

تصحيح التمارين حول المجال الكهروستاتيكي وطاقة الوضع الكهروستاتيكية .

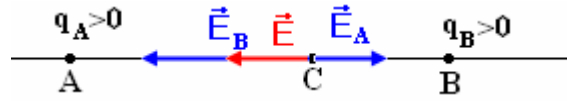
تمرين 3

1 - نمثل في النقطة C ، من المستقيم AB ، متجهة المجال الكهروستاتيكي المحدث من طرف الشحنتين :

* الحالة الأولى أن C تنتمي إلى القطعة [A, B]

بما أن الشحنتين لهما نفس الإشارة إذن متجهة المجال \vec{E}_A و \vec{E}_B سيكونا نابذتين أي أن منحاهما متعاكسين أنظر الشكل وشدتهما هي :

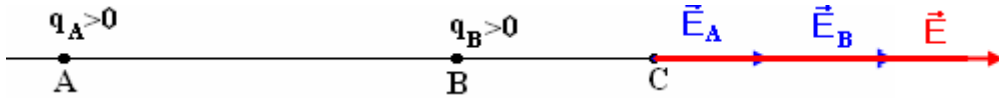
$$E_B = \frac{4AC^2}{BC^2} E_A \quad \text{وبالتالي} \quad E_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_B}{BC^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4q_A}{BC^2} \quad \text{و} \quad E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{AC^2}$$



الحالة الثانية أن C توجد خارج القطعة [A, B]

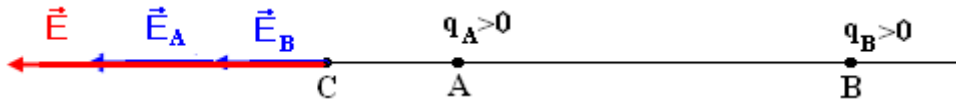
* على يمين B : بما أن الشحنتين لهما نفس الإشارة إذن متجهة المجال \vec{E}_A و \vec{E}_B سيكونا نابذتين أي لهما نفس المنحى .

وشدتهما هي كذلك $E_B = \frac{4AC^2}{BC^2} E_A$ وبما أن $AC > BC$ فإن $E_B > E_A$



* على يسار A : بما أن الشحنتين لهما نفس الإشارة إذن متجهة المجال \vec{E}_A و \vec{E}_B سيكونا نابذتين أي لهما نفس المنحى .

وشدتهما هي كذلك $E_B = \frac{4AC^2}{BC^2} E_A$ وبما أن $AC < BC$ فإن $E_B < E_A$



2 - تحديد الموضع C الذي تنعدم فيه متجهة المجال الكهروستاتيكي .

بالنسبة لنقطة C خارج القطعة [A, B] لا يمكن أن تنعدم متجهة المجال الكهروستاتيكي (\vec{E}_A و \vec{E}_B لهما نفس المنحى)

يمكن أن تنعدم متجهة المجال في نقطة C تنتمي للقطعة [A, B] :

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

$$\vec{E} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{E}_A + \vec{E}_B = \vec{0}$$

بما أن منحاهما متعاكسان يمكن أن نكتب $E_A - E_B = 0 \Rightarrow E_A = E_B$ أي أن :

$$4AC^2 = BC^2$$

$$AB = AC + BC \Rightarrow BC = AB - AC$$

نعوض في المتساوية الأولى فنحصل على :

$$4AC^2 = (AB - AC)^2 \Rightarrow (3AC - AB)(AC + AB) = 0$$

$$AC = -AB \text{ et } AC = \frac{AB}{3}$$

الحل المقبول هو $AC = \frac{AB}{3}$

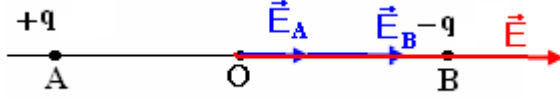
تمرين 4

1 - مميزات المجال الكهرساكن في النقطة O منتصف AB :

