المدرسة العليا للأساتذة بالأغواط قسم العلـــــوم الدقيقة السنة الأولى PEM, PES	مادة الكهرباء سلسلة رقم 1: القوة و الحقل الكهربائيين Force et champ électrique	ديسمبر 2024

التمرين الأول: نعتبر قضيب صغير من الزجاج كتلته تساوي 5g من أجل التبسيط نفرض أن هذا الزجاج مكون من SiO_2.

1- باستعمال المعطيات الموجودة في الجدول الدوري، أحسب الشحنة الكلية للإلكترونات التي يحتويها هذا القضيب.

2- بفرك هذا القضيب الزجاجي بقطعة من الحرير تنزع 10^{-12}% من الإلكترونات ،أحسب شحنة القضيب في هذه الحالة.

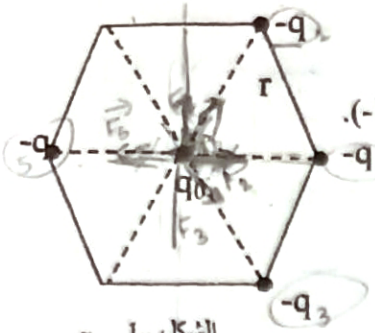
التمرين الثاني:

أربع(4) شحنات سالبة(q-)متساوية موزعة على رؤوس سداسي منتظم طول ضلعه a (الشكل -1-).

نضع في مركز السداسي شحنة موجبة q_0 .

عين اتجاه وطويلة القوة المؤثرة على q_0 بدلالة a، q و q_0 أحسب قيمتها العددية.

- ت ع: a=2cm ،q=20 nC و q_0 =30nC



الشكل -1

التمرين الثالث:

اعتبر ان هناك ثلاثة شحنات موضوعة على اركان مثلث قائم الزاوية كما هو موضح في الشكل . 2، حيث ان:

$q_1=q_3=5.00\ \mu C$ والشحنة $q_2=-2.00\ \mu C$ والمسافة a=0.100m.

أوجد القوة المحصلة المؤثرة على q_3 .

الشكل-2

التمرين الرابع:

نضع أربع شحنات نقطية على رؤوس مربع ABCD طول ضلعه a=1m كما هو موضح في الشكل-3

المركز O هو مبدأ المعلم المتعامد و المتجانس Oxy حيث أشعة الوحدة هي $\vec{e}_x$ و $\vec{e}_y$.

تعطى: $q_4=-q$ $q_3=2q$ $q_2=-2q$ $q_1=q=10^{-8}C$

$$K=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}=9.10^9 S\,I$$

1-أكتب عبارة الحقل الكهربائي $\vec{E}$ الناتج في النقطة O و أحسب قيمته. بين اتجاهه و حامله

2-أكتب عبارة الكمون الكهربائي V الناتج في النقطة O و أحسب قيمته.

3-أكتب عبارة الكمون الكهربائي في الأجزاء الداخلية من المحاور xx' و yy' داخل المربع على وجه الخصوص قيمة V عند نقاط تقاطع هذه المحاور مع جانبي المربع (I, I', J, J').

الشكل-3

التمرين الخامس:

أربعة شحنات نقطية موضوعة على رؤوس شبه منحرف كما هو موضح على الشكل.4.

حيث: $q_A=2.10^{-9}$ C, $q_B=2.10^{-9}$C, $q_C=-3.10^{-9}$C, $q_D=-3.10^{-9}$C

AB=BC=AD=MA=MB=MC=MD=2 cm

1- مثل كل اشعة الحقول الكهربائية عند النقطة M . أحسب و مثل الحقل الكهربائي الناتج عند النقطة M

2- أحسب الكمون الكهربائي في النقطة M .

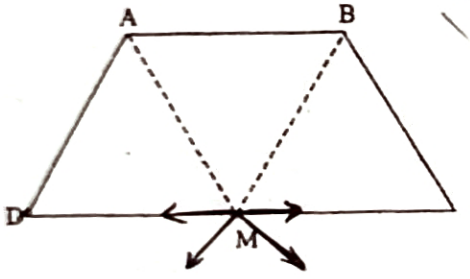
3- أحسب الطاقة الداخلية للجملة الكهربائية المكونة من الشحنات الأربعة.

4- نضع شحنة رابعة قيمتها $q_M=-10^9$C في النقطة M.

4-1. أحسب القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_M.

4-2. الطاقة الكامنة لهذه الشحنة.

4-3. العمل اللازم للقوة الكهربائية لنقل هذه الشحنة من الموضع M الى المالانهاية.



الشكل-4

التمرين العاشر

لتكن خريطة سويات الكمون الممثلة بالشكل .9 ،

1-ارسم المنحنى البياني ل $V(x)$ على طول المحور x .

