

GOVERNMENT OF SHARJAH
SHARJAH PRIVATE
EDUCATION AUTHORITY
IBN KHALDOON PVT. SCHOOL



حكومة الشارقة
هيئة الشارقة للتعليم الخاص
مدرسة ابن خلدون الخاصة

الوحدة الأولى

القوى الكهرومغناطيسية

القسم 1 : الكهرومغناطيسية

القسم 2 : الشحنة الكهربائية

القسم 3 : العوازل و الموصلات

القسم 4 : الشحن الكهروستاتيكي

القسم 5 : القوة الكهروستاتيكية

القسم 6 : قانون كولوم و قانون نيوتن

إعداد:

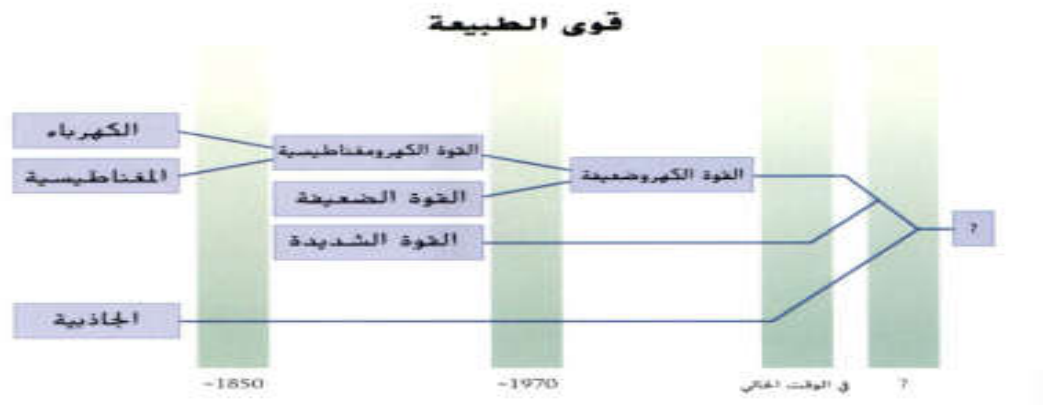
د / وائل عزازي

0521150195

1.1 الكهرومغناطيسية (اثنائي) :

- احتار الانسان قديما في القوة التدميرية المصاحبة لصواعق البرق التي كانت تسبب الحرائق و موت الاشخاص و الحيوانات لانه لم يكن يعرف سببها و لا مصدر هذا البرق .
- لاحظ اليونانيون القدماء ان قطعة الكهرمان المدلوكة بقطعة قماش تجذب الاجسام الصغيرة و الخفيفة . و لكننا اصبحنا نعرف الان ان تدليك الكهرمان بقطعة قماش يسبب انتقال جسيمات سالبة الشحنة (**الالكترونات**) من قطعة القماش الي الكهرمان .
- يتكون البرق ايضا من الالكترونات المتدفقة .
- كما لاحظ اليونانيون الاوائل و غيرهم اجساما مغناطيسية طبيعية تسمى احجار المغناطيس وجدوها في ترسبات الماجنتيت (**معدن يتكون من اكسيد الحديد**) حيث تم استخدامها في صناعة البوصلات .
- في اوائل القرن العشرين . اكتشفت قوتان اساسيتان اخريان و هما :
- * **القوة الضعيفة** : التي تعمل اثناء انحلال جسيمات بيتا .
- * **القوة الشديدة** : الموجودة داخل نواة الذرة لربط مكونات الذرة ببعضها البعض .
- و حاليا القوة المغناطيسية و القوة الضعيفة يشكلان القوة الكهروضعيفة و تظهر هذه القوة في التصادمات التي تحدث بين الجسيمات ذات الطاقة الاعلى .
- تم تصنيف القوى الاساسية الي اربع انواع :

قوة الجاذبية و **القوة الكهرومغناطيسية** و **القوة الضعيفة** و **القوة الشديدة**

**1.2 الشحنة الكهربائية :**

- عملية الشحن** : هي العملية التي تنتج بسبب نقل جسيمات سالبة الشحنة (**الالكترونات**) بين جسمين .
- يوجد نوعان من الشحنة الكهربائية في الطبيعة هما : **الشحنة الموجبة** و **الشحنة السالبة** .

لذلك فان تعريف الشحنة الكهربائية :

هي خاصية فيزيائية للمادة تظهر فقط اذا حدث خلل في التعادل الكهربائي للمادة .

- المادة في حالاتها الثلاثة (صلبة او سائلة او غازية) تكون غير مشحونة (متعادلة كهربيا) اي ان عدد شحناتها الموجبة (بروتونات النواة) = عدد شحناتها السالبة (الالكترونات التي تدور حول النواة)
- يمكن فصل الالكترونات و تحريرها من الارتباط مع النواة عن طريق اكسابها طاقة لكي تتغلب علي القوي الكهربائية الجذبية بين الالكترونات و البروتونات .
- المادة التي تكتسب الالكترونات اضافية تظهر عليها الشحنة السالبة و التي تفقد بعض الكترونها تظهر عليها الشحنة الموجبة .
- تختلف المواد من حيث قابليتها الي فقد او اكتساب الالكترونات تبعا لمدي ارتباط الالكترونات بالنواة .

• قانون الشحنات الكهربائية :

الشحنات المتماثلة تتنافر و الشحنات المختلفة تتجاذب

- وحدة قياس الشحنة الكهربائية : الكولوم (C) و يرمز لها فيزيائيا q
- الكولوم تعادل في النظام الدولي للوحدات $1 C = 1 A.s$
- حيث ان : $q = I . t$ اي حاصل ضرب شدة التيار الكهربائي في الزمن .
- شحنتي الالكترون والبروتون ($q_e = -e$, $q_p = +e$) حيث ($e = 1.602 \times 10^{-19} C$)
- الكولوم الواحد هو وحدة شحنة كبيرة للغاية لذلك سنستخدم بعض الوحدات الصغيرة الشائعة و هي :

(الميكروكولوم ($\mu C = 10^{-6} C$) ، النانوكولوم ($nC = 10^{-9} C$) ، البيكوكولوم ($pC = 10^{-12} C$)

- الشحنة محفوظة : اي انها لا تفني و لا تستحدث . بل تنتقل من جسم الي اخر
- قانون حفظ الشحنة : ينص علي (الكمية الكلية للشحنة الكهربائية في نظام مغلق لا تتغير) اي ان (كمية الشحنة المفقودة = كمية الشحنة المكتسبة)

• الشحنة الاولى (الاساسية) :

- تكون الشحنة الكهربائية مضاعفات صحيحة فقط لاقل كمية شحنة (الشحنة كمماة)
- اصغر وحدة شحنة كهربائية هي شحنة الالكترون = $1.6 \times 10^{-19} C$
- و لايجاد مقدار الشحنة الكلية لاي مادة نستخدم القانون الاتي :

$$Q = n.e$$

حيث Q هي مقدار الشحنة الكلية

n هي عدد الشحنات او الالكترونات داخل المادة

e هي شحنة الالكترون او الشحنة الاولى (الاساسية) $1.6 \times 10^{-19} C$

تدريبات متنوعة :

1 - كم عدد الالكترونات اللازمة لانتاج شحنة مقدارها 1.00 C ؟

6.66×10^{17}	6.24×10^{18}	3.20×10^{16}	6.60×10^{19}	1.60×10^{19}
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

2 - ماعدد الالكترونات المنتقلة من كشاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة اذا كان صافي شحنته $7.5 \times 10^{-11} \text{ C}$ ؟

7.5×10^{-11} الكترون	2.1×10^{-9} الكترون	1.2×10^8 الكترون	4.7×10^8 الكترون
-------------------------------	------------------------------	---------------------------	---------------------------

3 - ما شحنة كشاف كهربائي اذا كان عدد الالكترونات الفائضة عليه 4.8×10^{10} الكترون ؟

$3.3 \times 10^{-30} \text{ C}$	$4.8 \times 10^{-10} \text{ C}$	$7.7 \times 10^{-9} \text{ C}$	$4.8 \times 10^{10} \text{ C}$
---------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

4 - اي من الاتية يمثل الشحنة الاساسية ؟

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

5 - اي من الوحدات الاتية يكافئ وحدة الكولوم (C) ؟

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

6 - الشحنة (+2 C) تعادل شحنة :

1.25×10^{19} الكترون	1.25×10^{19} بروتون	الالكترونين	بروتونين
-------------------------------	------------------------------	-------------	----------

7 - اي القيم التالية لايمكن ان تكون كمية لشحنة جسم ما بوحدة الكولوم ؟

3.2×10^{-19}	3.2×10^{-20}	3.2×10^{-18}	-3.2×10^{-19}
-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------

8 - اي القيم التالية يمكن ان تكون كمية لشحنة جسم ما بوحدة الكولوم ؟

-1.6×10^{-20}	3.2×10^{-20}	64×10^{-20}	0.8×10^{-20}
------------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

9 - ذلك ساق من البلاستيك بقطعة صوف فاكسب الساق الكترونات عددها 8×10^{20} الكترون و اصبح مشحونا . فان شحنة قطعة الصوف تساوي :

-128 C	+128 C	+ $5 \times 10^{39} \text{ C}$	- $2 \times 10^{-40} \text{ C}$
--------	--------	--------------------------------	---------------------------------

10 - اي من الانظمة التالية له اكبر شحنة سالبة ؟

الالكترونان	ثلاثة الكترونات و بروتون واحد
خمسة الكترونات و خمسة بروتونات	N الكترونات و N-3 بروتونات

11 - اي مما يلي يحدث عندما يكتسب لوح فلزي شحنة موجبة ؟

تنتقل البروتونات (الشحنات الموجبة) من جسم اخر الي اللوح
تنتقل الالكترونات (الشحنات السالبة) من اللوح الي جسم اخر
تنتقل الالكترونات (الشحنات السالبة) من اللوح الي جسم اخر و تنتقل البروتونات ايضا (الشحنات الموجبة) من جسم اخر الي اللوح
يعتمد ذلك علي ما اذا كان الجسم الناقل للشحنة موصلا ام عازلا

12 - يمكن لجسم ان يشحن بشحنة موجبة مقدارها ($Q = 5 \times 10^{-19} \text{ C}$)

العبارة صواب	العبارة خطأ
--------------	-------------

سؤال : قالب حديدي كتلته (3.25 Kg) ، يراد شحنه بشحنة موجبة مقدارها (0.010 C) . فإذا علمت أن :

$$(m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ Kg} , m_n = 1.675 \times 10^{-27} \text{ Kg} , m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ Kg} , e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C})$$

(العدد الذري للحديد (26) و العدد الكتلي (56)) (${}^{56}_{26}\text{Fe}$) . أجب عما يلي :

1- احسب عدد الالكترونات التي يمكن نزعها من قالب الحديد ($N_{\Delta e}$) .

الحل:

$$q = \pm N_{\Delta e} \cdot e$$

$$0.010 = +N_{\Delta e} \cdot (1.602 \times 10^{-19})$$

$$N_{\Delta e} = 6.24 \times 10^{17} \text{ الكترونا}$$

2- احسب عدد الالكترونات الكلية التي يحويها القالب الحديدي (N_e) .

الحل:

- كتلة الذرة الواحدة من الحديد = مجموع كتل (26 بروتون و 26 الكترون و 30 نيوترون) :

$$m_{(Fe)} = (26m_e) + (26m_p) + (30m_n)$$

$$m_{(Fe)} = (26 \times 9.109 \times 10^{-31}) + (26 \times 1.673 \times 10^{-27}) + (30 \times 1.675 \times 10^{-27})$$

$$m_{(Fe)} = (9.377 \times 10^{-26}) \text{ Kg}$$

- عدد الذرات في كتلة القالب (في 3.25 Kg) : (حيث أن كل ذرة كتلتها $(9.377 \times 10^{-26}) \text{ Kg}$) .

$$N_{atom} = \left(\frac{3.25}{9.377 \times 10^{-26}} \right) = 3.47 \times 10^{25} \text{ ذرة}$$

- عدد الالكترونات في القالب : (كل ذرة حديد تحوي 26 الكترونا ، لذلك فإن :)

$$N_e = 26 \times \text{عدد الذرات} = 26 \times 3.47 \times 10^{25}$$

$$N_e = 9.02 \times 10^{25} \text{ الكترونا}$$

3- جد نسبة عدد الالكترونات في الفرع (1) إلى العدد الكلي للالكترونات في الفرع (2)

$$\frac{N_{\Delta e}}{N_e} = \frac{6.24 \times 10^{17}}{9.02 \times 10^{25}} = 6.9 \times 10^{-10}$$

ملاحظات :

- يمكن استخدام العلاقة الرياضية التالية للحصول على عدد الذرات (N_{atom}) في عينة كتلتها m لذرات عنصر (x)
عدد الذري A و عدده الكتلي Z (${}_Z^AX$)

$$N_{atom} = \frac{(6.022 \times 10^{23}) \times m(kg)}{Z \times (1 \times 10^{-3})}$$

- عدد الالكترونات الاجمالي (الكلي) في العينة بحسب من العلاقة :

$$N_e = A \times N_{atom} = \frac{A (6.022 \times 10^{23}) \times m(kg)}{(1 \times 10^{-3})}$$

- عدد الالكترونات المطلوب **تزيده** أو **انقصه** للعينة لشحنها بشحنة q **موجبة** أو **سالبة** بحسب من العلاقة المعروفة :

$$N_{\Delta e} = \frac{q}{e} = \frac{q}{(1.602 \times 10^{-19})}$$

حيث :

- عدد أفوجادرو (6.022×10^{23})
- كتلة المول الواحد من المادة (بوحدة الجرام) = العدد الكتلي للمادة
- المول : هو عدد أفوجادرو (6.022×10^{23}) من الذرات

تمرين 1.31

ان الفاراداي وحدة شحنة كثيرا مانصادفها في التطبيقات الكهروكيميائية و هي تساوي مولا واحدا من الشحنات الاولى . احسب عدد الكولومات في 1 فاراداي .

