

تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية



\* للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae>

\* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر المتقدم اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae/15>

\* للحصول على جميع أوراق الصف الثاني عشر المتقدم في مادة فيزياء وجميع الفصول, اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae/15physics>

\* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر المتقدم في مادة فيزياء الخاصة بـ الفصل الأول اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae/15physics1>

\* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للصف الثاني عشر المتقدم اضغط هنا

<https://almanahj.com/ae/grade15>

\* لتحميل جميع ملفات المدرس إسماعيل الشمري اضغط هنا

للتحدث إلى بوت المناهج على تلغرام: اضغط هنا

[https://t.me/almanahj\\_bot](https://t.me/almanahj_bot)

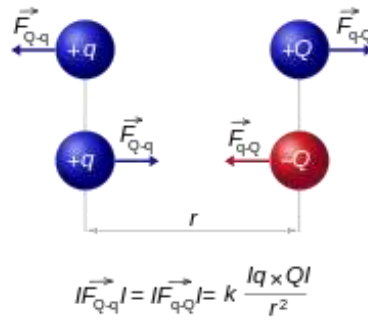
## Static Electricity

# مذكرة الفيزياء

حل جميع أسئلة ومسائل الكتاب

الوحدة الأولى

الكهرباء الساكنة



إعداد : أ / إسماعيل الشمري

0555379914

مراجعة القسم 1 صفحة 8

1 - ص 8 -

الفكرة الأساسية : في التحققات التي جرت في هذا القسم بالشريط كيف يمكنك معرفة أي الشريحتين ( الشريطين ) B أو T موجبة الشحنة ؟

نقرب قضيب زجاجي مشحون بشحنة موجبة إلى كل من الشريطين فيكون الشريط الذي يتنافر مع القضيب الزجاجي موجب الشحنة

2 - ص 8 -

الأجسام المشحونة : بعد أن تدلك مشطاً بكنزة من الصوف يمكنك استخدام المشط لالتقاط قطع الورق الصغيرة . لماذا يفقد المشط قدرته بعد بضع دقائق ؟

لأنه يفقد شحنته في الوسط المحيط به

3 - ص 8 -

أنواع الشحنات : أي كرة إسفنجية هي كرة مصنوعة من مادة خفيفة مثل الرغوة البلاستيكية والتي تكون مغلقة في كثير من الأحيان بطبقة من الجرافيت أو بطلاء من الألمنيوم . كيف يمكنك تحديد ما إذا كانت الكرة الإسفنجية المتدلية من خيط عازل متعادلة أم موجبة الشحنة أم سالبة الشحنة ؟

نقرب ساق أبونيت مشحونة بشحنة سالبة من الكرة : - إذا تنافرت الكرة من الساق السالبة ستكون شحنتها سالبة  
- إذا تجاذبت الكرة مع الساق السالبة ستكون شحنتها إما موجبة أو معتدلة (شحن بالحث)

لمعرفة نوع شحنتها إذا تجاذبت مع الساق نقرب ساق زجاجية مشحونة بشحنة موجبة من الكرة

- إذا تنافرت الكرة من الساق الموجبة فإن شحنتها تكون موجبة

- إذا تجاذبت الكرة مع الساق الموجبة فإنها تكون معتدلة

4 - ص 8 -

فصل الشحنات : يمكنك أن تزود أي ساق مطاطية بشحنة سالبة إذا دلكت الساق بالصوف . ماذا يحدث للشحنات الموجودة في الصوف؟ ولماذا ؟

تصبح شحنة الصوف موجبة لأن الإلكترونات انتقلت من الصوف إلى الساق المطاطية أثناء عملية ذلك

5 - ص 8

الشحنة الخالصة : تحتوي أي تفاحة على ما يقارب من  $10^{26}$  من الجسيمات المشحونة . لم لا تتنافر أي تفاحتين من بعضهما البعض عند وجودهما معاً ؟  
لأن كل تفاحة تكون متعادلة أصلاً لوحدتها ( عدد الكترونها = عدد بروتونها ) وشحنة الجسم تساوي كمية الفائض من الشحنات

6 - ص 8

شحن الموصل : لنفترض أنك تعلق ساقاً فلزية طويلة من خيوط حريرية بحيث تكون الساق معزولة من الناحية الكهربائية ثم تلمس أحد طرفي الساق الفلزية بساق زجاجية مشحونة . صف الشحنات الموجودة على الساق الفلزية.  
بما أن الشحن بالتلامس ستكون للساق الفلزية شحنة مماثلة للساق الزجاجية

7 - ص 8

الشحن عن طريق الاحتكاك : يمكنك شحن ساق مطاطية بشحنة سالبة عن طريق دلكها بالصوف . ماذا يحدث عندما تدلك ساقاً نحاسية بالصوف ؟  
إذا كانت الساق النحاسية غير معزولة فإن الإلكترونات التي يكتسبها من ذلك بالصوف سوف تتفرغ بالأرض عن طريق اليد  
أما إذا كانت الساق محمولة على عازل فإنها تكتسب شحنة سالبة

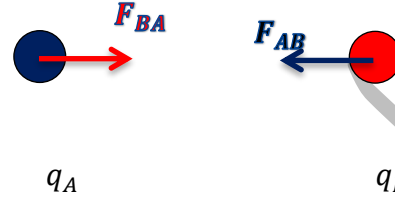
8 - ص 8

التفكير بشكل ناقد : اقترح بعض العلماء من قبل أن الشحنة الكهربائية هي نوع من المانع الذي يتدفق من الأجسام التي لديها فائض من المانع إلى الأجسام التي ينقصها المانع. كيف يكون النموذج الحالي ثنائي الشحنة أكثر دقة من النموذج أحادي المانع ؟  
إن نموذج ثنائي الشحنة يفسر التجاذب والتنافر بين الأجسام المشحونة بطريقة أفضل من نموذج أحادي المانع الذي لا يفسر جذب الأجسام المشحونة للأجسام المعتدلة كما أن نموذج ثنائي الشحنة يوضح كيف يمكن أن تُشحن الأجسام عند ذلك بعضها ببعض

## تطبيق صفحة 16

9 - ص 16

شحنة سالبة  $2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$  وشحنة موجبة  $8.0 \times 10^{-4} \text{ C}$  متباعدتان بمقدار  $0.30 \text{ m}$ . ماهي القوة بين هاتين الشحنتين ؟



الرسم :

$$q_A = -2.0 \times 10^{-4} \text{ C} \quad q_B = +8.0 \times 10^{-4} \text{ C} \quad r_{AB} = 0.30 \text{ m} \quad F = ?$$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2.0 \times 10^{-4}) \times (8.0 \times 10^{-4})}{(0.30)^2} = 1.6 \times 10^4 \text{ N}$$

مقترية من بعضها

10 - ص 16

شحنة سالبة مقدارها  $6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  تبتذل قوة جذب مقدارها  $65 \text{ N}$  على شحنة ثانية تقع على بعد  $0.050 \text{ m}$  ما مقدار الشحنة الثانية ؟

$$q_A = -6.0 \times 10^{-6} \text{ C} \quad F_{AB} = 65 \text{ N} \quad r_{AB} = 0.050 \text{ m} \quad q_B = ?$$

$$F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \rightarrow q_B = \frac{F_{AB} r_{AB}^2}{k q_A} = \frac{65 \times (0.050)^2}{9 \times 10^9 \times 6.0 \times 10^{-6}} = 3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$$

لنفترض أنك استبدلت الشحنة الموجودة على  $B$  في مثال ١ (من الكتاب) بشحنة تبلغ  $+3.00 \mu\text{C}$ . ارسم مخططاً للوضع الجديد واحسب القوة المحصلة على  $A$

$$q_A = +6 \mu\text{C} \quad q_B = +3 \mu\text{C} \quad q_C = 1.5 \mu\text{C}$$

$$r_{AB} = 4 \text{ cm} \quad r_{Ac} = 3 \text{ cm}$$

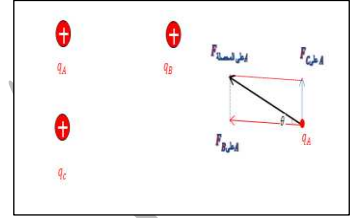
$$F_{B \text{ على } A} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(6 \times 10^{-6}) \times (3 \times 10^{-6})}{(4 \times 10^{-2})^2} = 1.0 \times 10^2 \text{ N}$$

$$F_{C \text{ على } A} = k \frac{q_A q_C}{r_{Ac}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(6 \times 10^{-6}) \times (1.5 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2} = 9.0 \times 10^2 \text{ N}$$

$$F_{\text{المحصلة على } A} = \sqrt{F_{B \text{ على } A}^2 + F_{C \text{ على } A}^2} = \sqrt{(1.0 \times 10^2)^2 + (9.0 \times 10^2)^2} = 130 \text{ N}$$

$$\tan \theta = \frac{F_{C \text{ على } A}}{F_{B \text{ على } A}} \rightarrow \theta = \tan^{-1} \frac{F_{C \text{ على } A}}{F_{B \text{ على } A}} = \tan^{-1} \frac{1}{9} = 42^\circ$$

أي تكون القوة المحصلة على  $A$  ( $F_{\text{المحصلة}} = 130 \text{ N}$ ) فوق محور  $x$  السالب بزاوية مقدارها  $42^\circ$   
أي فوق محور  $x$  الموجب بزاوية قدرها ( $180 - 42 = 138^\circ$ )



صف كيف تتغير القوة الكهربائية الساكنة بين شحنتين عندما تزداد المسافة بين هاتين الشحنتين إلى ثلاثة أضعاف .

