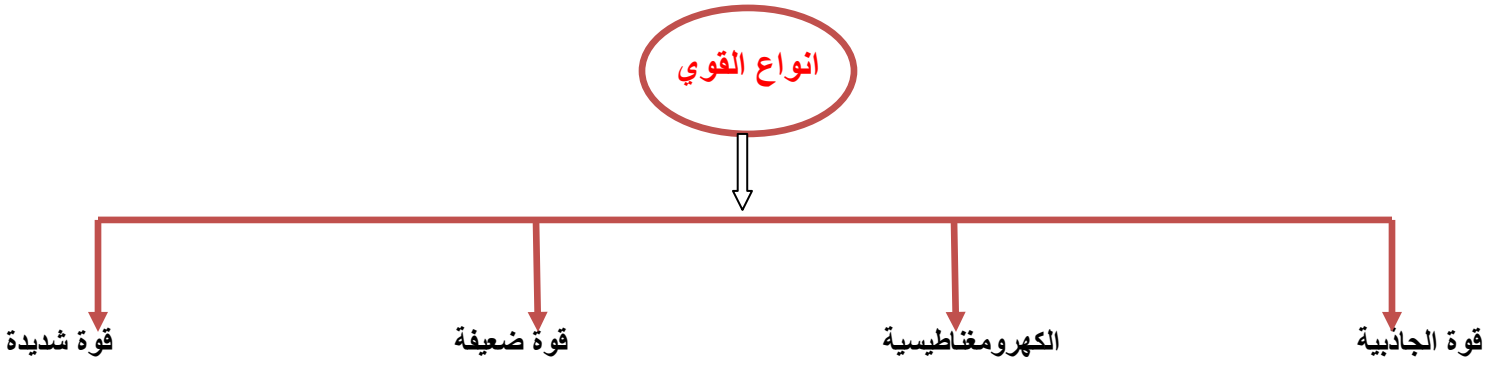
@grade12ua_e

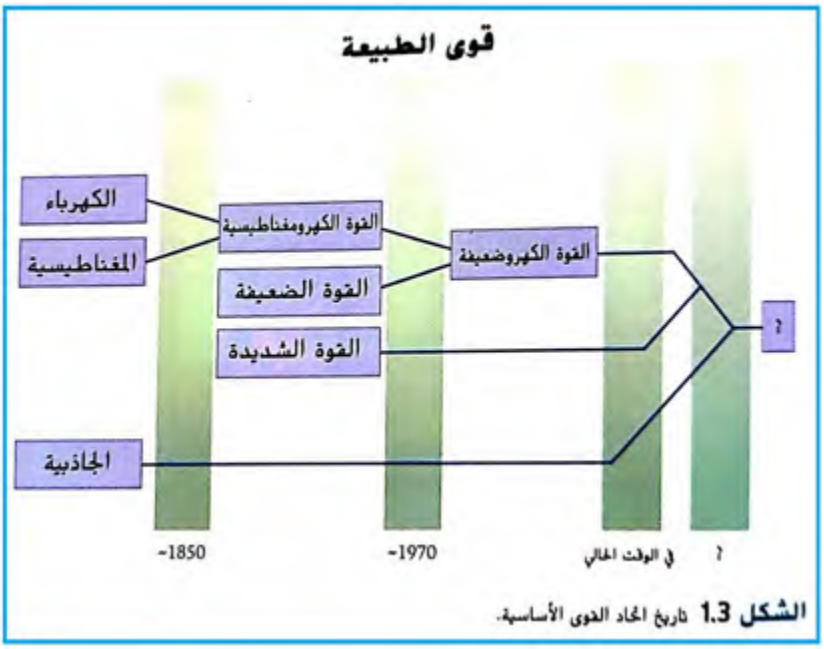
الفيزياء

الثاني عشر

القوى الكهروستاتيكية

الأستاذ : محمد عاطف
050 - 3136836





الشكل 1.3 تاريخ اكتشاف القوى الأساسية.

القوة الضيعيفة:- مسئولة عن انحلال بيتا إلي الكترون ونيوترينو

القوة الشديدة :- داخل النواة

نظرية كل شيء(ماغالوا):- الطبيعة عبارة عن نظام متناسق وبسيط

2- الشحنة الكهربائية

الشحن:- هو نقل جسيمات سالبة الشحنة (الإلكترونات) من جسم لأخر

رمزها : q
وحدة قياسها : كولوم C
أجزاء الكولوم : ميكروكولوم ($\mu C=10^{-6}C$) نانوكولوم : ($nC=10^{-9}C$)
انواعها :
1) موجبة مثل شحنة البروتون
2) سالبة مثل شحنة الالكترون

*** مكونات الذرة :**
1) بروتونات داخل النواة ($+1.6\times10^{-19}$)
2) نيوترونات داخل النواة (صفر)
3) الكترونات خارج النواة . (-1.6×10^{-19})

علل : بالرغم ان الذرة تحتوي علي بروتونات موجبة والكترونات سالبة الا انها متعادلة كهربيا (شحنتها الكلية صفر) ؟

لان عدد البروتونات والالكترونات متساوي ومقدار شحنتيهما متساوي ايضا

خصائص الشحنة الكهربية :

1) الشحنات المتشابه تتنافر والمختلفة تتجاذب(قانون الشحنات الكهربائية)
2) الشحنة محفوظة اي لا تنفي ولا تستحدث ومجموعها الكلي يبقي ثابت .
مبدأ حفظ الشحنة احد القوانين الاساسية في الطبيعة
3) الشحنة مكماة .

اي ان شحنة اي جسم (q) تساوي اعداد صحيحة من شحنة اولية ($q_e = 1.6\times10^{-19}C$)

$$q = \pm ne \quad \Rightarrow \quad n = \frac{|q|}{e}$$

n : عدد صحيح موجب يمثل عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة .

علل : يشحن الجسم بشحنة كهربية عندما يفقد او يكسب الالكترونات فقط ؟
لأن البروتونات ثابتة نسبيا في النواة اما الالكترونات خارج النواة فيسهل انتقالها بين الذرات .
** اذا الجسم المتعادل يفقد الكترونات يصبح موجبا واذا اكتسب الكترونات يصبح سالبا .

قانون حفظ الشحنة :- الكمية الكلية للشحنة في نظام مغلق ثابتة

تجربة ميليكان **تجربة قطرة الزيت**

تم رش قطرات زيت في غرفة وتم نزع الألكترونات خارج القطرات نتيجة تعرضها لأشعة سينية ثم سقطت القطرات الموجبة بين اللوحين المشحونين ومع ضبط الشحنة بين اللوحين علقت تحت تاثير قوة الكهربية والجاذبية المتساوية وعند قياس شحنة قطرات الزيت وجد ميلكان أنها مضاعفات صحيحة لشحنة الألكترون(الشحنة مكماة) ولكن في الظواهر الطبيعة بسبب وجود عدد هائل من الألكترونات لايمكن ملاحظة ذلك

البرتون:- يتكون من جسيمات مشحونة تسمي الكواركات وتربطها جسيمات غير مشحونة تسمي جلونات

تبلغ شحنة الكواركات

$$\pm\frac{1}{3} \text{ أو } \pm\frac{2}{3}$$

من شحنة الإلكترون ولكن لايمكن أن توجد هذه الجسيمات صغيرة الشحنة مستقلةولم يتمكن العلماء ملاحظتها مباشرتها

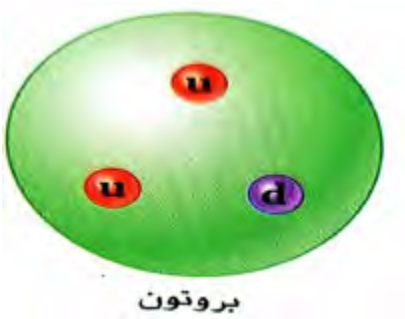
وتعد شحنات الكواركات خصائص داخلية لهذه الجسيمات الأولية مثل شحنة الإلكترون

يتكون البروتونات من اثنين من الكواركات :- 1- علوية

$+\frac{2}{3}e$

2- سفلية

$-\frac{1}{3}e$

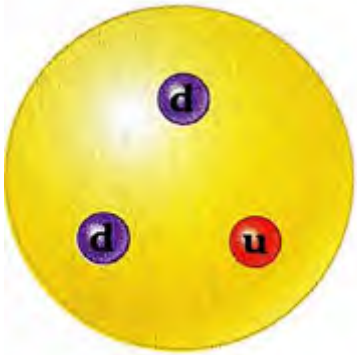


بروتون

وبالتالي تكون شحنة البرتون

$$2\left(+\frac{2}{3}e\right)+1\left(-\frac{1}{3}e\right)=+e$$

يتكون النيترون من 1- كوارك واحد علوي 2- اثنين من الكواركات السفلية



نيوترون

$$2\left(-\frac{1}{3}e\right)+1\left(+\frac{2}{3}e\right)=0$$

الميون والتاو :- جسيمات شبيهة بالإلكترون ولكن كتلتها أكبر بكثير

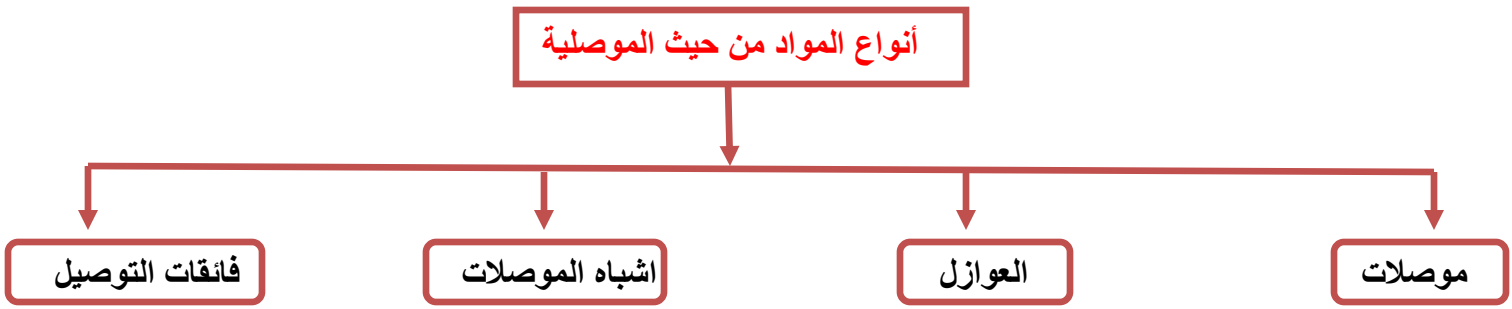
الحقيقة الأساسية:- أن كل مادة تتكون من كواركات علوية وسفلية و جلونات(عديمة الشحنة)

مجموعات شحنات الكواركات داخل البرتون = مقدار شحنة الإلكترون

شحنة أي جسم:-

$$q = e\,(Np - Ne)$$

إذا أردنا إكساب قالب حديدي كتلته 3.25Kg شحنة موجبة مقدارها 0.100c فماعسبة الإلكترونات التى سنحتاج إلى نزعها؟



1- الموصلات

هي مواد يسمح تركيبهاالإلكتروني لبعض الإلكترونات بحرية الحركة خلالها مثال:-(النحاس) ولكن الشحنات الموجبة في المواد الصلبة لاتتحرك لوجودها داخل النواة المغلقة

تعمل الموائع كموصلات مثال :-ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) يحتوي علي أيونات الصوديوم الموجبة والكلور السالبة وكلاهما يتحرك الكهرباء

أما النسيج العضوي فليس موصلا جيد ولكنه يوصل الكهرباء بشكل يجعل التيارات الكبيرة خطرة علينا

2- العوازل

لاتكون الإلكترونات حرة الحركة بسبب الارتباط القوي بين الإلكترونات وذراتها وعنداضافة شحنة خارجية إليها لاتتحرك وتبقي مكانها مثال (البلاستيك والزجاج والقماش)

3- أشباه الموصلات

هي مواد تتغير من مواد عازلة إلي موصلة ثم إلي عازلة مرة أخري

أنواع أشباه الموصلات:-

1- نقية :-لاتحتوي علي شوائب مثل البلورات النقية ل زرنيخ الجاليوم و السيلكون و جاليوم

2-غير نقية:- تحتوي علي شوائب عن طريق التطعيم لزيادة الموصلية الكهربية لها وهي نوعان

Ntype سالبة الشحنة و Ptype موجبة

النوع	N type	Ptype
الشوائب	ذرات خماسية التكافؤ	ذرات ثلاثية التكافؤ
مسمى ذرات الشوائب	مانحات	متقبلات
الحاملات الأكثرية	الالكترونات الحرة	الفجوات
الحاملات الأقلية	االفجوات	الالكترونات الحرة

التطـعيـــم

- هو اضافة ذرات شائبة الى شبه الموصل بنسبة 1لكل 10مليون
- تزداد الموصلية بزيادة نسبة التطعيم .

حين تسيطر الشوائب على التوصيل تسمى المادة حينئذ شبه الموصل غير النقي

الشحنة الموجبة هي فجوات تتركها الإلكترونات المفقودة

4-الموصلات فائقة التوصيل

هي مواد مقاومتها لتوصيل الكهرباء تساوي صفر عند درجات حرارة منخفضه جدا علي عكس الموصلات العادية التي يكون بها فقد جزء من الطاقة مثال:-

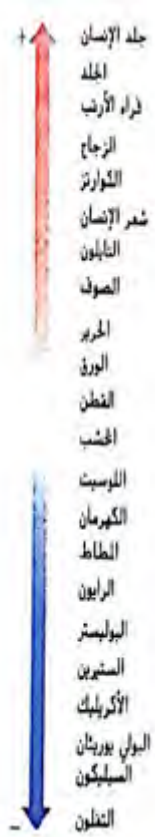
سبيكة النيوبيوم والتيتانيوم عند درجة حرارة قريبة من درجة حرارة الهيليوم السائل **(4.2K)**

حديثا":- تم تطوير موصلات فائقة التوصيل عالية درجة الحرارة (تكون هذه المواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة النتروجين السائل **(77.3K)** high-T_c superconductivity

حتي الأن لم تكتشف مواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة الغرفة **(300K)**

TC (درجة الحرارة الحرجة) هي أعلي درجة حرارة تسمح بالموصلية الفائقة

الشحن الكهروستاتيكى



الشحن بالدلك : هو احتكاك جسمان ببعضهما مما يسبب انتقال الإلكترونات من احدهما إلى الآخر ، فيصبح لأحدهما فائض من الألكترونات فيقال عنه مشحون بشحنة سالبة ، ويصبح للأخر نقص في الشحنات فيقال عنه مشحون بشحنة موجبة (وقد لاحظ قدماء الإغريق جذب حجر الكهرمان بعد دلكه قصاصات الريش).

النظرية السائدة لتفسير الشحن بالدلك هي انه عندما يحدث تلامس بين جسمين يحدث التصاق وتكوين روابط كميائية بين ذرات السطحين وعند انفصال السطحين تتقطع بعض الروابط تاركة كمية كبير من الإلكترونات المشتركة في الروابط علي المادة التي لها دالة شغل كبيرة

عند دلك مادة من اعلي السلسلة بمادة اخري اسفل السلسة تكتسب المادة بأعلي شحنة موجبة والمادة أسفل السلسلة شحنة سالبة

كلما زادت شدة الأحتكاك يزداد انتقال الشحنات بمعني زيادة الاحتكاك يؤدي الي زيادة النقاط المجهرية لنقل الشحنة

الدالك	المدلوك
الحرير	**الزجاج**
سالب الشحنة	**موجب الشحنة**
اكتسب الإلكترونات	**فقد الإلكترونات**

الدالك	المدلوك
الصوف	**المطاط والأبونيت**
موجب	**سالب**
فقد	**اكتسب**

* **الشحن بالتوصيل** : هو شحن جسم بملامسته جسما آخر مشحونا .

* **الشحن بالحث** : هو حث جسم مشحون لشحنات موصل متعادل على الانفصال، وذلك بتقريب الجسم المشحون من الموصل ، مما يؤدي إلى انفصال شحنات الموصل المراد شحنه ، فتتجمع الشحنات الموجبة عند احد الطرفين وتتجمع الشحنات السالبة عند الطرف الآخر .

هو شحن جسم باستخدام شحنة أخرى دون تلامس فتُحث الشحنات في الجسم بفعل التجاذب والتنافر، وبإزالة نوع من الشحنات يبقى الجسم مشحونا .

نشاط ٢: الكشّـاف الكهربائـي.

... ماذا تلاحظ عند ملامسة قرص الكشاف الكهربائي لساق من الأبونيت أو ساق من الزجاج بعد دلكهما بالصوف ؟ (مع التعليل)

يلاحظ انفراج ورقتي الكشاف وتنافرهما بسبب شحنهما بالشحنة السالبة التي انتقلت إلى القرص من ساق الأبونيت (بعد الملامسة) ومن ثمّ توزعت على جميع سطوح فلز الكشاف [ويحدث نفس الشيء عند ملامسة ساق موجب حيث تنفرج ورقتي الكشاف] ثم يُوضح المعلم أنّ هذا الشحن يُسمى الشحن بالتوصيل .

الشكل 6–1 الكشاف الكهربائي؛ جهاز يستخدم للكشف عن الشحنات الكهربائية. في الكشاف الكهربائي المتعادل تكون الورقتان معلقتين رأسيًا بحرية، وتلامس إحداهما الأخرى.

الشحن بالتوصيل : هو شحن جسم بملامسته جسما آخر مشحوناً .

... ماذا تلاحظ عندما يكون الكشاف مشحونا بشحنة سالبة ثم يتم ملامسته بساق من الأبونيت (السالب) ؟ وماذا تلاحظ عندما يكون الكشاف مشحونا بشحنة سالبة ثم يتم ملامسته بساق من الزجاج (الموجب) ؟ ماذا تستنتج ؟

سيلاحظ في الحالة الأولى : يزداد انفراج الورقتين ، وسيلاحظ في الحالة الثانية : يقل انفراج الورقتين .

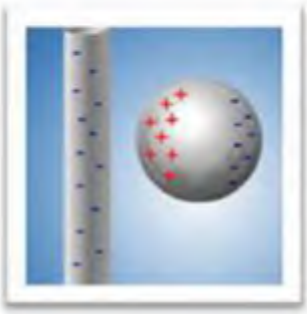
نستنتج أنّه يمكن تحديد شحنة جسم متعادل من خلال تقريب جسم مشحون معلوم الشحنة .

الشكل 7–1 تكون ورقتا الكشاف الكهربائي المشحون بشحنة سالبة منفرجتين (a). يدفع القضيب ذو الشحنة السالبة الإلكترونات من القرص إلى الورقتين فيزداد انفراجهما (b). يجذب القضيب ذو الشحنة الموجبة بعض الإلكترونات من الورقتين إلى القرص فيقل انفراجهما (c).

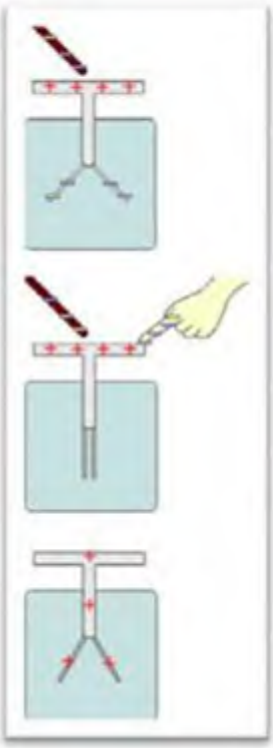
الشحن بالحث

نشاط ٣:

... ما يحدث للبالون (المتعادل) عندما يُقرب منه ساق الأبونيت بعد دلكه بالصوف ؟ (مع التعليل وتوضيح ماذا يحدث للشحنات في البالون) .



سيلاحظ انجذاب البالون تجاه الأبونيت ، بسبب جذب الشحنات السالبة لساق الأبونيت للشحنات الموجبة في البالون ،كما يحدث أيضا تنافر للشحنات السالبة في البالون مع الأبونيت ، وهذا يعني أنّ الشحنات الموجبة في البالون انتقلت إلى الطرف القريب من ساق الأبونيت وأنّ الشحنات السالبة في البالون انتقلت إلى الطرف البعيد عن ساق الأبونيت أي أنّه تم (فصل الشحنات في البالون ، وعملية الشحن هي فصل للشحنات الكهربائية وليس إنتاجها) ، وهذا ناتج عن قوة التجاذب بين ساق الأبونيت والبالون .