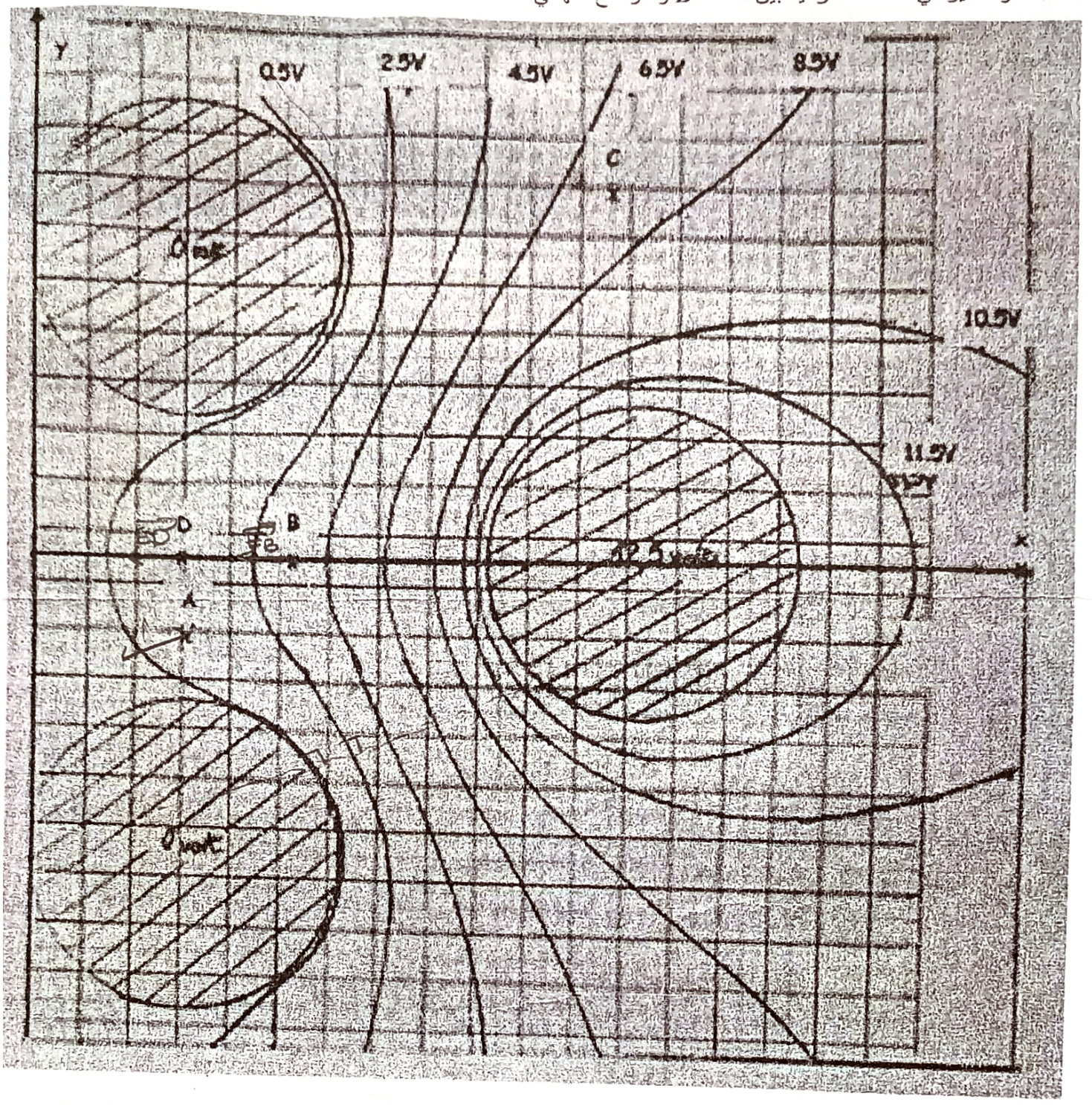
2-أوجد من خريطة سويات الكمون قيم الحقل الكهربائي E في النقاط B و D .

3-أرسم خطوط الحقل الكهربائي المارة بالنقاط A، B و C .

4-نضع شحنة $q= 10^{-6}C$ في النقطة B ، بدون سرعة ابتدائية و نتركها .

4-1. ماهو الاتجاه الذي تسلكه هذه الشحنة؟

4-2.ماهو التغير في الطاقة الحركية بين النقطة B و الوضع النهائي للشحنة؟



الشكل .9

المدرسة العليا للأساتذة بالأغواط قسم العلـــــوم الدقيقة السنة الأولى PEM, PES الاستاذة : بن عابد فضيلة	مادة الكهرباء سلسلة رقم 1: القوة و الحقل الكهربائيين Force et champ électrique	ديسمبر 2021