تتناسب القوة الكهربائية الساكنة عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{q_A q_B}{r_2^2}}{k \frac{q_A q_B}{r_1^2}} = \frac{1}{(3r_1)^2} = \frac{1}{9} = \frac{1}{9}$$

$$\rightarrow F_2 = \frac{F_1}{9}$$

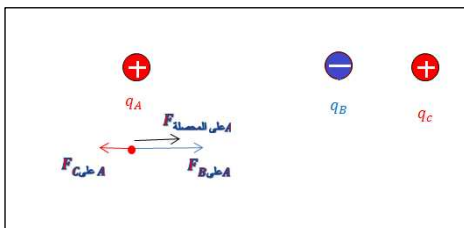
الكرة  $A$  تقع في نقطة الأصل وبها شحنة  $+2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ . الكرة  $B$  تقع على بعد  $+0.60 \text{ m}$  على المحور  $x$  وبها شحنة  $+4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ . الكرة  $C$  تقع على مسافة  $+0.80 \text{ m}$  على المحور  $x$  وبها شحنة  $+3.6 \times 10^{-6} \text{ C}$ . احسب القوة المحصلة على الكرة  $A$

المعطيات :

$$q_A = +2.0 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_B = -3.6 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_C = +4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r_{AB} = +0.60 \text{ m} \quad r_{Ac} = +0.80 \text{ m}$$

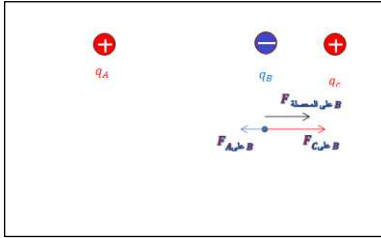
الحل :



$$F_{B \text{ على } A} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2.0 \times 10^{-6}) \times (3.6 \times 10^{-6})}{(0.60)^2} = 0.18 \text{ N} \text{ باتجاه اليمين}$$

$$F_{C \text{ على } A} = k \frac{q_A q_C}{r_{Ac}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2.0 \times 10^{-6}) \times (4.0 \times 10^{-6})}{(0.80)^2} = 0.1125 \text{ N} \text{ باتجاه اليسار}$$

$$F_{\text{المحصلة على } A} = F_{B \text{ على } A} - F_{C \text{ على } A} = 0.18 - 0.1125 = 0.0675 \text{ N} \text{ باتجاه اليمين}$$



مسألة تحفيزية : احسب القوة المحصلة على الكرة  $B$  في المسألة السابقة .

من المعطيات المسألة 13

$$q_A = +2,0 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_B = -3,6 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_C = +4,0 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r_{AB} = +0,60 \text{ m} \quad r_{AC} = +0,80 \text{ m} \quad r_{BC} = r_{AC} - r_{AB} = 0,80 - 0,60 = 0,20 \text{ m}$$

$$F_{A \text{ على } B} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2,0 \times 10^{-6}) \times (3,6 \times 10^{-6})}{(0,60)^2} = 0,18 \text{ N} \text{ باتجاه اليسار}$$

الحل :

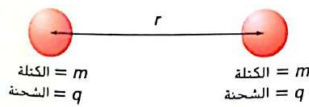
$$F_{C \text{ على } B} = k \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(3,6 \times 10^{-6}) \times (4,0 \times 10^{-6})}{(0,20)^2} = 3,24 \text{ N} \text{ باتجاه اليمين}$$

$$F_{\text{المحصلة على } B} = F_C - F_A = 3,24 - 0,18 = 3,1 \text{ N} \text{ باتجاه اليمين}$$

## تحدي الفيزياء ص 16

### الشحنات الموجودة على الكرتين

كرتان بكتلة متساوية  $m$  وشحنة موجبة متساوية  $q$  على بعد مسافة  $r$  من بعضهما البعض كما هو مبين في الشكل الموجود :  
1- اشتق تعبيراً لكمية الشحنة  $q$  التي يجب أن تكون على كل كرة بحيث تكون الكرتان في حالة اتزان وهو أن يتحقق الاتزان بين قوتي التنافر والتجاذب

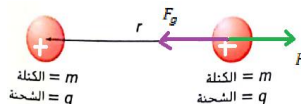


$$F_e = F_g$$

$$k \frac{q, q}{r^2} = G \frac{m, m}{r^2}$$

$$k q^2 = G m^2$$

$$q = m \sqrt{\frac{G}{k}}$$



2- كيف يمكن لمضاعفة المسافة بين الكرتين أن تؤثر في التعبير عن قيمة  $q$  التي حددتها في المسألة السابقة ؟ فسر

شحنة كل من الكرتين وكتلتيهما متساوية وتختصر المسافة من التعبير الرياضي لذلك تبقى الصيغة نفسها

$$q = m \sqrt{\frac{G}{k}} = m \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11}}{9 \times 10^9}} = 8,61 \times 10^{-11} \text{ m} \quad m \text{ تمثل الكتلة وليس المتر}$$

3- بافتراض أن كتلة كل كرة تساوي  $1,50 \text{ kg}$  حدد الشحنة التي تحتاج إليها كل كرة لتبقى في حالة اتزان .

$$r = 1,50 \text{ kg} \quad k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \quad G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}^2}$$

$$q = m \sqrt{\frac{G}{k}} = 1,50 \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11}}{9 \times 10^9}} = 1,29 \times 10^{-10} \text{ C}$$

## القسم 2 المراجعة ص 17 —

15 - ص 17

الفكرة الأساسية : صف العلاقة بين مقدار القوة الكهربائية الساكنة والشحنة الموجودة على الجسمين والمسافة بين الأجسام . ما المعادلة الخاصة بهذه العلاقة ؟

تتناسب القوة الكهربائية الساكنة طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين وتتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما . معادلة هذه العلاقة هي:

$$F_e = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

16 - ص 17

القوة والشحنة : كيف ترتبط القوة الكهربائية الساكنة بالشحنة ؟ صف القوة عندما تكون الشحنتان متماثلتان والقوة عندما تكون الشحنتان متضادتين .

تتناسب القوة الكهربائية الساكنة طردياً مع كل شحنة . تكون قوة تنافر بين الشحنتان المتشابهة وقوة تجاذب بين الشحنتان المتضادة .

17 - ص 17

القوة والمسافة : كيف ترتبط القوة الكهربائية الساكنة بالمسافة ؟ كيف ستتغير القوة إذا وصلت المسافة بين الشحنتين إلى ثلاثة أضعاف ؟

تتناسب القوة الكهربائية الساكنة عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتان .

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{q_A q_B}{r_2^2}}{k \frac{q_A q_B}{r_1^2}} = \frac{1}{(3r_1)^2} = \frac{1}{9} = \frac{1}{9}$$

$$\rightarrow F_2 = \frac{F_1}{9}$$

18 - ص 17

الشحن عن طريق الحث : في أي كشاف كهربائي مشحون عن طريق الحث ماذا يحدث عند نقل الساق المشحون بعيداً قبل نزع التأريض من القرص ؟

يظل الكشاف الكهربائي متعادلاً .

19 - ص 17

**الكشاف الكهربائي** : لماذا ترتفع ورقتنا الكشاف الكهربائي المشحون إلى زاوية معينة وليس أكثر ؟

بينما تتباعد الورقتان، تنخفض قوة الكهربائية الساكنة بينهما  $F_e$  حتى تتزن مع قوة الجاذبية التي تجذبها إلى أسفل  $F_g$ .



20 - ص 17-

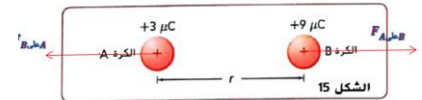
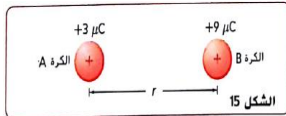
جذب الأجسام المتعادلة : ما الطريقة التي تفسر كيف يمكن للأجسام موجبة الشحنة والأجسام سالبة الشحنة أن يجذبا الأجسام المتعادلة ؟  
يحرك فصل الشحنة، الناتج عن تجاذب الشحنات المتضادة وتنافر الشحنات المتشابهة، الشحنات المضادة في الجسم المتعادل بالقرب من الجسم المشحون ويحرك الشحنات المشابهة بعيداً.  
والتناسب العكسي بين القوة والمسافة يعني أن الشحنات المتضادة الأقرب ستتجاذب بدرجة أكبر من تنافر الشحنات المتشابهة الأبعد. لذا يكون الأثر الإجمالي هو التجاذب.

21 - ص 17-

شحن الكشاف الكهربائي : كيف يمكنك شحن أي كشاف كهربائي بشحنة موجبة باستخدام ساق موجب الشحنة ؟ وباستخدام ساق سالب الشحنة ؟  
باستخدام ساق موجبة الشحنة، لامس الساق بالكشاف الكهربائي  
وباستخدام ساق سالبة الشحنة ، قَرَّب الساق من الكشاف الكهربائي. وقم بتأريض الكشاف الكهربائي؛ وأزل التأريض ثم أزل الساق

22 - ص 17-

القوى الكهربائية الساكنة : كرتان مشحونتان متباعدتان بمسافة  $r$  كما هو موضح في الشكل ١٥ . قارن بين قوة الكرة A على الكرة B وقوة الكرة B على الكرة A



تكون القوى متساوية في المقدار ومتضادة في الاتجاه.