نشاط ٤ :

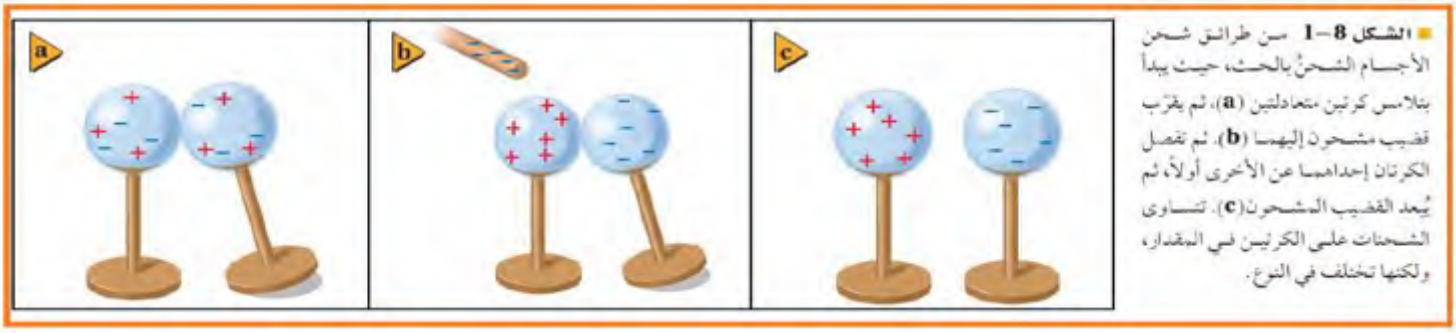
... ما يحدث عند تقريب ساق أبونيت مشحون من قرص الكشاف ؟ (مع التعليل)

[كما لاحظ الطلاب في النشاط قبل السابق] سيلاحظون انفراج ورقتي الكشاف (حتى بدون تلامس ساق الأبونيت مع قرص الكشاف) بسبب تنافر الشحنات السالبة في الكشاف مع الشحنات السالبة في ساق الأبونيت وانتقالها نحو ورقتي الكشاف .

... ماذا تتوقع أنّ يحدث عند لمس القرص بالإصبع مع بقاء ساق الأبونيت قريبا من الكشاف الكهربائي ، ثم إبعاد ساق الأبونيت واليد معا؟ (مع التعليل) .

عند لمس القرص بالإصبع سيتم تفريغ الشحنة المشابهة لشحنة ساق الأبونيت خارج الكشاف الكهربائي (يحدث تقارب لورقتي الكشاف) ، وعند إبعاد ساق الأبونيت سيصبح الكشاف مشحونا بالشحنة الموجبة (يحدث انفراج ورقتي الكشاف) ، ويسمى هذا الشحن بشحن الأجسام بالحث .

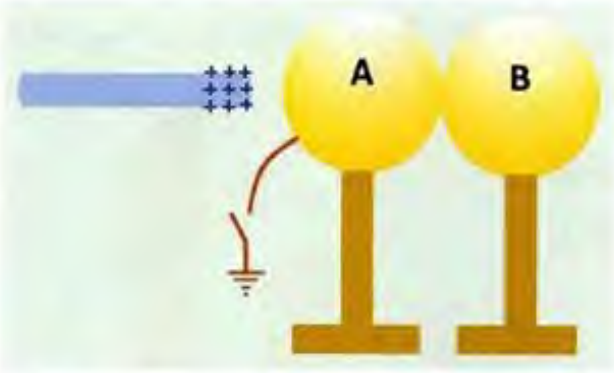
الشحن بالحث



الشكل 8–1 من طرائق شحن الأجسام الشحنُ بالحث، حيث يبدأ بتلامس كرتين متعادلتين (a)، ثم يقرّب قضيب مشحون إليهما (b). ثم تفصل الكرتان إحداهما عن الأخرى أولاً، ثم يُبعد القضيب المشحون(c). تتساوى الشحنات على الكرتين في المقدار، ولكنها تختلف في النوع.

1 - اشرح بخطوات كيفية شحن الكرة في الشكل المجاور بشحنة سالبة بطريقة الحث؟

تقريب جسم مشحون بشحنة موجبة من الكرة .
توصيل الكرة بالأرض (تأريض الكرة) مع وجود الجسم المشحون
فصل الاتصال بالارض ثم ابعاد الساق فتصبح الكرة مشحونة بشحنة سالبة
ملاحظة : تقبل الاجابة المعبرة بالرسوم التخطيطية الصحيحة



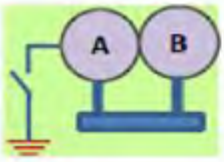
يُظهر الشكل المجاور موصلين كرويين متماثلين متلامسين، حيث يتصل الموصل A بالأرض بوساطة سلك توصيل ومفتاح مفتوح، كما يُظهِرُ الشكل ساق زجاجية مشحونة بشحنة موجبة وقد قُرِّبت من الموصل A من جهة اليسار دون أن تُلامسه. أجب عما يلي:

1- ارسم على الشكل توزيع الشحنات على الموصلين.

2- في الجدول أدناه حدد نوع شحنة كل من الموصلين بكتابة (موجبة أو سالبة أو غير مشحون) في كل حالة من الحالات الموضحة في العمود الأول.

الحالة	شحنة الموصل A	شحنة الموصل B
غلق المفتاح S ثم فتحه ثم ابعاد الموصلين عن بعضهما ثم ابعاد ساق الزجاج	سالبة	غير مشحون
غلق المفتاح S ثم فتحه ثم ابعاد ساق الزجاج ثم ابعاد الموصلين عن بعضهما	سالبة	سالبة

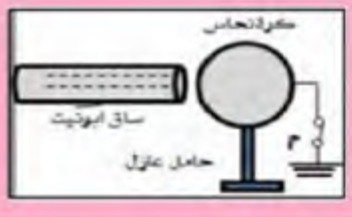
3 - حدد بأربع خطوات يمكنك أن تكسب الموصلان في الشكل المجاور نفس المقدار والنوع من الشحنات الكهربائية دون لمسهما؟



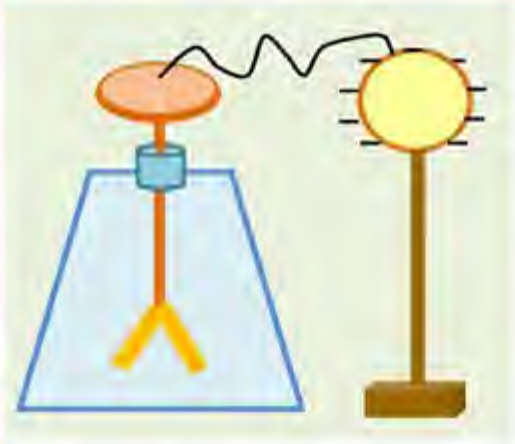
الإجابة :

• الخطوة الأولى: تقريب جسم مشحون ومعزول منهما	• الخطوة الثانية: غلق المفتاح مع وجود الجسم المشحون
• الخطوة الثالثة: فتح المفتاح مع وجود الجسم المشحون	• الخطوة الرابعة: إبعاد الجسم المشحون عنهما

4- في الشكل المجاور. بعد فتح المفتاح (م) ثم ابعاد ساق الأبونيت عن الكرة :



- [■] تشحن الكرة بشحنة موجبة
- [ ] تشحن الكرة بشحنة سالبة
- [ ] تبقى الكرة متعادلة
- [ ] لا يمكن معرفة شحنة الكرة



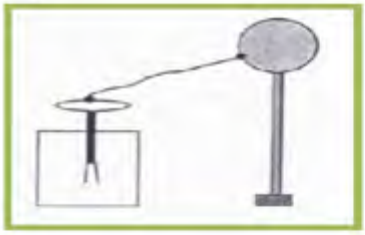
يبين الشكل المجاور موصل كروي مشحون و يرتكز على حامل عازل وسطحه متصل بقرص كشاف كهربائي . فسر الآتي :

1- عدم تأثر ورقتي الكشاف عند ملامسة سطح الموصل الكروي بجسم معين .

الجسم غير موصل (عازل) ما يعني عدم انتقال الشحنة من الموصل الكروي إلى الجسم عن طريق اللمس (التوصيل) (الجسم غير مشحون)

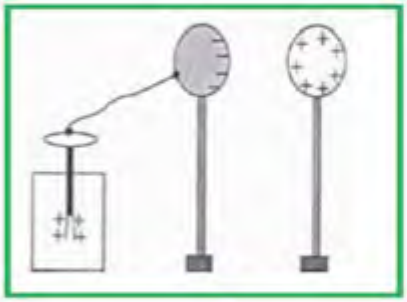
2- يقل انفراج ورقتي الكشاف عند تقريب جسم موصل من الموصل الكروي .

الجسم مشحون بشحنة موجبة وذلك لأن شحنته كانت قادرة على جذب جزء من الشحنة السالبة المتواجدة على ورقتي الكشاف و الموصل الكروي لتتجمع في جهة الموصل الكروي القريبة من الجسم ، مما يؤدي إلى نقصان قوة التنافر بين ورقتي الكشاف فيقل الانفراج .



6- يبين الشكل المجاور موصل كروي يرتكز علي حامل وسطحه متصل بقرص كشاف كهربي ، ما التغير الذي يطرأ علي ورقتي الكشاف عند تقريب جسم مشحون بشحنة موجبة من جهة اليمين للموصل الكروي ؟ برر إجابتك .

الحل :



تنفرج ورقتي الكشاف ، لان الشحنة الموجبة التي تم تقريبها تكون علي الطرف الايمن للموصل الكروي شحنة سالبة مقيدة في حين تتجمع الشحنة الموجبة الحرة علي ورقتي الكشاف فتنفرجان كما في الشكل .

7-ايهما يعتبر دليلاً قطعياً علي ان جسماً ما مشحون تجاذبه مع جسم اخر ام تنافره معه فسر اجابتك .

الشكل (1) كرات ثلاث موصلة ومتعادلة ابعدت الكرة(ب) بعازل حدد شحنة كل كرة على الشكل (2)

ضع إشارة (✓) داخل المربع أمام أنسب إجابة لكل مما يلي

- تلتصق الشريحتان (A و B) في الشكل المجاور نتيجة الشحنات الكهربائية ، أي الآتية صحيح ؟

☐ شحنة A موجبة بينما B سالبة ☐ شحنة A و B سالبة
☐ شحنة A و B سالبة ☐ الشريحتان A و B لا تحملان أي نوع من الشحنة

- في الشكل المجاور عند فصل الموصلين (C و D) عن بعضهما ،
ما نوع الشحنة التي يكتسبها كل موصل و ما طريقة شحنهما ؟

	شحنة الموصل C	شحنة الموصل D	طريقة الشحن
☐	موجبة	موجبة	التوصيل
☐	موجبة	سالبة	الحث
☐	سالبة	موجبة	الحث
☐	سالبة	سالبة	التوصيل

- تتنافر الشريحتان (س و ص) في الشكل المجاور نتيجة الشحنات الكهربائية ،
أي الآتية صحيح ؟

☐ شحنة س موجبة و ص سالبة ☐ شحنة س سالبة و شحنة ص موجبة
☐ شحنة س سالبة و ص سالبة ☐ شحنة ص موجبة بينما س غير مشحونة

- قربت ساق مشحونة من موصل كما في الشكل المجاور، ما نوع الشحنة التي اكتسبها الجزء A من الموصل و ما طريقة شحنه .

☐ سالبة و طريقة الشحن التوصيل ☐ سالبة و طريقة الشحن الحث
☐ موجبة و طريقة الشحن التوصيل ☐ موجبة و طريقة الشحن الحث

- يظهر الشكل المجاور جسماً يحمل شحنة كهربائية ، أي من الآتية صحيح ؟

☐ الجسم موصل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم موصل و شحن بفقده إلكترونات
☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم عازل و شحن بفقده إلكترونات

- يظهر الشكل المجاور جسماً يحمل شحنة كهربائية ، أي من الآتية صحيح ؟

☐ الجسم موصل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم موصل و شحن بفقده إلكترونات
☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم عازل و شحن بفقده إلكترونات

- أي من الآتية يمثل الشحنة الأساسية ؟

☐ شحنة 1.6 إلكترون ☐ شحنة بروتون واحد
☐ $1.6\times10^{+19}C$ ☐ $1.0\times10^{-6}C$

8- يظهر الشكل المجاور وضع شريحتين (س و ص) نتيجة الشحنات الكهربائية ، أي الآتية صحيح ؟

☐ تحمل الشريحتان شحنتان مختلفتان ☐ س تحمل شحنة موجبة و ص غير مشحونة
☐ تحمل الشريحتان شحنتان متماثلتان ☐ ص تحمل شحنة موجبة و س غير مشحونة

9- قربت ساق مشحونة من موصل كما في الشكل المجاور ، ما نوع الشحنة التي اكتسبها الجزء A من الموصل و ما طريقة شحنه .

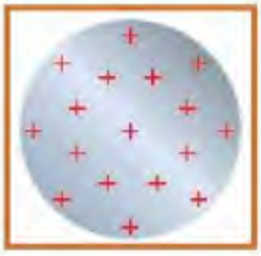
☐ سالبة و طريقة الشحن التوصيل ☐ سالبة و طريقة الشحن الحث
☐ موجبة و طريقة الشحن التوصيل ☐ موجبة و طريقة الشحن الحث

10- تتنافر الشريحتان (س و ص) في الشكل المجاور نتيجة الشحنات الكهربائية ، أي الآتية صحيح ؟

☐ شحنة س موجبة و ص سالبة ☐ شحنة س سالبة و شحنة ص موجبة
☐ شحنة س سالبة و ص سالبة ☐ الشريحتان متعادلتان

11- شحن جسم بشحنة كهربائية سالبة بحيث توزعت بانتظام على جميع أجزاء سطحه ، أي من الآتية صحيح ؟

☐ الجسم موصل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم موصل و شحن بفقده إلكترونات
☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم عازل و شحن بفقده إلكترونات



12- يظهر الشكل المجاور جسماً يحمل شحنة كهربائية ، أي من الآتية صحيح ؟

☐ الجسم موصل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم موصل و شحن بفقده إلكترونات
☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم عازل و شحن بفقده إلكترونات

13- تتنافر الشريحتان (س و ص) في الشكل المجاور نتيجة الشحنات الكهربائية ، إذا كانت الشريحة س تحمل شحنة موجبة ، أي الآتية صحيح لشحنة الشريحة ص ؟

☐ تحمل شحنة سالبة ☐ غير مشحونة
☐ تحمل شحنة موجبة ☐ تحمل شحنة موجبة و سالبة متساوية

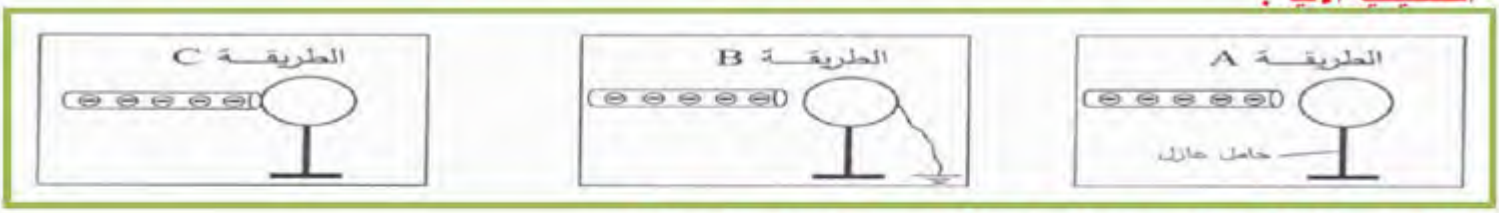
14- أي الآتية يكافئ وحدة الكولوم (C) ؟

☐ A.S ☐ $A.S^{-1}$ ☐ $A.S^{-2}$ ☐ $S.A^{-1}$

15- أي الآتية وحدة لقياس كمية الشحنة الكهربائية ؟

☐ النيوتن ☐ الكولوم ☐ الفولت ☐ الأمبير

8- استخدمت ساق ابونيت بعد دلكها بقطعة صوف لشحن كرة فلزية صغيرة بثلاث طرائق مختلفة موضحة في الاشكال التخطيطية الاتية :



1) في اي الطرائق الثلاث يتم انتقال الشحنة من ساق الابونيت الي الكرة .

2) ارسم مخططا لتوزيع الشحنات علي الكرات في كل طريقة .

3) في اي من هذه الطرائق الثلاث اصبحت الكرة مشحونة بشحنة اضافية وذلك بعد ابعد الساق عنها .

4) في اي طريقة تشحن الكرة بطريقة الحث .

5) وضح ما حدث للشحنة علي الساق بعد ابعادها عن الكرة في كل طريقة من الطرائق الثلاث .

6-نفترض ان الاتصال قطع بالارض اولا ثم ابعد الساق عن الكرة قارن بين

. C و B نوعي الشحنة علي الكرة في الطريقتين

قمنا بدلك القضبان الموضحة على الشكل الموالي فأصبحت تحمل شحنات كهربائية كما هو موضح في الأسفل:

$q_1 = -4.8\times10^{-12}c$ $q_2 = +3.2\times10^{-10}c$ $q_3 = -3.2\times10^{-12}c$ $q_4 = -3.2\times10^{-10}c$

1 – ما هي القضبان المصنوعة من الزجاج وتلك المصنوعة من الإيبونيت (البلاستيك)؟

2- أي منها فقد إلكترونات وكم عددها . شحنة الإلكترون هي $e^- = -1.6\times10^{-19}C$.

3- أي من القضبان تتنافر مع القضيب 3؟

4- إذا تلامس القضيبان 1 و2 في أي جهة تنتقل الالكترونات ولماذا ؟

1- القضيب المصنوع من الزجاج هو الرقم 2 لأن شحنته موجبة.
القضبان 1 ، 3 و4 مصنوعة من الإيبونيت أو البلاستيك لأنها تحمل شحنة سالبة.

2- القضيب المصنوع من الزجاج (الرقم 2) هو الذي فقد إلكترونات لأن شحنته موجبة.
القضبان 1 ، 3 و4 اكتسبت إلكترونات لأنها تحمل شحنة سالبة.

عدد الإلكترونات المفقودة:

$+1,6\times10^{-19}c$ ⟶ 1

$+3.2\times10^{-10}c$ ⟶ n

$n = 2\times10^{+9}$

3- القضبان التي تتنافر مع القضيب 3 هي تلك التي لديها شحنة سالبة وهي 1 و 4

4- إذا تلامس القضيبان 1 و2 فإن الالكترونات تنتقل من القضيب رقم1 إلى القضيب رقم 2
لأن القضيب رقم 1 لديه وفرة من الإلكترونات التي أعطت له شحنة سالبة أما القضيب الثاني فشحنته الموجبة تدل على نقص في عدد إلكتروناته

MR: mohamedatef
Tel: 0503136836

ثلاثة قضبان A, B, C مصنوعة من مواد مختلفة A من الزجاج، B مصنوع من البلاستيك، C من النحاس نمسك في كل مرة أحدها باليد مباشرة وندلك طرفه الآخر بقطعة قماش.

1- أذكر نوع الشحنة التي تظهر على كل قضيب.
نلمس بالقضيب C كرية تحمل شحنة كهربائية سالبة.

2- في أي اتجاه تنتقل الإلكترونات؟
نضع في كل مرة أحد القضبان A, B, C على حامل من البلاستيك بحيث يلمس طرفها الجزء المعدني من الكاشف الكهربائي ثم نقرب من طرفها الآخر مصاصة مشروبات مدلوكة.

3- ماذا تلاحظ في كل مرة.

4- ماذا تلاحظ لو كان الحامل الذي توضع فوقه القضبان من النحاس

1-نوع الشحنة التي تظهر على كل قضيب.
A تظهر عليه شحنة موجبة لأنه من الزجاج
B تظهر عليه شحنة سالبة لأنه من البلاستيك
C لا تظهر عليه شحنة لأنه مادة ناقلة إذ بمجرد دلكه تنتقل الشحنات التي يكتسبها عبر اليد.

2- عندما نلمس بالقضيب C كرية تحمل شحنة كهربائية سالبة تنتقل الإلكترونات من الكرية إلى السلك المعدني.