الحل :

$$1 F = N_A \cdot e = 6.022 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.65 \times 10^4 C$$

تمرين 1.33

تيار شدته 5.00 mA يكفي لأن يجعل عضلاتك تنقبض . احسب عدد الالكترونات التي ستندفق عبر جلدك اذا تعرضت لتيار كهذا لمدة 10 s

الحل :

$$I = q/t \quad \& \quad q = ne \quad ne = It$$

$$n = It / e = 5 \times 10^{-3} \times 10 / (1.6 \times 10^{-19}) =$$

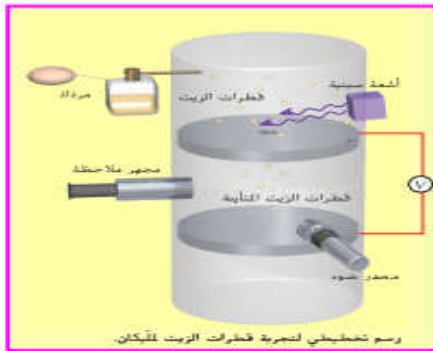
$$3.125 \times 10^{17} \text{ الكترون}$$

تجربة قطرات الزيت لميليكان (اثرائي)

خطوات التجربة :

- 1 - تم رش قطرات من الزيت في غرفة و قد نزع منها الالكترونات خارج القطرات نتيجة تعرضها للاشعة السينية
 - 2 - ثم سقطت القطرات موجبة الشحنة بين لوحين مشحونين كهربائيا
 - 3 - و بظبط الشحنة بين اللوحين .
 - 4 - توقفت قطرات الزيت و تعلقت في الهواء بين اللوحين ثم قيست شحنات القطرات
- الملاحظة :**

لاحظ ميليكان ان الشحنة كمماة اي انها مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون

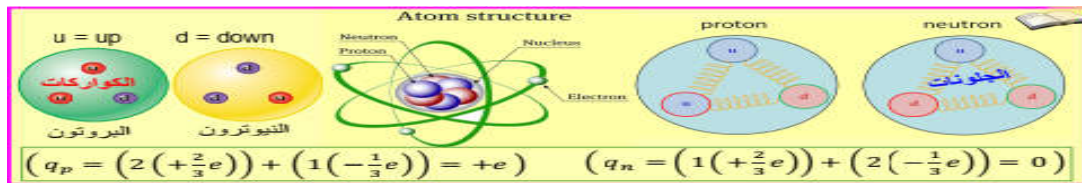




ملاحظات على مكونات الذرة

- تتكون الذرة من نواة تحتوي على بروتونات (+) ونيوترونات (±) تحيط بها الإلكترونات (-)
- كتلة الإلكترون أصغر بكثير من كتلة النيوترون والبروتون (تتركز معظم كتلة الذرة في النواة)
- يمكن بسهولة نسبية نزع الإلكترونات من الذرات (الإلكترونات هي ناقلات الكهرباء وليس البروتونات)
- الإلكترون جسيم أولي نقطي ليس له أجزاء (نصف قطره يقارب الصفر)
- يتكون البروتون والنيوترون من جسيمات مشحونة تسمى **الكواركات**.
- ترتبط الكواركات ببعضها عن طريق جسيمات غير مشحونة تسمى **الجلونات**.
- تبلغ شحنة الكواركات $\left(\pm \frac{2}{3}\right)$ أو $\left(\pm \frac{1}{3}\right)$ من شحنة الإلكترون ولا يمكن أن توجد هذه الجسيمات بشكل مستقل.
- يشير المقدار $\left(+\frac{2}{3}e\right)$ إلى شحنة الكوارك العلوي والمقدار $\left(-\frac{1}{3}e\right)$ إلى شحنة الكوارك السفلي.
- يتكون البروتون من (2 كوارك علوي و 1 كوارك سفلي) $(q_p = 2\left(+\frac{2}{3}e\right) + 1\left(-\frac{1}{3}e\right) = +e)$
- يتكون النيوترون من (1 كوارك علوي و 2 كوارك سفلي) $(q_n = 1\left(+\frac{2}{3}e\right) + 2\left(-\frac{1}{3}e\right) = 0)$
- توجد جسيمات شبيهة بالإلكترون وكتلتها أكبر بكثير تسمى **الميون** و **التاو**.
- يمكن التعبير عن شحنة أي جسم بدلالة مجموع عدد البروتونات ناقص مجموع عدد الإلكترونات المكونة للجسم

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



1.3 العوازل والموصلات و اشباه الموصلات و الموصلات الفائقة التوصيل

تقسم المواد حسب توصيلها للكهرباء الي :

1 - الموصلات :

- هي مواد جيدة التوصيل للكهرباء
- تتميز بتركيب الكتروني يسمح لبعض الإلكترونات بحرية الحركة خلالها .
- بينما لا تتحرك الشحنات الموجبة لذرات المادة الموصلة لانها تتركز في النوى الثقيلة
- منها موصلات جيدة و رديئة علي حسب خصائص كل مادة .

امثلتها :

المعادن (النحاس يستخدم في صناعة الاسلاك الكهربائية و الالومنيوم و الحديد)
المحاليل الكهربائية (يتم التوصيل فيها عن طريق الايونات السالبة و الموجبة)
الغازات المتأينة - الارض - جسم الانسان (الانسجة العضوية)

2 - العوازل :

- هي مواد عديمة التوصيل للكهرباء .
- لا تكون الإلكترونات حرة الحركة بسبب الارتباط القوي بين الكترونات المادة و ذراتها الذي يمنع هروب الإلكترونات من الذرات لتتحرك بحرية خلال المادة .
- حتي عند اضافة شحنة خارجية الي العوازل . لا تتحرك هذه الشحنة الخارجية بشكل ملحوظ اي انها تتمركز في موضعها

امثلتها :

الزجاج و البلاستيك و القماش و المطاط

3 - اشباه الموصلات :

- هي مواد يمكن ان تتغير من عازلة الي موصلة ثم الي عازلة مرة اخري .
- في ظروف معينة تسلك مسلك الموصلات و في ظروف اخري تسلك مسلك العوازل
- هي اساس كل صناعات الكمبيوتر و الالكترونيات الاستهلاكية (التلفاز و الهواتف و الكاميرات)
- هناك نوعان من اشباه الموصلات :
- أ) نقية : مثل البلورات النقية كيميائيا لزرنيخ الجاليوم او الجرمانيوم او السيليكون
- ب) غير نقية : تصنع عن طريق التطعيم (اضافة كمية دقيقة تقريبا نسبة 1 لكل 10 مليون من المواد الاخري التي يمكن ان تكون :

1 - مائحة الكترولونات (N-type) النوع السالب :

يتم فيها تطعيم شبه موصل نقي (السيليكون) بعناصر خماسية التكافؤ مثل (الزرنيخ او الانتيوم او الفوسفور) حيث تعمل الالكتروونات الفائضة علي زيادة التوصيل للتيار الكهربى .

2 - مستقبل الكترولونات (P-type) النوع الموجب :

يتم فيها تطعيم شبه الموصل النقي (السيليكون) بعناصر ثلاثية التكافؤ مثل (الجاليوم او الانديوم او البورون او الالومنيوم) حيث تتوافر فجوات يتركها الالكترون بعد ارتباطه بالمستقبل و تعمل الفجوات كناقل فعال للشحنة الموجبة .

**** لاحظ انه في اشباه الموصلات تتحرك كل من الشحنات السالبة و الشحنات الموجبة (الفجوات) علي عكس الموصلات لا تتحرك فيها الا الشحنات السالبة .**

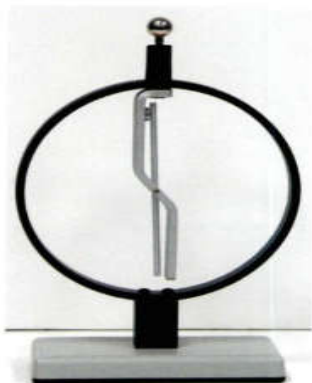
4 - الموصلات فائقة التوصيل :

- هي مواد مقاومتها لتوصيل الكهرباء صفر .
- تكون فائقة التوصيل فعليا عند درجات الحرارة المنخفضة جدا .
- لا يحدث فيها فقد للطاقة مثل الموصلات العادية يحدث فيها فقد .
- امثلتها :
- سبيكة النيوبيوم و التيتانيوم يجب المحافظة عليها عند درجة حرارة (4.2 K)
- تم تطوير مواد جديدة تسمى (الموصلات فائقة التوصيل عالية الحرارة) تكون هذه المواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة النيتروجين السائل (77.3 K) .
- حتي الان لم تكتشف مواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة الغرفة (300 K) .

1.4 الشحن الكهروستاتيكي :

هو عملية شحن الجسم بشحنة ساكنة

- يمكن شحن القضبان العازلة بشحنة موجبة او سالبة من مصدر للطاقة (البطارية)
- و يمكن التخلص من الشحنات عن طريق التوصيل بالارض (الارض مستودع شحنة لايفنى تقريبا) و تعمل الارض علي معادلة الاجسام المشحونة كهربائيا التي تكون متلامسة معها . و تسمى هذه العملية (**التأريض**) اي تفريغ الشحنات . و تسمى الوصلة الكهربائية بالارض (**وصلة ارضية**)
- الكشاف الكهربائي : هو جهاز يظهر استجابة ملحوظة عند شحنه
- يتكون من موصلين يكونان متلامسين و متدليين بشكل حر في وضع التعادل .
- و احد هذين الموصلين متصل بمفصلة عند منتصفه

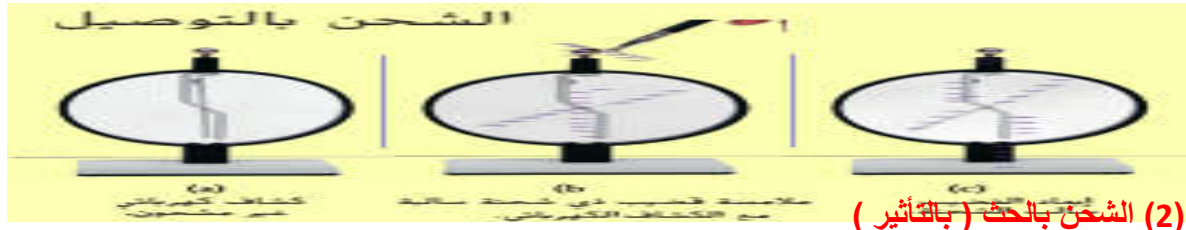


بحيث يبتعد عن الموصل الثابت عند شحن الكشاف الكهربائي
 • يتصل هذان الموصلان بكرة موصلة اعلى الكشاف الكهربائي
 و هي تسمح بدخول الشحنة او خروجها بسهولة .

**** طرق شحن الاجسام بالكهرباء الساكنة :**

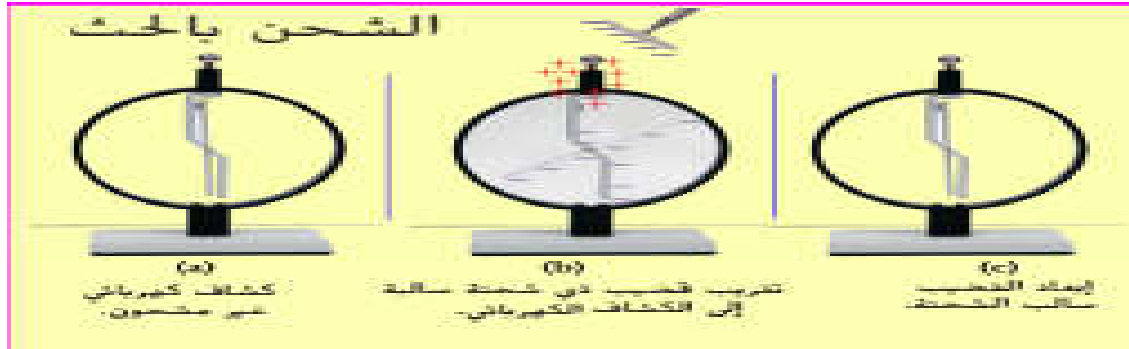
(1) الشحن بالتوصيل (التلامس)

- يمكن شحن موصل او عازل غير مشحون عن طريق ملامسته او توصيله بسلك مع موصل مشحون اخر .
- ينتقل جزء من شحنة الموصل المشحون الي اي من الموصل او العازل الغير مشحون
- في حالة الموصل : تتوزع الشحنة علي جميع اجزاء الموصل
- بينما في حالة العازل : تبقى الشحنة علي العازل في موضع التلامس فقط
- مجموع الشحنتين علي الجسمين = شحنة الموصل المشحون قبل التلامس (قانون حفظ الشحنة)

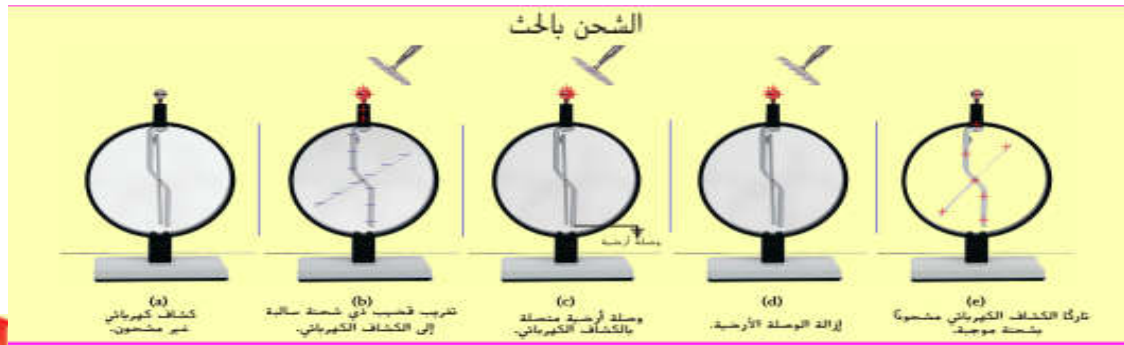


(2) الشحن بالحث (بالتأثير)

- عند تقريب موصل مشحون الي موصل غير مشحون من غير تلامسهما . يحدث اعادة توزيع لشحنة الموصل غير المشحون (اي انه لا يكتسب او يفقد شحنة)
- هذا التوصيل مناسب جدا للموصلات لاه لديها الالكترونات حرة .
- مقدار الشحنة المقيدة اقل من او يساوي مقدار الشحنة المؤثرة و تخالفها في النوع .
- مقدار الشحنة المقيدة يساوي مقدار الشحنة الحرة و تخالفها النوع
- مقدار الشحنة المؤثرة لا يتغير .



كيف يمكن شحن موصل بالحث بشحنة دائمة تبقي عليه بعد ابعاد المؤثر ؟
 عن طريق توصيله مؤقتا مع الارض (التأريض)



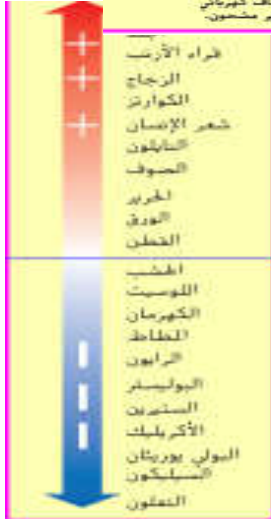
(3) الشحن بالدلك (الاحتكاك) (اثرائي)

- يحدث عند ذلك مادتين مختلفتين ببعضهما .
- تنتقل بعض الالكترونات من احد الجسمين الي الآخر .
- مقدار شحنة الدلكة = شحنة الجسم المدلوك و تخالفها في النوع .
- تستخدم هذه الطريقة لشحن الموصلات و العوازل .
- عند شحن موصل يجب ان يكون محاطا بمادة عازلة و
- يجب عدم لمسه . بينما اذا حدث تلامس للموصل مع اليد
- فان الشحنة كلها تنتقل للارض كما في عملية (التايريز)
- قاعدة :

كلما زادت شدة الاحتكاك . زاد انتقال الشحنة و ذلك بسبب زيادة شدة التلامس

تؤدي الى زيادة نقل الشحنة على اسطح المادة .

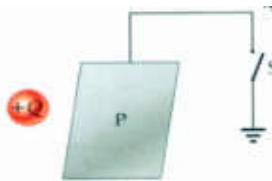
- لتحديد اي المواد يكتسب شحنة موجبة او سالبة يمكن اعتماد بعض المواد الواردة في الشكل المجاور (تسلسل الشحن الكهربائي لبعض المواد الشائعة)



تدريبات متنوعة

1 - يتحرك الموصل المتصل بمفصلة بعيدا عن الموصل الثابت عند شحن الكشاف الكهربائي لان :

الشحنات المتماثلة تتنافر	الشحنات المتماثلة تتجاذب
الشحنات المختلفة تتجاذب	الشحنات المختلفة تتنافر



2 - وصل لوح فلزي بالارض عن طريق موصل يعمل بمفتاح و كان مغلقا في البداية و قربت شحنة $+Q$ الي اللوح من دون ملامسته ثم فتح المفتاح ثم تم ابعاد الشحنة $+Q$ ماشحنة اللوح عندئذ

اللوح غير مشحون	شحنة اللوح موجبة	شحنة اللوح سالبة
يمكن ان تكون شحنة اللوح موجبة او سالبة حيث يعتمد ذلك علي شحنته قبل تقرب الشحنة $+Q$ اليه .		

