

الفيزياء

الثاني عشر



القوى الكهروستاتيكية

الأستاذ : محمد عاطف

050 - 3136836

انواع القوى

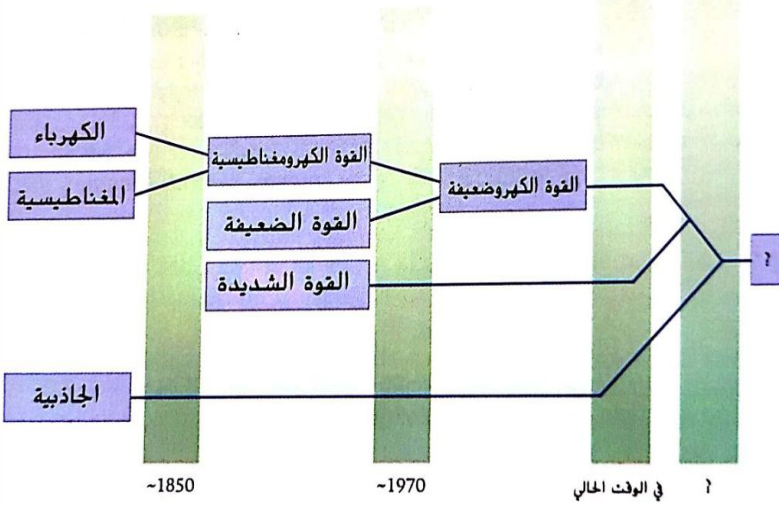
قوة شديدة

قوة ضعيفة

الكهرومغناطيسية

قوة الجاذبية

قوى الطبيعة



الشكل 1.3 تاريخ اتحاد القوى الأساسية.

القوة الضعيفة:- مسنولة عن انحلال بيتا إلى الكترون ونيوتريون

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 لآخر

رمزها : q

وحدة قياسها : كولوم C

أجزاء الكولوم : ميكروكولوم ($\mu C = 10^{-6} C$)

انواعها :

(1) موجبة مثل شحنة البروتون

(2) سالبة مثل شحنة الالكترون

* مكونات الذرة :

(1) بروتونات داخل النواة ($+1.6 \times 10^{-19}$)

(2) نيوترونات داخل النواة (صفر)

(3) الكترونات خارج النواة . (-1.6×10^{-19})

نانوكولوم : ($nC = 10^{-9} C$)

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

لان عدد البروتونات والالكترونات متساوي ومقدار شحنتهما متساوي ايضا
خصائص الشحنة الكهربائية :

- (1) الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب (قانون الشحنات الكهربائية)
 - (2) الشحنة محفوظة اي لا تنفي ولا تستحدث ومجموعها الكلي يبقى ثابت .
 - مبدأ حفظ الشحنة احد القوانين الاساسية في الطبيعة
 - (3) الشحنة كمّاة .
- اي ان شحنة اي جسم (q) تساوي اعداد صحيحة من شحنة اولية (q e = 1.6 × 10⁻¹⁹ C)

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

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 ميلكان تجربة قطرة الزيت

تم رش قطرات زيت في غرفة وتم نزع الالكترونات خارج القطرات نتيجة تعرضها لأشعة سينية ثم سقطت القطرات الموجبة بين اللوحين المشحونين ومع ضبط الشحنة بين اللوحين علقت تحت تاثير قوة الكهربائية والجاذبية المتساوية وعند قياس شحنة قطرات الزيت وجد ميلكان أنها مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون (الشحنة كمّاة) ولكن في الظواهر الطبيعية بسبب وجود عدد هائل من الالكترونات لا يمكن ملاحظة ذلك

البرتون:- يتكون من جسيمات مشحونة تسمى الكواركات وترابطها جسيمات غير مشحونة تسمى جلوونات

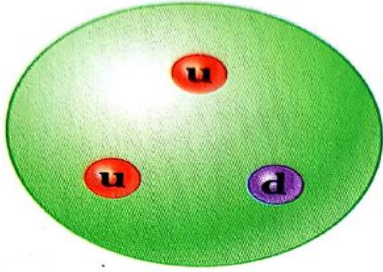
تبلغ شحنة الكواركات

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

من شحنة الإلكترون ولكن لا يمكن أن توجد هذه الجسيمات صغيرة الشحنة مستقلة ولم يتمكن العلماء ملاحظتها مباشرة
وتعد شحنات الكواركات خصائص داخلية لهذه الجسيمات الأولية مثل شحنة الإلكترون

يتكون البروتونات من اثنين من الكواركات :- 1- علوية

2- سفلية



بروتون

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

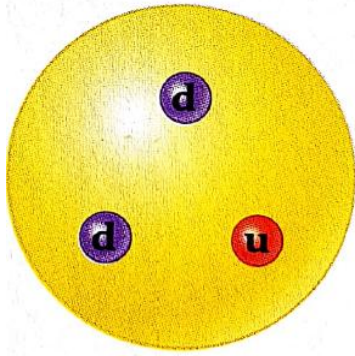
$$+\frac{2}{3}e$$

وبالتالي تكون شحنة البرتون

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

2- اثنين من الكواركات السفلية

يتكون النيوترون من 1- كوارك واحد علوي



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

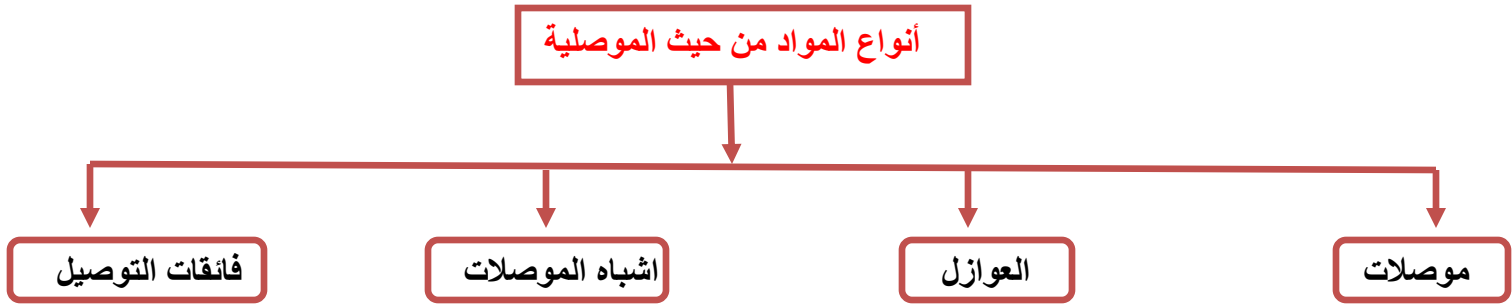
الحقيقة الأساسية:- أن كل مادة تتكون من كواركات علوية وسفلية و جلونات (عديمة الشحنة)

مجموعات شحنات الكواركات داخل البرتون = مقدار شحنة الإلكترون

شحنة أي جسم:-

$$q = e (N_p - N_e)$$

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



1- الموصلات

هي مواد يسمح تركيبها الإلكتروني لبعض الإلكترونات بحرية الحركة خلالها مثال:- (النحاس) ولكن الشحنات الموجبة في المواد الصلبة لا تتحرك 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 موصلًا جيد ولكنه يوصل الكهرباء بشكل يجعل التيارات الكبيرة خطيرة علينا

2- العوازل

لا تكون الإلكترونات حرة الحركة بسبب الارتباط القوي بين الإلكترونات وذراتها وعند إضافة شحنة خارجية إليها لا تتحرك وتبقى مكانها مثال (البلاستيك والزجاج والقماش)

3- أشباه الموصلات

هي مواد تتغير من مواد عازلة إلي موصلية ثم إلي عازلة مرة أخرى
أنواع أشباه الموصلات:-

- 1- نقية :- لا تحتوي علي شوائب مثل البلورات النقية ل زرنخ الجاليوم و السيلكون و جاليوم
- 2- غير نقية :- تحتوي علي شوائب عن طريق التطعيم لزيادة الموصلية الكهربائية 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	الإلكترونات الحرة	الفجوات
الحاملات الأقلية	الفجوات	الإلكترونات الحرة

التطعيم

- هو اضافة ذرات شائبة الى شبه الموصل بنسبة 1 لكل 10 مليون
 - 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 منخفضة 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)

حديثاً:- 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 الآن لم تكتشف مواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة الغرفة (300K)

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

الشحن الكهروستاتيكي

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

النظرية السائدة لتفسير الشحن بالدلك هي انه عندما يحدث تلامس بين جسمين يحدث التصاق وتكوين روابط كيميائية بين ذرات السطحين وعند انفصال السطحين تنقطع بعض الروابط تاركة كمية كبيرة من الإلكترونات المشتركة في الروابط علي المادة التي لها دالة شغل كبيرة عند ذلك مادة من اعلي السلسلة بمادة اخري اسفل السلسلة تكتسب المادة بأعلي شحنة موجبة والمادة أسفل السلسلة شحنة سالبة

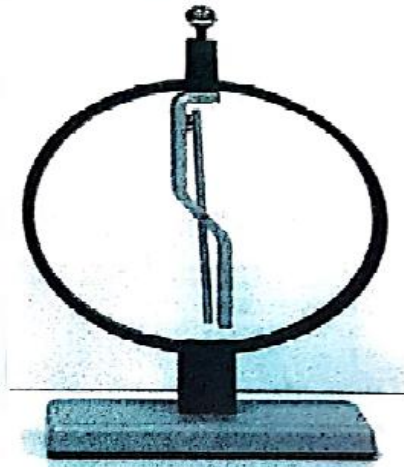
كلما زادت شدة الاحتكاك يزداد انتقال الشحنات بمعنى زيادة الاحتكاك يؤدي الي زيادة النقاط المجهريه لنقل الشحنة

المدلوك	الدالك
المطاط والأبونييت	الصوف
سالب	موجب
اكتسب	فقد

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

2 الشحن بالتوصيل : هو شحن جسم بملامسته جسما آخر مشحوناً .

2 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 فتُحَث الشحنات في الجسم بفعل التجاذب والتنافر، وبإزالة نوع من الشحنات يبقى الجسم مشحوناً .



الكشاف الكهربائي.

نشاط ٢: ٠

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

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

الشحن بالتوصيل: هو شحن جسم بلامسته جسماً آخر مشحوناً.

... ماذا تلاحظ عندما يكون الكشاف مشحوناً بشحنة سالبة ثم يتم ملامسته بساق من الأبونيت (السالب)؟ وماذا تلاحظ عندما يكون الكشاف مشحوناً 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 أنه يمكن تحديد شحنة جسم متعادل من خلال تقريب جسم مشحون معلوم الشحنة.

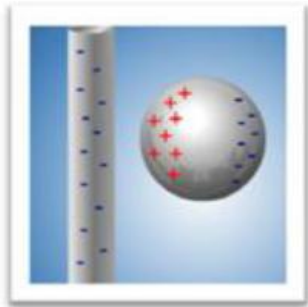


الشكل 7-1 تكون ورقتي الكشاف الكهربائي المشحون بشحنة سالبة منفرجتين (a). يدفع القضيب ذو الشحنة السالبة الإلكترونات من القرص إلى الورقتين فيزداد انفراجهما (b). يجذب القضيب ذو الشحنة الموجبة بعض الإلكترونات من الورقتين إلى القرص فيقل انفراجهما (c).