حل التمرين الأول

من الجدول الدوري نجد: Si – العدد الذري = 14

- الكتلة المولية = 28.09

O - العدد الذري = 08

- الكتلة المولية = 16

الكتلة المولية $SiO_2 = 28{,}08 + 2 \times 16{,}00 = 60{,}09 g/mol$

كل جزيء يحتوي على : الكترون $14 + 2 \times 8 = 30$

إذن القضيب الزجاجي يحتوي على: $n = \frac{m}{M} = \frac{5}{60{,}09} = 0{,}0832\ mol$

كل مول يحتوي على عدد أفوغادرو من الذرات:

نحسب عدد الذرات في 5g من SiO_2

1 mol $\rightarrow 6.02\times10^{23}$ ذرة

5g = 0.0832 mol $\rightarrow$ N ذرة

$N= 0.0832\times 6.02\times10^{23}$

$N= 5.01\times10^{22}$ ذرة أو جزيء

كل جزيء من SiO_2 يحتوي على : $8\times2+14=30$ إلكترون

إذن الشحنة :

$$Q= (5.02\times10^{22})\times30\times1.6\times10^{-19}$$

$$Q= -2.41\times10^{5}\ C$$

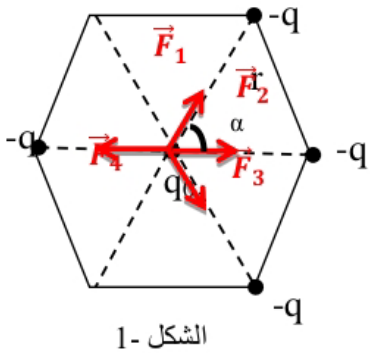
إذا نزعنا : 10^{-12} % من الإلكترونات

$\%\ 10^{-12}\times(-2.41\times10^{5})=-0.00241\mu C$

إذن شحنة القضيب تصبح موجبة : $+0.0024\mu C$

حل التمرين الثاني:

القوة المؤثرة في المركز:



الشكل -1

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_4$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_3$$

$$\vec{F} = F_1 cos\alpha\vec{\imath} + F_1 sin\alpha\vec{j} + F_3 cos\alpha\vec{\imath} - F_3 sin\alpha\vec{j}$$

$$\vec{F} = 2F_1 cos\alpha\vec{\imath} = 2k\frac{q_0 q}{r^2} cos\alpha\vec{\imath}$$

$$r = a, \quad \alpha = 60^0$$

$$\|\vec{F}\| = 2 \times 9 \times 10^{-9} \frac{30 \times 20 \times 10^{-18}}{(2 \times 10^{-2})^2}$$

$$\|\vec{F}\| = 13.5 \times 10^{-3} N$$

لتمرين الثالث:

$$\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

$$\|\vec{F}_{13}\| = k\frac{|q_1 q_3|}{(\sqrt{2}a)^2} = 9.10^9 \frac{(5.10^{-6}).(5.10^{-6})}{2(0.1)^2}$$

$$\|\vec{F}_{13}\| = 11.2N$$

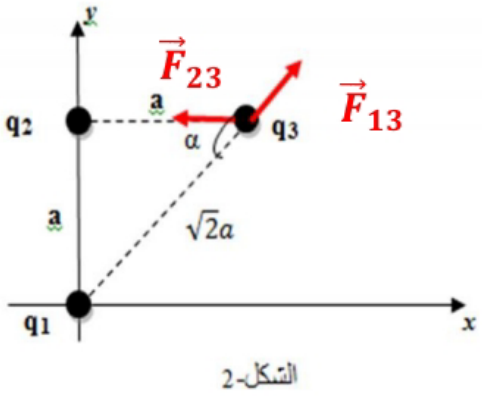
بالاسقاط:

$$\vec{F}_{13} = \|\vec{F}_{13}\| \cos\alpha\,\vec{\imath} + \|\vec{F}_{13}\| \sin\alpha\,\vec{j}$$

$\alpha = 45°$

$$\vec{F}_{13} = \|11.2\| \cos 45°\,\vec{\imath} + 11.2 \sin 45°\,\vec{j}$$

$$\vec{F}_{13} = 7.94\vec{\imath} + 7.64\vec{j}$$



الشكل-2

$$\|\vec{F}_{23}\| = k\frac{|q_2 q_3|}{(a)^2} = 9.10^9 \frac{(2.10^{-6}).(5.10^{-6})}{2(0.1)^2}$$

