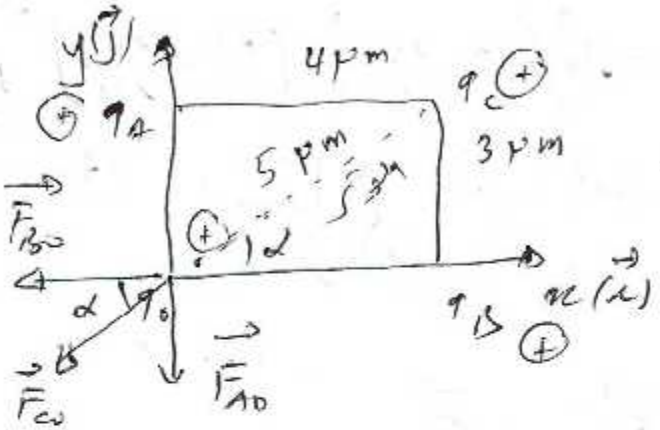
حلول السلسلة الأولى حول الشحنة الكهربائية
الفيزياء 2 - سنة أولى أعلام آلي و رياضيات

(1) تمثيل القوة الكهربائية التي تؤثر بها كل شحنة من الشحنات q_A, q_B, q_C على q_0. (أنظر الشكل)



- حساب القوة الكهربائية لكل شحنة.

$$F_{Ao} = k\frac{|q_A q_0|}{Ao^2}$$

$$F_{Ao} = \frac{9\,10^9 \cdot 1\,10^{-6}\,2\,10^{-6}}{(3.10^{-6})^2} = 2\,10^9\ N$$

$$F_{Bo} = \frac{k\,q_B q_0}{Bo^2}$$

$$= \frac{9\,10^9 \cdot 3\,10^{-6}\,2\,10^{-6}}{(4.10^{-6})^2} = \frac{27}{8}\,10^9\ N$$

$$F_{Co} = \frac{k\,q_C q_0}{Co^2}$$

$$= \frac{9\,10^9 \cdot 2\,10^{-6}\,2\,10^{-6}}{(5\,10^{-6})^2} = \frac{36}{25}\,10^9\ N$$

(2) حساب القوة الكهربائية $\vec{F}_{tot}$.

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_{Ao} + \vec{F}_{Bo} + \vec{F}_{Co}$$

- حساب مركبات القوى:

عند الإسقاط على المحورين (xx' و yy') نجد

$$\vec{F}_{tot} = -F_{Ao}\vec{j} - F_{Bo}\vec{i} - F_{Co/x}\vec{i} - F_{Co/y}\vec{j}$$

لحساب الآن $F_{Co/x}$ و $F_{Co/y}$ هذا مباشرة من الشكل

من الشكل الهندسي:

$$\cos\alpha = \frac{F_{Co/x}}{F_{Co}} = \frac{4}{5}$$ من الشكل

$$\Rightarrow F_{Co/x} = \frac{4}{5}F_{Co}$$

بالشكل نجد

$$\sin\alpha = \frac{F_{Co/y}}{F_{Co}} = \frac{3}{5}$$

$$\Rightarrow F_{Co/y} = \frac{3}{5}F_{Co}$$

إذن:

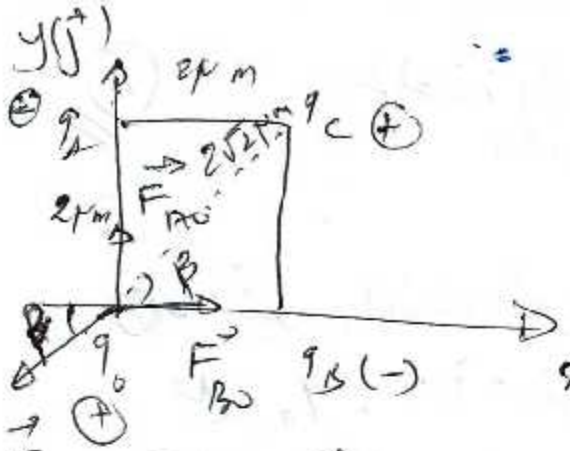
$$\vec{F}_{tot} = -F_{Ao}\vec{j} - F_{Bo}\vec{i} - \frac{4}{5}F_{Co}\vec{i} - \frac{3}{5}F_{Co}\vec{j}$$

$$\vec{F}_{tot} = -\left(F_{Ao} + \frac{3}{5}F_{Co}\right)\vec{j} - \left(F_{Bo} + \frac{4}{5}F_{Co}\right)\vec{i}$$

