الكهرباء الساكنة

♥ أنواع الكهرباء:

الكهرباء الساكنة، الكهرباء المتحركة.

♥ الكهرباء الساكنة:

تجمع الشحنات الكهربائية على سطوح الأجسام.

♥ التكهرب:

هو شحن الجسم بشحنة كهربائية عن طريق فقدانه أو اكتسابه للإلكترونات.

♥ التفريغ:

هو انتقال الشحنات الكهربائية من جسم إلى آخر.

♥ قانون كولوم:

تؤثر شحنتان نقطيتان ساكنتان q_1 , q_2 ببعضهما في الخلاء بقوتين متعاكستين محمولتين على الخط الواصل بينهما، شدتهما المشتركة تتناسب طرداً مع كل من القيمتين المطلقتين للشحنتين وعكساً مع مربع البعد الفاصل بينهما. وتحسب بالعلاقة:

$$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$

حيث أن:

F : شدة القوة ووحدتها نيوتن N.

q_1, q_2: القيمة الجبرية للشحنة ووحدتها الكولوم C.

d : البعد الفاصل بين الشحنتين ووحدتها المتر m.

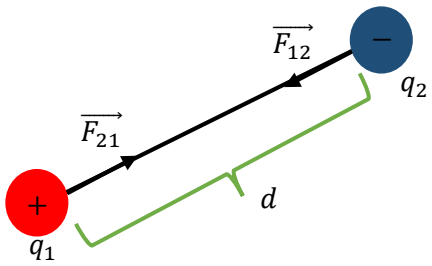
k : ثابت التناسب (ثابت كولوم) وقيمته $k = 9 \times 10^9 N.m^2.C^{-2}$

ملاحظة:

إن القوة الكهربائية F هي عبارة عن نوعين إما أن تكون تجاذبية أو تكون تنافرية.

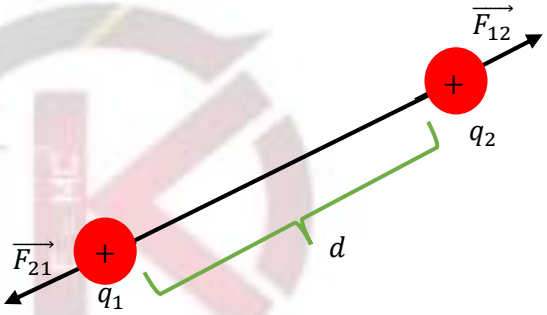
☺ تكون تجاذبية:

إذا كانت الشحنتان من إشارتين مختلفتين.



☺ تكون تنافرية:

إذا كانت الشحنتان من إشارتين متماثلتين.



أي أن الشحنتين النقطيتين الساكنتين (q_1, q_2) اللتين تبعدان عن بعضهما مسافة d تتبادلان التأثير فيما بينهما بقوتين متعاكستين بالجهة دوماً ومتساويتين بالشدة $F = F_{12} = F_{21}$ حيث:

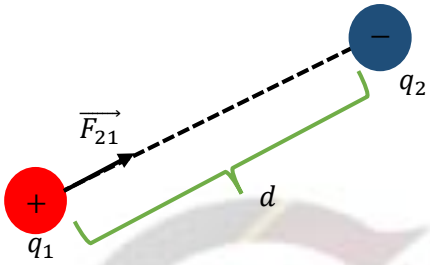
$\overrightarrow{F_{12}}$: القوة التي تؤثر بها الشحنة q_1 على الشحنة q_2.

$\overrightarrow{F_{21}}$: القوة التي تؤثر بها الشحنة q_2 على الشحنة q_1.

$$F = F_{12} = F_{21} = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$

حيث F تدعى القوة الكهربائية (قانون كولوم).

المسألة الأولى:



شحنتان نقطيتان ساكنتان:

$q_1 = 6\ \mu C$

$q_2 = -12\ \mu C$، **والبعد بينهما** $d = 2\ cm$

والمطلوب:

احسب شدة القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين النقطيتين مع رسم يوضح جهة القوة التي تؤثر بها q_2 على q_1.

الحل ...

- **معطيات المسألة:**

$$q_1 = 6\ \mu C = 6 \times 10^{-6}\ C$$
$$q_2 = -12\ \mu C = -12 \times 10^{-6}\ C$$
$$d = 2\ cm = 2 \times 10^{-2}\ m$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \frac{6 \times 10^{-6} \times 12 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2}$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6} \times 12 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}}$$
$$= 9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-2}$$
$$F = 162 \times 10^{+1} = 1620\ N$$

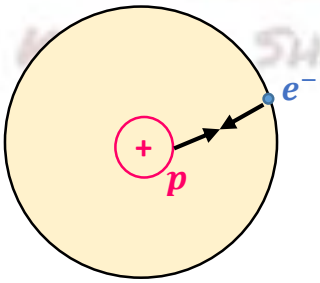
انتهت المسألة الأولى ...

المسألة الثانية:

تتألف ذرة الهدروجين H من بروتون يقع في نواتها، وإلكترون يدور حول النواة على مسار نصف قطره $r = 0.53 \times 10^{-10}\ m$، فإذا علمت أن شحنة الإلكترون $q_e = -1.6 \times 10^{-19} C$ وشحنة البروتون $q_p = 1.6 \times 10^{-19}\ C$ المطلوب: احسب شدة القوة الكهربائية المتبادلة بينهما مع رسم هندسي يوضح هذه القوة.

الحل ...

معطيات المسألة:



$$r = 0.53 \times 10^{-10}\ m, q_e = -1.6 \times 10^{-19} C$$
$$q_p = 1.6 \times 10^{-19}\ C$$
$$F = 9 \times 10^9 \frac{|q_e| \cdot |q_p|}{d^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(0.53 \times 10^{-10})^2}$$
$$F = 8.2 \times 10^{-8}\ N$$

انتهت المسألة الثانية ...

ملاحظة:

قبل البدء بحل المسألة الثالثة:

طرق حساب شدة محصلة قوتين إذا كانت هذه القوتين:

1. **على حامل واحد وبجهة وحدة.**

$$\Rightarrow F = F_1 + F_2$$

2. **على حامل واحد وبجهتين متعاكستين.**

$$\Rightarrow F = F_{\text{كبيرة}} - F_{\text{صغيرة}}$$

3. **متلاقيتان ومتعامدتان.**

$$\Rightarrow F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

4. متلاقيتان وغير متعامدتان.

$$\Longrightarrow F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta$$

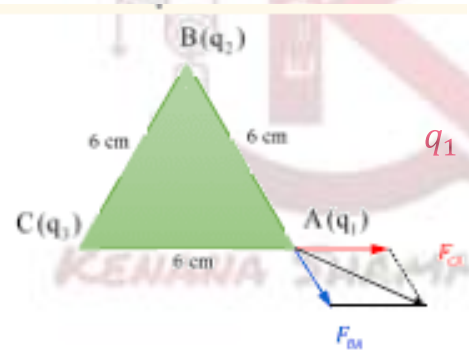
حيث θ الزاوية بين $(F_1\ ,F_2)$

المسألة الثالثة:

مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه $6\ cm$، نضع في رؤوسه الثلاث (A,B,C) ثلاث شحنات نقطية على الترتيب $q_1 = 0.2\mu C\ ,q_2 = 4\mu C\ ,q_3 = 6\mu C$ المطلوب: احسب شدة محصلة القوى المؤثرة في q_1.

الحل ...

- **معطيات المسألة:**



$$q_1 = 0.2\times10^{-6}C\ ,q_2 = 4\times10^{-6}C$$
$$q_3 = 6\times10^{-6}C$$

إن الشحنة q_3 تؤثر على q_1 بقوة $\overrightarrow{F_{31}}$

إن الشحنة q_2 تؤثر على q_1 بقوة $\overrightarrow{F_{21}}$

الآن لنحسب كلاً من $F_{31}\ ,F_{21}$

$$F_{21} = 9\times10^9\frac{|q_1|\cdot|q_2|}{d^2}$$
$$= \frac{9\times10^9\times0.2\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(6\times10^{-2})^2}$$
$$F_{21} = 0.2\times10 = 2\ N$$
$$F_{31} = 9\times10^9\frac{|q_1|\cdot|q_3|}{d^2}$$
$$= \frac{9\times10^9\times0.2\times10^{-6}\times6\times10^{-6}}{(6\times10^{-2})^2}$$
$$F_{31} = 0.3\times10 = 3\ N$$
$$\Longrightarrow F^2_{\text{كلية}} = F_{21}^2 + F_{31}^2 + 2F_{21}F_{31}\cos\theta$$

θ : بما أن المثلث متساوي الأضلاع $\Leftarrow$ قياس كل زاوية من زواياه 60° والزاوية المقابلة للرأس A أيضاً تساوي 60°.

$$F^2 = (2)^2 + (3)^2 + 2(2)(3)\left(\frac{1}{2}\right)$$
$$= 4 + 9 + 6 = 19\ N$$
$$\Longrightarrow F = \sqrt{19}\ N$$

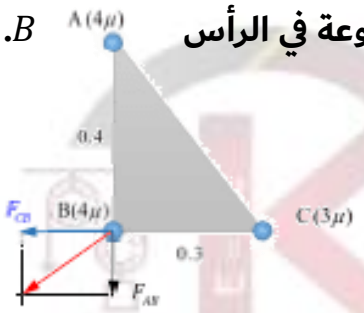
انتهت المسألة الثالثة ...

أ. كنانة شموط (0988055790)

المسألة الرابعة:

مثلث ABC قائم الزاوية في B طول ضلعه $AB = 40\ cm$، وطول ضلعه $BC = 30\ cm$، نضع في رؤوس المثلث (A, B, C) ثلاث شحنات نقطية على الترتيب $q_A = 4\ \mu C\ , q_B = 4\ \mu C\ , q_C = 3\mu C$

والمطلوب: احسب شدة القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة q_B الموضوعة في الرأس B.



الحل ...