الشحن بالاحتكاك

نشاط ٣: ٣

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

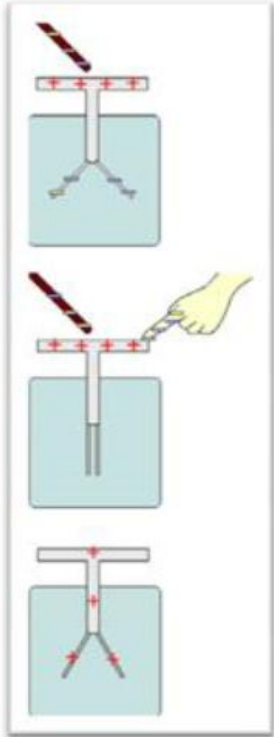


سيلاحظ انجذاب البالون تجاه الأبونيت ، بسبب

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

نشاط ٤: ٤

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

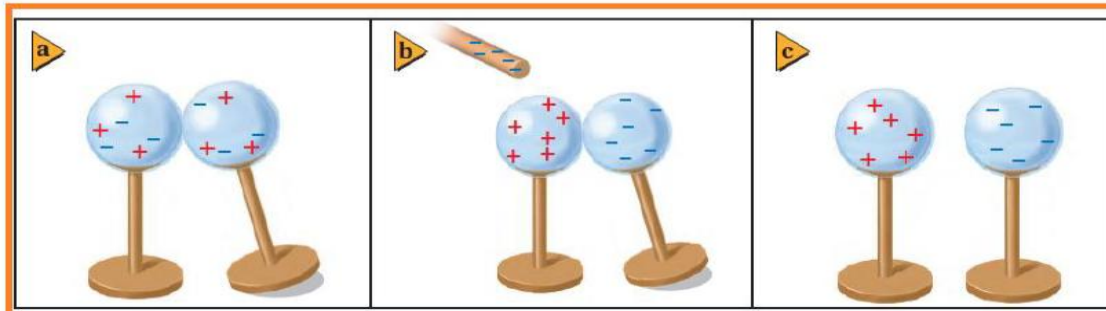


[كما لاحظ الطلاب في النشاط قبل السابق] سيلاحظون انفراج ورقتي الكشاف (حتى بدون تلامس ساق الأبونيت مع قرص الكشاف) بسبب تنافر الشحنات السالبة في الكشاف مع الشحنات السالبة في ساق الأبونيت وانتقالها نحو ورقتي الكشاف .

... ماذا نتوقع أن 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 المشحونة 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 بالاحتكاك



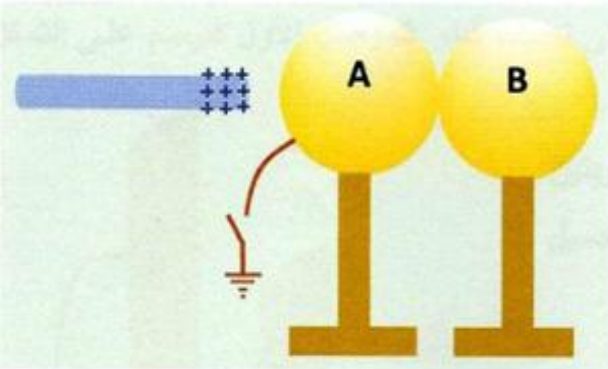
الشكل 8-1 من طرائق شحن الأجسام الشحن بالحث، حيث يبدأ بتلامس كرتين متعادلتين (a)، ثم يقرب قضيب مشحون إليهما (b)، ثم تفصل الكرتان إحداهما عن الأخرى أولاً، ثم يُبعد القضيب المشحون (c). تتساوى الشحنات على الكرتين في المقدار، ولكنها تختلف في النوع.

كرة فلزية متعادلة



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 بالأرض ثم ابعاد الساق فتصبح الكرة مشحونة بشحنة سالبة
ملاحظة : تقبل الاجابة المعبرة بالرسوم التخطيطية الصحيحة

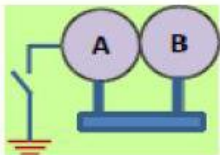


يُظهر الشكل المجاور موصلين كرويين متماثلين متلامسين، حيث يتصل الموصل A بالأرض بواسطة سلك توصيل ومفتاح مفتوح، كما يُظهر الشكل ساق زجاجية مشحونة بشحنة موجبة وقد قُرِبت من الموصل A من جهة اليسار دون أن تلامسه. أجب عما يلي:

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



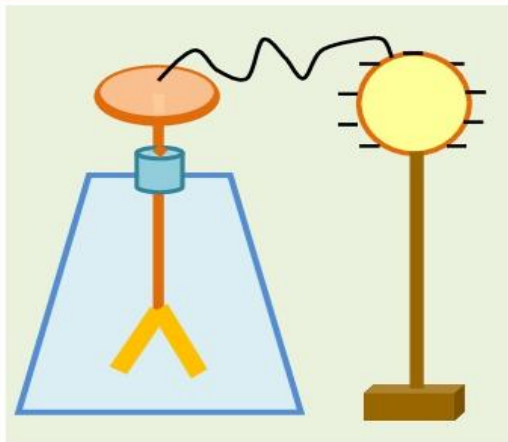
3 - حدد بأربع خطوات يمكنك أن تكسب الموصلان في الشكل المجاور نفس المقدار والنوع من الشحنات الكهربائية دون لمسهما؟
الاجابة :

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: ابعاد 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 :

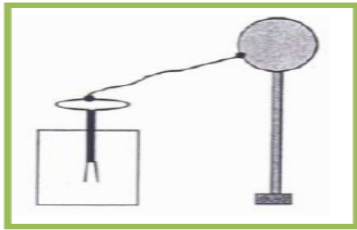
1- عدم تأثر ورقتي الكشاف عند ملامسة سطح الموصل الكروي بجسم معين .

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

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

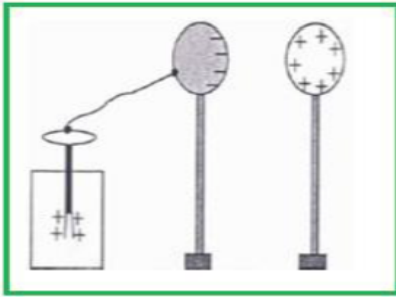
الجسم مشحون بشحنة موجبة وذلك لأن شحنته كانت قادرة

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 الانفرج .



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

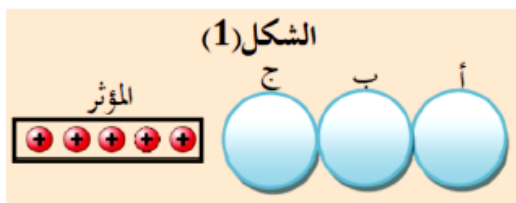
الحل :



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

7- ايهما يعتبر دليلاً قطعياً على 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 ؟



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

- 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

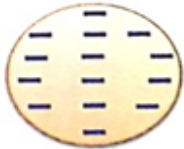
الجزء A من الموصل و ما طريقة شحنه .

- ☐ 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 بفقدته إلكترونات
☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم عازل و شحن بفقدته إلكترونات



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

- ☐ الجسم موصل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم موصل و شحن بفقدته إلكترونات
☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم عازل و شحن بفقدته إلكترونات



- أي من الآتية يمثل الشحنة الأساسية ؟

- ☐ شحنة 1.6 إلكترون ☐ شحنة بروتون واحد
☐ $1.6 \times 10^{+19} C$ ☐ $1.0 \times 10^{-6} C$



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 متاثلتان ☐ 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

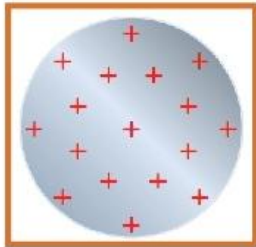
10- تتنافر الشريحتان (س و ص) في الشكل المجاور نتيجة الشحنات الكهربائية ،
أي الآتية صحيح ؟

- ☐ 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 بفقدته إلكترونات
☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم عازل و شحن بفقدته إلكترونات



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

- ☐ الجسم موصل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم موصل و شحن بفقدته إلكترونات
☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه إلكترونات ☐ الجسم عازل و شحن بفقدته 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



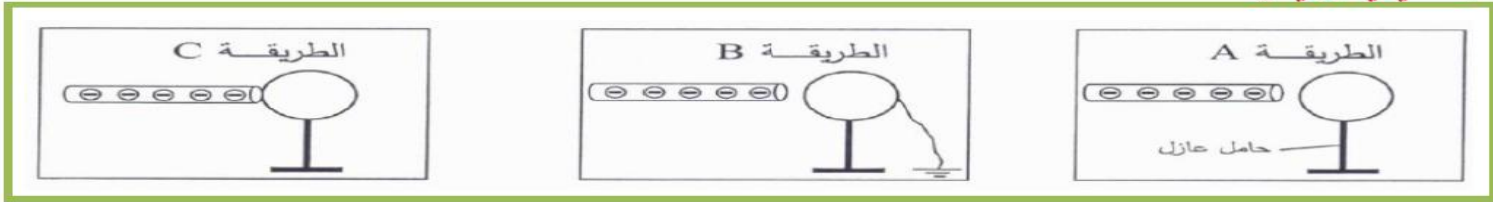
14- أي الآتية يكافئ وحدة الكولوم (C) ؟

- ☐ 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 ابعاد 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 ابعاد الساق عن الكرة قارن بين

C و B نوعي الشحنة علي الكرة في الطريقتين .

1- القضيب المصنوع من الزجاج هو الرقم 2 لأن شحنته موجبة.

القضبان 1 ، 3 و 4 مصنوعة من الإيبيونيت أو البلاستيك لأنها تحمل شحنة سالبة.



2- القضيب المصنوع من الزجاج (الرقم 2) هو الذي فقد إلكترونات لأن شحنته موجبة.

القضبان 1 ، 3 و 4 اكتسبت إلكترونات لأنها تحمل شحنة سالبة.

عدد الإلكترونات المفقودة:

$$+1,6 \times 10^{-19} \text{C} \rightarrow 1$$

$$+3.2 \times 10^{-10} \text{C} \rightarrow n$$

$$n = 2 \times 10^9$$

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



4- إذا تلامس القضبان 1 و 2 فإن الإلكترونات تنتقل من القضيب رقم 1 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

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



$$q_1 = -4.8 \times 10^{-12} \text{C} \quad q_2 = +3.2 \times 10^{-10} \text{C} \quad q_3 = -3.2 \times 10^{-12} \text{C} \quad q_4 = -3.2 \times 10^{-10} \text{C}$$

1 - ما هي القضبان المصنوعة من الزجاج وتلك المصنوعة من الإيبيونيت (البلاستيك)؟

2- أي منها فقد إلكترونات وكم عددها . شحنة الإلكترون هي $e^- = -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$

3- أي من القضبان تتنافر مع القضيب 3؟

4- إذا تلامس القضبان 1 و 2 في أي جهة تنتقل الإلكترونات ولماذا ؟

MR: mohamedatef
Tel: 0503136836

- 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 ذلك 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 ورقنا 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

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 ونذلك 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. 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 شحنت بشحنة سالبة.
- 4- هذا القضيب اكتسب إلكترونات لأن شحنته سالبة.
- 5- عدد هذه الإلكترونات.

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

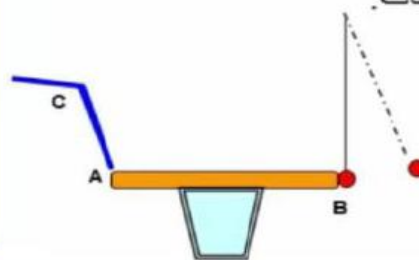
$$n = \frac{64 \times 10^{-5}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

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

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

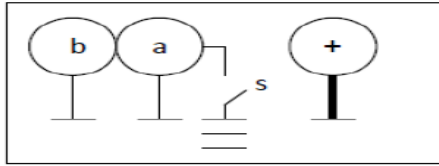
نمسك القضيب C باليد مباشرة ونذلكه بقطعة قماش ثم نلمس به النهاية A فتبتعد الكرية.

- 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 ذلك القضيب C بقطعة القماش شُحنت بشحنة كهربائية قدرها $q = -64 \times 10^{-5} \text{ coulomb}$
- 3- ما هي المادة التي صنع منها القضيب C ؟
- 4- هل اكتسب هذا القضيب أم فقد الكترونات؟ لماذا؟
- 5- أحسب عدد هذه الإلكترونات.