3 - اذا قربت قضيبا بلاستيكي ذا شحنة سالبة الي موصل مؤرض من دون ملامسته . ثم قمت بفصل التايريز . فما اشارة شحنة الموصل بعد ابعاد القضيب المشحون ؟

سالبية	موجبة
بدون شحنة	لا يمكن تحديدها من المعلومات المعطاة

4 - عند ذلك قضيب بلاستيكي بفراء ارنب فان القضيب يصبح :

سالب الشحنة	موجب الشحنة
متعادلا	اما سالب او موجب حيث يعتمد علي اتجاه حركة الدلك في اتجاه واحد اما اتجاهين

5 - عند ذلك قضيب زجاجي بوشاح من البوليسترين فان القضيب يصبح :

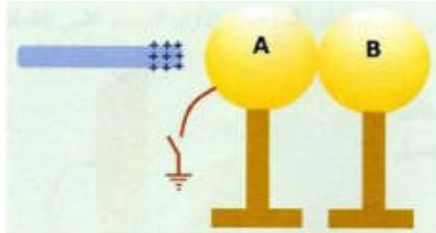
سالب الشحنة	موجب الشحنة
متعادلا	اما سالب او موجب حيث يعتمد علي اتجاه حركة الدلك في اتجاه واحد اما اتجاهين

6 - استخدم ساق ابونيت سالبة و ذلك لشحن كرة فلزية صغيرة بثلاث طرق مختلفة كما بالشكل المجاور :



- اي الطرق الثلاثة تم انتقال الشحنة من ساق الابونيت الي الكرة . ()
- اي الطرق تشحن الكرة بطريقة الحث . ()
- اي من هذه الطرق تصبح الكرة مشحونة بشحنة اضافية و ذلك بعد ابعاد الساق ()
- وضح ماذا يحدث لشحنة الساق بعد ابعادها عن الكرة في الطرائق الثلاث

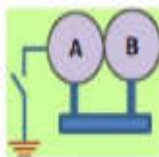
- في الطريقة B افترض ان الاتصال قطع مع الارض اولا ثم تم ابعاد الساق عن الكرة قارن بين نوعي الشحنة علي الكرة في الطريقتين C & B



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:

- ارسم على الشكل توزيع الشحنات على الموصلين.
- 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 أربع خطوات يمكنك أن تكسب الموصلان في الشكل المجاور نفس المقدار والنوع من الشحنات الكهربائية دون لمسهما؟
الإجابة :

الخطوة الأولى: تقريب جسم مشحون ومزول عليهما	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 إبعاد ساق الأيونيت عن الكرة .

☒ تنلص الكرة بشحنة موجبة ☐ تبقى الكرة متعادلة
☐ تتلصن الكرة بشحنة سالبة ☐ 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 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 :

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

7- ابهما 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)

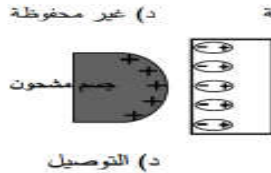


كرتان موصلتان ومتماثلتان شحنة الأولى $(-8\mu C)$ وشحنة الثانية $(+2\mu C)$ تلامست الكرتان ثم فصلتا (1) ما شحنة كل منهما بعد التلامس ولماذا ؟

(2) احسب عدد الإلكترونات التي انتقلت بين الكرتين وحدد اتجاه حركتها ؟

وضع جسم سالب الشحنة على مقربة من موصل غير مشحون ومتصل بالأرض أجب عن الفقرتين التاليتين

- (1) ما اسم عملية الشحن هذه .
 (أ) الدلك (ب) الحث (ج) التوصيل (د) الاستقطاب
- (2) ما نوع الشحنة التي يكتسبها الموصل :
 (أ) لا يمكن تحديدها (ب) موجبة (ج) سالبة (د) موجبة من جهة وسالبة من الجهة المقابلة
- (3) ماذا يحدث عندما يدلك قضيب مطاطي بقطعة فراء تعطيه شحنة سالبة ؟
 (أ) تنتزع البروتونات من القضيب (ب) يصبح الفراء سالباً أيضاً
 (ج) تضاف الإلكترونات إلى القضيب (د) يبقى الفراء متعادلاً
- (4) بعد ذلك قضيب زجاجي بالحري صار القضيب موجباً إذ :
 (أ) انتزعت الإلكترونات من القضيب (ب) أضيفت البروتونات إلى القضيب
 (ج) انتزعت البروتونات من القضيب (د) بقي الحري متعادلاً
- (5) أيها يُسهل أكثر نقل الشحنة :
 (أ) غير الموصلات (ب) شدة الموصلات (ج) الموصلات (د) العوازل
- (6) أيها يصف العوازل الكهربائية :
 (أ) الشحنات على سطحها لا تتحرك (ب) تتحرك الشحنات فيها بحرية أكثر
 (ج) لها قوة شد عالية (د) هي موصلة جيدة للحرارة
- (7) طريقة شحن الموصل بمجاورته لجسم آخر مشحون ومن ثم توصيل الموصل بالأرض تسمى :
 (أ) الشحن بالتماس (ب) الشحن بالاستقطاب (ج) الحث (د) التعادل
- (8) يمكن شحن الموصلات والعوازل بواسطة :
 (أ) التوصيل بالأرض (ب) الاستقطاب (ج) الحث (د) التوصيل
- (9) يعكس شحن العوازل يمكن شحن الموصلات بواسطة :
 (أ) التوصيل بالأرض (ب) الحث (ج) الاستقطاب (د) الاتصال
- (10) تحدث قوة التنافر بين شحنتين عندما :
 (أ) تختلف إشارتا الشحنتين (ب) يتساوى مقدارا الشحنتين (ج) تتشابه إشارتا الشحنتين (د) يختلف مقدارا للشحنتين
- (11) الشحنة الكهربائية :
 (أ) توجد فقط في الموصلات (ب) توجد فقط في العوازل (ج) محفوظة (د) غير محفوظة
- (12) يوضح الشكل المجاور الشحن بواسطة :
 (أ) التوصيل بالأرض (ب) الاستقطاب (ج) الاتصال (د) الحث
- (13) يمكن إحداث شحنة سطحية على العوازل بواسطة :
 (أ) التوصيل بالأرض (ب) الاستقطاب (ج) الحث (د) التوصيل

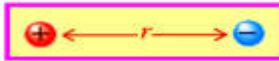


1.5 القوى الكهروستاتيكية – قانون كولوم :

القوة الكهربائية

- هي القوة التي تؤثر بها الشحنات الكهربائية على بعضها البعض .
- أنواعها : (1) تجاذب . (بين الشحنات المختلفة نوعاً)
 - (2) تنافر . (بين الشحنات المتشابهة)
 - خصائصها : (1) مجالية . (تؤثر عن بعد دون تماس)
 - (2) متبادلة . (كل من الشحنتين تؤثر على الأخرى)

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad \text{قانون كولوم :}$$



نص قانون كولوم :

مقدار القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين يتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقداريهما وعكسياً مع مربع البعد بينهما

k : ثابت كولوم (بالمتر) $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$ حيث أن
 q_1 : مقدار الشحنة الأولى q_2 : مقدار الشحنة الثانية .

ثابت كولوم (k) يعتمد على :

(أ) الوسط الفاصل بين الشحنتين .
 (ب) وحدات القياس المستخدمة .

اتجاه القوة

ينطبق على الخط الواصل بين الشحنتين أو امتداده كما في الشكل .



العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية :

(1) مقدار كل من الشحنتين . $(F \propto q_1 q_2)$ [القوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين]

(2) البعد بين الشحنتين . $(F \propto \frac{1}{r^2})$ [القوة تتناسب عكسياً مع مربع البعد بين الشحنتين]

(3) نوع الوسط الفاصل بين الشحنتين .

ملاحظات :

(1) قانون كولوم ينطبق على الشحانات النقطية والكروية فقط .

(2) $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ [قوة الأولى على الثانية تساوي وتعاكس قوة الثانية على الأولى حسب نيوتن الثالث قانون الفعل ورد الفعل]

و الصيغ التالية تبين ذلك :

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

• مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين

حيث الثابتين (ϵ_0, k) هما ثابت كولوم و السماحية الكهربائية للحيز المطلق ومقدارهما على الترتيب في الهواء

$$(\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2), (k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)$$

قانون كولوم

توصل العالم كولوم إلى أن القوة الكهربائية (F) المتبادلة بين شحنتين تعتمد على

(3) السماحية الكهربائية للحيز المطلق ϵ_0 يتغير مقدار القوة الكهربائية بتغير السماحية الكهربائية التحيز أو الوسط الفاصل بين الشحنتين عند ثبات بقية العوامل	(2) المسافة بين الشحنتين (r) تتناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة بين مركزي الشحنتين $(F \propto \frac{1}{r^2})$ عند ثبات بقية العوامل	(1) مقدار كل من الشحنتين (q_1, q_2) تتناسب القوة تناسباً طردياً مع حاصل ضرب مقداريهما $(F \propto q_1 q_2)$ عند ثبات بقية العوامل
---	---	--

في حالة وجود أكثر من شحنتين كهربائيتين (مبدأ التراكب)

اولاً : احسب جميع القوي F_1, F_2, F_3 المؤثرة على الشحنة المطلوب حساب محصلة القوي عليها

ثانياً : ارسم مخطط القوي لتحديد اتجاهات القوي المختلفة .

ثالثاً : حساب محصلة القوي :

اذا كانت القوتان بنفس الاتجاه	$F_R = F_1 + F_2$	اتجاه F_R يكون في نفس اتجاه F_1, F_2
اذا كانت القوتان متعاكستان	$F_R = F_1 - F_2$	اتجاه F_R يكون في نفس اتجاه F الاكبر
اذا كانت القوتان متعامدتان	$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$	اتجاه F_R يكون $\theta = \tan^{-1}(\frac{F_2}{F_1})$
اذا كانت القوتان غير متعامدتان	تحليل المتجهات	اتجاه F_R يكون $\theta = \tan^{-1}(\frac{F_2}{F_1})$

مثال 1 :

ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المبذولة بين البروتونين داخل نواة ذرة الهيليوم و تفصلهما مسافة مقدارها $2 \times 10^{-15} \text{ m}$ ؟

المعطيات :

$$Q_p = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad K = 8.99 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \quad r = 2 \times 10^{-15} \text{ m}$$

المطلوب : لاحظ ان نوع القوة هنا تنافر لانها بين شحنتين لهما نفس النوع

$$F = \text{?????}$$

القانون المستخدم :

$$F = k \frac{|q_p q_p|}{r^2} = \left(8.99 \cdot 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \right) \frac{(1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C})(1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C})}{(2 \cdot 10^{-15} \text{ m})^2} = 58 \text{ N}$$

مثال 2 :

ما مقدار القوة الكهروستاتيكية بين نواة الذهب و الكترون نواة الذهب الموجود في مدار نصف قطره $4.88 \times 10^{-12} \text{ m}$ مع العلم ان

العدد الذري لذرة الذهب = 79

المعطيات :

$$r = 4.88 \times 10^{-12} \text{ m} \quad k = 8.99 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \quad Q_N = 79 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$Q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

المطلوب : لاحظ ان الالكترون سالب و نواة الذهب موجبة الشحنة (قوة تجاذب)

$$F = \text{?????}$$

الحل :

$$F = k \frac{|q_e q_N|}{r^2} = \left(8.99 \cdot 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \right) \frac{(1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C})(79)(1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C})}{(4.88 \cdot 10^{-12} \text{ m})^2} = 7.63 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

مراجعة المفاهيم 1.7

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

(e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.



(إذا كان $|\vec{F}_{2 \rightarrow 3}| = 2|\vec{F}_{1 \rightarrow 3}|$)

- أي الشحنات متماثلة نوعا ؟

- ما نسبة $(|q_2| \text{ إلى } |q_1|)$ ؟

- إذا كانت الشحنة q_1 في حالة اتزان كهروستاتيكي عند موضعها فما نسبة $(|q_2| \text{ إلى } |q_3|)$ ؟

1) أوجد مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين $q_1 = +30 \mu\text{C}$ و $q_2 = -40 \times 10^{-6} \text{ C}$ اللتان تفصل بينهما مسافة 6 cm.
(استخدم $\frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} = 9 \times 10^9$ ، $1.0 \mu\text{C} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$).
$3 \times 10^3 \text{ N}$
$1.8 \times 10^2 \text{ N}$
$2 \times 10^3 \text{ N}$
$3 \times 10^4 \text{ N}$
2) أي من العبارات التالية صحيحة عن التوصيل الكهربائي ؟
تعتبر الفلزات موصلات جيدة للكهرباء
العوازل لديها مقاومة كهربائية متدنية
يعتبر السيليكون و الجرمانيوم من المواد فائقة التوصيل للكهرباء
تكون المقاومة الكهربائية للموصلات فائقة التوصيل تساوي صفر عند درجة حرارة الغرفة
3) افترض ان هناك جسم فلزي متعادل الشحنة . احد طرق اكسابه شحنة موجبة هي :
انتزاع بعض الالكترونات من الجسم
اضافة بعض الالكترونات من الجسم
اضافة بعض الذرات المتعادلة
قطع جزء من الجسم
4) في الشكل المجاور $q_1 = 10 \mu\text{C}$ ، $q_2 = -20 \mu\text{C}$ ، $q_3 = 30 \mu\text{C}$ تقاس المسافة علي المحور الافقي بالمتري
أوجد القوة الكهربائية المؤثرة علي الشحنة q_3 و الناتجة من الشحنتين q_1 و q_2

(استخدم $1.0 \mu C = 1.0 \times 10^{-6} C$, $k = 9 \times 10^9 \frac{N m^2}{C^2}$)	
1.05 N نحو اليسار	
1.05 N نحو اليمين	
1.05 N باتجاه محور y الموجب	
1.35 N نحو اليسار	

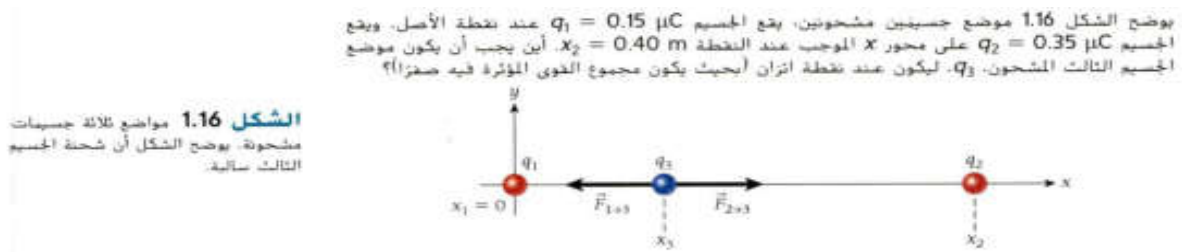
نقطة التعادل (الاتزان الكهروستاتيكي) :

هي النقطة التي تنعدم عندها القوة الكهربائية حيث تكون $F_{net} = 0$

حالات الاتزان الكهروستاتيكي :

- 1 - إذا كانت الشحنتين متساويتين في المقدار و من نفس النوع : نقطة التعادل تقع في منتصف المسافة بينهما .
- 2 - إذا كانت الشحنتين مختلفتين في المقدار و من نفس النوع : نقطة التعادل تقع بينهما و لكن تكون اقرب الي الشحنة الاقل مقدارا .
- 3 - إذا كانت الشحنتين مختلفتين في المقدار و النوع : نقطة التعادل توجد خارجهما و تكون اقرب الي الشحنة الاقل مقدارا .
- 4 - إذا كانت الشحنتين متساويتين في المقدار و مختلفتين في النوع : لا توجد نقطة تعادل .