3- في حالة الزجاج والبلاستيك لا نلاحظ حدوث أي شيء

- في حالة السلك النحاسي تتباعد ورقتا الألمنيوم لأن الشحنات انتقلت عبر السلك النحاسي (النحاس مادة ناقلة)

4- لو كان الحامل الذي توضع فوقه القضبان من النحاس فلا نلاحظ حدوث أي شيء لأن الشحنات التي تنتقل في حالة النحاس ستسري عبر الحامل النحاسي نحو الأرض

نضع قضيبا معدنيا AB على حامل عازل ثم نعلق كرية من البولستران المغلف بالألمنيوم ملامسة للنهاية B كما يبينه الشكل المقابل.

نمسك القضيب C باليد مباشرة وندلكه بقطعة قماش ثم نلمس به النهاية A فتبتعد الكرية.

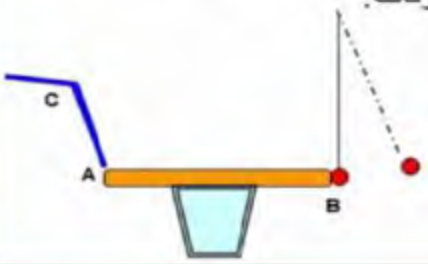
1- من بين المواد التالية، ما هي المواد التي يمكن أن يكون قد صنع منها القضيب C: الزجاج، الحديد، البلاستيك، الألمنيوم.

2- فسر سبب ابتعاد الكرية ؟
عند دلك القضيب C بقطعة القماش شُحن بشحنة كهربائية قدرها $q = -64 \times 10^{-5}$ coulomb

3- ما هي المادة التي صنع منها القضيب C ؟

4 – هل اكتسب هذا القضيب أم فقد الكترونات؟ لماذا؟

5- أحسب عدد هذه الإلكترونات.



1. المواد التي يمكن أن يكون قد صنع منها القضيب c هي الزجاج أو البلاستيك.

2-ابتعدت الكرية لأنها شحنت بشحنة مماثلة لشحنة القضيب المعدني.

3- المادة التي صنع منها القضيب c هي البلاستيك لأنه شحن بشحنة سالبة.

4- هذا القضيب اكتسب إلكترونات لأن شحنته سالبة.

5- عدد هذه الإلكترونات.

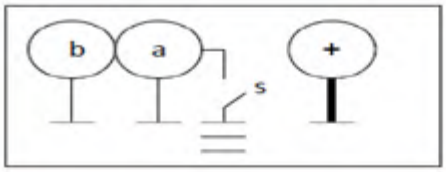
$q = n \times (-1.6 \times 10^{-19})$ ومنه.

$$n = \frac{64 \times 10^{-5}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= 40 \times 10^{14}$$

اختبار قصير علي الشحنات الكهربائية

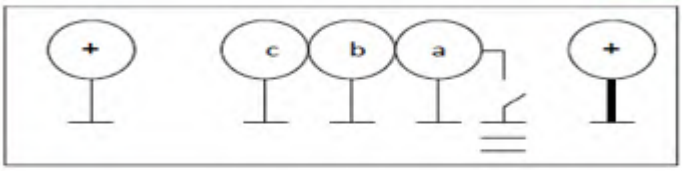
1-في الشكل المقابل إذكر شحنة كل من الموصلين المعزولين (a ، b) قبل غلق المفتاح و بعد غلق المفتاح (s) :



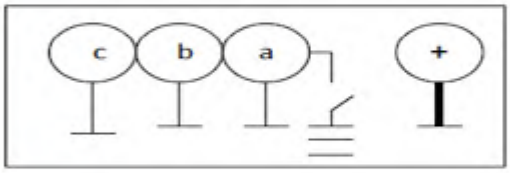
حالة المفتاح	q_a	q_b
قبل الغلق		
بعد ا لغلق		

2 – في كل شكل من الأشكال التالية :

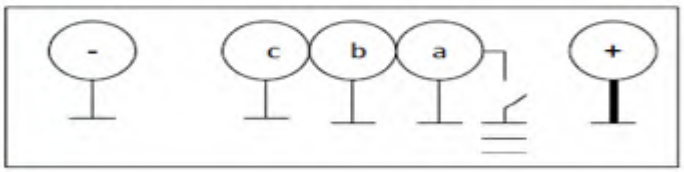
أذكر نوع شحنة الموصلات (a ، b ، c) المعزولة قبل وبعد قفل المفتاح:



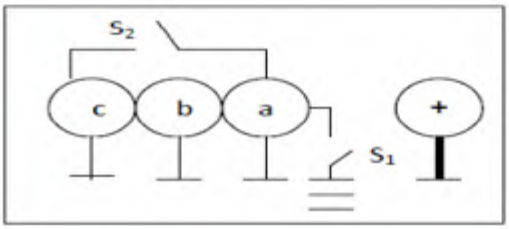
حالة المفتاح	q_a	q_b	q_c
مفتوح			
مغلق			



حالة المفتاح	q_a	q_b	q_c
مفتوح			
مغلق			

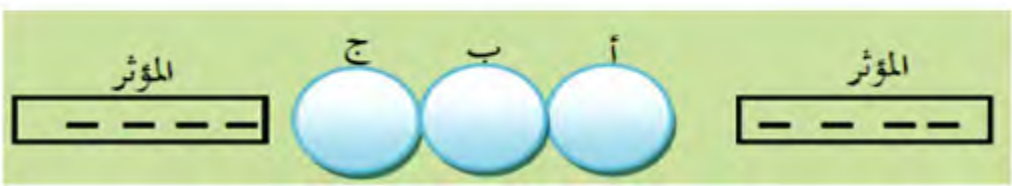


حالة المفتاح	q_a	q_b	q_c
مفتوح			
مغلق			



حالة المفتاح		q_a	q_b
S_1	S_2		
مفتوح	مفتوح		
مفتوح	مقفل		
مقفل	مفتوح		
مقفل	مقفل		

الشكل المجاور يبين كرات ثلاث موصلة و متعادلة،المؤثران متماثلان تماماً .ابعدت بعازل الكرة(ب)حدد شحنة كل



القوة الكهروستاتيكية – قانون كولوم

1 - قانون كولوم COULOMB'S LAW :

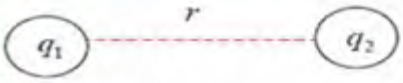
القوة ⟵ مسبب التغير في الحركة.

قانون كولوم

$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$ N

[القوة الكهربائية قوة مجالية]

$$k = 8.99 \cdot 10^9 \ \frac{N\,m^2}{C^2}$$



تتناسب القوة الكهربائية طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بين الشحنتين.

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

$$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \ \frac{C^2}{N\,m^2}$$

إذا وضعت شحنتين بحيث تفصل بينهما مسافة r. ثم ضاعفت كلاً من الشحنتين وضاعفت المسافة بينهما، فكيف سيتغير مقدار القوة المبذولة بين الشحنتين؟

a) ستكون القوة الجديدة ضعف هذا المقدار.
b) ستكون القوة الجديدة نصف هذا المقدار.
c) سيزيد مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.
d) سيقل مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.
e) ستكون القوة الجديدة بالمقدار نفسه.

أنواعها : 1) تجاذب .(بين الشحنات المختلفة نوعا)

2) تنافر .(بين الشحنات المتشابه)

خصائصها : 1) مجالية . (بين الشحنات المختلفة نوعا) لأنها لا تعتمد على التماس المباشر

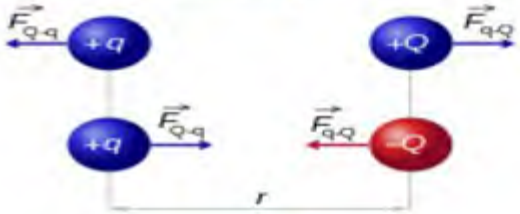
2) متبادلة . (كل من الشحنات توثر علي الاخري)

ستدل القيمة السالبة لناتج ضرب $q_1 q_2$ على التجاذب وتدل قيمته الموجبة على التنافر.

يمكن كتابة قانون كولوم للقوة التي تبذلها الشحنة 2 على الشحنة 1 بصيغة المتجهات،

$$\vec{F}_{2\to1} = -k\frac{q_1 q_2}{r^3}(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) = -k\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{21}$$

$\hat{r}_{21}$ هو متجه وحدة يتجه من q_2 إلى q_1



$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

اتجاهها :

ينطبق علي الخط الواصل بين الشحنتين او امتداده كما في الشكل .

ما الذي تدل عليه القوى المؤثرة في الشحنة q_3 في الشكل 1.15 بخصوص إشارات الشحنات الثلاث؟

a) كل الشحنات الثلاث موجبة.
b) كل الشحنات الثلاث سالبة.
c) الشحنة q_3 صفر.
d) الشحنتان q_1 وq_2 مختلفتان.
e) الشحنتان q_1 وq_2 متماثلتان، والشحنة q_3 مختلفة عنهما.

العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية :

1- مقدار كل من الشحنتين (القوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتان)

2-البعد بين الشحنتين (القوة تتناسب عكسيا مع مربع البعد بين الشحنتان)قانون التربيع العكسي

3-نوع الوسط الفاصل

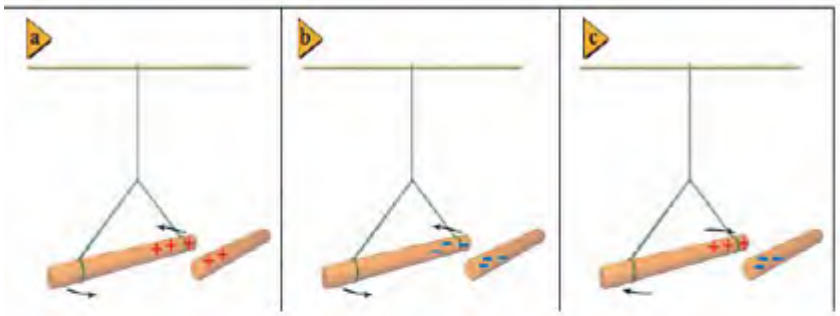
ملاحظات :

1) قانون كولوم ينطبق على الشحنات النقطية والكروية فقط .

2-قوة الاولى على الثانية تساوي وتعاكس قوة الثانية على الاولى حسب نيوتن الثالث فانون الفعل ورد الفعل [$F_{12}= -F_{21}$]

3- يعتمدثابت كولومkc

- الوسط الفاصل بين الشحنتين
- وحدات القياس المستخدمة



مراجعة

1-إذا تضاعفت المسافة بين بالونين مشحونين بشحنتين سالبتين فإن قوة التنافر بين البالونين تتغير إلى:

(أ) ربع ما كانت عليه. (ب) نصف ما كانت عليه. (ج) أربعة أضعاف ما كانت عليه. (د) ضعف ما كانت عليه.

2-مستعيناً بقانون كولوم فإن وحدة ثابت كولوم في النظام الدولي للوحدات هي:

(أ) $\frac{N.C^2}{m^2}$ (ب) $\frac{N.m^2}{kg^2}$ (ج) $\frac{N.m^2}{C^2}$ (د) $N.m^2$

3- شحنتان الأولى مثلي الثانية وتبعدان عن بعضهما في الهواء مسافة معينة، فإذا كانت الأولى تؤثر على الثانية بقوة 2F فإن الثانية تؤثر في الأولي بقوة

(أ) $2F$ (ب) $\frac{F}{2}$ (ج) F

4- شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما $2\mu C$ والأخرى $9\mu C$ وتبعدان عن بعضهما في الفراغ مسا فة $12cm$

أجب عما يلي:

(أ) أحسب القوة الكهروستاتيكية التي تؤثر بها الشحنة الأولى على الثانية.

(ب) أحسب مقدار القوة الكهروستاتيكية التي تؤثر بها الشحنة الثانية على الأولى.

(ج) هل هي قوة تنافر أم تجاذب؟!!!

(د) أي من قوانين نيوتن تخضع له هذا القوى؟!!!

قانون نيوتن الثالث (لكل فعل رد فعل يساوية في المقدار ويعاكسه في الاتجاه).

تفصل مسافة مقدارها 0.30 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة مقدارها $-2\times10^{-4}\ C$، والثانية موجبة مقدارها $8.0\times10^{-4}\ C$. ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟

إذا أثرت الشحنة السالبة $-6.0\times10^{-6}\ C$ بقوة جذب مقدارها 65 N في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة 0.050 m فما مقدار الشحنة الثانية؟

مبدأ التراكب

1- قوتان نفس الاتجاه(جمع القوتان)

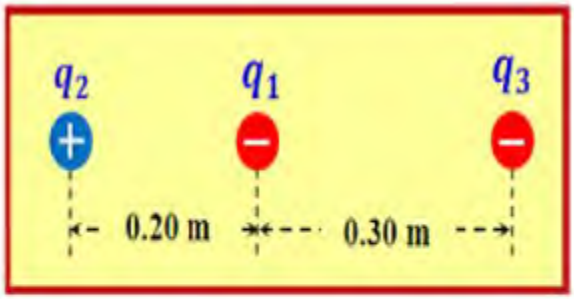
2- قوتان متعاكستان (طرح القوتان وأخذ الأتجاه الأكبر)

3- قوتان متعامدتان(نطبق فيثاغورث)

4- قوتان مائلتان(نحلل المتجهات ثم نطبق فيثاغورث)

وضعت كرة A شحنتها $+2.0\times10^{-6}\ C$ عند نقطة الأصل، في حين وضعت كرة B مشحونة بشحنة سالبة مقدارها $-3.6\times10^{-6}\ C$ عند الموقع +0.60 m على المحور x. أما الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها $+4.0\times10^{-6}\ C$ فقد وضعت عند الموقع +0.80 m على المحور x. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.

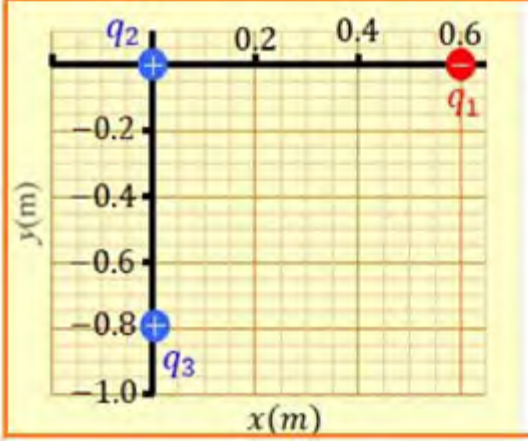
. وضعت ثلاث شحنات نقطيّة في الفراغ كما في الشكل المجاور . إذا كانت $(q_1 = -2.0 \times 10^{-6}\,C)$ و $(q_2 = +1.6 \times 10^{-6}C)$ و $(q_3 = -2.0 \times 10^{-6}C)$:



- جد مقدار محصلة القوى الكهربائية المؤثّرة في الشحنة q_1 .

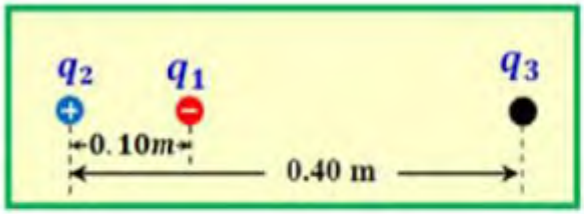
- إذا أبعدت الشحنة (q_2) نهائياً عن الشحنتين $(q_1 \, ، \, q_3)$ ، فهل تزداد القوة الكهربائيّة المؤثّرة في الشحنة (q_1) أم تقل أم لا تتغيّر ؟ برّر إجابتك

. وضعت الشحنات (q_1, q_2, q_3) متجاورات في الفراغ كما هو مبيّن في الشكل المجاور . إذا كانت $(q_1 = -4\times10^{-8}\ C\ ،\ q_2 = +8\times10^{-8}\ C\ ،\ q_3 = +6\times10^{-8}\ C)$:



- جد مقدار القوة الكهربائيّة المؤثرة في الشحنة q_2؟

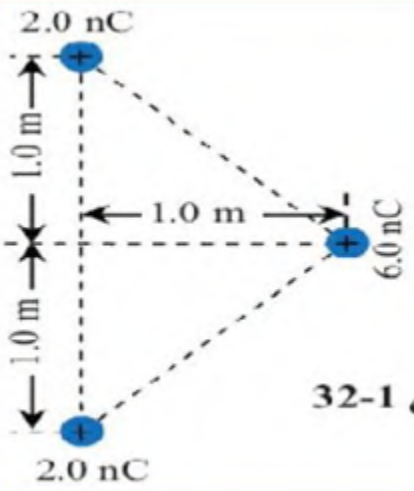
. في الشكل المجاور الشحنات النقطيّة الثلاث موضوعة في الفراغ، إذا كانت $q_1 = -2.0 \times 10^{-6}C$ و $q_2 = +4.0 \times 10^{-6}C$ ،وكانت محصلة القوى الكهربائية المؤثرة في الشحنة q_1 تساوي صفراً.



جد كمية الشحنة q_3 .

إذا زيدت كمية كل من الشحنتين q_2 و q_3 إلى مثلي ما كان عليه فهل تبقى الشحنة q_1 في حالة اتزان؟ برّر اجابتك.

وضعَت ثلاثُ شحناتٍ نقطيةٍ عندَ رؤوسِ مثلثٍ كما في **الشكلِ 32-1**. جدْ مقدارَ القوةِ الكهربائيةِ التي تؤثِّرُ في الشحنةِ 6.0 nC.



الشكل 32-1

شحنتان نقطيّتان تقعان على المحورِ y، حيث تقعُ الشحنةُ الأولى $q_1 = -9.0\ \mu C$ عندَ الموضعِ $y = +6.0\ m$ وتقعُ الشحنةُ الثانيةُ $q_2 = -16\ \mu C$ عندَ الموضعِ $y = -4.0\ m$. أينَ يمكنُ أن تضعَ شحنةٌ ثالثةٌ بحيثُ تكونُ محصِّلةُ القوى المؤثِّرةِ فيها صفرًا؟

اكتب شحنة الجسيمات الأولية أو الذرات التالية بدلالة الشحنة الأساسية $e = 1.602 \cdot 10^{-19}\ C$.

a) بروتون

b) نيوترون

c) ذرة هليوم (بروتونان ونيوترونان وإلكترونان)

d) ذرة هيدروجين (بروتون واحد وإلكترون واحد)

e) كوارك علوي

f) كوارك سفلي

g) إلكترون

h) جسيم ألفا (بروتونان ونيوترونان)

يوضح الشكل ثلاث شحنات مرتبة على خط مستقيم. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *الوسطى*؟

e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

يوضح الشكل ثلاث شحنات مرتبة على خط مستقيم. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *اليسرى*؟ (لاحظ أن مقدار الشحنة اليسرى يساوي ضعف مقدارها في مراجعة المفاهيم 1.6.)

e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

نقطة الإتزان

إذا كانت إحدى الشحنات (q_1) في السؤال متزنة فهذا يعني ان ($F_R=0$) وان ($F_{12}=F_{13}$) متساويان في المقدار ومتعاكسان في الإتجاه.

موقع نقطة الأتزان

1- إذا كانت الشحنات متشابهة ومتساوية في المقدار تكونفي المنتصف

2- إذا كانت الشحنات متشابهة وومختلفة في المقدار تكون نقطة الاتزان بينهم وأقرب للشحنة الصغيرة

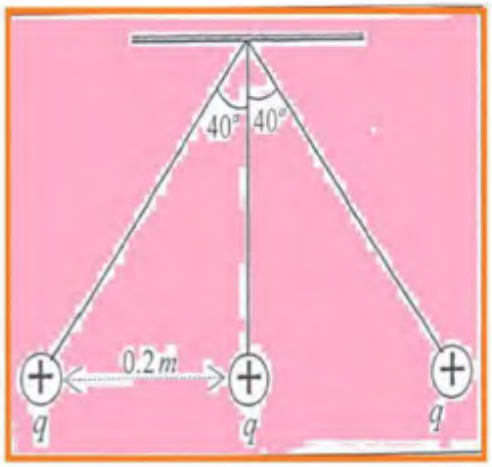
3- إذا كانت الشحنة مختلفة ولهمامقدار مختلف تكون في الخارج وأقرب لأقل مقدار

4- عذا كانت الشحنة مختلفة ولها مقدار متساوي لاتوجد نقطة اتزان

في الشكل المجاور إذا علمت ان الشحنة (q_1) متزنة فاحسب مقدار الشحنة (q_2) وحدد نوعها .