معطيات المسألة:

$$q_A = 4 \times 10^{-6}\ C$$
$$q_B = 4 \times 10^{-6}\ C$$
$$q_C = 3 \times 10^{-6}\ C$$

لنحسب الآن شدة كل من القوتين $\overrightarrow{F_{AB}}\ , \overrightarrow{F_{CB}}$

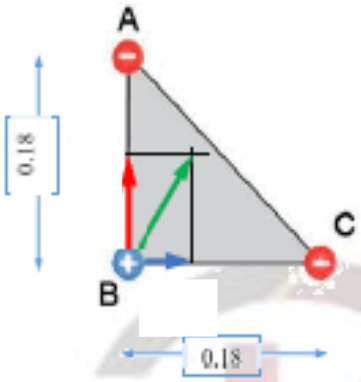
$$F_{AB} = 9 \times 10^9 \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$$
$$= \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(40 \times 10^{-2})^2}$$
$$F_{AB} = 0.9\ N$$
$$F_{CB} = 9 \times 10^9 \frac{|q_C| \cdot |q_B|}{d^2}$$
$$= \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(30 \times 10^{-2})^2}$$
$$F_{CB} = 1.2\ N$$
$$\Rightarrow F_{\text{كلية}} = \sqrt{F_{AB}^2 + F_{CB}^2} = \sqrt{(0.9)^2 + (1.2)^2}$$
$$= \sqrt{0.81 + 1.44} = \sqrt{2.25}$$
$$\Rightarrow F_{\text{كلية}} = \sqrt{\frac{225}{100}} = \frac{15}{10} = 1.5\ N$$

انتهت المسألة الرابعة ...

KENANA SHAMMOUT

أ. كنانة شموط (0988055790)

المسألة الخامسة:



ثلاث شحنات نقطية ساكنة

$q_1 = -8\ \mu C$

$q_3 = -4\ \mu C\ , q_2 = \ 3\ \mu C$ **متوضعة عند النقاط** (C, B, A)

على الترتيب وهي رؤوس مثلث متساوي الساقين $AB = BC = 18\ cm$

وقائم الزاوية في B **والمطلوب: احسب شدة القوة الكهربائية المؤثرة في**

الشحنة q_2 **الموضوعة في** B.

الحل ...

معطيات المسألة: $q_1 = -8 \times 10^{-6}\ C$

$$q_2 = 3 \times 10^{-6}\ C$$

$$q_3 = -4 \times 10^{-6}\ C$$

$$F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{(18 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_{12} = \frac{20}{3}\ N$$

$$F_{32} = 9 \times 10^9 \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{d^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(18 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_{32} = \frac{10}{3}\ N$$

$$\Rightarrow F_{\text{كلية}} = \sqrt{F_{12}^2 + F_{32}^2} = \sqrt{\left(\frac{20}{3}\right)^2 + \left(\frac{10}{3}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{500}{9}} = \sqrt{\frac{100 \times 5}{9}}$$

$$F = \frac{10\sqrt{5}}{3}\ N$$

انتهت المسألة الخامسة ...

أ. كنانة شموط (0988055790)

الحقل الكهربائي الساكن

♥ تعريف الحقل الكهربائي:

هو منطقة من الفراغ تتعرض فيها كل شحنة كهربائية لقوة كهربائية تجاذبية أو تنافرية.

♥ شدة الحقل الكهربائي الساكن المتولد عن شحنة نقطية ساكنة:

نضع شحنة نقطية q في نقطة ما فينتج عنها حقل كهربائي ساكن وتدعى هذه الشحنة بـِ **الشحنة المولدة للحقل الكهربائي** ويزداد هذا الحقل كلما اقتربنا من الشحنة المولدة للحقل الكهربائي، وتتناقص كلما ابتعدنا عن الشحنة المولدة للحقل الكهربائي.

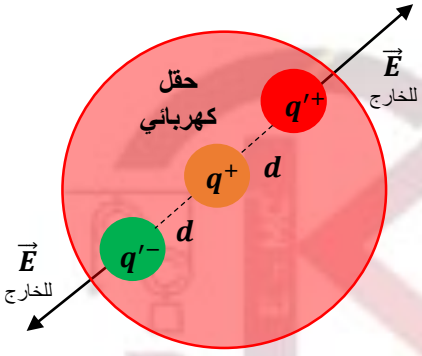
- **انتباه:** q قد تكون موجبة $q > 0$ أو سالبة $q < 0$.

ولاستنتاج عناصر شعاع الحقل الكهربائي الساكن في نقطة:

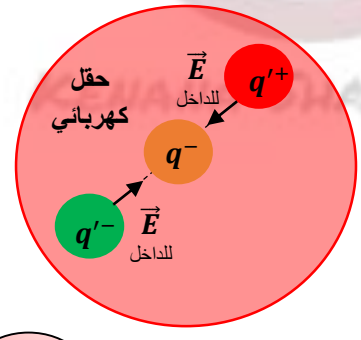
نضع شحنة نقطية q' **(متأثرة)** ضمن حقل كهربائي حيث تبعد مسافة d عن الشحنة q **(المولدة للحقل)**، سوف تتأثر الشحنة q' بشعاع الحقل الكهربائي $\vec{E}$ وتكون عناصره:

1. **نقطة التأثير:** النقطة المدروسة q'.
2. **الحامل:** المستقيم المار من النقطة المدروسة q' والشحنة المولدة للحقل الكهربائي q.
3. **الجهة:**

الحالة الأولى: إذا كانت $q > 0$ فإن جهة الحقل بعكس جهة q **(نحو الخارج)**.



الحالة الثانية: إذا كانت $q < 0$ فإن جهة الحقل بجهة q **(نحو الداخل)**.



ملاحظات هامة:

1- لا ننسى أبداً أن q هي الشحنة المولدة للحقل أو هي الشحنة المؤثرة وهي التي تحدد جهة الحقل الكهربائي.

2- لا تتعلق جهة الحقل الكهربائي بنوع الشحنة q' إذا كانت سالبة q'^{-} أو موجبة q'^{+} حيث أن الشحنة q' هي الشحنة المتأثرة بالحقل الكهربائي.

4. الشدة: تعطى بالعلاقة الآتية:

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{\text{القوة الكهربائية}}{\text{الشحنة المتأثرة}} \quad (*)$$

ونستطيع كتابة عبارة شدة الحقل الكهربائي بدلالة الشحنة المولدة للحقل q كما يلي:

نعوض علاقة شدة القوة الكهربائية في (*)

$$\boxed{F = 9 \times 10^9 \frac{q \cdot q'}{d^2}}$$

$$E = 9 \times 10^9 \frac{\frac{q \cdot q'}{d^2}}{q'}$$

$$\Rightarrow \boxed{E = 9 \times 10^9 \frac{q}{d^2} = k\frac{q}{d^2}}$$

وهي عبارة شدة الحقل الكهربائي بدلالة الشحنة المولدة للحقل الكهربائي.

أي نستنتج أن لشدة الحقل الكهربائي علاقتين:

$$E = \frac{F}{q'} \quad , E = k\frac{q}{d^2}$$

حيث أن:

q : الشحنة المولدة للحقل وتقدر بالكولوم C.

q' : الشحنة المتأثرة بالحقل وتقدر أيضاً بالكولوم C.

d : بعد النقطة المعتبرة عن q المولدة للحقل، وتقدر بـ m المتر.

k : ثابت كولوم $K = 9 \times 10^9 N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$

F : شدة القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة q' وتقدر بالنيوتن N.

E : شدة الحقل الكهربائي في نقطة d تبعد عن الشحنة q المولدة للحقل وتقدر بوحدة $N \cdot C^{-1}$ أو $C \cdot m^{-2}$

♥ الحقل الكهربائي الساكن المتولد عن عدة شحنات نقطية:

أ. كنانة شموط (0988055790)

في حال وجود عدة شحنات نقطية ساكنة، تولد كل منها حقلاً كهربائياً في نقطة واحدة a نحسب الحقل الناتج عن كل شحنة عند a ثم نجمع الحقول جمعاً شعاعياً للحصول على الحقل الكهربائي الكلي المؤثر في a أي:

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

ملاحظة: إذا كانت محصلة الحقول الكهربائية في نقطة ما معدومة فإن هذه النقطة تسمى **نقطة التعادل الكهربائي.**

ملاحظة: إذا كانت لدينا شحنتين مؤثرتين في شحنة ما ولحساب الحقل الكهربائي الكلي الناتج عن الشحنتين المؤثرتين في تلك الشحنة نميز أربع حالات:

1. إذا كان شعاعي الحقلين على حامل واحد وبجهة واحدة فإن:

$$E_{\text{كلي}} = E_1 + E_2$$

2. إذا كان شعاعي الحقلين على حامل واحد وبجهتين متعاكستين فإن:

$$E_{\text{كلي}} = E_{\text{الكبير}} - E_{\text{الصغير}}$$

3. إذا كان شعاعي الحقلين متلاقين ومتعامدين فإن:

$$E_{\text{كلي}} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

4. إذا كان شعاعي الحقلين متلاقين وغير متعامدين فإن:

$$E_{\text{كلي}}^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\theta$$

حيث θ هي الزاوية بين شعاعي الحقلين $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$

☺ بعض الأسئلة الهامة في هذا الدرس:

1. ماذا ينتج إذا كانت محصلة الحقول الكهربائية معدومة؟

الجواب: نقطة التعادل الكهربائي.

2. على ماذا تدل الخطوط المنحنية للحقل الكهربائي؟

الجواب: تدل الخوط المنحنية على أن الحقل الكهربائي يتغير.

3. على ماذا تدل الخطوط المتوازية للحقل الكهربائي؟

الجواب: تدل الخطوط المتوازية على أن الحقل الكهربائي منتظم.

4. إلى ماذا تؤدي زيادة شدة الحقل الكهربائي؟

الجواب: تجعل خطوط الحقل متراصة على بعضها أكثر.

5. متى نقول عن الحقل الكهربائي الساكن أنه منتظم في تجربة الصفيحتين المتوازيتين؟

الجواب: إذا تساوت أشعة الحقل الكهربائي في كل نقطة من تواجد الحقل حامل وجهة وشدة.