مثال محلول :



الحل

لاحظ: ان q_1 و q_2 موجبتان لذلك نقطة الاتزان او التعادل يجب ان تكون بينهم و تكون اقرب لاصغر شحنة و تكون محصلة القوي عندها تساوي صفرا

$$|\vec{F}_{1 \rightarrow 3}| = |\vec{F}_{2 \rightarrow 3}|$$

عند نقطة الاتزان :

$$k \frac{|q_1 q_3|}{(x_3 - x_1)^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{(x_2 - x_3)^2}$$

$$\frac{q_1}{(x_3 - x_1)^2} = \frac{q_2}{(x_2 - x_3)^2}$$

$$q_1(x_2 - x_3)^2 = q_2(x_3 - x_1)^2$$

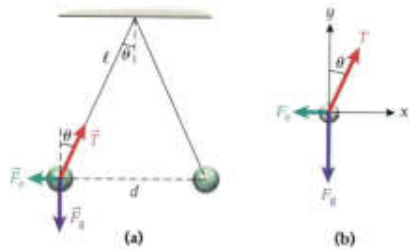
و بحل طرفي المعادلة معا و التعويض بالارقام نجد ان

$$x_3 = 0.16 \text{ m}$$

مثال محلول :

- كرتان مشحونتان تتدليان من السقف بحبلين عازلين متساويين $L = 1.50 \text{ m}$ وشحنت كل كرة بشحنة مقدارها $q = 25 \mu\text{C}$ ثم أصبحت الكرتان المتدليتان في وضع السكون . وصنع كل حبل زاوية مقدارها 25.0° مع المستوي الرأسي . ما كتلة كل من الكرتين ؟

الحل :



الشكل 1.17 (a) كرتان مشحونتان تتدليان من السقف في موضع اتزان. (b) مخطط الجسم الحر للكرة اليسرى المشحونة.

$$T \cos \theta - F_g = 0$$

و

$$T \sin \theta - F_e = 0$$

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

و

$$F_g = mg$$

$$\sin \theta = \frac{d/2}{L}$$

$$F_e = k \frac{q^2}{(2L \sin \theta)^2} = k \frac{q^2}{4L^2 \sin^2 \theta}$$

$$m = \frac{kq^2}{4gl^2 \sin^2 \theta \tan \theta}$$

بالتعويض في هذه المعادلة نجد ان الناتج

$$m = 0.764 \text{ kg}$$

1.6 قانون كولوم و قانون نيوتن في الجذب :

ملاحظات على القانونين

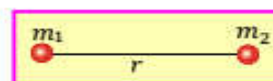
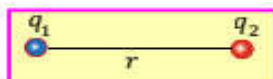
- قانون كولوم يصف القوة الكهروستاتيكية (التجاذب والتنافر) بين شحنتين كهربائيتين

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

- قانون نيوتن في الجذب يصف قوة الجاذبية بين كتلتين

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- تتناسب كلتا القوتين عكسيا مع مربع المسافة (قانون التربيع العكسي)

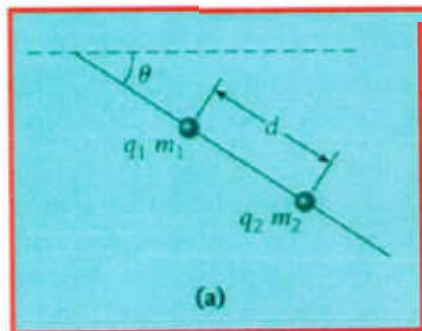


- في قانون كولوم تكون القوة تجاذب أو تنافر (الشحنتان نوعين) ، بينما قوة الجاذبية قوة تجاذب فقط (الكتلتان نوع واحد)

مدرسة ابن

مثال محلول :

خرزة شحنتها $q_1 = +1.28 \mu\text{C}$ ثابتة في مكانها على سلك عازل يصنع زاوية مقدارها $\theta = 42.3^\circ$ مع المستوى الأفقي (الشكل 1.20a). وتنزلق خرزة ثانية شحنتها $q_2 = -5.06 \mu\text{C}$ على السلك من دون احتكاك. وعند مسافة $d = 0.380 \text{ m}$ بين الخرزتين، تبلغ القوة المحصلة المؤثرة في الخرزة الثانية صفراً. ما مقدار الكتلة، m_2 ، للخرزة الثانية؟



الحل :

لكي يتحقق الإنزان يجب أن تكون القوة الكهروستاتيكية مساوية لقوة الجاذبية وبالتالي نستنتج

$$\frac{kq_1 q_2}{d^2} = m_2 g \sin \theta$$

$$m_2 = 0.0611 \text{ kg}$$

القوة الكهربائية	قوة الجاذبية	المقارنة
تجاذب و تنافر	تجاذب فقط	نوع القوى
قوى مجالية	قوى مجالية	مقدارها
كبيرة	صغيرة	القانون
$F_e = K_c \frac{q_1 q_2}{r^2}$	$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	الكميات الفيزيائية التي تعتمد عليها
• مقدار الشحنت [q] • المسافة بين الشحنتين [r]	• الكتلة [m] • المسافة بين الجسمين [r]	قانون التربيع العكسي
تخضع لقانون التربيع العكسي كما أوضح (كافنديش)	تخضع لقانون التربيع العكسي كما أوضح (نيوتن)	قيمة و وحدة الثابت
$K_c = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$	$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$	

لتقييم الشدة النسبية للقوتين بين الكترونيين نستخدم المعادلة

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{kq_e^2}{Gm_e^2}$$

تدريبات متنوعة :

موصلان كرويان ومتماثلان وضعا في الهواء بحيث كانت المسافة بين مركزيهما (0.3m) شحن أحدهما بشحنة $(12 \times 10^{-9} \text{ C})$ وشحن الآخر بشحنة $(-18 \times 10^{-9} \text{ C})$:

(1) احسب مقدار القوة الكهربائية التي تؤثر بها أحد الموصلين على الموصل الآخر وحدد نوعها .

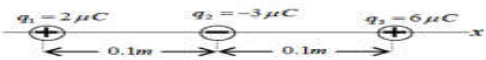


(2) على أي بعد بين الموصلين تصبح القوة الكهربائية بين الموصلين $(7.77 \times 10^{-6} N)$ ؟

س(4) شحنتان نقطيتان لهما نفس المقدار ونفس النوع وضعتا في الهواء على بعد $(0.03m)$ من بعضهما فكانت القوة الكهربائية المتبادلة بينهما $(40 N)$:

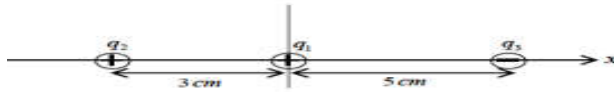
- (1) ما نوع القوة بين الشحنتين .
- (2) قارن بين قوة الشحنة الأولى على الثانية وقوة الثانية على الأولى ؟ فسر إجابتك .
- (3) احسب مقدار كل من الشحنتين .

س(5) وضعت ثلاث شحنت نقطية في الهواء على المحور (x) كما في الشكل احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة (q_3) ؟



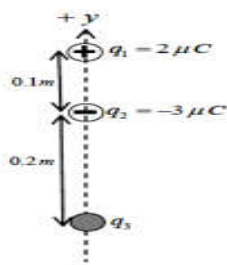
الحل :

س(6) ثلاث شحنت نقطية (q_3, q_2, q_1) تقع على المحور (x) عند المواضع $(x=0)$ و $(x=-3cm)$ و $(x=5cm)$ على الترتيب احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة الموضوعة عند نقطة الأصل (q_1) علماً بأن $(q_1 = 6 \mu C)$ و $(q_2 = 1.5 \mu C)$ و $(q_3 = -2 \mu C)$ ؟



الحل :

س(7) وضعت ثلاث شحنت نقطية على المحور (y) كما في الشكل إذا كانت محصلة القوة الكهربائية على الشحنة (q_1) تساوي $(4.2 N)$ باتجاه $(-y)$, احسب مقدار الشحنة (q_3) وحدد نوعها ؟



$$F_{21} = 8.99 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{0.1^2} = 5.4 N \quad (-y)$$

بما ان (F_R) أقل من (F_{21}) وينفس اتجاهها فهذا يعني أن (F_{21}) أكبر وتعاكس (F_{31}) .

$$F_R = F_{21} - F_{31}$$

$$4.2 = 5.4 - F_{31}$$

$$F_{31} = 1.2 N \quad (+y)$$

$$F_{31} = K_e \times \frac{|q_3||q_1|}{r^2}$$

$$1.2 = 8.99 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times q_3}{0.3^2}$$

$$q_3 = 6 \times 10^{-6} C \quad \text{موجبة}$$

الشحنة المتزنة :

إذا كان في السؤال إحدى الشحنت متزنة , (q_1) مثلاً فهذا يعني أن :

* محصلة القوة عليها تساوي صفراً $(F_R = 0)$.

* $(F_{21} = F_{31})$ ومتعاكستان في الاتجاه .

تدريبات متنوعة على قانون كولوم

تدريب (1) إذا كانت الكرة A مشحونة بشحنة مقدارها $6\mu C$ وموضوعة على بعد $4cm$ إلى يسار كرة أخرى B مشحونة بشحنة مقدارها $-3\mu C$ - اجب عما يلي :-

1- احسب مقدار واتجاه القوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A

2- إذا وضعت كرة ثالثة C مشحونة بشحنة مقدارها $+1.5\mu C$ مباشرة أسفل الكرة a وعلى بعد $3cm$ منها . فما مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A ؟

تدريب (2) تفصل مسافة مقدارها $0.30m$ بين شحنتين الأولى سالبة ومقدارها $2 \times 10^{-4} C$ والثانية موجبة ومقدارها $8 \times 10^{-4} C$ احسب القوة المتبادلة بين الشحنتين ؟

تدريب (3) إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+3 \times 10^{-5} C$ و $+8 \times 10^{-5} C$ تساوي $2.4 \times 10^{-5} N$ فاحسب مقدار المسافة بينهما ؟

تدريب (4) إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الأخرى بقوة تنافر مقدارها $6.4 \times 10^{-6} N$ وذلك عندما كانت أحدهما تبعد عن الأخرى مسافة $3.8 \times 10^{10} m$ فاحسب شحنة كل منهما ؟



تدريب (5) يوضح الشكل كرتين مشحونتين موجبتين شحنة إحداهما تساوي ثلاثة أضعاف شحنة الأخرى والمسافة بين مركزيهما $16cm$ إذا كانت القوة المتبادلة بينهما $0.28N$ فاحسب مقدار الشحنة على كل منهما ؟

تدريب (6) إذا لامست كرة فلزية صغيرة شحنتها $1.2 \times 10^{-5} \text{ C}$ كرة مماثلة متعادلة ثم وضعت على بعد 0.15m منها فاحسب القوة الكهربائية بين الكرتين ؟

تدريب (7) كرتان متماثلتان مشحونتان المسافة بين مركزيهما 12cm فإذا كانت القوة الكهربائية بينهما 0.28N فما شحنة كل كرة ؟

تدريب (8) تؤثر قوة مقدارها 0.36N في كرة صغيرة شحنتها $2.4 \mu\text{C}$ وذلك عند وضعها على بعد 5.5cm من مركز كرة ثانية مشحونة بشحنة غير معروفة ما مقدار شحنة الكرة الثانية ؟

تدريب (9) وضعت الشحنتان $+4 \mu\text{C}$ و $-9 \mu\text{C}$ على بعد 12cm من بعضهما احسب :-
1- مقدار القوة التي تؤثر بها احدي الشحنتين على الشحنة الاخرى

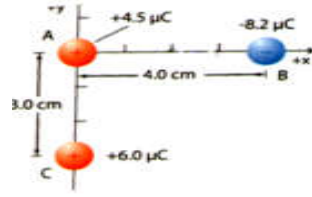
2- أين يجب وضع شحنة ثالثة q_3 بحيث تنعدم محصلة القوي المؤثرة عليها ؟

تدريب (10) وضعت الكرة A التي تحمل شحنة مقدارها $+64 \mu\text{C}$ عند نقطة الأصل ووضعت كرة ثانية B تحمل شحنة مقدارها $-16 \mu\text{C}$ عند النقطة +1.00m على محور x اجب عن الأسئلة التالية

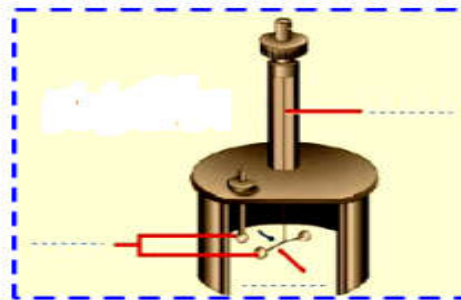
1- أين يجب وضع كرة ثالثة c شحنتها $+12 \mu\text{C}$ بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها تساوي صفرا ؟

2- إذا كانت شحنة الكرة الثالثة C تساوي $+6 \mu\text{C}$ فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوي المؤثرة فيها تساوي صفرا ؟

3- إذا كانت شحنة الكرة الثالثة $-12 \mu\text{C}$ فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوي المؤثرة فيها صفرا ؟



تدريب (11) وضعت ثلاث كرات مشحونة كما بالشكل اوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B



1 - الشكل التالي يمثل الجهاز الذي استخدمه شارل كولوم :

A - ما اسم الجهاز ؟

B - أكمل على الرسم مما يتركب الجهاز ؟

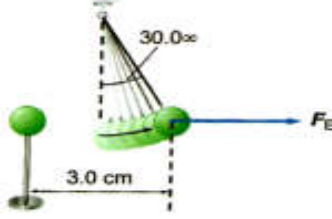
C - ما الذي لاحظته بعد اجراء تجربته ؟

D - ما الذي استنتجه كولوم ؟

E - ما القاتون الذي لخص النتائج التي استنتجها كولوم ؟ و ما نصه ؟



تدريب (12) يوضح الشكل كرتي نخاع البيلسان كتلة كل منهما 1.0g وشحنتاهما متساويتان أحدهما معلقة بخيط عازل والاخرى قريبة منها ومثبتة على حامل عازل والبعد بين مركزيهما 3.0cm فإذا انزلت الكرة المعلقة عندما شكل الخيط العازل الذي يحملها زاوية مقدارها 30.00 مع الراسي فاحسب كل من :-



1) المؤثرة في الكرة المعلقة F_E

2) F_E المؤثرة في الكرة المعلقة

3) الشحنة على كل من الكرتين

تدريب (13) شحنتان كهربيتان q_1, q_2 كولوم تفصل بينهما مسافة r (m) والقوة الكهربائية بينهما F (N) اوجد مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين الكهربيتين بدلالة F في الحالات التالية :-

1- زيادة مقدار q_1 إلى الضعف

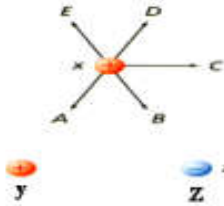
2- تقليل مقدار كل من q_1, q_2 إلى النصف

3- زيادة المسافة الفاصلة بين الشحنتين إلى الثلاثة أضعاف

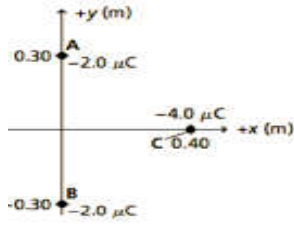
4- زيادة مقدار الشحنة q_1 إلى الثلاثة أضعاف وزيادة المسافة الفاصلة بين الشحنتين إلى الضعف

5- عند مضاعفة q_1 و r ثلاث مرات

تدريب (14) A و B و C و D أربعة أجسام مشحونة فإذا علمت أن الجسم A يتنافر مع الجسم B والجسم B يتجاذب مع الجسم C والجسم C يتنافر مع الجسم D فما نوع شحنة الجسم A إذا كانت شحنة الجسم D موجبة فسر إجابتك ؟

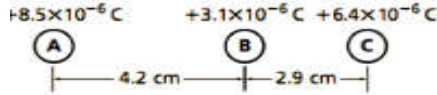


تدريب (15) ثلاث كرات مشحونة بالمقدار نفسه إما أنواعها فموضحة بالشكل الكرتان Y و Z ثابتتان في مكانيهما أما الكرة X فهي حرة الحركة والمسافة بين الكرة X وكل من الكرتين Y و Z في البداية متساوية حدد المسار الذي ستبدأ الكرة X في سلوكه بفرض أنه لا توجد قوى أخرى تؤثر في الكرات



تدريب (16) في الشكل الموضح احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة C من قبل الشحنتين A, B.

