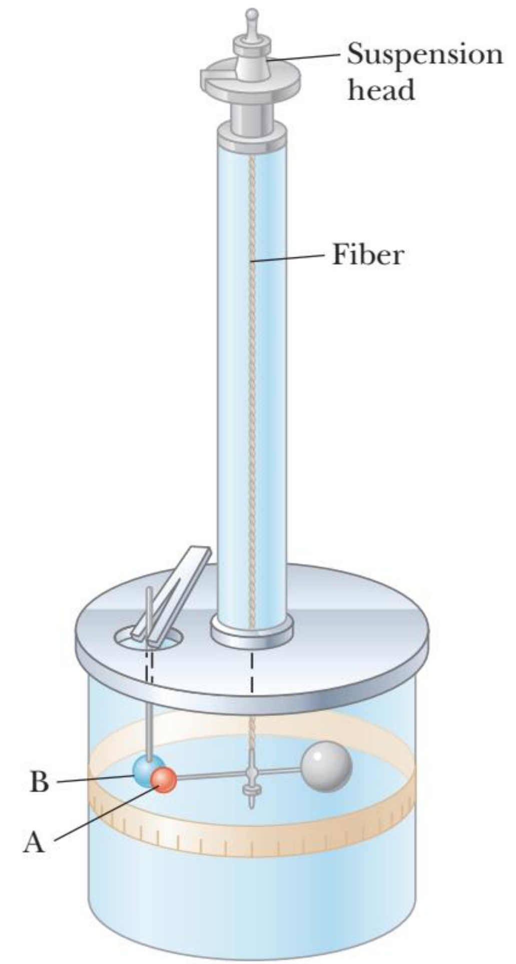
$$\Rightarrow \rho = \frac{Q}{V} = \frac{Q'}{V'} \Rightarrow Q' = Q\frac{V'}{V} = Q\frac{r^3}{R^3}$$

2. ĐỊNH LUẬT COULOMB

2.1. Thực nghiệm

- **Epinuz:** F ~ q_1q_2 nhưng không phụ thuộc r
- **Cavendise:** F tỉ lệ nghịch r^n $(n < 3) \Rightarrow F \sim 1/r^2$
- **Coulomb:**

- **Tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách,**
- **Tỉ lệ thuận với tích số độ lớn của 2 điện tích,**
- **Hai điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, khác dấu thì hút nhau.**



Cân xoắn

2.2. Định luật Coulomb

Charles Coulomb
French physicist (1736–1806)

Hai điện tích điểm q_1 và q_2 cách nhau một khoảng r, chúng tương tác nhau bởi một lực, **F**, có:

- Gốc: tại vị trí điện tích bị tác dụng
- Phương: nằm trên đường nối dài hai điện tích
- Chiều: cùng dấu đẩy – trái dấu hút
- Độ lớn:

$$\boxed{\left|\vec{F}\right| = F = k\frac{\left|q_1.q_2\right|}{r^2}}$$

$$\boxed{k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}987.10^9\left(N.m^2/C^2\right)}$$

Hằng số Coulomb

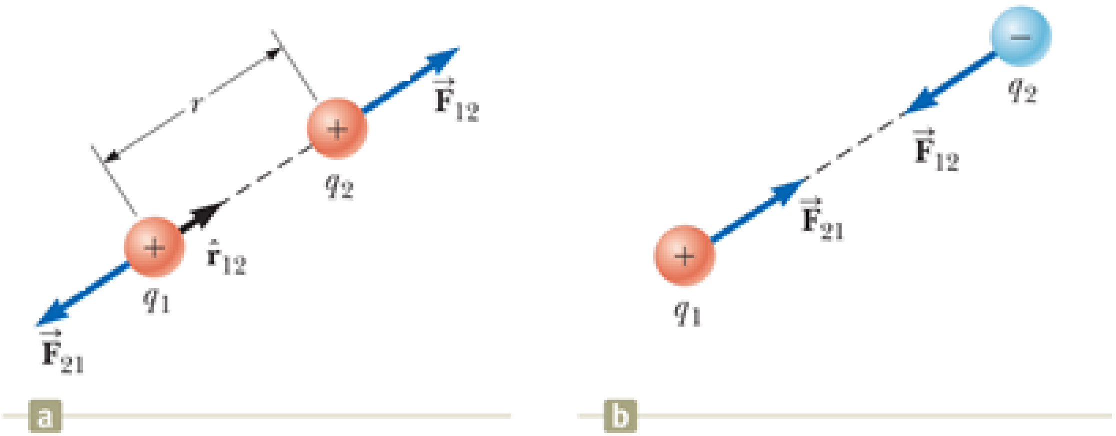
Đơn vị lực: N

$$\boxed{\varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} = 8{,}85.10^{-12}(F/m)}$$

Hằng số điện
(độ điện thẩm tuyệt đối trong chân không)

2.2. Định luật Coulomb

Charles Coulomb
French physicist (1736–1806)



❖ Biểu diễn dưới dạng vector: $\boxed{\vec{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{e}_r}$

❖ Trong không gian: $\boxed{\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j} + F_z\vec{k}}$

2.2. Định luật Coulomb

Ví dụ 1.6: electron và proton trong nguyên tử hydro cách nhau $5{,}3.10^{-11}$m. Tìm độ lớn lực tĩnh điện và lực hấp dẫn giữa hai hạt.
Biết: $m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg, $m_p = 1{,}67.10^{-27}$kg, hằng số hấp dẫn $G = 6{,}67.10^{-11}$ Nm^2/kg^2

Bài giải

❖ Lực tĩnh điện:

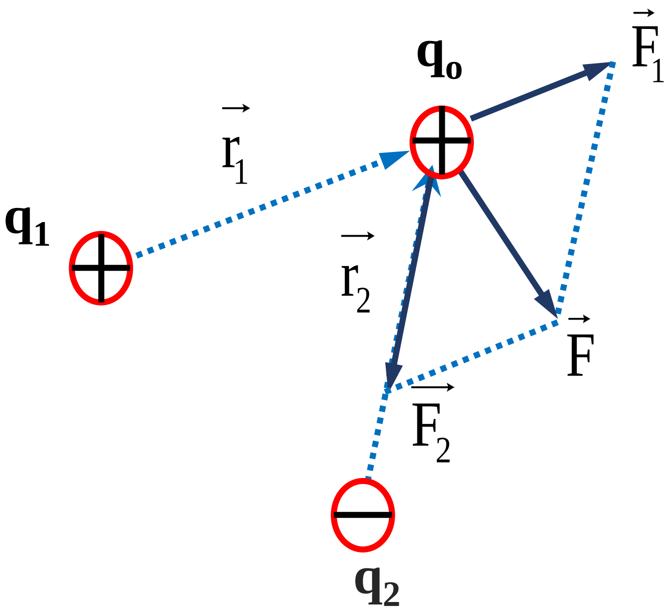
$$F = \left|\vec{F}\right| = k\frac{|q_1q_2|}{r^2} = 9.10^9\frac{\left|(+1{,}6.10^{-19})(-1{,}6.10^{-19})\right|}{(5{,}3.10^{-11})^2} = 8{,}2.10^{-8}\,(N)$$

❖ Lực hấp dẫn:

$$F_{hd} = G\frac{m_e m_p}{r^2} = 6{,}7.10^{-11}\frac{9{,}1.10^{-31}\times 1{,}67.10^{-27}}{(5{,}3.10^{-11})^2} = 3{,}6.10^{-47}\,(N)$$

⇒ Lực hấp dẫn nhỏ hơn rất nhiều so với lực tĩnh điện

2.3. Lực tĩnh điện của một hệ tích điểm



❖ Lực tĩnh điện tại q_0 do các điện tích q_1, q_2, … q_N gây ra:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots\ldots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i$$

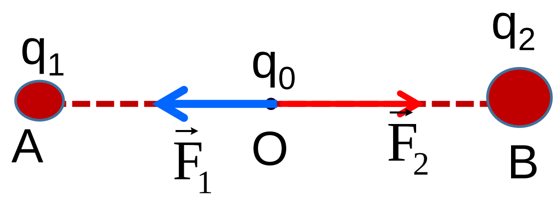
Ví dụ 1.7: Hai điện tích q_1 = -3μC và q_2 = -12μC đặt tại hai điểm A và B cách nhau 20cm. Điện tích q_0 = 1μC di chuyển trên AB.

a. Khi q_0 ở trung điểm AB. Tính lực tĩnh điện F do q_1 và q_2 tác dụng lên q_0

b. Xác định vị trí của q_0 trên AB để tại đó F tác dụng lên q_0 bằng không?

2.3. Lực tĩnh điện của một hệ tích điểm

Bài giải



a. Lực tĩnh điện tác dụng lên q_0:

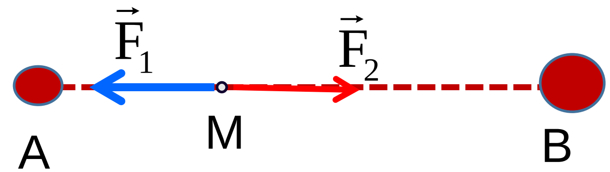
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow \text{ Độ lớn: } F = |F_1 - F_2| \quad (1)$$

Với: $$F_1 = k\frac{|q_1 q_0|}{AO^2} = 9.10^9\frac{|(-3.10^{-6})(1.10^{-6})|}{(0,1)^2} = \text{........}(N)$$

$$F_2 = k\frac{|q_2 q_0|}{BO^2} = 9.10^9\frac{|(-12.10^{-6})(1.10^{-6})|}{(0,1)^2} = \text{........}(N)$$

Thay vào (1) ta thu được kết quả

b. Theo đề bài: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$



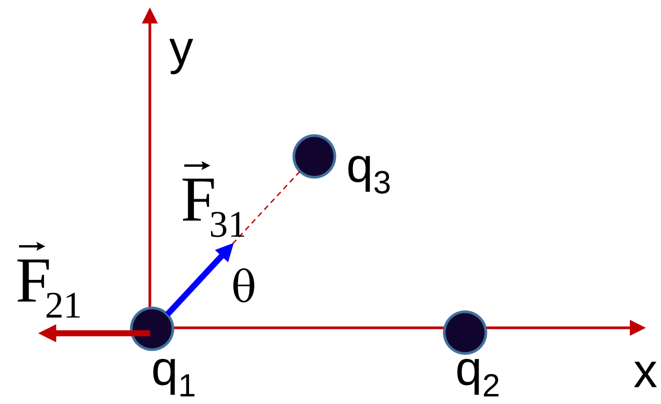
$\Rightarrow \vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \Rightarrow F_1 = F_2 \quad (2)$

Đặt AM = x (0 < x < 20 cm) thì (2) trở thành: $$k\frac{|q_1 q_0|}{x^2} = k\frac{|q_2 q_0|}{(20-x)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{(20-x)^2}{x^2} = \frac{|q_2|}{|q_1|} = 4 \Rightarrow \boxed{x = 20/3\ (cm)}$$

2.3. Lực tĩnh điện của một hệ tích điểm

Ví dụ 1.8: Hệ 3 điện tích điểm $q_1 = 1,6.10^{-19}$C, $q_2 = 3,2.10^{-19}$C và $q_3 = -3,2.10^{-19}$C đặt trên hệ trục Oxy như hình vẽ. Trong đó, q_1 và q_2 cách nhau R = 2cm, q_3 cách q_1 một đoạn 3R/4. Góc $\theta = 60^o$. Tính lực tổng hợp do q_2 và q_3 tác dụng lên q_1.



Bài giải

Cách 1: Lực tổng hợp: $\vec{F} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$ (1)

Với: $\vec{F}_{21} = -F_{21}\vec{i} = -k\dfrac{q_2 q_1}{R^2}\vec{i} = -(1,15.10^{-24}N)\vec{i}$

$$\vec{F}_{31} = F_{31,x}\vec{i} + F_{31,y}\vec{j} = (F_{31}\cos\theta)\vec{i} + (F_{31}\sin\theta)\vec{j}$$

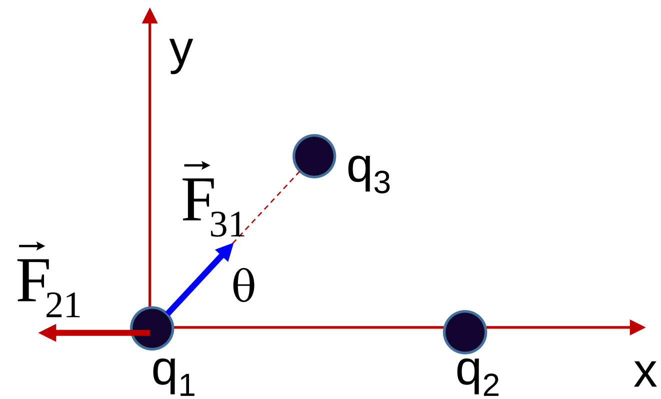
$$= (1,025.10^{-24}N)\vec{i} + (1,775.10^{-24}N)\vec{j}$$

Thay vào (1), ta được: $\vec{F} = (1,25.10^{-25}N)\vec{i} + (1,78.10^{-24}N)\vec{j}$

Độ lớn: $F = \sqrt{(1,25.10^{-25})^2 + (1,78.10^{-24})^2} \approx 1,78.10^{-24}(N)$

2.3. Lực tĩnh điện của một hệ tích điểm

Ví dụ 1.8: Hệ 3 điện tích điểm q_1 = 1,6.10^{-19}C, q_2 = 3,2.10^{-19}C và q_3 = -3,2.10^{-19}C đặt trên hệ trục Oxy như hình vẽ. Trong đó, q_1 và q_2 cách nhau R = 2cm, q_3 cách q_1 một đoạn 3R/4. Góc θ = 60^o. Tính lực tổng hợp do q_2 và q_3 tác dụng lên q_1.



Bài giải

Cách 2: Lực tổng hợp: $\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$ (1)

Với:

$$F_x = -F_{21,x} + F_{31,x} = -F_{21} + F_{31}\cos\theta = -1,25.10^{-25}(N)$$

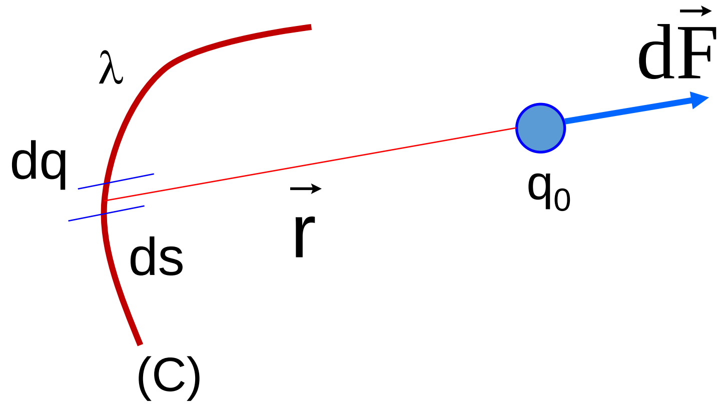
$$F_y = F_{21,y} + F_{31,y} = 0 + F_{31}\sin\theta = 1,78.10^{-24}(N)$$

Thay vào (1), ta được: $\vec{F} = (1,25.10^{-25}\,N)\vec{i} + (1,78.10^{-24}\,N)\vec{j}$

Độ lớn: $F = \sqrt{(1,25.10^{-25})^2 + (1,78.10^{-24})^2} \approx 1,78.10^{-24}(N)$

2.4. Lực tĩnh điện gây ra bởi điện tích dài phân bố đều

❖ Lực tĩnh điện $d\vec{F}$ do phần tử điện tích dq gây ra tại q_0 :



$$d\vec{F} = k\frac{q_0 dq}{r^2}\vec{e}_r = k\frac{q_0 \lambda ds}{r^2}\vec{e}_r$$

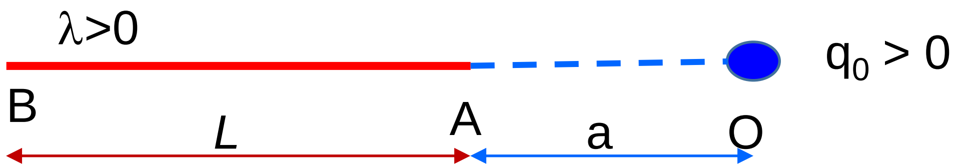
❖ Lực tĩnh điện $\vec{F}$ do dây dẫn (C) gây ra tại q_0:

$$\vec{F} = \int_{(C)} d\vec{F} = \int_{(C)} k\frac{q_0 dq}{r^2}\vec{e}_r = \int_{(C)} k\frac{q_0 \lambda ds}{r^2}\vec{e}_r$$

2. ĐỊNH LUẬT COULOMB

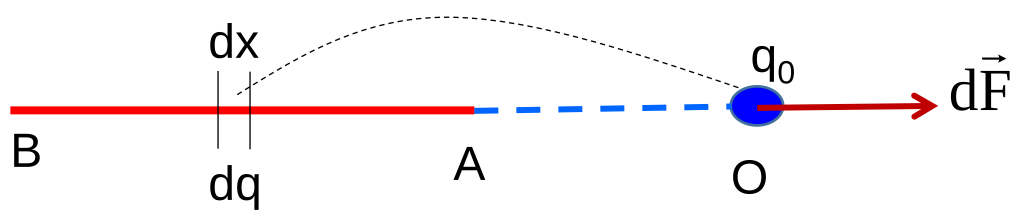
2.4. Lực tĩnh điện gây ra bởi điện tích dài phân bố đều

Ví dụ 1.9:



Tính F do thanh AB tác dụng lên q_0?