$$\|\vec{F}_{23}\| = 9N$$

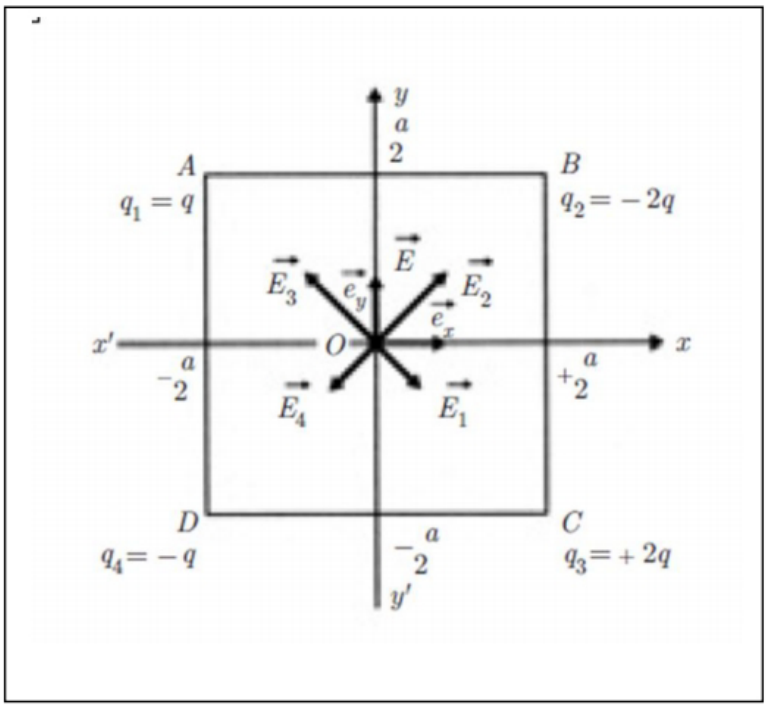
$$\vec{F}_{23} = -9\vec{\imath}$$

$$\vec{F} = -1.04\vec{\imath} + 7.94\vec{j}$$

حل التمرين الرابع

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

$$r = r_A = r_B = r_C = r_D$$



$$\vec{E}_A = k\frac{q}{r^2}(cos\frac{\pi}{4}\vec{e}_x - sin\frac{\pi}{4}\vec{e}_y)$$
$$\vec{E}_B = 2k\frac{q}{r^2}(cos\frac{\pi}{4}\vec{e}_x + sin\frac{\pi}{4}\vec{e}_y)$$

$$\vec{E}_C = 2k\frac{q}{r^2}(-cos\frac{\pi}{4}\vec{e}_x + sin\frac{\pi}{4}\vec{e}_y)$$
$$\vec{E}_A = k\frac{q}{r^2}(-cos\frac{\pi}{4}\vec{e}_x - sin\frac{\pi}{4}\vec{e}_y)$$

بالجمع نجد:

$$\vec{E} = 2k\frac{q}{r^2}sin\frac{\pi}{4}\vec{e}_y$$
$$r^2 = \frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{4} = \frac{a^2}{2}$$
$$\vec{E} = 2k\frac{q}{a^2}\frac{2\sqrt{2}}{2}\vec{e}_y = 2k\frac{q}{a^2}\sqrt{2}\vec{e}_y$$