ثلاثة كرات صغيرة كتلة كل منهما (m) وشحنة كل منهما (q=2uC) علقت كل منهما بخط عازل وخفيف لا يمتط ثم ثبتت أطراف الخيوط الثلاثة بنقطة ثابتة فاستقرت الكرات متزنة كما في الشكل احسب كتلة كل كرة .

الحل :



اختر الاجابة الصحيحة فيما يلي :

1) إذا تضاعف مقدار احدي الشحنتين مرتين فإن مقدار القوة الكهرائية بينهما :

أ) يتضاعف مرتين ب) يتضاعف اربع مرات ج) يقل للنصف د) يقل للربع

2) إذا تضاعف مقدار كل من الشحنتين بعامل (2) فبأي عامل تتغير القوة الكهربائية :

أ) 4 ب) 1/4 ج) 2 د) 1/2

3) إذا اصبح بين البعد الشحنتين نصف ما كان عليه فإن مقدار القوة الكهربائية بينهما :

أ) يتضاعف ب) يتضاعف اربع مرات ج) يقل للنصف د) يقل للربع

4) شحنتان نقطيتان القوة الكهربائية المتبادلة بينهما (20N) عندما كان البعد بينهما (3cm) ، إذا اصبح البعد بين الشحنتين (6cm) فان القوة الكهربائية المتبادلة بينهما :

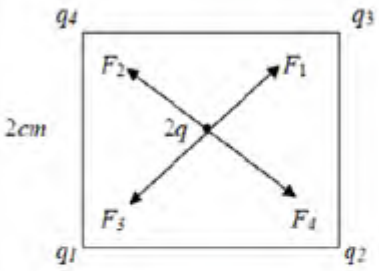
أ) 10N ب) 40N ج) 5N د) 80N

5) تباعدت شحنتان من مسافة (1cm) الي (3cm) باي عامل تتغير القوة الكهربائية بينهما :

أ) 3 ب) 1/3 ج) 9 د) 1/9

6) شحنتان نقطيتان موجبتان القوة الكهربائية المتبادلة بينهما (1.6N) إذا انقص البعد بينهما الي النصف فان مقدار القوة المتبادلة بينهما تصبح :

أ) 0.4N ب) 3.2N ج) 0.8N د) 6.4N



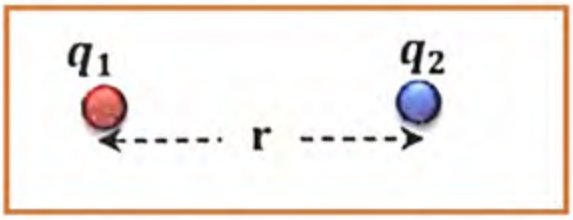
أربعة شحنات نقطية مقدار كل منها qموضوعة عند اركان مربع طول ضلعه 2cm

1 - جد القوة الكهربية المؤثرة علىشحنة 2qموضوعة عند مركز المربع؟

2 - كم تصبح مقدار القوة الكهربيةإذا أزيلت أحدى الشحنات؟

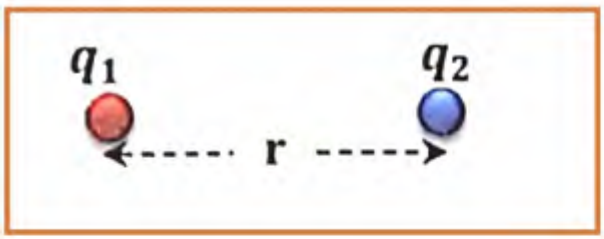
MR: mohamed atef
Tel: 0503136836

16- يؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_1) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (2r) ؟



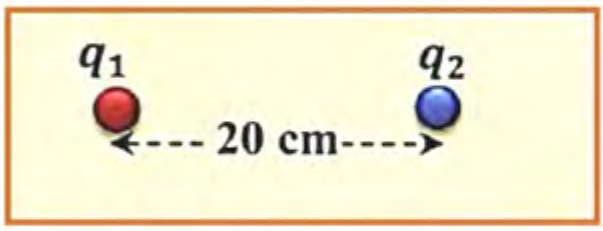
☐ F ☐ 2F ☐ $\frac{1}{2}F$ ☐ $\frac{1}{4}F$

17- يؤثر في الشحنة النقطية (q_2) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_2) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (3r) ؟



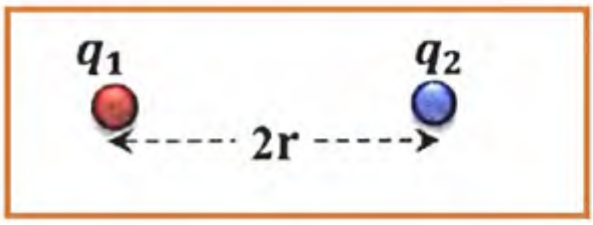
☐ 3 F ☐ 9 F ☐ $\frac{1}{3}F$ ☐ $\frac{1}{9}F$

18- يؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية (8.0 N) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_1) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (10 Cm) ؟



☐ 2.0 N ☐ 16 N ☐ 32 N ☐ 64 N

19- يؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_1) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (r) ؟



☐ F ☐ 4 F ☐ 2 F ☐ $\frac{1}{4}F$

قربت ساق مشحونة من موصل كما في الشكل المجاور ،

- ما نوع الشحنة التي اكتسبها الجزء B و الجزء A من الموصل
  * شحنة الجزء A : .....
  * شحنة الجزء B : .....
- ما اسم الطريقة التي شحن فيها الموصل ؟ .....

- يظهر الشكل المجاور وضع شريحتين (س و ص) عند تقريبهما من مشط بسبب الشحنات الكهربائية ،
أي الأتية صحيح؟

- ☐ المشط والشريحة ص يحملان شحنة موجبة
- ☐ المشط والشريحة س يحملان شحنة موجبة
- ☐ المشط غير مشحون والشريحة س تحمل شحنة موجبة
- ☐ المشط والشريحة ص يحملان شحنة سالبة

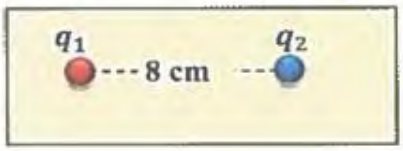
- يظهر الشكل المجاور جسما كرويا يحمل شحنة كهربائية ، أي الآتية صحيح؟

- ☐ الجسم عازل و شحن بفقده الالكترونات .
- ☐ الجسم موصل غير مجوف و شحن بفقده الالكترونات .
- ☐ الجسم موصل مجوف و شحن باكتسابه الالكترونات .
- ☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه الالكترونات.

- في الشكل المجاور عند إبعاد اصبع اليد الملامس لقرص الكشاف ثم ابعاد الساق ،
ما نوع الشحنة التي سيحملها كل من قرص الكشاف و ورقتي الكشاف ؟

	شحنة قرص الكشاف	شحنة ورقتي الكشاف
☐	سالبة	موجبة
☐	سالبة	سالبة
☐	موجبة	سالبة
☐	موجبة	موجبة

- تؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) ، عند تغير البعد بين الشحنتين بحيث تصبح القوة الكهربائية المؤثرة فيها $(2F)$ ، كم يصبح البعد بين الشحنتين؟

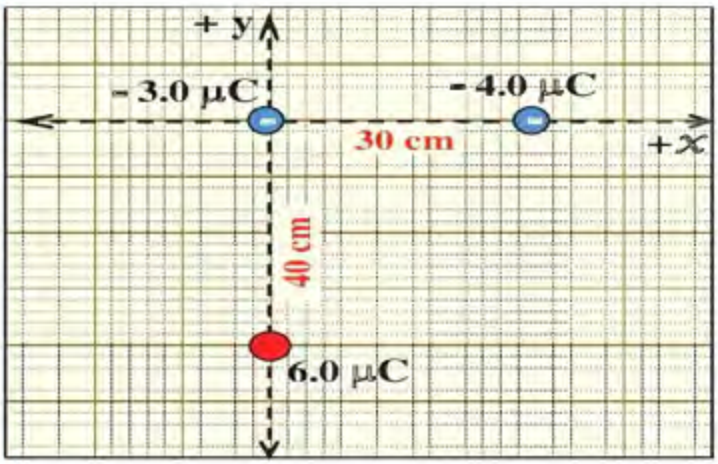


- ☐ $5.7\ cm$
- ☐ $11.4\ cm$
- ☐ $4.0\ cm$
- ☐ $16\ cm$

- أي الآتية ليس صحيحا لموصل فائق التوصيل في دائرة كهربائية مغلقة ؟

- ☐ فرق الجهد بين طرفيه منعدما.
- ☐ ناتج $[\Delta V \times I]$ يساوي صفرا.
- ☐ يحول الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية بكفاءة كبيرة.
- ☐ مقاومته الكهربائية تصل إلى الصفر .

شحنتان كهربائيتان نقطيتان وضعتا كما في الشكل المجاور ، اعتماداً على الشكل و البيانات التي عليه احسب مقدار القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة في الشحنة ($-3.0\ \mu C$) وحدد اتجاهها على الرسم .

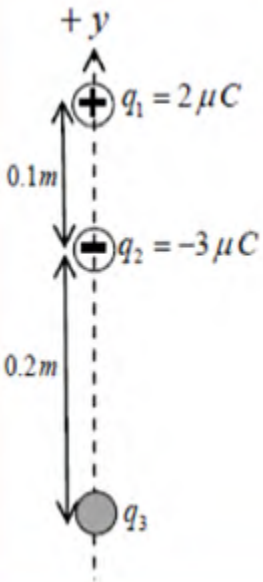


قارن بين القوة الكهربائية والقوة الجذبية

	القوة الكهربائية	القوة الجذبية
أوجه الشبه	قوة مجالية	قوة مجالية
	كلاهما يطبق قانون التربيع العكسي (تتناسب عكسياً مع مربع المسافه الفاصله)	
أوجه الاختلاف	قوى جذب وقوى تنافر لأن شحنة الاجسام الكهربائية تكون أما موجبة أوسالبة	قوى جذب فقط (لان الكتله دائماً موجبه)
	القوة الكهربائية أكبر بكثير من القوة الجذبية	

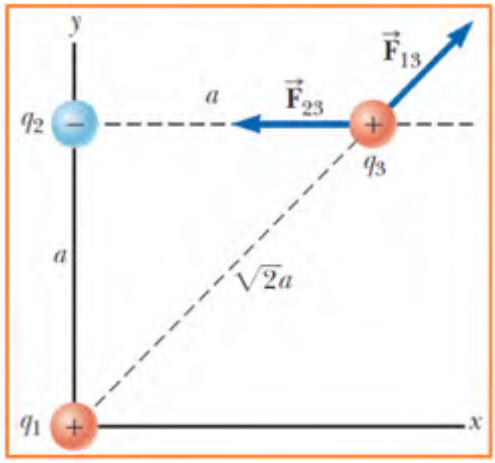
وضعت ثلاث شحنات على المحور y كما في الشكل وإذا كانت محصلة القوة الكهربية على الشحنة q_1 تساوى 4.2N باتجاه y- أحسب مقدار الشحنة q_3 وحدد نوعها ؟

الحل:-



مثال 2.1 اوجد محصلة القوة Find the Resultant Force

اعتبر ان هناك ثلاثة شحنات موضوعة على اركان مثلث قائم الزاوية كما هو موضح في الشكل 7.1، حيث ان الشحنة $q_1=q_3=5.00\ \mu C$ والشحنة $q_2=-2.00\ \mu C$ والمسافة $a=0.100m$. أوجد القوة المحصلة المؤثرة على q_3.



$$F_{23} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{r^2}$$

$$= (8.99 \times 10^9 N.\frac{m^2}{C^2}) \frac{(2.00 \times 10^{-6} C)(5.00 \times 10^{-6} C)}{(0.100m)^2} = 8.99N$$

نقوم بإيجاد مقدار القوة $\vec{F}_{13}$:

$$F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(\sqrt{2}a)^2}$$

$$= (8.99 \times 10^9 N.\frac{m^2}{C^2}) \frac{(5.00 \times 10^{-6} C)(5.00 \times 10^{-6} C)}{2(0.100m)^2} = 11.2N$$

الان سنقوم بإيجاد مركبات القوة $\vec{F}_{13}$ بالنسبة لمحور x وy:

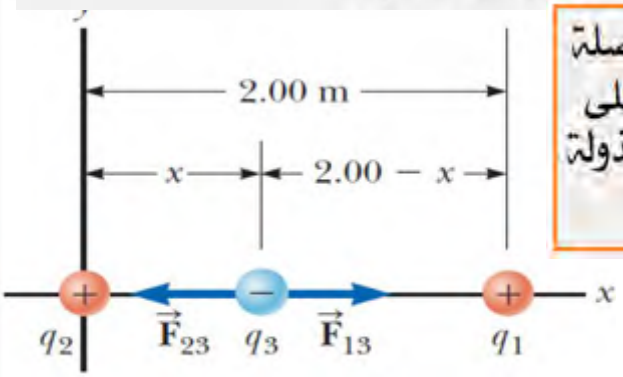
$$F_{13x} = F_{13} cos45.0^o = 7.94N$$
$$F_{13y} = F_{13} sin45.0^o = 7.94N$$

اوجد مركبات القوة المحصلة المؤثرة على الشحنة q3

$$F_{3x} = F_{13x} + F_{23x} = 7.94N + (-8.99N) = -1.04N$$
$$F_{3y} = F_{13y} + F_{23y} = 7.94N + 0 = 7.94N$$

بالتعبير عن القوة المحصلة المؤثرة على الشحنة التعبير عن القوة المحصلة المؤثرة على الشحنة q_3 باستخدام متجهات الوحدة:

$$\vec{F}_3 = (-1.04\hat{i} + 7.94\hat{j})N$$



الشكل 8.1 ثلاثة شحنات نقطية موضوعة على محور x. اذا القوة المحصلة على الشحنة q_3 تساوي صفر، والقوة $\vec{F}_{13}$ المبذولة بواسطة الشحنة q_1 على الشحنة q_3 يجب ان تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة $\vec{F}_{23}$ المبذولة بواسطة الشحنة q_2 على الشحنة q_3.

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{23} + \vec{F}_{13} = -k_e \frac{|q_2||q_3|}{x^2}\hat{i} + k_e \frac{|q_1||q_3|}{(2.00-x)^2}\hat{i} = 0$$

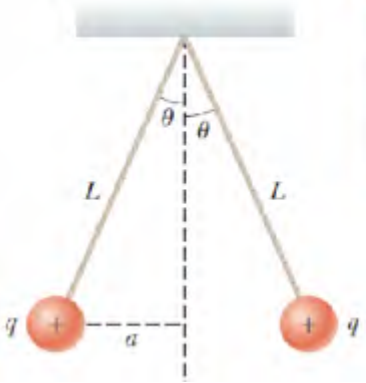
$$k_e \frac{|q_2||q_3|}{x^2} + k_e \frac{|q_1||q_3|}{(2.00-x)^2}$$

$$(2.00 - x)^2 q_2 = x^2 q_1$$
$$(4.00 - 4.00x + x^2)(6.00 \times 10^{-6} C) = x^2 (15.0 \times 10^{-6} C)$$
$$3.00x^2 + 8.00x - 8.00 = 0$$
$$x = 0.775m$$

ماذا لو؟ افترض ان الشحنة q_3 مسموح لها بالحركة فقط على امتداد المحور x. من الموضع الابتدائي لها عند x=0.775m قد سحبت مسافة صغيرة على امتداد المحور x. عند تحريرها هل تعود إلى حالة الاتزان، أو انها تبتعد اكثر عن موضع الاتزان؟ هل يكون هذا الاتزان مستقرا او غير مستقرا؟

الإجابة: اذا تحركت الشحنة q_3 إلى اليمين فان $\vec{F}_{13}$ تصبح اكبر والقوة $\vec{F}_{23}$ تصبح اقل. النتيجة هي ان القوة المحصلة إلى اليمين في نفس اتجاه الازاحة. لهذا فان الشحنة q_3 سوف تستمر في الحركة إلى اليمين والاتزان لا يكون مستقرا.

اذا الشحنة q_3 بقيت ثابتة ولكن سمح لها بالحركة للاعلى او للاسفل في الشكل 8.1 فان الاتزان يكون مستقرا. في هذه الحالة فان الشحنة سوف تعود إلى نقطة اتزانها وتتذبذب حول نقطة اتزانها.



الشكل 9.1 (a) كرتين متماثلتين على كل كرة نفس الشحنة q، علقتا في وضع متزن. (b) مخطط يوضح القوى المؤثرة على الكرة على اليسار في الجزء (a).

قسمة المعادلة (1) على المعادلة (2) لايجاد F_e:

$$tan\theta = \frac{F_e}{mg} \rightarrow F_e = mgtan\theta$$

باستخدام الشكل الهندسي للمثلث القائم الزاوية في الشكل 9.1 a لايجاد العلاقة بين a و L و θ نحصل على:

$$sin\theta = \frac{a}{L} \rightarrow a = Lsin\theta$$

$$(1)\quad \sum F_x = T\sin\theta - F_e = 0 \rightarrow T\sin\theta = F_e$$

$$(2)\quad \sum F_y = T\cos\theta - mg = 0 \rightarrow T\cos\theta = mg$$

$$q = \sqrt{\frac{F_e r^2}{k_e}} = \sqrt{\frac{F_e (2a)^2}{k_e}} = \sqrt{\frac{mg\tan\theta (2L\sin\theta)^2}{k_e}}$$

بالتعويض بالقيم في المعادلة السابقة نحصل على قيمة الشحنة على كل كرة

$$q = \sqrt{\frac{(3.00\times 10^{-2}kg)\left(\frac{9.8m}{s^2}\right)\tan(5.00)\,[2(0.150m)\sin 5.00)]^2}{\left(8.99\times 10^{9}N.\frac{m^2}{C^2}\right)}}$$

$$= 4.42\times 10^{-8}\text{C}$$

3.1سؤال للتفكير

جسم A يمتلك شحنة $+2\mu C$ وجسم B يمتلك شحنة $+6\mu C$. أي من جملة صحيحة حول القوى الكهربية على الاجسام؟

(a) $\vec{F}_{AB} = -3\vec{F}_{BA}$ (b) $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ (c) $3\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$
(d) $\vec{F}_{AB} = 3\vec{F}_{BA}$ (e) $\vec{F}_{AB} = \vec{F}_{BA}$ (f) $3\vec{F}_{AB} = \vec{F}_{BA}$

شحنتين نقطيتين تجذبان بعضهما البعض بقوة كهربية مقدارها F. اذا قمنا بتقليل مقدار الشحنة على احدهما إلى ثلث قيمتها الاصلية وزادت المسافة بينهما إلى الضعف، ما هي محصلة القوة الكهربية بينهما؟

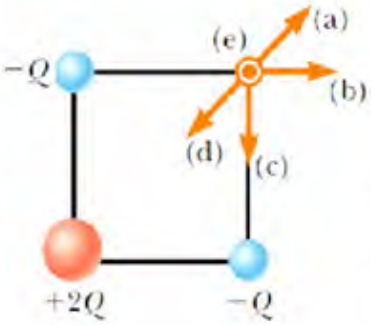
(a) $1/12F$ (b) $1/3F$ (c) $1/6F$ (d) $3/4F$ (e) $3/2F$.

ماذا يحدث عندما يوضع مادة عازلة مشحونة بالقرب من جسم معدني غير مشحون؟

(a) يتنافران مع بعضها البعض. (b) يتجاذبان مع بعضهما البعض.

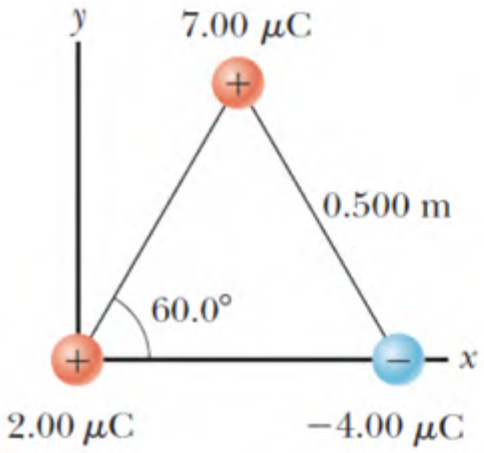
(c) ربما يتجاذبان او يتنافران مع بعضهما البعض بالاعتماد على اذا ما كانت الشحنة على المادة العازلة موجبة او سالبة. (d) لا يبذلان أي نوع من القوة الكهروستاتيكية على بعضهما البعض. (e) المادة العازلة المشحونة تفرغ شحنتها تلقائيا.