Bài giải:

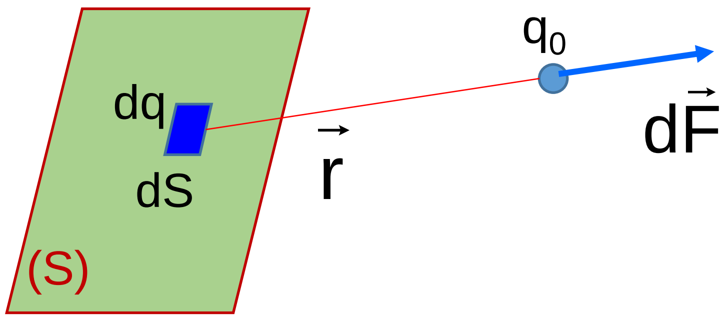


- Trên AB lấy 1 phần tử chiều dài dx tương đương điện tích dq
- Khoảng cách từ dq đến q_0 là x
- Lực tĩnh điện do dq tác dụng lên q_0 là $d\vec{F}$: $d\vec{F} = k\dfrac{q_0 dq}{x^2}\vec{e}_r = k\dfrac{q_0 \lambda dx}{x^2}\vec{e}_r$
- Lực do AB tác dụng lên q_0 là:

$$F = \int_{BO}^{AO} k\frac{|q_0\lambda|dx}{x^2} = k|q_0\lambda| \int_{-(L+a)}^{-a} \frac{dx}{x^2} = k|q_0\lambda|\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{L+a}\right)$$

2.5. Lực tĩnh điện gây ra bởi điện tích mặt phân bố đều

❖ Lực tĩnh điện $d\vec{F}$ do phần tử điện tích dq gây ra tại q_0 :



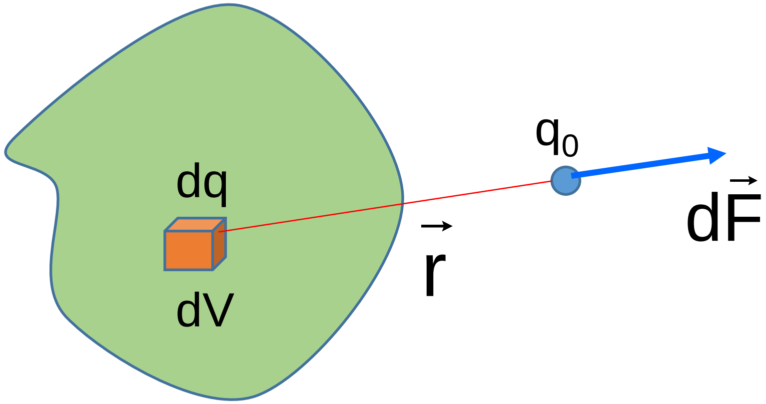
$$d\vec{F} = k\frac{q_0 dq}{r^2}\vec{e}_r = k\frac{q_0 \sigma dS}{r^2}\vec{e}_r$$

❖ Lực tĩnh điện $\vec{F}$ do mặt (S) gây ra tại q_0:

$$\boxed{\vec{F} = \int_{(S)} d\vec{F} = \int_{(S)} k\frac{q_0 dq}{r^2}\vec{e}_r = \int_{(S)} k\frac{q_0 \sigma dS}{r^2}\vec{e}_r}$$

Bài toán này không đưa ra ví dụ minh họa ở đây vì việc tính tích phân rất phức tạp đối với các em!!

2.6. Lực tĩnh điện gây ra bởi điện tích khối phân bố đều



❖ Lực tĩnh điện $d\vec{F}$ do phần tử điện tích dq gây ra tại q_0 :

$$d\vec{F} = k\frac{q_0 dq}{r^2}\vec{e}_r = k\frac{q_0 \rho dV}{r^2}\vec{e}_r$$

❖ Lực tĩnh điện $\vec{F}$ do khối (V) gây ra tại q_0:

$$\vec{F} = \int_{(V)} d\vec{F} = \int_{(V)} k\frac{q_0 dq}{r^2}\vec{e}_r = \int_{(V)} k\frac{q_0 \rho dV}{r^2}\vec{e}_r$$

Bài toán này không đưa ra ví dụ minh họa ở đây vì việc tính tích phân rất phức tạp đối với các em!!

2. ĐỊNH LUẬT COULOMB

CÂU HỎI

Sự sống trên Trái Đất có thay đổi hay không nếu electron mang điện tích dương và proton mang điện tích âm?

TRẢ LỜI

Không thay đổi. Các điện tích trái dấu vẫn hút nhau, cùng dấu thì đẩy nhau. Việc đặt tên điện tích âm - dương chỉ đơn thuần là một qui ước mà thôi

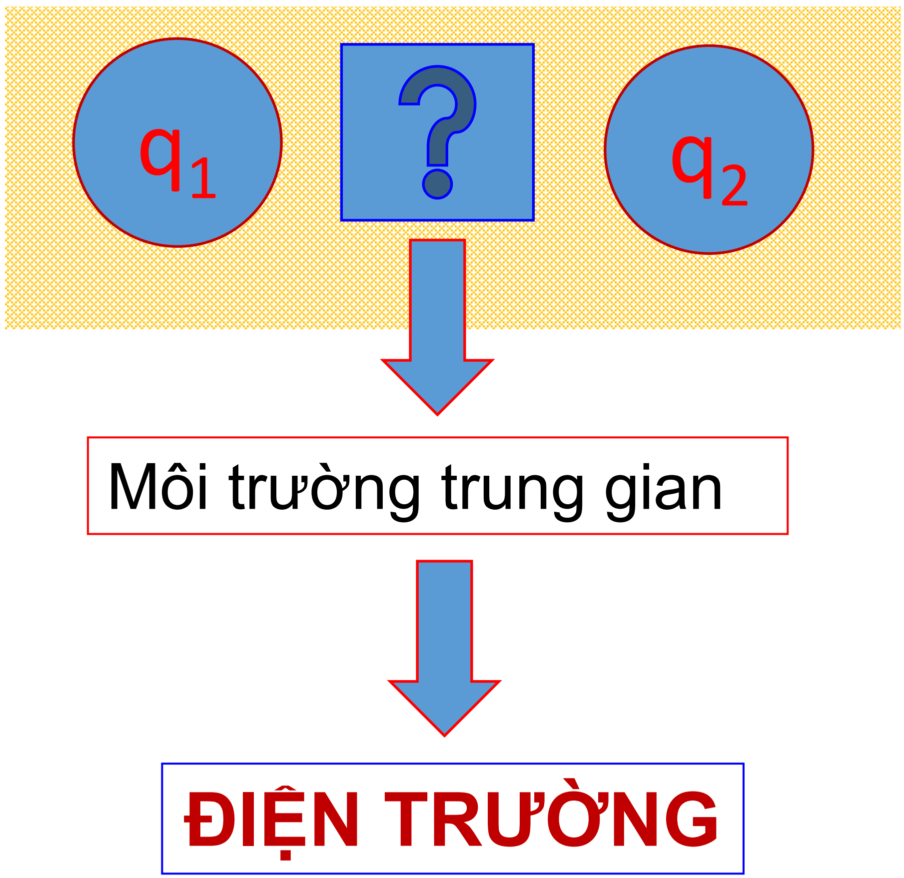
CÂU HỎI

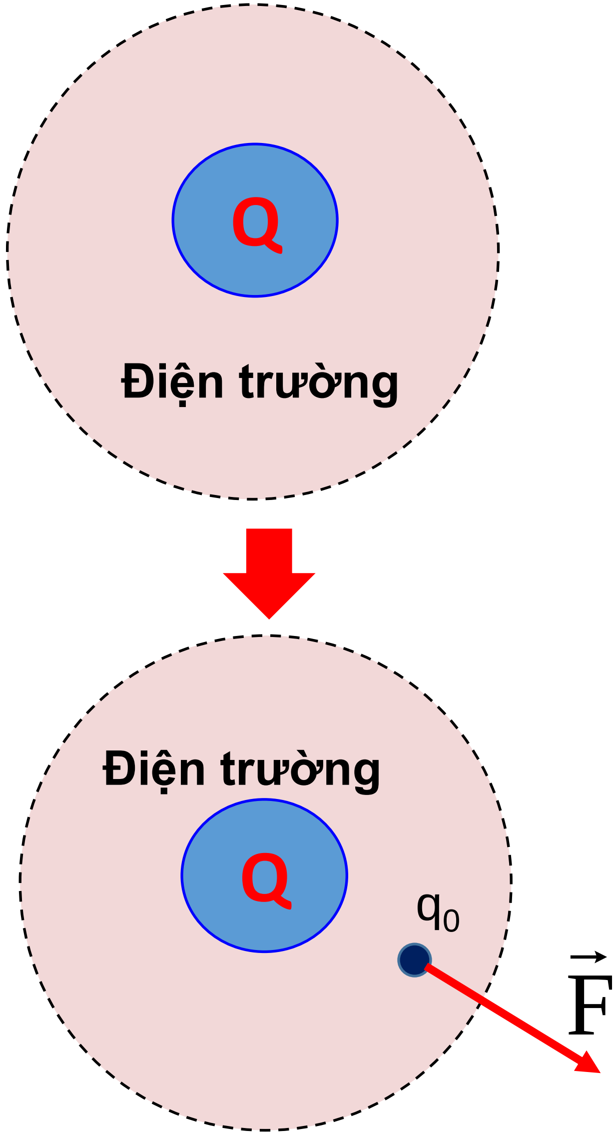
Tại sao các bác sỹ và y tá làm việc trong phòng phẫu thuật có nhiều ôxy phải mang giày bằng chất dẫn điện đặc biệt mà không mang giày cao su?

TRẢ LỜI

Mang giày dẫn điện nhằm tránh sự tích điện lên chúng khi đi. Giày cao su sẽ thu điện tích bằng việc ma sát với sàn nhà và có thể phát ra tia lửa điện, dẫn đến cháy nổ trong phòng giàu ôxy

3. ĐIỆN TRƯỜNG





3. ĐIỆN TRƯỜNG

3.1. Vec-tơ cường độ điện trường

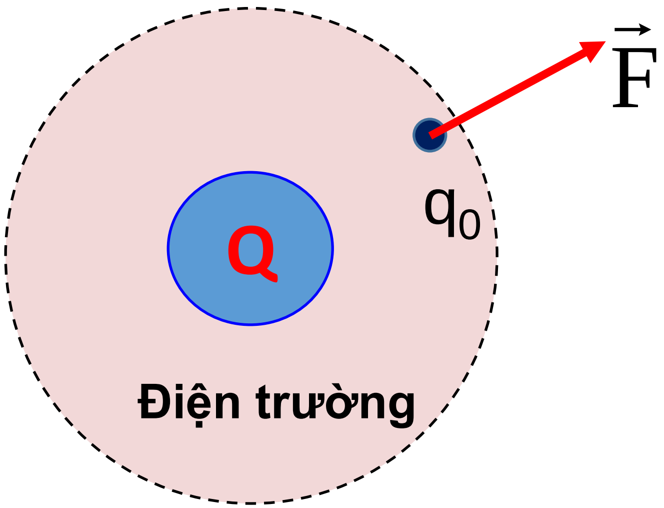
Từ định luật Coulomb:

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

Đặt:

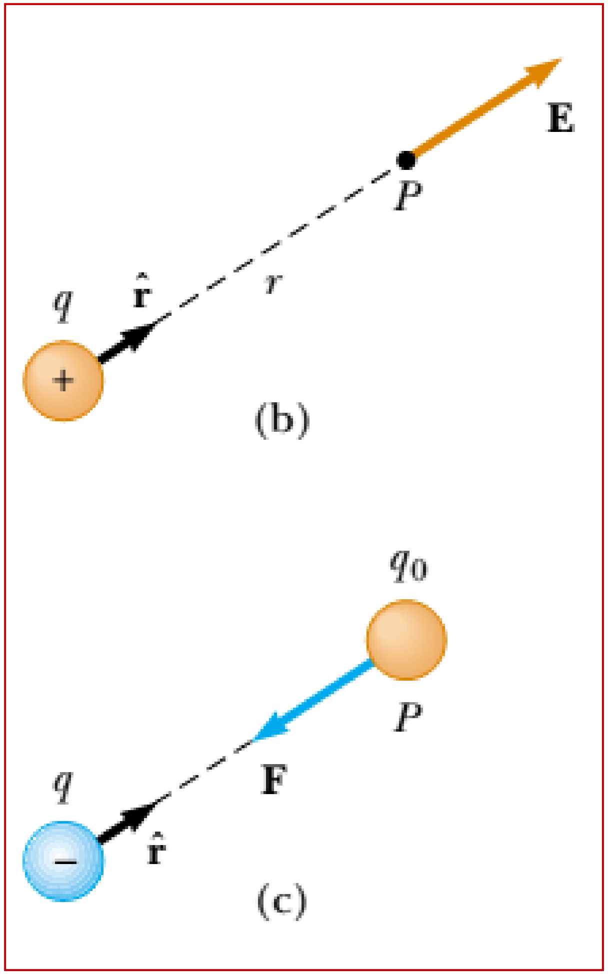
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \left(k\frac{q}{r^2}\vec{e}_r\right)$$

Vectơ cường độ điện trường là một đại lượng vật lí đặc trưng cho điện trường về phương diện lực tác dụng



3. ĐIỆN TRƯỜNG

3.1. Vec-tơ cường độ điện trường



Một điện tích q trong chân không tạo ra điện trường **E** tại một điểm **P** cách q một khoảng **r**, có:

- Gốc: tại **P**
- Phương: nằm trên phương nối q và P
- Chiều: rời xa q dương và hướng vào q âm
- Độ lớn:

$$\boxed{\left|\vec{E}\right| = k\frac{|q|}{r^2}}$$

Đơn vị: N/C hay **V/m**

3.1. Vec-tơ cường độ điện trường

Ví dụ 1.10: Một điện tích điểm q = +3μC tạo ra tại P một cường độ điện trường E = 4.10^6 V/m. Hỏi P cách q bao xa? Tại vị trí nào E tăng gấp đôi?

Bài giải

❖ Gọi khoảng cách từ điện tích q đến điểm P là r

❖ Cường độ điện trường tại P:

$$E = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow r^2 = k\frac{|q|}{E} = 9.10^9\frac{|3.10^{-6}|}{4.10^6} = 6,75.10^{-3} \Rightarrow r = 8,22.10^{-2}m$$

Vậy r = $8,22.10^{-2}$ m = 8,22 cm

3.1. Vec-tơ cường độ điện trường

Ví dụ 1.10: Một điện tích điểm q = +3μC tạo ra tại P một cường độ điện trường E = 4.10^6 V/m. Hỏi P cách q bao xa? Tại vị trí nào E tăng gấp đôi?

Bài giải

- Để E tăng gấp đôi, tức E’ = 2E.
- Gọi r’ là khoảng cách mà E tăng gấp đôi, ta được:

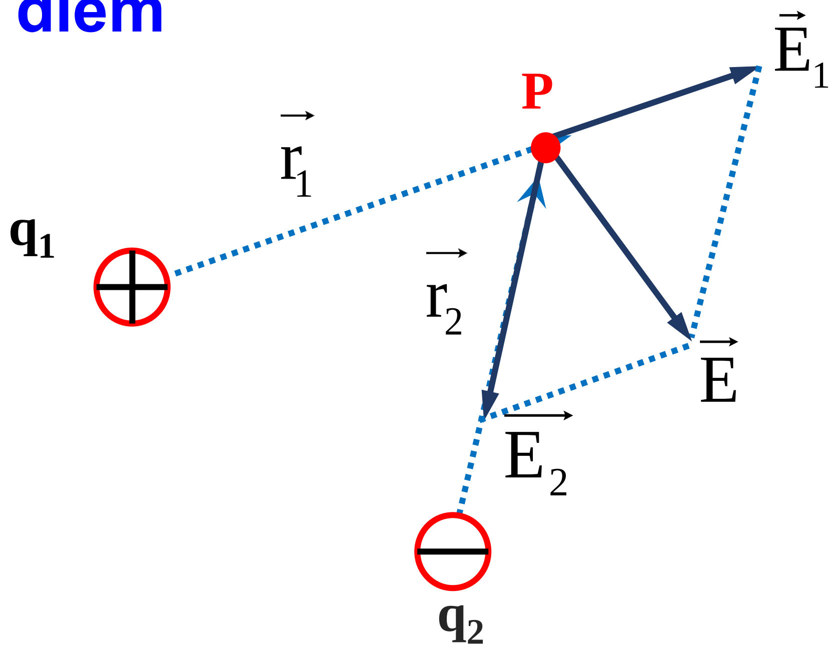
$$E' = k\frac{|q|}{r'^2} = 2E \Rightarrow r'^2 = k\frac{|q|}{2E} = 9.10^9\frac{\left|3.10^{-6}\right|}{2.4.10^6} = \ldots \Rightarrow r = \ldots.m$$

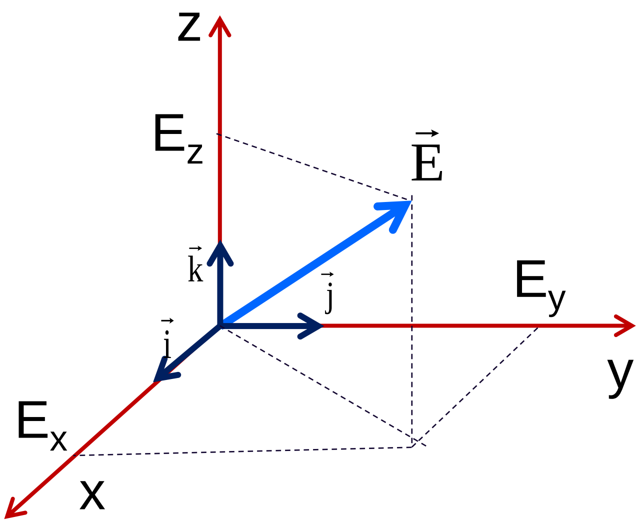
Vậy r’ = … m

3.2. Điện trường của hệ điện tích điểm

❖ Điện trường tại P do các điện tích q_1, q_2, … q_N gây ra:

$$\boxed{\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots\ldots + \vec{E}_N = \sum_{i=1}^{N} \vec{E}_i}$$





❖ Trong không gian:

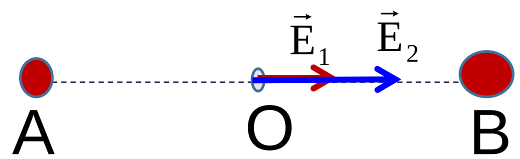
$$\boxed{\vec{E} = E_x\vec{i} + E_y\vec{j} + E_z\vec{k}}$$

3.2. Điện trường của hệ điện tích điểm

Ví dụ 1.11: Hai điện tích điểm q_1 = 3μC và q_2 = -6μC đặt tại A và B cách nhau 30cm.

a. Tính E tại O là trung điểm AB
b. Xác định vị trí M trên AB để tại đó E = 0?

Bài giải



a. Cường độ điện trường tại O: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $\vec{E}_1 \uparrow\uparrow \vec{E}_2$ nên $E = E_1 + E_2$ (1)

Với: $$E_1 = k\frac{|q_1|}{AO^2} = 9.10^9\frac{|3.10^{-6}|}{(0{,}15)^2} = 1{,}2.10^6\ (V/m)$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{BO^2} = 9.10^9\frac{|-6.10^{-6}|}{(0{,}15)^2} = 2{,}4.10^6\ (V/m)$$

Thay vào (1) ta được:

E = KQ (V/m)

3. ĐIỆN TRƯỜNG

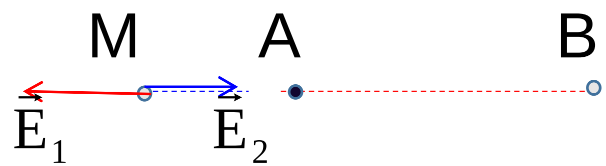
3.2. Điện trường của hệ điện tích điểm

Ví dụ 1.11: Hai điện tích điểm q_1 = 3μC và q_2 = -6μC đặt tại A và B cách nhau 30cm.

a. Tính E tại O là trung điểm AB

b. Xác định vị trí M trên AB để tại đó E = 0?