إذن: - اتجاه $\vec{E}$ يكون مع المحور $\overrightarrow{Oy}$ الموجب

طويلة الحقل $|\vec{E}| = 2\frac{q}{a^2}\sqrt{2}$

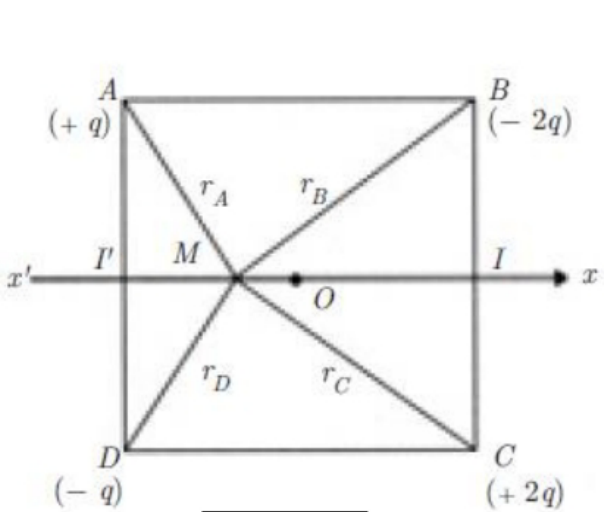
- حامله هو المحور $\overrightarrow{Oy}$

ت ع: $|\vec{E}| = 2 \times 9.10^9 \frac{10^{-8}}{(1)^2}\sqrt{2} = 254.6\ V/m$

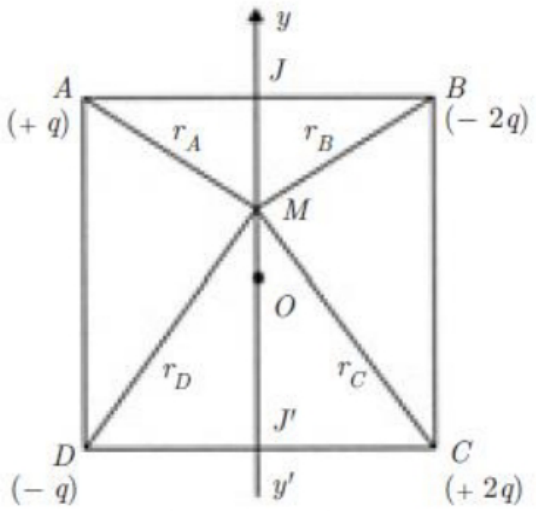
2- الكمون الكهربائي في النقطة O

$$V = V_A + V_B + V_C + V_D = \frac{2kq}{a\sqrt{2}}(1 - 2 + 2 - 1) = 0V$$

3- كتابة عبارة الكمون في الأجزاء الداخلية من المحاور



الحالة 1



الحالة 2

الحالة 1 : على المحور $x'Ox$: $\boldsymbol{M(x,0)}$

$$MA = MD, \qquad MB = MC$$

$$V = k.q\left[\frac{1}{MA} - \frac{2}{MB} + \frac{2}{MC} - \frac{1}{MD}\right]$$
$$V = 0$$

إذن على المحور $x'Ox$ الكمون معدوم $V = 0$

إذن:

$$V(I) = V(I') = 0$$

الحالة 2: على المحور $y'Oy$: $\boldsymbol{M(0,y)}$

$$MA = MB, \qquad MC = MD$$

$$V = k.q\left[\frac{1}{MA} - \frac{2}{MB} + \frac{2}{MC} - \frac{1}{MD}\right]$$

$$V = k.q\left[\frac{1}{MC} - \frac{1}{MB}\right]$$

$$V = k.q\left\{\left[(y + \frac{a}{2})^2 + \frac{a^2}{4}\right]^{-\frac{1}{2}} - \left[(\frac{a}{2} - y)^2 + \frac{a^2}{4}\right]^{-\frac{1}{2}}\right\}$$

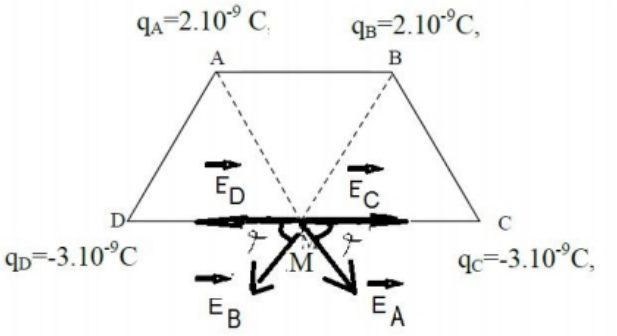
إذا كان النقطة M هي نفسها النقطة J:

$$JA = \frac{a}{2} \qquad JC = \frac{\sqrt{5}a}{2}$$

$$V(J) = k.q\left(\frac{2}{a\sqrt{5}} - \frac{2}{a}\right) = 99.5\ Volt$$

$$V(J') = -V(J) = -99.5\ Volt$$

تصحيح التمرين الخامس: 1) تمثيل الأشعة



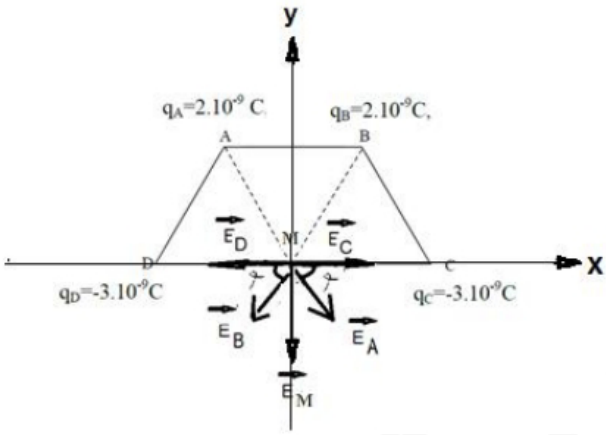
$$\vec{E} = \vec{E_A}+\vec{E_B}+\vec{E_C}+\vec{E_D}$$

بمأن: $q_c = q_D$ $\quad \vec{E_C} = -\vec{E_D}$ $\quad \vec{E_C}+\vec{E_D} = \vec{0}$

$$\vec{E} = \vec{E_A}+\vec{E_B}$$

بالإسقاط نجد

$$\vec{E} = -2\,E_A\,Sin\alpha\,\vec{j}$$



$$E_A = E_B = K\frac{q_A}{r^2} \qquad r = MA = MB = 2cm$$

متساوي الأضلاع: DMAبما أن كل الأضلاع متساوية فالمثلث

$$\alpha = 60°$$

$$\vec{E} = -2.9.10^9.\frac{2.10^{-9}}{(2.10^{-2})^2}.Sin60°\,\vec{j} = -7.79422.10^4\,\vec{j}\ \ (V/m)$$

M2) الكمون في

$$V = \frac{kq_A}{MA}+\frac{kq_B}{MB}+\frac{kq_C}{MC}+\frac{kq_D}{MD} = \frac{k}{MA}(q_A+q_B+q_C+q_D)$$