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{OA^2}, E_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{OB^2}$$

$$OA = OB = a$$

$$E_A = E_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$$

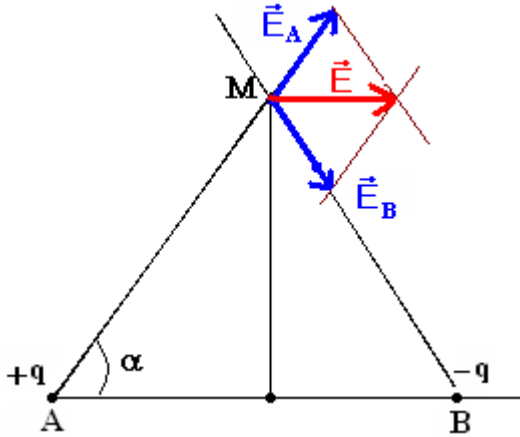


لدينا $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$ وبما أن للمتجهتين نفس المنحى $E = E_A + E_B \Rightarrow E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 a^2}$

2 - شدة المجال الكهرساكن $\vec{E}(M)$ المحذ في النقطة M واسط القطعة [A, B] بحيث أن

$$AM = BM = 2a$$

نلاحظ أن ABM تكون مثلث متساوي الأضلاع أي أن الزوايا $\hat{A} = \hat{M} = \hat{B} = \frac{\pi}{3}$



كذلك لدينا $E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{AM^2} = \frac{1}{16\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$ و

$$E_A = E_B \text{ وبالتالي } E_B = \frac{1}{16\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$$

حسب علاقة الجداء السلمي لدينا :

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

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

$$E^2 = 2E_A^2 + 2E_A^2 (2 \cos^2 \alpha - 1)$$

$$E^2 = 4E_A^2 \cos^2 \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow E = E_A = E_B$$

$$E = E_B = \frac{1}{16\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$$

تمرين 6

1 - مميزات متجهة المجال الكهرساكن في النقط التالية :
أ - في مركز المربع متجهة المجال الكهرساكن المحذ من طرف الشحن الكهربية منعدمة .

في نقطة M منتصف القطعة [C, D]

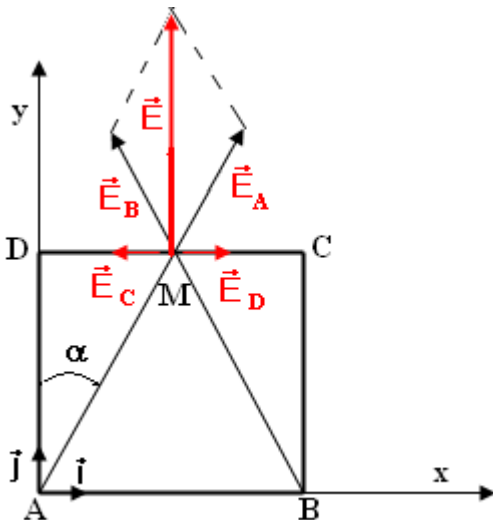
من خلال التمثيل الهندسي نلاحظ أن \vec{E}_D و \vec{E}_C لهما نفس

المنظم ومنحاهما متعاكسان ($E_C = E_D = K \frac{4q}{a^2}$ بحيث

$$\vec{E}_C + \vec{E}_D = \vec{0} \text{ إذن } (K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

حسب علاقة الجداء السلمي ، لدينا :



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

$$E_A = E_B = K \frac{q}{AM^2}$$

لأن المثلث ABM متساوي الساقين و $AM = \frac{a}{\cos \alpha}$

$$E_A = E_B = K \frac{q \cos^2 \alpha}{a^2}$$

$$E^2 = 2E_A^2 + 2E_A^2 (2 \cos^2 \alpha - 1)$$

وبالتالي

$$E^2 = 4E_A^2 \cos^2 \alpha$$

$$E = 2K \frac{q \cos^3 \alpha}{a^2}$$

مميزات متجهة المجال الكهرساكن في النقطة M هي :
المنحى : نحو الأعلى
الاتجاه عمودي على الضلع DC

$$E = 2K \frac{q \cos^3 \alpha}{a^2} \text{ المنظم}$$

2 - أ - مميزات متجهة المجال الكهرساكن في النقطة M .

