

Họ và tên: Nguyễn Ngọc Hiệp

Mã sinh viên: 201200116

Lớp: CNTT2-K61

KIỂM TRA VẬT LÝ GIỮA KỲ (PHẦN ĐIỆN)

Bài 1: Một mặt cầu kim loại bán kính $R = 60\text{cm}$ đặt trong chân không. Tính lượng điện tích mà mặt cầu tích được khi:

- Điện thế của quả cầu là $V_1 = 2700\text{V}$.
- Điện thế tại một điểm cách mặt cầu $d = 20\text{cm}$ và $V_2 = 900\text{V}$.
- Tính năng lượng điện trường bên trong và bên ngoài mặt cầu trong trường hợp câu a.

Bài làm

- a) Ta có công thức:

$$V_1 = \frac{k \cdot q_1}{\epsilon \cdot R} \Rightarrow q_1 = \frac{V_1 \cdot \epsilon \cdot R}{k} = \frac{2700 \cdot 1.0,6}{9 \cdot 10^9}$$
$$\Rightarrow q_1 = 1,8 \cdot 10^{-7} \text{ (C)}$$

- b) Khi điện thế cách mặt cầu $d = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$

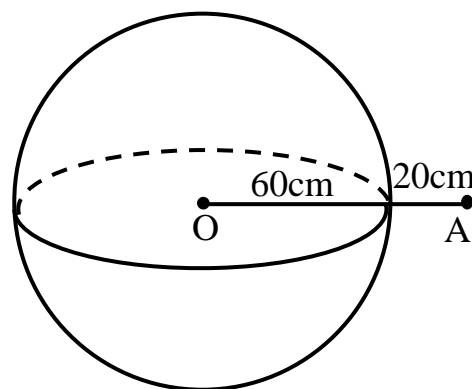
ta có công thức:

$$V_A = \frac{k \cdot q_2}{\epsilon \cdot (R+d)} \Rightarrow q_2 = \frac{V_A \cdot \epsilon \cdot (R+d)}{k}$$
$$\Rightarrow q_2 = \frac{900 \cdot 1 \cdot (0,6+0,2)}{9 \cdot 10^9} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ (C)}$$

c) + Ta có năng lượng bên trong quả cầu $W_t = 0 \text{ (J)}$ vì quả cầu kim loại nên điện tích chỉ phân bố trên bề mặt, bên trong không có điện tích.

+ Năng lượng bên ngoài quả cầu:

$$W_t = \frac{1}{2} \cdot q_1 \cdot V_1 = \frac{1}{2} \cdot 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 2700 \approx 2,43 \cdot 10^{-4} \text{ (J)}$$



Bài 2: Tại hai đỉnh A, B của một tam giác đều cạnh $a = 20\text{cm}$ có đặt hai điện tích điểm $q_1 = 6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $q_2 = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại đỉnh C. Cho $\epsilon = 1$.

Bài làm

- Gọi \vec{E}_A , \vec{E}_B lần lượt là các vectơ cường độ điện trường do q_1 và q_2 gây ra tại C (hình vẽ).

- Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường có:

$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$ trong đó \vec{E} được tổng hợp theo quy tắc hình bình hành.

- Ta có:

$$E_A = \frac{k \cdot |q_1|}{\epsilon \cdot a^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |6 \cdot 10^{-8}|}{1,0,2^2} = 13500 \text{ (V/m)}$$

$$E_B = \frac{k \cdot |q_2|}{\epsilon \cdot a^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |8 \cdot 10^{-8}|}{1,0,2^2} = 18000 \text{ (V/m)}$$

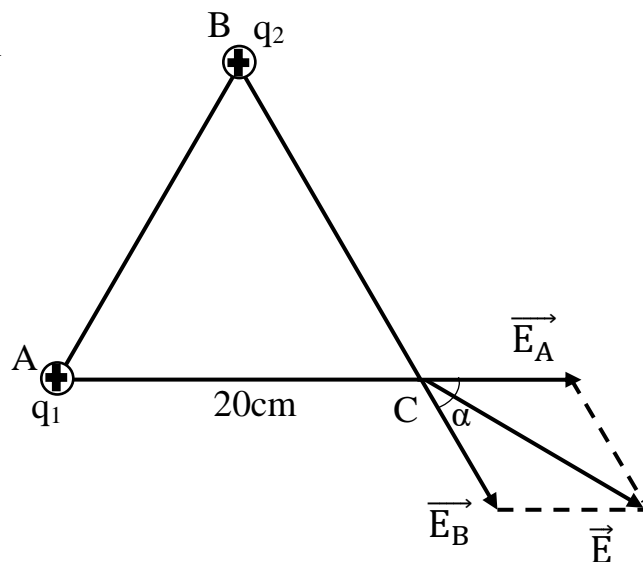
- Áp dụng công thức:

$$E = \sqrt{E_A^2 + E_B^2 + 2 \cdot E_A \cdot E_B \cdot \cos \alpha}$$

$$\Rightarrow E_C = \sqrt{13500^2 + 18000^2 + 2 \cdot 13500 \cdot 18000 \cdot \cos 60^\circ} \approx 27372,43 \text{ (V/m)}$$

- Gọi V_A , V_B lần lượt là điện thế do q_1 và q_2 gây ra tại C, vậy ta có:

$$V_C = V_A + V_B = \frac{k \cdot q_1}{\epsilon \cdot a} + \frac{k \cdot q_2}{\epsilon \cdot a} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-8}}{1,0,2} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{1,0,2} = 6300 \text{ (V)}$$



Bài 3: Tại hai đỉnh C, D của hình vuông ABCD cạnh $a = 10\text{cm}$ có đặt hai điện tích điểm $q_1 = -3.10^{-7} \text{ (C)}$, $q_2 = 3.10^{-7} \text{ (C)}$. Tính điện thế và cường độ điện trường tại đỉnh B. Cho $\epsilon = 2$.

Bài làm

- Gọi V_1 và V_2 lần lượt là điện thế do q_1 và q_2 gây ra tại B, ta có:

$$V_B = V_1 + V_2 = \frac{k.q_1}{\epsilon.a} + \frac{k.q_2}{\epsilon.a\sqrt{2}}$$

$$V_B = \frac{9.10^9.(-3.10^{-7})}{2.0,1} + \frac{9.10^9.3.10^{-7}}{2.0,1\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow V_B \approx -3954,05 \text{ (V)}$$

- Gọi \vec{E}_1 , \vec{E}_2 lần lượt là các vecto cường độ dòng điện do q_1 và q_2 gây ra tại B (hình vẽ).

- Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường ta có:

$\vec{E}_B = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ trong đó \vec{E}_B được tổng hợp theo quy tắc hình bình hành.

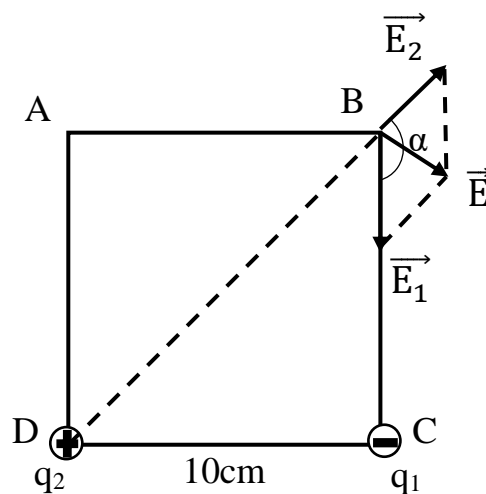
- Ta có:

$$E_1 = \frac{k.|q_1|}{\epsilon.a^2} = \frac{9.10^9.|-3.10^{-7}|}{2.0,1^2} = 1,35.10^5 \text{ (V/m)}$$

$$E_2 = \frac{k.|q_2|}{\epsilon.2.a^2} = \frac{9.10^9.|3.10^{-7}|}{2.2.0,1^2} = 6,75.10^4 \text{ (V/m)}$$

$$\Rightarrow E_B = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2.E_1.E_2.\cos\alpha}$$

$$= \sqrt{135000^2 + 67500^2 + 2.135000.67500.\cos135^\circ} \approx 9,94.10^4 \text{ (V/m)}$$



Bài 4: Một mặt phẳng vô hạn tích điện đều, đặt thẳng đứng. Một quả cầu nhỏ khối lượng $m = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$, tích điện $q = -8 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ treo ở đầu một sợi dây mảnh (bỏ qua khối lượng sợi dây) đầu trên của dây gắn vào một điểm trên mặt phẳng, thấy rằng khi cân bằng sợi dây treo bị lệch góc $\alpha = 30^\circ$ so với phương thẳng đứng. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$ và $\epsilon = 1$.