ثلاثة جسيمات مشحونة مرتبة على اركان مربع كما هو موضح في الشكل OQ1.11. (i) ما هو اتجاه المجال الكهربي عند الركن العلوي الأيمن؟ (a) للاعلى وإلى اليمين. (b) إلى اليمين. (c) للاسفل. (d) للاسفل وإلى اليسار. (e) عمودي على المستوى الصفحة وللخارج. (ii) افترض ان الشحنة $+2Q$ عند الركن السفلي الايسر قد ازيلت. هل يتغير مقدار المجال الكهربي عند الركن العلوي الأيمن (a) يصبح اكبر، (b) يصبح اقل، (c) يبقى كما هو، (d) يتغير بشكل لا يمكن توقعه؟



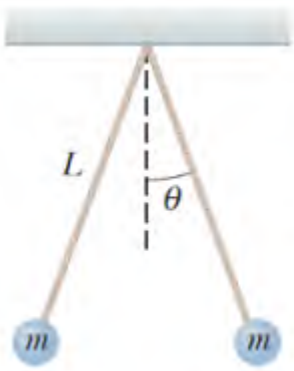
الشكل OQ1.11

ثلاثة جسيمات مشحونة موضوعة على اركان مثلث متساوي الاضلاع كما هو موضح في الشكل P1.13. احسب محصلة القوة الكهربية على الشحنة 7.00μC.



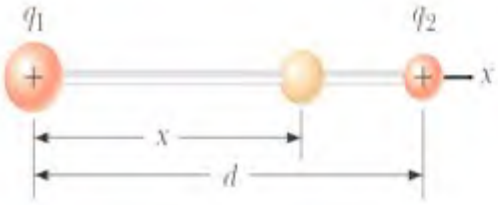
الشكل P1.13

كرتين معدنيتين صغيرتين كتلة كل كرة m=0.200g، علقتا كبندول بواسطة خيط رفيع طوله L كما هو موضح في الشكل P1.10. اعطي للكرتين نفس الشحنة ومقدارها 7.2nC، واصبحتا في حالة اتزان عندما كانت زاوية كل خيط هي θ=5.00° مع الرأسي. ما مقدار طول الخيط؟



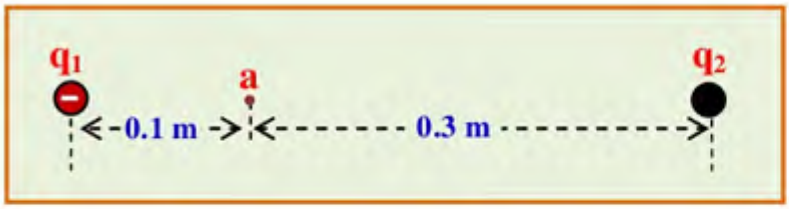
الشكل P1.10

كرتين صغيرتين تمتلكان شحنة موجبة $q_1=3q$ و$q_2=q$ مثبتتين على طرفين متقابلين من ساق افقي معزول طوله d=1.50m. الكرة ذات الشحنة q_1 عند نقطة الأصل. كما هو موضح في الشكل P1.11، اذا وضعت كرة صغيرة ثالثة على الساق بحيث تكون حرة الحركة. (a) ما هو الموضع x للشحنة الثالثة الذي تكون عنده في حالة اتزان؟ (b) هل الاتزان مستقرا؟



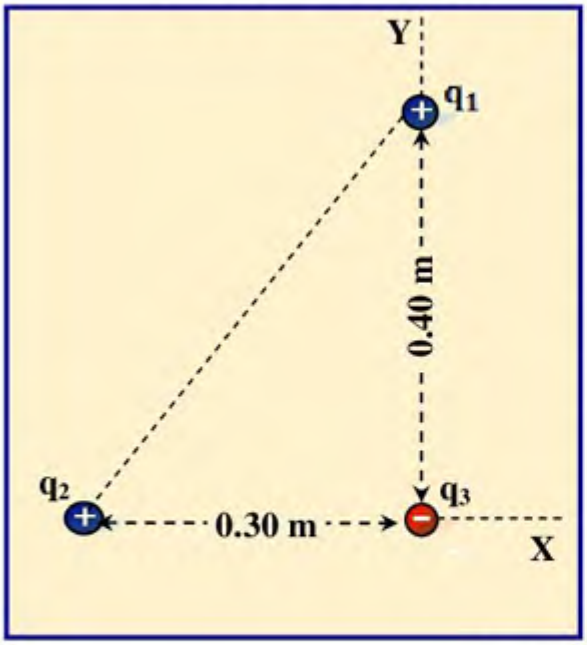
الشكل P1.11

في الشكل المجاور وضع إلكترون حراً في النقطة (a) فبقي ساكناً . فإذا علمت أن $[q_1 = -9.0\times10^{-9}C]$. فإذا أبعدت الشحنة (q_1) نهائياً عن الإلكترون والشحنة (q_2) جد القوة المؤثرة على الإلكترون .



وضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث قائم الزاوية كما في الشكل المجاور . إذا كانت

[$q_1 = 6.0\times10^{-6}C$] و [$q_3 = -8.0\times10^{-6}C$] و [$q_2 = -q_3$] و كان الهواء يحيط بالشحنات



اجب عن الفقرتين (1 و2).

1- احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة q_3 .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2- حدد اتجاه حركة الشحنة q_3 . بالنسبة لمحور X إذا سمح لها بالحركة .

.....

.....

.....

.....

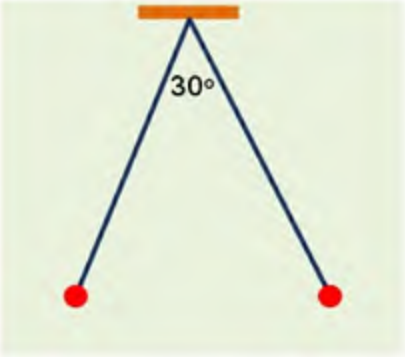
في تجربة مليكان ، اتزنت قطرة زيت كتلتها (5.0×10^{-5} Kg) و مشحونة بشحنة سالبة تحت تأثير وزنها و القوة الكهربائية التي يؤثر بها المجال الكهربائي المنتظم الناشىء بين الصفيحتين و الذي شدته تساوي (2.40×10^{6} N/C) . احسب عدد الإلكترونات الزائدة على قطرة الزيت .

.....

.....

.....

كرتان صغيرتان من نخاع البيلسان وزن كل منهما (0.05 N)
علقت كل من الكرتين بطرف خيط خفيف طوله (0.6 m) ثم
ثبت طرفا الخيطين الحرين إلى النقطة نفسها وعند شحن الكرتين
بشحنتين متماثلتين تنافرتا بحيث صارت الزاوية بين الخيطين
(30^{o}) احسب كمية الشحنة على كل كرة من كرتي نخاع البيلسان .



.....

.....

.....

.....

.....

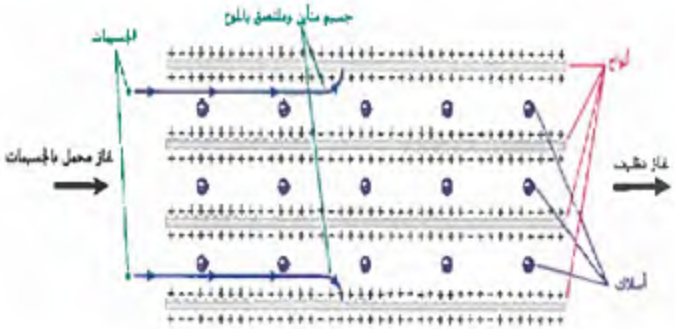
التطبيقات العملية للقوى الكهروسكونية

1- **المداخن الصناعية** : حيث نستطيع باستخدام هذه القوى تجميع السناج من المداخن فنضمن عدم خروجه للهواء الجوي

2- **المرذاذ الكهروسكوني** (الصبغ الكهربائي) : حيث يتم شحن قطرات الطلاء بالحث واستخدامها لطلاء الاجسام التي يتم شحنها بشحنة مخالفة فتتم عملية الطلاء بصورة منتظمة ولا يتطاير الطلاء حول الجسم المستهدف

3- **الطابعات(طابعات الليزر) او الات التصوير**:- حيث يتم شحن قطرات الحبر بشحنات مخالفة لشحة الورقة فنظمن بذلك الحصول على صورة طبق الاصل

4- **مرشح الترسيب الكهروستاتيكي** : يستخدم لازالة الرماد والجسيمات الاخرى التي تنتج من عن احتراق الفحم لتوليد الطاقة



كرتان موصلتان ومتماثلتان شحنة الاولي (-8μc) وشحنة الثانية (+2μc)
تلامست الكرتان ثم فصلتا
1) ما شحنة كل منهما بعد التلامس ولماذا ؟ $q=\frac{(-8+2)}{2}=-3\mu C$ (لأن الشحنة محفوظة أي أن مجموع الشحنتين قبل التلامس يساوي مجموعهما بعد التلامس)
2) احسب عدد الالكترونات التي انتقلت بين الكرتين وحدد اتجاه حركتها ؟
بما أن التغير في مقدار كل من الشحنتين يساوي $(\Delta q=5\mu C)$ فإن : $n=\frac{\Delta q}{e}=\frac{5\times10^{-6}}{1.6\times10^{-19}}=3.125\times10^{13}$
الإلكترونات انتقلت من الموصل الأول إلى الموصل الثاني لأن الشحنة السالبة للموصل الأول قلت .

قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب

لقانون كولوم الذي يصف القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين كهربائيتين، F_e، صيغة مشابهة لقانون نيوتن الذي يصف قوّة الجاذبيّة بين كتلتين، F_g،

$$F_e = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad \text{و} \quad F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

أيهم أكبر القوة الكهربية أم قوة التجاذب بين كتلتين

اكتب شحنة الجسيمات الأولية أو الذرات التالية بدلالة الشحنة الأساسية $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C.

a) بروتون

b) نيوترون

c) ذرة هليوم (بروتونان ونيوترونان وإلكترونان)

d) ذرة هيدروجين (بروتون واحد وإلكترون واحد)

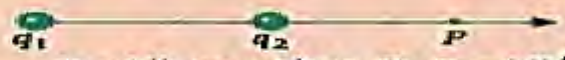
e) كوارك علوي

f) كوارك سفلي

g) إلكترون

h) جسيم ألفا (بروتونان ونيوترونان)

وُضعت شحنة موجبة $q+$ عند النقطة P، على يمين الشحنتين q_1 وq_2، كما يوضح الشكل. فكانت محصلة القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة $q+$ تساوي صفرًا. حدّد ما إذا كانت كل عبارة من العبارات التالية صوابًا أم خطأ.



a) الشحنة q_2 تختلف عن الشحنة q_1 في الإشارة وتقل عنها في المقدار.

b) مقدار الشحنة q_1 أصغر من مقدار الشحنة q_2.

c) الشحنتان q_1 وq_2 متماثلتان.

d) إذا كانت الشحنة q_1 سالبة، فستكون الشحنة q_2 موجبة.

e) الشحنة q_1 أو q_2 موجبة.

مراجعة المفاهيم 1.1

كم عدد الإلكترونات اللازمة لإنتاج شحنة مقدارها 1.00 C؟

a) $1.60 \cdot 10^{19}$
b) $6.60 \cdot 10^{19}$
c) $3.20 \cdot 10^{16}$
d) $6.24 \cdot 10^{18}$
e) $6.66 \cdot 10^{17}$

مراجعة المفاهيم 1.2

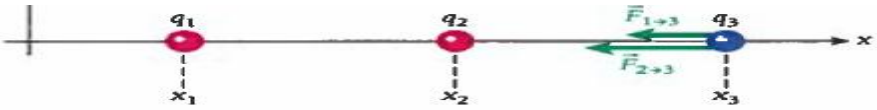
يتحرك الموصّل المتصل بمحصلة بعيدًا عن الموصل الثابت عند شحن الكشاف الكهربائي لأن:

a) الشحنات المتماثلة تتنافر.

b) الشحنات المتماثلة تتجاذب.

c) الشحنات المختلفة تتجاذب.

d) الشحنات المختلفة تتنافر.



مراجعة المفاهيم 1.3

إذا وضعت شحنتين بحيث تفصل بينهما مسافة r، ثم ضاعفت كلاً من الشحنتين وضاعفت المسافة بينهما. فكيف سيتغير مقدار القوة المبذولة بين الشحنتين؟

a) ستكون القوة الجديدة ضعف هذا المقدار.

b) ستكون القوة الجديدة نصف هذا المقدار.

c) سيزيد مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.

d) سيقل مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.

e) ستكون القوة الجديدة بالمقدار نفسه.

مراجعة المفاهيم 1.4

ما الذي تدل عليه القوى المؤثرة في الشحنة q_3 في الشكل 1.15 بخصوص إشارات الشحنات الثلاث؟

a) كل الشحنات الثلاث موجبة.

b) كل الشحنات الثلاث سالبة.

c) الشحنة q_3 صفر.

d) الشحنتان q_1 وq_2 مختلفتان.

e) الشحنتان q_1 وq_2 متماثلتان، والشحنة q_3 مختلفة عنهما.

مراجعة المفاهيم 1.5

إذا افترضنا أن طول كل متجه من المتجهين في الشكل 1.15 يتناسب مع مقدار القوة الذي يمثله. فما الذي يشير إليه المتجهان بخصوص مقداري الشحنتين q_1 وq_2؟ (تلميح: المسافة بين x_1 وx_2 هي نفسها المسافة بين x_2 وx_3).

a) $|q_1| < |q_2|$

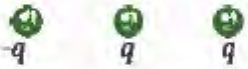
b) $|q_1| = |q_2|$

c) $|q_1| > |q_2|$

d) لا يمكن تحديد الإجابة من المعلومات المعطاة في الشكل.

مراجعة المفاهيم 1.6

يوضح الشكل ثلاث شحنات مرتبة على خط مستقيم. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *الوسطى*؟



a) ← b) → c) ↓ d) ↑

e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.7

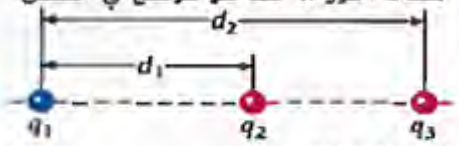
يوضح الشكل ثلاث شحنات مرتبة على خط مستقيم. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *اليمنى*؟ (لاحظ أن مقدار الشحنة اليسرى يساوي ضعف مقدارها في مراجعة المفاهيم 1.6).

a) → b) ← c) ↓ d) ↑

e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.8

فكّر في الشحنات الثلاث الموضوعة على امتداد المحور x، كما هو موضح في الشكل.



قيم الشحنات هي $q_2 = 2.16\ \mu C$، $q_1 = -8.10\ \mu C$، $q_3 = 2.16\ pC$. والمسافة بين q_1 وq_2 هي $d_1 = 1.71\ m$. والمسافة بين q_2 وq_3 هي $d_2 = 2.62\ m$. ما مقدار القوة الكهروستاتيكية الكلية التي تبذلها الشحنتان q_1 وq_2 على q_3؟

a) $2.77 \cdot 10^{-8}\ N$

b) $7.92 \cdot 10^{-6}\ N$

c) $1.44 \cdot 10^{-5}\ N$

d) $2.22 \cdot 10^{-4}\ N$

e) $6.71 \cdot 10^{-2}\ N$

مراجعة المفاهيم 1.9

يوضح الشكل ثلاث شحنات موضوعة بالترتيب عند زوايا مربع. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *السفلية اليمنى*؟

a) ↙ b) ↖ c) ↗ d) ↘

e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.10

يوضح الشكل أربع شحنات موضوعة بالترتيب عند زوايا مربع. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *السفلية اليمنى*؟

a) ↙ b) ↖ c) ↗ d) ↘

e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.11

تزيد كتلة البروتون عن كتلة الإلكترون بمقدار 2000- ضعف. لذا فإن نسبة F_e/F_g لبروتونين _____ القيمة المحسوبة في المثال 1.4 لإلكترونين.

a) تقل بمقدار 4- ملايين ضعف عن

b) تقل بمقدار 2000- ضعف عن

c) تماثل

d) تزيد بمقدار 2000- ضعف عن

e) تزيد بمقدار 4- ملايين ضعف عن

أسئلة الاختيار من متعدد

1.1 أي مما يلي يحدث عندما يُعطى لوح فلزي شحنة موجبة؟
a) تنتقل البروتونات (الشحنات الموجبة) من جسم آخر إلى اللوح.
b) تنتقل الإلكترونات (الشحنات السالبة) من اللوح إلى جسم آخر.
c) تنتقل الإلكترونات (الشحنات السالبة) من اللوح إلى جسم آخر. وتنتقل البروتونات أيضًا (الشحنات الموجبة) من جسم آخر إلى اللوح.
d) يعتمد ذلك على ما إذا كان الجسم الناقل للشحنة موصلًا أم عازلًا.

1.2 إذا كانت القوة المتبادلة بين شحنة مقدارها 25 μC وشحنة مقدارها −10 μC تساوي 8.0 N، فما المسافة الفاصلة بين الشحنتين؟
a) 0.28 m
b) 0.53 m
c) 0.45 m
d) 0.15 m

1.3 وُضعت شحنة Q_1 على المحور x عند النقطة $x = a$. أين يجب أن توضع الشحنة $Q_2 = -4Q_1$ لبذل محصلة قوى كهروستاتيكية مقدارها صفر على شحنة ثالثة، $Q_3 = Q_1$، موجودة عند نقطة الأصل؟
a) عند نقطة الأصل
b) عند $x = 2a$
c) عند $x = -2a$
d) عند $x = -a$

1.4 أي من الأنظمة التالية له أكبر شحنة سالبة؟
a) إلكترون
b) ثلاثة إلكترونات وبروتون واحد
c) خمسة إلكترونات وخمسة بروتونات
d) N إلكترونات و$N - 3$ بروتونات
e) إلكترون واحد

1.5 شحنتان نقطيتان مثبتتان على المحور x، إذا كانت الشحنة $q_1 = 6.0\ \mu C$ موضوعة عند نقطة الأصل، O، حيث $x_1 = 0.0\ cm$، وكانت الشحنة $q_2 = -3.0\ \mu C$ موضوعة عن النقطة A، حيث $x_2 = 8.0\ cm$، فأين يجب أن توضع الشحنة الثالثة، q_3، على المحور x بحيث تكون محصلة القوة الكهروستاتيكية المؤثرة فيها صفرًا؟
a) 19 cm
b) 27 cm
c) 0.0 cm
d) 8.0 cm
e) −19 cm

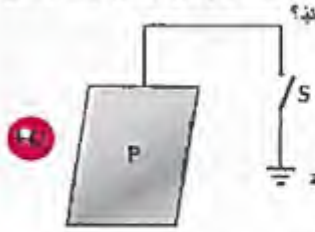
1.6 أي من الحالات التالية تنتج أكبر محصلة قوى تؤثر في الشحنة Q؟
a) تبعد الشحنة $Q = 1\ C$ مسافة 1 m عن شحنة مقدارها −2 C.
b) تبعد الشحنة $Q = 1\ C$ مسافة 0.5 m عن شحنة مقدارها −1 C.

c) تقع الشحنة $Q = 1\ C$ في منتصف المسافة بين شحنة مقدارها −1 C وشحنة مقدارها 1 C تفصل بينهما مسافة 2 m.
d) تقع الشحنة $Q = 1\ C$ في منتصف المسافة بين شحنتين بمقدار −2 C تفصل بينهما مسافة 2 m.
e) تبعد الشحنة $Q = 1\ C$ مسافة 2 m عن شحنة مقدارها −4 C.

1.7 عند وضع بروتونين أحدهما بجوار الآخر من دون أن تكون هناك أي أجسام أخرى قريبة منهما،
a) يبتعدان عن بعضهما بعجلة.
b) يظلان ساكنين.
c) يقتربان إلى بعضهما بعجلة.
d) ينجذبان إلى بعضهما بسرعة ثابتة.
e) يبتعدان عن بعضهما بسرعة ثابتة.