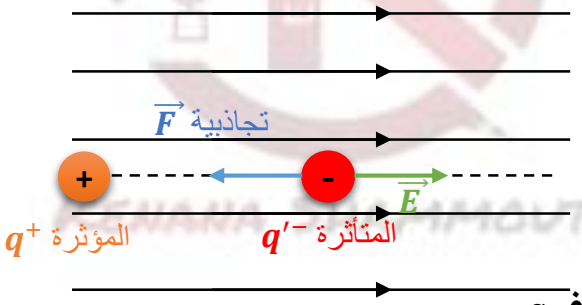
ملاحظات: 1- أشعة الحقل الكهربائي الساكن مماسية لخطوط الحقل في كل نقطة من المنطقة التي يسودها.

2- في كل نقطة من المطقة التي يسودها حقل كهربائي لا يمر سوى خطاً واحداً، وبالتالي خطوط القوة لا تتقاطع أي لا يمكن أن يكون للحقل إلا اتجاه واحد وشدة واحدة فقط.

حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

وضعت شحنة كهربائية نقطية $q = -2\ \mu C$ في نقطة يسودها حقل كهربائي منتظم فتأثرت بقوة شدتها $F = 0.08\ N$ **والمطلوب:**



1. احسب شدة الحقل الكهربائي المنتظم المؤثر على q.
2. ارسم شكلاً توضيحياً:
   a. خطوط قوة الحقل الكهربائي.
   b. شعاع القوة الكهربائية وشعاع الحقل الكهربائي المؤثرين في q.

الحل ...

- معطيات المسألة:

$$q'_{\text{المتأثرة}} = -2\ \mu C = -2 \times 10^{-6}\ C$$

$$F = 8 \times 10^{-2} N$$

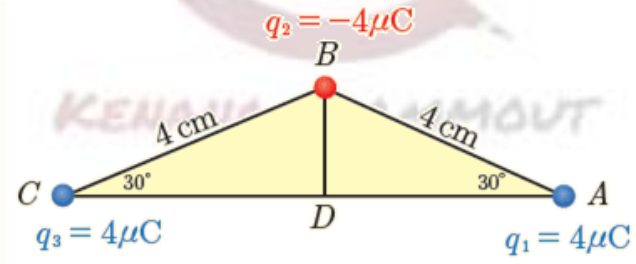
$$E = \frac{F}{q'} = \frac{8 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{+4}\ N \cdot C^{-1}$$

انتهت المسألة الأولى ...

المسألة الثانية:

من خلال قراءتك للشكل المجاور **المطلوب:**

1. احسب شدة الحقل الكهربائي الكلي في النقطة D.
2. احسب شدة القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة q_2 المتوضعة في النقطة B.



الحل ...

أ. كنانة شموط (0988055790)

معطيات المسألة:

$$q_1 = 4\mu C = 4 \times 10^{-6} C$$
$$q_2 = -4\ \mu C = -4 \times 10^{-6}\ C$$
$$q_3 = 4 \times 10^{-6}\ C$$

1. الطلب الأول:

$$E_D = E_1 + E_2 + E_3$$

نحسب ?= E_1 الناتج عن q_1 في D

$$E_1 = 9 \times 10^9 \frac{|q_1|}{d_1^2}$$

ولكن ?= d_1 نحسبها حسب فيثاغورث

$$d_1^2 = 4^2 - 2^2 = 16 - 14 = 12$$
$$\Longrightarrow d_1 = \sqrt{12} \times 10^{-2}\ m$$
$$\Longrightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6}}{\left(\sqrt{12} \times 10^{-2}\right)^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6}}{12 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^{+9} \times 10^{-2}$$
$$E_1 = 3 \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

الآن نحسب ?= E_2 الناتج عن q_2 في D

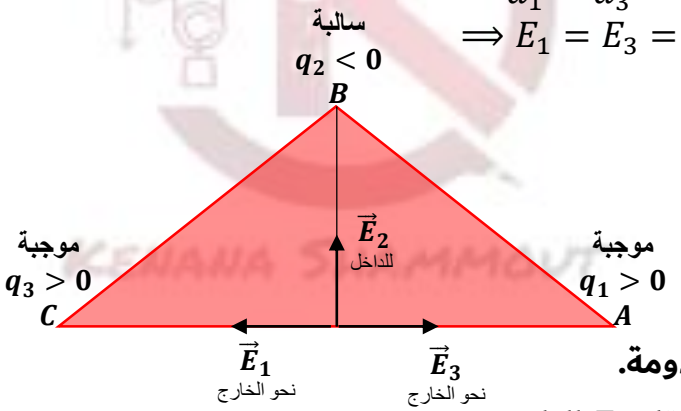
$$E_2 = 9 \times 10^9 \frac{|q_2|}{d_2^2} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2}$$
$$= \frac{\mathbf{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}}{\mathbf{4 \times 10^{-4}}} = \mathbf{9 \times 10^9 \times 10^{-6} \times 10^{+4}}$$
$$\Longrightarrow E_2 = 9 \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

الآن نحسب ?= E_3 الناتج عن q_3 في D

$$E_3 = 3 \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

لأن $q_3 = q_1$ والبعدان متماثلان

$$d_1 = d_3 = \sqrt{12} \times 10^{-2}\ m$$
$$\Longrightarrow E_1 = E_3 = 3 \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$



الآن نوجد ?= $E_{\text{كلي}}$

إن الحقلين E_1 , E_3 على حامل واحد وبجهتين متعاكستين وشدتين متساويتين ⟸ محصلتهما معدومة.

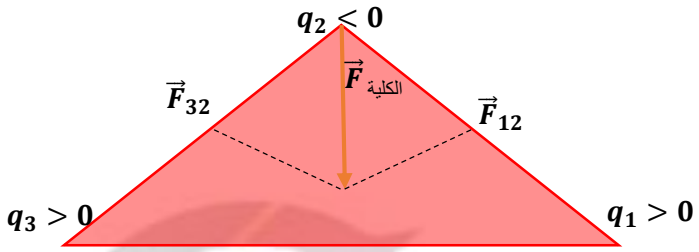
فإن الحقل الكهربائي الكلي المؤثر في النقطة D هو الحقل E_2 الناتج عن q_2

$$\Longrightarrow E_{\text{كلي}} = E_2 = 9 \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

2. الطلب الثاني:

$$F^2_{\text{كلية}} = F^2_{12} + F^2_{32} + 2F_{12}F_{32}\cdot\cos\theta \quad (*)$$



$$\Rightarrow F_{12} = 9\times10^9\frac{|q_1||q_2|}{d^2} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(4\times10^{-2})^2}$$

$$F_{12} = \frac{9\times10^9\times16\times10^{-12}}{16\times10^{-4}} = 9\times10^9\times10^{-12}\times10^{+4}$$

$$\Rightarrow F_{12} = 90\ N$$

$$F_{32} = 9\times10^9\frac{|q_2|\,|q_3|}{d^2} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times4\times10^{-6}}{(4\times10^{-2})^2}$$

$$F_{32} = \frac{9\times10^9\times16\times10^{-12}}{16\times10^{-4}} = 90\ N$$

الآن لنوجد الزاوية ؟= θ

$$\theta = 180-(30+30) \Rightarrow \theta = 120$$

$$\Rightarrow \cos(120) = \cos(180-60) = \cos(-60)$$

$$\Rightarrow \cos(120) = -\cos(60) = -\frac{1}{2}$$

الآن نعوض جميع المعطيات السابقة بـ (*)

$$F^2 = (90)^2 + (90)^2 + 2(90)(90)\left(-\frac{1}{2}\right)$$

$$F^2 = (90)^2 + (90)^2 - (90)^2 = (90)^2$$

$$\Rightarrow F = 90\ N$$

انتهت المسألة الثانية ...

المسألة الثالثة:

وضعت أربع شحنات نقطية $q_1 = 2\ \mu C, q_2 = 4\ \mu C$ **على زوايا مربع طول ضـــلعه** $a = 0.1\ m$ **مرتبة على التوالي باتجاه دوران عقارب الساعة، والمطلوب:**

1. احسب شدة الحقل الكهربائي الكلي الساكن عند مركز المربع.

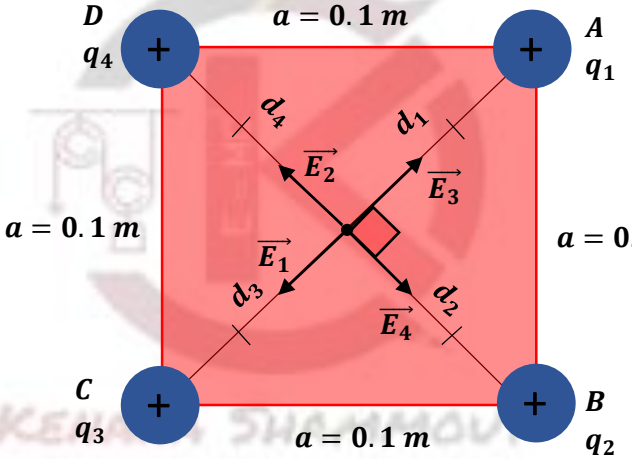
2. حدد عناصـــر القوة الكهربائية المؤثرة في إلكترون موضـــوع في مركز المربع حيث أن شـــحنة الإلكترون $e = 1.6\times10^{-19}\ C$.

الحل ...