تدريب (17) احسب القوة المحصلة على الشحنة B



تدريب (18) اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يلي:

1- إذا كانت F هي القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربيتين تفصلهما مسافة r فإذا زادت المسافة بين الشحنتين إلى الثلاثة أضعاف تصبح القوة مساوية :-

- (1) $\frac{F}{9}$ (2) $\frac{F}{3}$ (3) 3F (4) 9F

2- ثلاث موصلات كروية متماثلة ومعزولة A, B, C فإذا تم لمس كل من الموصلين الكرويين المعزولين C, B غير المشحونين كل في حدة بالموصل الكروي المعزول A والذي يحمل شحنة كهربية مقدارها q فإن الشحنة النهائية للموصل الكروي A تصبح :

- (1) q (2) $\frac{q}{2}$ (3) $\frac{q}{3}$ (4) $\frac{q}{4}$

3- شحنتان كهربائيتان (q و 2q) موضوعتان في الهواء وتصل بينهما مسافة (r) فإذا كانت القوة المؤثرة على الشحنة الصغرى تساوي F شرقاً فإن القوة المؤثرة على الشحنة الكبرى تساوي:

- (1) 2F غرباً (2) 2F شرقاً (3) 0.5F غرباً (4) F غرباً

4- كرتان متماثلتان B و A يحملان شحنتان كهربيتان موجبتان كما بالشكل المجاور فإذا كانت القوة الكهربائية المؤثرة على الكرة A بسبب الكرة B هي 2.4N فإن القوة الكهربائية المؤثرة على الكرة B بسبب الكرة A تساوي

- (1) 1.2N (2) 2.4N (3) 4.8N (4) 9.6N

س19) معتمداً على البيانات في الشكل المجاور احسب مقدار الشحنة (q_2) وحدد نوعها إذا علمت أن الشحنة (q_1) متزنة .

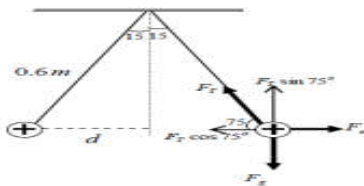


س20) يوضح الشكل المجاور موضع جسمين مشحونين : يقع الجسم ($q_1 = 0.15 \mu C$) عند نقطة الأصل , ويقع الجسم ($q_2 = 0.35 \mu C$) على محور X الموجب عند النقطة ($X_2 = 0.40m$)

✓ أين يجب وضع شحنة ثالثة , بحيث يكون مجموع القوى المؤثرة في الجسم تساوي صفر)



س21) كرتان صغيرتان من نخاع البيلسان وزن كل منهما ($0.05N$) غلقت كل من الكرتين بخيط خفيف طوله ($0.6m$) ثم ثبت طرفا الخيطين الحريين إلى النقطة نفسها وعند شحن الكرتين بشحنتين متماثلتين تنافرتا بحيث صارت الزاوية بين الخيطين (30°) احسب مقدار الشحنة على كل من الكرتين .



حساب البعد بين الشحنتين

$$\sin 15^\circ = \frac{d}{0.6} \Rightarrow d = 0.15m$$

$$r = 2d = 2 \times 0.15 = 0.3m$$

الحل :
قوة الجاذبية (F_g) والكهربائية (F_e) وشد الخيط (F_t) .
نحلل أولاً قوة الشد (F_t) إلى مركبتين متعامدتين كما في الشكل .

بما أن الكرة متزنة فإن : ($\sum \vec{F}_y = 0$)

$$F_t \sin 75^\circ = F_g$$

$$F_t = \frac{0.05}{\sin 75^\circ} = 0.052 N$$

$$(\sum \vec{F}_x = 0)$$

$$F_e = F_t \cos 75^\circ$$

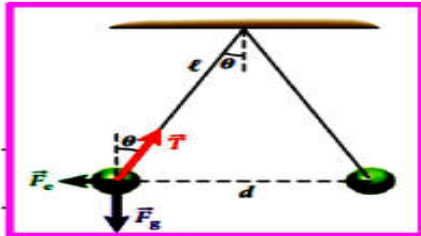
$$= 0.052 \cos 75^\circ = 0.013 N$$

$$F_e = k_e \frac{q^2}{r^2}$$

$$0.013 = \frac{8.99 \times 10^9 \times q^2}{0.3^2}$$

$$q = 3.6 \times 10^{-7} C$$

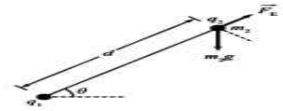
س22) كرتان مشحونتان تتدليان من السقف بحبلين عازلين متساويين في الطول . $L = (1.50 m)$, وشحنت كل كرة بشحنة مقدارها $q = 25 \mu C$ ثم أصبحت الكرتان المتدليتان في وضع السكون . وصنع كل حبل زاوية مقدارها (25.0°) مع المستوى الرأسي . ما كتلة كل من الكرتين ؟



$$m = \frac{kq^2}{4gl^2 \sin^2 \theta \tan \theta}$$

خرزة شحنتها ($q_1 = 1.27\mu\text{C}$) ثابتة في مكانها على طرف سلك يصنع زاوية مقدارها (51.39°) مع المستوى الأفقي . وتتعلق خرزة ثانية كتلتها ($m_2 = 3.77\text{g}$) وشحنتها ($q_2 = 6.79\mu\text{C}$) . على السلك من دون احتكاك .

ما المسافة d التي تتوازن عندها قوة الجاذبية المؤثرة في m_2 مع القوة الكهروستاتيكية بين الخرزتين ؟
(اعمل قوة الجاذبية بين الخرزتين)



س يدور إلكترون ذرة الهيدروجين حول النواة في مدار دائري نصف قطره حواشي $0.53 \times 10^{-11} \text{ m}$. $0.53 \times 10^{-11} \text{ m}$. جت مقدار القوة الكهربائية ومقدار قوة الجاذبية المتبادلة بين بروتون وإلكترون ذرة الهيدروجين .

$$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

علما بأن :

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$$

س : افترض ان الأرض والقمر اكتسبا شحنتين موجبتين متساويتين في المقدار .

ما مقدار الشحنة اللازمة لإنتاج قوة تنافر كهروستاتيكية تساوي 1.00% من قوة الجاذبية بين الجسمين ؟

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

1- 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

2- 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

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



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

4- قريب 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

5- 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

6- 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

7- أي من الآتية يمثل الشحنة الأساسية ؟

- ☐ شحنة 1.6 إلكترون ☐ شحنة 1.6 × 10⁻¹⁹ C
☐ شحنة 1.0 × 10⁻⁶ C ☐ شحنة بروتون واحد

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



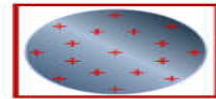
- ☐ سالبة و طريقة الشحن التوصيل ☐ سالبة و طريقة الشحن الحث
☐ موجبة و طريقة الشحن التوصيل ☐ موجبة و طريقة الشحن الحث

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 ☐ تحمل شحنة موجبة
☐ تحمل شحنة سالبة ☐ تحمل شحنة موجبة و سالبة متساوية

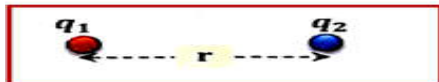
14- أي الآتية يكافئ وحدة الكولوم (C) ؟

- ☐ A.S ☐ A.S⁻¹ ☐ A.S⁻² ☐ S.A⁻¹

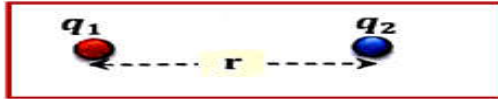
15- أي الآتية وحدة لقياس كمية الشحنة الكهربائية ؟

- ☐ النيوتن ☐ الكولوم ☐ الفولت ☐ الأمبير

16- يؤثر في الشحنة النقطية (q₁) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q₁) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (2r) ؟



- ☐ F ☐ 2F ☐ 1/2 F ☐ 1/4 F



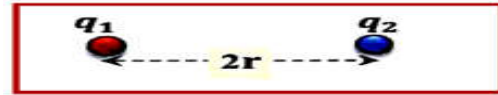
17- يؤثر في الشحنة النقطية (q_2) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_2) إذا أصبح البعد بين الشحنتين ($3r$) ؟

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



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) ؟

$\frac{1}{4}F$ ☐ $2F$ ☐ $4F$ ☐ F ☐



تربت 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 ؟

مسائل



1 (شحنتان كهربائيتان نقطيتان وضعتا كما في الشكل المجاور .
اعتماداً على الشكل و البيانات التي عليه .
احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (4.0 nC) و حدد اتجاهها على الرسم .

$5 \times 10^{-5}\text{ N}$



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

- ☐ الجسم موصل وشحن يفقده الإلكترونات. ☐ الجسم موصل وشحن يكتسبه الإلكترونات .
☐ الجسم عازل وشحن يفقده الإلكترونات. ☐ الجسم عازل وشحن يكتسبه الإلكترونات .

21- قريت ساق مشحونة من موصلين (A و B) ووضعت كما في الشكل المجاور، عند ابعاد الموصل B وجد أنه يحمل شحنة سالبة ، ما نوع شحنة الساق و ما طريقة شحن الموصلين ؟



شحنة الساق	طريقة الشحن	
موجبة	التوصيل	☐
سالبة	التوصيل	☐
موجبة	الحث	☐
سالبة	الحث	☐

22- يؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية ($15 N$) ، عند تغير البعد بين الشحنتين أصبحت القوة الكهربائية المؤثرة فيها ($30 N$) ، كم أصبح البعد بين الشحنتين ؟

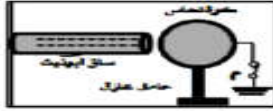


- ☐ 3.0 cm ☐ 17 cm
☐ 4.2 cm ☐ 8.5 cm

23- شحنت قطعة من مادة ما بطريقة الاستقطاب ، نستنتج من ذلك أن القطعة :
من المواد الموصلة ، من المواد العازلة ، اكتسبت شحنات كهربائية ، فقدت شحنات كهربائية

24- أي مما يلي لا يمكن بواسطتها شحن ساق من الالبونيت ؟
طريقة الدلك ، طريقة الحث ، طريقة الاستقطاب ، طريقتي الاستقطاب والدلك

25- إذا كان جسم مشحون بشحنة كهربائية سالبة، فإن شحنته يمكن أن تعادل شحنة :
 $+3e$ ، $-3e$ ، $+1.6e$ ، $-1.6e$



26- في الشكل المجاور بعد فتح المفتاح (م) ثم ابعاد ساق الالبونيت عن الكرة
تبقى الكرة متعادلة ، تشحن الكرة بشحنة موجبة ، لا يمكن معرفة شحنة الكرة ، تشحن الكرة بشحنة سالبة

27- أي مما يلي يدل على التعبير الصحيح لمفهوم كمية الشحنة الكهربائية ؟
شحنة الجسم عدد صحيح من الشحنة $+1C$ ، شحنة الجسم عدد غير صحيح من الشحنة الأولية
شحنة الجسم عدد صحيح من الشحنة $-1C$ ، شحنة الجسم عدد صحيح من الشحنة الأولية

- 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 يفقده الالكترونات .
- ☐ الجسم موصل غير مجوف و شحن يفقده الالكترونات .
- ☐ الجسم موصل مجوف و شحن يكتسبه الالكترونات .
- ☐ الجسم عازل و شحن يكتسبه الالكترونات .

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



شحنة قرص الكشاف	شحنة ورقتي الكشاف	
سالية	موجبة	☐
سالية	سالية	☐
موجبة	سالية	☐
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

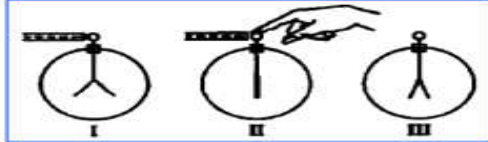
ذلك ساق من الزجاج بقطعة من الحرير ففقد ساق الزجاج 10^{11} الكترون ، لذلك فإن الشحنة الكلية لقطعة الحرير تساوي

- ☐ $-16nC$ ☐ $+16nC$
☐ $+16\mu C$ ☐ $-16\mu C$

كشاف كهربائي غير مشحون ومعزول قرب من قرصه موصل مشحون موجبة دون ان يلامسه. فيكون

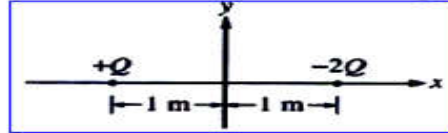
- ☐ الكشاف مشحون بشحنة سالبة وورقاته منفرجان ☐ الكشاف غير مشحون وورقاته منفرجان بشحنة سالبة
☐ الكشاف مشحون بشحنة سالبة وورقاته منطبقتان ☐ الكشاف غير مشحون وورقاته منفرجان بشحنة موجبة
☐ كشاف معزول قرب منه موصل مشحون بشحنة موجبة دون ان يلامسه ، تم لمس قرص الكشاف باليد (تأرض) فإن الكشاف.
☐ مشحون بشحنة سالبة وورقاته منفرجان ☐ مشحون بشحنة سالبة وورقاته منطبقتان
☐ مشحون بشحنة موجبة وورقاته منفرجان ☐ مشحون بشحنة موجبة وورقاته منطبقتان

كشاف كهربائي غير مشحون ومعزول في الحالة I قرب منه جسم مشحون بشحنة سالبة دون تلامس وبالحالة الثانية II تم لمس قرص لكشاف والمؤثر موجود ثم ابعد كل من اليد والمؤثر بناء عليه فإن ورقتي الكشاف تكون شحنتها



- ☐ موجبة في الحالتين I و III
☐ سالبة في الحالتين I و III
☐ موجبة في الحالة I وسالبة في الحالة III
☐ سالبة في الحالة I وموجبة في الحالة III

الشحنة $+Q$ تقع على المحور x وعند $x = -1m$ والشحنة $-2Q$ تقع عند النقطة $x = +1m$ كما هو مبين بالشكل، اين توضع شحنة $+q$ بحيث تكون محصلة القوة الكهربائية المؤثرة عليها تساوي صفر عند الموقع



- ☐ $-(3 + \sqrt{8})m$
☐ $1/3m$
☐ $-1/3m$
☐ $(3 + \sqrt{8})m$

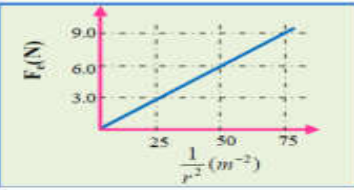
من الشكل المجاور اذا كانت القوة التي تؤثر بها الشحنة $(3q)$ على الشحنة $(-q)$ يساوي $12N$ فإن القوة التي تؤثر بها الشحنة



- ☐ $12N$
☐ $3N$

$(-q)$ على الشحنة $(3q)$ يساوي:

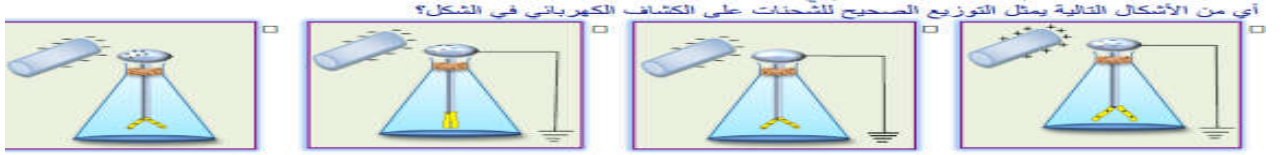
- ☐ $4N$
☐ $36N$



الشكل المجاور يبين العلاقة البيانية بين القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين متماثلتين ومقلوب مربع البعد بينهما. ان مقدار شحنة كل منهما تساوي

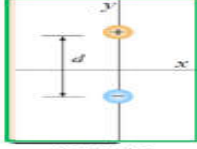
- ☐ $1.82\mu C$
☐ $0.3\mu C$

- ☐ $0.91\mu C$
☐ $3.65\mu C$



$F=6\text{ N}$
 $q_2=-3q$
 $q_1=+q$

إذا أثرت الشحنة $q_1=+q$ على الشحنة $q_2=-3q$ بقوة $F=6\text{ N}$ نحو اليمين فما القوة التي تؤثر بها الشحنة q_2 على الشحنة q_1 ؟
☐ 18 N لليسار. ☐ 6 N لليسار. ☐ 18 N لليمين. ☐ 2 N لليمين.