اختبار قصير على الشحنتات الكهربائية

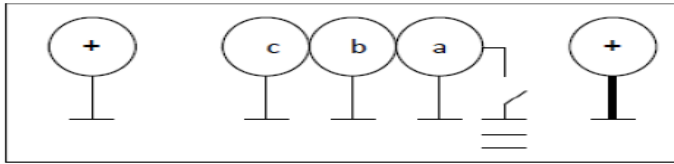
1- في الشكل المقابل إذكر شحنة كل من الموصلين المعزولين (a ، b) قبل غلق المفتاح و بعد غلق المفتاح (s) :



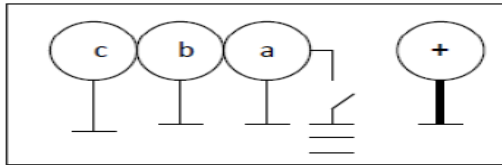
حالة المفتاح	q_a	q_b
قبل الغلق		
بعد الغلق		

2 - في كل شكل من الأشكال التالية :

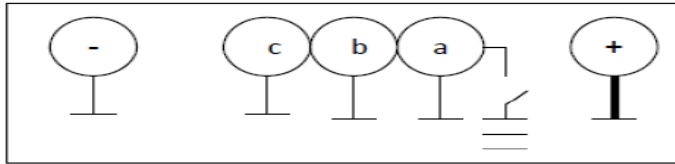
أذكر نوع شحنة الموصلات (a ، b ، c) المعزولة قبل وبعد غلق المفتاح:



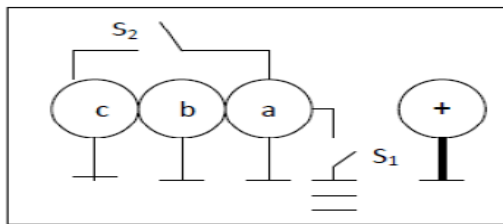
حالة المفتاح	q_a	q_b	q_c
مفتوح			
مغلق			



حالة المفتاح	q_a	q_b	q_c
مفتوح			
مغلق			

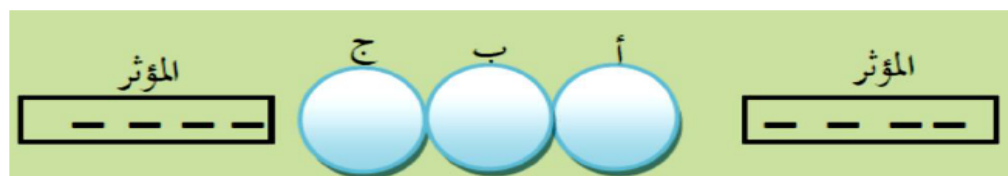


حالة المفتاح	q_a	q_b	q_c
مفتوح			
مغلق			



q_b	q_a	حالة المفتاح	
		s_2	s_1
		مفتوح	مفتوح
		مغلق	مفتوح
		مفتوح	مغلق
		مغلق	مغلق

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



القوة الكهروستاتيكية - قانون كولوم

1 - قانون كولوم COULOMB'S LAW :

القوة ← مسبب التغير في الحركة.

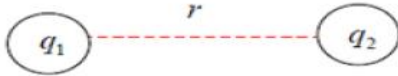
قانون كولوم

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

(القوة الكهربائية قوة مجالية)

N

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



تناسب القوة الكهربائية طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

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

- ستكون القوة الجديدة ضعف هذا المقدار.
- ستكون القوة الجديدة نصف هذا المقدار.
- سيزيد مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.
- سيقل مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.
- ستكون القوة الجديدة بالمقدار نفسه.

أنواعها : (1) تجاذب . (بين الشحنتين المختلفة نوعاً)

(2) تنافر . (بين الشحنتين المتشابهة)

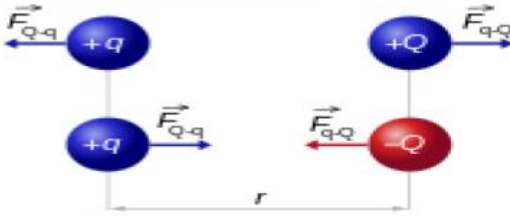
خصائصها : (1) مجالية . (بين الشحنتين المختلفة نوعاً) لأنها لا تعتمد على التماس المباشر

(2) متبادلة . (كل من الشحنتين تؤثر علي الأخرى)

ستدل القيمة السالبة لنتائج 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:

$$\vec{F}_{2 \rightarrow 1} = -k \frac{q_1 q_2}{r^3} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) = -k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{21}$$

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



$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

اتجاهها :

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

العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية :

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

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

3- نوع الوسط الفاصل

ملاحظات :

(1) قانون كولوم ينطبق علي الشحنتين النقطية والكروية فقط .

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

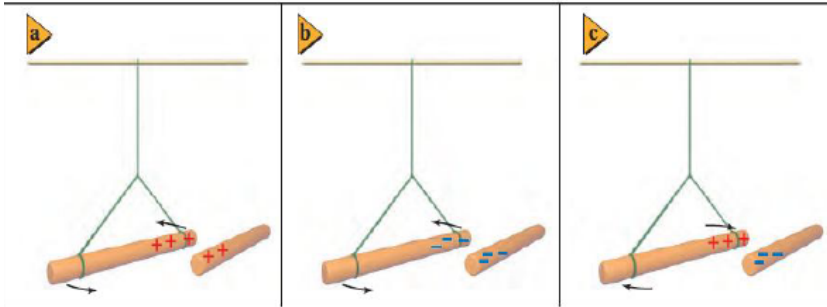
- كل الشحنتين الثلاث موجبة.
- كل الشحنتين الثلاث سالبة.
- الشحنة q_3 صفر.
- الشحنتين q_1 و q_2 مختلفتان.
- الشحنتين q_1 و q_2 متماثلتان.

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

3- يعتمد ثابت كولوم k_c

- 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- مستعينا 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 الأولى 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 مسافة $12cm$

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).

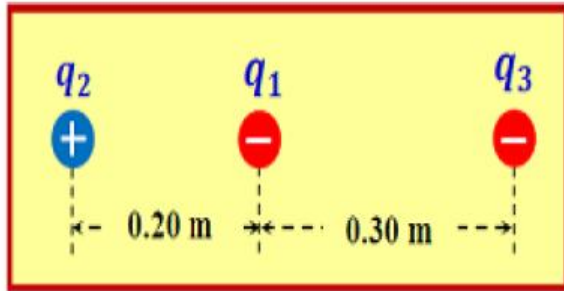
تفصل مسافة مقدارها 0.30 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة مقدارها $2 \times 10^{-4} \text{ C}$ ، والثانية موجبة مقدارها $8.0 \times 10^{-4} \text{ C}$. ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟

إذا أثرت الشحنة السالبة $6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ 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 الاتجاه الأكبر)
- 3- قوتان متعامدتان (نطبق فيثاغورث)
- 4- قوتان مائلتان (نحل المتجهات ثم نطبق فيثاغورث)

وضعت كرة A شحنتها $2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ عند نقطة الأصل، في حين وضعت كرة B مشحونة بشحنة سالبة مقدارها $3.6 \times 10^{-6} \text{ C}$ عند الموقع $+0.60 \text{ m}$ على المحور x. أما الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها $4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ فقد وضعت عند الموقع $+0.80 \text{ m}$ على المحور x. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.



وضعت ثلاث شحنات نقطية في الفراغ كما في الشكل المجاور. إذا

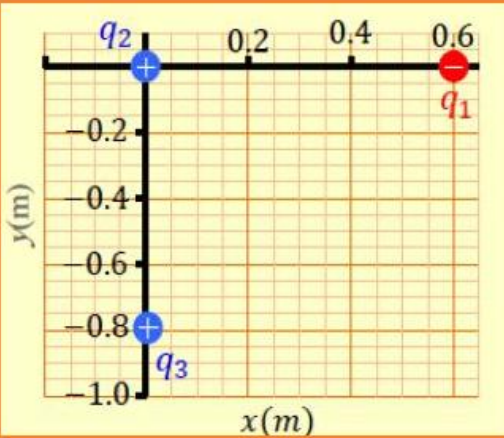
كانت $(q_1 = -2.0 \times 10^{-6} \text{ C})$ و $(q_2 = +1.6 \times 10^{-6} \text{ C})$

و $(q_3 = -2.0 \times 10^{-6} \text{ C})$:

• جد مقدار محصلة القوى الكهربائية المؤثرة في الشحنة q_1 .

• إذا أبعدت الشحنة (q_2) نهائياً عن الشحنتين (q_1, q_3) ، فهل تزداد القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_1) أم تقل

أم لا تتغير؟ برّر إجابتك

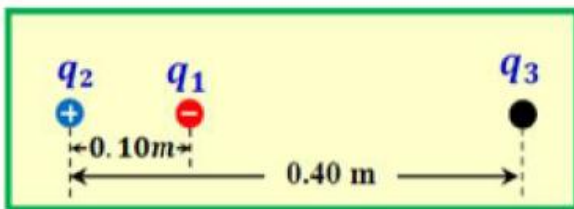


وضعت الشحنات (q_1, q_2, q_3) متجاورات في الفراغ كما هو مبين في

الشكل المجاور. إذا كانت $(q_1 = -4 \times 10^{-8} \text{ C})$ ، $(q_2 = +8 \times 10^{-8} \text{ C})$ ،

$(q_3 = +6 \times 10^{-8} \text{ C})$:

• جد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة q_2 ؟



في الشكل المجاور الشحنات النقطية الثلاث موضوعة في الفراغ، إذا

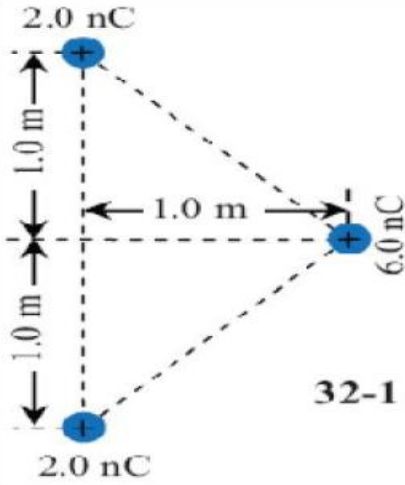
كانت $q_1 = -2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ و $q_2 = +4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ، وكانت

محصلة القوى الكهربائية المؤثرة في الشحنة q_1 تساوي صفراً.

جد كمية الشحنة q_3 .

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

وضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث كما في الشكل 32-1. جد مقدار القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة 6.0 nC.



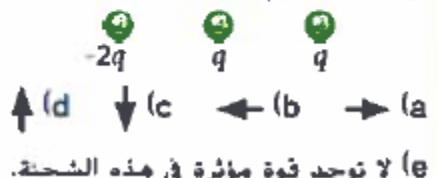
الشكل 32-1

شحنتان نقطيتان تقعان على المحور y ، حيث تقع الشحنة الأولى $q_1 = -9.0 \mu\text{C}$ عند الموضع $y = +6.0 \text{ m}$ وتقع الشحنة الثانية $q_2 = -16 \mu\text{C}$ عند الموضع $y = -4.0 \text{ m}$. أين يمكن أن نضع شحنة ثالثة بحيث تكون محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً؟

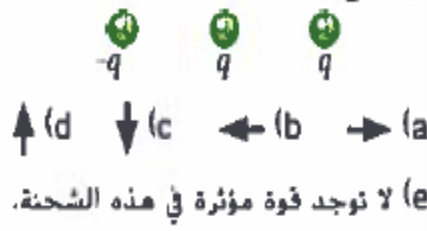
اكتب شحنة الجسيمات الأولية أو الذرات التالية بدلالة الشحنة الأساسية $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

- (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)

بوضح 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)



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



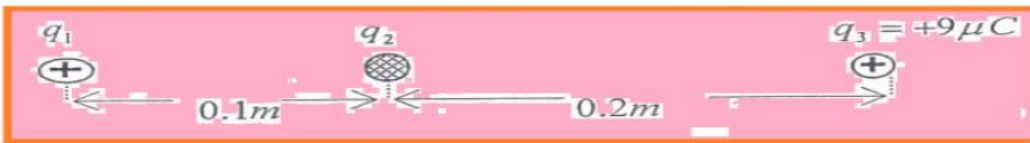
نقطة الإتزان

إذا كانت إحدي 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

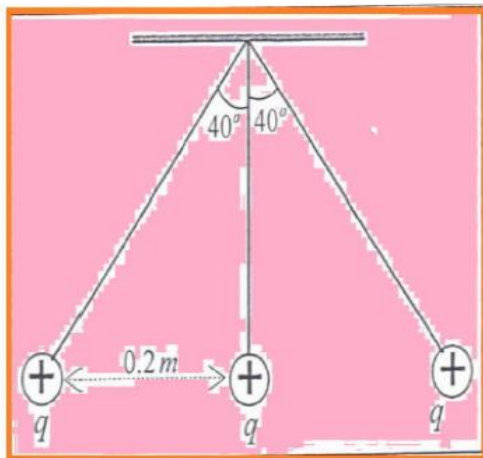
- 1- إذا كانت الشحنات متشابهة ومتساوية في المقدار تكون في المنتصف
- 2- إذا كانت الشحنات متشابهة ومختلفة في المقدار تكون نقطة الاتزان بينهم وأقرب للشحنة الصغيرة
- 3- إذا كانت الشحنة مختلفة ولهما مقدار مختلف تكون في الخارج وأقرب لأقل مقدار
- 4- إذا كانت الشحنة مختلفة ولها مقدار متساوي لاتوجد نقطة اتزان

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



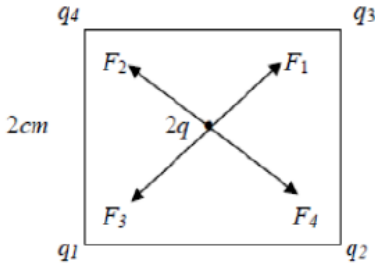
ثلاثة كرات صغيرة كتلة كل منهما (m) وشحنة كل منهما ($q=2\mu C$) علقت كل منهما بخط عازل وخفيف لا يمتد
ثم ثبتت أطراف الخيوط الثلاثة بنقطة ثابتة فاستقرت الكرات متزنة كما في الشكل احسب
كتلة كل كرة .