23 - ص 20

**التفكير الناقد :** لنفترض أنك تختبر قانون كولوم باستخدام كرة بلاستيكية صغيرة موجبة الشحنة وكرة فلزية كبيرة موجبة الشحنة. حسب قانون كولوم تعتمد القوة على  $\frac{1}{r^2}$  حيث  $r$  هي المسافة بين مركزي الكرتين. وكلما قلت المسافة بين الكرتين كانت القوة أصغر مما نتوقه من قانون كولوم. فسّر .

ستتنافر بعض الشحنة في الكرة الفلزية إلى الجانب الآخر من الكرة البلاستيكية، مما يجعل مسافة التأثير بين الشحنات أكبر من المسافة بين مركزي الكرتين والقوة أصغر مما نتوقع .

## التقويم

## القسم 1: الشحنة الكهربائية صفحة 20

إتقان المفاهيم :

24 - ص 20

الفكرة الرئيسية : إذا صفت شعرك في يوم جاف فقد يكتسب المشط شحنة سالبة هل يمكن أن يظل شعرك متعادلاً الشحنة ؟ فسر.  
لا؛ يجب أن يحمل شعرك شحنة موجبة حتى ينقل شحنة سالبة إلى المشط. الشحنة الكلية محفوظة. ( الشعر + المشط - )

25 - ص 20 -

إذا قربت المشط المشحون من قطع صغيرة من الورق فستنجذب قطع الورق إلى المشط في بادئ الأمر ولكنها تتطاير بعيداً بعد أن تلمسه فلماذا تتطاير ؟

لأن شحنة المشط تولد شحنة مستقطبة موجبة على سطح الورقة القريب من المشط فتتجذب نحوه وعندما تلمس الأوراق المشط تنتقل بعض الشحنة السالبة الزائدة من المشط إلى الورق ولأن شحنتهما تصبح متشابهة يتنافر الورق بعد ذلك

25 - ص 20

اذكر أسماء بعض العوازل والموصلات .

العوازل : الهواء الجاف والخشب والبلاستيك والزجاج والقماش والماء غير المؤين  
الموصلات : الفلزات وماء الصنبور وجسم الإنسان.

26 - ص 17 -

ما الذي يجعل الفلز موصلاً جيداً والمطاط عازلاً جيداً ؟

تتضمن الفلزات إلكترونات حرة ويتضمن المطاط إلكترونات مرتبطة.

## القسم 2 : القوة الكهربائية الساكنة صفحة 20

إتقان المفاهيم :

28 - ص 20

الغسيل : لماذا تلتصق الجوارب بالملابس الأخرى أحياناً بعد خروجها من مجفف الملابس؟  
لقد شُحنت بالتلامس أثناء احتكاكها بالملابس الأخرى ومن ثمّ، تنجذب إلى الملابس المتعادلة أو التي تحمل شحنة مضادة.

29 - ص 20

الأقراص المضغوطة : إذا مسحت قرصاً مضغوئاً باستخدام قطعة قماش نظيفة. فلماذا يجذب القرص المضغوط التراب؟  
يؤدي ذلك القرص المضغوط إلى شحنه. ثم تنجذب الجسيمات المتعادلة مثل التراب بعد ذلك.

30 - ص 20

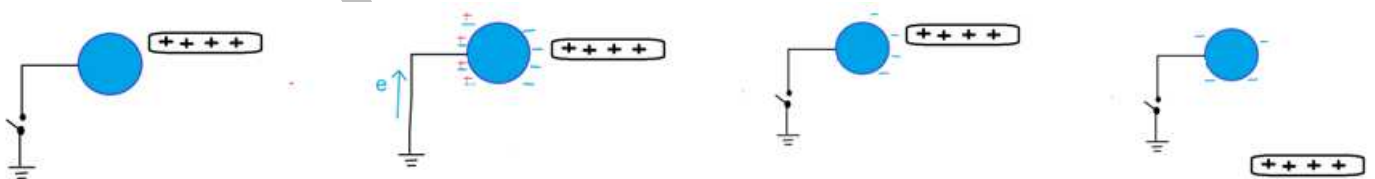
العملات : مجموع شحنة جميع الإلكترونات في العملة المعدنية الصغيرة يساوي مئات الألاف من الكولوم. هل يوحي هذا بأي شيء عن صافي شحنة العملة؟ فسّر.  
لا؛ الشحنة المحصلة هي الفرق بين الشحنتين الموجبة والسالبة. لا تزال الشحنة المحصلة للعملة تساوي صفر.

31 - ص 20

كيف تؤثر المسافة بين شحنتين في القوة بينهما ؟ إذا قلت المسافة وظلت الشحنتان كما هي فماذا يحدث للقوة ؟  
تتناسب القوة الكهربائية الساكنة عكسياً مع مربع المسافة. نظراً لأن المسافة تقل في حين تظل الشحنتان كما هي، تزيد القوة بالتناسب مع مربع المسافة.

32 - ص 20

اشرح كيفية شحن موصل بشحنة سالبة إذا كان لديك ساق مشحون بشحنة موجبة فقط.  
قرب الساق من الموصل دون أن يلمسه. قم بتأريض الموصل أثناء وجود القضيب المشحون، ثم أزل الطرف الأرضي قبل إزالة القضيب المشحون



33 - ص 20

في تجارب بيرنولي لقياس القوة الكهربائية الساكنة. استخدمت الأقراص المعدنية بقطر  $3 \text{ cm}$  تقريباً. عندما كانت الأقراص الفلزية قريبة إلى بعضها البعض . فهل هناك تناسب عكسي بين القوى ومربع نصف القطر؟ فسر إجابتك .

يكون التناسب  $1/r^2$  صحيحاً في حالة الشحنات النقطية فقط. يمكن عرض القرصين كمجموعة من الشحنات النقطية ولكن لحساب تناسب  $r$  كان يجب دمج إجمالي الشحنات النقطية. هذه مسألة لعمليات الفصل الصغيرة فقط. في حالة كانت الأقراص أكثر بعداً، فسوف تعمل مثل الشحنات النقطية.

إتقان حل المسائل :

34 - ص 20

الذرات : يوجد الكترونان في ذرة تفصل بينهما مسافة  $1.5 \times 10^{-10} \text{ m}$  (الحجم النموذجي للذرة ) ما مقدار القوة الكهربائية الساكنة بينهما

$$q_A = q_B = e c = -1.6 \times 10^{-19} \text{ c} \quad r_{AB} = 1.5 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19}) \times (1.6 \times 10^{-19})}{(1.5 \times 10^{-10})^2} = 1.0 \times 10^{-8} \text{ N}$$

مبتعدة عن بعضها  $1.0 \times 10^{-8} \text{ N}$

35 - ص 20

35- شحنة موجبة وأخرى سالبة كل منهما بمقدار  $2.5 \times 10^{-5} \text{ c}$  تفصل بينهما مسافة قدرها  $15 \text{ cm}$  . أوجد القوة المؤثرة في كل من الجسمين .

$$q_A = q_B = 2.5 \times 10^{-5} \text{ c} \quad r_{AB} = 15 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2.5 \times 10^{-5}) \times (2.5 \times 10^{-5})}{(15 \times 10^{-2})^2} = 2.5 \times 10^2 \text{ N}$$

مقتربة من بعضها  $2.5 \times 10^2 \text{ N}$

36 - ص 20

شحنتان موجبتان متماثلتان تبذلان قوة تنافر بمقدار  $6.4 \times 10^{-9} \text{ N}$  عندما تفصل بينهما مسافة قدرها  $3.8 \times 10^{-10} \text{ m}$  . احسب شحنة كل منهما.

$$q_A = q_B = ? \quad F_{AB} = 6.4 \times 10^{-9} \text{ N} \quad r_{AB} = 3.8 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = k \frac{q_A^2}{r_{AB}^2} = q_A = \sqrt{\frac{F_{AB}}{k}} r_{AB} = \sqrt{\frac{6.4 \times 10^{-9}}{9 \times 10^9}} \times 3.8 \times 10^{-10} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ c}$$

37 - ص 20

37- البرق: صاعقة برقية قوية تنقل حوالي 25 c إلى الأرض. كم عدد الإلكترونات المنقولة ؟

$$q = 25 \text{ c}$$

$$q = \mp n e \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{25}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 1.6 \times 10^{20} \text{ e}$$

38 - ص 20

شحنة موجبة قدرها  $3.0 \mu\text{C}$  تجذبها شحنتان سالبتان كما في الشكل ١٦ ، الشحنة الأولى سالبة  $-2.0 \mu\text{C}$  تقع على مسافة  $0.050 \text{ m}$  إلى الغرب . وأخرى  $-4.0 \mu\text{C}$  تقع على مسافة  $0.030 \text{ m}$  إلى الشرق. ما القوة المحصلة المبدولة على الشحنة الموجبة؟

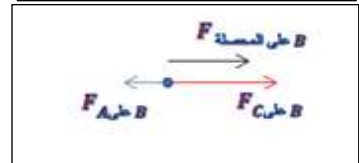
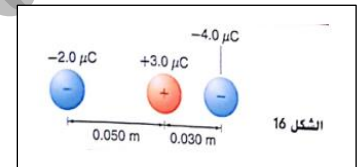
$$q_A = -2.0 \times 10^{-6} \text{ c} \quad q_B = 3.0 \times 10^{-6} \text{ c} \quad q_C = -4.0 \times 10^{-6} \text{ c}$$

$$r_{AB} = 0.050 \text{ m} \quad r_{BC} = 0.030 \text{ m}$$

$$F_{A \text{ على } B} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2.0 \times 10^{-6}) \times (3.0 \times 10^{-6})}{(0.050)^2} = 21.6 \text{ N} \text{ باتجاه الغرب}$$