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_D + \vec{E}_C$$

نسقط هذه العلاقة على المحورين OX و OY :

$$E_x = -E_A \sin \alpha - E_B \sin \alpha + E_C + E_D = -2K \frac{q \cos^2 \alpha}{a^2} \sin \alpha + \frac{8Kq}{a^2}$$

$$E_y = 0$$

$$E_y =$$

$$E^2 = E_x^2 + E_y^2 = \left(-2K \frac{q \cos^2 \alpha}{a^2} \sin \alpha + \frac{8Kq}{a^2} \right)^2$$

$$E = \frac{2Kq^2}{a^2} (4 - \cos^2 \alpha \sin \alpha)$$

ب - متجهة المجال الكهرساكن المحدث في النقطة C هو :

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_D$$

بم أنه لدينا مربع فالزاوية $\angle(\vec{AC}, \vec{i}) = 45^\circ$ والوتر $AC = a\sqrt{2}$

نسقط العلاقة المتجهة على OX :

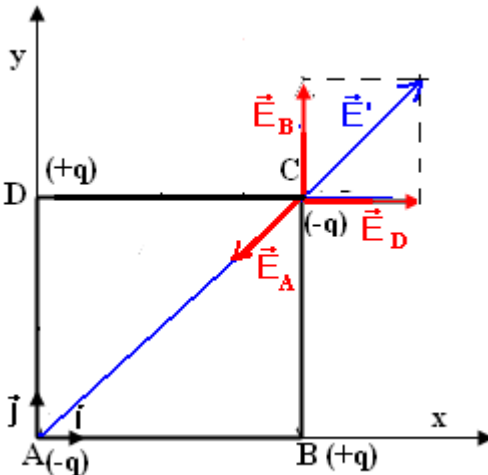
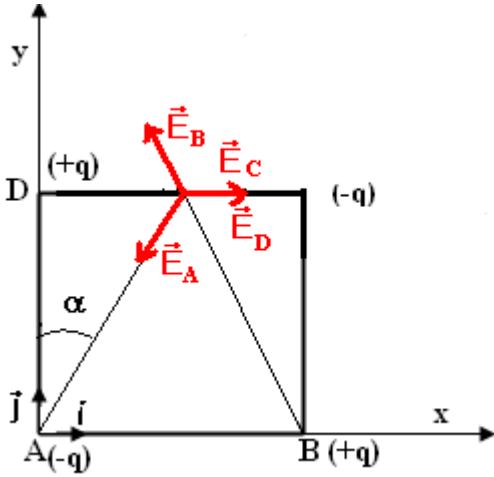
$$E_x = E_D - E_A \cos \beta$$

$$E_y = E_B - E_A \cos \beta$$

بحيث أن الزاوية $\beta = 45^\circ$ و $E_B = E_D = K \frac{q}{a^2}$ و $E_A = K \frac{q}{2a^2}$

$$E_x = K \frac{q}{a^2} - K \frac{q}{2a^2} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$E_x = K \frac{q}{a^2} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$



$$E_y = K \frac{q}{a^2} - K \frac{q}{2a^2} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$E_y = K \frac{q}{a^2} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{4} \right) \quad 9$$

$$E = \sqrt{E_x + E_y} = K \frac{q}{a^2} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{4} \right) \sqrt{2}$$

وبالتالي :

$$E = K \frac{q}{a^2} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right)$$

شدة القوة المطبقة على الشحنة الموجودة في النقطة C :

$$F = |q|E = E = K \frac{q^2}{a^2} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right)$$

طاقة الوضع الكهروستاتيكية

تمرين 1

$$U_{AB} = 3000V \quad 1$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_c) = 7,8 \cdot 10^{-16} J \quad 2$$

تمرين 3

نطبق مبرهنة الطاقة الحركية ونتوصل إلى النتيجة التالية :

$$v_A = \sqrt{\frac{2eEd}{m}} = 3,25 \cdot 10^7 m/s$$

تمرين 5

1 - مميزات متجهة المجال الكهروستاتيكي \vec{E}

- المنحى نحو الجهود التناقصية وبما أن $V_A > V_B$ إذن سيكون منحى \vec{E} نحو الصفيحة B .