الحل :



اختر الاجابة الصحيحة فيما يلي :

- (1) إذا تضاعف مقدار احدي الشحنتين مرتين فإن مقدار القوة الكهربية 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 الكهربية :
- (أ) 4 (ب) 1/4 (ج) 2 (د) 1/2
- (3) إذا اصبح بين البعد الشحنتين نصف ما كان عليه فإن مقدار القوة الكهربية بينهما :
- (أ) يتضاعف (ب) يتضاعف اربع مرات (ج) يقل للنصف (د) يقل للربع
- (4) شحنتان نقطيتان القوة الكهربية المتبادلة بينهما (20N) عندما كان البعد بينهما (3cm) ، إذا اصبح البعد بين الشحنتين (6cm) فان القوة الكهربية المتبادلة بينهما :
- (أ) 10N (ب) 40N (ج) 5N (د) 80N
- (5) تباعدت شحنتان من مسافة (1cm) الي (3cm) باي عامل تتغير القوة الكهربية بينهما :
- (أ) 3 (ب) 1/3 (ج) 9 (د) 1/9
- (6) شحنتان نقطيتان موجبتان القوة الكهربية 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 شحنت نقطية مقدار كل منها q موضوعة عند اركان مربع طول ضلعه 2cm

1 - جد القوة الكهربية المؤثرة على شحنة $2q$ موضوعة عند مركز المربع؟

2 - كم تصبح مقدار القوة الكهربية إذا أزيلت إحدى الشحنت؟

MR: mohamed atef
Tel: 0503136836



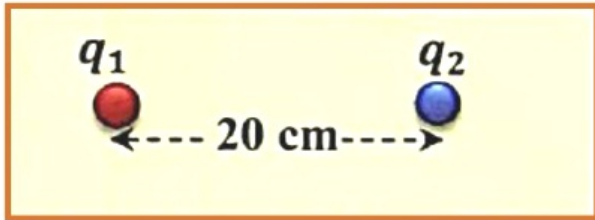
16- يؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_1) إذا أصبح البعد بين الشحنتين ($2r$) ؟

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



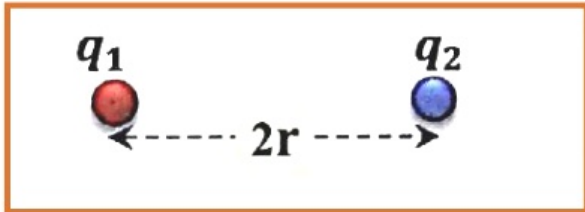
17- يؤثر في الشحنة النقطية (q_2) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_2) إذا أصبح البعد بين الشحنتين ($3r$) ؟

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



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 ($10 Cm$) ؟

$64 N$ ☐ $32 N$ ☐ $16 N$ ☐ $2.0 N$ ☐



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) ؟

$\frac{1}{4} F$ ☐ $2 F$ ☐ $4 F$ ☐ 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 الآتية 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 بفقدته الإلكترونات .
- ☐ الجسم موصل غير مجوف و شحن بفقدته الإلكترونات .
- ☐ الجسم موصل مجوف و شحن باكتسابه الإلكترونات .
- ☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه الإلكترونات .

- في الشكل المجاور عند إبعاد اصبع اليد الملامس لقرص الكشاف ثم إبعاد 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	☐

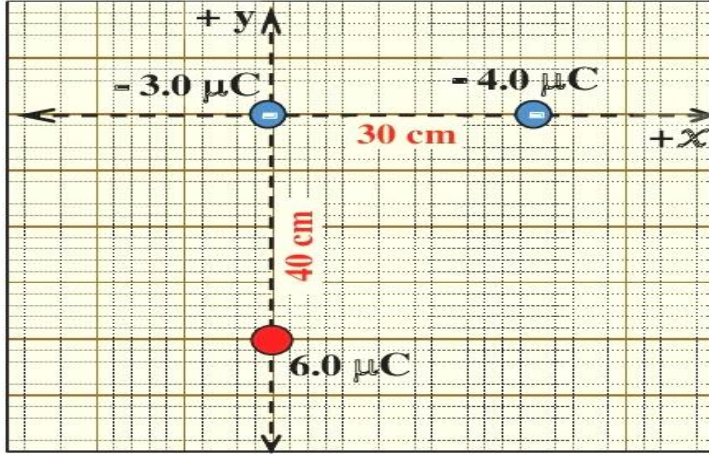
- تؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) ، عند تغير البعد بين الشحنتين بحيث تصبح القوة الكهربائية المؤثرة فيها ($2F$) ، كم يصبح البعد بين الشحنتين؟



- ☐ 11.4 cm
- ☐ 5.7 cm
- ☐ 16 cm
- ☐ 4.0 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 .

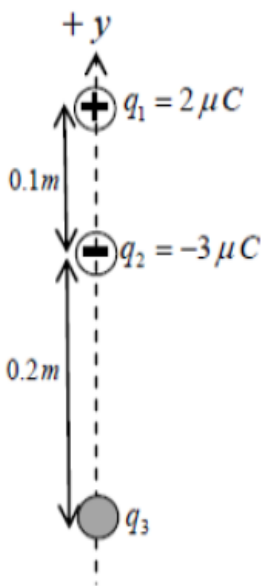


شحنتان كهربائيتان نقطيتان وضعتا كما في الشكل المجاور ، اعتماداً على الشكل و البيانات التي عليه احسب مقدار القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة في الشحنة ($-3.0 \mu C$) وحدد اتجاهها على الرسم .

قارن بين القوة الكهربائية والقوة الجذبية

القوة الجذبية	القوة الكهربائية	
قوة مجالية	قوة مجالية	أوجه الشبه
كلاهما يطبق قانون التربيع العكسي (تناسب عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة)		
قوى جذب فقط (لان الكتلة دائماً موجبة)	قوى جذب وقوى تنافر لأن شحنة الاجسام الكهربائية تكون أما موجبة أو سالبة	أوجه الاختلاف
القوة الكهربائية أكبر بكثير من القوة الجذبية		

وضعت ثلاث شحنات على المحور y كما في الشكل وإذا كانت محصلة القوة الكهربائية على الشحنة q_1 تساوي $4.2N$ باتجاه $-y$ احسب 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 $a = 0.100 m$. اوجد القوة المحصلة المؤثرة على q_3 .

$$F_{23} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{r^2}$$

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

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

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

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

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

$$F_{13x} = F_{13} \cos 45.0^\circ = 7.94 N$$

$$F_{13y} = F_{13} \sin 45.0^\circ = 7.94 N$$

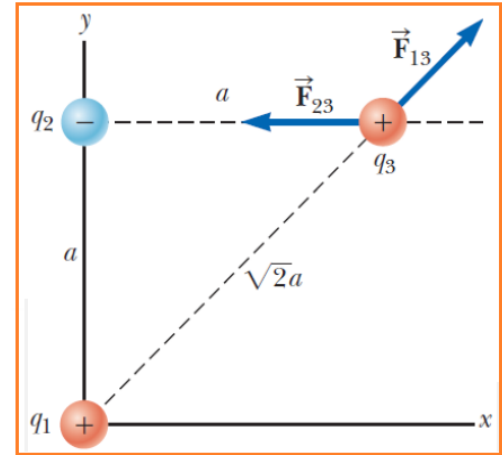
اوجد مركبات القوة المحصلة المؤثرة على الشحنة q_3

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

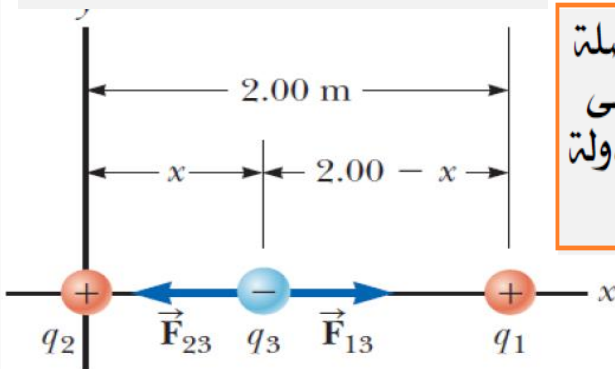
$$F_{3y} = F_{13y} + F_{23y} = 7.94 N + 0 = 7.94 N$$

بالتعبير عن القوة المحصلة المؤثرة على الشحنة q_3 بالتعبير 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 $\vec{F}_{13}$ المبدولة بواسطة الشحنة q_1 على الشحنة q_3 يجب ان تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة $\vec{F}_{23}$ المبدولة بواسطة الشحنة q_2 على الشحنة q_3 .



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

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

$$(2.00 - x)^2 q_2 = x^2 q_1$$

$$(4.00 - 4.00x + x^2)(6.00 \times 10^{-6} C) = x^2 (15.0 \times 10^{-6} C)$$

$$3.00x^2 + 8.00x - 8.00 = 0$$

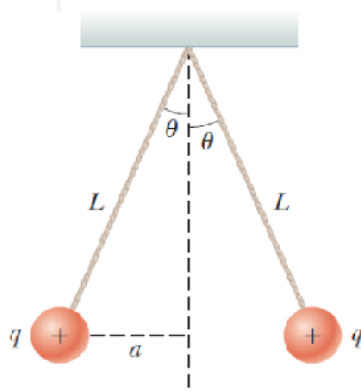
$$x = 0.775m$$

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 أكثر 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 للأعلى او للأسفل 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) لاجاد F_e :

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

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

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

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

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

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

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

$$q = \sqrt{\frac{(3.00 \times 10^{-2} \text{ kg}) \left(\frac{9.8 \text{ m}}{\text{s}^2}\right) \tan(5.00) [2(0.150 \text{ m}) \sin 5.00]^2}{(8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2})}} \\ = 4.42 \times 10^{-8} \text{ C}$$

3.1 سؤال للتفكير

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

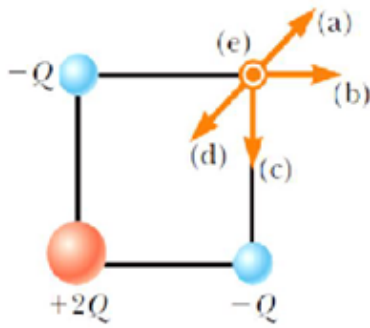
- (a) $\vec{F}_{AB} = -3\vec{F}_{BA}$ (b) $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ (c) $3\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$
(d) $\vec{F}_{AR} = 3\vec{F}_{RA}$ (e) $\vec{F}_{AR} = \vec{F}_{RA}$ (f) $3\vec{F}_{AR} = \vec{F}_{RA}$

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 الكهربائية بينهما؟

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

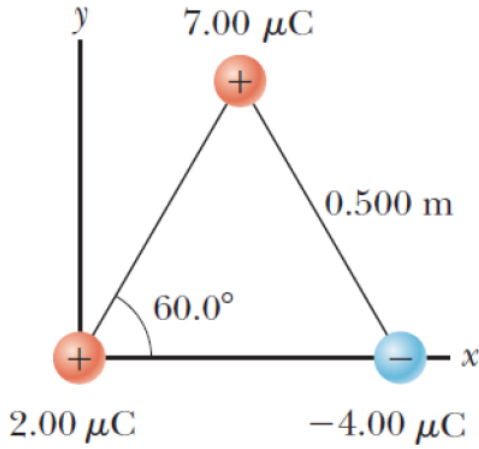
ماذا يحدث عندما يوضع مادة عازلة مشحونة بالقرب من جسم معدني غير مشحون؟

- (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.