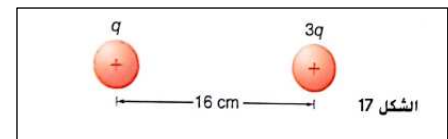
$$F_{C \text{ على } B} = k \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(3.0 \times 10^{-6}) \times (4.0 \times 10^{-6})}{(0.030)^2} = 120 \text{ N} \text{ باتجاه الشرق}$$

$$F_{\text{المحصلة على } B} = F_{C \text{ على } B} - F_{A \text{ على } B} = 120 - 21.6 = 98.4 \text{ N} \text{ باتجاه الشرق}$$



39 - ص 20

يعرض الشكل 17 كرتين مشحونتين بشحنة موجبة. شحنة إحداهما ثلاثة أمثال شحنة الأخرى تبعد الكرتان مسافة  $16 \text{ cm}$  عن بعضهما والقوة المؤثرة بينهما مقدارها  $0.28 \text{ N}$  ما شحنة كل الكرتين ؟

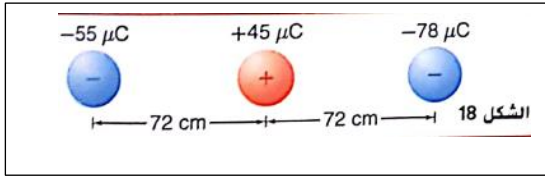


$$q_B = 3 q_A = ? \quad r_{AB} = 16 \text{ cm} = 16 \times 10^{-2} \text{ m} \quad F_{AB} = 0.28 \text{ N}$$

$$F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \rightarrow k \frac{3q_A^2}{r_{AB}^2} \rightarrow q_A = \sqrt{\frac{F_{AB}}{3k}} r_{AB} = \sqrt{\frac{0.28}{3 \times 9 \times 10^9}} \times 16 \times 10^{-2} = 5.2 \times 10^{-7} \text{ c}$$

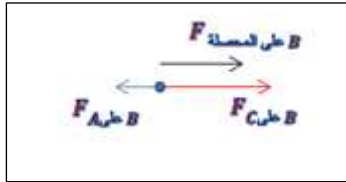
$$q_B = 3 q_A = 3 \times 5.2 \times 10^{-7} = 1.5 \times 10^{-6} \text{ c}$$

ثلاثة جسيمات في صف واحد شحنة الجسم الأيسر  $-55 \mu C$  وشحنة الجسيم الأوسط  $+45 \mu C$  وشحنة الأيمن  $-78 \mu C$ . يقع الجسيم الأوسط على مسافة  $72 \text{ cm}$  من كل الجسمين الآخرين كما يظهر في الشكل ١٨ .  
**a-** أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الجسم الأوسط .  
**b-** أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الجسم الأيمن.



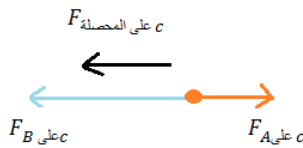
المعطيات :  $q_A = -55 \times 10^{-6} \text{ C}$      $q_B = 45 \times 10^{-6} \text{ C}$      $q_C = -78 \times 10^{-6} \text{ C}$

$r_{AB} = 0,72 \text{ m}$      $r_{BC} = 0,72 \text{ m}$



**الحل :**  
طريقة أولى :

$r_{AB} = 0,72 \text{ m}$      $r_{BC} = 0,72 \text{ m}$   
 $F_{A \text{ على } B} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(55 \times 10^{-6}) \times (45 \times 10^{-6})}{(0,72)^2} = 43 \text{ N}$  باتجاه اليسار  
 $F_{C \text{ على } B} = k \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(45 \times 10^{-6}) \times (78 \times 10^{-6})}{(0,72)^2} = 61 \text{ N}$  باتجاه اليمين  
 $F_{\text{المحصلة على } B} = F_{C \text{ على } B} - F_{A \text{ على } B} = 61 - 43 = 18 \text{ N}$  باتجاه اليمين



طريقة ثانية :

بعد الرسم وبما أن المسافة متساوية والقوة تجاذبية بينهما يمكننا مباشرة كتابة :

$$F_{\text{المحصلة على } B} = F_{C \text{ على } B} - F_{A \text{ على } B} = k \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} - k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = k \frac{q_B}{r_{AB}^2} (q_C - q_A)$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{45 \times 10^{-6}}{(0,72)^2} \times (78 - 55) \times 10^{-6} = 18 \text{ N}$$
 باتجاه اليمين

(b)

$r_{AC} = 0,72 + 0,72 = 1,44 \text{ m}$      $r_{BC} = 0,72 \text{ m}$   
 $F_{A \text{ على } C} = k \frac{q_A q_C}{r_{AC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(55 \times 10^{-6}) \times (78 \times 10^{-6})}{(1,44)^2} = 18,6 \text{ N}$  باتجاه اليمين  
 $F_{B \text{ على } C} = k \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(45 \times 10^{-6}) \times (78 \times 10^{-6})}{(0,72)^2} = 61 \text{ N}$  باتجاه اليسار  
 $F_{\text{المحصلة على } C} = F_{B \text{ على } C} - F_{A \text{ على } C} = 61 - 18,6 = 42 \text{ N}$  باتجاه اليسار

41 - ص 20

مسألة معكوسة : اكتب مسألة فيزيائية تكون المعادلة التالية جزء من حلها:

$$F = \left( 9.0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{c^2} \right) \left( \frac{(3.0 \times 10^{-6}) \times (2.0 \times 10^{-6})}{(0.25 m)^2} - \frac{(3.0 \times 10^{-6}) \times (5.0 \times 10^{-6})}{(0.45 m)^2} \right)$$

توجد شحنة قدرها  $3.0 \mu C$  - بين شحنة قدرها  $2.0 \mu C$  وشحنة قدرها  $5.0 \mu C$ ، وتكون على مسافة  $0.25 m$  من الشحنة  $2.0 \mu C$  و  $0.45 m$  من الشحنة  $5.0 \mu C$  ما القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة  $-3.0 \mu C$  ؟

42 - ص 20

الشحنة في عملة معدنية : عملة معدنية كتلتها حوالي  $5 g$  وتتكون من  $75$  بالمئة من  $Cu$  و  $25$  بالمئة من  $Ni$  في المتوسط . تكون كتلة كل مول من ذرات النيكل حوالي  $62 g$  . تحتوي كل ذرة  $Cu$  على  $29$  إلكترون وتحتوي كل ذرة  $Ni$  على  $28$  إلكترون . كم كولوم من الشحنة في الإلكترونات العملة المعدنية؟

الحل :

كل  $1 mol$  من ذرات القطعة المعدنية كتلته  $62 g$   
كل  $x mol$  من ذرات القطعة المعدنية كتلته  $5 g$

$$\rightarrow x = \frac{1 \times 5}{62} = 0.080 mol$$

كل  $1 mol$  من ذرات القطعة المعدنية يحوي عدد أفوغادرو  $6.02 \times 10^{23}$  ذرة  
كل  $0.080 mol$  من ذرات القطعة المعدنية يحوي

$$\rightarrow y = \frac{0.080 \times 6.02 \times 10^{23}}{1} = 4.85 \times 10^{22} \text{ ذرة}$$

عدد ذرات النحاس في  $5g$  من العملة المعدنية ( ذرة  $3.6 \times 10^{22} = 0.75 \times 4.85 \times 10^{22}$  )

عدد ذرات النيكل في  $5g$  من العملة المعدنية ( ذرة  $1.21 \times 10^{22} = 0.25 \times 4.85 \times 10^{22}$  )

عدد الإلكترونات للنحاس في  $5g$  من العملة المعدنية (  $1.044 \times 10^{24} e = 29 \times 3.6 \times 10^{22}$  )

عدد الإلكترونات للنيكل في  $5g$  من العملة المعدنية (  $3.38 \times 10^{23} e = 28 \times 1.21 \times 10^{22}$  )

عدد الإلكترونات الكلي في  $5g$  من العملة المعدنية  $1.38 \times 10^{24} e = (1.044 \times 10^{24}) + (3.38 \times 10^{23})$

وشحنة الإلكترونات العملة المعدنية تساوي :

$$q = \mp n e = -(1.38 \times 10^{24}) \times 1.6 \times 10^{-19} = -2.2 \times 10^5 c$$

**عرض المسألة:** أكمل هذه المسألة ليتم حلها باستخدام قانون كولوم . كرة صغيرة جداً يتم شحنها بشحنة  $6.25 \mu C$ .....؟

... وموضوعة على مسافة  $3.5 \text{ cm}$  من كرة أخرى شحنتها  $2.1 \mu C$  . ما مقدار القوة الكهربائية الساكنة التي يؤثران بها في بعضهما؟"

**ترتيب المهام:** صنف الأزواج التالية من الشحنات النقطية وفقاً لمقدار القوة الكهربائية الساكنة التي تبذلها على بعضها البعض وحدد الروابط بينها :

**A-** شحنتان مقدار كل منهما  $7.0 \text{ nC}$  وتفصل بينهما مسافة  $0.20 \text{ m}$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(7 \times 10^{-9}) \times (7 \times 10^{-9})}{(0.20)^2} = 1.1025 \times 10^{-5} \text{ N}$$