1.8 عُلّقت كرتان فلزيتان خفيفتا الوزن إحداهما بجوار الأخرى في خيطين عازلين. إذا كانت إحداهما تحمل شحنة صافية، بينما لا تحمل الأخرى شحنة صافية، فإن الكرتين
a) ستنجذبان إلى بعضهما.
b) لن تبذلا محصلة قوة كهروستاتيكية إحداهما على الأخرى.
c) ستتنافران.
d) يعتمد أي مما سبق على إشارة الشحنة الصافية الموجودة في إحدى الكرتين.

1.9 وُصّل لوح فلزي بالأرض عن طريق موصل بمفتاح، ولم يكن المفتاح موصولًا في البداية. وقُرّبت شحنة $+Q$ إلى اللوح من دون ملامسته. ثم وُصّل المفتاح. بعد توصيل المفتاح، ثم إبعاد الشحنة $+Q$. ما شحنة اللوح عندئذٍ؟



a) اللوح غير مشحون
b) شحنة اللوح موجبة.
c) شحنة اللوح سالبة.
d) يمكن أن تكون شحنة اللوح موجبة أو سالبة، حيث يعتمد ذلك على شحنته قبل تقريب الشحنة $+Q$ إليه.

1.10 إذا قُرّبت قضيبًا بلاستيكيًا ذا شحنة سالبة إلى موصل مؤرض من دون ملامسته. ثم قُطع بخصل التأريض. فما إشارة شحنة الموصل بعد إبعاد القضيب المشحون؟
a) سالبة
b) موجبة
c) بدون شحنة
d) لا يمكن تحديدها من المعلومات المعطاة

1.11 عند دلك قضيب بلاستيكي بفراء أرنب، فإن القضيب يصبح
a) سالب الشحنة.
b) موجب الشحنة.
c) متعادلًا.
d) إما سالب الشحنة أو موجب الشحنة، حيث يعتمد ذلك على ما إذا كانت حركة الفراء أثناء الدلك في اتجاه واحد دائمًا أم إلى الأمام وإلى الخلف.

1.12 عند دلك قضيب زجاجي بوشاح من البوليسترين، فإن القضيب يصبح
a) سالب الشحنة.
b) موجب الشحنة.
c) متعادلًا.
d) إما سالب الشحنة أو موجب الشحنة، حيث يعتمد ذلك على ما إذا كانت حركة الوشاح أثناء الدلك في اتجاه واحد دائمًا أم إلى الأمام وإلى الخلف.

1.13 فكّر في إلكترون كتلته m وشحنته $-e$ يتحرك في مدار دائري نصف قطره r حول بروتون ثابت كتلته M وشحنته $+e$. ويبقى الإلكترون في مداره بفعل القوة كهروستاتيكية بينه وبين البروتون. أي من التعبيرات التالية صحيح لسرعة الإلكترون؟
a) $v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$
b) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$
c) $v = \sqrt{\frac{2ke^2}{mr^2}}$
d) $v = \sqrt{\frac{me^2}{kr}}$
e) $v = \sqrt{\frac{ke^2}{2Mr}}$

1.14 فكّر في إلكترون كتلته m وشحنته $-e$ يبعد مسافة r عن بروتون ثابت كتلته M وشحنته $+e$. فبدأ الإلكترون حركته من وضع السكون. أي من التعبيرات التالية صحيحة للعجلة الابتدائية التي سيتحرك بها الإلكترون؟
a) $a = \frac{2ke^2}{mMr}$
b) $a = \sqrt{\frac{2e^2}{mkr}}$
c) $a = \frac{1}{2}me^2k^2$
d) $a = \frac{2ke^2}{mr}$
e) $a = \frac{ke^2}{mr^2}$

21.1. b 21.2. b 21.3. b 21.4. d 21.5. b 21.6. b 21.7. a 21.8. a 21.9. c 21.10. b 21.11. a 21.12. b 21.13. a 21.14. e

1.30 كم عدد الإلكترونات اللازمة لإنتاج شحنة كلية مقدارها 1.00 C؟

$$n=\frac{Q}{e}=\frac{(1.00\text{ C})}{(1.602\cdot10^{-19}\text{ C/electron})}=6.18\cdot10^{18}\text{ electrons.}$$

1.31 إن الفاراداي وحدة شحنة كثيرا ما نصادفها في التطبيقات الكهروكيميائية. ويرجع اسمها إلى عالم الفيزياء والكيمياء البريطاني مايكل فاراداي. وهي تساوي مولا واحدا فقط من الشحنات الأولية. احسب عدد الكولومات في 1.000 فاراداي.

$$1.000\text{ F}=N_A e=(6.022\cdot10^{23}\text{ atoms/mol})(1.602\cdot10^{-19}\text{ C})=96470\text{ C.}$$

1.32 توجد وحدة أخرى للشحنة وهي الوحدة الكهروستاتيكية (esu). وتعرف كالتالي: تبذل شحنتان نقطيتان، مقدار كل منهما 1 esu وتنفصل بينهما مسافة 1 cm. قوة مقدارها 1 داين تماما إحداهما على الأخرى،
1 داين $= 1\cdot10^{-5}\text{ N} = 1\text{ g cm/s}^2$

a) حدد العلاقة بين وحدة esu ووحدة الكولوم.

a) حدد العلاقة بين وحدة esu والشحنة الأولية.

$$1\cdot10^{-5}\text{ N}=\frac{k(1\text{ esu})^2}{(0.01\text{ m})^2}\Rightarrow 1\text{ esu}=\sqrt{\frac{(0.01\text{ m})^2(1\cdot10^{-5}\text{ N})}{8.99\cdot10^9\text{ N m}^2/\text{C}^2}}=3.34\cdot10^{-10}\text{ C}$$

$$1\text{ esu}=\frac{3.34\cdot10^{-10}\text{ C}}{1.602\cdot10^{-19}\text{ C}/e}=2.08\cdot10^9 e$$

1.33 تيار شدته 5.00 mA يكفي لأن يجعل عضلاتك تنقبض. احسب عدد الإلكترونات التي ستتدفق عبر جلدك إذا تعرضت لتيار كهذا لمدة 10.0 s.

1.34 كم عدد الإلكترونات الموجودة في 1.00 kg من الماء؟

$$I\cdot t=(5.00\cdot10^{-3}\text{ A})(10.0\text{ s})=0.0500\text{ A s}=0.0500\text{ C;}$$

$$\frac{0.0500\text{ C}}{1.602\cdot10^{-19}\text{ C}/e}=3.12\cdot10^{17}\text{ electrons.}$$

1.35 تُقذف الأرض دائما بالأشعة الكونية التي يتكون معظمها من البروتونات. وتسقط هذه البروتونات على الغلاف الجوي للأرض من كل الاتجاهات بمعدل 1245 بروتونا لكل متر مربع في الثانية. إذا افترضنا أن عمق الغلاف الجوي للأرض يبلغ 120.0 km، فما مقدار الشحنة الكلية التي تسقط على الغلاف الجوي في مدة مقدارها 5.000 min؟ افترض أن نصف قطر سطح الأرض يساوي 6378 km.

$$P=nAT=n4\pi r^2 t,\quad Q=P(1.602\cdot10^{-19}\text{ C}/P)$$

$$P=1245.0\text{ protons}/(\text{m}^2\text{s})\left[4\pi(6{,}378{,}000\text{ m}+120{,}000\text{ m})^2\right](300.\text{ s})=1.981800\cdot10^{20}\text{ protons,}$$

$$Q=1.981800\cdot10^{20}\text{ protons}\cdot(1.602\cdot10^{-19}\text{ C/protons})=31.74844\text{ C}$$

Observed charge	n_e	Integer value	Observed charge (integer value)
$3.26\cdot10^{-19}$ C	2.13	2	$1.63\cdot10^{-19}$ C
$6.39\cdot10^{-19}$ C	4.17	4	$1.60\cdot10^{-19}$ C
$5.09\cdot10^{-19}$ C	3.32	3	$1.69\cdot10^{-19}$ C
$4.66\cdot10^{-19}$ C	3.04	3	$1.55\cdot10^{-19}$ C
$1.53\cdot10^{-19}$ C	1	1	$1.53\cdot10^{-19}$ C

1.36 أثناء إجراء أحد الطلاب تجربة شبيهة بتجربة قطرة الزيت للمليكان، كانت مقادير الشحنات التي قاسها كالتالي:

$3.26\cdot10^{-19}$ C $5.09\cdot10^{-19}$ C $1.53\cdot10^{-19}$ C
$6.39\cdot10^{-19}$ C $4.66\cdot10^{-19}$ C

أوجد شحنة الإلكترون باستخدام هذه المقاييس.

1.37 تم تطعيم عينة من السيليكون بالفوسفور بنسبة 1 لكل $100\cdot10^6$، يعمل الفوسفور كمانح للإلكترونات، حيث يمنح إلكترونًا حرًا لكل ذرة. وتبلغ كثافة السيليكون $2.33\ g/cm^3$، وتبلغ كتلته الذرية $28.09\ g/mol$.

a) احسب عدد الإلكترونات الحرة (الموصلة) لكل وحدة حجم في السيليكون المُطعَّم.

b) قارن النتيجة من الجزء (a) مع عدد الإلكترونات الموصلة لكل وحدة حجم في سلك من النحاس، مفترضًا أن كل ذرة نحاس تنتج إلكترونًا واحدًا حرًا (موصلاً) علمًا بأن كثافة النحاس $8.96\ g/cm^3$، وكتلته الذرية $63.54\ g/mol$.

$$n_S = (\rho_S / m_S)\cdot N_A$$

(a) $$n_C = \left(\frac{2.33\ \text{g/cm}^3}{28.09\ \text{g/mol}}\right)6.022\cdot10^{23}\ \text{mol}^{-1} = 4.995\cdot10^{22}\ /\text{cm}^3$$

$$n_e = \frac{4.995\cdot10^{22}}{1.00\cdot10^{6}} = 4.995\cdot10^{16}\ \text{conduction electrons / cm}^3$$

(b) $$n_C = \left(\frac{8.96\ \text{g/cm}^3}{63.54\ \text{g/mol}}\right)6.022\cdot10^{23}\ \text{mol}^{-1} = 8.4918\cdot10^{22}\ /\text{cm}^3$$

$$\frac{n_e}{n_C} = \frac{4.995\cdot10^{16}}{8.4918\cdot10^{22}} = 5.88215\cdot10^{-7}$$

1.38 كرتان مشحونتان تفصل بينهما مسافة مقدارها 8.00 cm. إذا اقتربت الكرتان إحداهما من الأخرى بما يكفي لزيادة مقدار القوة المؤثرة في كل منهما بمعدل أربعة أضعاف، فما المسافة الفاصلة بينهما عندئذٍ؟

$$F_2 / F_1 = \left(k\frac{q_a q_b}{d_2^2}\right) / \left(k\frac{q_a q_b}{d_1^2}\right) = d_1^2 / d_2^2 = 4\ .\quad d_2 = \sqrt{d_1^2 / 4} = d_1 / 2 = 4\ \text{cm}\ .$$

1.39 جسيمان متماثلان مشحونان تفصل بينهما مسافة 1.00 m يتنافران بقوة مقدارها 1.00 N. ما مقدار الشحنتين؟

$$q = \sqrt{\frac{Fd^2}{k}} = \sqrt{\frac{(1.00\ \text{N})(1.00\ \text{m})^2}{8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2}} = 1.05\cdot10^{-5}\ \text{C}.$$

$$F_g = F_{\text{Coulomb}} \Rightarrow m_e g = ke^2 / d^2.$$

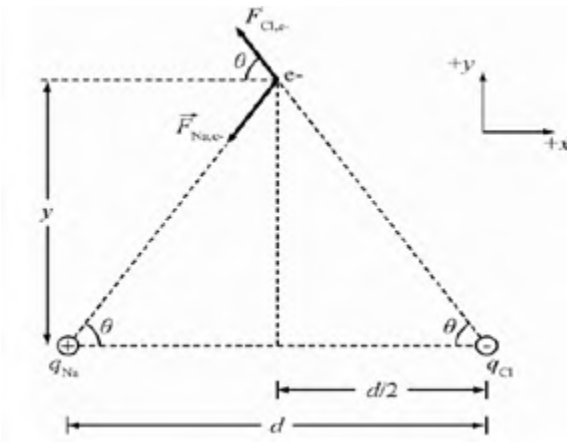
1.40 ما المسافة الفاصلة التي يجب أن تكون بين إلكترونين على سطح الأرض لكي تكون القوة الكهروستاتيكية بينهما مساوية لوزن أحد الإلكترونين؟

$$d = \sqrt{\frac{ke^2}{m_e g}} = \sqrt{\frac{\left(8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2\right)\left(1.602\cdot10^{-19}\ \text{C}\right)^2}{(9.109\cdot10^{-31}\ \text{kg})(9.81\ \text{m/s}^2)}} = 5.08\ \text{m}$$

1.41 في كلوريد الصوديوم الصلب (ملح الطعام)، يزيد عدد الإلكترونات في أيونات الكلوريد عن عدد البروتونات بإلكترون واحد، ويزيد عدد البروتونات في أيونات الصوديوم عن عدد الإلكترونات ببروتون واحد، وتفصل بين هذه الأيونات مسافة مقدارها 0.28 nm احسب القوة الكهروستاتيكية بين أيون صوديوم وأيون كلوريد

$$F = \frac{kq_{\text{Cl}}q_{\text{Na}}}{d^2} = \frac{-\left(8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2\right)(1.602\cdot10^{-19}\ \text{C})^2}{(0.28\cdot10^{-9}\ \text{m})^2} = -2.94285\cdot10^{-9}\ \text{N} \approx -2.9\cdot10^{-9}\ \text{N}.$$

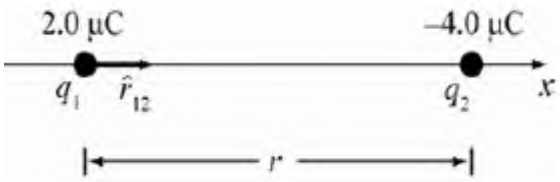
1.42 في كلوريد الصوديوم الغازي، يزيد عدد الإلكترونات في أيونات الكلوريد عن عدد البروتونات بإلكترون واحد، ويزيد عدد البروتونات في أيونات الصوديوم عن عدد الإلكترونات ببروتون واحد، وتفصل بين هذه الأيونات مسافة مقدارها 0.24 nm إذا افترضنا أن إلكترونًا حرًا يقع على مسافة 0.48 nm فوق نقطة منتصف جزيء كلوريد الصوديوم، فما مقدار القوة الكهروستاتيكية واتجاهها التي يبذلها الجزيء على هذا الإلكترون؟



1.43 احسب مقدار القوة الكهروستاتيكية التي يبذلها الكواركان العلويان أحدهما على الآخر داخل بروتون إذا كانت المسافة الفاصلة بينهما 0.900 fm.

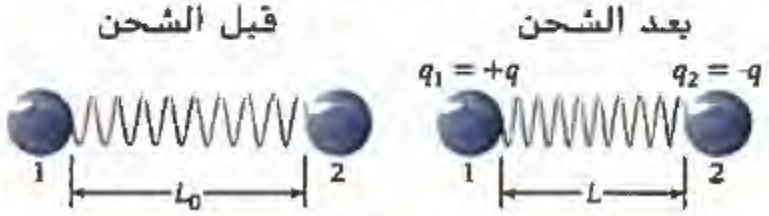
$$F=\frac{kq^2}{d^2}=\frac{\left(8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2\right)\left[\frac{2}{3}(1.602\cdot10^{-19}\ \text{C})\right]^2}{(0.900\cdot10^{-15}\ \text{m})^2}=127\ \text{N}.$$

1.44 تقع شحنة مقدارها $-4.00\ \mu\text{C}$ على مسافة 20.0 cm يمين شحنة مقدارها $2.00\ \mu\text{C}$ على المحور x. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة $-4.00\ \mu\text{C}$؟



$$\vec{F}_{2\to1}=-k\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{21}=-k\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{x}=-\left(8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2\right)\frac{(2.0\ \mu\text{C})(-4.0\ \mu\text{C})}{(0.200\ \text{m})^2}\hat{x}=1.8\ \text{N}\,\hat{x}$$

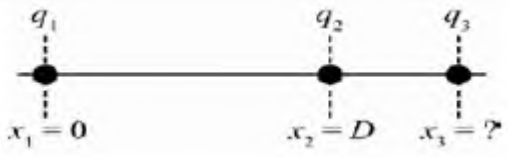
1.45 وُصلت كرتان فلزيتان غير مشحونتين، 1 و2، بواسطة زنبرك عازل (بطول طبيعي $L_0 = 1.00\ \text{m}$، وبثابت زنبرك $k = 25.0\ \text{N/m}$). كما هو موضح في الشكل. ثم اكتسبت الكرتان الشحنتين $+q$ و$-q$ فتمدد الزنبرك وأصبح طوله $L = 0.635\ \text{m}$. تذكر أن القوة التي يبذلها الزنبرك هي $F_s = k\Delta x$. حيث Δx التغير في طول الزنبرك عن طول اتزانه. أوجد الشحنة q. إذا طُلي الزنبرك بطبقة فلزية ليصبح موصلًا. فما الطول الجديد للزنبرك؟



$$F_S=F\ \Rightarrow\ k_S\Delta x=\frac{kq_1q_2}{r^2}\ \Rightarrow\ k_S(L_0-L')=\frac{kq^2}{(L')^2}\ \Rightarrow\ q=\sqrt{\frac{k_S(L')^2(L_0-L')}{k}}$$

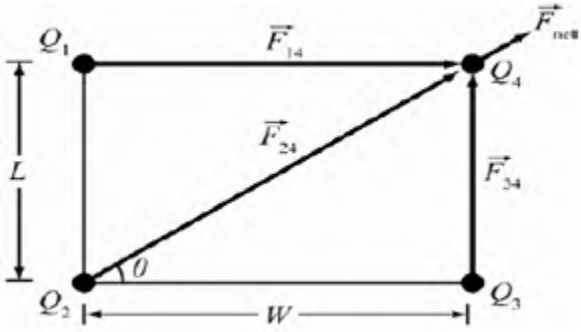
$$q=\sqrt{\frac{(25.0\ \text{N/m})(0.635\ \text{m})^2(1.00\ \text{m}-0.635\ \text{m})}{\left(8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2\right)}}=2.02307\cdot10^{-5}\ \text{C}$$

1.46• وُضعت شحنة نقطية $+3q$ عند نقطة الأصل، وشحنة نقطية $-q$ على المحور x عند النقطة $D = 0.500\ m$. عند أي نقطة على المحور x ستكون محصلة القوى من الشحنتين الأخريين المؤثرة في شحنة ثالثة q_0 مساويةً صفرًا؟



1.47• وُضعت أربع شحنات بنماثلة Q على الزوايا الأربع لمستطيل محيطه $2.00\ m$ في $3.00\ m$ إذا كانت $Q = 32.0\ \mu C$. فما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في أي شحنة من الشحنات؟

3.1397 N

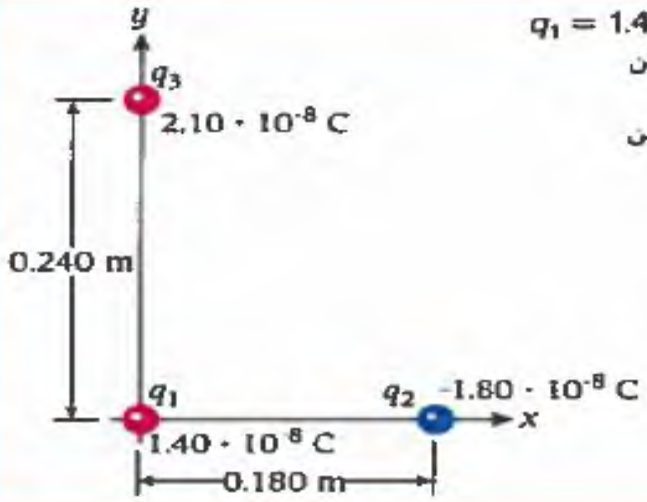


بالون مشحون بشحنة سالبة تساوي$(6\mu C)$ ما عدد الالكترونات الزائدة التي يحملها
ب) ما الشحنة الكلية لـ (7×10^{13}) الكترون و (4×10^{13}) بروتون ؟

أ) $$q = \pm ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{6\times10^{-6}}{1.6\times10^{-19}} = 3.75\times10^{13}$$

ب) $$q = \pm ne = (7\times10^{13} - 4\times10^{13})\times1.6\times10^{-19} = 4.8\times10^{-6}\,C$$

1.48 وضعت الشحنة $q_1 = 1.40 \cdot 10^{-8}$ C عند نقطة الأصل. ووضعت الشحنتان $q_2 = -1.80 \cdot 10^{-8}$ C و $q_3 = 2.10 \cdot 10^{-8}$ C عند النقطتين (0.180 m,0.000 m) و(0.000 m,0.240 m)، على التوالي كما هو موضح في الشكل. أوجد محصلة القوى الكهروستاتيكية (المقدار والاتجاه) المؤثرة في الشحنة q_3.