شحنتان نقطيتان موضوعتان بالهواء $q_1 = +2e$ و $q_2 = -2e$ حيث $(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$ والبعد بينهما $d = 10^{-9} \text{ m}$ إن مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على الشحنة q_2
☐ $9.22 \times 10^{-10} \text{ N}$ باتجاه $-y$. ☐ $3.6 \times 10^{-28} \text{ N}$ باتجاه $+y$.
☐ $3.6 \times 10^{-28} \text{ N}$ باتجاه $-y$. ☐ $9.22 \times 10^{-10} \text{ N}$ باتجاه $+y$.

(1) الشكل المجاور يُبين موصلًا كرويًا معزولاً تم توصيل سطحه بقرص كشاف كهربائي وبقيت ورقتنا الكشاف منطقتين. أي العبارات الآتية تصف سلوك ورقتي الكشاف عند وضع ساق بلاستيكية تحمل شحنة سالبة بالقرب من الموصل الكروي دون أن يلامسه؟

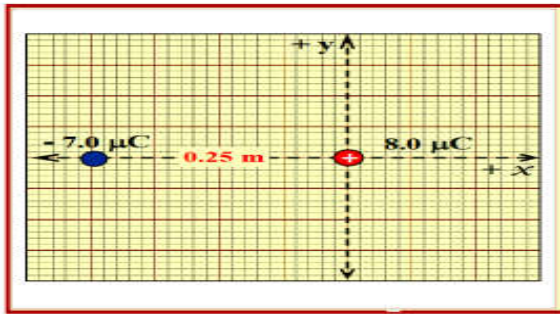


- تبقى ورقتا الكشاف منطقتان
- تتجاذب ورقتا الكشاف لاكتسابهما شحنتان مختلفتان
- تتفرج ورقتا الكشاف وشحنتاهما موجبتان
- تتفرج ورقتا الكشاف وشحنتاهما سالبتان

(2) تؤثر الشحنة q_1 في الشحنة q_2 بقوة كهربائية مقدارها F بالاتجاه المبين على الشكل المجاور. أي صفوف الجدول الآتي يُبين مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة q_1 ؟

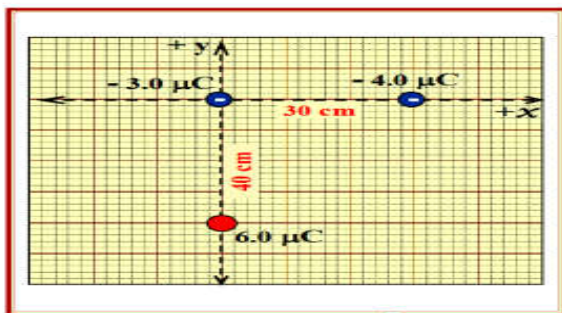


اتجاه القوة	مقدار القوة	
نحو اليمين	$5F$	أ.
نحو اليسار	$5F$	ب.
نحو اليمين	F	ج.
نحو اليسار	F	د.



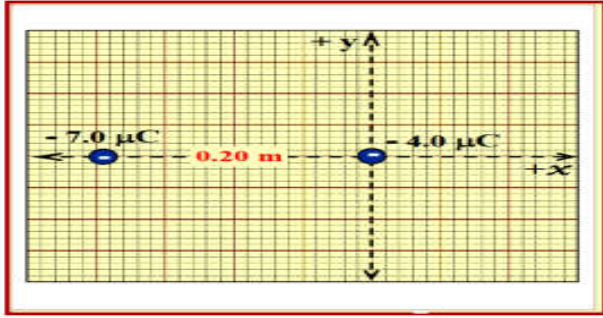
(2) شحنتان كهربائيتان نقطيتان وضعتا كما في الشكل المجاور ، اعتماداً على الشكل و البيانات التي عليه احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة $(-7.0 \mu\text{C})$ وحدد اتجاهها على الرسم .

8N



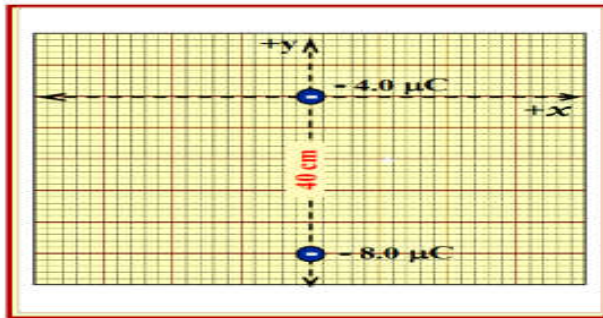
(3) شحنتان كهربائيتان نقطيتان وضعتا كما في الشكل المجاور ، اعتماداً على الشكل و البيانات التي عليه احسب مقدار القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة في الشحنة $(-3.0 \mu\text{C})$ وحدد اتجاهها على الرسم .

1.56N



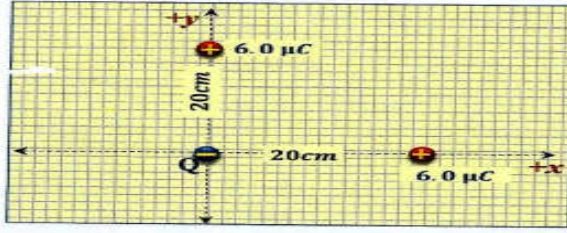
(4) شحنتان كهربائيتان نقطيتان وضعتا كما في الشكل المجاور ، اعتماداً على الشكل و البيانات التي عليه احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة ($-4.0 \mu\text{C}$) وحدد اتجاهها على الرسم .

6.3N



(5) شحنتان كهربائيتان نقطيتان وضعتا كما في الشكل المجاور ، اعتماداً على الشكل و البيانات التي عليه احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة ($-4.0 \mu\text{C}$) وحدد اتجاهها على الرسم .

1.8N



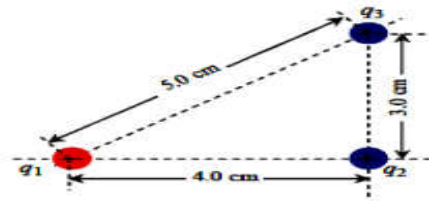
وضعت ثلاث شحنات كهربائية نقطية كما في الشكل المجاور، إذا كانت القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة بالشحنة Q (6.0 N) .

25- أوجد اتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة Q .
(ارسم متجهات القوة و احسب الزاوية بين متجه القوة المحصلة والمحور x)

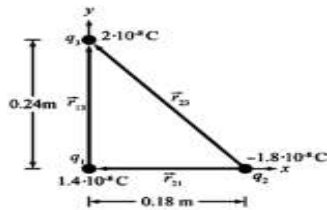
26- احسب مقدار الشحنة Q .

27- احسب شدة المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة Q وحدد اتجاهه على الرسم .

تدريبات متنوعة



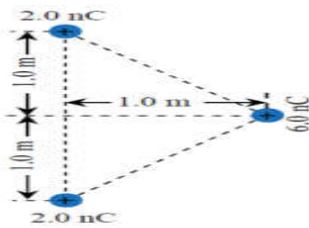
وُضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث، كما يظهر في الشكل 8-1، إذا كانت $q_1 = -6.00 \text{ nC}$ ، $q_2 = +2.00 \text{ nC}$ ، $q_3 = 5.00 \text{ nC}$. جـ مقدار القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة q_2 .



لـ : وضعت شحنة ($q_1 = 1.40 \times 10^{-8} \text{ C}$) عند نقطة الأصل . ووضعت الشحنتان ($q_2 = -1.80 \times 10^{-8} \text{ C}$) و ($q_3 = 2.10 \times 10^{-8} \text{ C}$) عند النقطتين (0.18m)، (0.24m) على التوالي كما هو موضح في الشكل .

أوجد محصلة القوة الكهروستاتيكية (المقدار والاتجاه) المؤثرة في الشحنة q_3

❖ في لحظة الانشطار النووي، تنقسم نواة اليورانيوم ^{235}U التي تحتوي على 92 بروتوناً إلى نواتين جديدتين بهما عدد البروتونات نفسه ونصف قطر كل منهما $5.9 \times 10^{-15} \text{ m}$. ما مقدار قوة التناثر بينهما؟



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

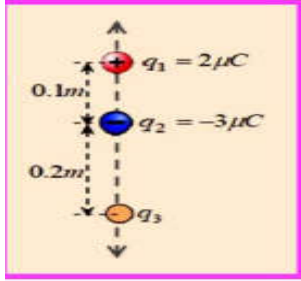


❖ وُضعت ثلاث شحنات نقطية في الهواء على المحور x كما في الشكل 33-1 جـ مقدار القوة التي تؤثر في الشحنة $6.0 \mu\text{C}$.

س15) وضعت ثلاث شحنات نقطية في الهواء على المحور (x) كما في الشكل احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة (q_3) ؟

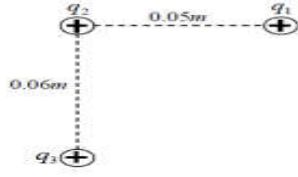


س16) ثلاث شحنات نقطية (q_3, q_2, q_1) تقع على المحور (x) عند المواضع ($x=0$) و ($x=-3\text{ cm}$) و ($x=5\text{ cm}$) على الترتيب احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة الموضوعة عند نقطة الأصل (q_1) علماً بأن ($q_1 = 6\text{ μC}$) و ($q_2 = 1.5\text{ μC}$) و ($q_3 = -2\text{ μC}$) ؟



س17) وضعت ثلاث شحنات نقطية على المحور (y) كما في الشكل إذا كانت محصلة القوة الكهربائية على الشحنة (q_3) تساوي (4.2 N) باتجاه $-y$ ، وكانت ($F_{21} = 5.4\text{ N}$) باتجاه $-y$ فاوجد مقدار القوة الكهربائية التي تؤثر بها الشحنة (q_3) على الشحنة (q_1) وحدد نوع الشحنة (q_3) ؟

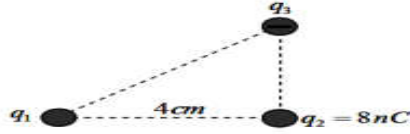
س18) وضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث كما يظهر في الشكل إذا كانت $(q_1 = +5 \text{ nC})$ و $(q_2 = +2 \text{ nC})$ و $(q_3 = +8 \text{ nC})$ فأجب عما يلي :



1) احسب مقدار القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة (q_3) .

2) حدد اتجاه حركة الشحنة (q_3) بالنسبة لمحور (x) إذا سُمح لها بالحركة .

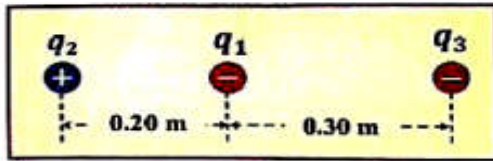
س19) وضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث قائم الزاوية كما في الشكل . إذا كانت القوة التي تؤثر بها الشحنة (q_2) على الشحنة (q_3) تساوي $(1 \times 10^{-4} \text{ N})$ وكانت محصلة القوة على الشحنة (q_2) تساوي $(1.35 \times 10^{-4} \text{ N})$ باتجاه شمال غرب :



1) حدد نوع كل من الشحنتين (q_2) و (q_1) ؟

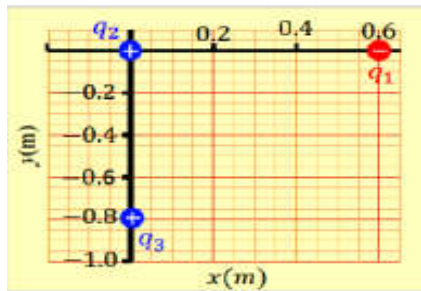
2) احسب مقدار الشحنة (q_1) .

س20 وضعت ثلاث شحنات نقطية 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 $(q_3 = -2.0 \times 10^{-6} C)$ و
 1) احسب مقدار محصلة القوى الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_1) .



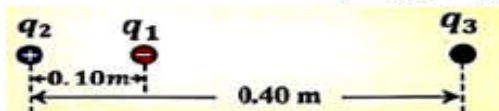
2) إذا أبعدت الشحنة (q_2) نهائياً عن الشحنتين (q_1, q_3) فهل تزداد القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_1) أم تقل أم لا تتغير ؟ برر إجابتك .

س21 وضعت الشحنات (q_3, q_2, q_1) متجاورات في الفراغ كما هو مبين في الشكل المجاور ، إذا كانت $(q_3 = +6 \times 10^{-8} C)$ ، $(q_2 = +8 \times 10^{-8} C)$ ، $(q_1 = -4 \times 10^{-8} C)$:
 1) جد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_2) .

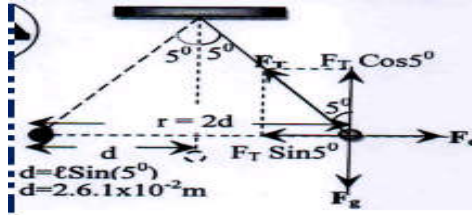


2) إذا أبعدت الشحنة (q_3) نهائياً عن الشحنة (q_2) مع بقاء (q_1) في مكانها فهل يزداد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في (q_2) أم يقل أم يبقى ثابتاً ، ولماذا ؟

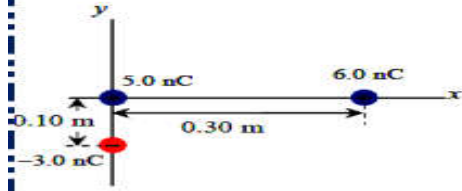
س22 في الشكل المجاور الشحنات النقطية الثلاث موضوعة في الفراغ ، إذا كانت $(q_1 = -2.0 \times 10^{-6} C)$ و $(q_2 = +4.0 \times 10^{-6} C)$ وكانت محصلة القوى الكهربائية في الشحنة (q_1) تساوي صفراً :



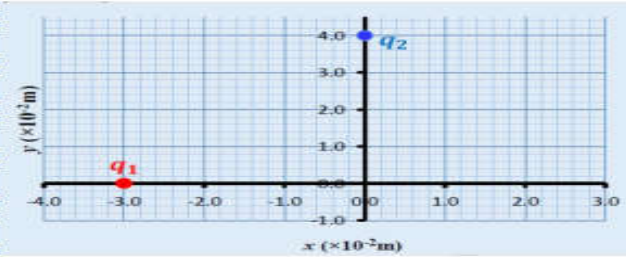
1) جد كمية الشحنة (q_3) .
 2) إذا زيدت كمية كل من الشحنتين (q_3, q_2) إلى مثلي ما كان عليه فهل تبقى الشحنة (q_1) في حالة اتزان ؟ برر إجابتك .



- ❖ كرتان معدنيتان صغيرتان، كتلة كل منهما 0.20 g، تتدليان كالبندول من النقطة نفسها بواسطة خيط خفيف. شحنتا كهربائيتا بنفس نوع الشحنة ومقاديرها، فأصبحتا في حالة اتزان بعد أن مال كل خيط بزاوية 5.0° مع الرأس. ما مقدار شحنة كل منهما إذا كان طول الخيط 30.0 cm

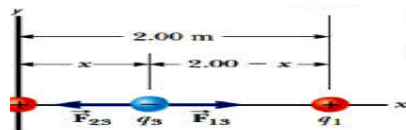
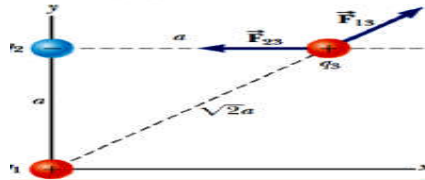


- ❖ وُضعت ثلاث شحنت نقطية في الهواء كما في الشكل 36-1 جـ:
أ. شدة المجال الكهربائي عند نقطة أصل الإحداثيات.
ب. القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة 5.0 nC.