**B-** شحنتان مقدار كل منهما  $5.0 \text{ nC}$  وتفصل بينهما مسافة  $0.20 \text{ m}$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(5 \times 10^{-9}) \times (5 \times 10^{-9})}{(0.20)^2} = 5.625 \times 10^{-6} \text{ N}$$

**C-** شحنتان مقدار كل منهما  $2.5 \text{ nC}$  وتفصل بينهما مسافة  $0.10 \text{ m}$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2.5 \times 10^{-9}) \times (2.5 \times 10^{-9})}{(0.10)^2} = 5.625 \times 10^{-6} \text{ N}$$

**D-** شحنة مقدارها  $2.5 \text{ nC}$  و شحنة مقدارها  $5 \text{ nC}$  وتفصل بينهما مسافة  $0.20 \text{ m}$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(5 \times 10^{-9}) \times (2.5 \times 10^{-9})}{(0.20)^2} = 2.81 \times 10^{-6} \text{ N}$$

**E-** شحنة مقدارها  $1.0 \text{ nC}$  و شحنة مقدارها  $2.5 \text{ nC}$  وتفصل بينهما مسافة  $0.10 \text{ m}$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2.5 \times 10^{-9}) \times (1 \times 10^{-9})}{(0.10)^2} = 2.25 \times 10^{-6} \text{ N}$$

والترتيب :  $A > B = C > D > E$



## تطبيق المفاهيم :

45 - ص 21

قاس تشارلز كولوم انحراف الكرة  $A$  عندما كانت شحنتا الكرتين  $A$  و  $B$  متساويتان وتقعان على مسافة  $r$  من بعضهما. إذا جعل شحنة  $B$  ثلث شحنة  $A$  فكم يجب أن تكون المسافة بين الكرتين لتتخذ الكرة  $A$  الانحراف السابق نفسه ؟

الحالة الأولى :  $q_A = q_B$  و  $r_1$  و  $F_1$

الحالة الثانية  $q_B = \frac{q_A}{3}$  و  $r_2$  و  $F_2$

المطلوب :  $r_2 = ?$  عندما  $F_1 = F_2$

$$k \frac{q_A q_B}{r_2^2} = k \frac{\frac{q_A}{3} q_B}{r_2^2} \rightarrow \frac{1}{r_2^2} = \frac{1}{3 r_2^2} \rightarrow 3 r_2^2 = r_1^2 \rightarrow r_2^2 = \frac{r_1^2}{3} \rightarrow r_2 = \frac{r_1}{\sqrt{3}}$$

يجب أن تقل المسافة بمعدل  $\frac{1}{\sqrt{3}}$

46 - ص 21

جسمان مشحونان ببذلان قوة مقدارها  $0.145 N$  على بعضهما. إذا تم تحريكهما بحيث يبعدان عن بعضهما ربع المسافة الحالية فكم يصبح مقدار القوة المبذولة؟

طريقة 2

$$F_1 = 0,145 N \quad r_2 = \frac{r_1}{4} \quad F_2 = ?$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{q_A q_B}{r_2^2}}{k \frac{q_A q_B}{r_1^2}} = \frac{\frac{1}{(\frac{r_1}{4})^2}}{\frac{1}{r_1^2}} = \frac{1}{(\frac{r_1}{4})^2} \times r_1^2 = \frac{1}{\frac{r_1^2}{16}} \times r_1^2$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{16}} = \frac{16}{1} \rightarrow F_2 = 16 F_1 = 16 \times 0,145 = 2,32 N$$

طريقة 1

$$F_1 = 0,145 N \quad r_1 = 4 r_2 \quad F_2 = ?$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{q_A q_B}{r_2^2}}{k \frac{q_A q_B}{r_1^2}} = \frac{\frac{1}{r_2^2}}{\frac{1}{(4 r_2)^2}} = \frac{1}{r_2^2} = \frac{1}{\frac{1}{16 r_2^2}} = \frac{16}{1}$$

$$\rightarrow F_2 = 16 F_1 = 16 \times 0,145 = 2,32 N$$

47 - ص 21

تُعد القوى الكهربائية الساكنة بين الشحنات هائلة مقارنة بقوى الجاذبية. ولكنك في العادة لا تشعر بالقوى الكهربائية الساكنة بينك وبين محيطك . بينما تشعر بالتفاعلات الناتجة عن الجاذبية مع الأرض . فسر .

تكون قوى الجاذبية تجاذبية فقط . يمكن أن تكون قوى الكهربائية الساكنة إما تجاذبية أو تنافرية ويمكننا الاحساس فقط بمحصلتها المتجهية وعادة ما يكون صغيراً . أما الانجذاب بفعل قوة الجاذبية إلى الأرض أكبر ويمكن ملاحظته لدرجة أوضح لأن للأرض كتلة كبيرة .

48 - ص 21

ما أوجه الاختلاف بين شحنة الإلكترون وشحنة البروتون؟ وما أوجه التشابه؟  
شحنة البروتون لها المقدار نفسه مثل شحنة الإلكترون لكن إشارتها مختلفة.

49 - ص 21

49- باستخدام ساق مشحون وكشاف كهربائي . كيف يمكنك اكتشاف ما إذا كان الجسم موصلاً للكهرباء ؟

. استخدم عازلاً معروفاً لإمساك إحدى نهايتي الجسم بالقرب من الكشاف الكهربائي . والممس النهائية الأخرى بالقضيب المشحون . إذا أشار الكشاف الكهربائي إلى وجود شحنة، فإن الجسم يعد موصلاً

50 - ص 21

يتم تقريب ساق مشحون من كومة من الكرات البلاستيكية الصغيرة . تنجذب بعض الكرات إلى الساق ولكن بمجرد أن تلمس الساق تندفع في اتجاهات مختلفة. فسر سبب حدوث ذلك.

تنجذب الكرات المتعادلة أولاً إلى القضيب المشحون بسبب شحنها جزئياً، لكنها تكتسب الشحنة ذاتها مثل القضيب عندما تلمسه . نتيجة لذلك، تتنافر مع القضيب.

51 - ص 21

اشرح ماذا يحدث لورقتي الكشاف الكهربائي المشحون بشحنة موجبة إذا تم تقريب ساق مشحونة منه دون أن يلمسه . ماذا يكون سلوك ورقتي الكشاف الكهربائي إذا كان الساق مشحوناً بشحنة سالبة؟

ستبتعد الورقتان أكثر عند اقتراب ساق يحمل شحنة موجبة من المقبض، لكنهما تنخفضان قليلاً عند اقتراب ساق يحمل شحنة سالبة.

52 - ص 21

البرق : يحدث البرق عادة عندما تنتقل شحنة سالبة من سحابة إلى الأرض . إذا كانت الأرض متعادلة فما الذي يوفر القوة الجاذبة التي تجذب الإلكترونات تجاه الأرض ؟

تتنافر الشحنة في السحابة مع الإلكترونات على الأرض، ما يتسبب في فصل الشحنة باستخدام الحث . يكون جانب الأرض الأقرب إلى السحابة موجباً وينتج عنه قوة تجاذب.

53 - ص 21

وصف الفصل طريقة كولوم لشحن الكرتين A و B بحيث تكون شحنة B نصف شحنة A بالضبط . اقترح طريقة يستطيع كولوم من خلالها شحن الكرة B بثلاث شحنة الكرة A بالضبط .

بعد شحن الكرتين A و B بالتساوي، تلمس الكرة B كرتين بالحجم نفسه وتلمسان بعضهما . ستنتقسم الشحنة التي تحملها الكرة B بالتساوي بين الكرات الثلاث، لتصبح شحنتها بمقدار الثلث.

54 - ص 21

كما يظهر الشكل 19 يبدو أن قانون الجذب العام لنيوتن وقانون كولوم متشابهين ما أوجه التشابه بين القوى الكهربائية والجاذبية ؟ وما أوجه الاختلاف ؟

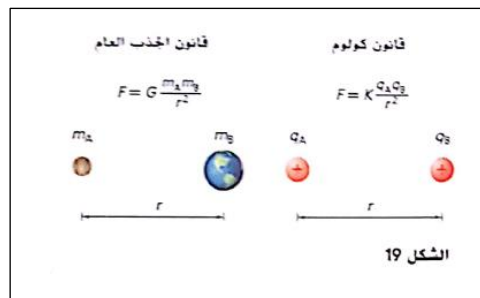
الخصائص المتشابهة هي التناسب العكسي مع مربع المسافة وأن القوى

تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كميتين ( الكتلة أو الشحنة) الفرق أن

الكتلة لها إشارة واحدة، لذا تكون قوة الجاذبية قوة تجاذب دائماً، في حين

أن الشحنة لها إشارتان، لذا يمكن أن تكون قوى الكهربائية الساكنة قوة

تجاذب أو تنافر



## مراجعة عامة :

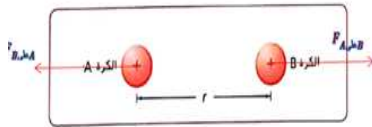
55 - ص 21

كرة فلزية صغيرة شحنتها  $1.2 \times 10^{-5} \text{ C}$  لمست كرة مماثلة متعادلة ثم وضعت على بعد  $0.15 \text{ m}$  من الكرة الثانية . ما مقدار القوة الكهربائية بين الكرتين ؟

$$q_A = q_B = \frac{1.2 \times 10^{-5} \text{ C}}{2} = +0.6 \times 10^{-5} \text{ C} \quad r_{AB} = 0.15 \text{ m}$$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = k \frac{q_A^2}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(0.6 \times 10^{-5})^2}{(0.15)^2} = 14.4 \text{ N}$$