Bài giải



b. Do $q_1.q_2 < 0$ và độ lớn $q_1 < q_2$ nên điểm có E = 0 phải nằm ngoài AB và gần bên trái A

Đặt AM = x (x > 0), ta có: $\vec{E}_1 = -\vec{E}_2 \Rightarrow \quad E_1 = E_2$

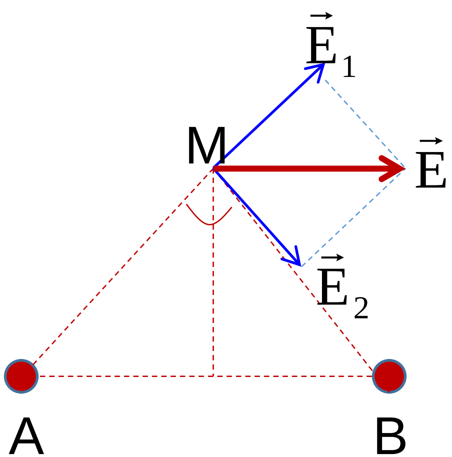
$$\Rightarrow k\frac{|q_1|}{x^2} = k\frac{|q_2|}{(x+30)^2} \quad \Rightarrow \frac{(x+30)^2}{x^2} = \frac{|q_2|}{|q_1|} = 2$$

⇨ x = 72,4 cm

3.2. Điện trường của hệ điện tích điểm

Ví dụ 1.12: Hai điện tích điểm q_1 = 3μC và q_2 = -3μC đặt tại A và B cách nhau 20cm. Xác định E tại M nằm trên đường trung trực của AB sao cho M nhìn AB dưới 1 góc 90^0

Bài giải



Cường độ điện trường tại M: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

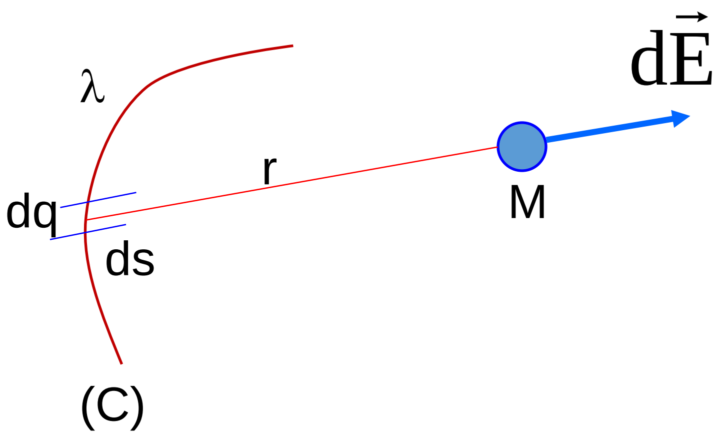
Do $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$ nên $E^2 = E_1^2 + E_2^2 \Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ (1)

Với $$E_1 = k\frac{|q_1|}{AM^2} = 9.10^9\frac{|3.10^{-6}|}{(0{,}1\sqrt{2})^2} = 1{,}35.10^6\ (V/m)$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{BM^2} = 9.10^9\frac{|-3.10^{-6}|}{(0{,}1\sqrt{2})^2} = 1{,}35.10^6\ (V/m)$$

Thay vào (1): **E = KQ V/m**

3.3. Điện trường gây ra bởi điện tích dài phân bố đều



❖ Điện trường $d\vec{E}$ do phần tử điện tích dq gây ra tại M:

$$d\vec{E} = k\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r = k\frac{\lambda ds}{r^2}\vec{e}_r$$

❖ Điện trường $\vec{E}$ do dây dẫn (C) gây ra tại M:

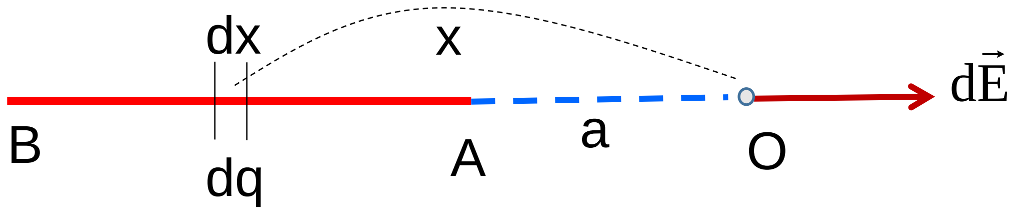
$$\boxed{\vec{E} = \int_{(C)} d\vec{E} = \int_{(C)} k\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r = \int_{(C)} k\frac{\lambda ds}{r^2}\vec{e}_r}$$

3. ĐIỆN TRƯỜNG

3.3. Điện trường gây ra bởi điện tích dài phân bố đều

Ví dụ 1.13: Cho đường thẳng AB dài *L* phân bố điện tích đều với mật độ điện dài $\lambda > 0$. Tính E tại O cách A một đoạn a.

Bài giải:



❖ Trên AB lấy 1 phần tử chiều dài dx tương đương điện tích dq

❖ Khoảng cách từ dq đến M là x

❖ Cường độ điện trường do dq tạo ra tại M là: $$d\vec{E} = k\frac{dq}{x^2}\vec{e}_r = k\frac{\lambda dx}{x^2}\vec{e}_r$$

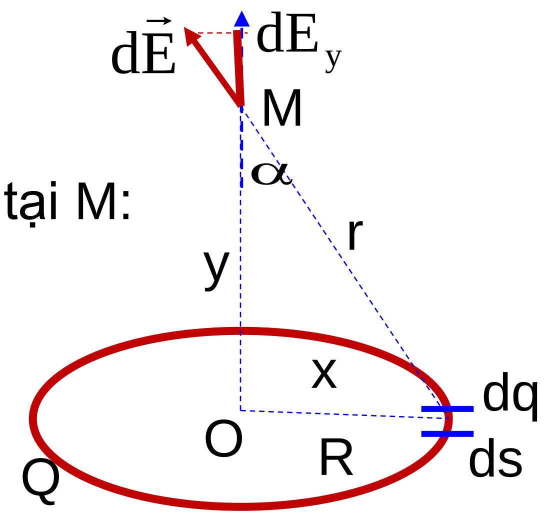
❖ Cường độ điện trường do AB tạo ra tại M là

$$E = \int_{BO}^{AO} k\frac{|\lambda| dx}{x^2} = k|\lambda| \int_{-(L+a)}^{-a} \frac{dx}{x^2}$$

$$\boxed{E = k|\lambda|\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{L+a}\right)}$$

3.3. Điện trường gây ra bởi điện tích dài phân bố đều

Ví dụ 1.13: Một vật dẫn dạng đường tròn tâm O, bán kính R, mang điện tích Q. Tính độ lớn vec-tơ cường độ điện trường tại điểm M trên trục đường tròn và cách tâm O một đoạn OM = y.



Bài giải

Cường độ điện trường do phần tử điện tích dq gây ra tại M:

$$d\vec{E} = k\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r = k\frac{dq}{y^2+R^2}\vec{e}_r$$

Do tính đối xứng trên trục x nên $E_x = 0$. Vậy

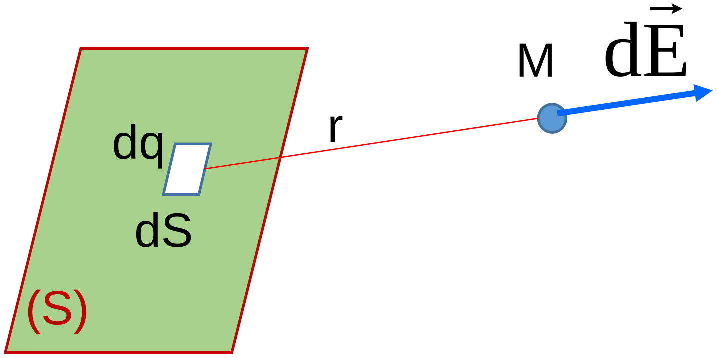
$$dE_y = dE.\cos\alpha = k\frac{dq}{y^2+R^2}\frac{y}{\sqrt{y^2+R^2}} = k\frac{ydq}{\left(y^2+R^2\right)^{3/2}}$$

$$\Rightarrow \quad E_y = \int_0^Q k\frac{ydq}{\left(y^2+R^2\right)^{3/2}} = \int_0^{2\pi R} k\frac{y\lambda ds}{\left(y^2+R^2\right)^{3/2}} = k\frac{yQ}{\left(y^2+R^2\right)^{3/2}}$$

3.4. Điện trường gây ra bởi điện tích mặt phân bố đều

❖ Điện trường $d\vec{E}$ do phần tử điện tích dq gây ra tại M :

$$d\vec{E} = k\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r = k\frac{\sigma dS}{r^2}\vec{e}_r$$

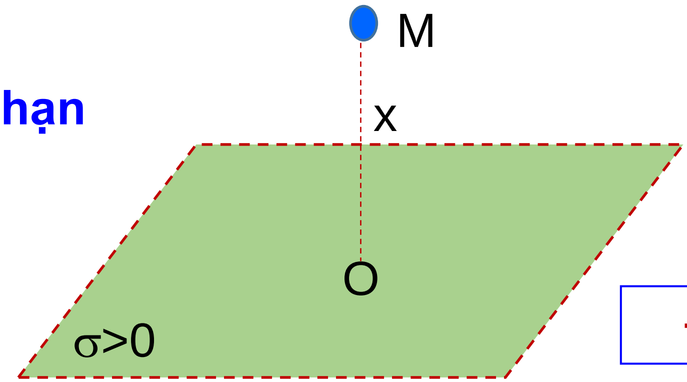


❖ Điện trường do mặt (S) gây ra tại M:

$$\vec{E} = \int_{(S)} d\vec{E} = \int_{(S)} k\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r = \int_{(S)} k\frac{\sigma dS}{r^2}\vec{e}_r$$

Ví dụ 1.14: Mặt phẳng rộng vô hạn

Tính E tại M?

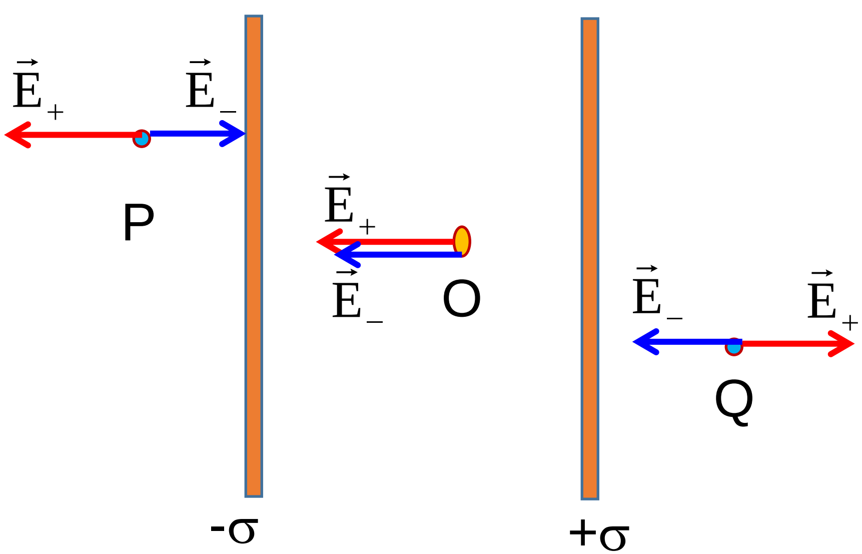


$$E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0}$$

Điện trường đều

3.4. Điện trường gây ra bởi điện tích mặt phân bố đều

Hai mặt phẳng rộng vô hạn mang điện BẰNG NHAU nhưng trái dấu đặt song song nhau:



Tại O: $\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$

$$\boxed{E = E_+ + E_- = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

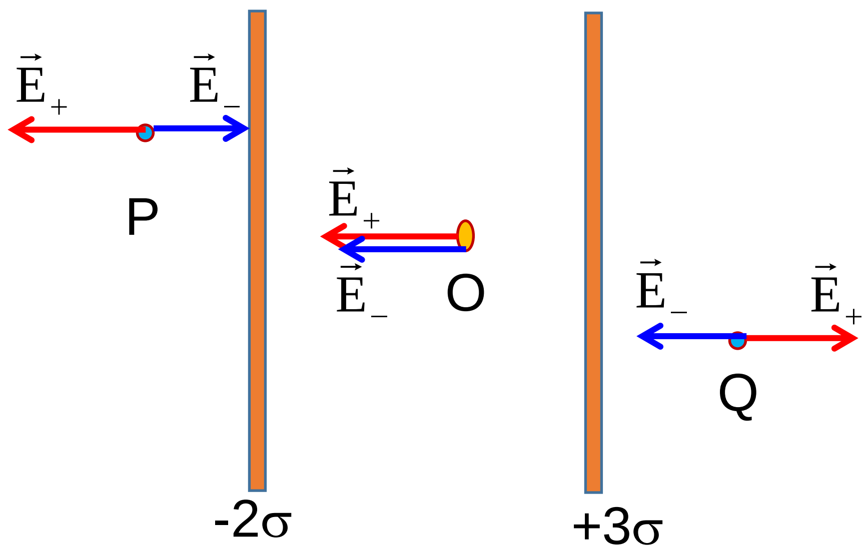
Tại P và Q: $\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$

$$\boxed{E = E_+ - E_- = 0}$$

Điện trường chỉ tồn tại bên trong 2 mặt phẳng

3.4. Điện trường gây ra bởi điện tích mặt phân bố đều

Hai mặt phẳng rộng vô hạn mang điện KHÔNG BẰNG NHAU nhưng trái dấu đặt song song nhau:



Tại O: $\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$

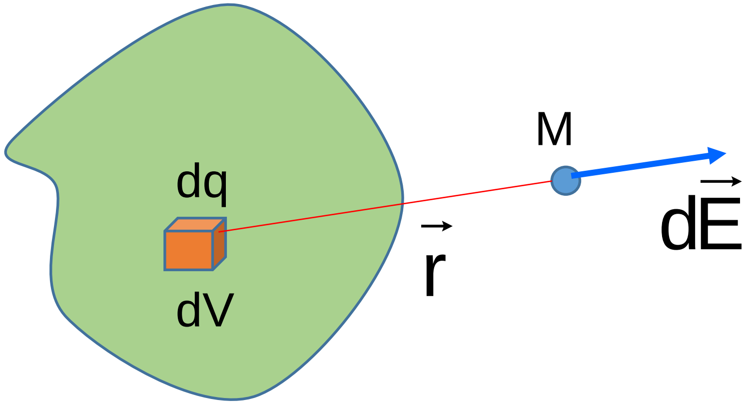
$$\boxed{E = E_+ + E_- = \frac{|3\sigma|}{2\varepsilon_0} + \frac{|-2\sigma|}{2\varepsilon_0} = \frac{5\sigma}{2\varepsilon_0}}$$

Tại P và Q: $\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$

$$\boxed{E = E_+ - E_- = \frac{|3\sigma|}{2\varepsilon_0} - \frac{|-2\sigma|}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$$

3.4. Điện trường gây bởi điện tích khối phân bố đều

❖ Điện trường $d\vec{E}$ do phần tử điện tích dq gây ra tại M :



$$d\vec{E} = k\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r = k\frac{\rho dV}{r^2}\vec{e}_r$$

❖ Điện trường $\vec{E}$ do khối (V) gây ra tại M:

$$\vec{E} = \int_{(V)} d\vec{E} = \int_{(V)} k\frac{dq}{r^2}\vec{e}_r = \int_{(V)} k\frac{\rho dV}{r^2}\vec{e}_r$$

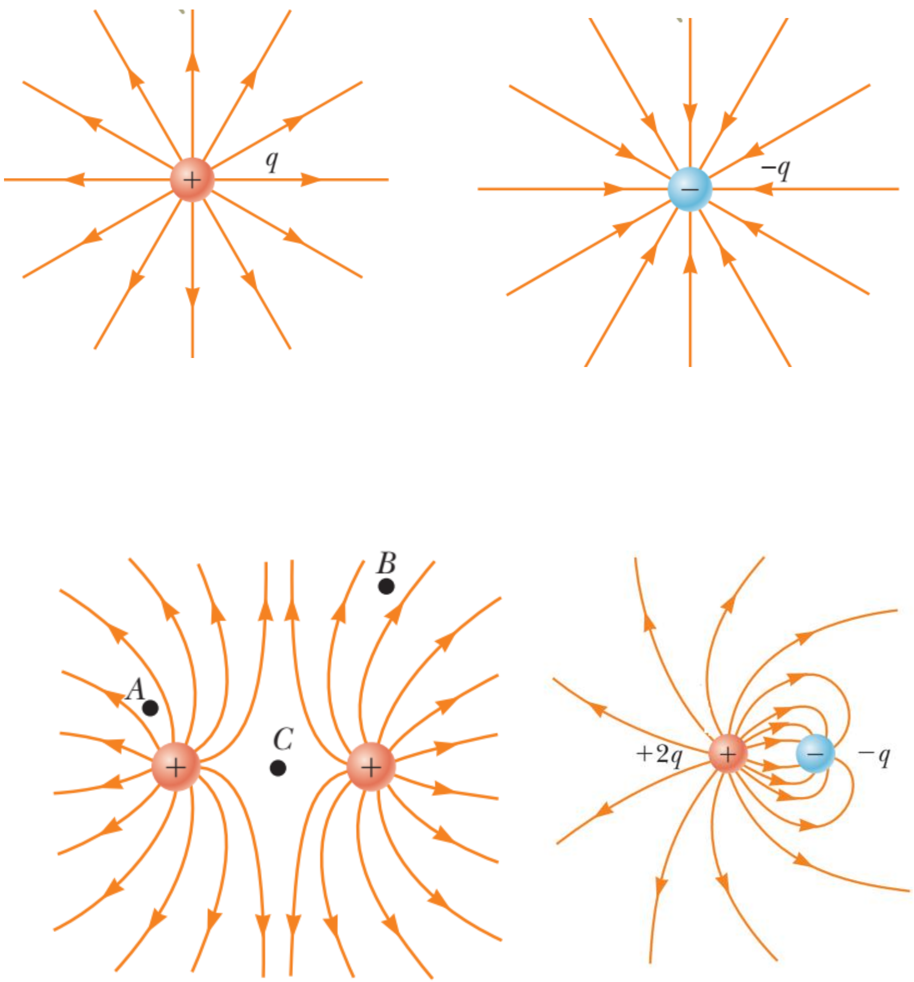
Bài toán này không đưa ra ví dụ minh họa ở đây vì việc tính tích phân rất phức tạp đối với các em!!