- الاتجاه : عمودي على الصفيحتين

$$E = \frac{U_{AB}}{d} = 10^4 V$$

2 - شدة القوة الكهروستاتيكية المطبقة على الكرة :

$$\vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow F = qE = 2 \cdot 10^{-4} N$$

3 - تعبير الكتلة m :

دراسة توازن النواص الكهروستاتيك : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$ تم نسقط العلاقة على المحورين Ox و Oz

$$-F + T \sin \theta = 0 \Rightarrow T \sin \theta = F \quad \text{على Ox}$$

$$T \cos \theta - mg = 0 \Rightarrow T \cos \theta = mg \quad \text{على Oz}$$

من العلاقتين نستنتج :

$$\tan \theta = \frac{F}{mg} \Rightarrow m = \frac{F}{g \tan \theta}$$

$$m = 3,46 \cdot 10^{-5} kg \quad \text{تطبيق عددي}$$

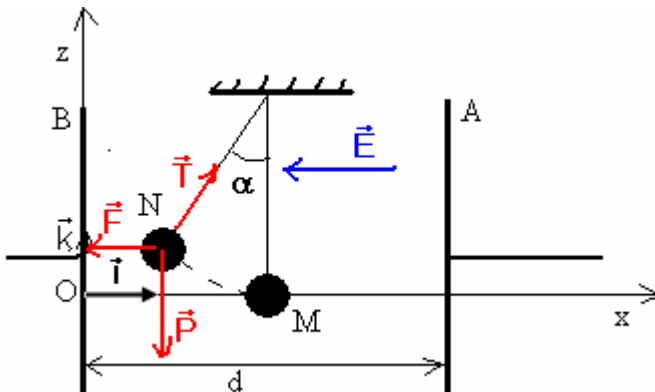
4 - شغل القوة الكهروستاتيكية عند انتقال الكرة

بالزاوية θ :

$$W_{M \rightarrow N}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{MN} = q\vec{E} \cdot \overrightarrow{MN} = q \cdot E \cdot MN$$

$$MN = \ell \sin \theta$$

$$W_{M \rightarrow N}(\vec{F}) = q \cdot E \cdot \ell \sin \theta$$



تطبيق عددي : $W_{M \rightarrow N}(\vec{F}) = 4.10^{-5} \text{ J}$

5 - نستنتج تغير طاقة الوضع الكهروستاتيكية :

$$\Delta E_{pe} = - W_{M \rightarrow N}(\vec{F}) = -q.E.l \sin \theta$$

$$\Delta E_{pe} = -4.10^{-5} \text{ J}$$

6 - طاقة الوضع الكهروستاتيكية للشحنة q هي : $E_{pe} = qE.x + C$

الحالة المرجعية لطاقة الوضع الكهروستاتيكية هي الصفيحة B أي أن $E_{pe} = 0$ في الموضع $x = 0$ وبالتالي

$$C = 0 \text{ وسيكون تعبير طاقة الوضع الكهروستاتيكية على الشكل التالي : } E_{pe} = qEx$$