مبتعدة عن بعضهما



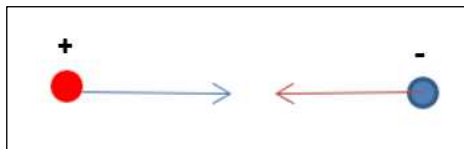
56 - ص 21

الذرات : ما مقدار القوة الكهربائية الساكنة بين الكرتون وبروتون وضعا على مسافة  $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$  من بعضهما وهو نصف القطر التقريبي لذرة الهروجين ؟

$$q_A = e c = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad q_B = e c = +1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad r_{AB} = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = k \frac{e^2}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

نحو بعضهما



57 - ص 21

كرة صغيرة شحنتها  $2.4 \mu\text{C}$  تؤثر فيها بقوة مقدارها  $0.36 \text{ N}$  عندما توضع كرة أخرى على مسافة منها  $5.5 \text{ cm}$  منها ما شحنة الكرة الثانية ؟

$$q_A = 2.4 \times 10^{-6} \text{ C} \quad F_{AB} = 0.36 \text{ N} \quad r_{AB} = 5.5 \times 10^{-2} \text{ m} \quad q_B = ?$$

$$F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \rightarrow q_B = \frac{F_{AB} r_{AB}^2}{k q_A} = \frac{0.36 \times (5.5 \times 10^{-2})^2}{9 \times 10^9 \times 2.4 \times 10^{-6}} = 5.04 \times 10^{-8} \text{ N}$$

58 - ص 21

كرتان تحملان شحنة متماثلة وضعتا على بعد  $12 \text{ cm}$  من بعضهما وبينهما قوة كهربائية ساكنة قدرها  $0.28 \text{ N}$  ما شحنة كل من الكرتين؟

$$q_B = q_A = ? \quad r_{AB} = 12 \text{ cm} = 12 \times 10^{-2} \text{ m} \quad F_{AB} = 0.28 \text{ N}$$

$$F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = k \frac{q_A^2}{r_{AB}^2} \rightarrow q_A = \sqrt{\frac{F_{AB}}{k}} r_{AB} = \sqrt{\frac{0.28}{9 \times 10^9}} \times 12 \times 10^{-2} = 6.7 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$q_B = q_A = 6.7 \times 10^{-7} \text{ C}$$

59 - ص 21

في عملية تحقق باستخدام أدوات كولوم . تم وضع كرة شحنتها  $3.6 \times 10^{-8} \text{ C}$  على مسافة  $1.4 \text{ cm}$  من كرة أخرى ذات شحنة مجهولة فكانت القوة بين الكرتين قدرها  $2.7 \times 10^{-2} \text{ N}$  ما مقدار شحنة الكرة الثانية ؟

$$q_A = 3.6 \times 10^{-8} \text{ C} \quad r_{AB} = 1.4 \times 10^{-2} \text{ m} \quad F_{AB} = 2.7 \times 10^{-2} \text{ N} \quad q_B = ?$$

$$F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \rightarrow q_B = \frac{F_{AB} r_{AB}^2}{k q_A} = \frac{2.7 \times 10^{-2} \times (1.4 \times 10^{-2})^2}{9 \times 10^9 \times 3.6 \times 10^{-8}} = 1.6 \times 10^{-8} \text{ C}$$

## التفكير الناقد :

60 - ص 21

تطبيق المفاهيم : احسب نسبة القوة الكهربائية إلى قوة الجاذبية بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين.

المعطيات :

$$m_p = 1,6 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad m_e = 9,10 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{c}^2} \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ c}$$

الحل :

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{k \frac{e \cdot e}{r^2}}{G \frac{m_p m_e}{r^2}} = \frac{k e^2}{G m_p m_e} = \frac{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{6.67 \times 10^{-11} \times 1.6 \times 10^{-27} \times 9.10 \times 10^{-31}} = 2.3 \times 10^{-39}$$

61 - ص 22

التحليل والاستنتاج : الكرة A وشحنها  $+64 \mu\text{c}$  موضوعة في نقطة الأصل. الكرة الثانية B وشحنها  $-16 \mu\text{c}$  موضوعة على مسافة  $1.00 \text{ m}$  على المحور X .

a- أين يجب وضع كرة ثالثة. تبلغ شحنها  $12 \mu\text{c}$  بحيث لا توجد قوة محصلة عليها ؟

b- إذا كانت شحنة الكرة الثالثة  $16 \mu\text{c}$  فأين يجب وضعها ؟

المعطيات

$$q_A = +64 \times 10^{-6} \text{ c} \quad q_B = -16 \times 10^{-6} \text{ c} \quad r_{AB} = 1 \text{ m}$$

a- تؤثر على الكرة C قوتين  $F_A$  على C تنافرية و  $F_B$  على C تجاذبية ولكي تتعدم محصلة القوة عليها يجب أن تتواجد على المستقيم الواصل بينهما وخارجهما ( وأقرب إلى الشحنة الأصغر)

المعطيات :

$$q_c = 12 \times 10^{-6} \text{ c} \quad F_{\text{على } c \text{ المحصلة}} = 0 \quad r_{Ac} = ?$$

الحل :

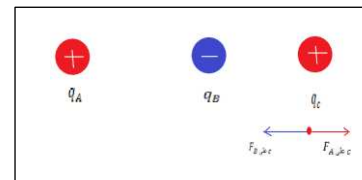
$$F_{\text{على } c \text{ المحصلة}} = F_{A \text{ على } c} - F_{B \text{ على } c} \rightarrow F_{A \text{ على } c} = F_{B \text{ على } c}$$

$$k \frac{q_A q_c}{r_{Ac}^2} = k \frac{q_c q_B}{r_{Bc}^2} \rightarrow \frac{q_A}{r_{Ac}^2} = \frac{q_B}{r_{Bc}^2} \rightarrow r_{Ac}^2 = \frac{q_A}{q_B} r_{Bc}^2$$

$$\rightarrow r_{Ac} = \sqrt{\frac{q_A}{q_B}} r_{Bc} = \sqrt{\frac{64 \times 10^{-6}}{16 \times 10^{-6}}} r_{Bc} = \sqrt{4} r_{Bc} = 2 r_{Bc}$$

$$r_{Ac} = 2 (r_{Ac} - r_{AB}) \rightarrow r_{Ac} = 2(r_{Ac} - 1)$$

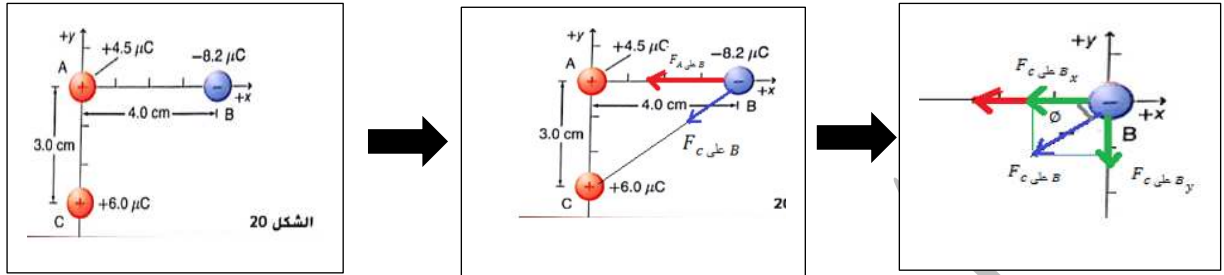
$$r_{Ac} = 2r_{Ac} - 2 \rightarrow r_{Ac} = +2 \text{ m على المحور X}$$



b- تختصر الشحنة الموجودة على الكرة من المعادلة لذلك فإن مقدارها ونوعها لا يكون مهماً

$$r_{Ac} = +2 \text{ m على المحور X}$$

وضعت ثلاث كرات مشحونة، كما هو موضح في الشكل أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B



الحل :

$$q_A = 4.5 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_B = -8.2 \times 10^{-6} \text{ C} \quad r_{AB} = 4 \times 10^{-2} \text{ m} \quad -1$$

$$F_{A \text{ على } B} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4.5 \times 10^{-6}) \times (8.2 \times 10^{-6})}{(4 \times 10^{-2})^2} = 208 \text{ N} \text{ نحو اليسار}$$

$$q_C = 6 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_B = -8.2 \times 10^{-6} \text{ C} \quad r_{BC} = \sqrt{r_{AB}^2 + r_{AC}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$F_{C \text{ على } B} = k \frac{q_C q_B}{r_{BC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(6 \times 10^{-6}) \times (8.2 \times 10^{-6})}{(5 \times 10^{-2})^2} = 177 \text{ N}$$

$$\tan \phi = \frac{r_{AC}}{r_{AB}} \rightarrow \phi = \tan^{-1} \frac{r_{AC}}{r_{AB}} = \tan^{-1} \frac{3}{4} = 37^\circ$$

تميل بزاوية 37  
أسفل محور x

3- 1- مسقط  $F_{C \text{ على } B}$  على المحور x :

$$F_{C \text{ على } B_x} = F_{C \text{ على } B} \cos \phi = 177 \times \cos 37 = 142 \text{ N} \text{ نحو اليسار}$$

مسقط  $F_{C \text{ على } B}$  على المحور y :

$$F_{C \text{ على } B_y} = F_{C \text{ على } B} \sin \phi = 177 \times \sin 37 = 106 \text{ N} \text{ نحو الأسفل}$$