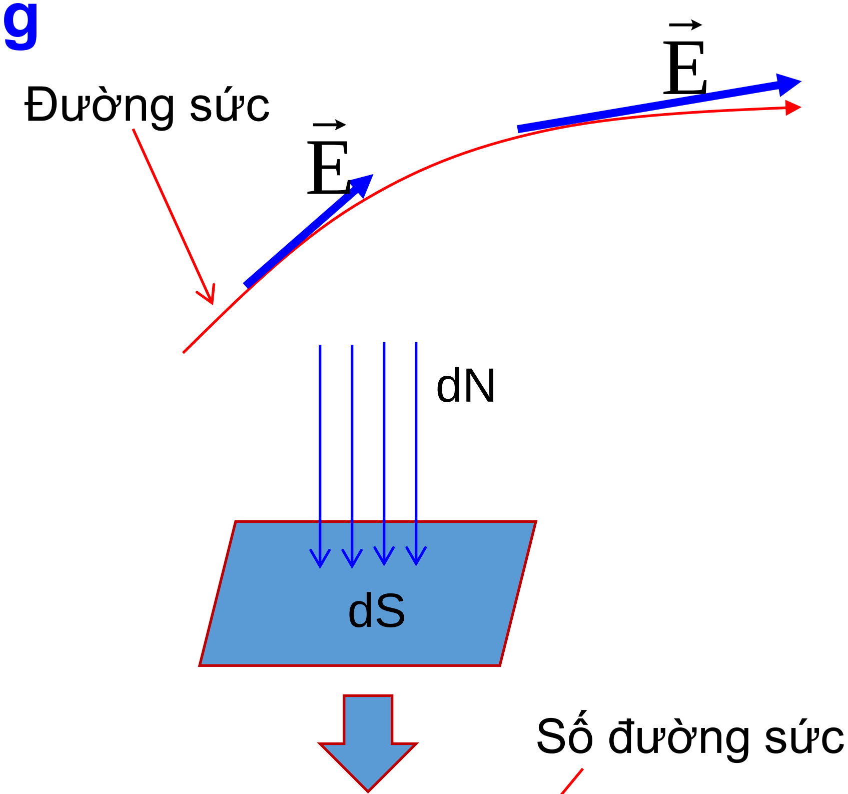
4. ĐIỆN THÔNG – ĐỊNH LÝ GAUSS

4.1. Đường sức của điện trường

4. ĐIỆN THÔNG – ĐỊNH LÝ GAUSS

4.1. Đường sức của điện trường





Số đường sức

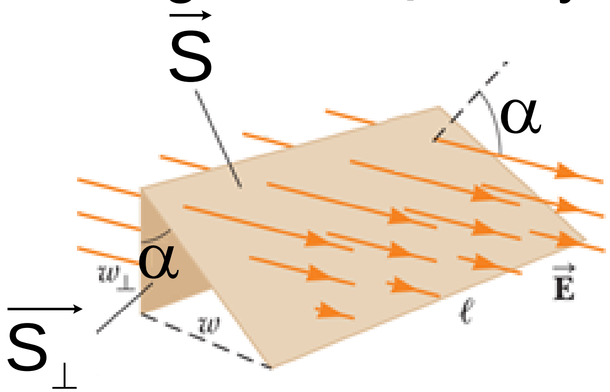
$$\left|\vec{E}\right| = \frac{dN}{dS}$$

Diện tích

4. ĐIỆN THÔNG – ĐỊNH LÝ GAUSS

4.2. Điện thông

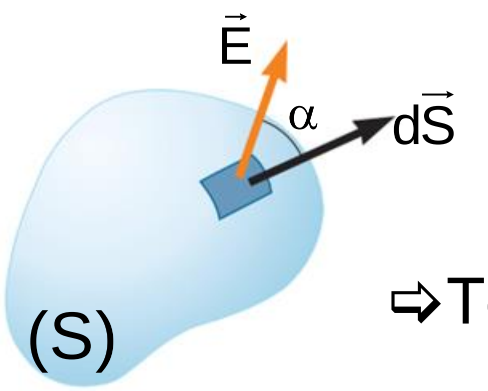
❖ Là số đường sức điện truyền xuyên qua một bề mặt:



$$\boxed{\Phi_e = \vec{E}.\vec{S} = ES\cos\alpha}$$

Đơn vị: [V.m]

❖ Khi điện trường biến thiên qua một bề mặt, bề mặt được chia thành những diện tích nguyên tố dS có điện thông $d\Phi_e$:



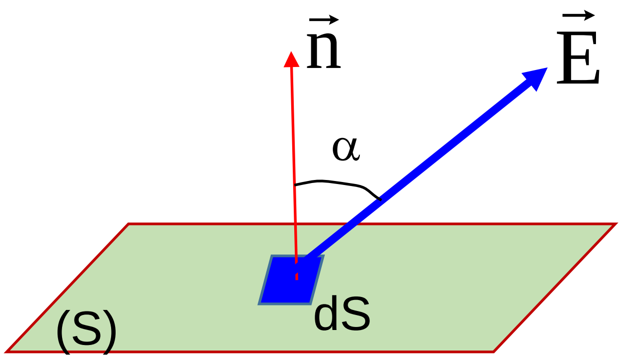
$$\boxed{d\Phi_e = \vec{E}.d\vec{S} = E.dS.\cos\alpha}$$

⇨Tổng điện thông: $\boxed{\Phi_e = \int_{(S)} \vec{E}.d\vec{S} = \int_{(S)} EdS\cos\alpha}$

4.2. Điện thông

❖ Nếu điện trường đều:

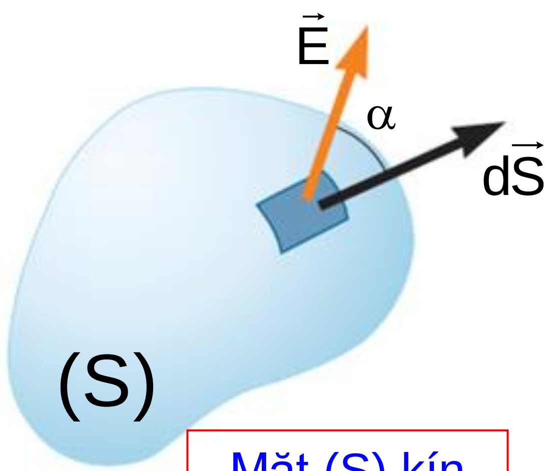
$$\Phi_e = \vec{E}.\vec{S} = ES\cos\alpha$$



Mặt (S) hở

❖ Nếu điện trường biến thiên qua mặt hở:

$$\Phi_e = \int_{(S)} \vec{E}.d\vec{S} = \int_{(S)} EdS\cos\alpha$$



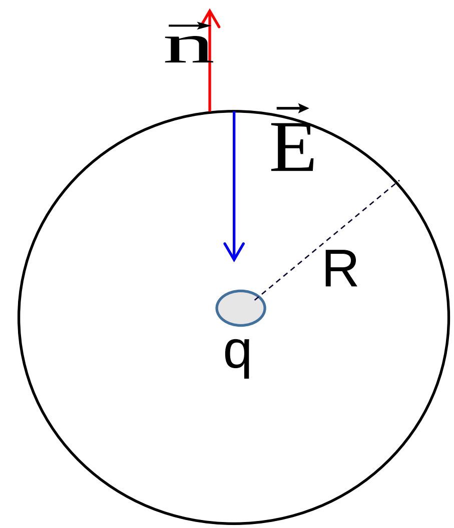
Mặt (S) kín

❖ Nếu điện trường biến thiên qua mặt kín:

$$\Phi_e = \oint_{(S)} \vec{E}.d\vec{S} = \oint_{(S)} EdS\cos\alpha$$

4.2. Điện thông

Ví dụ 1.15: Một điện tích điểm **q = - 1μC** đặt tại tâm mặt cầu bán kính 1m. Tính điện thông gửi qua mặt cầu.



Bài giải:

❖ Do điện tích đặt tại tâm nên **E** tại mọi điểm trên mặt cầu đều bằng nhau

Vậy: $\Phi_e = E.S.\cos\alpha$

Với: $E = k\dfrac{|q|}{R^2} = 9.10^9\dfrac{\left|-1.10^{-6}\right|}{1^2} = 9.10^3\,(V/m)$

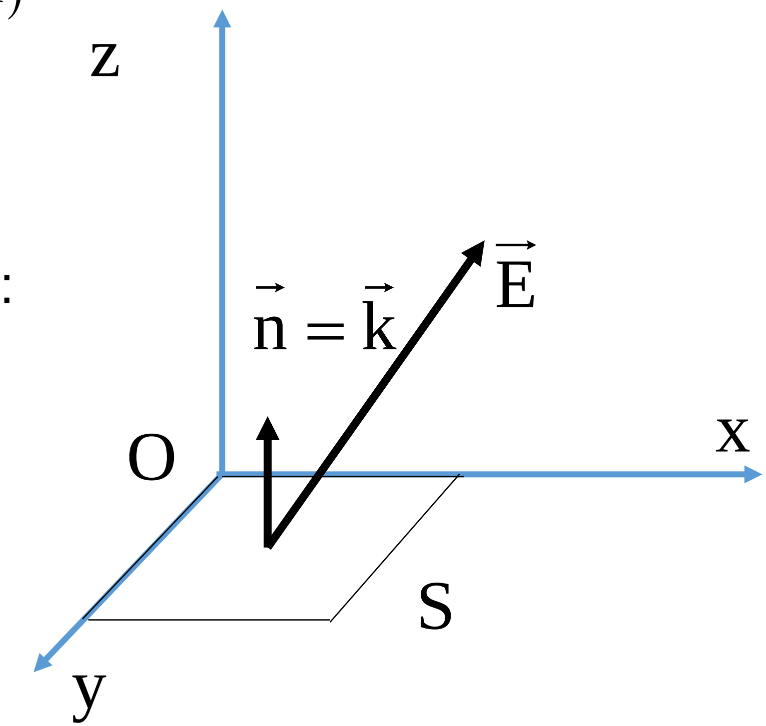
$S = 4\pi R^2 = 4\pi \times 1^2 = 12{,}7\,(m^2)$

Cos α = cos 180 = -1

$$\boxed{\begin{aligned}\Phi_e &= -9.10^3 \times 12{,}6 \times 1\\ &= -1{,}13.10^5\,(V.m)\end{aligned}}$$

4.2. Điện thông

Ví dụ 1.16: Tính điện thông của cường độ điện trường gửi qua mặt diện tích S = 2 m^2 của mặt phẳng Oxy, với: $\vec{E} = 23\vec{i} + 47\vec{k}\,(V/m)$



Bài giải:

❖ Điện thông qua mặt S được xác định bởi:

$$\Phi_e = \vec{E}.\vec{S} = \vec{E}.\vec{n}S$$

$$= \left(23\vec{i} + 47\vec{k}\right).\vec{k}.2$$

$$= 47.2 = 94\,Vm$$

4. ĐIỆN THÔNG – ĐỊNH LÝ GAUSS

4.3. Định lý Gauss

© Photo Researchers/Alamy

Karl Friedrich Gauss

German mathematician and astronomer (1777–1855)

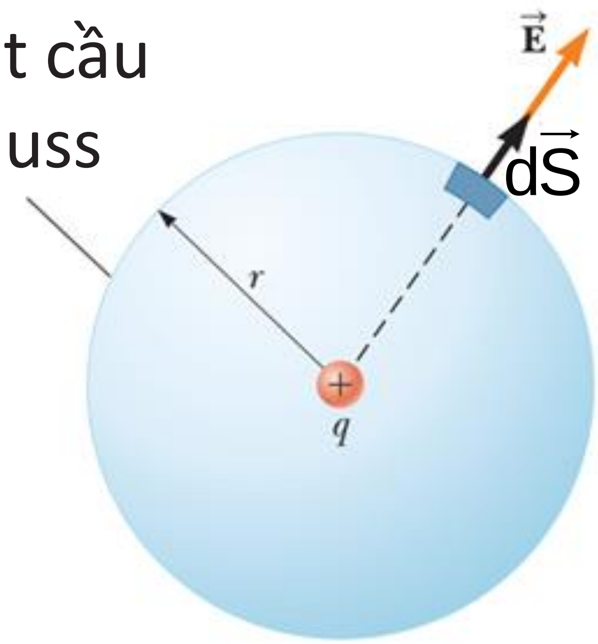
Điện thông qua một mặt kín bao quanh điện tích q có độ lớn bằng q/ε_0 và không phụ thuộc vào hình dạng của bề mặt.

$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q_{inS}}{\varepsilon_0}$$

4.3. Định lý Gauss

❖ **Điện tích nằm tại tâm mặt cầu**

Mặt cầu Gauss



Điện thông: $\Phi_e = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = E\oint_S dS$

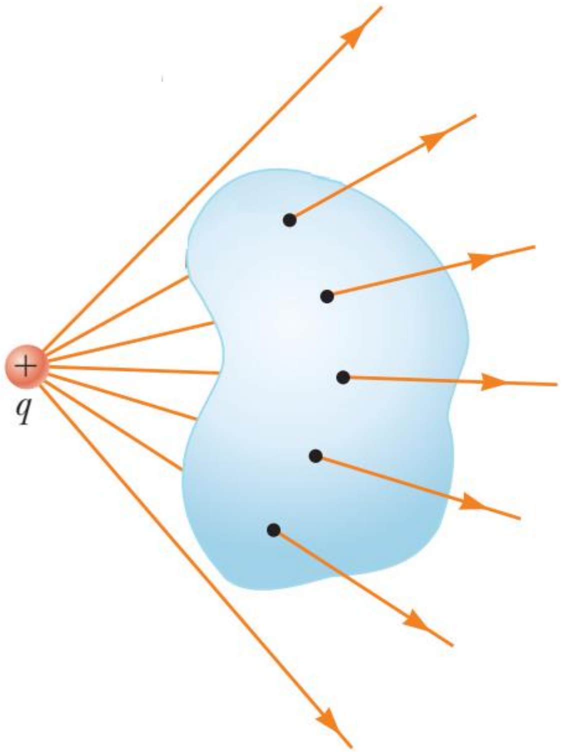
$$= k\frac{q}{r^2}4\pi r^2 = 4\pi kq$$

Với: $k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

Nên: $\boxed{\Phi_e = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}4\pi r^2 = \dfrac{q}{\varepsilon_0}}$

4.3. Định lý Gauss

❖ **Điện tích nằm ngoài bề mặt**



Điện thông:

$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = E\oint_S dS$$

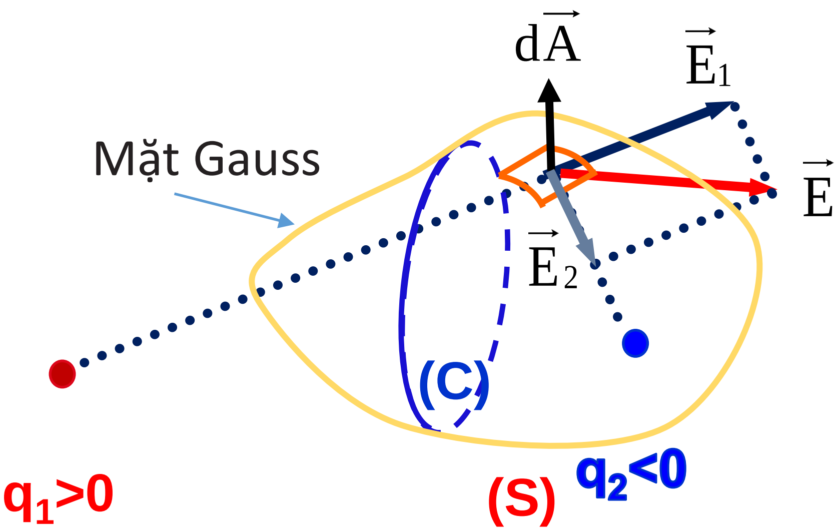
$$= E\int_{S_1} dS_1 + E\int_{S_2} dS_2 = \Phi_{e1} + \Phi_{e2}$$

Với: $\Phi_{e1} < 0; \Phi_{e2} > 0 \text{ and } |\Phi_{e1}| = |\Phi_{e2}|$

Nên: $\boxed{\Phi_e = 0}$

4.3. Định lý Gauss

❖ Hệ nhiều điện tích

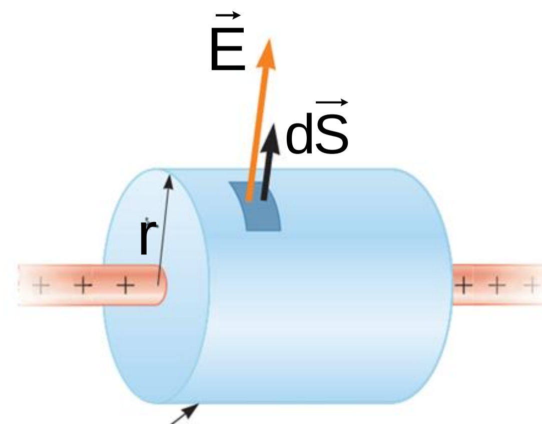


$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \oint_S \left(\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots\right).d\vec{S} = 0 + \frac{q_2}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{\Rightarrow \Phi_e = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{\sum_A q_{inS}}{\varepsilon_0}}$$

❖ Phân bố điện tích

$$\boxed{\Phi_e = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\int_S dq_{inS}}$$



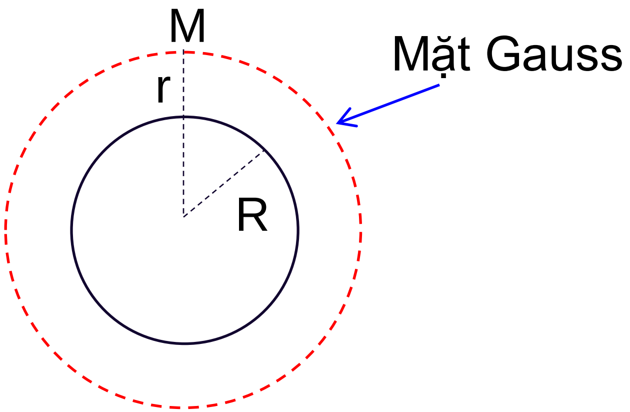
4.4. Ứng dụng định lý Gauss

a. Đối với khối cầu

Ví dụ 1.17: Một quả cầu cô lập bán kính R, phân bố đều điện tích với điện tích toàn phần Q > 0.

a) Tính độ lớn vector **E** tại vị trí r > R

b) Tính độ lớn vector **E** tại vị trí r < R



Bài giải:

a) Tại r > R

❖ Theo định nghĩa về điện thông:

$$\Phi_e = E.S = E.4\pi r^2$$

❖ Theo định lý Gauss về điện thông:

$$\Phi_e = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow \boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}}$$

4.4. Ứng dụng định lý Gauss

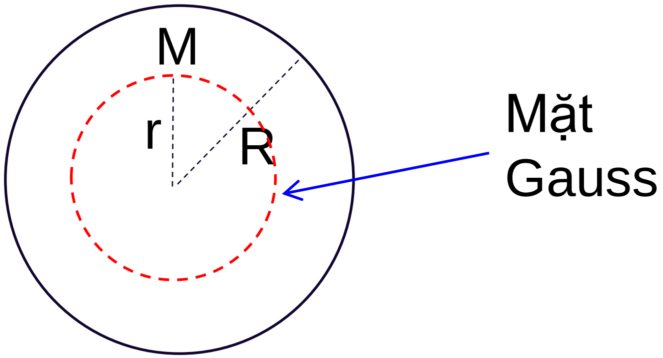
a. Đối với khối cầu

Ví dụ 1.17: Một quả cầu cô lập bán kính R, phân bố đều điện tích với điện tích toàn phần Q > 0.