- Tìm mật độ điện mặt của mặt phẳng trên.
- Nếu muốn góc lệch $\alpha' = 45^\circ$ thì điện tích của quả cầu phải bằng bao nhiêu?

Bài làm

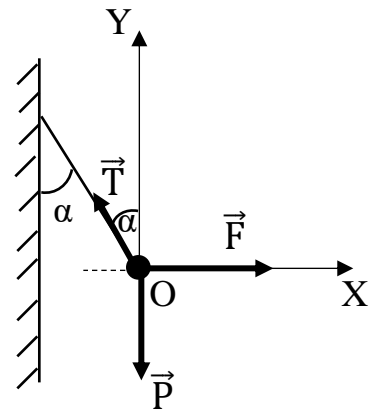
- Phân tích các lực tác dụng lên quả cầu ở vị trí cân bằng, theo định luật I Newton ta có:

$$\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = 0 \quad (1)$$

- Chiếu phương trình (1) lên hệ tọa độ O_{XY} :

$$+ \text{ Theo phương Ox: } -T \cdot \sin \alpha + F = 0$$

$$+ \text{ Theo phương Oy: } T \cdot \cos \alpha - P = 0 \quad \rightarrow \tan \alpha = \frac{F}{P}$$



$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{|q| \cdot E}{m \cdot g} = \frac{|q| \cdot \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}}{m \cdot g} = \frac{|q \cdot \sigma|}{m \cdot g \cdot 2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0} \quad (*)$$

$$\Rightarrow |\sigma| = \frac{\tan \alpha \cdot m \cdot g \cdot 2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}{|q|} = \frac{\tan 30^\circ \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 2 \cdot 1,8846 \cdot 10^{-12}}{|-8 \cdot 10^{-10}|} \approx 1,78 \cdot 10^{-4} (\text{C/m}^2)$$

- Nhưng do $q < 0$ nên $\sigma < 0$ vì mặt phẳng đẩy quả cầu ra xa

$$\Rightarrow \sigma \approx -1,78 \cdot 10^{-4} (\text{C/m}^2)$$

- Ta có $\tan \alpha' = \frac{|q'| \cdot E}{m \cdot g} = \frac{|q'| \cdot \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}}{m \cdot g} = \frac{|q' \cdot \sigma|}{m \cdot g \cdot 2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0} \quad (**)$ \Rightarrow Từ (*) và (**) có:

$$\Rightarrow \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha'} = \frac{|q|}{|q'|} \Rightarrow |q'| = \frac{|q| \cdot \tan \alpha'}{\tan \alpha} = \frac{|-8 \cdot 10^{-10}| \cdot \tan 45^\circ}{\tan 30^\circ} \approx 1,38 \cdot 10^{-9} (\text{C})$$

- Nhưng do $\sigma < 0$ nên $q < 0$ vì mặt phẳng đẩy quả cầu ra xa

$$\Rightarrow q' \approx -1,38 \cdot 10^{-9} (\text{C})$$

Bài 5: Một vòng tròn làm bằng dây dẫn mảnh, bán kính $R = 6\text{cm}$ mang điện $q = -2.10^{-7}\text{ C}$ phân bố đều trên dây. Dùng nguyên lý chồng chất hãy xác định cường độ điện trường và điện thế tại một điểm M trên trục vòng dây, cách tâm O một đoạn $h = 6\text{cm}$, $\epsilon = 2$.

Bài làm

- Chia vòng dây thành những vi phân chiều dài dl mang điện tích dq .
- Cường độ dòng điện do dq gây ra tại M là $d\vec{E}_M$ (hình vẽ).
- Ta có:

$$d\vec{E}_M = \frac{k \cdot |dq|}{\epsilon \cdot r^2} \quad (1)$$

- Áp dụng nguyên lý chồng chất điện trường ta có:

$$\vec{E}_M = \int_{\text{vòng dây}} d\vec{E}_M \quad (*)$$

- Phân tích $d\vec{E}_M$ thành 2 thành phần:

$$d\vec{E}_M = d\vec{E}_n + d\vec{E}_t \quad (**) \rightarrow \vec{E}_M = \int_{\text{vòng dây}} d\vec{E}_n + \int_{\text{vòng dây}} d\vec{E}_t \quad (2)$$