2- المحصلة على المحور x :

$$F_{\text{المحصلة على } B_x} = F_{C \text{ على } B_x} + F_{A \text{ على } B} = 142 + 208 = 350 \text{ N} \text{ نحو اليسار}$$

3- المحصلة على المحور y :

$$F_{\text{المحصلة على } B_y} = F_{C \text{ على } B_y} = 106 \text{ N} \text{ نحو الأسفل}$$

4- المحصلة الكلية :

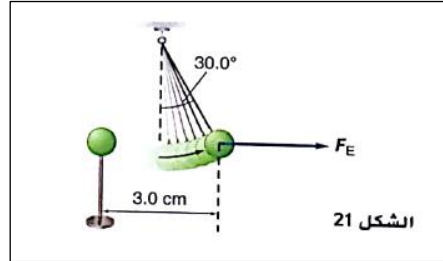
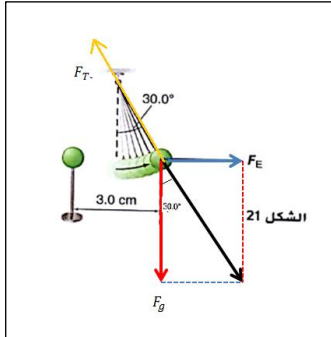
$$F_{\text{المحصلة على } B} = \sqrt{F_{\text{المحصلة على } B_x}^2 + F_{\text{المحصلة على } B_y}^2} = \sqrt{(350)^2 + (106)^2} = 366 \text{ N}$$

$$\tan \theta = \frac{F_{\text{المحصلة على } B_y}}{F_{\text{المحصلة على } B_x}} \rightarrow \theta = \tan^{-1} \left( \frac{F_{\text{المحصلة على } B_y}}{F_{\text{المحصلة على } B_x}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{106}{350} \right) = 17^\circ$$

أي  $F_{\text{المحصلة على } B} \approx 3.7 \times 10^2 \text{ N}$  وتميل إلى أسفل محور الـ x السالب بزاوية  $17^\circ$

أو تميل على محور الـ x الموجب بزاوية  $(180^\circ + 17^\circ = 197^\circ)$

الكرتان في الشكل 21 كتلة كل منهما  $1 \text{ g}$ . وشحنتهما متساويتان. تم تعليق إحداهما بخيط عازل ثم تقرب الكرة الأخرى حتى مسافة  $3.0 \text{ cm}$  من الكرة المعلقة. تتدلى الكرة المعلقة الآن ويشكل الخيط زاوية قدرها  $30.0^\circ$  مع المحور الراسي. الكرة في حالة اتزان مع  $F_E$  و  $F_g$  و  $F_T$ . احسب كلاً مما يلي:



-a  $F_g$  في الكرة المعلقة

$$F_g = m g = 1 \times 10^{-3} \times 9.8 = 9.8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

-b

$$\tan \theta = \frac{F_e}{F_g} \rightarrow F_e = F_g \tan \theta \rightarrow F_e = 9.8 \times 10^{-3} \times \tan 30^\circ$$

$$F_e = 9.8 \times 10^{-3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5.7 \times 10^{-3} \text{ N}$$

-c شحنة الكرتين

$$q_B = q_A = ? \quad r_{AB} = 3 \times 10^{-2} \text{ m} = 12 \times 10^{-2} \text{ m} \quad F_e = 5.7 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_e = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = k \frac{q_A^2}{r_{AB}^2} \rightarrow q_A = \sqrt{\frac{F_e}{k}} r_{AB} = \sqrt{\frac{5.7 \times 10^{-3}}{9 \times 10^9}} \times 3 \times 10^{-2} = 2.4 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$q_B = q_A = 2.4 \times 10^{-8} \text{ C}$$



جهاز لحفظ الأيونات موجبة الشحنة به أربعة سيقان مشحونة وتقع على مسافة واحدة من المركز. الساقان العلوي والسفلي مشحونان بشحنة موجبة والساقان الأيمن والأيسر مشحونان بشحنة سالبة. اشرح لماذا لا توجد قوة مؤثرة في الأيونات عندما تكون في وسط السيقان. إذا تحرك الأيون مسافة صغيرة لأعلى أو أسفل فهل تدفعه القوة المحصلة تجاه الوسط أم بعيداً عنه؟ وماذا لو تحرك مسافة صغيرة إلى اليسار أو إلى اليمين؟

عندما يكون الأيون الموجب في المركز بين القضبان تماماً، تتزن القوة من القضيب العلوي مع القوة من القضيب السفلي. وبالمثل، تتزن القوتان من القضيبين الأيمن والأيسر تماماً. إذا تحرك الأيون إلى أعلى أو أسفل، يبذل القضيب الأقرب قوة تنافر أكبر دافعاً الأيون مرة أخرى إلى المركز. إذا تحرك الأيون إلى اليمين أو اليسار، يبذل القضيب الأقرب قوة تجاذب أكبر دافعاً الأيون بعيداً عن المركز.

شحنتان  $q_A$  و  $q_B$  مستقرتان بالقرب من شحنة موجبة  $q_T$  قدرها  $7.2 \mu\text{C}$  ، الشحنة الأولى  $q_A$  شحنة موجبة مقدارها  $3.6 \mu\text{C}$  على بعد  $2.5 \text{ cm}$  من  $q_T$  بزاوية  $35^\circ$  . و  $q_B$  شحنة سالبة قدرها  $6.6 \mu\text{C}$  على بعد  $6.8 \text{ cm}$  بزاوية  $125^\circ$  .  
-a حدد مقدار كل من القوى المؤثرة في  $q_T$ .

المعطيات :

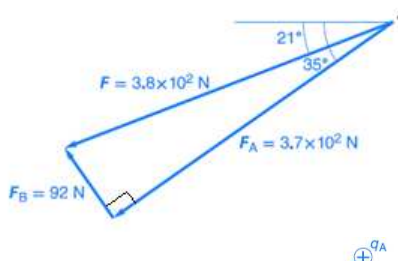
$$q_A = 3.6 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_B = -6.6 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_T = 7.2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r_{AT} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ m} \quad r_{BT} = 6.8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

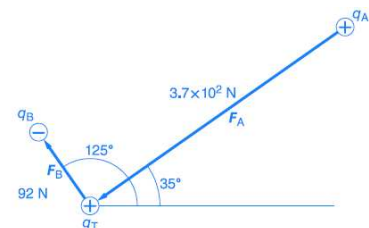
الحل :

$$F_{AT} = k \frac{q_A q_T}{r_{AT}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(3.6 \times 10^{-6})(7.2 \times 10^{-6})}{(2.5 \times 10^{-2})^2} = 3.7 \times 10^2 \text{ N} \quad \text{مبتعدة عن } q_A$$

$$F_{BT} = k \frac{q_B q_T}{r_{BT}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(6.6 \times 10^{-6})(7.2 \times 10^{-6})}{(6.8 \times 10^{-2})^2} = 92 \text{ N} \quad \text{مقتربة من } q_B$$

-c حدد بالرسم القوى المحصلة المؤثرة في  $q_T$ .

-b ارسم مخططاً للقوى؟



$$F_{\text{المحصلة على } T} = \sqrt{F_{AT}^2 + F_{BT}^2} = \sqrt{(3.7 \times 10^2)^2 + (92)^2} = 3.8 \times 10^2 \text{ N}$$

66- ص 22 —

تاريخ العلم ابحاث في الأجهزة المختلفة التي كانت تستخدم في القرنين السابع عشر والثامن عشر في دراسة الكهرباء الساكنة. قد تتطرق مثلاً إلى قارورة ليدن وآلة ويمشورست. ناقش كيف تم بناؤهما، ومبدأ عمل كل منهما. ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن تتضمن المعلومات التالية: اخترعت قارورة ليدن في منتصف أربعينيات القرن الثامن عشر، وكانت أول مكثف يتم استخدامه. وقد استخدمت خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر لتخزين الشحنات الكهربائية المتعلقة بالتجارب والعروض. أما آلة ويمشورست فقد استخدمت في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لتوليد وتفريغ الشحنات الكهربائية الساكنة. واستبدل بها مولد فان دي جراف في القرن العشرين.

67- ص 22 —

هناك قوى بين جزيئات الماء تؤدي إلى أن يكون الماء أكبر كثافة عندما يكون سائلاً بين  $0^{\circ}\text{C}$  و  $4^{\circ}\text{C}$  مقارنة بحالته عندما يكون صلباً عند  $0^{\circ}\text{C}$ . هذه القوى في طبيعتها ما هي إلا قوى كهروسكونية. ابحث في القوى الكهروسكونية بين الجزيئات، ومنها قوى فان درفال وقوى الاستقطاب، ووصف أثرها في المادة.

ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن يصف الطلاب التفاعل بين الشحنات الموجبة والسالبة على المستوى الجزيئي. وعليهم أن يلاحظوا أن شدة هذه القوى هي المسؤولة عن الاختلافات في درجتي الانصهار والغليان، وعن خصوصية تمدد الماء بين  $0^{\circ}\text{C}$  و  $4^{\circ}\text{C}$ .