- **معطيات المسألة:**

أ. كنانة شموط (0988055790)

$$q_1 = 2\times10^{-6}C\ ,q_2 = 4\times10^{-6}C$$
$$q_3 = 6\times10^{-6}C\ ,q_4 = 8\times10^{-6}C$$



نحسب E_1 الناتج عن q_1 في مركز المربع

$$E_1 = 9\times10^9\frac{|q_1|}{d_1^2}$$
$$d_1 = ?$$
$$= 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}}{d_1^2}$$

نحسب d_1 =? من المثلث ΔABD

$$BD^2 = AB^2 + AD^2$$
$$BD^2 = a^2 + a^2 = (0.1)^2 + (0.1)^2$$
$$BD = \sqrt{2(0.1)^2} = 0.1\sqrt{2}$$

ولكن $d_1 = \frac{BD}{2} = \frac{0.1}{2}\sqrt{2}$

ولكن $d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = \frac{0.1}{2}\sqrt{2}\ m$

$$\Longrightarrow E_1 = 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}}{\left(\frac{0.1}{2}\sqrt{2}\right)^2} = 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}\times4}{10^{-2}\times2}$$
$$= 9\times10^9\times10^{-6}\times4\times10^{+2}$$
$$\Longrightarrow E_1 = 36\times10^{+5}\ N\cdot C^{-1}$$

نحسب E_2 الناتج عن q_2 في مركز المربع

$$E_2 = 9\times10^9\frac{|q_2|}{d_2^2} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times4}{10^{-2}\times2}$$
$$E_2 = 72\times10^{+5}\ N\cdot C^{-1}$$

نحسب E_3 الناتج عن q_3 في مركز المربع

$$E_3 = 9\times10^9\frac{|q_3|}{d_3^2} = \frac{9\times10^9\times6\times10^{-6}\times4}{10^{-2}\times2}$$
$$E_3 = 108\times10^{+5}\ N\cdot C^{-1}$$

نحسب E_4 الناتج عن q_4 في مركز المربع

$$E_4 = 9\times10^9\frac{|q_4|}{d_4^2} = \frac{9\times10^9\times8\times10^{-6}\times4}{10^{-2}\times2}$$
$$E_4 = 144\times10^{+5}\ N\cdot C^{-1}$$

إن الحقلين $\vec{E}_3, \vec{E}_1$ على حامل واحد وبجهتين متعاكستين فتكون محصلتهما

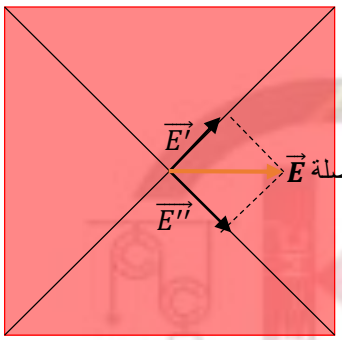
$$E' = E_3 - E_1 = 108\times10^{+5} - 36\times10^{+5}$$
$$E' = 72\times10^{+5}\ N\cdot C^{-1}$$

كما أن الحقلين $\vec{E}_4, \vec{E}_2$ على حامل واحد وبجهتين متعاكستين فتكون محصلتهما

أ. كنانة شموط (0988055790)

$$E'' = E_4 - E_2 = 144 \times 10^{+5} - 72 \times 10^{+5}$$
$$E'' = 72 \times 10^{+5}\ N \cdot C^{-1}$$

ولنرسم الآن E'', E' المتساويتان ونرسم محصلتهما $\vec{E}$ ونحسب شدة المحصلة E.



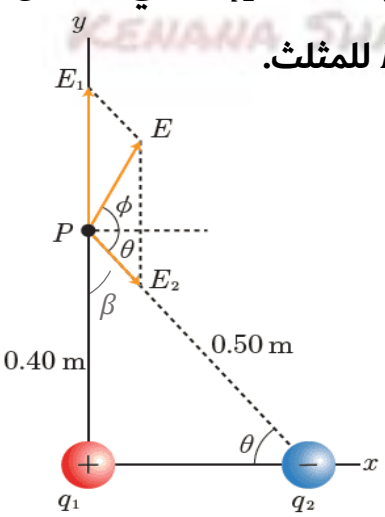
فيكون الحقل الكهربائي الكلي عند مركز المربع:

$$E = \sqrt{(72 \times 10^{+5})^2 + (72 \times 10^{+5})^2}$$
$$E = \sqrt{2 \times (72 \times 10^{+5})^2}$$
$$E = 72 \times 10^{+5}\sqrt{2}\ N \cdot C^{-1}$$

انتهت المسألة الثالثة ...

المسألة الرابعة:

شحنتان متوضعتان على رأسي مثلث قائم $q_1 = +16\ \mu C\ , q_2 = -12.5\ \mu C$ **كما في الشكل المجاور. والمطلوب: احسب شدة الحقل الكهربائي الناتج في الرأس الثالث P للمثلث.**



"أي المطلوب: $\vec{E} = ?$ **في P"**

الحل ...

معطيات المسألة:

$$q_1 = 16\ \mu C = 16 \times 10^{-6} C$$
$$q_2 = -12.5\ \mu C = -12.5 \times 10^{-6} C$$
$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\alpha \quad (*)$$

حيث أن $\alpha = (\vec{E}_1\ \hat{,}\ \vec{E}_2)$

الآن نحسب $E_2\ , E_1$ ونجد $\cos\alpha$ ثم نعوض في (*)

$$E_1 = 9 \times 10^9 \frac{|q_1|}{d_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 16 \times 10^{-6}}{\underbrace{16 \times 10^{-2}}_{(0.4)^2 = 16 \times 10^{-2}}}$$
$$E_1 = 9 \times 10^{+5}\ N \cdot C^{-1}$$
$$E_2 = 9 \times 10^9 \frac{|q_2|}{d_2^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 12.5 \times 10^{-6}}{\underbrace{25 \times 10^{-2}}_{(0.5)^2 = 25 \times 10^{-2}}}$$
$$E_2 = 45 \times 10^{+4} = 4.5 \times 10^{+5}\ N \cdot C^{-1}$$

نلاحظ من الشكل نجد أن:

زاويتان متكاملتان $\alpha + \beta = 180$

$$\Longrightarrow \cos\alpha = -\cos\beta$$

ولكن أيضاً من الشكل يكون $\cos\beta$ **يساوي** $\frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$

أ. كنانة شموط (0988055790)

$$\cos\beta = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \frac{0.4}{0.5} = 0.8$$

$$\Longrightarrow \cos\alpha = -0.8$$

الآن نعوض كل من E_2, E_1 و $\cos\alpha$ في (*)

$$E^2 = (9\times10^{+5}) + \left(\frac{9}{2}\times10^{+5}\right)^2 + 2\times9\times10^{+5}\times\frac{9}{2}\times10^{+5}(-0.8)$$

$$E^2 = (9\times10^{+5}) + \left(\frac{9}{2}\times10^{+5}\right)^2 + (-0.8)(9\times10^{+5})^2$$

$$E^2 = (9\times10^{+5}) + \left(\frac{9}{2}\times10^{+5}\right)^2 - (9\times10^{+5})^2(0.8)$$

$$E^2 = 81\times10^{+10} + \frac{81}{4}\times10^{+10} - 81\times10^{+10}\,(0.8)$$

$$E^2 = 81\times10^{+10} + 20.25\times10^{+10} - 64\times10^{+10}$$

$$E^2 = 36.45\times10^{+10} \Longrightarrow E \cong 6\times10^{+5}\ N\cdot C^{-1}$$

انتهت المسألة الرابعة ...

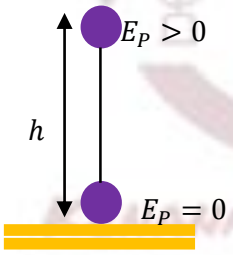
KENANA SHAMMOUT

أ. كنانة شموط (0988055790)

الكمون الكهربائي

♥ مقدمة:

تخضع الأجسام الموجودة بالقرب من سطح الأرض لتأثير حقل الجاذبية الأرضية وبنقلها نحو الأعلى نقوم بعمل يعاكس عمل قوة جذب الأرض مما يكسبها طاقة كامنة ثقالية $E_P = mgh$ وهذا مايحدث للشحنات الكهربائية الساكنة عند وضعها ونقلها في منطقة يسودها حقل كهربائي ساكن.



أي: تزداد الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة المتأثرة سواء كانت هذه الشحنة موجبة أم سالبة والسبب اكتسابها عملاً اختزنته على شكل طاقة كامنة كهربائية.

♥ تعلم:

نسمي سعة الطاقة الكامنة الكهربائية E_P التي تختزنها الشحنة الكهربائية في نقلة ما إلى قيمة الشحنة q' الموضوعة فيها بـ الكمون الكهربائي V ويعرف بالعلاقة الآتية:

$$V = \frac{E_P}{q'} \quad \text{ومنه} \rightarrow E_P = q' \cdot V$$

حيث أن:

E_P : الطاقة الكامنة للشحنة المتأثرة q' وتقدر بالجول (J).

q' : قيمة الشحنة الكهربائية المتأثرة وتقدر بالكولوم (C).

V : الكمون الكهربائي ويقدر بـ الفولت (V).

♥ تعريف الفولت:

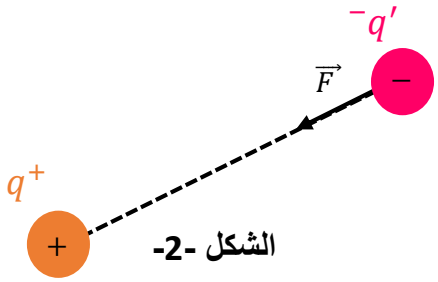
قيمة الكمون الكهربائي عند نقطة، إذا وضعت عندها وحدة الشحنات الموجبة فإنها تكتيب طاقة كامنة كهربائية مقدارها واحد جول.

♥ تفسير الحركة الطوعية للشحنات الكهربائية

- نضع شحنة كهربائية متأثرة $^{+}q'$ موجبة في منطقة يسودها حقل كهربائي متولد عن شحنة q^{+} مؤثرة موجبة فتكون القوة الكهربائية التي تؤثر بالشحنة $^{+}q'$ هي قوة تنافرية جهتها نحو الخارج وهذا يعني أن الشحنة $^{+}q'$ تبتعد عن الشحنة q^{+} أي تبتعد الشحنة المتأثرة $^{+}q'$ عن الشحنة المؤثرة q^{+} مما يؤدي إلى تناقص الطاقة الكامنة (الكهربائية) E_P أي $E_P = +q'V$ تناقص

الشكل -1-

- نضع شحنة كهربائية متأثرة $^{-}q'$ سالبة في منطقة يسودها حقل كهربائي متولد عن شحنة q^{+} مؤثرة موجبة فتكون القوة الكهربائية التي تؤثر بالشحنة $^{-}q'$ هي قوة تجاذبية جهتها نحو الداخل وهذا يعني أن الشحنة $^{-}q'$ تقترب من الشحنة q^{+} أي تقترب الشحنة المتأثرة $^{-}q'$ عن الشحنة المؤثرة q^{+} مما يؤدي إلى تزايد الطاقة الكامنة (الكهربائية) E_P أي $E_P = -q'V$ تناقص



الشكل -2-

☺ نستنتج مما سبق:

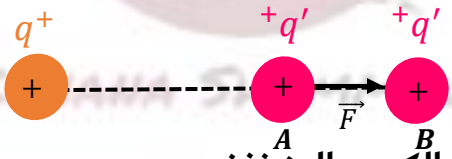
1. الحركة الطوعية للشحنات الكهربائية تكون حيث تنقص طاقتها الكامنة الكهربائية، أي الشحنة المتأثرة تتحرك بحيث تتناقص الطاقة الكامنة الكهربائية.