a) Tính độ lớn vector **E** tại vị trí r > R

b) Tính độ lớn vector **E** tại vị trí r < R

Bài giải:



b) Tại r < R

❖ Theo định nghĩa về điện thông:

$$\Phi_e = E.S = E.4\pi r^2$$

❖ Theo định lý Gauss về điện thông:

$$\Phi_e = \frac{Q'}{\varepsilon_0} = \frac{1}{\varepsilon_0} Q \frac{r^3}{R^3}$$

$$\Rightarrow \boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Qr}{R^3}}$$

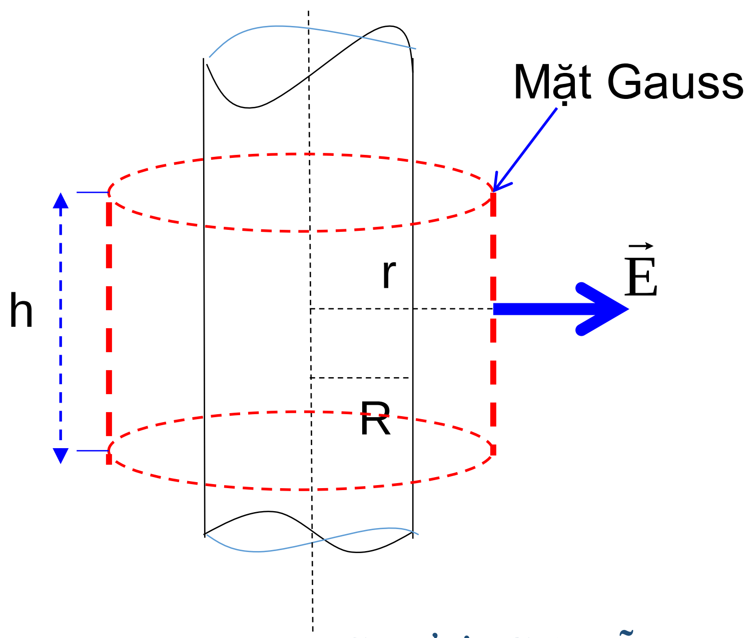
4.4. Ứng dụng định lý Gauss

b. Đối với mặt trụ rỗng, dài vô hạn

Ví dụ 1.18: Một mặt trụ rỗng cô lập bán kính R, phân bố đều điện tích với mật độ điện dài $\lambda > 0$

a) Tính độ lớn vector **E** tại vị trí r > R

b) Tính độ lớn vector **E** tại vị trí r < R



a) Tại r > R

❖ Theo định nghĩa về điện thông:

$$\Phi_e = E.S = E.2\pi r.h$$

❖ Theo định lý Gauss về điện thông:

$$\Phi_e = \frac{Q'}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda.h}{\varepsilon_0}$$

Kết hợp 2 biểu thức trên được: $\boxed{E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r}}$

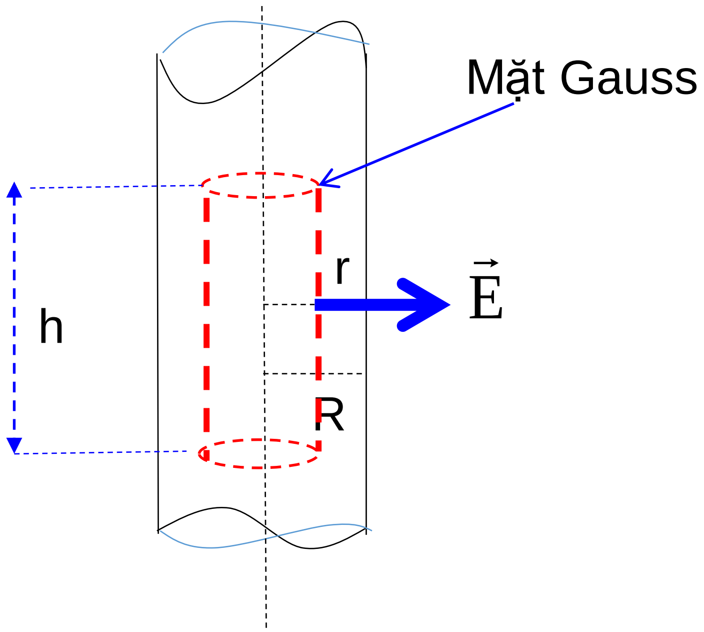
4.4. Ứng dụng định lý Gauss

b. Đối với mặt trụ rỗng, dài vô hạn

Ví dụ 1.18: Một mặt trụ rỗng cô lập bán kính R, phân bố đều điện tích với mật độ điện dài $\lambda > 0$

a) Tính độ lớn vector **E** tại vị trí r > R

b) Tính độ lớn vector **E** tại vị trí r < R



b) Tại r < R

❖ Theo định nghĩa về điện thông:

$$\Phi_e = E.S = E.2\pi r.h$$

❖ Theo định lý Gauss về điện thông:

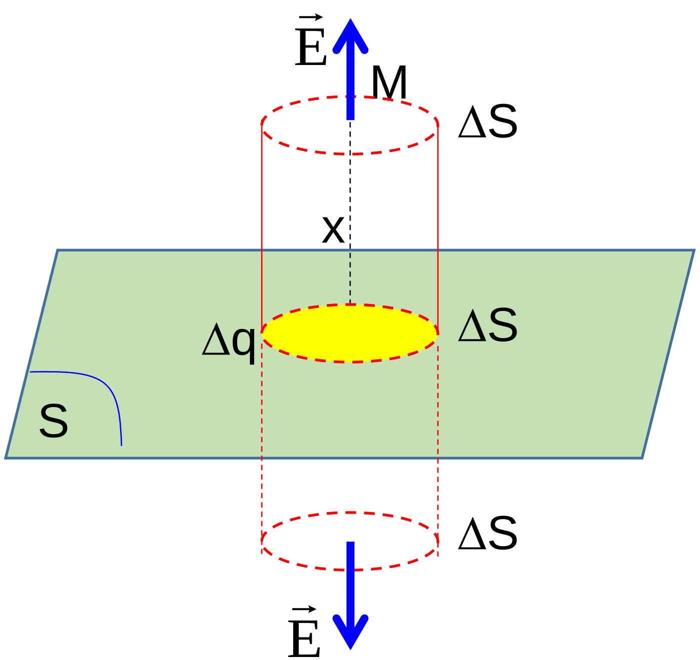
$$\Phi_e = \frac{Q'}{\varepsilon_0} = \frac{0}{\varepsilon_0} = 0$$

Kết hợp 2 biểu thức trên được: $\boxed{E = 0}$

4.4. Ứng dụng định lý Gauss

c. Đối với mặt phẳng rộng vô hạn

Ví dụ 1.19: Một mặt phẳng rộng vô hạn, phân bố đều điện tích với mật độ điện mặt σ >0. Tính độ lớn vector E tại điểm cách mặt 1 đoạn x



Bài giải:

❖ Theo định nghĩa về điện thông:

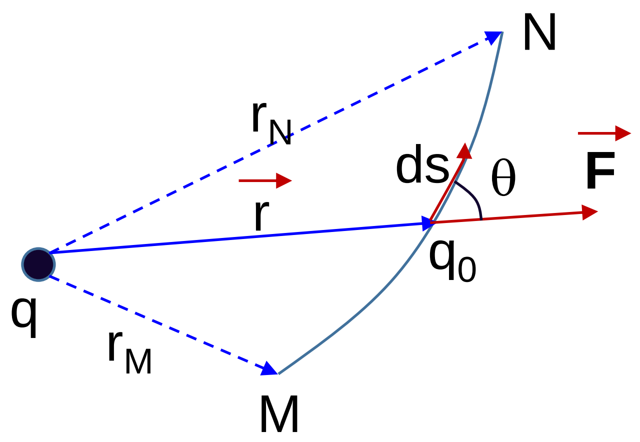
$$\Phi_e = E.S_{2đáy} = E.2\Delta S$$

❖ Theo định lý Gauss về điện thông:

$$\Phi_e = \frac{\Delta q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma \Delta S}{\varepsilon_0}$$

❖ Suy ra: $\boxed{E = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$

5.1. Công của lực điện trường



Công đưa q_0 từ M đến N được xác định bởi:

$$A_{MN} = \int_M^N \vec{F} \bullet d\vec{s} = \int_M^N F ds \cos\theta$$

Đổi biến tích phân:

$$A_{MN} = \int_{r_M}^{r_N} k \frac{qq_0}{r^2} dr = kqq_0 \left(\frac{1}{r_M} - \frac{1}{r_N} \right)$$

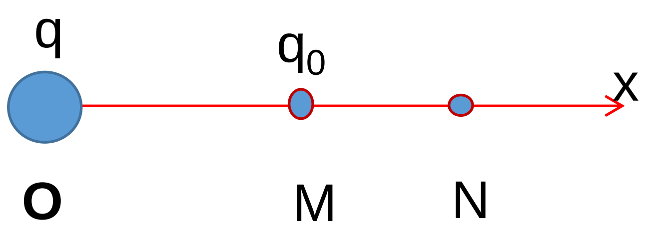
Chỉ phụ thuộc vào vị trí đầu và vị trí cuối mà không phụ thuộc vào hình dạng đường đi.

Nếu $r_1 \equiv r_2$ thì $A_{MN} = 0$

5.1. Công của lực điện trường

Ví dụ 1.20: Một điện tích q = $1,5.10^{-7}$ C đặt tại điểm O của trục Ox. Một điện tích $q_0 = -1.10^{-8}$ C di chuyển trên trục Ox qua điểm M cách O khoảng 20 cm đến đến điểm N cách O khoảng 30 cm. Tính công của q_0 khi nó di chuyển từ M đến N.

Bài giải:



Công đưa q_0 từ M đến N:

$$A_{MN} = kqq_0\left(\frac{1}{OM} - \frac{1}{ON}\right)$$

$$= 9.10^9 \times 1,5.10^{-7} \times (-1.10^{-8}) \times \left(\frac{1}{0,2} - \frac{1}{0,3}\right)$$

$$= 2,25.10^{-5}\ (J)$$

5.2. Thế năng tương tác tĩnh điện

Từ biểu thức công $$A_{MN} = \int_{r_M}^{r_N} k\frac{qq_0}{r^2}dr = kqq_0\left(\frac{1}{r_M} - \frac{1}{r_N}\right)$$

Nếu đặt: $\boxed{W_{eM} = k\frac{qq_0}{r_M}}$ và $\boxed{W_{eN} = k\frac{qq_0}{r_N}}$

Khi đó, công của q_0 di chuyển từ M -> N: $\boxed{A_{MN} = W_{eM} - W_{eN}}$

Vậy, nếu q_0 nằm trong điện trường do q tạo ra thì đại lượng:

$$\boxed{W_e = k\frac{qq_0}{r}} \longrightarrow \textbf{Thế năng tương tác}$$

- ❖ Nếu $qq_0 > 0$ thì $W_e > 0$
- ❖ Nếu $qq_0 < 0$ thì $W_e < 0$
- ❖ Nếu $r \rightarrow \infty$ thì $W_e = 0$

Đối với một hệ điện tích điểm:

$$\boxed{W_e = W_{e1} + W_{e2} + ... + W_{en} = \sum_{i=1}^{n} W_{ei}}$$ Hay $$\boxed{W_e = \sum_{i=1}^{n} k\frac{q_i q_0}{r_i}}$$

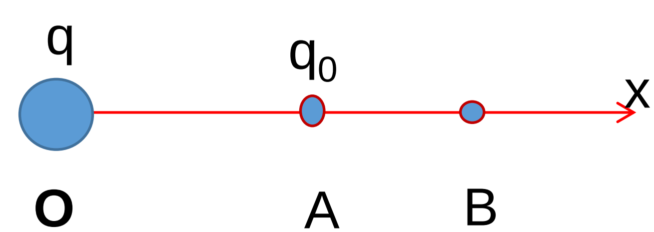
5.2. Thế năng tương tác tĩnh điện

Ví dụ 1.21: Một điện tích điểm q = 10 μC đặt tại O của trục Ox. Một điện tích q_0 = -1μC di chuyển trên trục Ox theo chiều dương qua 2 điểm A và B. Biết OA = 2AB = 20 cm

a) Tính thế năng điện của q_0 tại A và B. Suy ra công A của q_0 di chuyển từ A đến B.

b) Biết q_0 qua A có động năng K_A = 1 J. Tính động năng của q_0 tại B, K_B =?

Bài giải:



a) Thế năng điện tại A:

$$W_{e,A} = k\frac{qq_0}{OA} = 9.10^9\frac{10.10^{-6}\times(-1.10^{-6})}{0,2} = -0,45\,(J)$$

❖ Thế năng điện tại B

$$W_{e,B} = k\frac{qq_0}{OB} = 9.10^9\frac{10.10^{-6}\times(-1.10^{-6})}{0,3} = -0,30\,(J)$$

❖ Công di chuyển

$A_{AB} = W_{e,A} - W_{e,B}$
= -0,45 - (-0,30)
=-0,15 (J)

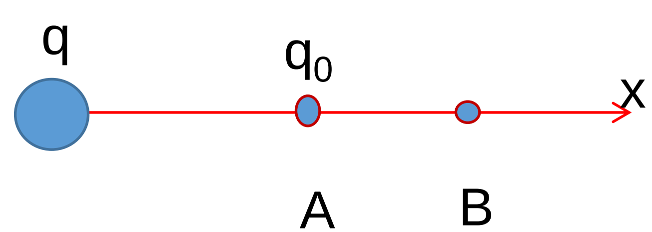
5.2. Thế năng tương tác tĩnh điện

Ví dụ 1.21: Một điện tích điểm q = 10 μC đặt tại O của trục Ox. Một điện tích q_0 = -1μC di chuyển trên trục Ox theo chiều dương qua 2 điểm A và B. Biết OA = 2AB = 20 cm

a) Tính thế năng điện của q_0 tại A và B. Suy ra công A của q_0 di chuyển từ A đến B.

b) Biết q_0 qua A có động năng K_A = 1 J. Tính động năng của q_0 tại B, K_B =?

Bài giải:



b) Động năng của q_0 tại B:

❖ Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: $W_A = W_B$

Hay $K_A + W_{e,A} = K_B + W_{e,B}$

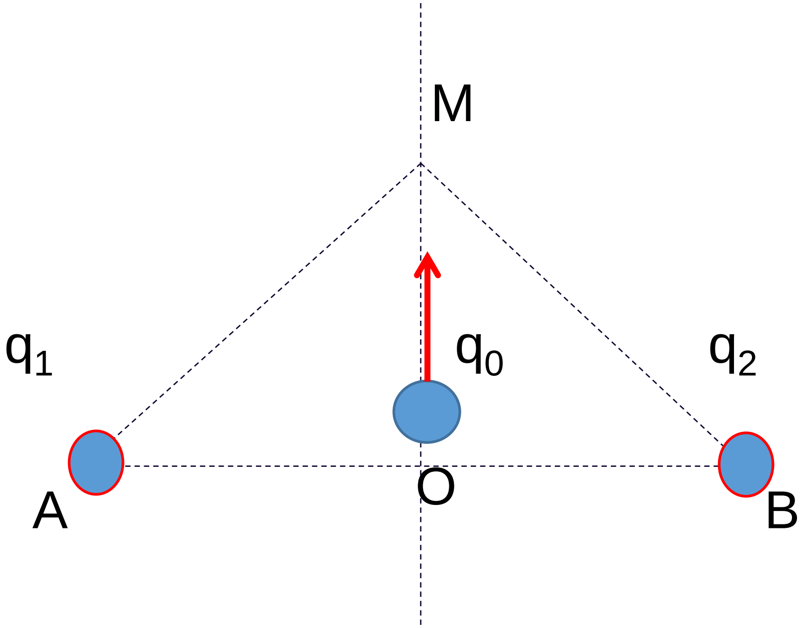
Suy ra: $K_B = K_A + W_{e,A} - W_{e,B} = 1 + (-0,45) - (-0,30) = 0,85$ (J)

5.2. Thế năng tương tác tĩnh điện

Ví dụ 1.22: Hai điện tích điểm $q_1 = 10\ \mu C$, $q_2 = 5\ \mu C$ đặt tại A và B. Một điện tích $q_0 = 1\mu C$ di chuyển trên đường trung trực của AB qua điểm O và M. Biết AB = 20 cm, OM = 10 cm

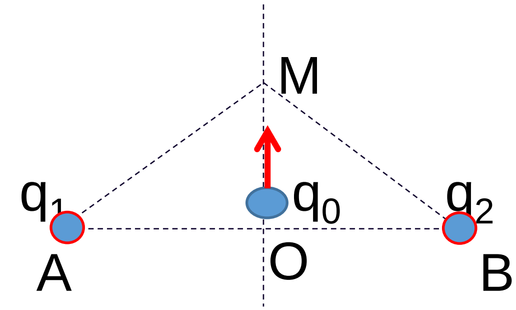
a) Tính thế năng điện của q_0 tại trung điểm O của AB. Suy ra công A của q_0 di chuyển từ O đến M.

b) Biết q_0 qua M có động năng $K_M = 10$ J. Tính động năng của q_0 tại O, K_O =?