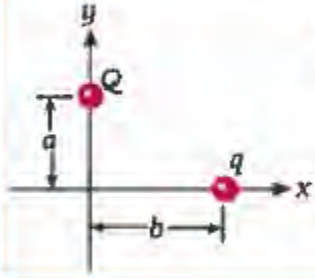


$2.755 \cdot 10^{-5}$ N

1.49 تقع شحنة موجبة Q على المحور y على مسافة a من نقطة الأصل. وتقع شحنة موجبة أخرى q على المحور x على مسافة b من نقطة الأصل.

(a) ما قيمة (قيم) b التي عندها تكون مركبة x للقوة المؤثرة في q بقيمتها الصغرى؟

(b) ما قيمة (قيم) b التي عندها تكون مركبة x للقوة المؤثرة في q بقيمتها العظمى؟



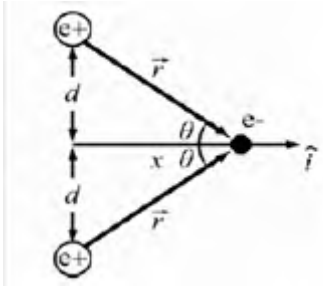
$$F_x = \frac{kqQ}{r^2}\cos\theta = \frac{kqQb}{r^3} = \frac{kqQb}{(a^2+b^2)^{3/2}}$$

a) Minima: By inspection, the least possible value of F_x is zero, and this is attained only when $b = 0$.

b) Maxima: $\frac{dF_x}{db} = 0 \Rightarrow \frac{kqQ}{(a^2+b^2)^{3/2}} - \frac{3}{2}kqQ(a^2+b^2)^{-5/2}2b = 0 \Rightarrow \frac{kqQ(a^2+b^2) - 3kqQb^2}{(a^2+b^2)^{5/2}} = 0$

$$\Rightarrow (a^2+b^2) - 3b^2 = 0 \Rightarrow b = \pm\frac{a}{\sqrt{2}} \qquad b = \frac{a}{\sqrt{2}}.$$

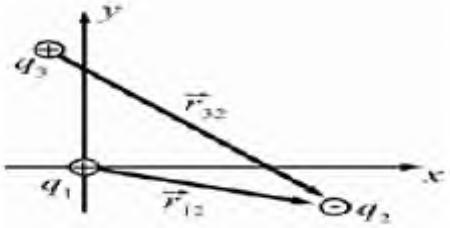
1.50 أوجد مقدار القوة الكهروستاتيكية واتجاهها المؤثرة في الإلكترون الموضح في الشكل.



$$\vec{F} = 2F_{pe}\cos\theta\hat{x} = -2\frac{ke^2}{r^2}\frac{x}{r}\hat{x} = -2\frac{ke^2x}{\left(x^2+d^2\right)^{3/2}}\hat{x}.$$

$$\vec{F} = -2\frac{\left(8.99\cdot10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2\right)\left(1.602\cdot10^{-19}\ \text{C}\right)^2\left(0.0700\ \text{m}\right)}{\left[\left(0.0700\ \text{m}\right)^2+\left(0.0500\ \text{m}\right)^2\right]^{3/2}}\hat{x} = (-5.0742\cdot10^{-26}\ \text{N})\hat{x}$$

1.51 توجد ثلاث شحنات ثابتة في منطقة حيز ثنائي الأبعاد عند +1.00 mC عند (0,0)، عند −2.00 mC، (17.0 mm, −5.00 mm) عند +3.00 mC، (−2.00 mm, 11.0 mm) ما مقدار محصلة القوى المؤثرة في الشحنة −2.00-mC؟



جسم شحنته $(-3\times10^{-12}\text{c})$ ، ما عدد الالكترونات التي يجب ان يفقدها او يكتسبها الجسم لتصبح شحنته $(+1.8\times10^{-12}\text{c})$ ثم حدد هل الجسم يكسب ام يفقد الالكترونات ؟

الحل :

$$\Delta q = 1.8\times10^{-12} - (-3\times10^{-12}) = 4.8\times10^{-12}\,C$$

$$\Delta q = \pm ne \Rightarrow n = \frac{\Delta q}{e} = \frac{4.8\times10^{-12}}{1.6\times10^{-19}} = 3\times10^{7}$$

يفقد لأن (Δq) موجبة .

1.52• وضعت خرزتان زجاجيتان أسطوانيتا الشكل، كتلة كل منهما $m = 10.0\ \text{mg}$، بوضع رأسي على سطح أفقي بحيث تنفصل بينهما مسافة $d = 2.00\ \text{cm}$ وكان معامل الاحتكاك السكوني بين الخرزتين والسطح $\mu_s = 0.200$. ثم أعطيت الخرزتان شحنتين متماثلتين (في المقدار والإشارة). ما أقل شحنة لازمة لكي تبدأ الخرزتان في التحرك؟

$$F = f \Rightarrow \frac{kq^2}{d^2} = \mu mg \Rightarrow q = \sqrt{d^2 \mu mg / k}$$

$$q = \sqrt{\frac{(0.0200\ \text{m})^2 (0.200)(1.00 \cdot 10^{-5}\ \text{kg})(9.81\ \text{m/s}^2)}{(8.99 \cdot 10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2)}} = 9.3433 \cdot 10^{-10}\ \text{C}$$

1.54• شحنتان $+3.00\ \text{mC}$ و$-4.00\ \text{mC}$ ثابتتان في وضع السكون وتفصل بينهما مسافة مقدارها $5.00\ \text{m}$.

a) أين يمكن وضع شحنة مقدارها $+7.00\ \text{mC}$ بحيث تكون محصلة القوة المؤثرة فيها صفرًا؟

b) أين يمكن وضع شحنة مقدارها $-7.00\ \text{mC}$ بحيث تكون محصلة القوة المؤثرة فيها صفرًا؟

1.55 أربع شحنات نقطية، q، مثبتة على الزوايا الأربع لمربع طول ضلعه 10.0 cm. ويتدلى إلكترون فوق نقطة بتعادل وزنه عندها مع القوة الكهروستاتيكية الناتجة عن الإلكترونات الأربعة، على مسافة 15.0 nm فوق مركز المربع. ما مقدار الشحنات الثابتة؟ عبّر عن الشحنة بوحدة الكولوم وكمضاعف لشحنة الإلكترون.

1.53 كرة صغيرة كتلتها 30.0 g وشحنتها −0.200 μC متدلية من السقف بخيط، وهي متدلية على ارتفاع 5.00 cm فوق أرضية عازلة. إذا دحرجت كرة صغيرة أخرى كتلتها 50.0 g وشحنتها 0.400 μC أسفل الكرة الأولى مباشرة، فهل ستغادر الكرة سطح الأرضية؟ وما مقدار الشد في الخيل لحظة وجود الكرة الأخرى أسفل الكرة الأولى مباشرة؟

1.59 افترض أن الأرض والقمر اكتسبا شحنتين موجبتين متساويتين في المقدار. ما مقدار الشحنة اللازمة لإنتاج قوة تنافر كهروستاتيكية تساوي 1.00% من قوة الجاذبية بين الجسمين؟

$$F = 0.01F_g \Rightarrow \frac{kQ^2}{r_{EM}^{\ 2}} = \frac{0.0100GM_{Earth}m_{Moon}}{r_{EM}^{\ 2}} \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{0.0100GM_{Earth}m_{Moon}}{k}}.$$

$$Q = \sqrt{\frac{0.0100(6.67\cdot10^{-11}\ \text{N m}^2/\text{kg})(5.97\cdot10^{24}\ \text{kg})(7.36\cdot10^{22}\ \text{kg})}{(8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2)}} = 5.71\cdot10^{12}\ \text{C}.$$

1.60 سبب التشابه بين صيغة قانون نيوتن في الجذب وصيغة قانون كولوم. خمّن البعض أن قوة الجاذبية مرتبطة بالقوة الكهروستاتيكية. افترض أن الجاذبية ما هي إلا شحنة كهربائية بطبيعتها – أي أن هناك شحنة زائدة Q تحملها الأرض وشحنة زائدة مساوية لها في المقدار ومضادة لها الاتجاه Q− يحملها القمر. مسؤولتان عن قوة الجاذبية التي تتسبب في الحركة المدارية المرصودة للقمر حول الأرض. ما مقدار Q اللازم لإعادة إنتاج مقدار قوة الجاذبية الملاحظ؟

$$F_g = -G\frac{M_{\text{Earth}}m_{\text{Moon}}}{r_{\text{EM}}^2} = -k\frac{Q^2}{r_{\text{EM}}^2} \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{GM_{\text{Earth}}m_{\text{Moon}}}{k}}.$$

$$\text{So, } Q = \sqrt{\frac{(6.67\cdot10^{-11}\ \text{N m}^2/\text{kg})(5.97\cdot10^{24}\ \text{kg})(7.36\cdot10^{22}\ \text{kg})}{(8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2)}} = 5.71\cdot10^{13}\ \text{C}.$$

1.61 في نموذج بور لذرة الهيدروجين، يتحرك الإلكترون حول نواة تحتوي على بروتون واحد في مدارات دائرية ذات أنصاف أقطار محسوبة بدقة من خلال المعادلة $r_n = n^2 a_B$، حيث $n = 1, 2, 3, \ldots$ عدد صحيح يحدّد المدار و $a_B = 5.29\cdot10^{-11}\text{m}$ نصف قطر المدار الأول (الأصغر)، ويُسمى نصف قطر بور. احسب قوة التفاعل الكهروستاتيكي بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين بالنسبة إلى أول أربعة مدارات، وقارن بين شدة هذا التفاعل وشدة الجاذبية بين البروتون والإلكترون.

$$n=1:\ F_1 = \frac{ke^2}{a_B^2};\ F_{g,1} = \frac{Gm_e m_p}{a_B^2},\ n=2:\ F_2 = \frac{ke^2}{(4a_B)^2};\ F_{g,2} = \frac{Gm_e m_p}{(4a_B)^2}$$

$$n=3:\ F_3 = \frac{ke^2}{(9a_B)^2};\ F_{g,3} = \frac{Gm_e m_p}{(9a_B)^2},\ n=4:\ F_4 = \frac{ke^2}{(16a_B)^2};\ F_{g,4} = \frac{Gm_e m_p}{(16a_B)^2}$$

CALCULATE: Note that: $\frac{ke^2}{a_B^2} = \frac{(8.99\cdot10^{9}\ \text{N m}^2/\text{C}^2)(1.602\cdot10^{-19}\ \text{C})^2}{(5.29\cdot10^{-11}\ \text{m})^2} = 8.2465\cdot10^{-8}\ \text{N}$ and

$$\frac{Gm_e m_p}{a_B^2} = \frac{(6.67\cdot10^{-11}\ \text{N m}^2/\text{kg})(9.109\cdot10^{-31}\ \text{kg})(1.673\cdot10^{-27}\ \text{kg})}{(5.29\cdot10^{-11}\ \text{m})^2} = 3.632\cdot10^{-47}\ \text{N}.$$

Then for $n=1$: $F_1 = \frac{ke^2}{a_B^2} = 8.2465\cdot10^{-8}\ \text{N};\ F_{g,1} = \frac{Gm_e m_p}{a_B^2} = 3.6342\cdot10^{-47}\ \text{N}$

$n=2$: $F_2 = \frac{ke^2}{(4a_B)^2} = 5.1515\cdot10^{-9}\ \text{N};\ F_{g,2} = \frac{Gm_e m_p}{(4a_B)^2} = 2.2712\cdot10^{-48}\ \text{N}$

$n=3$: $F_3 = \frac{ke^2}{(9a_B)^2} = 1.1081\cdot10^{-9}\ \text{N};\ F_{g,3} = \frac{Gm_e m_p}{(9a_B)^2} = 4.4863\cdot10^{-49}\ \text{N}$

$n=4$: $F_4 = \frac{ke^2}{(16a_B)^2} = 3.2213\cdot10^{-10}\ \text{N};\ F_{g,4} = \frac{Gm_e m_p}{(16a_B)^2} = 1.4195\cdot10^{-49}\ \text{N}$

1.62 توصلت بعض النماذج الذرية الأقدم إلى أن السرعة المنجية المدارية للإلكترون في الذرة يمكن أن ترتبط بنصف قطر الذرة. إذا كان نصف قطر ذرة الهيدروجين هو $5.29\cdot10^{-11}$ m وكانت القوة الكهروستاتيكية مسؤولة عن حركة الإلكترون الدائرية، فما الطاقة الحركية لهذا الإلكترون المداري؟

$$F_C = F \Rightarrow \frac{m_e v^2}{r} = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{ke^2}{r^2} \Rightarrow v^2 = \frac{ke^2}{rm_e}$$

$$K = \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{1}{2}m_e\left(\frac{ke^2}{rm_e}\right) = \frac{ke^2}{2r}.$$

$$K = \frac{(8.99\cdot10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2)(1.602\cdot10^{-19}\ \text{C})^2}{2(5.29\cdot10^{-11}\ \text{m})} = 2.1807\cdot10^{-18}\ \text{J} = 13.6077\ \text{eV}$$

1.63 بالنسبة إلى الذرة المذكورة في المسألة 1.62، ما نسبة قوة الجاذبية بين الإلكترون والبروتون إلى القوة الكهروستاتيكية؟ كيف ستتغير هذه النسبة في حالة مضاعفة نصف قطر الذرة؟

$$F_g / F = \frac{\frac{Gm_e m_p}{r^2}}{\frac{k|q_1||q_2|}{r^2}} = \frac{Gm_e m_p}{ke^2}$$

$$= \frac{(6.6742\cdot10^{-11}\ \text{m}^3/(\text{kg s}^2))(9.109\cdot10^{-31}\ \text{kg})(1.673\cdot10^{-27}\ \text{kg})}{(8.99\cdot10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2)(1.602\cdot10^{-19}\ \text{C})^2}$$

$$= 4.41\cdot10^{-40}$$

1.64 بشكل عام، ليست الأجسام الفلكية متعادلة كهربائيًا تمامًا. افترض أن كلاً من الأرض والقمر يحمل شحنة مقدارها $-1.00\cdot10^6$ C (هذا صحيح تقريبًا، وسيتم تحديد قيمة أكثر دقة في الوحدة 2).

a) قارن بين التنافر الكهروستاتيكي الناتج وتفاعل الجاذبية بين القمر والأرض. ابحث عن أي بيانات لازمة.

b) ما تأثيرات هذه القوة الكهروستاتيكية في حجم مدار القمر حول الأرض وشكله واستقراره؟

$$\text{(a)}\ F = \frac{(8.99\cdot10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2)(-1.00\cdot10^6\ \text{C})^2}{(3.84403\cdot10^8\ \text{m})^2} = 60839.6\ \text{N}$$

$$F_g = \frac{(6.6742\cdot10^{-11}\ \text{m}^3/(\text{kg s}^2))(5.9742\cdot10^{24}\ \text{kg})(7.36\cdot10^{22}\ \text{kg})}{(3.84403\cdot10^8\ \text{m})^2} = 1.986\cdot10^{20}\ \text{N}$$

تمارين محلولة

ما هو عدد الإلكترونات التي تضعها شحنة مساوية لـ 1C−؟ ما هي الكتلة الكلية لهذه الالكترونات؟

■ من المسألة 1.25، للإلكترون شحنة هي e ، حيث $e = 1.6 \times 10^{-9}C$. ومنه أن عدد الإلكترونات الموجود في 1.0 C − من الشحنة هو: $n = 1.0/(1.6 \times 10^{-19}) = 6.2 \times 10^{18}$. كتلة كل هذه الالكترونات M هي تماماً $M = nm_e = (6.2 \times 10^{18})(9.11 \times 10^{-31}\ kg) = 5.6 \times 10^{-12}\ kg$.

إذا وضعت شحنتان متساويتان كل منهما 1 C في الهواء بحيث تكون المسافة الفاصلة بينهما 1 km. ما هي القوة المتبادلة بين الشحنتين؟

■ $F = (kq_1q_2)/r^2$، حيث: $k = 9.0 \times 10^9\ N.m^2/C^2$، $q_1 = q_2 = 1\ C$، و $r = 1\ km$، إذن:
$F = [(9.0 \times 10^9)(1)(1)]/1000^2 = 9.0\ kN$ (حوالي 2000 lb). لنلاحظ انه حتى على مسافة 1 km تبقى القوة المنفرة كبيرة. تشير هذه الحقيقة إلى أن الكولومب وحدة شحنة بالغة الكبر.

اوجد القوة بين الكترونين حرين المسافة بينهما 1 Å (0.1 nm) (وهي مسافة ذريّة نموذجية).

■ القوة F في هذه الحالة منفرة وتساوي: $F = (kq_1q_2)/r^2$، حيث $q_1 = q_2 = -1.6 \times 10^{-19}\ C$، و $r = 10^{-10}\ m$. ومنه
$F = [(9.0 \times 10^9)(1.6 \times 10^{-19})^2]/(1.0 \times 10^{-10})^2 = 2.3 \times 10^{-8}\ N = 23\ nN$.

كرة نحاسية كتلتها 2.0 g تحتوي حوالي 2×10^{22} ذرة. تساوي الشحنة على نواة كل ذرة 29e. ما هي نسبة الإلكترونات التي يفترض انتزاعها من الكرة حتى تصبح شحنتها 2μC +؟

■ العدد الكلي للالكترونات هو $29(2 \times 10^{22}) = 5.8 \times 10^{23}$. الإلكترونات المنتزعة تساوي:
$(2 \times 10^{-6}C)/(1.6 \times 10^{-19}C/\text{الكترون}) = 1.25 \times 10^{13}$. ومنه النسبة المطلوبة: 2.16×10^{-11}.

ما هي قوة التنافر بين نواتين للارغون عندما تكون المسافة بينهما $1nm(10^{-9}\ m)$؟ الشحنة على نواة الارغون هي: 18e +.

■ $F = (kq^2)/r^2$ حيث $q = 18 \times 1.6 \times 10^{-19}C$، و $r = 1.0 \times 10^{-9}\ m(= 10\ Å)$. ومنه
$F = [(9 \times 10^9)(28.8 \times 10^{-19})^2]/(1.0 \times 10^{-18}) = 75\ nN$.

تحتوي نواة اليورانيوم على شحنة تكافىء 92 ضعفاً شحنة البروتون. إذا قذف بروتون صوب النواة، ما هي قوة التنافر التي سيواجهها عندما يصبح على مسافة $1 \times 10^{-11}\ m$ من مركز النواة؟ إن أقطار نوى الذرات هي من الرتبة $10^{-14}\ m$، لذا يمكن اعتبار النواة كشحنة نقطية.

■ $F = [(9 \times 10^9)(92 \times 1.6 \times 10^{-19})(1.6 \times 10^{-19})]/(1 \times 10^{-11})^2 = 2.1 \times 10^{-4}\ N$.

كرتان مشحونتان متماثلتان تفصل بينهما مسافة 3 cm في الهواء، تتنافران بقوة تساوي $4 \times 10^{-5}\ N$. احسب الشحنة على كل كرة.

■ $F = (kq^2)/r^2$ حيث: $F = 4 \times 10^{-5}\ N$ و $r = 0.03\ m$. إذن: $1.0 \times 10^{13}q^2 = [(9 \times 10^9)q^2]/0.03^2 = 4 \times 10^{-5}$. ومنه
$q^2 = 4 \times 10^{-18}\ C^2 \Rightarrow q = \pm 2nC$.