أي:

$$\vec{F}_{tot} = -\left(2\,10^9 + \frac{3}{5}\cdot\frac{36}{25}10^9\right)\vec{j} - \left(\frac{27}{8} + \frac{4}{5}\cdot\frac{36}{25}10^9\right)\vec{i}\ N$$

$$\vec{F}_{tot} = -10^9\left[\left(2 + \frac{108}{125}\right)\vec{j} + \left(\frac{27}{8} + \frac{144}{125}\right)\vec{i}\right]N$$



$\vec{F}_{CO}$ • حساب شدة القوة المؤثرة بكل شحنة

$$\begin{cases} F_{AO} = k\dfrac{q_A q_0}{AO^2} \\ F_{AO} = \dfrac{9\,10^9 \cdot 1\,10^{-6} \cdot 1\,10^{-6}}{(2\,10^{-2})^2} = \dfrac{9}{4}\,10^9\,N \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{BO} = k\dfrac{q_B q_0}{BO^2} \\ F_{BO} = \dfrac{9\,10^9 \cdot 3\,10^{-6} \cdot 1\,10^{-6}}{(2\,10^{-6})^2} = \dfrac{27}{4}\,10^9\,N \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{CO} = k\dfrac{q_C q_0}{CO^2} \\ F_{CO} = \dfrac{9\,10^9 \cdot 2\,10^{-6} \cdot 1\,10^{-6}}{(2\sqrt{2}\,10^{-6})^2} = \dfrac{9}{4}\,10^9\,N \end{cases}$$

② حساب شدة القوة الكهربائية المحصلة:

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_{AO} + \vec{F}_{BO} + \vec{F}_{CO}$$

المحصلة تنعدم على المحورين (Ox) و (Oy) لأن الشحنة q_0 في حالة توازن

$$\vec{F}_{tot} = F_{AO}\vec{j} + F_{BO}\vec{i} - F_{CO/x}\vec{i} - F_{CO/y}\vec{j}$$

$$= (F_{AO} - F_{CO/y})\vec{j} + (F_{BO} - F_{CO/x})\vec{i}$$

⑦

ومنه، المعادلة

$$F_{tot} = \|\vec{F}_{tot}\|$$

$$= 10^9\sqrt{\left(2+\frac{108}{125}\right)^2 + \left(\frac{27}{8}+\frac{144}{125}\right)^2}\ N$$

③ استنتاج شدة الحقل الكهربائي $\vec{E}$.

لدينا:

$$\vec{F}_{tot} = q_0\vec{E}_{tot}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_{tot} = \frac{\vec{F}_{tot}}{q_0}$$

ومنه، شدة

$$E_{tot} = \frac{F_{tot}}{q_0}$$

$$= \frac{10^9\sqrt{\left(2+\frac{108}{125}\right)^2 + \left(\frac{27}{8}+\frac{144}{125}\right)^2}}{2\,10^{-6}}$$

$$E_{tot} = \frac{10^{15}}{2}\sqrt{\left(2+\frac{108}{125}\right)^2 + \left(\frac{27}{8}+\frac{144}{125}\right)^2}\ \frac{N}{C}$$

ج 2:

• تمثيل شعاع القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_0 بدون سلم.