♥ بعض الملاحظات الهامة:

1. عندما نضع شحنة موجبة $^{+}q'$ متأثرة في نقطة A من منقطة يسودها حقل كهربائي متولد عن شحنة موجبة q^{+} فتكون القوة الكهربائية التي تؤثر بالشحنة $^{+}q'$ هي قوة تنافرية جهتها نحو الخارج فتنتقل الشحنة الموجبة $^{+}q'$ المتأثرة إلى النقطة B حيث أن الكمون في النقطة B أصغر من الكمون في النقطة A (لأن كلما ابتعدنا عن الشحنة المؤثرة كلما تناقص الكمون).

عند A الكمون أكبر (مرتفع)

عند B الكمون أصغر (منخفض)



☺ نستنتج: تنتقل الشحنة الموجبة $^{+}q'$ من الكمون المرتفع إلى الكمون المنخفض.

أ. كنانة شموط (0988055790)

2. عندما نضع شحنة سالبة $^{-}q'$ متأثرة في نقطة A من منقطة يسودها حقل كهربائي متولد عن شحنة موجبة q^{+} فتكون القوة الكهربائية التي تؤثر بالشحنة $^{-}q'$ هي قوة تنافرية جهتها نحو الداخل فتنتقل الشحنة السالبة $^{-}q'$ المتأثرة إلى النقطة C حيث أن الكمون في النقطة C أكبر من الكمون في النقطة A (لأن كلما اقتربنا من الشحنة المؤثرة كلما ازداد الكمون).

عند C الكمون أكبر (مرتفع)

عند A الكمون أصغر (منخفض)

☺ نستنتج: تنتقل الشحنة السالبة $^{-}q'$ من الكمون المنخفض إلى الكمون المرتفع.

♥ الكمون الكهربائي الناجم عن شحنة نقطية:

يمكن حساب الكمون الكهربائي من العلاقتين الآتيتين:

$$V = \frac{E_P}{q'}$$

E_P ← الطاقة الكامنة

q' ← الشحنة المتأثرة

$$V = k\frac{q}{d}$$

q ← الشحنة المؤثرة

d ← البعد بين الشحنة المؤثرة والشحنة المتأثرة

k ← ثابت كولوم

⟸ الكمون الناجم عن عدة شحنات نقطية (مؤثرة):

$$\overline{V} = \overline{V_1} + \overline{V_2} + \overline{V_3} + \cdots$$

ويساوي المجموع الجبري للكمونات الناجمة عن كل شحنة نقطية لوحدها.

♥ العلاقة بين الكمون الكهربائي (V) وشدة الحقل الكهربائي المتولد عند شحنة نقطية في نقطة:

- يتولد حقل كهربائي عن شحنة نقطية q ولتكن a نقطة من هذا الحقل تبعد عن q مسافة d في الخلاء.

← فتكون العلاقة التي تعطي الكمون الكهربائي في النقطة a:

$$V = k\frac{q}{d}$$

← فتكون العلاقة التي تعطي شدة الحقل الكهربائي في النقطة a:

$$E = k\frac{q}{d^2}$$

← فتكون العلاقة التي تربط بين الكمون الكهربائي وشدة الحقل الكهربائي في نقطة منه:

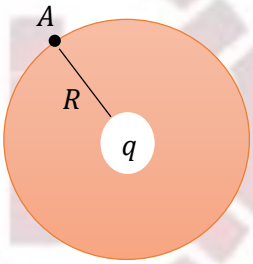
أ. كنانة شموط (0988055790)

$$\frac{E}{V} = \frac{k\frac{q}{d^2}}{k\frac{q}{d}} = \frac{1}{d}$$

$$\Rightarrow E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = E \cdot d$$

♥ الكمون الكهربائي لناقل كروي معزول ومشحون:

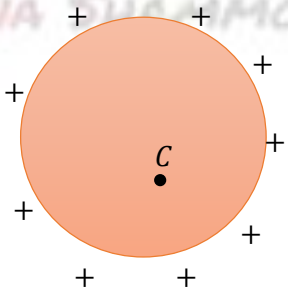
1. نقطة على سطحه:



$$V_A = k\frac{q}{R}$$

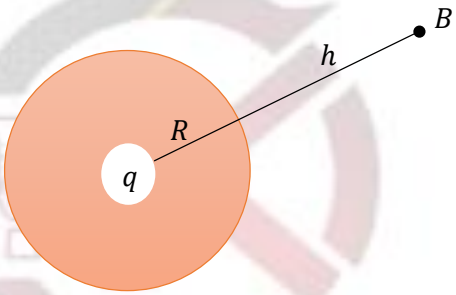
حيث R نصف قطر الناقل الكروي.

2. نقطة داخل الناقل: يكون الحقل الكهربائي معدوم بسبب أن الشحنات تتوزع على السطح الخارجي للناقل.



3. نقطة خارج الناقل:

$$V_B = k\frac{q}{R+h}$$



KENANA SHAMMOUT

أ. كنانة شموط (0988055790)

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. ناقل كروي معتدل ومعزول، قطره $2R = 2\ m$، إذا اكتسب شحنة مقدارها $2\ C$ فإن كمونه الذي يقدر بالفولت بدلالة ثابت كولوم يساوي:

الجواب: $(a)\ 2k$

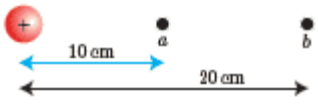
$$V = k\frac{q}{R} = k\frac{2}{1} = 2k\ (V)$$

2. في السؤال السابق يكون الكمون الكهربائي عند نقطة ما على بُعد $50\ cm$ في مركز الناقل بدلالة ثابت كولوم مساوياً:

الجواب: $(a)\ 4k$

$$V = k\frac{q}{d} = k\frac{2}{50 \times 10^{-2}}$$
$$= \frac{2k}{50 \times 10^{-2}} = \frac{20k}{5} = 4k\ (V)$$

3. في الشكل المجاور، إذا علمت أن الكمون الكهربائي عند النقطة a يساوي $2V$ فإن الكمون الكهربائي عند النقطة b يساوي:



الجواب: $(d)\ 1\ V$

لأن الكمون يتناسب عكساً مع البعد فإذا زاد البعد مرتين نقص الكمون إلى النصف.

4. في السؤال السابق تكون شحنة الناقل بالكولوم بدلالة ثابت كولوم مساوية:

الجواب: $(a)\ \frac{0.2}{k}$

$$V = k\frac{q}{d} \Rightarrow 2 = \frac{k \cdot q}{10 \times 10^{-2}}$$
$$\Rightarrow k \cdot q = 20 \times 10^{-2} \Rightarrow q = \frac{0.2}{k}\ (C)$$

ثانياً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

احسب الطاقة الكامنة الكهربائية التي يكتسبها جسم شحنته $q' = 2\ \mu C$ إذا وضع عند نقطة تقع على بعد $3\ cm$ من شحنة نقطية مقدارها $q = 3 \times 10^{-8}\ C$.

الحل ...

- معطيات المسألة:

$$q' = 2\ \mu C = 2 \times 10^{-6}\ C$$
$$d = 3 \times 10^{-2} m\ , q = 3 \times 10^{-8} C$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

المطلوب: $E_P = ?$

$$V = \frac{E_P}{q'} \Longrightarrow E_P = q' \cdot V$$

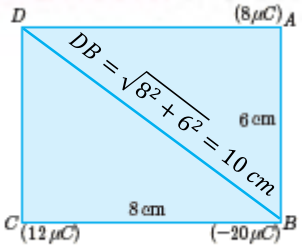
ونحسب $V = ?$

$$V = k\frac{q}{d} = 9 \times 10^9 \ \frac{3 \times 10^{-8}}{3 \times 10^{-2}}$$
$$= 9 \times 10^9 \times 10^{-8} \times 10^{+2}$$
$$\Longrightarrow V = 9 \times 10^{+3} = 9000\ V$$
$$\Longrightarrow E_P = 2 \times 10^{-6} \times 9000 = 18 \times 10^{-3}\ J$$

انتهت المسألة الأولى ...

المسألة الثانية:

في الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية موضوعة عند الرؤوس C, B, A للمستطيل والمطلوب:



1. احسب الكمون الكهربائي عند النقطة D.
2. احسب الكمون الكهربائي عند نقطة تلاقي قطري المستطيل.
3. نضع شحنة نقطية رابعة عند الرأس D قيمتها $-20\ \mu C$، احسب شدة الحقل الكهربائي المتولد عن الشحنات الأربع عند نقطة تلاقي قطري المستطيل.

الحل ...