- Xét vi phân chiều dài dl' mang điện tích dq' đối xứng với dq qua vòng dây:
- Ta cũng phân tích $d\vec{E}'_M$ thành 2 thành phần:

$$d\vec{E}'_M = d\vec{E}'_n + d\vec{E}'_t$$

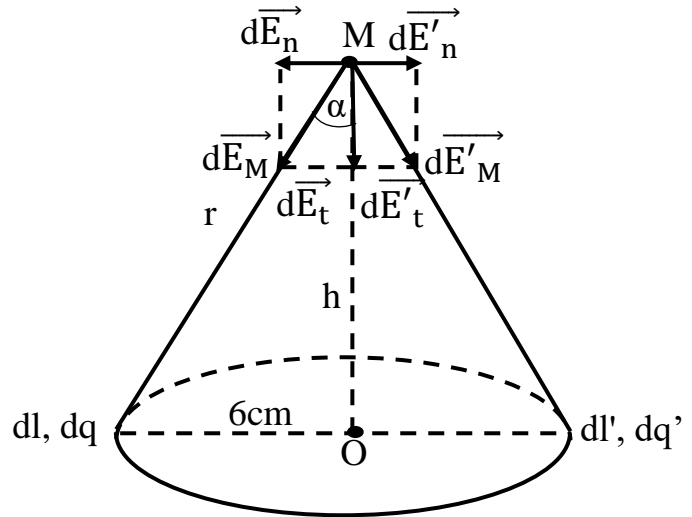
- Theo hình vẽ ta có $d\vec{E}_n \uparrow \downarrow d\vec{E}'_n \Rightarrow \int_{\text{vòng dây}} d\vec{E}_n = 0$

- Và $d\vec{E}_t \uparrow \uparrow d\vec{E}'_t \Rightarrow \vec{E}_M \uparrow \uparrow d\vec{E}_t \Rightarrow$ vậy $E_M = \int_{\text{vòng dây}} dE_t \quad (3)$

- Theo như hình vẽ ta có: $dE_t = dE_M \cdot \cos\alpha \quad (4)$ và $\cos\alpha = \frac{h}{r} \quad (5)$

- Thay (1), (4), (5) vào phương trình (3) có: $E_M = \int_{\text{vòng dây}} dE_t = \int_{\text{vòng dây}} \frac{k|dq|}{\epsilon r^2} \frac{h}{r}$

$$\Rightarrow E_M = \frac{kh}{\epsilon \cdot r^3} \int_0^q |dq|$$



$$\Rightarrow E_M = \frac{k \cdot |q| \cdot h}{\varepsilon \cdot (R^2 + h^2)^{3/2}} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |-2 \cdot 10^{-7}| \cdot 0,06}{2 \cdot (0,06^2 + 0,06^2)^{3/2}} \approx 88388,34 \text{ (V/m)}$$

Bài 6: Một sợi dây dẫn mảnh uốn thành hình nửa vòng tròn bán kính $R = 3\text{cm}$ mang điện Q phân bố đều trên dây. Đặt điện tích điểm $q = 10^{-7}\text{C}$ tại tâm O của nửa vòng dây thì thấy q bị Q hút một lực $F = 1,4 \cdot 10^{-3}\text{N}$. Tìm công thức tính Q qua q và F . Cho $\epsilon = 1$.

Bài làm

- Chia vòng dây thành các phần tử có chiều dài dl mang điện tích dQ .
 - Lực Cu-lông do dQ tác dụng lên q là $d\vec{F}$
- $$d\vec{F} = \frac{k \cdot q \cdot dQ}{\epsilon \cdot R^2} \cdot \vec{R} \text{ hay } dF = \frac{k \cdot |q \cdot dQ|}{\epsilon \cdot R^2} \quad (1)$$
- Áp dụng nguyên lý tổng hợp lực ta có lực điện do nửa vòng dây tác dụng lên điện tích điểm q là:

$$\vec{F} = \int_{\text{nửa vòng}} d\vec{F} \quad (*)$$

- Ta phân tích $d\vec{F}$ thành 2 thành phần:

$$d\vec{F} = d\vec{F}_1 + d\vec{F}_2 \text{ thay vào } (*) \text{ có: } \vec{F} = \int_{\text{nửa vòng}} d\vec{F}_1 + \int_{\text{nửa vòng}} d\vec{F}_2 \quad (**)$$