5.2. Thế năng tương tác tĩnh điện

Bài giải



a) ❖ Thế năng điện tại O

$$W_{e,O} = W_{e,O}^{(1)} + W_{e,O}^{(2)} = k\frac{q_1q_0}{OA} + k\frac{q_2q_0}{OB}$$

$$= 9.10^9\frac{10.10^{-6}\times 1.10^{-6}}{0,1} + 9.10^9\frac{5.10^{-6}\times 1.10^{-6}}{0,1} = 1,35\,(J)$$

❖ Thế năng điện tại M

$$W_{e,M} = W_{e,M}^{(1)} + W_{e,M}^{(2)} = k\frac{q_1q_0}{AM} + k\frac{q_2q_0}{BM}$$

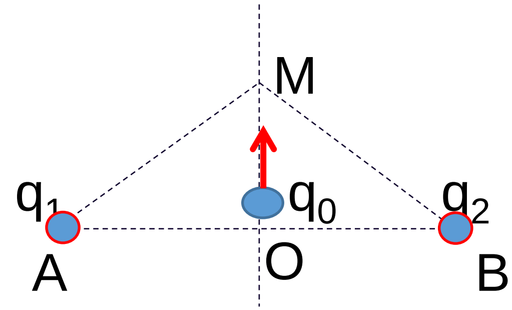
$$= 9.10^9\frac{10.10^{-6}\times 1.10^{-6}}{0,1\sqrt{2}} + 9.10^9\frac{5.10^{-6}\times 1.10^{-6}}{0,1\sqrt{2}} = 0,64\,(J)$$

❖ Công của q_0 di chuyển từ O đến M

$$A_{OM} = W_{e,O} - W_{e,M} = 1,35 - 0,64 = 0,71\ (J)$$

5.2. Thế năng tương tác tĩnh điện

Bài giải



b) ❖ Động năng của q_0 tại O

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng

$$W_O = W_M$$

Hay $$K_O + W_{e,O} = K_M + W_{e,M}$$

Suy ra: $$K_O = K_M + W_{e,M} - W_{e,O} = 10 + 0,64 - 1,35 = 9,29\ (J)$$

5.3. Điện thế

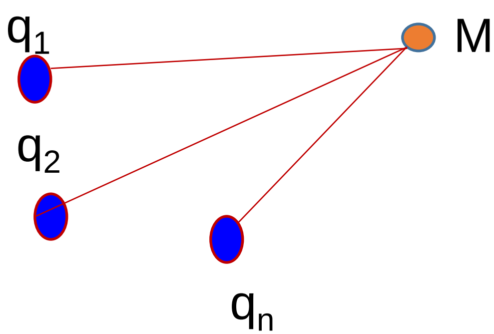
Từ thế năng tương tác $W_e = k\dfrac{qq_0}{r}$ cho thấy: $\begin{cases} q_0 \rightarrow W_{e0} \\ q_1 \rightarrow W_{e1} \\ ------- \\ q_n \rightarrow W_{en} \end{cases}$

- Suy ra: tỉ số: $\boxed{\dfrac{W_{e0}}{q_0} = \dfrac{W_{e1}}{q_1} = \ldots\ldots = \dfrac{W_{en}}{q_n} = \text{const.}}$ ➡ Chỉ phụ thuộc q và r
- Đặt: $\boxed{V = k\dfrac{q}{r}}$ ➡ **ĐIỆN THẾ** $\boxed{V = \dfrac{W_e}{q_0}}$ ➡ **Là đại lượng vật lí đặc trưng cho điện trường về phương diện năng lượng tác dụng**
- Khi đó: Thế năng điện là: $\boxed{W_e = q_0 V}$
- Công của lực điện trường: $\boxed{A_{MN} = q_0(V_M - V_N) = q_0 U_{MN}}$

$\boxed{U_{MN} = V_M - V_N}$ Gọi là hiệu điện thế giữa hai điểm M và N

5.3. Điện thế

a. Điện thế của một hệ điện tích điểm



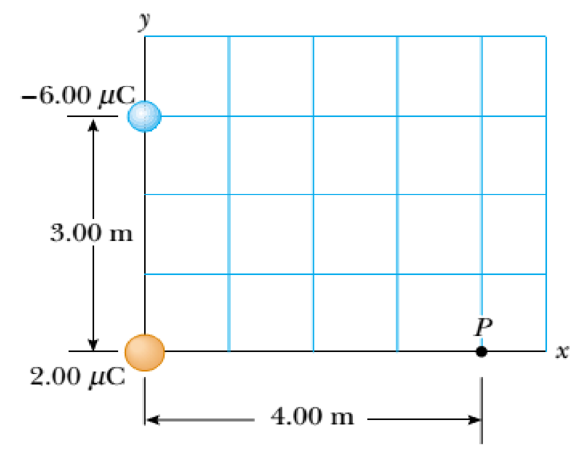
❖ Điện thế tổng cộng tại M do các điện tích q_1, q_2, … q_n gây ra tại M:

$$\boxed{V = V_1 + V_2 + ... + V_n = \sum_{i=1}^{n} V_i}$$

Ví dụ 1.23: Một điện tích $q_1 = 2\ \mu C$ đặt tại góc tọa độ O, và một điện tích $q_2 = -6\ \mu C$ đặt trên trục y cách O khoảng 3 m (hình vẽ).

a) Tìm điện thế do q_1 và q_2 tạo ra tại P nằm trên trục Ox cách O 4 m.

b) Tìm độ biến thiên điện thế năng của điện tích $q_3 = 3\mu C$ khi nó di chuyển từ vô cùng đến điểm P.



(a)

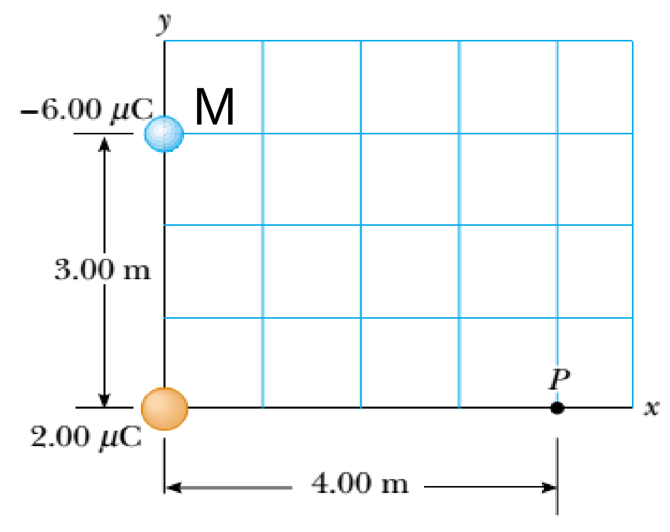
5.3. Điện thế

Bài giải:

a) Điện thế do q_1 và q_2 tạo ra tại P

$$V_P = V_P^{(1)} + V_P^{(2)} = k\frac{q_1}{OP} + k\frac{q_2}{MP}$$

$$= 9.10^9\frac{2.10^{-6}}{4} + 9.10^9\frac{-6.10^{-6}}{5} = -6300(V)$$



(a)

b) Độ biến thiên điện thế năng

$$\Delta W_e = W_{e,P} - W_{e,\infty}$$

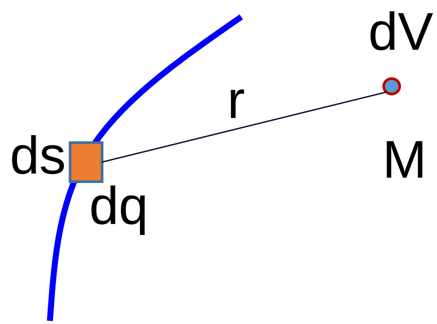
Với: $W_{e,P} = q_3 V_P = 3.10^{-6} \times (-6300) = -0{,}02\,(J)$

$W_{e,\infty} = 0$

$$\boxed{\Delta W_e = -0{,}02 - 0 = -0{,}02\ (J)}$$

5.3. Điện thế

b. Điện thế của một phân bố điện tích dài



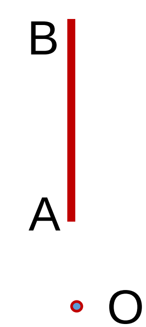
❖ Điện thế dV do phần tử điện tích dq gây ra tại M:

$$dV = k\frac{dq}{r} = k\frac{\lambda ds}{r}$$

❖ Điện thế do dây dẫn (C) gây ra tại M:

$$\boxed{V = \int_{(c)} k\frac{\lambda ds}{r}}$$

Ví dụ 1.24: Một đoạn dây thẳng dài AB = ℓ = 20cm phân bố điện đều với mật độ điện dài λ = 20μC/m. Thanh nằm trên trục Oy (Hình vẽ). Tính điện thế tại O cách đầu A của thanh đoạn OA = a = 10 cm.



5.3. Điện thế

b. Điện thế của một phân bố điện tích dài

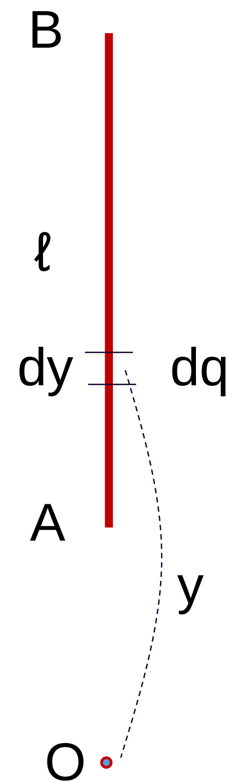
Bài giải

- Trên AB lấy 1 phần tử chiều dài dy tương đương phần tử điện tích là dq
- Khoảng cách từ dq đến O là y

Thế dV do dq tạo ra: $$dV = k\frac{dq}{y} = k\frac{\lambda dy}{y}$$

$$\Rightarrow V = \int_{OA}^{OB} k\frac{\lambda dy}{y} = \int_{a}^{a+\ell} k\frac{\lambda dy}{y} = k\lambda \ln\left(\frac{a+\ell}{a}\right)$$

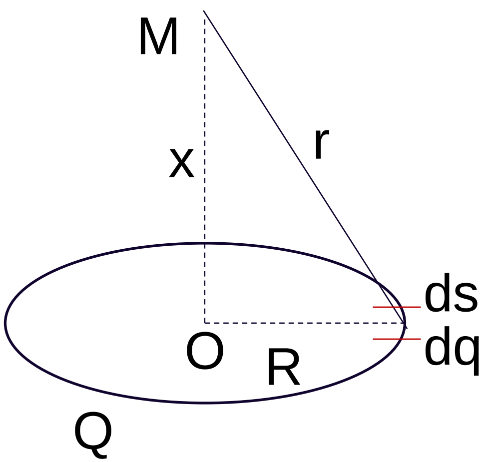
Thay số liệu: $$\boxed{V = 9.10^{9} \times 20.10^{-6} \times \mathrm{Ln}\left(\frac{10+20}{10}\right) = 197750\,(V)}$$



5.3. Điện thế

Ví dụ 1.25: Một đường dây tròn bán kính R = 10 cm mang điện đều với điện tích Q = 10μC. Tính điện thế tại điểm M nằm trên trục và cách tâm O một đoạn x = 20 cm. Suy ra điện thế tại tâm O.

Bài giải:



❖ Trên đường tròn lấy phần tử chiều dài ds tương đương điện tích là dq

❖ Khoảng cách từ dq đến M là r

Điện thế dV tạo ra bởi dq:

$$dV = k\frac{dq}{r} = k\frac{dq}{\sqrt{x^2 + R^2}} \quad \Rightarrow V = \int_0^Q k\frac{dq}{\sqrt{x^2 + R^2}} = k\frac{Q}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$

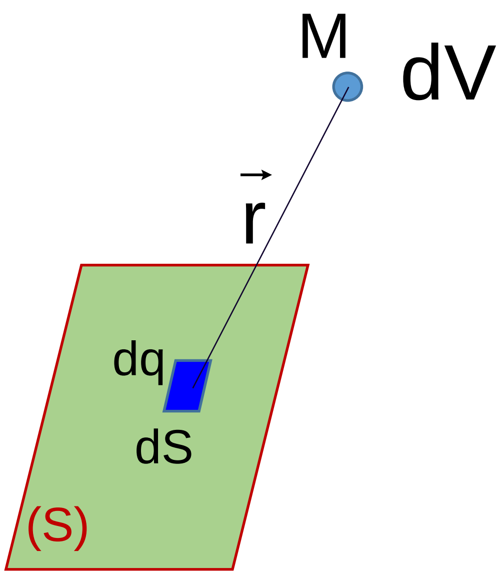
❖ Điện thế tại O, ta thay x = 0 được: $V_O = k\frac{Q}{R}$ SV tự thay số

5.3. Điện thế

c. Điện thế của một phân bố điện tích mặt

❖ Điện thế dV do phần tử điện tích dq gây ra tại M:

$$dV = k\frac{dq}{r} = k\frac{\sigma dS}{r}$$



❖ Điện thế do mặt (S) gây ra tại M:

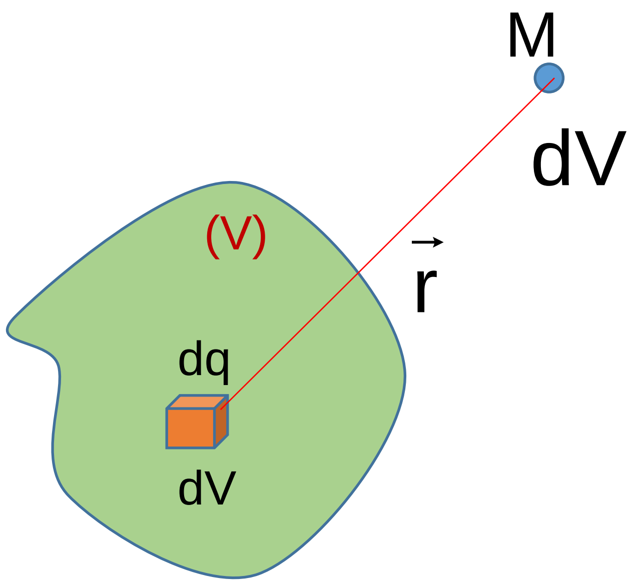
$$\boxed{V = \int_{(S)} k\frac{\sigma dS}{r}}$$

5.3. Điện thế

d. Điện thế của một phân bố điện tích khối

❖ Điện thế dV do phần tử điện tích dq gây ra tại M:

$$dV = k\frac{dq}{r} = k\frac{\rho dV}{r}$$

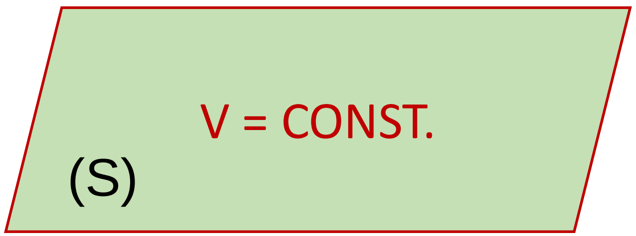


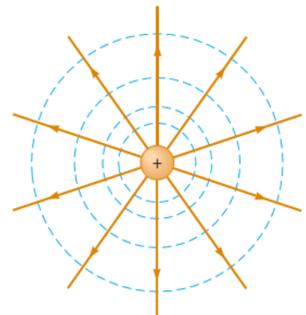
❖ Điện thế do mặt (S) gây ra tại M:

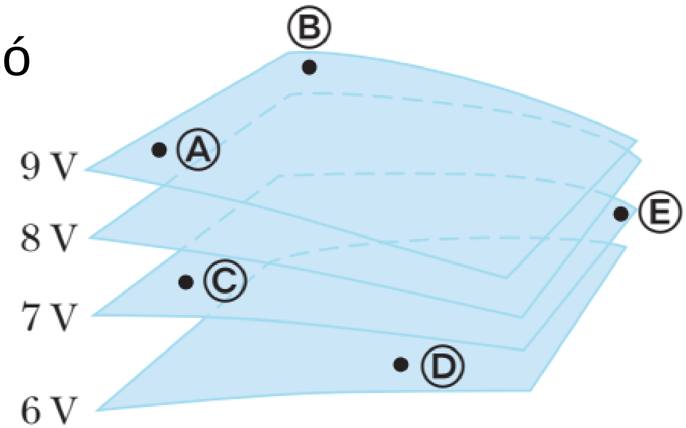
$$\boxed{V = \int_{(V)} k\frac{\rho dV}{r}}$$

6.1. Mặt đẳng thế

❖ Quĩ tích các điểm trên cùng một mặt phẳng có **điện thế bằng nhau** được gọi là mặt đẳng thế

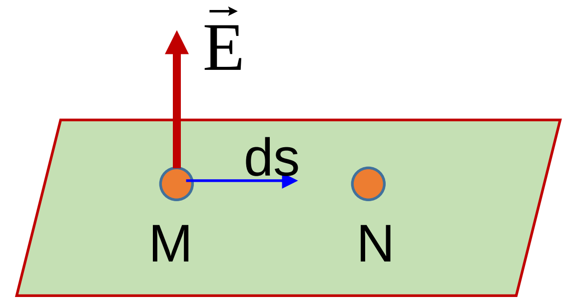






❖ Công của điện tích q_0 di chuyển từ M đến N trên mặt đẳng thế

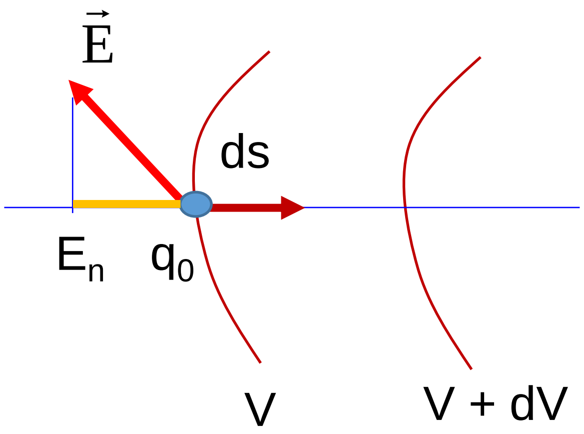
$$\boxed{A_{MN} = q_0 \int_M^N \vec{E} \bullet d\vec{s} = q_0 \left(V_M - V_N\right) = 0}$$



$$\boxed{\vec{E} \bullet d\vec{s} = 0 \Rightarrow \vec{E} \perp d\vec{s}}$$

Đường sức của điện trường luôn vuông góc với mặt đẳng thế.

6.2. Mối liên hệ giữa E và V



$$dA = q_0\vec{E}\bullet d\vec{s} = q_0\left(V-(V+dV)\right) = -q_0 dV$$

Với: $\vec{E}\bullet d\vec{s} = \boxed{E_x} dx + \boxed{E_y} dy + \boxed{E_z} dz$

$$-dV = \boxed{-\frac{\partial V}{\partial x}} dx \boxed{-\frac{\partial V}{\partial y}} dy \boxed{-\frac{\partial V}{\partial z}} dz$$

Đồng nhất các biểu thức: $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}; \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$

Hình chiếu của vectơ E trên một phương bất kỳ bằng độ giảm điện thế trên phương đó

Tổng quát: $\boxed{E_r = -\frac{dV}{dr}}$

Chiều của E hướng theo chiều giảm của V

Hoặc $\boxed{\vec{E} = -\nabla V}$

6.2. Mối liên hệ giữa E và V

Ví dụ 1.26: Cho điện thế phân bố trong không gian thỏa phương trình $V = 3x^2y + y^2 + yz$. Hãy viết biểu thức của E

Bài giải:

Từ mối quan hệ E và V: $\boxed{E_r = -\dfrac{dV}{dr}}$

Khi biết V ta tìm E theo biểu thức:

$$\boxed{E_r = -\frac{dV}{dr}}$$

Ta tính được: $E_x = -\dfrac{\partial V}{\partial x} = -(6xy)$

$$E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} = -(3x^2 + 2y + z)$$

$$E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} = -(y)$$

Mà $\vec{E} = E_x\vec{i} + E_y\vec{j} + E_z\vec{k}$ nên $\boxed{\vec{E} = (-6xy)\vec{i} - (3x^2 + 2y + z)\vec{j} - y\vec{k}}$

6.2. Mối liên hệ giữa E và V

Ví dụ 1.27: Một dây dài vô hạn mang điện điều với mật độ $\lambda > 0$ (Xem hình vẽ). Tính điện thế tại M. Chọn gốc điện thế tại N.