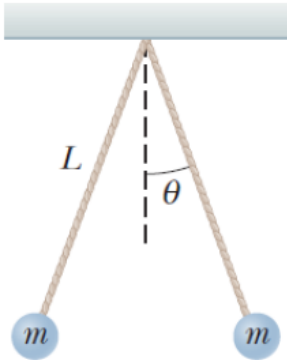
الشكل OQ1.11

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



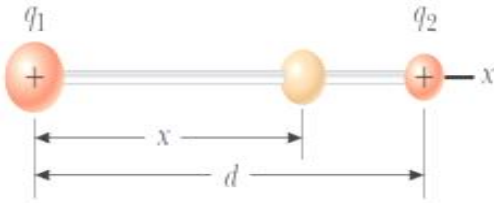
الشكل P1.13

ثلاثة جسيمات مشحونة موضوعة على أركان مثلث متساوي الاضلاع كما هو موضح في الشكل P1.13. احسب محصلة القوة الكهربائية على الشحنة $7.00\mu\text{C}$.



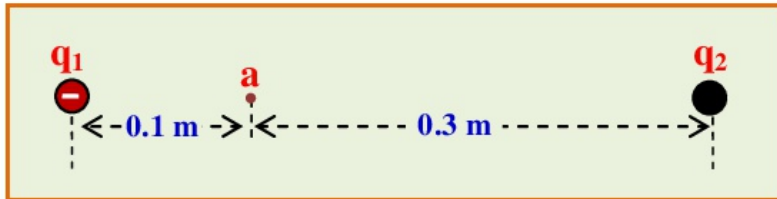
الشكل P1.10

كرتين معدنيتين صغيرتين كتلة كل كرة $m=0.200\text{g}$ ، علقنا 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 $\theta=5.00^\circ$ مع الرأس. ما مقدار طول الخيط؟



الشكل P1.11

كرتين صغيرتين تمتلكان شحنة موجبة $q_1=3q$ و $q_2=q$ مثبتتين على طرفين متقابلين من ساق أفقي معزول طوله $d=1.50\text{m}$. 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 مستقر؟

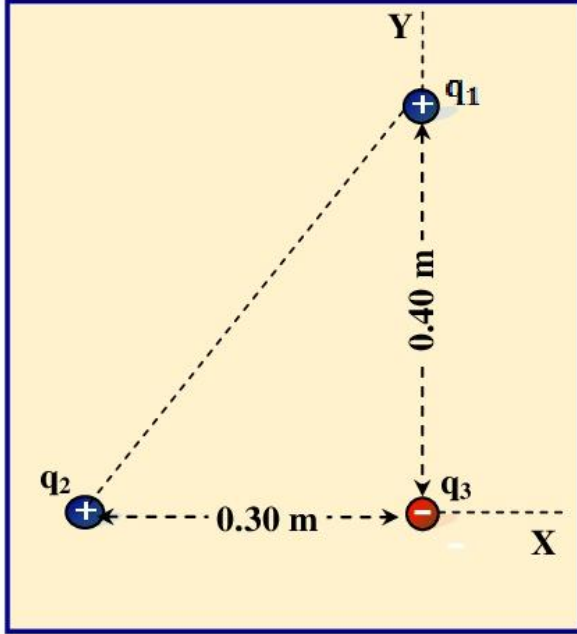


في الشكل المجاور وضع إلكترون حراً في النقطة (a) فبقي ساكناً . فإذا علمت أن $[q_1 = -9.0 \times 10^{-9} \text{C}]$. فإذا أبعدت الشحنة (q_1) نهائياً عن الإلكترون والشحنة (q_2) جد القوة المؤثرة على الإلكترون .

وضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث قائم الزاوية كما في الشكل المجاور . إذا كانت
[$q_1 = 6.0 \times 10^{-6} C$] و [$q_3 = -8.0 \times 10^{-6} C$] و [$q_2 = -q_3$] وكان الهواء يحيط بالشحنات

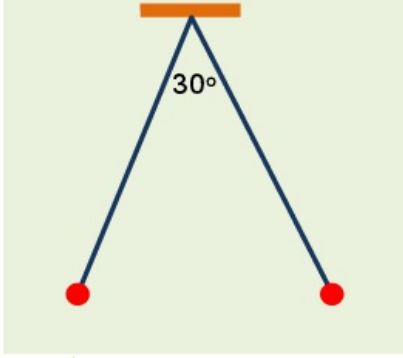
اجب عن الفقرتين (1 و 2).

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 ($5.0 \times 10^{-5} Kg$) و مشحونة بشحنة سالبة تحت تأثير وزنها
و القوة الكهربائية التي يؤثر بها المجال الكهربائي المنتظم الناشئ بين الصفحتين و الذي شدته تساوي
($2.40 \times 10^6 N/C$) . 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°) احسب كمية الشحنة على كل كرة من كرتي نخاع البيلسان .

.....

.....

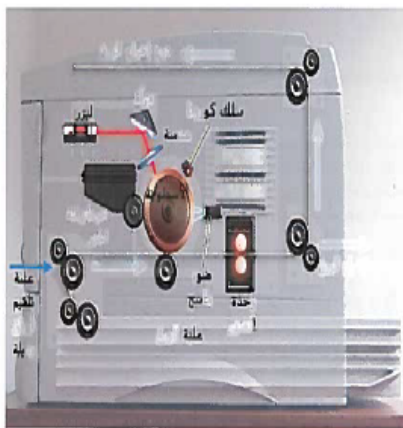
.....

.....

.....

التطبيقات العملية للقوى الكهروستاتيكية

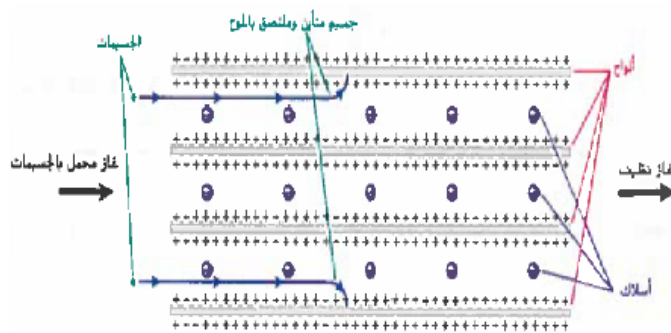
- 1- **المداخن الصناعية** : حيث نستطيع باستخدام هذه القوى تجميع السناج من المداخن فنضمن عدم خروجه للهواء الجوي
- 2- **المرذاذ الكهروستاتيكي** (الصبغ الكهربائي) : حيث يتم شحن قطرات الطلاء بالحث واستخدامها لطلاء الاجسام التي يتم شحنها بشحنة مخالفة فتتم عملية الطلاء بصورة منتظمة ولا يتطاير الطلاء حول الجسم المستهدف
- 3- **الطابعات (طابعات الليزر) او آلات التصوير** :- حيث يتم شحن قطرات الحبر بشحنات مخالفة لشحنة الورقة فنضمن 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 الاولى $(-8\mu C)$ وشحنة الثانية $(+2\mu C)$

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 : $n = \frac{\Delta q}{e} = \frac{5 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.125 \times 10^{13}$
الالكترونات انتقلت من الموصل الأول إلى الموصل الثاني لأن الشحنة السالبة للموصل الأول قلت .

قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب

لغانون كولوم الذي يصف القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين كهربائيتين، F_e . صيغة مشابهة لغانون نيوتن الذي يصف قوة الجاذبية 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 الكهربائية أم قوة التجاذب بين كتلتين

وُضعت شحنة موجبة $+Q$ عند النقطة P . على يمين الشحنتين q_1 و q_2 . كما يوضح الشكل. فكانت محصلة القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة $+Q$ تساوي صفراً. حدّد ما إذا كانت كل عبارة من العبارات التالية صواباً 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 و q_2 متماثلتان.

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

(e) الشحنة q_1 أو q_2 موجبة.

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

(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)

مراجعة المفاهيم 1.2

يتحرك الموصل المتصل بمخصلة بغيذاً عن الموصل الثابت عند شحن الكشاف الكهربائي لأن،

(a) الشحنتان المتماثلتان تتنافران.

(b) الشحنتان المتماثلتان تتجاذبان.

(c) الشحنتان المختلفتان تتجاذبان.

(d) الشحنتان المختلفتان تتنافران.

مراجعة المفاهيم 1.1

كم عدد الإلكترونات اللازمة لإنتاج شحنة مقدارها 1.00 C ؟

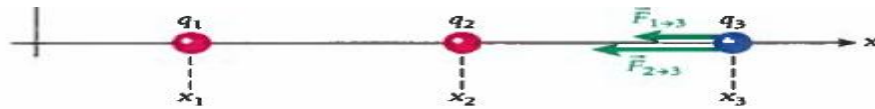
(a) $1.60 \cdot 10^{19}$

(d) $6.24 \cdot 10^{18}$

(b) $6.60 \cdot 10^{19}$

(e) $6.66 \cdot 10^{17}$

(c) $3.20 \cdot 10^{16}$



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 مقدار الشحنتين q_1 و q_2 ؟ (تلميح: المسافة بين x_1 و x_2 هي نفسها المسافة بين x_2 و x_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 1.4

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

(a) كل الشحنت الثلاث موجبة.

(b) كل الشحنت الثلاث سالبة.

(c) الشحنة q_3 صفر.

(d) الشحنتان q_1 و q_2 مختلفتان.

(e) الشحنتان q_1 و q_2 متماثلتان، والشحنة q_3 مختلفة عنهما.

مراجعة المفاهيم 1.3

إذا وضعت شحنتين بحيث تفصل بينهما مسافة 2. ثم ضاعفت كلًا 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.

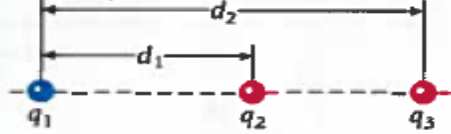
(c) سيزيد مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.

(d) سيقبل مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.

(e) ستكون القوة الجديدة بالمقدار نفسه.

مراجعة المفاهيم 1.8

فكر في الشحنت الثلاث الموضوعة على امتداد المحور x. كما هو موضح في الشكل.



قيم الشحنت هي

$q_2 = 2.16 \mu\text{C}$ و $q_1 = -8.10 \mu\text{C}$

و $q_3 = 2.16 \text{ pC}$. والمسافة بين q_2 و q_1

هي $d_1 = 1.71 \text{ m}$. والمسافة بين q_1

و q_3 هي $d_2 = 2.62 \text{ m}$. ما مقدار

القوة الكهروستاتيكية الكلية التي تبذلها

الشحنتان q_1 و q_2 على q_3 ؟

a) $2.77 \cdot 10^{-8} \text{ N}$ d) $2.22 \cdot 10^{-4} \text{ N}$

b) $7.92 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ e) $6.71 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

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

مراجعة المفاهيم 1.11

تريد كتلة البروتون عن كتلة الإلكترون بمقدار 2000 ضعف. لذا فإن نسبة F_e/F_g لبروتونين في المثال 1.4 لإلكترونين.

(a) تقل بمقدار 4 ملايين ضعف عن

(b) تقل بمقدار 2000 ضعف عن

(c) غاثل

(d) تزيد بمقدار 2000 ضعف عن

(e) تزيد بمقدار 4 ملايين ضعف عن

مراجعة المفاهيم 1.7

يوضح الشكل ثلاث شحنت 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.

مراجعة المفاهيم 1.6

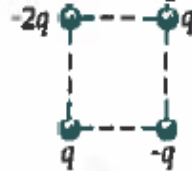
يوضح الشكل ثلاث شحنت مرتبة على خط مستقيم. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة الوسطى؟



(e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.10

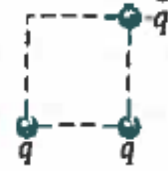
يوضح الشكل أربع شحنت موضوعة بالترتيب عند زوايا مربع. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة السفلية اليسرى؟



(e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

مراجعة المفاهيم 1.9

يوضح الشكل ثلاث شحنت موضوعة بالترتيب عند زوايا مربع. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة السفلية اليسرى؟



(e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

أسئلة الاختيار من متعدد

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

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

- 1.9 وُضِّلَ لوح فلزي بالأرض عن طريق موصل يعمل بمفتاح. ولم يكن المتاح موصلاً في البداية، وفُزِّرَت شحنة $+Q$ إلى اللوح من دون ملامسته. ثم وُضِّلَ المفتاح. بعد توصيل المفتاح، تم إبعاد الشحنة $+Q$. ما شحنة اللوح عندئذ؟

- (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 تقرب الشحنة $+Q$ إليه.