(انظر الشكل)

③ لحساب الآن :

$\begin{cases} F_{co/x} \\ F_{co/y} \end{cases}$

من الشكل المجاور نجد :

$\cos\beta = \frac{F_{co/x}}{F_{co}} = \frac{2}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$\sin\beta = \frac{F_{co/y}}{F_{co}} = \frac{2}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

إذن :

$\begin{cases} F_{co/x} = \frac{\sqrt{2}}{2} F_{co} \\ F_{co/y} = \frac{\sqrt{2}}{2} F_{co} \end{cases}$

ومنه :

$\vec{F}_{tot} = \left(F_{Ao} - \frac{\sqrt{2}}{2} F_{co}\right)\vec{j} + \left(F_{Bo} - \frac{\sqrt{2}}{2} F_{co}\right)\vec{i}$

ت.ع :

$\vec{F}_{tot} = \left(\frac{27}{4} - \frac{\sqrt{2}}{2}\frac{9}{4}\right)10^9 \vec{i} + \left(\frac{9}{4} - \frac{\sqrt{2}}{2}\frac{9}{4}\right)10^9 \vec{j}$

$= \frac{9}{4} 10^9 \left[\left(3 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)\vec{i} + \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)\vec{j}\right]$ N

$\simeq \frac{9}{4} 10^9 \left[2{,}3\,\vec{i} + 0{,}3\,\vec{j}\right]$ N

② العبارة :

$F_{tot} = \| \vec{F}_{tot} \|$:

$= \frac{9}{4} 10^9 \sqrt{(2{,}3)^2 + (0{,}3)^2}$ N

③ استنتاج شدة الحقل الكهربائي $\vec{E}_{tot}$

لدينا :

$\vec{F}_{tot} = q_0 \vec{E}_{tot}$

$\Rightarrow \boxed{\vec{E}_{tot} = \frac{\vec{F}_{tot}}{q_0}}$

أي أن شدته :

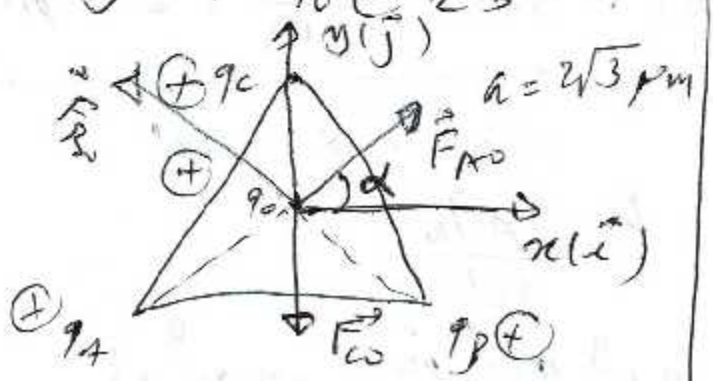
$E_{tot} = \frac{F_{tot}}{q_0}$

$= \frac{9}{4} 10^3 \frac{\sqrt{(2{,}3)^2 + (0{,}3)^2}}{1\,10^{-6}}$

$= \frac{9}{4} 10^5 \sqrt{(2{,}3)^2 + (0{,}3)^2}$ N/C

ت.3 :

1) تمثيل القوة الكهربائية التي تؤثر بها كل شحنة (النقطية) q_0 على q_A و q_B :

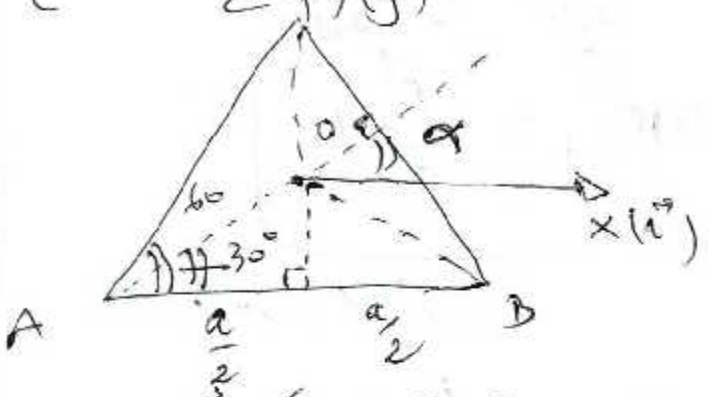


$q_A = q_B = q_C = 6$ µC

$q_0 = 2$ µC

(4) حساب القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_0

$$\begin{cases} F_{A0} = k\dfrac{q_A q_0}{AO^2} \end{cases}$$



لدينا من الشكل المقابل:

$$AO = BO = CO$$

لحساب AO نكتب:

$$\cos 30° = \frac{a/2}{AO}$$

$$\Rightarrow AO = \frac{a}{2} \Big/ \cos 30°$$

$$AO = \frac{a}{2\cos 30°} = \frac{a}{2\times\frac{\sqrt{3}}{2}}$$

$$\Rightarrow AO = \frac{a}{\sqrt{3}} = BO = CO$$

نعوض بالقيم العطاة:

$$a = 2\sqrt{3}\,\mu m = 2\sqrt{3}\,10^{-6}\,m$$

$$\Rightarrow \boxed{AO = BO = CO = \frac{a}{\sqrt{3}} = 2\,10^{-6}\,\mu m}$$

لحساب F_{A0} نكتب:

$$F_{A0} = k\frac{q_A q_0}{AO^2}$$

$$= \frac{9\,10^9\,6\,10^{-6}\cdot 2\,10^{-6}\,C}{(2\,10^{-6})^2} = 27\,10^9\,N$$

لحساب F_{B0} نكتب:

$$F_{B0} = k\frac{q_B q_0}{BO^2}$$

$$= \frac{9\,10^9\cdot 6\,10^{-6}\cdot 2\,10^{-6}\,C}{(2\,10^{-6})^2}$$

$$\boxed{F_{B0} = 27\,10^9\,N}$$

$$F_{C0} = k\frac{q_C q_0}{CO^2}$$

$$= \frac{9\,10^9\,6\,10^{-6}\cdot 2\,10^{-6}\,C}{(2\,10^{-6})^2}$$

$$\boxed{F_{C0} = 27\,10^9\,N}$$

(5) حساب القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_0 (المطلوب)

$$\vec{F}_{L0} = \vec{F}_{A0} + \vec{F}_{B0} + \vec{F}_{C0}$$

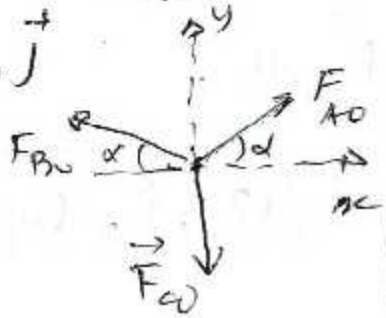
حساب مركبات القوى (أو الشعاع) على طول المحاور (xx') و (yy')

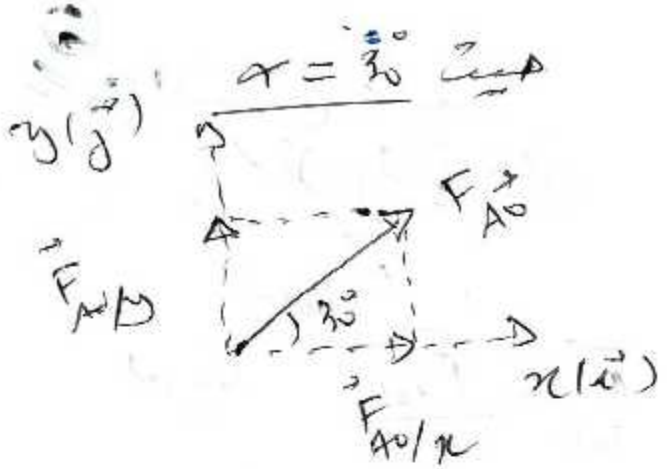
نجد:

$$\vec{F}_{L0} = F_{A0/x}\,\vec{i} + F_{A0/y}\,\vec{j}$$

$$- F_{B0/x}\,\vec{i} + F_{B0/y}\,\vec{j}$$

$$- F_{C0}\,\vec{j}$$





إذن

$$\sin 30° = \frac{F_{A0/y}}{F_{A0}} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{F_{A0/y} = \frac{1}{2} F_{A0}}$$