- Ta lấy phần tử dl' mang điện dQ' đối xứng dl qua trục Δ , gọi α là góc giữa $d\vec{F}$ và $d\vec{F}_1$, $d\alpha$ là góc chắn cung dl .
- Gọi $d\vec{F}'$ là lực điện do dQ' tác dụng lên q .
- Ta phân tích $d\vec{F}'$ thành 2 thành phần: $d\vec{F}' = d\vec{F}'_1 + d\vec{F}'_2$

- Theo hình vẽ ta có: $d\vec{F}_1 \uparrow \downarrow d\vec{F}'_1 \Rightarrow \int_{\text{nửa vòng}} d\vec{F}_1 = 0$

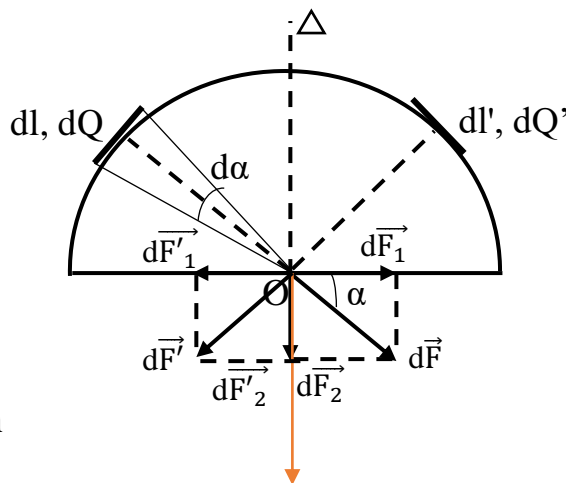
$$d\vec{F}_2 \uparrow \uparrow d\vec{F}'_2 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \uparrow d\vec{F}_2$$

$$\Rightarrow \vec{F} = \int_{\text{nửa vòng}} d\vec{F}_2 \text{ Hay } F = \int_{\text{nửa vòng}} dF_2 \quad (2)$$

- Ta có: $dF_2 = dF \cdot \sin \alpha \quad (3)$

- Thay (1), (3) vào (2) ta có: $F = \int_{\text{nửa vòng}} \frac{k |q \cdot dQ|}{\epsilon \cdot R^2} \sin \alpha \quad (4)$

- Gọi λ là mật độ điện dài thì: $dQ = \lambda \cdot dl$



- Mặt khác: $dl = R.d\alpha$

- Vậy ta có: $F = \int_{\text{mặt}} \frac{k|q.\lambda|.dl}{\epsilon.R^2} \sin \alpha$

Hay $F = \int_{\alpha} \frac{k.k|q.\lambda|.R.d\alpha}{\epsilon.R^2} . \sin \alpha \Rightarrow F = \int_0^{\pi} \frac{k.k|q.\lambda|}{\epsilon.R} . \sin \alpha . d\alpha$

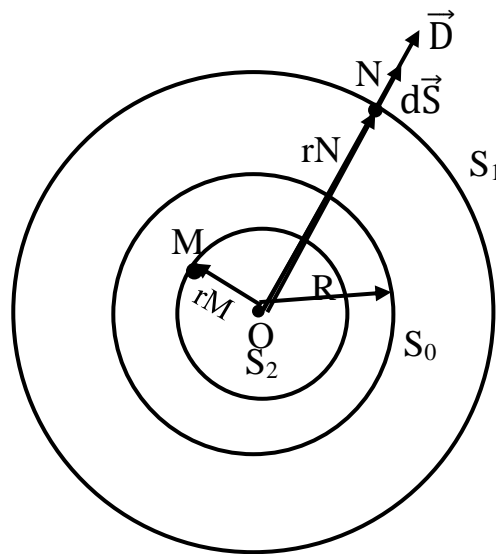
$\rightarrow F = \frac{k|q.\lambda|}{\epsilon.R} (-\cos \alpha) \Big|_0^{\pi} \Rightarrow F = \frac{k.k|q.\lambda|}{\epsilon.R} . [-(\cos \pi - \cos 0)]$

$\Rightarrow F = \frac{2.k.k|q.\lambda|}{\epsilon.R} = \frac{2.k.k|q.\frac{Q}{\pi.R}|}{\epsilon.R} = \frac{2.k.k|q.Q|}{\epsilon.\pi.R^2}$

$\Rightarrow |Q| = \frac{F.\epsilon.\pi.R^2}{2.k.k|q|} = \frac{1,4.10^{-3}.1.\pi.0,03^2}{2.9.10^9.10^{-7}} \approx 2,19.10^{-9}(C)$

Bài 7: Một quả cầu kim loại bán kính $R=4\text{cm}$, tâm O , giả sử mang điện $Q=5.10^{-8}\text{C}$. Dùng định lý O-G, tìm biểu thức tính cường độ điện trường tại hai điểm M và N với $OM = r_M = 2,5\text{cm} (< R)$ và $ON = r_N = 7\text{cm} (> R)$. Cho $\epsilon = 1$.