- معطيات المسألة:

$$q_A = 8 \times 10^{-6} C\ , q_B = -20 \times 10^{-6}\ C$$
$$q_C = 12 \times 10^{-6}\ C$$

1. الكمون الكهربائي عند النقطة D:

* الكمون الناتج عن الشحنة A في النقطة D:

$$V_A = \ 9 \times 10^9 \ \frac{q_A}{d_{AD}} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}}$$
$$V_A = 9 \times 10^{+5}\ V$$

* الكمون الناتج عن الشحنة B في النقطة D:

$$V_B = \ 9 \times 10^9 \ \frac{q_B}{d_{BD}} = 9 \times 10^9 \times \frac{(-20 \times 10^{-6})}{10 \times 10^{-2}}$$
$$V_B = -18 \times 10^{+5}\ V$$

* الكمون الناتج عن الشحنة C في النقطة D:

$$V_C = \ 9 \times 10^9 \ \frac{q_C}{d_{CD}} = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-2}}$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

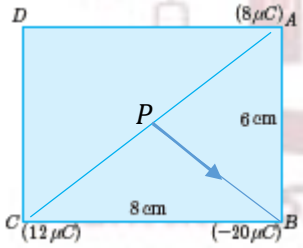
$$V_C = 18 \times 10^{+5}\ V$$

فيكون الكمون الكلي في النقطة D ينتج عن الجمع الجبري للكمونات في D:

$$V_{tot} = V_A + V_B + V_C$$
$$V_{tot} = 9 \times 10^{+5} + (-18 \times 10^{+5}) + 18 \times 10^{+5}$$
$$V_{tot} = 9 \times 10^{+5}\ V$$

2. الكمون في نقطة تلاقي قطري المستطيل:

من المعروف أن قطري المستطيل متناصفان أي عند النقطة P يكون: $AP = BP = CP = DB = 5cm$



*** الكمون الناتج عن الشحنة A في النقطة P:**

$$V_A = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-2}} = 14.4 \times 10^{+5}\ V$$

*** الكمون الناتج عن الشحنة B في النقطة P:**

$$V_B = 9 \times 10^9 \times \frac{(-20 \times 10^{-6})}{5 \times 10^{-2}} = -36 \times 10^{+5}\ V$$

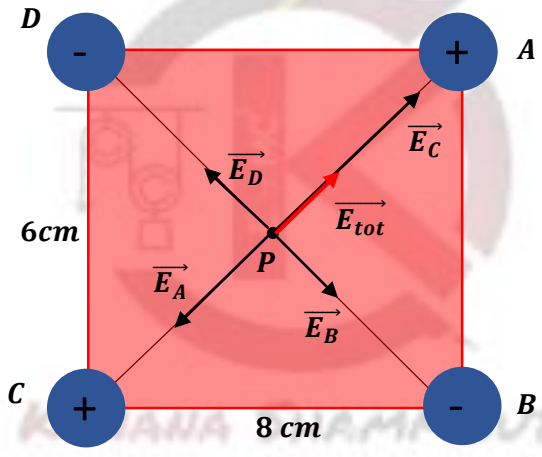
*** الكمون الناتج عن الشحنة C في النقطة P:**

$$V_C = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-2}} = 21.6 \times 10^{+5}\ V$$

فيكون الكمون الكلي في النقطة P ينتج عن الجمع الجبري للكمونات في P:

$$V_{tot} = V_A + V_B + V_C$$
$$V_{tot} = 14.4 \times 10^{+5} + (-36 \times 10^{+5}) + 21.6 \times 10^{+5}$$
$$V_{tot} = 0\ (V)$$

3. حساب شدة الحقل الكهربائي المتولد عن الشحنات الأربع عند نقطة تلاقي قطري المستطيل:



$$E_A = k\frac{|q_A|}{d_{AP}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2}$$
$$= \frac{72}{25} \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

$$(E_D\ , E_B) = ?$$
$$(q_B = q_D)\ , (d_{BP} = d_{DP})$$
$$\Longrightarrow E_B = E_D$$

كما في الشكل هما شعاعان لهما نفس الحامل ونفس الشدة وبجهتان متعاكسان فتكون محصلتهما معدومة.

$$E_C = k\frac{|q_C|}{d_{CP}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}}$$
$$= \frac{108}{25} \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

ولكن $E_C > E_A$

أ. كنانة شموط (0988055790)

أي أن شـدة الحقل الكهربائي المتولد عند الشـحنات الأربعة $q_A\ ,q_B\ ,q_C\ ,q_D$ هي محصـلة الشـعاعين $\vec{E}_C\ ,\vec{E}_A$.

ونلاحظ الشـعاعين على حامل واحد وبجهتين متعاكسـتين وبشـدتين مختلفتين وتكون محصـلتهما حاصل طرحهما:

$$E_{tot} = E_{C_{\text{كبير}}} - E_{A_{\text{صغير}}}$$

$$E_{tot} = \frac{108}{25} \times 10^{+7} - \frac{75}{25} \times 10^{+7}$$

$$E_{tot} = \frac{36}{25} \times 10^{+7} = 1.44 \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

انتهت المسألة الثانية ...

المسألة الثالثة:

ناقل كروي معزول ومشـحون نصـف قطره $2\ cm$ فإذا علمت أن الكمون الكهربائي على سـطحه يسـاوي $4.5 \times 10^3 V$، **والمطلوب:**

1. احسب شحنة الناقل الكروي.
2. احسب الكمون الكهربائي عند النقاط الآتية:
   a. نقطة تقع على بُعد $1\ cm$ من المركز.
   b. نقطة تقع على بُعد $10\ cm$ من المركز.
   c. نقطة تقع على بُعد $16\ cm$ من سطح الناقل.

الحل ...

- **معطيات المسألة:**

$$R = 2O10^{-2} m\ , V = 4.5 \times 10^{+3}\ V$$

.1

$$V = 9 \times 10^9 \frac{q}{R}$$

$$\Longrightarrow q = \frac{2 \times 10^{-2} \times 4.5 \times 10^{+3}}{9 \times 10^9}$$

$$\Longrightarrow q = 1 \times 10^{-8}\ C$$

.a.2

$$V_a = 4.5 \times 10^{+3}\ V$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

لأن الكمون الكهربائي داخل ناقل كروي يساوي كمون السطح أي أن كمون النقطة المطلوبة التي تقع على بعد $1\ cm$ من المركز يساوي كمون السطح (سطح الناقل).

b.

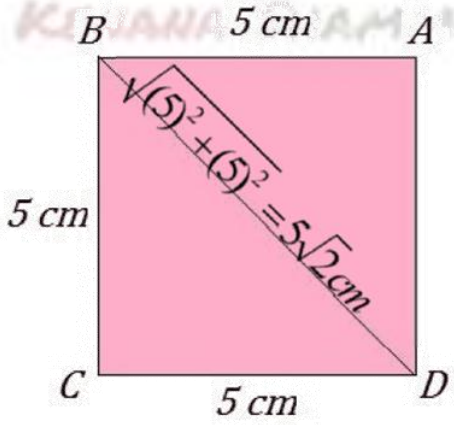
$$V_b = 9\times10^9\frac{q}{d} = 9\times10^9\frac{1\times10^{-8}}{10\times10^{-2}} = 0.9\times10^{+3} = 900\ V$$

c.

$$V_c = 9\times10^9\frac{q}{d} = 9\times10^9\frac{1\times10^{-8}}{(16+2)\times10^{-2}}$$
$$= 9\times10^9\frac{1\times10^{-8}}{18\times10^{-2}} = 0.5\times10^{+3} = 500\ V$$

انتهت المسألة الثالثة ...

المسألة الرابعة:



مربع $ABCD$ طول ضلعه $5\ cm$ ووضعت عند الرأس A الشحنة $10\sqrt{2}\ \mu C$، والمطلوب:

احسب الشحنة اللازم وضعها عند الرأس C ليكون الكمون الكهربائي عند الرأس D مساوياً الصفر.

الحل ...

* الكمون الكهربائي عند D الناتج عن الشحنة في A:

$$U_A = 9\times10^9\times\frac{20\times10^{-6}}{5\times0^{-2}} = 36\times10^5\ V$$

* الكمون الكهربائي عند D الناتج عن الشحنة في B:

$$U_B = 9\times10^9\times\frac{10\sqrt{2}\times10^{-6}}{5\sqrt{2}\times0^{-2}} = 18\times10^5\ V$$

وبما ان الكمون عند D معدوم $\Leftarrow$

$$V_A + V_B + V_C = 0$$

$$36\times10^{+5} + 18\times10^{+5} + V_C = 0$$
$$\Rightarrow V_C = -54\times10^{+5}\ V$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

ولكن:

$$V_C = 9\times10^9\frac{q_C}{5\times10^{-2}}$$
$$\Longrightarrow -54\times10^{+5} = 9\times10^9\frac{q_C}{5\times10^{-2}}$$
$$\Rightarrow q_C = \frac{-54\times10^5\times5\times10^{-2}}{9\times10^9} = -30\times10^{-6}\ C$$

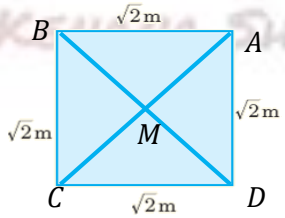
انتهت المسألة الرابعة ...

المسألة الخامسة:

نضع في الرؤوس الأربعة لمربع طول ضلعه $\sqrt{2}\ m$ **الشحنات النقطية الآتية:** $q_1 = 2\times10^{-8}C$

$$q_2 = 3\times10^{-8}C, q_3 = 2\times10^{-8}\ C$$

والمطلوب: احسب قيمة الكمون الكهربائي المتولد في نقطة تلاقي قطري المربع. $q_4 = 1\times10^{-8}\ C$،



الحل ...

نحسب قطر المربع؟!

$$AC^2 = AB^2 + BC^2 = \left(\sqrt{2}\right)^2 + \left(\sqrt{2}\right)^2 = 4\ m$$
$$\Longrightarrow AC = 2\ m \Longrightarrow AM = 1\ m$$
$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$
$$V_1 = 9\times10^9\frac{q_1}{d_1} = 9\times10^9\times\frac{2\times10^{-8}}{1}$$
$$V_1 = 180\ V$$
$$V_2 = 9\times10^9\frac{q_2}{d_2} = 9\times10^9\times\frac{3\times10^{-8}}{1}$$
$$V_1 = 270\ V$$
$$V_3 = 9\times10^9\frac{q_3}{d_3} = 9\times10^9\times\frac{2\times10^{-8}}{1}$$
$$V_3 = 180\ V$$
$$V_4 = 9\times10^9\frac{q_4}{d_4} = 9\times10^9\times\frac{1\times10^{-8}}{1}$$
$$V_4 = 90\ V$$
$$V_{tot} = 180 + 270 + 180 + 90 = 720\ V$$

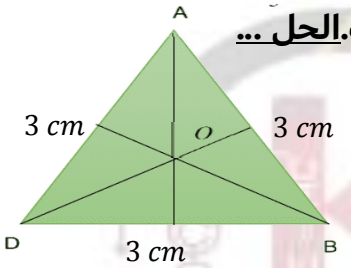
انتهت المسألة الخامسة ...