## تدريب على الاختبار المعياري ص 23 —

الاختيار من متعدد:

1- كم عدد الإلكترونات التي تمت إزالتها من كشاف كهربائي ذي شحنة موجبة إذا كان صافي شحنته يبلغ  $7.5 \times 10^{-11} \text{ C}$  :A.  $7.5 \times 10^{-11}$  الكتروناتC.  $1.2 \times 10^{-9}$  الكتروناتB.  $2.1 \times 10^{-9}$  الكتروناتD.  $4.7 \times 10^8$  الكترونات

$$(q = \mp n e \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{7.5 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4.7 \times 10^8 \text{ e})$$

2- القوة المبذولة على جسيم بشحنة  $5.0 \times 10^{-9} \text{ C}$  بواسطة جسيم آخر على بعد مسافة  $4 \text{ cm}$  هي  $8.4 \times 10^{-5} \text{ N}$  ما الشحنة الموجودة في الجسيم الثاني :A.  $4.2 \times 10^{-13} \text{ C}$ C.  $3 \times 10^{-9} \text{ C}$ B.  $2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ D.  $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 

$$q_A = 5 \times 10^{-9} \text{ C} \quad F_{AB} = 8.4 \times 10^{-5} \text{ N} \quad r_{AB} = 4 \times 10^{-2} \text{ m} \quad q_B = ?$$

$$F_{AB} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} \rightarrow q_B = \frac{F_{AB} r_{AB}^2}{k q_A} = \frac{8.4 \times 10^{-5} \times (4 \times 10^{-2})^2}{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^{-9} \text{ C}$$

3- تقع الشحنات الثلاثة A و B و C على خط واحد. كما هو موضح أدناه . ما القوة المحصلة على B :

A.  $78 \text{ N}$  باتجاه AC.  $130 \text{ N}$  باتجاه AB.  $78 \text{ N}$  باتجاه CD.  $210 \text{ N}$  باتجاه C

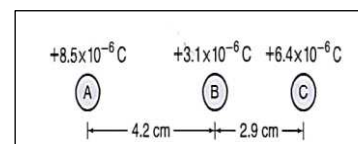
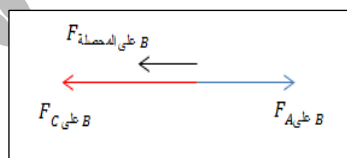
$$q_A = +8.5 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_B = +3.1 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_C = +6.4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r_{AB} = 4.2 \times 10^{-2} \text{ m} \quad r_{BC} = 2.9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$F_{A \text{ على } B} = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(8.5 \times 10^{-6}) \times (3.1 \times 10^{-6})}{(4.2 \times 10^{-2})^2} = 134 \text{ N} \text{ باتجاه C}$$

$$F_{C \text{ على } B} = k \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(3.1 \times 10^{-6}) \times (6.4 \times 10^{-6})}{(2.9 \times 10^{-2})^2} = 212 \text{ N} \text{ باتجاه A}$$

$$F_{\text{المحصلة على } B} = F_{C \text{ على } B} - F_{A \text{ على } B} = 212 - 134 = 78 \text{ N} \text{ باتجاه A}$$



4- لماذا بعد النحاس موصلاً جيداً للكهرباء ؟

A. تتحرك بروتوناته والكتروناته بسهولة .

B. تتحرك الكتروناته بسهولة .

C. له دائماً شحنة سالبة .

D. يمكن عزله

5- جسمان متساويا الشحنتان يبذلان قوة تساوي  $90\text{ N}$  على بعضهما البعض . إذا تم استبدال جسم واحد بأخر له نفس الحجم ولكن بثلاث أضعاف الشحنة . فما القوة الجديدة التي سيبذلها الجسمان على بعضهما البعض؟

A.  $10\text{ N}$

B.  $30\text{ N}$

D.  $8.1 \times 10^2\text{ N}$

C.  $2.7 \times 10^2\text{ N}$

الحالة الأولى:  $q_B$  و  $q_A$  و  $r$  و  $F_1 = 90\text{ N}$

الحالة الثانية:  $3q_B$  و  $q_A$  و  $r$  و  $F_2 = ?$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \frac{q_A (3q_B)}{r^2}}{k \frac{q_A q_B}{r^2}} = \frac{3}{1} \rightarrow F_2 = 3F_1 = 3 \times 90 = 270\text{ N} = 2.7 \times 10^2\text{ N}$$

6- عندما تلمس فلزاً في أحد الأيام الجافة تصاب أحياناً بصدمة كهربائية . ماذا يحدث حينها لشحنتك ؟

A. تصبح مشحوناً بشحنة سالبة : تسبب الفلز في نقل الإلكترونات إليك .

B. تصبح مشحوناً بشحنة موجبة : تسببت في نقل الإلكترونات إلى الفلز .

C. تصبح متعادلاً الصدمة أفرغت شحنتك .

D. لا شيء كنت مجرد موصل كهربائي .

7- ما الشحنة الموجودة على كشاف كهربائي به كمية زائدة تبلغ  $4.8 \times 10^{10}$  من الإلكترونات ؟

A.  $3.3 \times 10^{-30}\text{ C}$

B.  $4.8 \times 10^{-10}\text{ C}$

C.  $7.7 \times 10^{-9}\text{ C}$

D.  $4.8 \times 10^{10}\text{ C}$

$$q = \mp n e = (4.8 \times 10^{10}) \times 1.6 \times 10^{-19} = 7.7 \times 10^{-9}\text{ C}$$

8- جسيم ألفا كتلته  $6.68 \times 10^{-27}\text{ kg}$  وشحنته  $3.2 \times 10^{-19}\text{ C}$  ما نسبة القوة الكهربائية الساكنة إلى قوة الجاذبية بين جسيما ألفا ؟

A.  $1$

C.  $2.3 \times 10^{15}$

D.  $3.1 \times 10^{35}$

B.  $4.8 \times 10^7$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{k \frac{q_\alpha \cdot q_\alpha}{r^2}}{G \frac{m_\alpha \cdot m_\alpha}{r^2}} = \frac{k q_\alpha^2}{G m_\alpha^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3.2 \times 10^{-19})^2}{6.67 \times 10^{-11} \times (6.68 \times 10^{-27})^2} = 3.1 \times 10^{35}$$

9- عملية شحن جسم متعادل من خلال ملامسته بجسم مشحون تُسمى الشحن عن طريق :

A. التوصيل C. التأريض

B. الحث D. تفريغ الشحنات

10- ذلك عمر بالون بقطعة صوف مما أعطى البالون شحنة تبلغ  $8.9 \times 10^{-14} \text{ C}$ . كم تبلغ القوة بين البالون والكرة الفلزية المشحونة بمقدار  $25 \text{ C}$  وتبعد مسافة  $2 \text{ km}$  ؟

A.  $8.9 \times 10^{-15} \text{ N}$  C.  $2.2 \times 10^{-12} \text{ N}$

B.  $5.0 \times 10^{-9} \text{ N}$  D.  $5.6 \times 10^4 \text{ N}$

$$F = k \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(8.9 \times 10^{-14}) \times (25)}{(2 \times 10^3)^2} = 5.0 \times 10^{-9} \text{ N}$$

أسئلة ذات إجابات مفتوحة ص 23 :

11- وفقاً للمخطط ما القوة المحصلة المبذولة بواسطة الشحنات A و B على الشحنة C ؟ قم بتضمين مخطط في إجابتك يوضح صافي متجهات القوى  $F_{A \text{ على } C}$  و  $F_{B \text{ على } C}$  و  $F_{C \text{ المحصلة}}$ .

$$q_A = -2 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_C = -4 \times 10^{-6} \text{ C} \quad q_B = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r_{Ac} = r_{Bc} = \sqrt{0,30^2 + 0,40^2} = 0,50 \text{ m}$$

القوة الكهربائية المؤثرة في  $q_C$  هي محصلتي الفوتين  $F_{A \text{ على } C}$  و  $F_{B \text{ على } C}$

$$F_{A \text{ على } C} = k \frac{q_A q_C}{r_{Ac}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6}) \times (4 \times 10^{-6})}{(0,50)^2} = 0,288 \text{ N} \text{ تنافر}$$

وتميل بزاوية قدرها  $37^\circ$  تحت محور  $x$  الموجب

$$\theta = \tan^{-1} \frac{0,30}{0,40} = 37^\circ$$

$$F_{B \text{ على } C} = k \frac{q_B q_C}{r_{Bc}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(2 \times 10^{-6}) \times (4 \times 10^{-6})}{(0,5)^2} = 0,288 \text{ N} \text{ تنافر}$$

وتميل بزاوية قدرها  $37^\circ$  مع محور  $x$  الموجب

بأخذ مسقط كل من الفوتين  $F_{A \text{ على } C}$  و  $F_{B \text{ على } C}$  على المحور  $x$  والمحور  $y$  :

$$F_{A \text{ على } C_y} = F_{A \text{ على } C} \sin \theta = 0,288 \sin 37^\circ = 0,17 \text{ N} \text{ إلى الأسفل}$$

$$F_{B \text{ على } C_y} = F_{B \text{ على } C} \sin \theta = 0,288 \sin 37^\circ = 0,17 \text{ N} \text{ إلى الأعلى}$$

وهما متعاكستان مباشرة محصلتهما معدومة

$$F_{A \text{ على } C_x} = F_{A \text{ على } C} \cos \theta = 0,288 \cos 37^\circ = 0,23 \text{ N} \text{ إلى اليمين}$$

$$F_{B \text{ على } C_x} = F_{B \text{ على } C} \cos \theta = 0,288 \cos 37^\circ = 0,23 \text{ N} \text{ إلى اليمين}$$

$$F_{C \text{ المحصلة}} = F_{A \text{ على } C_x} + F_{B \text{ على } C_x} = (0,23) + (0,23) = 0,46 \text{ N}$$

القوة الكهربائية المؤثرة في  $q_C$  ( $F_{C \text{ المحصلة}} = 0,46 \text{ N}$ ) مع محور  $x$  الموجب