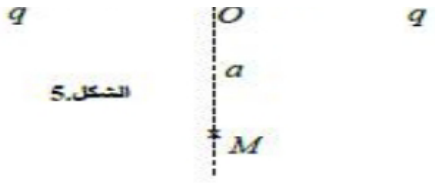
$$V = \frac{9.10^9}{2.10^{-2}}\,(2.10^{-9}+2.10^{-9}-3.10^{-9}-3.10^{-9}) = -9.10^2 v$$

3) الطاقة الداخلية:

$$u = \frac{1}{2}[E_P(A)+E_P(B)+E_P(C)+E_P(D)]$$

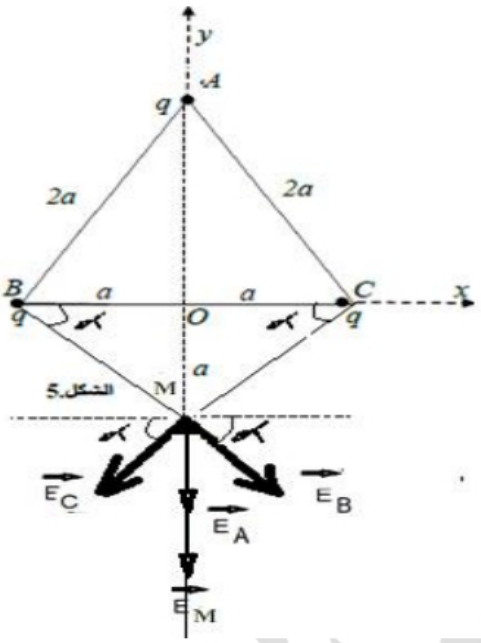
تصحيح التمرين السادس:

1) تمثيل الأشعة



الشكل.5

$$\overrightarrow{E_M} = \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B} + \overrightarrow{E_C}$$



الشكل.5

نجد بالإسقاط

$$\overrightarrow{E_A} = -E_A\,\vec{j} = -\frac{kq}{AM^2}\vec{j}$$

$$\overrightarrow{E_B} = E_B\cos\alpha\,\vec{i} - E_B\sin\alpha\,\vec{j}$$

$$\overrightarrow{E_B} = \frac{kq}{BM^2}\cos\alpha\,\vec{i} - \frac{kq}{BM^2}\sin\alpha\,\vec{j}$$

$$\overrightarrow{E_C} = -E_C\cos\alpha\,\vec{i} - E_C\sin\alpha\,\vec{j}$$

$$\overrightarrow{E_C} = -\frac{kq}{CM^2}\cos\alpha\,\vec{i} - \frac{kq}{CM^2}\sin\alpha\,\vec{j}$$

$$AM = AO + OM = \sqrt{(2a)^2 - a^2} + a = \sqrt{3}\,a + a = a(1+\sqrt{3})$$

$$BM = CM = \sqrt{a^2 + a^2} = \sqrt{2}\,a \qquad (\alpha = 45°)$$

$$\overrightarrow{E_M} = \frac{kq}{a^2}\left[-\frac{1}{(1+\sqrt{3})^2}\vec{j} + \frac{1}{2\sqrt{2}}\vec{i} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\vec{j} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\vec{i} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\vec{j}\right]$$

$$\boxed{\overrightarrow{E_M} = \frac{kq}{a^2}\left[-\frac{1}{(1+\sqrt{3})^2} - \frac{1}{\sqrt{2}}\right]\vec{j}}$$

$$\overrightarrow{E_M} = -84,108\,\vec{j}\ \frac{c}{m^2} \quad (\text{Ÿ}\dot{y}\ \frac{V}{m})$$

2 M) الكمون في

$$V_M = V_A + V_B + V_C = \frac{kq}{AM} + \frac{kq}{BM} + \frac{kq}{CM} = \frac{kq}{a}\left[\frac{1}{1+\sqrt{3}} + \frac{2}{\sqrt{2}}\right]$$

$$V_M = \frac{9.10^9}{3.10^{-2}}.10^{-11}\left[\frac{1}{1+\sqrt{3}}+\frac{2}{\sqrt{2}}\right]$$

$$V_M = 5{,}34\ \text{v}$$

3) الطاقة الداخلية للجملة:

$$u = \frac{1}{2}[E_P(A) + E_P(B) + E_P(C)]$$

$$u = \frac{1}{2}[qV_A + qV_B + qV_C]$$

$$V_A = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{2a} = \frac{2kq}{2a} = \frac{kq}{a}$$

$$V_B = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{2a} = \frac{kq}{a}$$

$$V_C = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{2a} = \frac{kq}{a}$$

$$u = \frac{1}{2}\left[q\left(\frac{kq}{a}\right) + q\left(\frac{kq}{a}\right) + q\left(\frac{kq}{a}\right)\right] = \frac{3kq^2}{2a}$$