KENANA SHAMMOUT

أ. كنانة شموط (0988055790)

المسألة السادسة:

ثلاث شحنات كهربائية $q_1 = 2 \times 10^{-6} C$ ، $q_2 = 2 \times 10^{-6} C, q_3 = 2 \times 10^{-6} C$ تتوزع على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه $3\ cm$



والمطلوب: 1. احسب قيمة الكمون الكهربائي في نقطة تلاقي متوسطات المثلث.الحل ...

* طول المتوسط في المثلث المتساوي الأضلاع يساوي طول الضلع × $\frac{\sqrt{3}}{2}$

* بعد نقطة تلاقي المتوسطات عن أحد رؤوس المثلث:

طول المتوسط × $\frac{2}{3}$ أي:

$$AO = BO = DO = 3 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{2}{3} = \sqrt{3}\ cm = \sqrt{3} \times 10^{-2} m$$

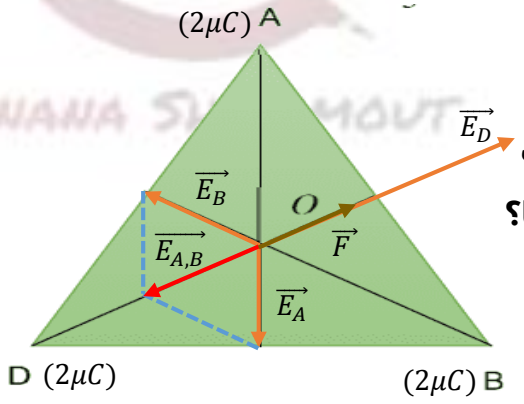
فيكون:

$$V_A = 9 \times 10^9 \frac{q_A}{d_A} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{3} \times 10^{-2}}$$
$$V_A = 6\sqrt{3} \times 10^5\ V$$
$$V_B = 9 \times 10^9 \frac{q_B}{d_B} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{3} \times 10^{-2}}$$
$$V_B = 6\sqrt{3} \times 10^5\ V$$
$$V_D = 9 \times 10^9 \frac{q_D}{d_D} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{3} \times 10^{-2}}$$
$$V_D = 6\sqrt{3} \times 10^5\ V$$
$$\Rightarrow V_{tot} = V_A + V_B + V_D$$
$$= \left(6\sqrt{3} + 6\sqrt{3} + 6\sqrt{3}\right) \times 10^5$$
$$V_{tot} = 18\sqrt{3} \times 10^5\ V$$

2. نضع في نقطة تلاقي متوسطات المثلث شحنة كهربائية $-1 \times 10^{-6}\ C$ احسب الطاقة الكهربائية لهذه الشحنة.

الحل ...

$$E_P = q \cdot V_{tot} = -1 \times 10^{-6} \times 18\sqrt{3} \times 10^5$$
$$E_P = -1.8\sqrt{3}\ (J)$$



3. بفرض أننا وضعنا في نقطة تلاقي متوسطات المثلث شحنةكهربائية $+1 \times 10^{-6} C$ وتركناها حرة ماذا يحدث لهذه الشحنة؟وما الطاقة الحركية العظمى التي تبلغها؟

أ. كنانة شموط (0988055790)

الحل ...

نحسب الحقل الناتج عن الشحنتين q_B, q_A في O

$$E_A = 9 \times 10^9 \frac{q_A}{d^2}$$

$$E_A = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6}}{\left(\sqrt{3} \times 10^{-2}\right)^2} = 6 \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

ولكن $E_B = E_A = 6 \times 10^7 N \cdot C^{-1}$

وتكون محصلة الحقلين:

$$E = \sqrt{E_A^2 + E_B^2 + 2E_A E_B \cdot \cos(120)} \Longrightarrow$$

$$\boldsymbol{E = \sqrt{(6 \times 10^7)^2 + (6 \times 10^7)^2 + 2(6 \times 10^7)(6 \cdot 10^7)(-0.5)} = 6 \times 10^7 N \cdot C^{-1}}$$

أما الحقل الناتج عن الشحنة q_D

$$E_D = 9 \times 10^9 \frac{q_D}{d^2}$$

$$E_A = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6}}{\left(\sqrt{3} \times 10^{-2}\right)^2} = 9 \times 10^{+7}\ N \cdot C^{-1}$$

باعتبار $E_{A,B}$, E_D **على حامل واحد وبجهتين متعاكستين محصلتهما ناتج طرحهما أي:**

$$E_{tot} = E_D - E_{A,B} = 9 \times 10^7 - 6 \times 10^7$$

$$E_{tot} = 3 \times 10^7\ N \cdot C^{-1}$$

وعند وضع شحنة قيمتها $1\ \mu C$ **ستخضع لقوة كهربائية تتجه باتجاه الحقل قيمتها:**

$$F = E \cdot q = 3 \times 10^7 \times 1 \times 10^{-6} = 30\ N$$

أي تتحرك الشحنة بجهة القوة وهي تملك طاقة كهربائية تساوي:

$$E_P = q \cdot V_{tot} = 1 \times 10^{-6} \times 18\sqrt{3} \times 10^3$$

$$E_P = 1.8\sqrt{3}\ (J)$$

وهذه الطاقة تتحول إذا تحركت الشحنة إلى طاقة حركية.

KENANA SHAMMOUT

أ. كنانة شموط (0988055790)

فرق الكمون الكهربائي

♥ العلاقة بين فرق الكمون وعمل القوة الكهربائية:

نضع شحنة نقطية q' موجبة في نقطة A من منطقة يسودها حقل كهربائي، فتتأثر الشحنة q' بالقوة الكهربائية $\overrightarrow{F}$، فتنتقل من النقطة A إلى النقطة B.

فتكون عبارة الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة q' في كل من النقطتين (B, A)

$$E_{P_B} = q' \cdot V_B \ , E_{P_A} = q' \cdot V_A$$

والعلاقة بين عمل القوة الكهربائية وتغير الطاقة الكامنة الكهربائية:

نظرية الطاقة الكامنة $W_{A\to B} = -\Delta E_P$

$$W_{A\to B} = -(E_{P_B} - E_{P_A})$$
$$W_{A\to B} = (E_{P_A} - E_{P_B})$$
$$W_{A\to B} = (q' \cdot V_A - q' \cdot V_B)$$
$$W_{A\to B} = q'(V_A - V_B)$$
$$V_A - V_B = \frac{W_{A\to B}}{q'}$$
$$U_{AB} = \frac{W_{A\to B}}{q'}$$

حيث: $U_{AB} = V_A - V_B$ فرق الكمون الكهربائي.

نستنتج تعريف فرق الكمون الكهربائي بين نقطتين من خلال ما سبق:

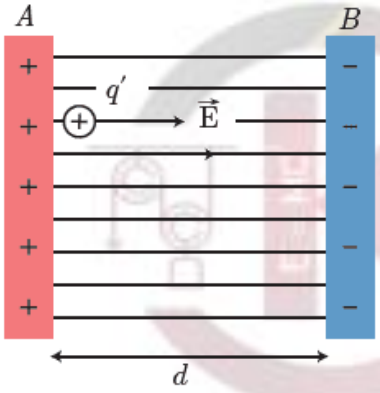
فرق الكمون الكهربائي بين نقطتين هو مقدار العمل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة بين النقطتين بعكس اتجاه الحقل الكهربائي، أي هو مقدار الطاقة الكامنة الكهربائية التي تكتسبها وحدة الشحنات الموجبة عند نقلها بين النقطتين بعكس اتجاه الحقل الكهربائي ووحدته في الجملة الدولية هي الفولت أي:

$$1\ (Volt) = \frac{1\ (J)}{1\ (C)}$$

♥ **ويعرف الفولت:** بأنه فرق الكمون بين نقطتين من منطقة يسودها حقل كهربائي، إذا انتقلت بينهما شحنة نقطية مقدارها $1\ C$ كان عمل القوة الكهربائية في أثناء انتقالها مساوياً $1\ J$.

♥ **ويعرف الإلكترون فولت:** بأنه العمل المصروف على نقل إلكترون بين نقطتين من منطقة يسودها حقل كهربائي، فرق الكمون بينهما فولت واحد.

♥ العلاقة بين شدة الحقل الكهربائي المنتظم وفرق الكمون:



إن العمل الناتج من الانتقال التلقائي للشحنة الموجبة q' من الصفيحة A إلى الصفيحة المستوية B:

$$W_{A\to B} = F \cdot d = \overbrace{q' \cdot E}^{F} \cdot d \quad \dots(1)$$
$$W_{A\to B} = q' \cdot U_{AB} \quad \dots(2)$$

وبالمساواة بين (1) و (2)

$$q'Ed = q'U_{AB}$$
$$\Rightarrow U_{AB} = E \cdot d \Rightarrow E = \frac{U_{AB}}{d}$$
$$\Rightarrow E = \frac{V_A - V_B}{d}$$

ومن العلاقة الأخيرة نستدل على وحدة جديدة لقياس شدة الحقل الكهربائي وهي فولت / متر $\left(\frac{V}{m}\right)$ وهي تكافئ الوحدة نيوتن /كولوم $\left(\frac{N}{C}\right)$.