Khi biết E ta tìm V theo biểu thức:

$$-dV = E_r dr \Rightarrow -\int_{V_1}^{V_2} dV = \int_{r_1}^{r_2} E_r dr$$

Bài giải:

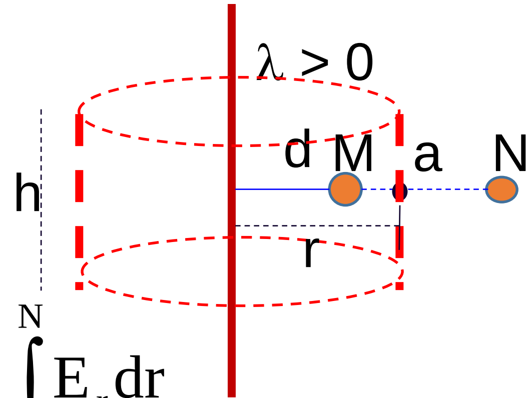
❖ Theo định nghĩa về điện thông:

$$\phi_e = E.S = E.2\pi r.h$$

❖ Theo định lý về điện thông:

$$\phi_e = \frac{q'}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda h}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{\Rightarrow E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r}}$$



❖ Theo mối quan hệ E và V: $-dV = E_r dr \Rightarrow -\int_{V_M}^{V_N} dV = \int_{M}^{N} E_r dr$

$$\Rightarrow V_M - V_N = \int_{d}^{d+a} \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} Ln\left(\frac{d+a}{d}\right)$$

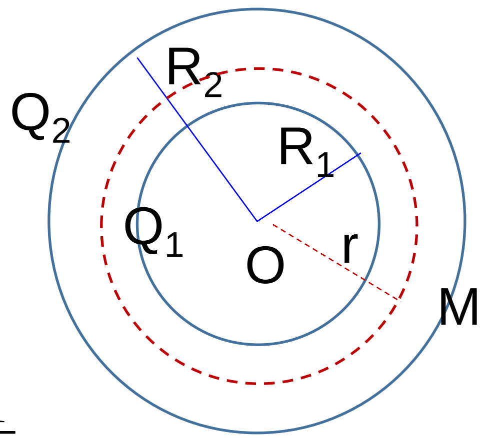
❖ Gốc điện thế tại N nên $V_N = 0$. Vậy, Điện thế tại M là:

$$\boxed{V_M = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} Ln\left(\frac{d+a}{d}\right)}$$

6.2. Mối liên hệ giữa E và V

Ví dụ 1.28:

Tính hiệu điện thế giữa 2 mặt cầu



Bài giải:

❖ Theo định nghĩa về điện thông:

$$\phi_e = E.S = E.4\pi r^2$$

❖ Theo định lý Gauss về điện thông:

$$\phi_e = \frac{Q_1}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r^2}$$

❖ Dùng mối liên hệ giữa E và V: $-dV = Edr = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r^2}dr$

❖ Lấy tích phân 2 vế:

$$-\int_{V_1}^{V_2} dV = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0}\int_{R_1}^{R_2}\frac{1}{r^2}dr \Rightarrow V_1 - V_2 = U_{12} = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

"Lý thuyết chỉ là màu xám còn cây trời mãi mãi xanh tươi."
Johann Wolfgang von Goethe
(1749 - 1832)

Thanks!

Any questions?

"All theory is gray, my friend. But forever green is the tree of life."

CHƯƠNG 1 – ĐIỆN TRƯỜNG TĨNH TRONG CHÂN KHÔNG

1. Điện tích:

- Điện tích điểm $Q = (n_1 - n_2)e$
- Phân bố điện tích: $q = \int_{PBDT} dq$
  - $Dai: dq = \lambda ds$
  - $Mat: dq = \sigma dS$
  - $Khoi: dq = \rho dV$

2. Lực Coulomb:

- Điện tích điểm $\vec{F} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i$
- Phân bố điện tích: $d\vec{F} = k_e \dfrac{q_0 dq}{r^2}\hat{r} \Rightarrow \int_F d\vec{F} = \int_{PBDT} k_e \dfrac{q_0 dq}{r^2}\hat{r}$

3. Cường độ ĐT

- Điện tích điểm $\vec{E} = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i$
- Phân bố điện tích: $d\vec{E} = k_e \dfrac{dq}{r^2}\hat{r} \Rightarrow \int_E d\vec{E} = \int_{PBDT} k_e \dfrac{dq}{r^2}\hat{r}$

4. Điện thế

- Điện tích điểm $V = \sum_{i=1}^{n} V_i$
- Phân bố điện tích: $dV = k_e \dfrac{dq}{r} \Rightarrow \int_V dV = \int_{PBDT} k_e \dfrac{dq}{r}$

"All theory is gray, my friend. But forever green is the tree of life."

5. Điện thông – ĐL Gauss

+ Khái niệm điện thông: $\Phi_e = \int \vec{E} \bullet d\vec{s}$

- Mặt S hở: $\Phi_e = \int \vec{E} \bullet d\vec{s}$
- Mặt S kín: $\Phi_e = \oint_S \vec{E} \bullet d\vec{s}$

+ Định lý Gauss (mặt kín S):

- Hệ ĐT: $\Phi_e = \dfrac{\sum_n q_{inS}}{\varepsilon_0}$
- PBDT: $\Phi_e = \dfrac{1}{\varepsilon_0} \int_S dq_{inS}$

Mặt Gauss: tưởng tượng hình trụ hoặc cầu

6. Mối quan hệ E – V: $-dV = Edr$

+ Biết E tìm V: $-dV = Edr$

+ Biết V tìm E: $E_r = -\dfrac{dV}{dr}$

7. Công – thế năng tương tác:

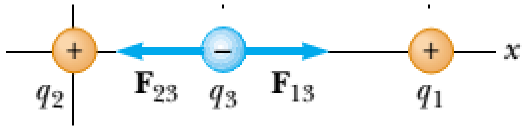
+ Công: $A_{MN} = \int_{MN} \vec{F} \bullet d\vec{s} = q_0 \left(V_M - V_N \right) = \mathbf{W}_M - \mathbf{W}_N = K_N - K_M$

+ Thế năng tương tác lên điện tích q_0: $\mathbf{W}_e = \sum_n \mathbf{W}_i = \sum_{i=1}^{n} k_e \dfrac{q_i q_0}{r_i}$

“All theory is gray, my friend. But forever green is the tree of life.”

Bài 1: Ba điện tích điểm nằm trên trục x như hình 1. Điện tích q_1 = 24 μC được đặt tại x = 3 m, điện tích q_2 = 6 μC được đặt tại góc tọa độ, và lực tổng hợp tác dụng lên q_3 bằng không. Hãy xác định tọa độ của q_3 trên trục x?

Bài giải:



- Do $q_1.q_2 > 0$ nên điểm có F = 0 phải nằm bên trong khoảng $[q_2, q_1]$.
- Gọi tọa độ của q_3 là x (khoảng cách từ q_2 đến q_3)

Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_{23} + \vec{F}_{13} = 0$

$$\Rightarrow \vec{F}_{23} = -\vec{F}_{13} \Leftrightarrow F_{23} = F_{13}$$

$$\Rightarrow k\frac{|q_2q_3|}{x^2} = k\frac{|q_1q_3|}{(3-x)^2} \Leftrightarrow \frac{(3-x)^2}{x^2} = \frac{|q_1|}{|q_2|} = 4 \Rightarrow \boxed{x = 1\ (m)}$$

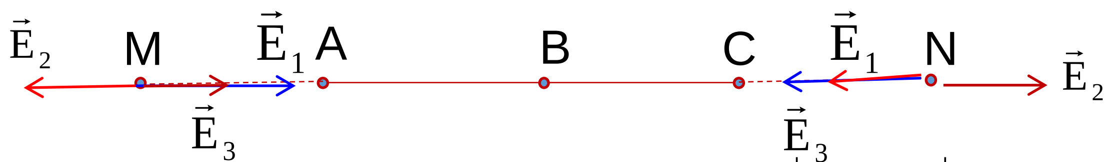
Bài 2: Cho ba điện tích điểm q_1 = -2 μC, q_2 = 3 μC và q_3 = -1 μC đặt tại 3 điểm A, B và C thẳng hàng. Điểm M nằm bên trái A và N nằm bên phải C, sao cho MA = AB = BC = CN = 10 cm.

a) Tính điện trường và điện thế tại M và N.

b) Một điện tích điểm q_0 = 1 μC di chuyển từ M đến N. Tính công của lực điện trường đối với điện tích q_0?

c) Tính điện thông gửi qua mặt cầu tâm M, bán kính: R = 5 cm, 15 cm và 50 cm.

Bài giải:



a) Tại M

❖ Cường độ điện trường

$$\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

Do $\vec{E}_1 \uparrow\uparrow \vec{E}_3 \uparrow\downarrow \vec{E}_2$ nên

$$E_M = \left|\left(E_1 + E_3\right) - E_2\right| \quad (1)$$

Với

$$E_1 = k\frac{|q_1|}{MA^2} = 9.10^9\frac{\left|-2.10^{-6}\right|}{0{,}1^2} = ...(V/m)$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{MB^2} = 9.10^9\frac{\left|3.10^{-6}\right|}{0{,}2^2} = ...(V/m)$$

$$E_3 = k\frac{|q_2|}{MC^2} = 9.10^9\frac{\left|-1.10^{-6}\right|}{0{,}3^2} = ...(V/m)$$

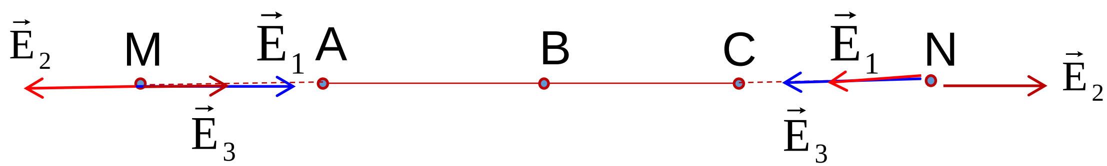
Bài 2: Cho ba điện tích điểm q_1 = -2 μC, q_2 = 3 μC và q_3 = -1 μC đặt tại 3 điểm A, B và C thẳng hàng. Điểm M nằm bên trái A và N nằm bên phải C, sao cho MA = AB = BC = CN = 10 cm.

a) Tính điện trường và điện thế tại M và N.

b) Một điện tích điểm q_0 = 1 μC di chuyển từ M đến N. Tính công của lực điện trường đối với điện tích q_0?

c) Tính điện thông gửi qua mặt cầu tâm M, bán kính: R = 5 cm, 15 cm và 50 cm.

Bài giải:



a) Tại M

❖ Điện thế

$$V_M = V_1 + V_2 + V_3 \qquad (1)$$

Với $V_1 = k\dfrac{q_1}{MA} = 9.10^9\dfrac{-2.10^{-6}}{0,1} = .-...(V)$

$$V_2 = k\frac{q_2}{MB} = 9.10^9\frac{3.10^{-6}}{0,2} = .+...(V)$$

$$V_3 = k\frac{q_3}{MC} = 9.10^9\frac{-.10^{-6}}{0,3} = .-...(V)$$

BÀI TẬP ÔN TẬP

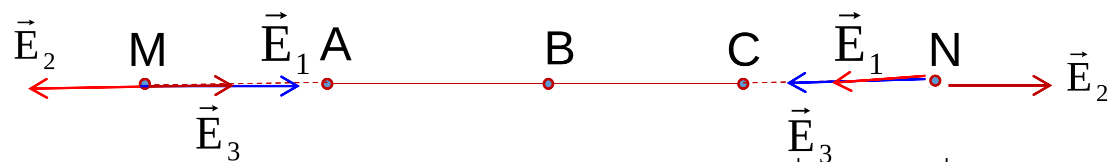
Bài 2: Cho ba điện tích điểm q_1 = -2 μC, q_2 = 3 μC và q_3 = -1 μC đặt tại 3 điểm A, B và C thẳng hàng. Điểm M nằm bên trái A và N nằm bên phải C, sao cho MA = AB = BC = CN = 10 cm.

a) Tính điện trường và điện thế tại M và N.

b) Một điện tích điểm q_0 = 1 μC di chuyển từ M đến N. Tính công của lực điện trường đối với điện tích q_0?

c) Tính điện thông gửi qua mặt cầu tâm M, bán kính: R = 5 cm, 15 cm và 50 cm.

Bài giải:



a) Tại N

❖ Cường độ điện trường

$$\vec{E}_N = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

Do $\vec{E}_1 \uparrow\uparrow \vec{E}_3 \uparrow\downarrow \vec{E}_2$ nên

$$E_N = \left|\left(E_1 + E_3\right) - E_2\right| \qquad (1)$$

Với

$$E_1 = k\frac{|q_1|}{NA^2} = 9.10^9\frac{\left|-2.10^{-6}\right|}{0{,}3^2} = ...(V/m)$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{NB^2} = 9.10^9\frac{\left|3.10^{-6}\right|}{0{,}2^2} = ...(V/m)$$

$$E_3 = k\frac{|q_2|}{NC^2} = 9.10^9\frac{\left|-1.10^{-6}\right|}{0{,}1^2} = ...(V/m)$$

BÀI TẬP ÔN TẬP

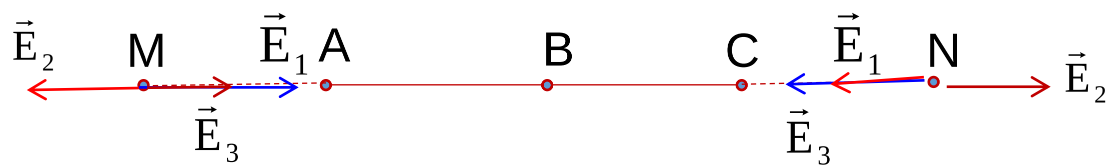
Bài 2: Cho ba điện tích điểm q_1 = -2 μC, q_2 = 3 μC và q_3 = -1 μC đặt tại 3 điểm A, B và C thẳng hàng. Điểm M nằm bên trái A và N nằm bên phải C, sao cho MA = AB = BC = CN = 10 cm.

a) Tính điện trường và điện thế tại M và N.

b) Một điện tích điểm q_0 = 1 μC di chuyển từ M đến N. Tính công của lực điện trường đối với điện tích q_0?

c) Tính điện thông gửi qua mặt cầu tâm M, bán kính: R = 5 cm, 15 cm và 50 cm.

Bài giải:



a) Tại N

❖ Điện thế

$$V_N = V_1 + V_2 + V_3 \qquad (1)$$

Với $V_1 = k\dfrac{q_1}{NA} = 9.10^9 \dfrac{-2.10^{-6}}{0,3} = .-...(V)$

$$V_2 = k\frac{q_2}{NB} = 9.10^9 \frac{3.10^{-6}}{0,2} = .+...(V)$$

$$V_3 = k\frac{q_3}{NC} = 9.10^9 \frac{-.10^{-6}}{0,1} = .-...(V)$$

Bài 2: Cho ba điện tích điểm q_1 = -2 μC, q_2 = 3 μC và q_3 = -1 μC đặt tại 3 điểm A, B và C thẳng hàng. Điểm M nằm bên trái A và N nằm bên phải C, sao cho MA = AB = BC = CN = 10 cm.

a) Tính điện trường và điện thế tại M và N.

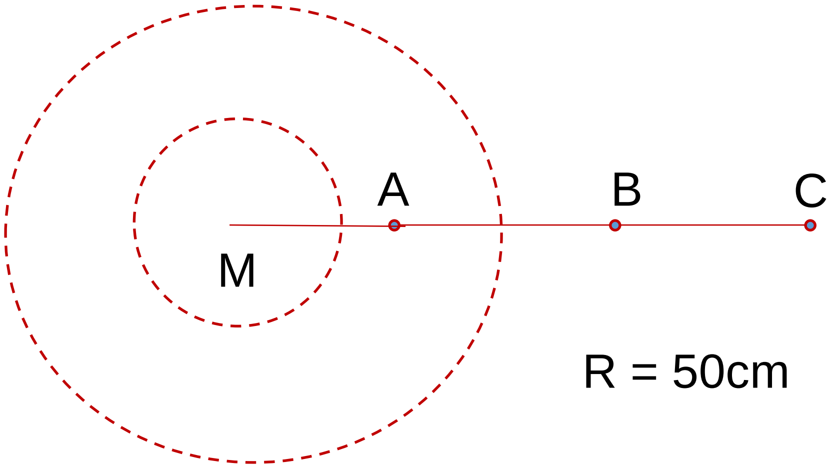
b) Một điện tích điểm q_0 = 1 μC di chuyển từ M đến N. Tính công của lực điện trường đối với điện tích q_0?

c) Tính điện thông gửi qua mặt cầu tâm M, bán kính: R = 5 cm, 15 cm và 50 cm.

Bài giải:

b) Công của q_0 di chuyển từ M đến N

$$A_{MN} = q_0(V_M - V_N) = ...(J)$$



R = 50cm

c) R = 5cm

$$\phi_e = \frac{0}{\varepsilon_0} = 0$$

R = 15cm

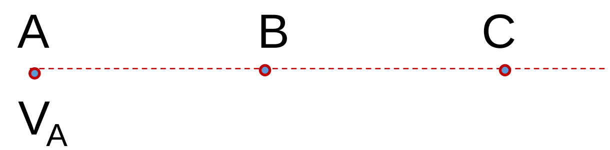
$$\phi_e = \frac{q_1}{\varepsilon_0} = \frac{-2.10^{-6}}{8,85.10^{-12}} = ...(V.m)$$

$$\phi_e = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{\varepsilon_0} = \frac{-2.10^{-6} + 3.10^{-6} - 1.10^{-6}}{8,85.10^{-12}} = ...(V.m)$$

BÀI TẬP ÔN TẬP

Bài 3: Một điện tích điểm $q = 4.10^{-9}$C chuyển động trên trục Ox theo chiều dương trong một trường tĩnh điện và khi qua các điểm A, B, C theo thứ tự đó, điện tích q có động năng lần lượt là 6.10^{-7}J, $10,8.10^{-7}$J, 12.10^{-7}J. Cho biết điện thế tại A là V_A = 200V. Tính điện thế tại B và C.

Bài giải:



❖ Định luật BTNL tại A và B

$$W_A = W_B$$

$$\Rightarrow K_A + W_{e,A} = K_B + W_{e,B}$$

$$\Rightarrow K_A + qV_A = K_B + qV_B$$

$$\Rightarrow V_B = (K_A + qV_A - K_B)/q$$

$$\mathbf{V_B = 80\ (V)}$$

❖ Định luật BTNL tại A và C

$$\Rightarrow K_A + W_{e,A} = K_C + W_{e,C}$$

$$\Rightarrow K_A + qV_A = K_C + qV_C$$

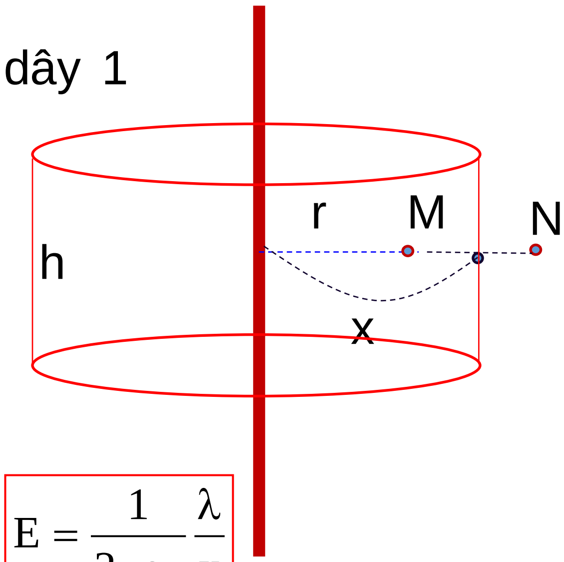
$$\Rightarrow V_C = (K_A + qV_A - K_C)/q$$

$$\mathbf{V_C = 50\ (V)}$$

Bài 4. Một sợi dây thẳng dài vô hạn, đặt trong không khí, tích điện đều với mật độ điện tích dài $\lambda = -6.10^{-9}$ C/m. Tính cường độ điện trường và điện thế do sợi dây này gây ra tại điểm M cách dây một đoạn r = 20 cm. Chọn gốc điện thế tại N cách M một đoạn 10 cm (phương của MN vuông góc với dây).