طاقة الوضع في النقطة M وهي منتصف d أي أن $x_M = \frac{d}{2}$

$$E_{pe}(M) = qE \frac{d}{2} = 10^{-5} \text{ J تطبيق عددي}$$

نستنتج الجهد الكهربائي في النقطة M : لدينا الجهد في النقطة M هو V_M ونعلم أن

$$E_{pe} = qV_M \Rightarrow V_M = \frac{E_{pe}}{q} = 500 \text{ V}$$

7- تعبير تغير الطاقة الكلية للنواس هي :

$$\Delta E_g = \Delta E_{pe} + \Delta E_{pp} + \Delta E_c$$

$\Delta E_c = 0$ وبالتالي $v_M = v_N = 0$ بحيث أن N إلى M خلال انتقال النواس من M إلى N بحيث أن $v_M = v_N = 0$ وبالتالي

$$\Delta E_{pp} = - W_{M \rightarrow N}(\vec{P}) = +mgh = +mg\ell(1 - \cos \theta) : \text{ تغير طاقة الوضع الثقالية}$$

$$\Delta E_{pe} = qE\ell \sin \theta$$

$$\Delta E_g = mg\ell(1 - \cos \theta) + qE\ell \sin \theta \text{ أي أن}$$

تمارين 6

1 - أنظر الشكل

2 - قطرة الزيت في حالة توازن تحت تأثير قوتين \vec{P} و \vec{F}

$$\vec{P} + \vec{F} = \vec{0} \text{ أي أن } P = F$$

وبالتالي

$$mg = qE \Rightarrow mg = \frac{qU_{AB}}{d}$$

$$q = \frac{mgd}{U_{AB}}$$

$$\rho_{\text{huile}} = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho_{\text{huile}} \cdot V = \frac{4\rho_{\text{huile}}\pi r^3}{3} \text{ لدينا كذلك}$$

$$q = \frac{4\rho_{\text{huile}}\pi r^3 g d}{3U_{AB}}$$

تطبيق عددي : $q = 10e$

$$E_{pp} = mgz$$

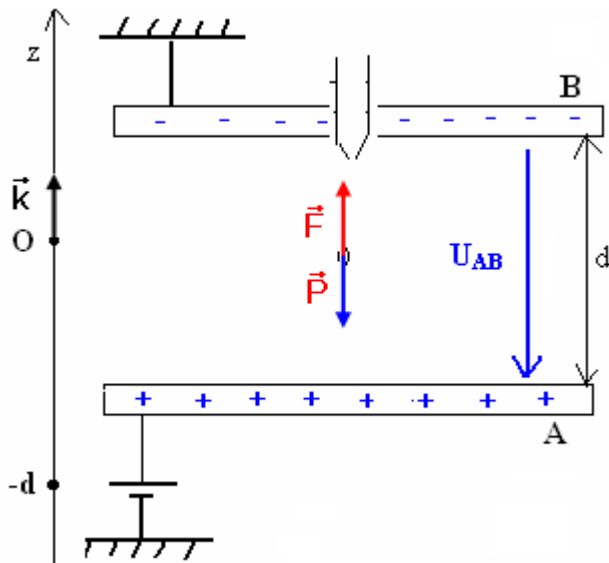
3 - حساب طاقة الوضع الثقالية لقطرة الزيت عند الصفيحة A

$$z = -d = -5.10^{-2} \text{ m}$$

$$E_{pp} = -0,356.10^{-14} \cdot 10.5.10^{-2} = -1,78.10^{-15} \text{ J أي أن}$$

3 - 2 طاقة الوضع الكهروستاتيكية لقطرة الزيت عند الصفيحة A :

$$E_{pe}(M) = qV_M + C \text{ عند الحالة المرجعية } E_{pe} = 0 \text{ عند } V_A = 0 \text{ أي أن } C = 0$$



$$E_{pe}(A) = qV_A = 1,78.10^{-15} \text{ J} \text{ لدينا } A \text{ عند النقطة } E_{pe}(M) = qV_M$$

أي أن طاقة الكلية لقطرة الزيت في النقطة B هي :

$$E(B) = E_c(B) + E_{pp}(B) + E_{pe}(B) = 0.036.10^{-20} \text{ J}$$

$$E_c = 0,036.10^{-20} \text{ J} \text{ بحيث أن}$$

$$E(A) = 0 \text{ منعدمة } A \text{ في النقطة}$$

بما أن $E(B) \neq E(A)$ يعني أن المجموعة غير محافظة وسبب ذلك وجود احتكاك بين قطرة الزيت والهواء .