- 1.10 إذا فُزِّرَت قضيباً بلاستيكياً ذا شحنة سالبة إلى موصل مؤرض من دون ملامسته، ثم قُبِثَ بفصل التأسيس، فما إشارة شحنة الموصل بعد إبعاد القضيب المشحون؟
(a) سالبة (d) لا يمكن تحديدها من المعلومات المعطاة
(b) موجبة
(c) بدون شحنة

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

- 1.12 عند ذلك قضيب زجاجي بوشاح من البولسترين، فإن القضيب يصبح
(a) سالب الشحنة.
(b) موجب الشحنة.
(c) متعادلاً.
(d) إما سالب الشحنة أو موجب الشحنة، حيث يعتمد ذلك على ما إذا كانت حركة البوشاح أثناء ذلك في اتجاه واحد دائماً أم إلى الأمام وإلى الخلف.

- M وشحنته $+e$. فبدأ الإلكترون حركته من وضع السكون. أي من التعبيرات التالية صحيحة للعجلة الابتدائية التي سيتحرك بها الإلكترون؟

- a) $a = \frac{2ke^2}{mMr}$ c) $a = \frac{1}{2}me^2k^2$ e) $a = \frac{ke^2}{mr^2}$
b) $a = \sqrt{\frac{2e^2}{mkr}}$ d) $a = \frac{2ke^2}{mr}$

- 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 أيضاً (الشحنات الموجبة) من جسم آخر إلى اللوح.
(d) يعتمد ذلك على ما إذا كان الجسم الناقل للشحنة موصلاً أم عازلاً.
1.2 إذا كانت القوة البذولة بين شحنة مقدارها $25 \mu\text{C}$ وشحنة مقدارها $-10 \mu\text{C}$ تساوي 8.0 N . فما المسافة الفاصلة بين الشحنتين؟
a) 0.28 m c) 0.45 m
b) 0.53 m d) 0.15 m

- 1.3 وُضِعَت شحنة Q_1 على المحور x عند النقطة $x = a$. أين يجب أن نضع الشحنة $Q_2 = -4Q_1$ لبذل محصلة قوى كهروستاتيكية مقدارها صفر على شحنة $Q_3 = Q_1$ موجودة عند نقطة الأصل؟

- (a) عند نقطة الأصل (c) عند $x = -2a$
(b) عند $x = 2a$ (d) عند $x = -a$
1.4 أي من الأنظمة التالية له أكبر شحنة سالبة؟
(a) إلكترونات
(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 $q_1 = 6.0 \mu\text{C}$ موضوعة عند نقطة الأصل O ، حيث $x_1 = 0.0 \text{ cm}$ ، وكانت الشحنة $q_2 = -3.0 \mu\text{C}$ موضوعة عن النقطة A ، حيث $x_2 = 8.0 \text{ cm}$ ، فإن يجب أن نضع الشحنة الثالثة، q_3 ، على المحور x بحيث تكون محصلة القوة الكهروستاتيكية المؤثرة فيها صفراً؟

- a) 19 cm c) 0.0 cm e) -19 cm
b) 27 cm d) 8.0 cm

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



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

- 1.13 فُكِّرَ 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) $v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$ c) $v = \sqrt{\frac{2ke^2}{mr^2}}$ e) $v = \sqrt{\frac{ke^2}{2Mr}}$
b) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ d) $v = \sqrt{\frac{me^2}{kr}}$

- 1.14 فُكِّرَ في إلكترون كتلته m وشحنته $-e$ يبعد مسافة r عن بروتون ثابت كتلته

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{(1.00 \text{ C})}{(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C/electron})} = 6.18 \cdot 10^{18} \text{ electrons.}$$

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

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

$$1.000 \text{ F} = N_A e = (6.022 \cdot 10^{23} \text{ atoms/mol})(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}) = 96470 \text{ C.}$$

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

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

1.32 توجد وحدة أخرى للشحنة وهي الوحدة الكهروستاتيكية (esu). وتُعرف كالتالي: نبذل شحنتين نقطيتين، مقدار كل منهما 1 esu ونفصل بينهما مسافة 1 cm. قوة مقدارها 1 دابن تماماً إحداها على الأخرى،
1 دابن $1 \cdot 10^{-5} \text{ N} = 1 \text{ g cm/s}^2$

(a) حدّد العلاقة بين وحدة esu ووحدة الكولوم.

(a) حدّد العلاقة بين وحدة esu والشحنة الأولية.

$$I \cdot t = (5.00 \cdot 10^{-3} \text{ A})(10.0 \text{ s}) = 0.0500 \text{ A s} = 0.0500 \text{ C};$$

$$\frac{0.0500 \text{ C}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C/e}} = 3.12 \cdot 10^{17} \text{ electrons.}$$

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

1.34 كم عدد الإلكترونات الموجودة في 1.00 kg من المياه؟

$$P = nAT = n4\pi r^2 t, \quad Q = P(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C/P})$$

1.35 تُغذّى الأرض دائماً بالأشعة الكونية التي يتكون معظمها من البروتونات. وتسقط هذه البروتونات على الغلاف الجوي للأرض من كل الاتجاهات بمعدل 1245 بروتوناً 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.

$$P = 1245.0 \text{ protons} / (\text{m}^2 \text{ s}) \left[4\pi (6,378,000 \text{ m} + 120,000 \text{ m})^2 \right] (300. \text{ s}) = 1.981800 \cdot 10^{20} \text{ protons,}$$

$$Q = 1.981800 \cdot 10^{20} \text{ protons} \cdot (1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C / protons}) = 31.74844 \text{ C}$$

Observed charge	n_e	Integer value	Observed charge (integer value)
$3.26 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	2.13	2	$1.63 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
$6.39 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	4.17	4	$1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
$5.09 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	3.32	3	$1.69 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
$4.66 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	3.04	3	$1.55 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
$1.53 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	1	1	$1.53 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

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

$$\begin{array}{lll} 3.26 \cdot 10^{-19} \text{ C} & 5.09 \cdot 10^{-19} \text{ C} & 1.53 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ 6.39 \cdot 10^{-19} \text{ C} & 4.66 \cdot 10^{-19} \text{ C} & \end{array}$$

أوجد شحنة الإلكترون باستخدام هذه المقاييس.

$$n_s = (\rho_s / m_s) \cdot N_A$$

$$(a) n_c = \left(\frac{2.33 \text{ g/cm}^3}{28.09 \text{ g/mol}} \right) 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 4.995 \cdot 10^{22} / \text{cm}^3$$

$$n_e = \frac{4.995 \cdot 10^{22}}{1.00 \cdot 10^6} = 4.995 \cdot 10^{16} \text{ conduction electrons / cm}^3$$

$$(b) n_c = \left(\frac{8.96 \text{ g/cm}^3}{63.54 \text{ g/mol}} \right) 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 8.4918 \cdot 10^{22} / \text{cm}^3$$

$$\frac{n_e}{n_c} = \frac{4.995 \cdot 10^{16}}{8.4918 \cdot 10^{22}} = 5.88215 \cdot 10^{-7}$$

1.37- تم تقطيع عينة من السيليكون بالفوسفور بنسبة 1 لكل $10^6 \cdot 100$. يمثل الفوسفور كميات للإلكترونات، حيث يمنح إلكترونًا حراً لكل ذرة. وبذلك كثافة السيليكون 2.33 g/cm^3 ، وبذلك كتلته الذرية 28.09 g/mol .

(a) احسب عدد الإلكترونات الحرة (الموصلة) لكل وحدة حجم في السيليكون المطعّم (b) قارن النتيجة من الجزء (a) مع عدد الإلكترونات (الموصلة) لكل وحدة حجم في سلك من النحاس، مفترضاً أن كل ذرة نحاس تمنح إلكترونًا واحدًا حراً (موصلاً). علماً بأن كثافة النحاس 8.96 g/cm^3 ، وكتلته الذرية 63.54 g/mol .

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 مشحونتان تفصل بينهما مسافة 1.00 m بتنافران بقوة مقدارها 1.00 N . ما مقدار الشحنتين؟

$$q = \sqrt{\frac{Fd^2}{k}} = \sqrt{\frac{(1.00 \text{ N})(1.00 \text{ m})^2}{8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2}} = 1.05 \cdot 10^{-5} \text{ C} .$$

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

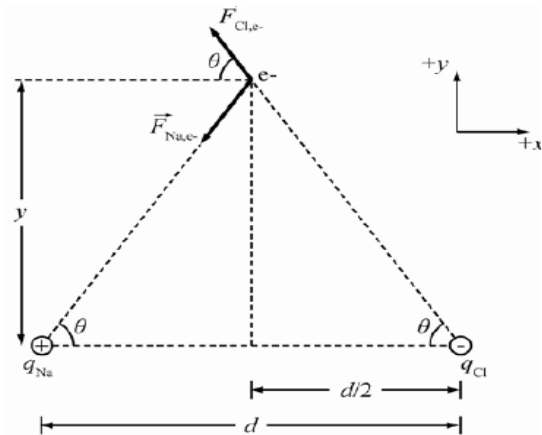
1.40 ما المسافة الفاصلة التي يجب أن تكون بين إلكترونين على سطح الأرض لكي تكون القوة الكهروستاتيكية بينهما مساوية لوزن أحد الإلكترونين؟

$$d = \sqrt{\frac{k e^2}{m_e g}} = \sqrt{\frac{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)}} = 5.08 \text{ m}$$

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

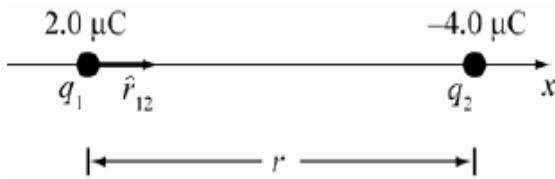
$$F = \frac{k q_{\text{Cl}} q_{\text{Na}}}{d^2} = \frac{-(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(0.28 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2} = -2.94285 \cdot 10^{-9} \text{ N} \approx -2.9 \cdot 10^{-9} \text{ N}.$$

1.42 في كلوريد الصوديوم الغازي، يزيد عدد الإلكترونات في أيونات الكلوريد عن عدد البروتونات بالإلكترون واحد، ويزيد عدد البروتونات في أيونات الصوديوم عن عدد الإلكترونات ببروتون واحد، ونفصل 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.