Bài giải:

❖ Xác định **E** tại điểm nằm trong MN cách dây 1 đoạn là x



❖ Vẽ mặt trụ Gauss có bán kính x

○ Theo định nghĩa về điện thông:

$$\phi_e = E.S = E.2\pi x.h$$

○ Theo định lý Gauss về điện thông:

$$\phi_e = \frac{q'}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda h}{\varepsilon_0}$$

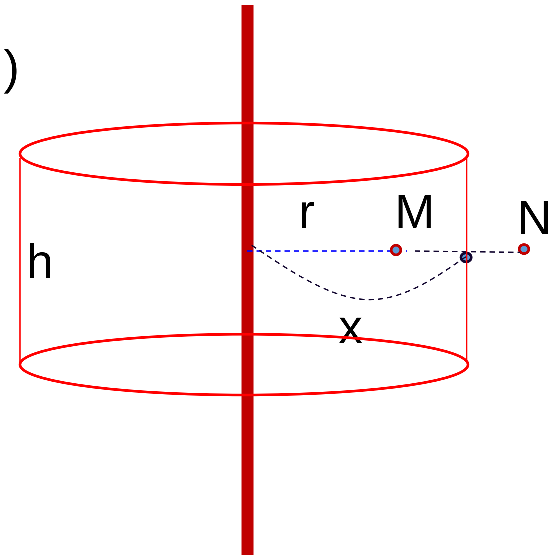
$$\boxed{E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{x}}$$

Bài giải:

❖ Cường độ điện trường **E** tại M (x = r = 20cm)

$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r} = \frac{2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r} = 2k\frac{\lambda}{r}$$

$$= 2\times 9.10^9\frac{\left|-6.10^{-6}\right|}{0,2} = ...(V/m)$$



❖ Dùng mối liên hệ giữa E và V:

$$-dV = Edx = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{x}dx$$

$$-\int_{V_M}^{V_N} dV = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\int_{20}^{30}\frac{1}{x}dx$$

$$V_M - V_N = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\mathrm{Ln}\left(\frac{30}{20}\right)$$

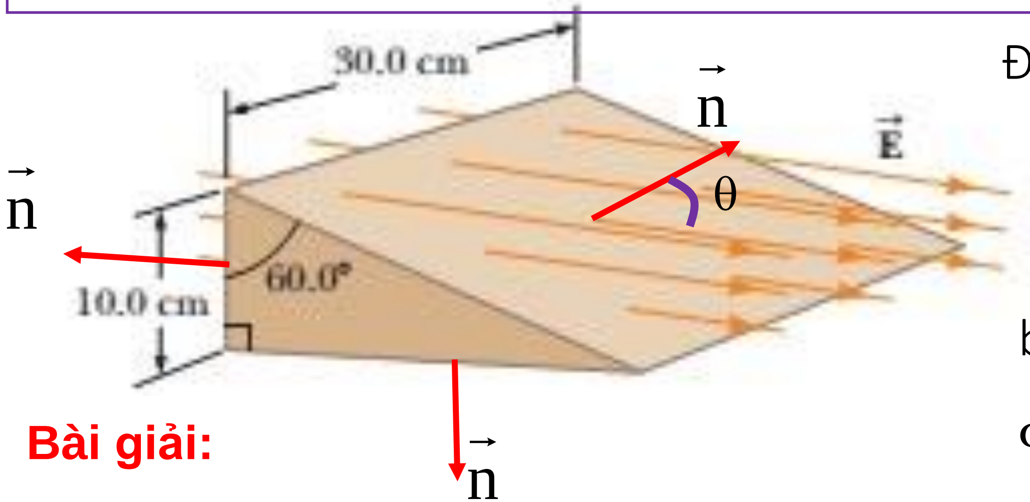
Chọn gốc điện thế ở N nên $V_N = 0$

Vậy, điện thế tại M là:

$$V_M = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\mathrm{Ln}\left(\frac{30}{20}\right) = \frac{2\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\mathrm{Ln}\left(\frac{30}{20}\right)$$

$$= 2k\lambda\mathrm{Ln}\left(\frac{30}{20}\right) = 2\times 9.10^9\times(-6.10^{-9})\mathrm{Ln}\left(\frac{3}{2}\right)$$

Bài 5. Xét một hộp hình tam giác kín trong điện trường nằm ngang có E = $7{,}8.10^4$ V/m như hình. Tính điện thông gửi qua: (a) mặt đáy hình chữ nhật (10 cm); (b) mặt nghiêng; (c) toàn bộ các mặt.



Bài giải:

a. Điện thông:

Điện thông đáy hình chữ nhật 10 cm

$$\Phi_{e1} = \int_S \vec{E}.d\vec{S} = \vec{E}.\vec{S} = \vec{E}.\vec{n}S = E.S.\cos\pi = -E.S$$

$$= -7{,}8.10^4.0{,}3.0{,}1 = -2340 Vm$$

Điện thông qua đáy dưới cùng (mặt sàn)

$$\Phi_{e2} = \int_S \vec{E}.d\vec{S} = \vec{E}.\vec{S} = \vec{E}.\vec{n}S = E.S.\cos\frac{\pi}{2} = 0 V.m$$

b. Điện thông qua mặt nghiêng:

$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \vec{E}.\vec{S} = ES\cos\theta = 2340 V.m$$

$$\Phi_{e3} = \Phi_e - \Phi_{e1} - \Phi_{e2} = 0 - 0 - (2340) = 2340 V.m$$

c. Điện thông qua toàn bộ các mặt:

$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}.d\vec{S} = \Phi_{e1} + \Phi_{e2} + \Phi_{e3} = 0 V.m$$

BÀI TẬP ÔN TẬP

Bài 6. Trong hệ tọa độ Descartes, điện thế có dạng $V = a(x^2+y^2) - bz^2$ với a, b là những hằng số dương. Viết biểu thức vectơ cường độ điện trường trong không gian; tại P (1;0;-2) và độ lớn của nó.

Bài giải:

Theo mối quan hệ của CĐ ĐT và điện thế:

$$\vec{E} = -\nabla V$$

Suy ra các thành phần của điện trường:

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} = -(5 - 6xy)$$

$$E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} = -(-3x^2 + 2z^2)$$

$$E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} = -(4yz)$$

Vector điện trường:

$$\vec{E} = -(5 - 6xy)\vec{i} - (-3x^2 + 2z^2)\vec{j} - (4yz)\vec{k}$$

Tại P (1; 0; -2)

$$\vec{E} = -5\vec{i} - 5\vec{j} - 0\vec{k}$$

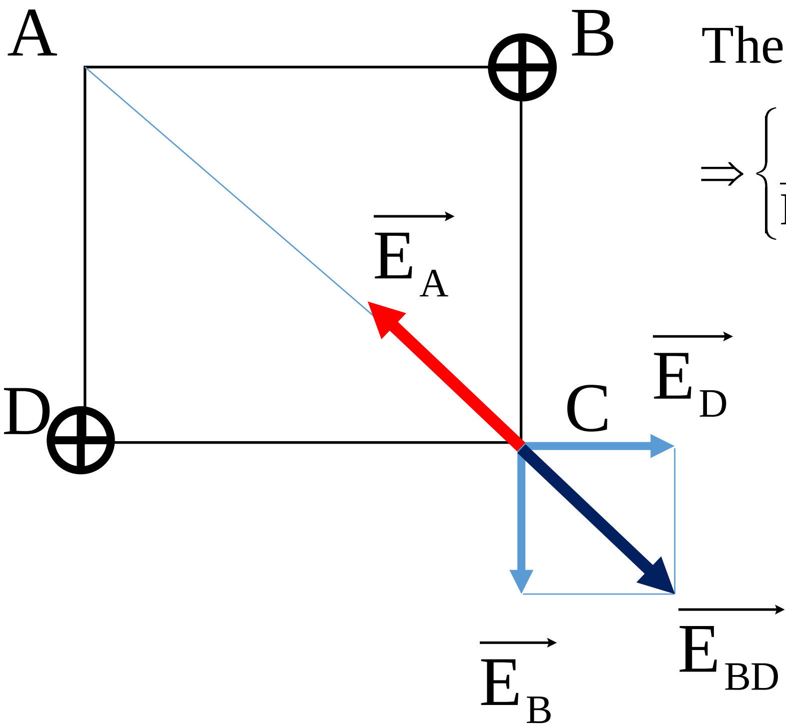
Độ lớn:

$$E = \sqrt{(-5)^2 + (-5)^2 + (0)^2}$$

$$= \sqrt{50} = 5\sqrt{2} = 7,07V/m$$

BÀI TẬP ÔN TẬP

Bài 7. Tại hai đỉnh B, D của hình vuông ABCD cạnh a = 10 cm, người ta đặt hai điện tích bằng nhau 2.10^{-6} C. Xác định dấu và giá trị của điện tích q_A để cường độ điện trường tại đỉnh C bằng không. Tính điện thế tại C khi đó.



Theo đề: $\overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B} + \overrightarrow{E_D} = 0 \Rightarrow \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_{BD}} = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} E_A = E_{BD} \\ \overrightarrow{E_A} \nearrow\swarrow \overrightarrow{E_{BD}} \end{cases}$$: q_A là điện tích âm, CĐĐT như hình.

$$\sin 45 = \frac{E_B}{E_{BD}} = \frac{E_B}{E_A} \Rightarrow E_A \sin 45 = E_B$$

$$k\frac{q_A}{AC^2}\sin 45 = k\frac{q_B}{BC^2}$$

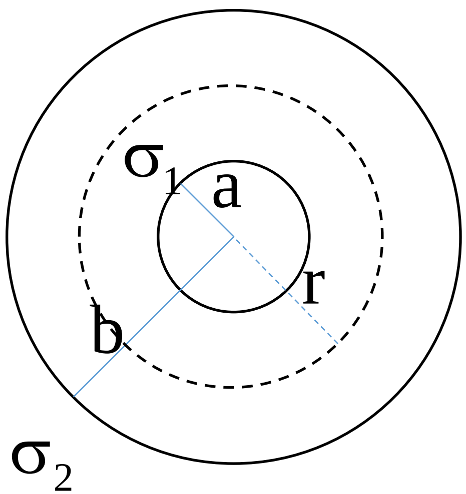
$$\Rightarrow q_A = \frac{q_B}{\sin 45}\frac{AC^2}{BC^2} = 5,65.10^{-6}\text{ C}$$

Vậy, điện tích q_A cần tìm là $q_A = -5,65.10^{-6}$ C

Điện thế tại C: $V_C = V_A + V_B + V_C = k\dfrac{q_A}{AC} + k\dfrac{q_B}{BC} + k\dfrac{q_D}{BC} = \ldots$

BÀI TẬP ÔN TẬP

Bài 8. Cho hai mặt cầu đồng tâm O. Mặt cầu thứ nhất có bán kính a mang điện tích phân bố đều với mật độ điện tích σ_1; mặt thứ hai có bán kính b > a, mang mật độ điện tích σ_2. Tính điện trường tại một điểm M các tâm O khoảng r với: r < a; a <r < b; r>b.



Áp dụng định lý Gauss:

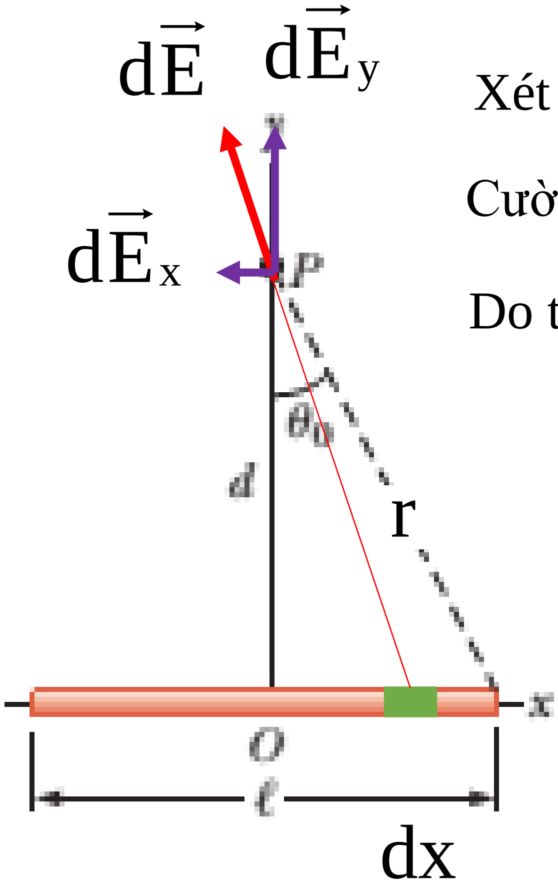
Khi r < a:

$$\Phi_e = \vec{E}.\vec{S} = E.S = \frac{0}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = 0\,V/m$$

Khi a< r < b: $$\Phi_e = \vec{E}.\vec{S} = E.S = \frac{\int_{q_A} dq}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E.4\pi r^2 = \frac{\sigma_1 4\pi a^2}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma_1 a^2}{\varepsilon_0 r^2}\,V/m$$

Khi r > b: $$\Phi_e = \vec{E}.\vec{S} = E.S = \frac{\int_{q_A+q_B} dq}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow E.4\pi r^2 = \frac{\sigma_1 4\pi a^2 + \sigma_2 4\pi b^2}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma_1 a^2 + \sigma_2 b^2}{\varepsilon_0 r^2}\,V/m$$

Bài 9. Một thanh mỏng dài ℓ mang điện đều với mật độ điện dài λ như trên hình 8. (a) Chứng minh rằng cường độ điện trường tại P nằm trên đường trung trực của thanh và cách thanh một đoạn d là E = 2kλsinθ/d . (b) Dùng kết quả câu a, chứng minh rằng khi thanh dài vô hạn thì E = 2kλ/d.



Xét phần tử độ dài dx vô cùng bé mang điện tích $dq = \lambda dx$

Cường độ điện trường do dq gây tại P: $dE = k\dfrac{dq}{r^2} = k\lambda\dfrac{dx}{r^2}$

Do tính chất đối xứng của thanh, thành phần x sẽ triệt tiêu, nên:

$$dE_y = dE.\cos\theta = k\lambda\frac{dx}{r^2}\frac{d}{r} = k\lambda d\frac{dx}{\left(d^2+x^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\Rightarrow E_y = k\lambda d\int_{-\frac{\ell}{2}}^{+\frac{\ell}{2}}\frac{dx}{\left(d^2+x^2\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{2k\lambda}{d}\frac{\ell/2}{\left(\left(\ell/2\right)^2+d^2\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{2k\lambda}{d}\sin\theta$$

Khi thanh dài vô hạn, tức θ→90^0 nên $E = \dfrac{2k\lambda}{d}$

KIỂM TRA LẦN 1

Câu 1: Hai điện tích điểm $q_1 = 8{,}0.10^{-8}$ C và $q_2 = -3{,}0.10^{-8}$ C đặt tại hai điểm A, B cách nhau 20,0 cm. Hai điểm M và N nằm trên đường trung trực (cùng phía) AB sao cho M và N cách AB lần lượt 10,0 cm và 15,0 cm.

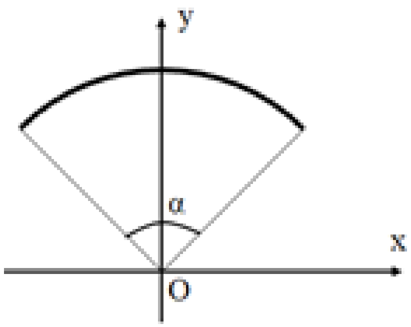
a. Xác định vec-tơ cường độ điện trường tại M và N.

b. Điện tích $q_0 = 5{,}0.10^{-10}$ C di chuyển từ M đến N, tính điện thế và thế năng tĩnh điện tác dụng lên $q_{0.}$ Từ đó, dẫn ra công thực hiện khi q_0 đi từ M đến N

Câu 2: Một dây dẫn được uốn thành cung tròn bán kính R = 0,5 m, góc ở tâm là 90 độ, mang điện tích phân bố đều với mật độ $\lambda = 5{,}5.10^{-9}$ C/m.

a. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại O.

b. Công cần thiết để đưa điện tích $q_0 = 1{,}0$ nC từ vô cực về O.



KIỂM TRA LẦN 1

Câu 1: Hai điện tích điểm $q_1 = 8{,}0.10^{-8}$ C và $q_2 = -3{,}0.10^{-8}$ C đặt tại hai điểm A, B cách nhau 20,0 cm. Hai điểm M và N nằm trên đường trung trực (cùng phía) AB sao cho M và N cách AB lần lượt 10,0 cm và 15,0 cm.

a. Tính điện trường tại M

b. Tính điện thế tại M và N

c. Điện tích $q_0 = 5{,}0.10^{-10}$ C di chuyển từ M đến N, tính thế năng tĩnh điện do điện tích q_1 và q_2 tác dụng lên q_0 và suy ra công thực hiện khi q_0 đi từ M đến N

Câu 2: Cho một dây dẫn tròn, tâm O, bán kính R mang điện tích Q.

a. Hãy xác định điện thế tại một điểm M nằm trên trục của cung dây và cách cung dây một đoạn y.

b. Dựa theo mối quan hệ giữa cường độ điện trường và điện thế, hãy xác định điện trường tại M và suy ra điện trường tại tâm O.

c. Xác định vị trí x để cường độ điện trường đạt giá trị cực đại.

KIỂM TRA LẦN 1

Câu 1: Cho vòng dây có bán kính 50,0 cm có trục đi qua tâm vòng dây nằm dọc theo trục x và có tổng điện tích 60,0 μC phân bố đều trên một đơn vị chiều dài.

(a) Tính điện thế tại điểm P nằm trên trục vòng dây và cách tâm O của vòng dây đoạn 10,0 cm;

(b) Dùng mối quan hệ giữa điện trường và điện thế, tính độ lớn cường độ điện trường tại điểm P;

(c) Giữ một vật có khối lượng 4.10^{-5} kg và có điện tích 60,0 μC tại tâm O của vòng dây, hãy tính vận tốc của vật tại P khi vật di chuyển từ O sang P.

(d) Tính điện thông đi qua mặt cầu tâm P, bán kính 60 cm.

(e) Xác định vị trí điểm N nằm trên trục đi qua tâm vòng dây mà tại đó cường độ điện trường đạt giá trị cực đại, tìm giá trị cực đại đó.


Eyes