Bài làm



- Xét điểm N nằm bên ngoài mặt cầu:
- Qua N vẽ mặt cầu $S_1 (O, r_N)$.
- Theo định lý O-G ta có:

$$\Phi_e = \oint_{(S_1)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q \quad (1)$$
- Theo định nghĩa điện thông có:

$$\Phi_e = \oint_{(S_1)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \oint_{(S_1)} D \cdot dS \cdot \cos\alpha \quad (*)$$
- Vì mặt cầu tích điện đều nên điện trường do nó gây ra phải đối xứng cầu: vecto \vec{D} có phương trùng với phương bán kính, chiều phụ thuộc vào Q , có $D = \text{const}$ tại những điểm cách đều tâm cầu.
- Do $Q > 0$ nên $\cos\alpha = 1$.
- Từ (*) có $\Phi_e = D \cdot \int_{(S_1)} dS = D \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_N^2 \quad (2)$
- Từ (1) và (2) $\Rightarrow D = \frac{|Q|}{4 \cdot \pi \cdot r_N^2} \quad (3) \Rightarrow E = \frac{|Q|}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot r_N^2} = \frac{k \cdot |Q|}{\epsilon \cdot r_N^2} \quad (4)$

$$\Rightarrow E_N = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot |5 \cdot 10^{-8}|}{1,0,07^2} \approx 9,18 \cdot 10^4 (\text{V/m})$$
- Xét điểm M nằm trong mặt cầu ($r_M < R$):
- Qua M vẽ mặt cầu $S_2 (O, r_M)$.
- Theo định lý O-G ta có: $\Phi_e = 0 \quad (5)$
- Theo định nghĩa điện thông có: $\Phi_e = D \cdot \int_{(S_2)} dS = D \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_M^2 \quad (6)$

- Từ (5) và (6) $\Rightarrow D = 0$ và $E_M = 0$

Bài 8: Một tụ điện phẳng chứa điện môi có $\epsilon = 2$, có điện dung $C = 4 \cdot 10^{-11}$ F, diện tích mỗi bản là $S = 200 \text{ cm}^2$. Một điện tích điểm $q = 5 \cdot 10^{-9}$ C nằm trong lòng tụ chịu tác dụng của lực điện trường $F = 10^{-4}$ N. Xác định:

- Hiệu điện thế giữa hai bản tụ.
- Mật độ năng lượng điện trường trong lòng tụ.
- Lực tương tác giữa hai bản tụ.

Bài làm

- a) Ta có hiệu điện thế giữa 2 bản tụ:

$$U = E \cdot d = \frac{F}{q} \cdot \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{C} = \frac{10^{-4}}{5 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{2.8846 \cdot 10^{-12} \cdot 0,02}{4 \cdot 10^{-11}}$$

$$\Rightarrow U \approx 177 \text{ V.}$$

- b) Mật độ năng lượng điện trường trong lòng tụ là:

$$\omega = \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot E^2 = \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \left(\frac{F}{q}\right)^2$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{2} \cdot 2.8846 \cdot 10^{-12} \cdot \left(\frac{10^{-4}}{5 \cdot 10^{-9}}\right)^2 \approx 3,53 \cdot 10^{-3} \text{ (J/m}^3\text{)}$$

- c) Gọi lực tương tác giữa hai bản tụ là F_{12} :

$$\Rightarrow F_{12} = |Q_2| \cdot E_1 = |Q_2| \cdot \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0} = \frac{|Q^2|}{2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S} = \frac{|(C \cdot U)^2|}{2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S} = \frac{|(4 \cdot 10^{-11} \cdot 177)^2|}{2 \cdot 2.8846 \cdot 10^{-12} \cdot 0,02}$$

$$\Rightarrow F_{12} \approx 7,08 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