ملاحظة:

1. لا يتعلق فرق الكمون بالطريق المسلوك.
2. يمكن التحويل بين وحدة جول (J) ووحدة إلكترون فولت (eV) باستخدام قاعدة التحويل الآتية:

$$\mathbf{1\ eV = 1.6 \times 10^{-19}\ J}$$

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. إذا كان العمل المبذول لنقل شحنة مقدارها $10\ \mu C$ بين نقطتين من منطقة يسودها حقل كهربائي ساكن يساوي $0.01\ J$ فإن فرق الكمون بين هاتين النقطتين يساوي:

الجواب: $\mathbf{10^{+3}\ V\ (a)}$

$$\mathbf{U_{AB} = \frac{W}{q} = \frac{10^{-2}}{10 \times 10^{-6}} = 10^{+3}\ V}$$

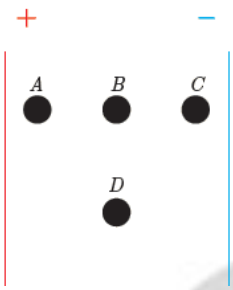
2. إذا كان فرق الكمون بين نقطتين $U_{AB} = 10^3 V$، وهما ضمن منطقة يسودها حقل كهربائي منتظم شدته $10^4\ N/C$ فإن البعد بين النقطتين:

الجواب: $\mathbf{0.1\ m\ (c)}$

$$\mathbf{U_{AB} = E \cdot d \Rightarrow d = \frac{U_{AB}}{E} = \frac{10^{+3}}{10^{+4}} = 10^{-1} = 0.1\ m}$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

3. في الشكل المجاور ينعدم فرق الكمون الكهربائي بين النقطتين:



الجواب: $(B\ ,D)\ (c)$

4. إذا أثرت قوة كهربائية شدتها $2 \times 10^{-2} N$ على شحنة كهربائية فانتقلت مسافة $10\ cm$ ضمن الحقل الكهربائي المنتظم فيكون عمل هذه القوة مساوياً:

الجواب: $\frac{1}{500}\ \mathrm{J}\ (d)$

$$W = F \cdot d = 2 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-2}$$
$$W = 20 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-3}$$
$$\Rightarrow W = \frac{2}{1000} = \frac{1}{500}\ J$$

ثانياً: أجب عن الأسئلة التالية:

1. هل يتطلب تحريك شحنة على سطح ناقل مشحون ومعزول إنجاز عمل؟ وضح السبب؟

الجواب: لا يتطلب تحريك شحنة على سطح ناقل مشحون ومعزول إنجاز عمل، والسبب: من العلاقة $W_{A\to B} = q(V_A - V_B)$ وبما أن الناقل مشحون ومعزول فإن $V_A = V_B$ (سطح ساوي الكمون) $W_{A\to B} = 0$ بشرط أن تكون الشحنة موزعة بانتظام على سطح الناقل.

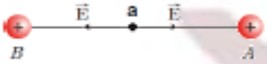
2. ناقلان كرويان متساوياً قطراً أحدهما مجوف والآخر مصمت، أي منهما يستوعب شحنة أكثر؟ وضح ذلك.

الجواب: بما أن شحنة الناقل الكروي تتوزع على السطح الخارجي له فهذا يعني أنهما يملكان الشحنة نفسها.

3. إذا كانت شدة الحقل الكهربائي عند نقطة من ناقل تساوي الصفر، فهل يجب أن يكون الكمون مساوياً للصفر؟ وضح إجابتك.

الجواب: لا يشترط إذا انعدم الحقل في نقطة أن يكون الكمون معدوم عند نفس النقطة.

والبرهان:



من الشكل نلاحظ أن الحقل عند النقطة a منتصف المسافة بين AB معدوم (الحقل مقدار شعاعي $E_A = E_B \Longleftarrow E_{tot} = 0$) لإنهما شعاعان على حامل واحد والشدة نفسها وبجهتين متعاكستين فمحصلتهما معدومة بينما الكمون عند النقطة a منتصف المسافة AB غير معدوم (الكمون مقدار جبري أي $V_{tot_{(a)}} = V_1 + V_2$).

أ. كنانة شموط (0988055790)

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

بين النقطتين $(b\ ,a)$ فرق كمون كهربائي قدره $6\ V$ احسب قيمة العمل التي تقوم به القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة كهربائية قيمتها $300\ \mu C$ عندما تنتقل بين النقطتين السابقتين.

الحل ...

- **معطيات المسألة:**

$$q' = 300\ \mu C = 300 \times 10^{-6}\ C$$
$$U_{AB} = 6\ V\ , W_{A\to B} = ?$$
$$W_{A\to B} = q' \cdot U_{AB} = 300 \times 10^{-6} \times 6 = 18 \times 10^{-4}\ J$$

انتهت المسألة الأولى ...

المسألة الثانية:

نضع جسماً كتلته $m = 10^{-3} g$ مشحوناً بشحنة $q = 1\mu C$ في منطقة يسودها حقل كهربائي منتظم شدته $E = 10^4\ V/m$ ونتركه دون سرعة ابتدائية.

1. برهن أن حركة الجسم في المنطقة هي حركة مستقيمة متسارعة بانتظام وذلك بإهمال ثقله.

الحل ...

- **معطيات المسألة:**

$$m = 10^{-3} g = 10^{-3} \times 10^{-3} kg$$
$$q = 1\ \mu C = 1 \times 10^{-6} C$$
$$E = 10^{+4} V/m\ \ , v_0 = 0\ , \vec{W} = 0$$

حسب قانون نيوتن الثاني:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} \Longrightarrow \vec{F} = m \cdot a \Longrightarrow F = m \cdot a$$
$$\Longrightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{1 \times 10^{-6} \times 10^{+4}}{10^{-3} \times 10^{-3}} = 10^{+4}\ m \cdot s^{-2} > 0$$
$$\Longrightarrow a = \cos b \Longrightarrow$$

التسارع موجب وثابت $\Longleftarrow$ الحركة متسارعة بانتظام.

2. حساب تغير الطاقة الكامنة للجسم عندما يقطع مسافة $10\ m$.

*** نطبق نظرية الطاقة الكامنة:**

$$\Delta E_P = -W$$

*** نطبق نظرية الطاقة الحركية:**

$$\Delta E_K = W$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

ولكن $W = F \cdot d \cdot \cos\theta$

$$\Delta E_P = -W = -F \cdot d \cdot \cos\theta$$
$$\Delta E_P = -m \cdot a \cdot d \cdot \cos\theta$$

θ هي الزاوية بين القوة والانتقال حيث أن $\vec{F}$ قوة كهربائية تنقل الجســم بنفس اتجاه الانتقال ⟸

$\theta = 0 \Longleftarrow \cos(0) = 1$

$$\Longrightarrow \Delta E_P = -m \cdot a \cdot d \cdot \cos(0)$$
$$\Delta E_P = -10^{-6} \times 10^{+4} \times 10 \times 1$$
$$\Delta E_P = -10^{-1} = 0.1\ J$$

3. حساب سرعة الجسم بعد أن يقطع المسافة السابقة $10\ m$.

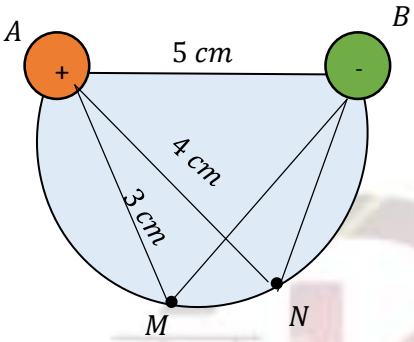
من العلاقة:

$$v^2 - v_0^2 = 2a \cdot \Delta x$$
$$v^2 - 0 = 2 \times 10^4 \times 10 = 20 \times 0^{+4}$$
$$\Longrightarrow v = \sqrt{20 \times 10^{+4}} = \sqrt{5 \times 4 \times 10^{+4}}$$
$$v = 2\sqrt{5} \times 10^{+2}\ m \cdot s^{-1}$$

انتهت المسألة الثانية ...

المسألة الثالثة:

AB قطر أفقي لنصف دائرة طوله 5 cm، نضع في النقطة A شحنة نقطية $q_1 = 10 \times 10^{-9} C$ وفي النقطة B شحنة نقطية $q_2 = -30 \times 10^{-9} C$ والمطلوب حساب:



1. قيمة الكمون الكهربائي في كل من النقطتين (N, M) الواقعتين على محيط نصف الدائرة حيث

$AM = 3\ cm\ ,\ AN = 4\ cm$.

الحل ...

- **معطيات المسألة:**

$$q_1 = 10 \times 10^{-9}\ C\ ,\ q_2 = -30 \times 10^{-9}\ C$$
$$AN = 4 \times 10^{-2} m\ ,\ AM = 3 \times 10^{-2}\ m$$

1. الكمون الكهربائي في النقطة N:

$$V_N = V_1 + V_2$$
$$V_1 = k\frac{q_1}{d_{AN}} = 9 \times 10^9\ \frac{10 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-2}}$$
$$\Longrightarrow V_1 = 2250\ V$$
$$V_2 = k\frac{q_2}{d_{BN}} = 9 \times 10^9\ \frac{-30 \times 10^{-9}}{\sqrt{(5)^2 - (4)^2} \times 10^{-2}} = \frac{9 \times 10^9 \times -30 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{-2}}$$

أ. كنانة شموط (0988055790)

$$\Longrightarrow V_2 = -9000\ V$$
$$\Longrightarrow V_N = 2250 - 9000 = -6750\ V$$

2. الكمون الكهربائي في النقطة M:

$$V_M = V_1 + V_2$$
$$V_1 = k\frac{q_1}{d_{AM}} = 9 \times 10^9\ \frac{10 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{-2}}$$
$$\Longrightarrow V_1 = 3000\ V$$
$$V_2 = k\frac{q_2}{d_{BM}} = 9 \times 10^9\ \frac{-30 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-2}}$$
$$\Longrightarrow V_2 = -6750\ V$$
$$\Longrightarrow V_M = 3000 - 6750 = -3750\ V$$

2. قيمة فرق الكمون الكهربائي $V_N - V_M$.

$$U_{NM} = V_N - V_M = -6750 - (-3000)$$
$$U_{NM} = -6750 + 3750$$
$$U_{NM} = -3000\ V$$

3. قيمة العمل الكهربائي اللازم للانتقال الشحنة $q' = \frac{10}{3} \times 10^{-9}C$ من النقطة N إلى النقطة M.

$$W_{N\to M} = q' \cdot U_{NM} = \frac{10}{3} \times 10^{-9} \times (-3000)$$
$$W_{N\to M} = 10^{-9} \times (-10^{+4}) = -10^{-5}\ J$$

انتهت المسألة الثالثة ...

KENANA SHAMMOUT

أ. كنانة شموط (0988055790)