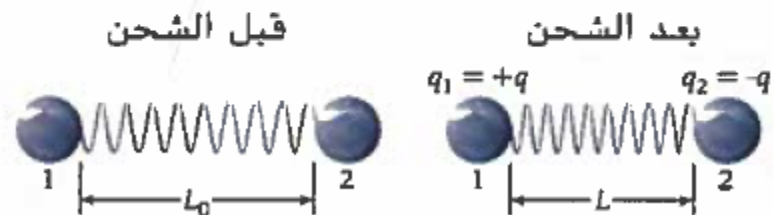
$$F = \frac{kq^2}{d^2} = \frac{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2) \left[\frac{2}{3} (1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}) \right]^2}{(0.900 \cdot 10^{-15} \text{ m})^2} = 127 \text{ N}.$$



1.44 تقع شحنة مقدارها -4.00-μC على مسافة 20.0 cm بين شحنة مقدارها 2.00-μC على المحور x. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة -4.00-μC؟

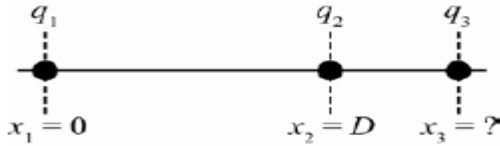
$$\vec{F}_{2 \rightarrow 1} = -k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{21} = -k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{x} = -(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2) \frac{(2.0 \mu\text{C})(-4.0 \mu\text{C})}{(0.200 \text{ m})^2} \hat{x} = 1.8 \text{ N } \hat{x}$$

1.45 وُضعت كرتان فلزيتان غير مشحونتين، 1 و 2، 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 اتزانته. أوجد الشحنة q . إذا طُلي الزنبرك بطبقة فلزية ليصبح موصلًا، فما الطول الجديد للزنبرك؟

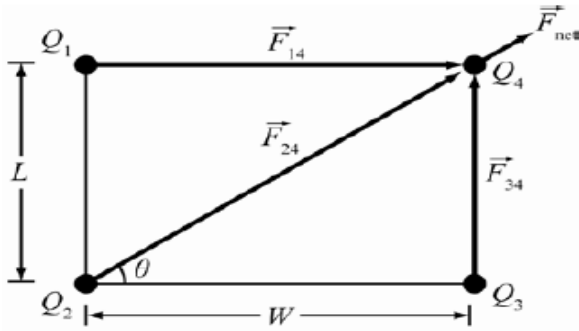


$$F_s = F \Rightarrow k_s \Delta x = \frac{kq_1 q_2}{r^2} \Rightarrow k_s (L_0 - L') = \frac{kq^2}{(L')^2} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{k_s (L')^2 (L_0 - L')}{k}}$$

$$q = \sqrt{\frac{(25.0 \text{ N/m})(0.635 \text{ m})^2 (1.00 \text{ m} - 0.635 \text{ m})}{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)}} = 2.02307 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$



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



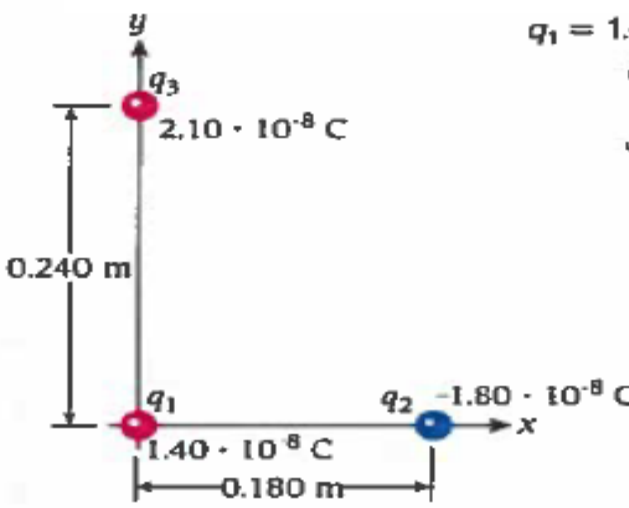
1.47* وُضعت أربع شحنات متماثلة Q على الزوايا الأربع لمستطيل محيطه 2.00 m في 3.00 m إذا كانت $Q = 32.0 \mu\text{C}$. فما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في أي شحنة من الشحنات؟
3.1397 N

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

$$q = \pm ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{6 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.75 \times 10^{13} \quad (\text{أ})$$

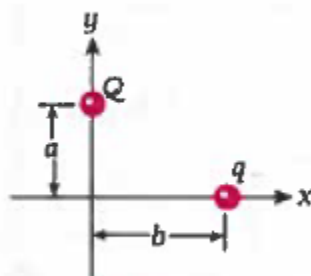
$$q = \pm ne = (7 \times 10^{13} - 4 \times 10^{13}) \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.8 \times 10^{-6} \text{ C} \quad (\text{ب})$$

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



2.755 · 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 بتميتها الصفرى؟

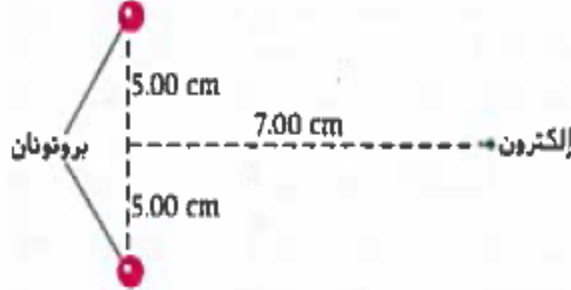
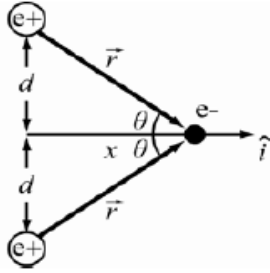
(b) ما قيمة (قيم) b التي عندها تكون مركبة x للقوة المؤثرة في q بتميتها العظمى؟

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

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

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

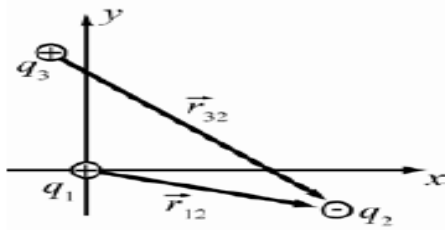
$$\Rightarrow (a^2 + b^2) - 3b^2 = 0 \Rightarrow b = \pm \frac{a}{\sqrt{2}} \quad b = \frac{a}{\sqrt{2}}$$



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

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

$$\vec{F} = -2 \frac{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2)(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2 (0.0700 \text{ m})}{[(0.0700 \text{ m})^2 + (0.0500 \text{ m})^2]^{3/2}} \hat{x} = (-5.0742 \cdot 10^{-26} \text{ N}) \hat{x}$$



1.51- توجد ثلاث شحنات

ثابتة في منطقة حيز ثنائي
الأبعاد: +1.00 mC عند

(0,0) و -2.00 mC عند (17.0 mm, -5.00 mm) و +3.00 mC عند
(-2.00 mm, 11.0 mm). ما مقدار محصلة القوى المؤثرة في الشحنة -2.00-mC؟

جسم شحنته $(-3 \times 10^{-12} \text{ C})$ ، ما عدد الإلكترونات التي يجب ان يفقدها او يكتسبها الجسم لتصبح شحنته
 $(+1.8 \times 10^{-12} \text{ C})$ ثم حدد هل الجسم يكسب ام يفقد الإلكترونات ؟

الحل :

$$\Delta q = 1.8 \times 10^{-12} - (-3 \times 10^{-12}) = 4.8 \times 10^{-12} \text{ C}$$

$$\Delta q = \pm ne \Rightarrow n = \frac{\Delta q}{e} = \frac{4.8 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3 \times 10^7$$

يفقد لأن (Δq) موجبة .

152* وُضعت خرزتان زجاجيتان أسطوانيتا الشكل، كتلة كل منهما $m = 10.0 \text{ mg}$ بوضع رأسي على سطح أفقي بحيث تفصل 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؟

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

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

154* شحنتان $+3.00 \text{ mC}$ و -4.00 mC ثابتتان في وضع السكون وتفصل بينهما مسافة مقدارها 5.00 m .
(a) أين يمكن وضع شحنة مقدارها $+7.00 \text{ mC}$ بحيث تكون محصلة القوة المؤثرة فيها صفراً؟
(b) أين يمكن وضع شحنة مقدارها -7.00 mC بحيث تكون محصلة القوة المؤثرة فيها صفراً؟

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 $-0.200 \mu\text{C}$ متدلية من السقف بخيط، وهي متدلية على ارتفاع 5.00 cm فوق أرضية عازلة. إذا نُحِرت كرة صغيرة أخرى كتلتها 50.0 g وشحنتها $0.400 \mu\text{C}$ أسفل الكرة الأولى مباشرة، فهل ستفاد الكرة سطح الأرضية؟ وما مقدار الشد في الحبل 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؟

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

$$Q = \sqrt{\frac{0.0100(6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg})(5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg})(7.36 \cdot 10^{22} \text{ kg})}{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)}} = 5.71 \cdot 10^{12} \text{ C}.$$

1.60 بسبب التشابه بين صيغة قانون نيوتن في الجذب وصيغة قانون كولوم. خُتِن 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 نتسبب في الحركة المدارية المرصودة للقمر حول الأرض. ما مقدار Q اللازم لإعادة إنتاج مقدار قوة الجاذبية الملاحظة؟

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

$$\text{So, } Q = \sqrt{\frac{(6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg})(5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg})(7.36 \cdot 10^{22} \text{ kg})}{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)}} = 5.71 \cdot 10^{13} \text{ C.}$$

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 $n = 1, 2, 3, \dots$ عدد صحيح يحدد المدار و $a_B = 5.29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ نصف قطر المدار الأول (الأصغر). ويسمى 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.

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

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

$$\text{CALCULATE: Note that: } \frac{ke^2}{a_B^2} = \frac{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(5.29 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2} = 8.2465 \cdot 10^{-8} \text{ N and}$$

$$\frac{Gm_e m_p}{a_B^2} = \frac{(6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg})(9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg})(1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg})}{(5.29 \cdot 10^{-11} \text{ m})^2} = 3.632 \cdot 10^{-47} \text{ N.}$$

$$\text{Then for } n=1: F_1 = \frac{ke^2}{a_B^2} = 8.2465 \cdot 10^{-8} \text{ N; } F_{g,1} = \frac{Gm_e m_p}{a_B^2} = 3.6342 \cdot 10^{-47} \text{ N}$$

$$n=2: F_2 = \frac{ke^2}{(4a_B)^2} = 5.1515 \cdot 10^{-9} \text{ N; } F_{g,2} = \frac{Gm_e m_p}{(4a_B)^2} = 2.2712 \cdot 10^{-48} \text{ N}$$

$$n=3: F_3 = \frac{ke^2}{(9a_B)^2} = 1.1081 \cdot 10^{-9} \text{ N; } F_{g,3} = \frac{Gm_e m_p}{(9a_B)^2} = 4.4863 \cdot 10^{-49} \text{ N}$$

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

1.62* توصلت بعض النماذج الذرية الأقدم إلى أن السرعة المنجهة المدارية للإلكترون في الذرة يمكن أن ترتبط بنصف قطر الذرة. إذا كان نصف قطر ذرة الهيدروجين هو $5.29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ وكانت القوة الكهروستاتيكية مسؤولة عن حركة الإلكترون الدائرية. فما الطاقة الحركية لهذا الإلكترون المداري؟

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

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

$$K = \frac{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{2(5.29 \cdot 10^{-11} \text{ m})} = 2.1807 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 13.6077 \text{ eV}$$

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؟

$$\begin{aligned} F_g / F &= \frac{G m_e m_p}{r^2} = \frac{G m_e m_p}{\frac{k |q_1| |q_2|}{r^2}} = \frac{G m_e m_p}{ke^2} \\ &= \frac{(6.6742 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg s}^2))(9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg})(1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg})}{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2} \\ &= 4.41 \cdot 10^{-40} \end{aligned}$$

1.64* بشكل عام، ليست الأجسام الفلكية متعادلة كهربائياً تماماً. افترض أن كلاً من الأرض والقمر يحمل شحنة مقدارها $-1.00 \cdot 10^6 \text{ C}$ (هذا صحيح تقريباً. وسيتحدد قيمة أكثر دقة في الوحدة 2).
(a) قارن بين التناثر 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؟

$$(a) F = \frac{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)(-1.00 \cdot 10^6 \text{ C})^2}{(3.84403 \cdot 10^8 \text{ m})^2} = 60839.6 \text{ N}$$

$$F_g = \frac{(6.6742 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg s}^2))(5.9742 \cdot 10^{24} \text{ kg})(7.36 \cdot 10^{22} \text{ kg})}{(3.84403 \cdot 10^8 \text{ m})^2} = 1.986 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

تمارين محلولة

ما هو عدد الإلكترونات التي تضمها شحنة مساوية لـ -1C ؟ ما هي الكتلة الكلية لهذه الإلكترونات؟

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

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

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

أوجد القوة بين الكترونين حرين المسافة بينهما $1\text{\AA}$ (0.1nm) (وهي مسافة ذرية نموذجية).