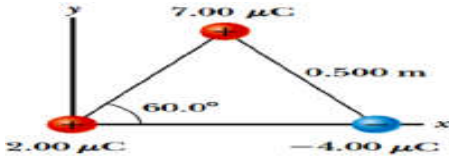
- ❖ يظهر الشكل شحنتان نقطيتان $(q_1 = -4.0 \times 10^{-12} C)$ و $(q_2 = +16 \times 10^{-12} C)$ ، إذا كان الهواء يحيط بالشحنتين، احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_1) .

- ❖ اعتبر ان هناك ثلاثة شحنت 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 $a = 0.100 m$. أوجد القوة المحصلة المؤثرة على q_3 .

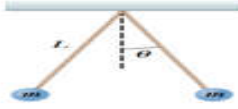


- ❖ الشكل 8.1 ثلاثة شحنت نقطية موضوعة على محور x، اذا القوة المحصلة على الشحنة q_3 تساوي صفر، والقوة F_{13} المبدولة بواسطة الشحنة q_1 على الشحنة q_3 يجب ان تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة F_{23} المبدولة بواسطة الشحنة q_2 على الشحنة q_3 .

$$x = 0.775 m$$

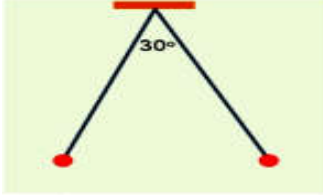


ثلاثة جسيمات مشحونة موضوعة على أركان مثلث متساوي الاضلاع كما هو موضح في الشكل P1.13. احسب محصلة القوة الكهربائية على الشحنة $7.00\mu\text{C}$.

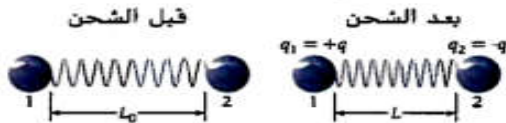


كرتين معدنيتين صغيرتين كتلة كل كرة $m=0.200\text{g}$ ، علقتا كيندول بواسطة خيط رفيع طوله L كما هو موضح في الشكل P1.10. أعطى للكرتين نفس الشحنة ومقدارها 7.2nC ، وأصبحتا في حالة اتزان عندما كانت زاوية كل خيط هي $\theta=5.00^\circ$ مع الرأس. ما مقدار طول الخيط؟

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



كرتان صغيرتان من نخاع البيلسان وزن كل منهما (0.05 N) علق كل من الكرتين بطرف خيط خفيف طوله (0.6 m) ثم ثبت طرفا الخيطين الحريين إلى النقطة نفسها وعُدد شحن الكرتين بشحنتين متماثلتين تنافرتا بحيث صارت الزاوية بين الخيطين (30°) احسب كمية الشحنة على كل كرة من كرتي نخاع البيلسان .

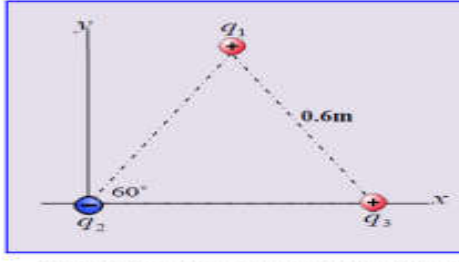


وصلت كرتان فلزيّتان غير مشحونتين $(1, 2)$ بواسطة زنبرك عازل طوله $(L = 1.00 \text{ m})$ وثابت الزنبرك $K = (25.0 \text{ N/m})$ كما هو موضح بالشكل . ثم اكتسبت الكرتان الشحنتين $(+q, -q)$ فتمدد الزنبرك وأصبح طوله $(L = 0.635 \text{ m})$

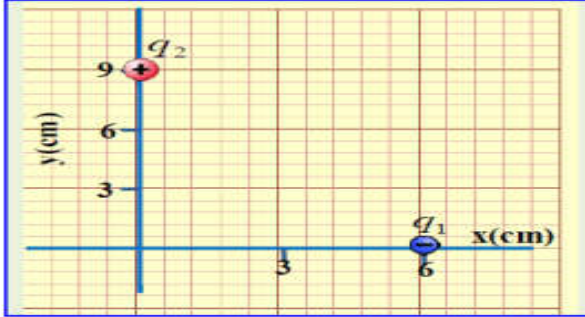
• أوجد الشحنة q إذا طلي الزنبرك بطبقة فلزية ليصبح موصلًا ؟

$$F_s = K\Delta x \quad \text{علما بأن}$$

ثلاثة شحنات نقطية موضوعة بالهواء ($q_1 = +9\mu C$ و $q_2 = -6\mu C$ و $q_3 = +3\mu C$) كما بالشكل المجاور وبالاختلاف على
ليانات التي على الشكل أجب عما يلي:
٢- محصلة القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_2



وضعت شحنتان بالفراغ كما هو مبين بالشكل $q_1 = -12nC$ و $q_2 = +10nC$
a - احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_1



- إذا وضع الكترون عند نقطة الاصل ، ما مقدار القوة المؤثرة عليه وحدد اتجاهها على الشكل

صف في كل من الأشكال (أ) و (ب) و (ج) ما يحدث للموصل المتعادل مع توضيح ذلك على الرسم :



شكل (ج)
عند فتح المفتاح S ثم إبعاد البالون



شكل (ب)
عند إغلاق المفتاح S



شكل (أ)
عند تقريب البالون مشحون بشحنة سالبة



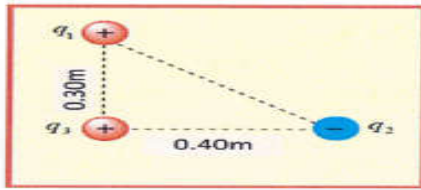
الشكل المجاور يبين جسمين مشحونين أحدهما موصل A والآخر عازل B. يبين مع التفسير الحالة الكهربائية (موجب الشحنة أم سالب الشحنة أم متعادل) لكل من الجسمين بعد غلق المفتاحين S_1 و S_2 ؟

* الحالة الكهربائية للجسم A :

التفسير :

* الحالة الكهربائية للجسم B :

التفسير :

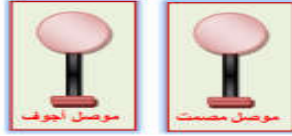
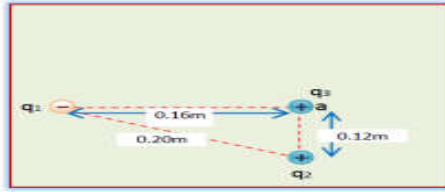


12) يبين الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية موضوعة في الهواء ($q_1 = +4.5 \mu C$ و $q_2 = -8.0 \mu C$ و $q_3 = +6.0 \mu C$)

أ. احسب مقدار القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة في (q_3)

ب. بأي اتجاه ستتحرك الشحنة (q_3) تحت تأثير القوة المحصلة.

12 وضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث كما في الشكل المجاور. إذا كانت $(q_2 = +1.4 \times 10^{-8} \text{ C})$ و $(q_3 = +2.2 \times 10^{-8} \text{ C})$ و تؤثر الشحنة q_1 على الشحنة q_3 بقوة جذب مقدارها $(1.4 \times 10^{-4} \text{ N})$. أوجد :
 أ - مقدار محصلة القوى الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة q_3 وحدد اتجاهها على الشكل نفسه.



موصلان كرويان متماثلان في الحجم، شحن المجوف بشحنة $(+50 \mu\text{C})$ وشحن المصمت بشحنة $(-130 \mu\text{C})$

أ - وضع على الرسم توزيع الشحنات على كل من الموصلين.
 ب- ما يطرأ على شحنة كل منهما إذا تم توصيل الموصلين بمسلك موصل.

أ - قسّر ما يحدث عند ذلك ساق من المطاط بقطعة من الصوف (بناءً على حفظ الشحنة).

ب- اشرح باختصار كيف يمكنك استخدام كشاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة لمعرفة نوع شحنة جسم مشحون.



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

الصف 12 متقدم
 القوانين والمعادلات والثوابت الفيزيائية الأساسية

الفصل الدراسي الأول

الوحدة الأولى : القوى الكهروستاتيكية		
شحنة الإلكترون $q_e = -e$	شحنة البروتون $q_p = +e$	الشحنة الأساسية $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
مقدار القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين $F = k \frac{ q_1 q_2 }{r^2}$ $= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{ q_1 q_2 }{r^2}$	الصورة العامة للقانون $\vec{F}(\vec{r}) = kq \sum_{i=1}^n q_i \frac{\vec{r}_i - \vec{r}}{ \vec{r}_i - \vec{r} }$	قانون كولوم
$q = e \cdot (N_p - N_e)$	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ $= 8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$	ثابت قانون كولوم (k)
	$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N m}^2$	السماحية الكهربائية للحيز السماحية الكهربائية الفراغ ϵ_0

اسئلة و مسائل محلولة :

1. الأجسام المشحونة بعد ذلك مشط بستره مصنوعة من الصوف يمكنه جذب قصاصات ورق صغيرة. لماذا يفقد المشط هذه القدرة بعد عدة دقائق؟
يفقد المشط شحنته في الوسط المحيط به، ويصبح متعادلاً من جديد.
2. أنواع الشحنات من خلال التجارب التي مرت في هذا القسم، كيف يمكنك أن تعرف أيّ الشريطين B أو T موجب الشحنة؟
قرب قضيباً زجاجياً مشحوناً بشحنة موجبة إلى كل من الشريطين، فيكون الشريط الذي يتنافر معه موجب الشحنة.
3. أنواع الشحنات كرة البيلسان كرة صغيرة مصنوعة من مادة خفيفة، مثل البوليسترين، وتكون عادة مطلية بطبقة من الجرافيت أو الألومنيوم. كيف يمكنك أن تحدد ما إذا كانت كرة البيلسان المعلقة بخيط عازل متعادلة كهربائياً أو ذات شحنة موجبة أو ذات شحنة سالبة؟
أحضر جسمًا مشحونًا بشحنة معلومة، ولتكن سالبة، وقربه إلى كرة البيلسان. إذا تنافرت الكرة معه فإن شحنتها تكون مشابهة لشحنة الجسم المقرب، وإذا انجذبت إليه فإن شحنتها إما تكون مخالفة لشحنة الجسم أو متعادلة. ولتحديد الشحنة الموجبة قرب قضيباً زجاجياً مشحوناً بشحنة موجبة إلى كرة البيلسان فإذا تنافرا؛ فإن شحنة الكرة تكون موجبة، أما إذا انجذب أحدهما إلى الآخر فإن كرة البيلسان تكون متعادلة الشحنة.
4. فصل الشحنات يُشحن قضيب مطاط بشحنة سالبة عند ذلك بالصوف. ماذا يحدث لشحنة الصوف؟ ولماذا؟
يصبح الصوف موجب الشحنة؛ لأنه فقد الإلكترونات التي اكتسبها قضيب المطاط.
5. شحن الموصلات افترض أنك علقت قضيباً فلزيّاً طويلاً بخيوط حرير بحيث أصبح القضيب معزولاً، ثم لامست أحد طرفي القضيب الفلزي بقضيب زجاجي مشحون، فصف كيف يُشحن القضيب الفلزي؟ وما نوع الشحنات عليه؟
يجذب قضيب الزجاج الإلكترونات من القضيب الفلزي؛ لذا يصبح الفلز موجب الشحنة، وتتوزع الشحنات عليه بانتظام.
6. الشحن بالذلك يمكنك شحن قضيب مطاط بشحنة سالبة بذلك بالصوف. ماذا يحدث عند ذلك قضيب نحاس بالصوف؟
لأن النحاس مادة موصلة؛ لذا يبقى متعادلاً ما دام ملامساً ليديك.
7. التفكير الناقد يمكن أن يفترض أحدهم أن الشحنة الكهربائية نوع من الموائع تتدفق من أجسام لديها فائض في المائع إلى أجسام لديها نقص فيه. لماذا يكون نموذج التيار الثنائي الشحنة أفضل من نموذج المائع الأحادي؟
يمكن لنموذج التيار الثنائي الشحنة أن يوضح التنافر والتجاذب بطريقة أفضل، وهو يوضح أيضاً كيف يمكن أن تشحن الأجسام عند ذلك بعضها ببعض. في حين يشير نموذج المائع الأحادي إلى أن الشحنة يجب أن تتساوى على الأجسام المتلامسة.

8. تفصل مسافة مقدارها 0.30 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة ومقدارها $2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ ، والثانية موجبة ومقدارها $8.0 \times 10^{-4} \text{ C}$. ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟

$$F = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0 \times 10^{-4} \text{ C})(8.0 \times 10^{-4} \text{ C})}{(0.30 \text{ m})^2}$$

$$= 1.6 \times 10^4 \text{ N}$$

9. إذا أثرت الشحنة السالبة $0.6 \times 10^{-6} \text{ C}$ بقوة جذب مقدارها 65 N في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة 0.050 m، فما مقدار الشحنة الثانية؟

$$F = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$q_B = \frac{F r_{AB}^2}{K q_A} = \frac{(65 \text{ N})(0.050 \text{ m})^2}{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(6.0 \times 10^{-6} \text{ C})}$$

$$= 3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$$

10. في المثال 1، إذا أصبحت شحنة الكرة B تساوي $+3.0 \mu\text{C}$ ، فارسم الحالة الجديدة للمثال، وأوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.

مقادير جميع القوى تبقى كما هي، في حين يتغير اتجاه القوة إلى 42° فوق محور السينات السالب، أي 138° مع محور السينات الموجب.