ومن

$$\vec{F}_{tot} = (2F_{A0/y} - F_{C0})\vec{j}$$

$$= \left(2 \cdot \frac{1}{2} F_{A0} - F_{C0}\right)\vec{j}$$

$$= (F_{A0} - F_{C0})\vec{j}$$

وبما أن

$$F_{C0} = F_{A0}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{tot} = \vec{0} \ N$$

② الشرط محصلة القوى الخارجية المطبقة على الجملة

$$\Rightarrow \boxed{F_{tot} = 0 \ N}$$

$$\vec{F}_{tot} = (F_{A0/x} - F_{B0/x})\vec{i} + (F_{A0/y} + F_{B0/y} - F_{C0})\vec{j}$$

بعد حساب واستنتاج ما يشكل لدينا.

$$F_{A0/x} = F_{B0/y}$$

لأنه لهما نفس زاوية الارتفاع ونفس العطالة.

إذن

$$\boxed{F_{A0/x} - F_{B0/x} = 0}$$

ومن جهة أخرى

$$F_{A0/y} = F_{B0/y}$$

وعليه

$$\vec{F}_{tot} = 0\vec{i} + (2F_{A0/y} - F_{C0})\vec{j}$$

$$\boxed{\vec{F}_{tot} = (2F_{A0/y} - F_{C0})\vec{j}}$$

نحسب الآن $F_{A0/y}$ وذلك ما يحتاج الكتلة سي.

(3) استنتاج شدة الحقل الكهربائي $\vec{E}_{tot}$

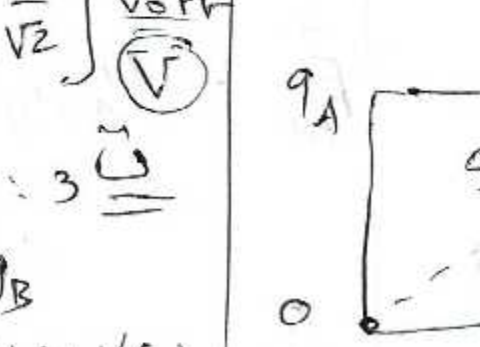
$$\vec{E}_{tot} = \frac{\vec{F}_{tot}}{q_0}$$ لدينا

$$= \frac{\vec{0}}{q_0} = \vec{0}$$

$$\Rightarrow \boxed{E_{tot} = 0 \ \frac{N}{C}}$$

ج 4: عند نزع الشحنة q_0 من موضعها في كل التجارب السابقة (3.2.1) يحسب المعدن الكهربائي في تلك النقطة (نقصد موضع الشحنة q_0 أي O) ناتج عن الشحنات q_A, q_B, q_C.

ج 1:



$$V(0) = V_A(0) + V_B(0) + V_C(0)$$

$$= 3 k \frac{q_A}{AO} = 3 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-6}}{0.5} = 3 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 10^9 \text{ Volt}$$

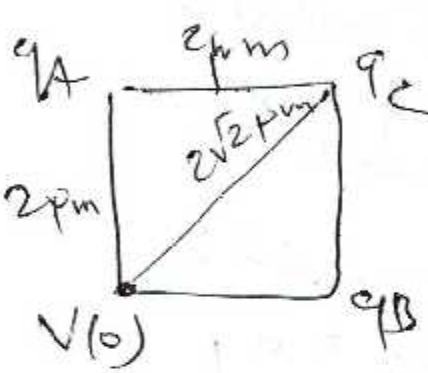
$$V(0) = k\frac{q_A}{AO} + k\frac{q_B}{BO} + k\frac{q_C}{CO}$$

$$= k\left[\frac{10^{-6}}{3\cdot10^{-6}} + \frac{3\cdot10^{-6}}{4\cdot10^{-6}} + \frac{2\cdot10^{-6}}{5\cdot10^{-6}}\right]$$

$$= 9\cdot10^9\left[\frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}\right]$$

$$\text{Volt} \quad [V]$$

ج 2:



$$V(0) = V_A(0) + V_B(0) + V_C(0)$$

$$= k\frac{q_A}{AO} + k\frac{q_B}{BO} + k\frac{q_C}{CO}$$

$$= k\left[-\frac{1\cdot10^{-6}}{2\cdot10^{-6}} - \frac{3\cdot10^{-6}}{2\cdot10^{-6}} + \frac{2\cdot10^{-6}}{2\sqrt{2}\cdot10^{-6}}\right]$$

$$V(0) = 9\cdot10^9\left[-2 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right] \text{ Volt} \quad (V)$$