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

كرة نحاسية كتلتها 2.0g 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 $+2\mu\text{C}$ ؟

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

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

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

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

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

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

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

شحنتان نقطيتان Q_1 و Q_2 تفصل بينهما مسافة قدرها 3m ، والشحنة المشتركة لهما تساوي $20\mu\text{C}$. (1) احسب كلًا من الشحنتين إذا علمت أن كلًا منهما تتنافر عن الأخرى بقوة تساوي 0.075N . (ب) إذا كانت القوة بين الشحنتين قوة تجاذب قدرها 0.525N ، ما قيمة كل من الشحنتين في هذه الحالة؟

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

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

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

$$F_1 = k \frac{Q_1 Q}{r^2} = (9 \times 10^9) \frac{(6 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{0.05^2} = 43.2 \text{ N} \quad \text{بعيداً عن } Q_1$$

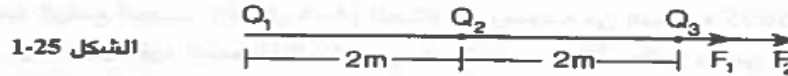
$$F_2 = (9 \times 10^9) \frac{(4 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{0.05^2} = 28.8 \text{ N} \quad \text{باتجاه } Q_1$$

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

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

$$F = F_1 + F_2 \quad F_1 = k \frac{Q_1 Q_3}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(20 \times 10^{-6})^2}{4^2} = 0.225 \text{ N}$$

$$F_2 = k \frac{Q_2 Q_3}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(20 \times 10^{-6})^2}{2^2} = 0.9 \text{ N} \quad F = 0.225 + 0.9 = 1.125 \text{ N} \quad \text{نحو اليمين}$$

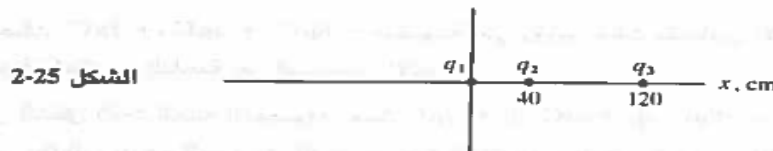


توضع ثلاث شحنات نقطية على المحور x عند النقاط التالية: $2\mu\text{C}$ عند $x = 0$ ، $-3\mu\text{C}$ عند $x = 40\text{ cm}$ ، $-5\mu\text{C}$ عند $x = 120\text{ cm}$. أوجد القوة المؤثرة في الشحنة $-3\mu\text{C}$.

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

$$F = F_1 + F_2 = \frac{-k |q_1 q_2|}{(0.40)^2} + \frac{-k |q_2 q_3|}{(0.80)^2}$$

$$= -9 \times 10^9 \left[\frac{(2 \times 10^{-6} \text{ C})(3 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.40 \text{ m})^2} + \frac{(5 \times 10^{-6} \text{ C})(3 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.80 \text{ m})^2} \right] = -0.55 \text{ N} \quad \text{or} \quad 0.55 \text{ N} \quad \text{نحو اليسار}$$



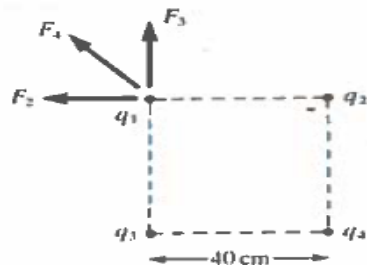
في المسألة 14.25 ما هي القوة المؤثرة في الشحنة $-5\mu\text{C}$ ؟

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

$$F = F_1 + F_2 = k \left[\frac{-|q_1 q_3|}{(1.20 \text{ m})^2} + \frac{|q_2 q_3|}{(0.80 \text{ m})^2} \right]$$

$$= 9 \times 10^9 \left[\frac{-(2 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{1.20^2} + \frac{(3 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{0.80^2} \right] = 0.15 \text{ N} \quad \text{or} \quad 0.15 \text{ N} \quad \text{نحو اليمين}$$

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

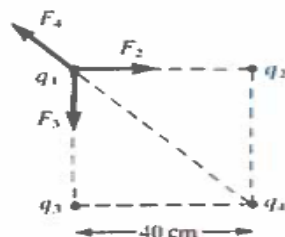


الشكل 3-25

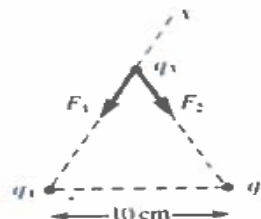
■ يبين الشكل 3-25 وضع الشحنات. نعتبر القوى المؤثرة في q_1 والمشار إليها في الشكل بالرموز F_1, F_2, F_3, F_4 حيث تحدد الدلائل الشحنات المسببة للقوة. من التناظر: $F_2 = F_3 = [(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})^2]/0.40^2$ ، أو: $F_2 = F_3 = 0.51\text{ N}$ ، نظراً لأن اتجاهي هاتين القوتين يطابقا اتجاهي الضلعين المناظرين، كما هو موضح. فإن المجموع الاتجاهي لهما يقع على القطر المتجه من q_1 إلى q_4 وتساوي شدته: $F_2 \cos 45^\circ + F_3 \cos 45^\circ = [2(0.51)]/\sqrt{2} = 0.72$. القوة المتبقية F_4 تقع أيضاً على نفس القطر وشدتها: $F_4 = [(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})(0.40 \times \sqrt{2})^2] = 0.25\text{ N}$. إن محصلة القوى الثلاث تقع على نفس القطر وتتجه بعيداً عن المربع، أما شدتها فتساوي 0.97 N .

توضع أربع شحنات نقطية متساوية ($3\mu\text{C}$) 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 أنه لدينا الآن: $q_1 = q_4 = -3\mu\text{C}$. نحسب مرة أخرى القوة المحصلة المؤثرة في q_1 . تتساوى القوتان F_2 و F_3 في الشدة كما في المسألة 16.25، إلا أن اتجاهيهما 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: $0.72\text{ N} - 0.25\text{ N} = 0.47\text{ N}$ وهي محمولة على القطر كما أن اتجاهها نحو الداخل (نحو q_4).



الشكل 4-25



الشكل 5-25

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

■ يبين الشكل 5-25 الحالة الموصوفة: حيث $q_1 = 2\mu\text{C}$ ، $q_2 = 3\mu\text{C}$ ، $q_3 = -8\mu\text{C}$. 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 الناتجتين عن الشحنتين q_1 و q_2 على الترتيب. أن القوتين المذكورتين جاذبتان كما هو موضح. شدة كل منهما:

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

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

$$F = F_1 + F_2$$

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

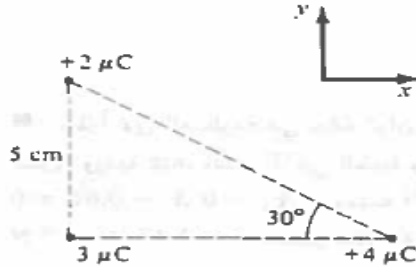
$$F_y = F_{1y} + F_{2y} = 0 + 21.6\text{ N} \sin 60^\circ = 18.7\text{ N}. F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(25.2)^2 + (18.7)^2} = 31.4\text{ N}.$$

ليكن:

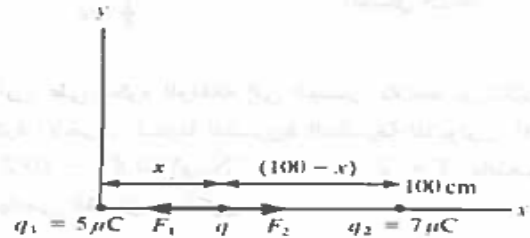
إن:

بالعودة إلى الشكل 6-25، أوجد القوة المؤثرة في الشحنة $4 \mu\text{C}$ الناجمة عن الشحنتين الأخريين.

■ نحدد دلائل القوى بشدة الشحنة المسببة للقوة. لنلاحظ أنه في الشكل 6-25: الوتر: $10 \text{ cm} = 5/(\sin 30^\circ)$ والقاعدة تساوي 8.66 cm . إذن: $\vec{F}_3 = \{-(9 \times 10^9)[(3 \times 4 \times 10^{-12})/0.087^2]\} \hat{i} = (-14.3) \hat{i}$ أي $F_3 = 14.3 \text{ N}$ وبزاوية قدرها 30° .
 $\vec{F}_2 = (9 \times 10^9)[(2 \times 4 \times 10^{-12})/0.10^2] = 7.2 \text{ N}$ وبزاوية قدرها 30° .
أي $\vec{F} = \vec{F}_3 + \vec{F}_2 = (-14.3 + 7.2 \cos 30^\circ) \hat{i} - (7.2 \sin 30^\circ) \hat{j} = -8.11 \hat{i} - 3.6 \hat{j} \text{ N}$ وبزاوية قدرها 204° .



الشكل 6-25



الشكل 7-25

توضع شحنتان $(+5 \mu\text{C})$ عند $x = 0$ و $(+7 \mu\text{C})$ عند $x = 100 \text{ cm}$. أين يمكن أن نضع 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 7-25. إن كانت شحنة الاختبار q سالبة، فإن الشحنتين q_1 و q_2 ستجذبانها في اتجاهين متعاكسين، أما إن كانت موجبة فإن الشحنتين q_1 و q_2 ستدفعانها في اتجاهين متعاكسين أيضاً. إن الشرط المطلوب في المسألة يكافئ في كلا الحالتين المساواة: $F_1 = F_2$ (نلاحظ أن $q_1/x^2 = q_2/(100-x)^2$ ينتج: $q_1/x^2 = q_2/(100-x)^2$ باختصار إلى أمتار. بتعويض القيم العددية وإجراء الضرب التبادلي ينتج أن: $5(1-x)^2 = 7x^2$ أو $2x^2 + 10x - 5 = 0$ 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 $x = -5.46 \text{ m}$ تكون القوتان متساويتين في الشدة ومتطابقتين في الاتجاه).

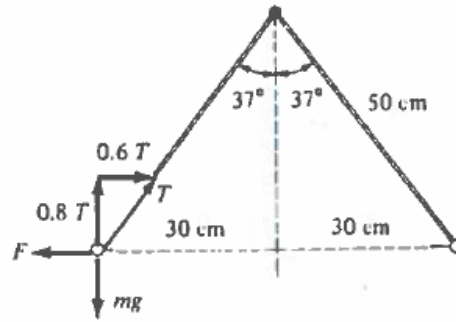
اشرح طبيعة التوازن في المسألة 20.25.

■ إن كانت q موجبة فإن أية إزاحة صغيرة عن الموضع $x = 46 \text{ cm}$ على طول المحور x تؤدي إلى قوة صافية مؤثرة في q تحاول إعادتها إلى وضع توازنها. أما 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 الحالتين التوازن غير مستقر. (توضح هذه المسألة نظرية عامة مفادها أن التوازن المستقر يستحيل في المجال الكهروستاتيكي).

كرتان معدنيتان صغيرتان متماثلتان تحملان الشحنتين $+3 \text{ nC}$ و -12 nC . تبلغ المسافة بين الكرتين 3 cm . (1) احسب قوة التجاذب. (ب) تمس الكرتان الآن مع بعضهما ثم تبعدان إلى مسافة 3 cm . اشرح القوى المؤثرة فيهما الآن.

■ (1) في البدء القوة بين الشحنتين جاذبة وشدها: $F = [(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-9})(12 \times 10^{-9})/0.03^2] = 3.6 \times 10^{-4} \text{ N}$.
(ب) لما كانت الكرتان معدنيتين ومتماثلتين، فسيتم عن تماس الكرتين مع بعضهما إعادة توزيع الشحنتين يؤدي إلى وضع توازن جديد تمتلك بموجبه كل من الكرتين نفس الشحنة. ونظراً لأن الشحنة الكلية المتوفرة هي -9 nC ، فستظهر كل كرة بشحنة قدرها -4.5 nC . عندما تبعد الكرتان إلى مسافة 3 cm عن بعضهما، تعاني كل منهما من قوة تنافرية شدها: $F = [(9 \times 10^9)(4.5 \times 10^{-9})(4.5 \times 10^{-9})/0.03^2] = 2.0 \times 10^{-4} \text{ N}$.

تملك كل من الكرتين المبينتين في الشكل 8-25 كتلتين متساويتين كل منهما 0.20 g وشحنتين متماثلتين أيضاً. عندما تعلق الكرتان بخيطين طول كل منهما 50 cm تتباعدان عن بعضهما بحيث يصنع كل خيط الزاوية 37° مع الاتجاه الرأسي. 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 التناثر F الناجمة عن الكرة الأخرى. لدينا الشروط المعالوفة للتوازن: $\sum F_x = 0$ ، ومنه $\sum F_y = 0$ ، $F - 0.6T = 0$ ، ومنه $0.8T - (0.2 \times 10^{-3} \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 0$ ، أي $T = 2.45 \times 10^{-3} \text{ N}$. 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 أن 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

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} = (8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5.29 \times 10^{-11} \text{ m})^2} = 82.3 \text{ nN}$$

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

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

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

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