ع ت : $U = 4{,}5\ 10^{-11}\ J$

(4

1-4mq : القوة الكهربائية االمؤثرة على الشحنة

$$\vec{F} = q_M\overrightarrow{E_M} = \frac{k.q_M.q}{a^2}\left[-\frac{1}{(1+\sqrt{3})^2}-\frac{1}{\sqrt{2}}\right]\vec{j}$$

ع ت : $\| \overrightarrow{F} \| = |q_M| \cdot \| \overrightarrow{E_M} \| = +10^9.\ 84,108\ N$

2-4) الطاقة الكامنة لهذه الشحنة:

$$E_p = q_M.V_M = q_M.\frac{kq}{a}\left[\frac{1}{1+\sqrt{3}}+\frac{2}{\sqrt{2}}\right]$$

ع ت : $E_p = -10^9.5,34\ \text{J}$

3-4) العمل اللازم:

$$W_{M\rightarrow} \bowtie = -\Delta E_p = -\left[E_p(\bowtie) - E_p(M)\right] = E_p(M)$$

$$W_{M\rightarrow} \bowtie = E_p(M) = -\ 5,34.10^9\ \text{J}$$

تصحيح التمرين السابع:

القوى المؤثرة على q_3 :

$$\overrightarrow{F_3} = \overrightarrow{F_{23}} + \overrightarrow{F_{13}} = -\frac{k.|q_2|.|q_3|}{x^2}\vec{\imath} + \frac{k.|q_1|.|q_3|}{(2-x)^2}\vec{\imath} = \vec{0}$$

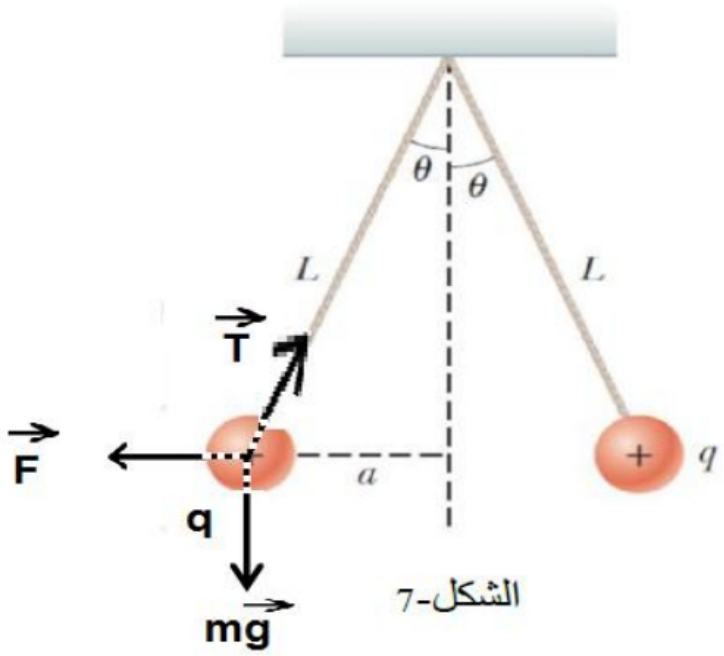
$$\longrightarrow \quad \frac{k.|q_2|.|q_3|}{x^2} = \frac{k.|q_1|.|q_3|}{(2-x)^2}$$

$$\longrightarrow \quad \frac{|q_2|}{x^2} = \frac{|q_1|}{(2-x)^2}$$

$$\longrightarrow \quad q_1.x^2 = q_2(2-x)^2$$

ت ع: $X=0{,}775\ m$

تصحيح التمرين الثامن:



الشكل-7

في حالة الاتزان:

$$\vec{F}+\vec{T}+\vec{P}=\vec{0}$$

بالإسقاط:

$$T.sin\theta - F = 0$$

$$Tcos\theta - mg = 0$$

$$T.sin\theta = F$$

$$Tcos\theta = mg$$

بالقسمة :