ج 3:

$$V(0) = V_A(0) + V_B(0) + V_C(0)$$

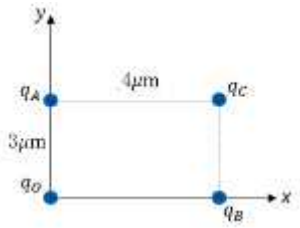
$$= k\frac{q_A}{AO} + k\frac{q_B}{BO} + k\frac{q_C}{CO}$$

$$= k\left(\frac{q_A}{AO} + \frac{q_B}{BO} + \frac{q_C}{CO}\right) = 3k\frac{q_A}{AO}$$

التمرين الاول:

نفرض انه لدينا أربع شحنات نقطية q_A ، q_B ، q_C و q_O موضوعة كما في الشكل أدناه حيث : $q_A=1\mu C$، $q_B=3\mu C$ ، $q_C=2\mu C$ و $q_C=2\mu C$

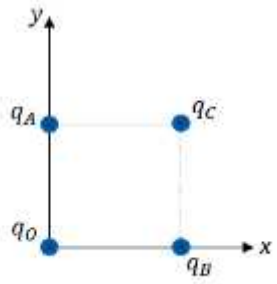
1. مثل ثم أحسب القوة الكهربائية التي تؤثر بها كل شحنة من الشحنات q_A، q_B و q_C على الشحنة q_O ؟
2. أحسب القوة الكهربائية الإجمالية المطبقة على الشحنة q_O ؟
3. استنتج شدّة الحقل الكهربائي في موضع الشحنة q_O ؟



التمرين الثاني:

نعتبر انه لدينا أربع شحنات نقطية q_A ، q_B ، q_C و q_O موضوعة على رؤوس مربع طول ضلعه $a=2\mu m$ كما في الشكل أدناه حيث : $q_A= -1\mu C$ ، $q_B=-3\mu C$، $q_C=2\mu C$ و $q_C=1\mu C$

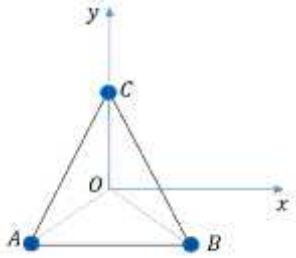
1. مثل ثم أحسب القوة الكهربائية التي تؤثر بها كل شحنة من الشحنات q_A، q_B و q_C على الشحنة q_O ؟
2. أحسب القوة الكهربائية الإجمالية المطبقة على الشحنة q_O ؟
3. استنتج شدّة الحقل الكهربائي في موضع الشحنة q_O ؟



التمرين الثالث:

نعتبر ثلاث شحنات نقطية q_A ، q_B وq_C موضوعة على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه $a=2\sqrt{3}\mu m$ كما هو موضح في الشكل حيث $q_A=q_B=q_C=6\mu C$ و (O) مركز ثقل المثلث. الان نضع شحنة نقطية $q_O=2\mu C$ في مركز المثلث (O).

1. مثل ثم أحسب القوة الكهربائية التي تؤثر بها كل شحنة من الشحنات q_A، q_B و q_C على الشحنة q_O ؟
2. أحسب القوة الكهربائية الإجمالية المطبقة على الشحنة q_O ؟
3. استنتج شدّة الحقل الكهربائي في موضع الشحنة q_O ؟



التمرين الرابع :

قم بنزع الشحنة من موضعها في كل التمارين الثلاثة السابقة و أحسب الكمون الكهربائي في تلك النقطة الناتج عن الشحنات ؟