شحنتان نقطيتان Q_1 و Q_2 تفصل بينهما مسافة قدرها 3 m، والشحنة المشتركة لهما تساوي 20 μC. (أ) احسب كلاً من الشحنتين إذا علمت أن كلاً منهما تتنافر عن الأخرى بقوة تساوي 0.075 N. (ب) إذا كانت القوة بين الشحنتين قوة تجاذب قدرها 0.525 N، ما قيمة كل من الشحنتين في هذه الحالة؟

■ (أ) $Q_1 + Q_2 = 20\mu C$. لما كانت القوة قوة تنافر، إذن: $0.075 = (9 \times 10^{19})[(Q_1Q_2)/3^2] \Rightarrow Q_1Q_2 = 75\ \mu C^2 = 75 \times 10^{-12}\ C^2$. بتعويض Q_2 من المعادلة الأولى نحصل على: $Q_1^2 - 20\ Q_1 + 75 = 0$ ومنه: $Q_1 = 5\mu C$، $Q_2 = 15\mu C$ (ب) نظراً لان القوة جاذبة، يفترض بإحدى الشحنتين أن تكون سالبة. معادلة القوة هي:

$[(9 \times 10^{19})][(Q_1Q_2)/9] = -0.525$ اي: $Q_1Q_2 = -525\mu C^2$ بتعويض Q_2 مرة اخرى: $Q_2 = 20 - Q_1$ نخلص إلى $Q_1^2 - 20Q_1 - 525 = 0$. اما ان الشحنتين هما $35\mu C$ و $-15\mu C$ وإما انهما $-35\mu C$ و $15\mu C$.

توضع شحنة اختبار $Q = +2\mu C$ في منتصف المسافة بين الشحنتين $Q_1 = +6\mu C$ و $Q_2 = +4\mu C$، البعد بينهما 10 cm. اوجد مقدار واتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار.

■ نستخدم قانون كولومب لإيجاد F_1 و F_2 ثم نحسب المجموع الاتجاهي.

$$F_1 = k\frac{Q_1Q}{r^2} = (9\times10^9)\frac{(6\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{0.05^2} = 43.2\text{ N} \quad \text{بعيداً عن } Q_1$$

$$F_2 = (9\times10^9)\frac{(4\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{0.05^2} = 28.8\text{ N} \quad \text{باتجاه } Q_1$$

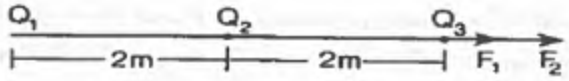
$$F = F_1 - F_2 = \underline{14.4\text{ N}} \quad \text{بعيداً عن } Q_1$$

توضع ثلاث شحنات كل منها $+20\mu C$ على طول خط مستقيم بحيث تكون المسافة الفاصلة بين شحنتين متتاليتين 2 m كما في الشكل 25-1. احسب القوة المؤثرة في الشحنة الواقعة اقصى اليمين.

■ $F = F_1 + F_2 \qquad F_1 = \frac{kQ_1Q_3}{r^2} = \frac{(9\times10^9)(20\times10^{-6})^2}{4^2} = 0.225\text{ N}$

$$F_2 = \frac{kQ_2Q_3}{r^2} = \frac{(9\times10^9)(20\times10^{-6})^2}{2^2} = 0.9\text{ N} \qquad F = 0.225 + 0.9 = \underline{1.125\text{ N}} \text{ نحو اليمين}$$

الشكل 1-25



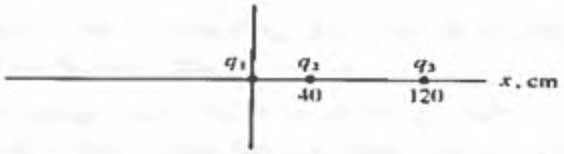
توضع ثلاث شحنات نقطية على المحور x عند النقاط التالية: $+2\mu C$ عند $x = 0$، $-3\mu C$ عند $x = 40\text{ cm}$، $-5\mu C$ عند $x = 120\text{ cm}$. اوجد القوة المؤثرة في الشحنة $-3\mu C$.

■ يوضح الشكل 2-25 الترتيب الموصوف، حيث $q_1 = 2\mu C$، و $q_2 = -3\mu C$، و $q_3 = -5\mu C$، القوة المؤثرة في q_2 هي المجموع الاتجاهي لإسهامين، القوة الجاذبة الناجمة عن q_1 (نحو q_1) والقوة التنافرية المعزوة إلى q_3 (ايضاً باتجاه q_1). يؤخذ المجموع الجبري لهاتين القوتين نظراً لوقوعهما على محور واحد.

$$F = F_1 + F_2 = \frac{-k\,|q_1q_2|}{(0.40)^2} + \frac{-k\,|q_2q_3|}{(0.80)^2}$$

$$= -9\times10^9\left[\frac{(2\times10^{-6}\text{ C})(3\times10^{-6}\text{ C})}{(0.40\text{ m})^2} + \frac{(5\times10^{-6}\text{ C})(3\times10^{-6}\text{ C})}{(0.80\text{ m})^2}\right] = \underline{-0.55\text{ N}} \quad \text{or} \quad \underline{0.55\text{ N}} \text{ نحو اليسار}$$

الشكل 2-25



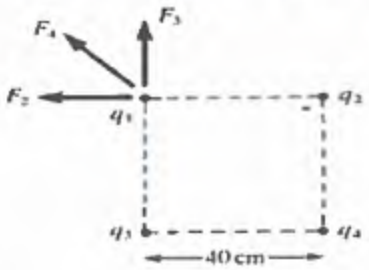
في المسألة 14.25 ما هي القوة المؤثرة في الشحنة $-5\mu C$؟

■ القوة المؤثرة في q_2 هي قوة جاذبة نحو اليسار معزوة إلى q_1 واخرى تنافرية نحو اليمين ناجمة عن q_3.

$$F = F_1 + F_2 = k\left[\frac{-|q_1q_3|}{(1.20\text{ m})^2} + \frac{|q_2q_3|}{(0.80\text{ m})^2}\right]$$

$$= 9\times10^9\left[\frac{-(2\times10^{-6})(5\times10^{-6})}{1.20^2} + \frac{(3\times10^{-6})(5\times10^{-6})}{0.80^2}\right] = \underline{0.15\text{ N}} \quad \text{or} \quad \underline{0.15\text{ N}} \text{ نحو اليمين}$$

توضع أربع شحنات نقطية كل منها $+3\mu C$ على رؤوس مربع ضلعه 40 cm. أوجد القوة المؤثرة في أي من هذه الشحنات.

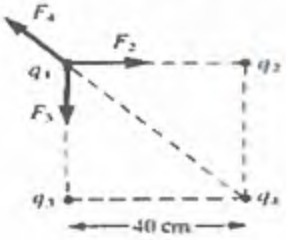


الشكل 3-25

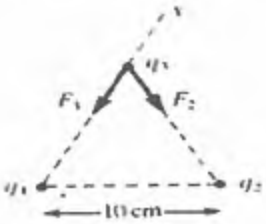
■ يبين الشكل 3-25 وضع الشحنات. نعتبر القوى المؤثرة في q_1 والمشار إليها في الشكل بالرموز F_2، F_3، F_4 حيث تحدد الدلائل الشحنات المسببة للقوة. من التناظر: $F_2 = F_3 = [(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})^2]/0.40^2$، أو: $F_2 = F_3 = 0.51$ N، نظراً لأن اتجاهي هاتين القوتين يطابقا اتجاهي الضلعين المناظرين، كما هو موضح. فإن المجموع الاتجاهي لهما يقع على القطر المتجه من q_4 إلى q_1 وتساوي شد $F_2 \cos 45° + F_3 \cos 45° = [2(0.51)]/\sqrt{2} = 0.72$. القوة المتبقية F_4 تقع أيضاً على نفس القطر وشدتها: $F_4 = [(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})]/(0.40 \times \sqrt{2})^2 = 0.25$ N. إن محصلة القوى الثلاث تقع على نفس القطر وتتجه بعيداً عن المربع، أما شدتها فتساوي 0.97 N.

توضع أربع شحنات نقطية متساوية $(3\mu C)$ على رؤوس مربع ضلعه 40 cm. إن كل شحنتين متقابلتين قطرياً لهما نفس الإشارة. أوجد القوة على أي من الشحنتين السالبتين.

■ يشبه الوضع الجديد (الشكل 4-25) الحالة الموصوفة في المسألة 16.25، باستثناء انه لدينا الآن: $q_1 = q_4 = -3\mu C$. نحسب مرة أخرى القوة المحصلة المؤثرة في q_1، تتساوى القوتان F_2، و F_3 في الشدة كما في المسألة 16.25، إلاّ أن اتجاههما يعاكسان اتجاهي القوتين المناظرتين في المسألة المذكورة، كما هو موضح. المجموع الاتجاهي للقوتين F_2 و F_3 يقع على نفس القطر لكن اتجاهه نحو الداخل وشدته 0.72 N. مرة أخرى القوة F_4 تنافرية ولها نفس الشدة السابقة 0.25 N. محصلة القوى الثلاث هي: 0.72 N − 0.25 N = 0.47 N وهي محمولة على القطر كما أن اتجاهها نحو الداخل (نحو q_4).



الشكل 4-25



الشكل 5-25

ثلاث شحنات: $+2\mu C$، $+3\mu C$، $-8\mu C$ موضوعة على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع ضلعه 10 cm. احسب شدة القوة المؤثرة في الشحنة $-8\mu C$ والناجمة عن الشحنتين الأخريين.

■ يبين الشكل 5-25 الحالة الموصوفة: حيث $q_1 = 2\mu C$، $q_2 = 3\mu C$، $q_3 = -8\mu C$. من أجل تحديد المسألة نعتبر أن الضلع المتجه من q_1 إلى q_3 هو المحور x. القوة الصافية المؤثرة في q_3 هي المجموع الاتجاهي للقوتين F_1 و F_2 الناجمتين عن الشحنتين q_1 و q_2 على الترتيب. ان القوتين المذكورتين جاذبتان كما هو موضح. شدة كل منهما:

$$F_1 = [(9 \times 10^{19})(2 \times 10^{-6}\text{C})(8 \times 10^{-6}\text{C})]/(0.10\text{ m})^2 = 14.4\text{ N}$$

$$F_2 = [(9 \times 10^{19})(3 \times 10^{-6})(8 \times 10^{-6})]/(0.10\text{ m})^2 = 21.6\text{ N}$$

ليكن: $\mathbf{F} = \mathbf{F_1} + \mathbf{F_2}$

إذن $F_x = F_{1x} + F_{2x} = -14.4\text{ N} - 21.6\text{ N}\cos 60° = -25.2\text{ N}.$

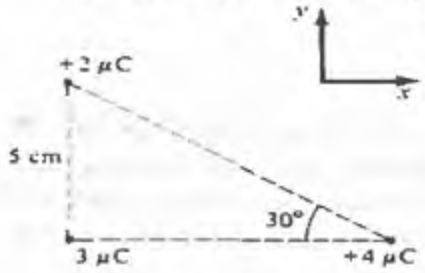
$F_y = F_{1y} + F_{2y} = 0 + 21.6\text{ N}\sin 60° = 18.7\text{ N}.$ $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(25.2)^2 + (18.7)^2} = \underline{31.4\text{ N}}.$

بالعودة إلى الشكل 25-6، اوجد القوة المؤثرة في الشحنة 4 μC الناجمة عن الشحنتين الأخريين.

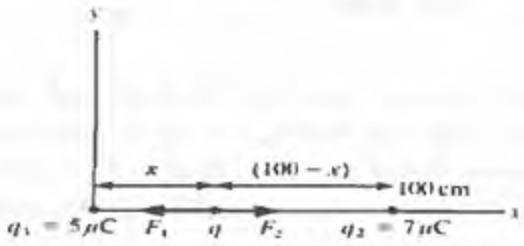
■ نحدد دلائل القوى بشدة الشحنة المسببة للقوة. لنلاحظ انه في الشكل 6.25 الوتر: 5/(sin 30°) = 10 cm = والقاعدة تساوي 8.66 cm. إذن: $\mathbf{F}_3 = \{-(9 \times 10^9)[(3 \times 4 \times 10^{-12})/0.087^2]\}\ \mathbf{i} = (-14.3)\mathbf{i}$.

$\mathbf{F}_2 = (9 \times 10^9)[(2 \times 4 \times 10^{-12})/0.10^2] = 7.2$ وبزاوية قدرها $-30°$.

$\mathbf{F} = \mathbf{F}_3 + \mathbf{F}_2 = (-14.3 + 7.2\cos 30°)\mathbf{i} - (7.2\sin 30°)\mathbf{j} = -8.1\mathbf{i} - 3.6\mathbf{j}$ N، اي $F = 8.9$ N بزاوية قدرها 204°.



الشكل 6-25



الشكل 7-25

توضع شحنتان (+ 5μC) عند x = 0، و (+ 7μC) عند x = 100 cm. اين يمكن ان توضع شحنة ثالثة بحيث تكون القوة الصافية المؤثرة فيها والناجمة عن الشحنتين الأوليتين مطابقة للصفر؟

■ نفرض أن الموقع الملائم للشحنة المذكورة هو عند الإحداثي x كما في الشكل 25-7. إن كانت شحنة الاختبار q سالبة، فإن الشحنتين q_1 و q_2 ستجذبانها في اتجاهين متعاكسين. اما إن كانت موجبة فإن الشحنتين q_1 و q_2 ستدفعانها في اتجاهين متعاكسين ايضاً. إن الشرط المطلوب في المسألة يكافىء في كلا الحالين المساواة: $F_1 = F_2$ او: $(kqq_1)/x^2 = (kqq_2)/(1.0 - x)^2$ حيث قمنا بتحويل المسافة إلى امتار. باختصار k و q ينتج: $q_1/x^2 = q_2/(1.0 - x)^2$ (نلاحظ أن نتيجتنا، كما هو متوقع، لا تعتمد على q). بتعويض القيم العددية وإجراء الضرب التصالبي ينتج أن: $5(1 - x)^2 = 7x^2$ او $2x^2 + 10x - 5 = 0$. بالحل نحصل على $x = (-10 \pm \sqrt{100 + 40})/4 = \{0.46\ \text{m}, -5.46\ \text{m}\}$، ونظراً لوجوب وقوع x في الحالة المعطاة بين الشحنتين، فإن الجواب المقبول هو 46 cm. (عند $x = -5.46$ m تكون القوتان متساويتين في الشدة ومتطابقتين في الاتجاه).

اشرح طبيعة التوازن في المسألة 20.25.

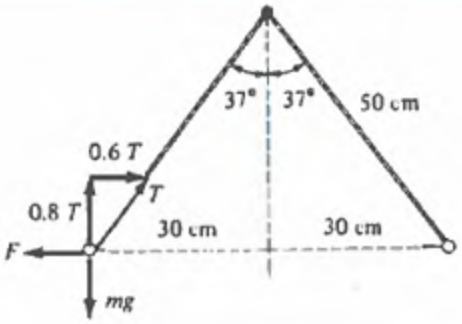
■ إن كانت q موجبة فإن اية إزاحة صغيرة عن الموضع x = 46 cm على طول المحور x تؤدي إلى قوة صافية مؤثرة في q تحاول إعادتها إلى وضع توازنها. اما إذا كانت الإزاحة موازية للمحور y فإن القوة الناشئة تسرع الشحنة q بعيداً عن وضع توازنها. يحدث العكس إذا كانت الشحنة q سالبة، فالإزاحة x هي التي تفشل في هذه الحالة في تخليق قوة مستعيدة. في كلا الحالين التوازن غير مستقر. (توضح هذه المسألة نظرية عامة مفادها أن التوازن المستقر يستحيل في المجال الكهرسكوني).

كرتان معدنيتان صغيرتان متماثلتان تحملان الشحنتين 3nC + و 12nC −. تبلغ المسافة بين الكرتين 3 cm. (أ) احسب قوة التجاذب. (ب) تُمس الكرتان الآن مع بعضهما ثم تبعدان إلى مسافة 3 cm. اشرح القوى المؤثرة فيهما الآن.

■ (أ) في البدء القوة بين الشحنتين جاذبة وشدتها: $F = [(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-9})(12 \times 10^{-9})]/0.03^2 = 3.6 \times 10^{-4}$ N.

(ب) لما كانت الكرتان معدنيتين ومتماثلتين، فسينجم عن تماس الكرتين مع بعضهما إعادة توزيع للشحنتين يؤدي إلى وضع توازن جديد تمتلك بموجبه كل من الكرتين نفس الشحنة. ونظراً لان الشحنة الكلية المتوفرة هي 9nC −، فستظفر كل كرة بشحنة قدرها 4.5 nC −. عندما تبعد الكرتان إلى مسافة 3 cm عن بعضهما، تعاني كل منهما من قوة تنافرية شدتها: $F = [(9 \times 10^9)(4.5 \times 10^{-9})(4.5 \times 10^{-9})]/0.03^2 = 2.0 \times 10^{-4}$ N.

تعلك كل من الكرتين المبينتين في الشكل 25-8 كتلتين متساويتين كل منهما 0.20 g وشحنتين متماثلتين ايضاً. عندما تعلق الكرتان بخيطين طول كل منهما 50 cm تتباعدان عن بعضهما بحيث يصنع كل خيط الزاوية 37° مع الاتجاه الراسي. ما هي الشحنة على كل من الكرتين؟



الشكل 8-25

■ نظراً لأن المنظومة في حالة توازن، نستطيع تطبيق شروط التوازن على الكرة الواقعة إلى اليسار. نلاحظ أن ثلاث قوى تؤثر في الكرة: وزنها mg، الشد T في الخيط وقوة التنافر F الناجمة عن الكرة الاخرى. لدينا الشروط المألوفة للتوازن: $\Sigma F_x = 0$، ومنه $F - 0.6T = 0$، $\Sigma F_y = 0$، ومنه $0.8T - (0.2 \times 10^{-3}\ \text{kg})(9.8\ \text{m/s}^2) = 0$، اي $T = 2.45 \times 10^{-3}\ \text{N}$. بالتعويض ينتج أن: $F = 1.47 \times 10^{-3}\ \text{N}$. تمثل هذه القوة لقانون كولومب، لذا نعوضها في القانون المذكور:

$$1.47 \times 10^{-3} = (9 \times 10^9)\frac{q^2}{0.60^2}$$

حيث كل الوحدات مستمدة من النظام الدولي SI. بالحل من أجل q نجد: $q \approx 2.4 \times 10^{-7}\text{C} = 0.24\ \mu\text{C}$.

باتباع نموذج بوهر وباعتبار ان نصف قطر ذرة الهيدروجين هو: $r = 5.29 \times 10^{-11}\ \text{m}$، احسب القوة المؤثرة في الإلكترون وتسارعه المركزي وسرعته المدارية.

■ من قانون كولومب

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{|q||q|}{r^2} = (8.99 \times 10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(1.60 \times 10^{-19}\ \text{C})^2}{(5.29 \times 10^{-11}\ \text{m})^2} = \underline{82.3\ \text{nN}}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{82.3 \times 10^{-9}\ \text{N}}{9.11 \times 10^{-31}\ \text{kg}} = \underline{9.03 \times 10^{22}\ \text{m/s}^2}$$

نحسب السرعة المدارية من العبارة الخاصة بتسارع الجذب المركزي: $a = v^2/r$ أي:

$$v = (ar)^{1/2} = (9.03 \times 10^{22}\ \text{m/s}^2 \times 5.29 \times 10^{-11}\ \text{m})^{1/2} = \underline{2.19 \times 10^6\ \text{m/s}}$$

لما كانت هذه السرعة اقل من واحد بالمئة من سرعة الضوء فإن الصيغة اللانسبوية لقانون نيوتن الثاني $a = F/m$ هي صيغة ملائمة تماماً.

شحنتان نقطيتان موجبتان مجموعهما Q والمسافة بينهما b. حدد قيمتي الشحنتين اللتين تجعلان قوة كولومب بينهما قوة أعظمية.

■ ندعو الشحنتين q_1 و q_2، إذن $F \propto q_1q_2$. لكن: $0 \leq (q_1 - q_2)^2 = q_1^2 + q_2^2 - 2q_1q_2$. بإضافة $4q_1q_2$ إلى الطرفين نحصل على: $(q_1 + q_2)^2 \geq 4\ q_1q_2$ ومنه $q_1q_2 \leq (Q/2)^2$. تبين هذه النتيجة ان القوة F تكون أعظمية عندما تتحقق المساواة، $q_1 = q_2 = Q/2$.