$$tg\theta = \frac{F}{mg}$$

$$F = tg\theta.mg = \frac{kq^2}{r^2}$$

$q = \sqrt{\frac{r^2.tg\theta.m.g}{K}}$; a=Lsinθ r=2a =2 Lsinθ

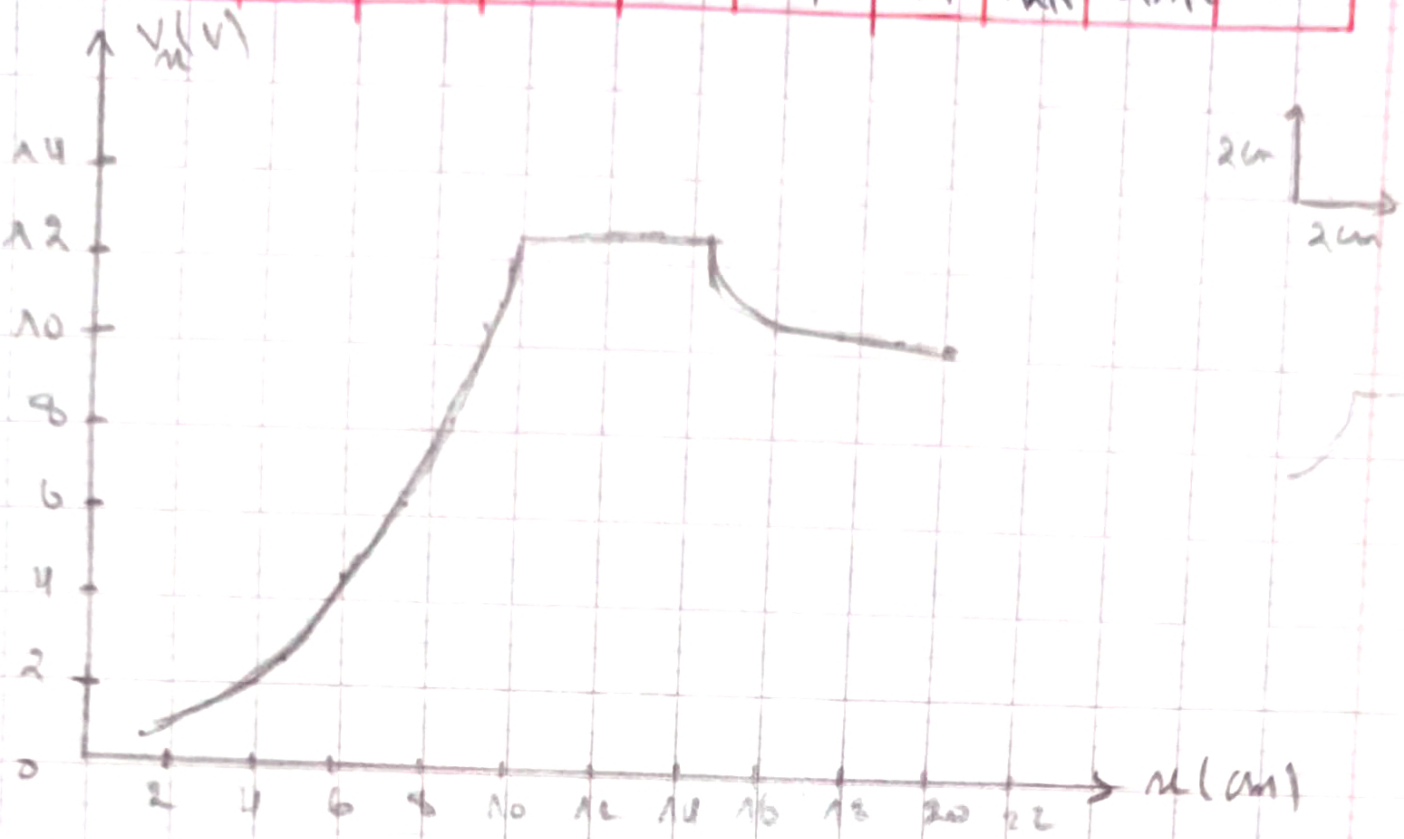
$$q = \sqrt{\frac{(2\ .\ L.\ sin\theta)^2.tg\theta.m.g}{K}}$$

$$q = \sqrt{\frac{(2\ .0{,}15.\sin 5)^2.tg5.3.10^{-2}.9{,}8}{9.10^9}} = 4{,}420.\ 10^{-8}c$$

حل التمرين العاشر :

1) رسم المنحنى البياني لـ $V(x) =$

x(cm)	1,5	4,5	6	7,2	8,1	8,8	9,1	9,5	17,8	20
V_x(V)	0,5	2,5	4,5	6,5	8,5	10,5	11,5	12,5	11,5	11



حساب الحقل عند النقاط =

$$|E| = \frac{\Delta V}{\Delta x}$$

$$E_D = \frac{(2,5 - 0,5)}{3} = \frac{2}{3} \text{ V/cm} = 66,66 \text{ V/m}.$$

$$E_B = \frac{(4,5 - 2,5)}{1,5} = 1,33 \text{ V/cm} = 133,33 \text{ V/m}.$$

$$E_E = \frac{6,5 - 4,5}{1} = 2 \text{ V/cm} = 200 \text{ V/m}.$$

-/3

1- (4

$\vec{F} = q.\vec{E}$ تكون حركة وفق الحقل المطبق بالنقطة B

-2-4

حساب إنخفاض طاقة الكامنة =

$E_{Ti} = E_{Tf}$

$E_{Pi} + E_{Ci} = E_{Pf} + E_{Cf}$; $\Delta E_C = -\Delta E_P = -q(V_F - V_i)$

$V_i = V_B = 3,5V$, $V_F = 0$

$\Delta E_C = 3,5 * 10^{-6} J$.