11. 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 $+0.60 \text{ cm}$ 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.

$$F_{A \text{ على } B} = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0 \times 10^{-6} \text{ C})(3.6 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.60 \text{ m})^2} = 0.18 \text{ N}$$

الاتجاه: نحو اليمين

$$F_{A \text{ على } C} = K \frac{q_A q_C}{r_{AC}^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0 \times 10^{-6} \text{ C})(4.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.80 \text{ m})^2} = 0.1125 \text{ N}$$

الاتجاه: نحو اليسار

$$F_{\text{الحصلة}} = F_{A \text{ على } B} - F_{A \text{ على } C} = (0.18 \text{ N}) - (0.1125 \text{ N}) = 0.0675 \text{ N}$$

نحو اليمين

12. في المسألة السابقة، أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.

$$F_{B \text{ على } A} = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$F_{B \text{ على } C} = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$F_{\text{الحصلة}} = F_{B \text{ على } C} - F_{B \text{ على } A}$$

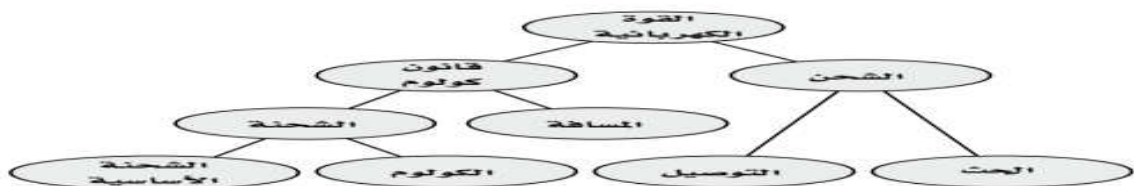
$$= K \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} - K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$= (9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(3.6 \times 10^{-6} \text{ C})(4.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.20 \text{ m})^2} - (9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(2.0 \times 10^{-6} \text{ C})(3.6 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.60 \text{ m})^2}$$

$$= 3.1 \text{ N}$$

باتجاه اليمين

13. القوة والشحنة كيف ترتبط القوة الكهربائية بالشحنة؟ صف القوة عندما تكون الشحنات متشابهة، وصفها عندما تكون الشحنات مختلفة. تتناسب القوة الكهربائية طردياً مع مقدار كل شحنة. الشحنات المتشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.
14. القوة والمسافة كيف ترتبط القوة الكهربائية مع المسافة؟ وكيف تتغير القوة إذا زادت المسافة بين شحنتين إلى ثلاثة أمثالها؟ تتناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين. القوة الجديدة ستساوي $\frac{1}{9}$ القوة الأصلية.
15. الكشاف الكهربائي عند شحن كشاف كهربائي ترتفع ورقته الفلزييتان لتشكلاً زاوية معينة، وتبقى الورقتان محافظتين على تلك الزاوية. لماذا لا ترتفع الورقتان أكثر من ذلك؟ في أثناء ابتعاد الورقتين إحداهما عن الأخرى تتناقص القوة الكهربائية بينهما إلى أن تتزن مع قوة الجاذبية الأرضية فتتطبق الورقتان.
16. شحن كشاف كهربائي اشرح كيف يمكن شحن كشاف كهربائي بشحنة موجبة باستخدام:
- a. قضيب موجب.
- لامس القضيب للكشاف الكهربائي، فتنقل الشحنات السالبة إلى القضيب، تاركة الكشاف الكهربائي مشحوناً بشحنة موجبة.
- b. قضيب سالب.
- قرب القضيب السالب إلى الكشاف الكهربائي دون لمسه، ثم اعمل على تأريض الكشاف الكهربائي بلمسه بإصبعك للسماح للإلكترونات بالانتقال إلى إصبعك، ثم أزل التأريض وأبعد القضيب عن الكشاف الكهربائي.
17. جذب الأجسام المتعادلة ما الخاصيتان اللتان تفسران سبب انجذاب جسم متعادل إلى كل من الأجسام المشحونة بشحنة موجبة والأجسام المشحونة بشحنة سالبة؟
- ينتج فصل الشحنات الكهربائية عن قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة وقوة التنافر بين الشحنات المتشابهة. حيث تتحرك شحنات الجسم المتعادل باتجاه الشحنات المخالفة لها بالنوع في الجسم الآخر. والعلاقة العكسية بين القوة الكهربائية والمسافة بين الشحنات تبين أن الشحنات الأقرب تتأثر بقوة أكبر. فعند تقريب جسم مشحون من آخر متعادل تتباعد الشحنات المشابهة لشحنة الجسم المشحون وتنجذب الشحنات المخالفة لشحنة ذلك الجسم.
18. الشحن بالحث ماذا يحدث عند شحن كشاف كهربائي بالحث، وإبعاد قضيب الشحن قبل فصل تأريض القرص؟ تعود الشحنات التي فرغت إلى الأرض؛ لذا يبقى الكشاف الكهربائي متعادلاً.
19. القوى الكهربائية كرتان A و B مشحونتان، المسافة بين مركزيهما r. إذا كانت شحنة الكرة A تساوي $+3 \mu C$ وشحنة الكرة B تساوي $+9 \mu C$ فقارن بين القوة التي تؤثر بها الكرة A في الكرة B والقوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A.
- القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.
20. التفكير الناقد افترض أنك تختبر صحة قانون كولوم باستخدام كرة بلاستيكية صغيرة موجبة الشحنة وكرة فلزية كبيرة موجبة الشحنة، فوفق قانون كولوم تتناسب القوة مع $\frac{1}{r^2}$ حيث تمثل r المسافة بين مركزي الكرتين. ولكن عند تقريب الكرتين إحداهما إلى الأخرى وجد أن القوة بينهما أصغر مما هو متوقع من قانون كولوم. وضح ذلك.
- بعض الشحنات على الكرة الفلزية ستتتأثر مع الشحنات على الكرة البلاستيكية، مما يؤدي إلى تحركها إلى الجهة البعيدة عن الكرة البلاستيكية، وهذا يجعل المسافة الفعلية بين الشحنات أكبر من المسافة بين مركزي الكرتين.
21. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: التوصيل، المسافة، الشحنة الأساسية.



22. إذا مَسَّطت شعرك في يوم جاف فسوف يُشحن المشط بشحنة موجبة. هل يمكن أن يبقى شعرك متعادلاً؟ وضح إجابتك.
لا. فوفق مفهوم حفظ الشحنة فإن شعرك يجب أن يصبح سالب الشحنة.
23. أعد قائمة ببعض المواد العازلة والمواد الموصلة. ستختلف إجابات الطلاب، ولكنها قد تتضمن العوازل: الهواء الجاف والخشب، والبلاستيك والزجاج والملايس، والماء المنزوع الأيونات. والموصلات: الفلزات وماء الصنبور وجسمك.
24. ما الخاصية التي تجعل الفلز موصلًا جيدًا، والمطاط عازلًا جيدًا؟
تحتوي الفلزات على إلكترونات حرة، أما المطاط فلا يحتوي إلكترونات حرة؛ لأن قوة الارتباط بين الإلكترونات والنواة كبيرة جدًا.
25. غَسَّالة الملابس عندما تخرج الجوارب من مجفف الملابس تكون أحيانًا ملتصقة بملابس أخرى. لماذا؟
شُحنت بالمثل مع الملابس الأخرى، لذا فهي تنجذب إلى الملابس المتعادلة أو التي لها شحنة مخالفة.
26. الأقراص المدمجة لماذا يجذب قرص مدمج الغبار إذا مسحته بقطعة قماش نظيفة؟
إن عملية ذلك القرص المدمج CD تؤدي إلى شحنه، فيجذب جسيمات متعادلة، كجسيمات الغبار.
27. عملات معدنية مجموع شحنة جميع إلكترونات عملة مصنوعة من النيكل يساوي مئات الآلاف من الكولوم. هل يخبرنا هذا بشيء عن صافي الشحنة على هذه العملة؟ وضح إجابتك.
لا، إن صافي الشحنة هو الفرق بين الشحنات الموجبة والسالبة. فيبقى صافي الشحنة على قطعة العملة المعدنية صفرًا.
28. كيف تؤثر المسافة بين شحنتين في القوة المتبادلة بينهما؟ وإذا قلت المسافة و بقي مقدار الشحنتين كما هو فماذا يحدث للقوة؟
تناسب القوة الكهربائية عكسيًا مع مربع المسافة بين الشحنتين. فعندما تقل المسافة ويبقى مقدار الشحنتين كما هو دون تغيير، فإن القوة تزداد بما يتناسب مع مربع المسافة.
29. اشرح كيف يمكنك شحن موصل بشحنة سالبة إذا كان لديك قضيب موجب الشحنة فقط.
حرك الموصل بحيث يصبح قريبًا من القضيب، ولكن دون أن يلامسه. صل الموصل بالأرض بوجود القضيب المشحون، ثم أزل التأريض قبل إزالة القضيب المشحون. فيكتسب القضيب شحنة سالبة.
30. فيم تختلف شحنة الإلكترون عن شحنة البروتون؟ وفيما تشابهان؟
مقدار شحنة البروتون تساوي تمامًا مقدار شحنة الإلكترون، ولكنها مختلفة عنها في النوع.
31. كيف يمكنك أن تحدد ما إذا كان جسم ما موصلًا أم لا، باستخدام قضيب مشحون وكشاف كهربائي؟
استخدم عازلًا معروفاً لتمسك إحدى نهايتي الجسم بالقرب من الكشاف الكهربائي. الممس التهاية الأخرى للجسم بالقضيب المشحون، إذا انفرجت ورقتا الكشاف الكهربائي فإن الجسم يكون موصلًا.
32. قَرَّب قضيب مشحون إلى مجموعة كرات بلاستيكية صغيرة جدًا، فانجذبت بعض الكرات إلى القضيب، إلا أنها لحظة ملامستها للقضيب اندفعت مبتعدة عنه في اتجاهات مختلفة. وضح ذلك.
يداية، تنجذب الكرات المتعادلة إلى القضيب المشحون، وعندما تلامس الكرات القضيب تكتسب شحنة مشابهة لشحنته؛ لذا فإنها تتنافر معه.

33. البرق يحدث البرق عادة عندما تنتقل الشحنات السالبة في الغيوم إلى الأرض. فإذا كان سطح الأرض متعادلاً فما الذي يوفر قوة الجذب المسؤولة عن سحب الإلكترونات نحو الأرض؟

الشحنة هي القيمة تتناظر مع الإلكترونات على الأرض في المنطقة المقابلة لها، مما يؤدي إلى فصل الشحنات فتصبح شحنة هذه المنطقة القريبة من القيمة موجبة، مما يؤدي إلى ظهور قوة تجاذب.

34. وضح ما يحدث لورقتي كشاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة عند تقريب قضيب قضيب مشحون بالشحنات التالية إليه، مع مراعاة عدم لمس القضيب للكشاف الكهربائي:

a. شحنة موجبة.
يزداد انحراف ورقتي الكشاف.

b. شحنة سالبة.
يقل انحراف ورقتي الكشاف.

35. يبدو أن قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب العام متشابهان، كما هو موضح في الشكل 1-13. فيم تشابه القوة الكهربائية وقوة الجاذبية؟ وفيم تختلفان؟
قانون كولوم قانون الجذب العام

$$F = G \frac{m_A m_B}{r^2} \quad F = K \frac{q_A q_B}{r^2}$$


■ الشكل 1-13 (الرسم ليس وفق مقياس الرسم)
التشابه، يعتمد التربيع العكسي على المسافة، تتناسب القوة طردياً مع حاصل ضرب كتلتين أو شحنتين.
الاختلاف، هناك إشارة واحدة فقط للكتلة لذا، فإن قوة الجاذبية دائماً تجاذب، أما الشحنة فلها إشارتان لذا، فإن القوة الكهربائية يمكن أن تكون إما قوة تجاذب أو قوة تنافر.

الاتجاهي لها، والذي يكون عادة صغيراً. أما شعورنا بكبر قوة الجاذبية الأرضية فيعود إلى كبر كتلة الأرض.

إتقان حل المسأل

1-2 القوة الكهربائية

(صفحة 32-31)

41. شحنتان كهربائيتان، q_A و q_B ، تفصل بينهما مسافة r ، ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة مقدارها F . حلّل قانون كولوم، وحدّد القوة الجديدة التي تنتج تحت الظروف التالية:

a. مضاعفة الشحنة q_A مرتين.

$$2q_A، تصبح القوة الجديدة = 2F$$

b. تقليل الشحنتان q_A و q_B إلى النصف.

$$\frac{1}{2}q_A و \frac{1}{2}q_B، تصبح القوة الجديدة F = \frac{1}{4}F$$

c. مضاعفة r ثلاث مرات

$$3r فتصبح القوة الجديدة = \frac{1}{9}F$$

d. تقليل r إلى النصف

$$\frac{1}{2}r فتصبح القوة الجديدة = 4F$$

e. مضاعفة q_A ثلاث مرات و r مرتين

$$3q_A و 2r فتصبح القوة الجديدة = \frac{3}{4}F$$

42. البرق إذا نقلت صاعقة برق قوية شحنة مقدارها 25 C إلى الأرض فما عدد الإلكترونات المنقولة؟

$$1 \text{ إلكترون} = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow (-25 \text{ C}) \left(\frac{1}{-1.60 \times 10^{-19} \text{ C}} \right) = 1.6 \times 10^{20} \text{ إلكترون}$$

36. قيمة الثابت K في قانون كولوم أكبر كثيراً من قيمة الثابت G في قانون الجذب العام. علّام يدل ذلك؟
القوة الكهربائية أكبر كثيراً من قوة الجاذبية.

37. وُصف هذا الفصل طريقة كولوم لشحن كرتين A و B ، بحيث تكون الشحنة على الكرة B نصف الشحنة على الكرة A تمامًا. اقترح طريقة تطبيقها لتصبح شحنة الكرة B مساوية لثلاث شحنة الكرة A .

بعد شحن الكرتين A و B بشحنتين متساويتين اجعل الكرة B تلامس كرتين أخريين غير مشحونتين ومماثلتين لها في الحجم، وتلامس كل منها الأخرى. ستتوزع الآن شحنة الكرة B بالتساوي على الكرات الثلاث، بحيث تحمل كل منها ثلث الشحنة الكلية.

38. قاس كولوم انحراف الكرة A عندما كان للكرتين A و B الشحنة نفسها، وتبعد إحداها عن الآخر مسافة مقدارها r . ثم جعل شحنة الكرة B تساوي ثلث شحنة الكرة A . كم يجب أن تكون المسافة الجديدة بين الكرتين بحيث تنحرف الكرة A بمقدار مساوٍ لانحرافها السابق؟

لتحصل على القوة نفسها بثلاث مقدار الشحنة الأصلية يجب تقليل المسافة بين الشحنتين بحيث تكون $r^2 = \frac{1}{3}$ أو تساوي 0.58 مرة ضعف المسافة الابتدائية بينهما.

39. يؤثر جسمان مشحونان أحدهما في الآخر بقوة مقدارها 0.145 N عندما كانا على بُعد مُعيّن أحدهما من الآخر. فإذا قُرّب أحدهما إلى الآخر بحيث أصبحت المسافة بينهما رُبع المسافة السابقة فما مقدار القوة المؤثرة في كل منهما؟

$$F_1 \propto \frac{1}{r^2}$$

$$F_2 \propto \frac{1}{\left(\frac{r}{4}\right)^2} = \frac{16}{r^2}, F_2 \propto \frac{16}{r^2}$$

أي أن القوة الناتجة أكبر من القوة الأصلية بـ 16 مرة.

40. القوى الكهربائية بين الشحنات كبيرة جداً عند مقارنتها بقوى الجاذبية بينها، ومع ذلك لا نشعر عادة بالقوى الكهربائية بيننا وبين المحيط من حولنا، إلا أننا نشعر بتأثيرات قوى الجاذبية مع الأرض. فسّر ذلك.

قوى الجاذبية قوى جذب فقط. أما القوى الكهربائية فهي إما قوى جذب أو قوى تنافر، ويكون شعورنا فقط بالمجموع

43. الذرات إذا كانت المسافة بين إلكترونين في ذرة $1.5 \times 10^{-10} \text{ m}$ ، فما مقدار القوة الكهربائية بينهما؟

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})}{(1.5 \times 10^{-10} \text{ m})^2}$$

$$= 1.0 \times 10^{-8} \text{ N، تنافر،}$$

44. شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما $2.5 \times 10^{-5} \text{ C}$ ، والمسافة بينهما 15 cm . أوجد القوة التي تؤثر في كل منهما؟

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.5 \times 10^{-5} \text{ C})(2.5 \times 10^{-5} \text{ C})}{(1.5 \times 10^{-1} \text{ m})^2}$$

$$= 2.5 \times 10^2 \text{ N، ويتجه كل من القوتين نحو الشحنة الأخرى،}$$

45. إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+8 \times 10^{-5} \text{ C}$ و $+3 \times 10^{-5} \text{ N}$ تساوي $2.4 \times 10^2 \text{ N}$ فاحسب مقدار المسافة بينهما.

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{Kq_Aq_B}{F}} = \sqrt{\frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(8.0 \times 10^{-5} \text{ C})(3.0 \times 10^{-5} \text{ C})}{2.4 \times 10^2 \text{ N}}}$$

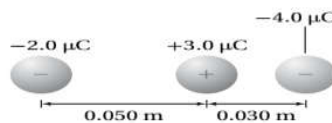
$$= 0.30 \text{ m}$$

46. إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الأخرى بقوة تنافر مقدارها $6.4 \times 10^{-9} \text{ N}$ ، عندما كانت إحداهما تبعد عن الأخرى مسافة $3.8 \times 10^{-10} \text{ m}$ ، فاحسب مقدار شحنة كل منهما.

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{Kq^2}{r^2} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{Fr^2}{K}} = \sqrt{\frac{(6.4 \times 10^{-9} \text{ N})(3.8 \times 10^{-10} \text{ m})^2}{9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2}}$$

$$= 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

47. تُسحب شحنة موجبة مقدارها $+3.0 \mu\text{C}$ بشحنتين سالبتين، كما هو موضح في الشكل 14-1. فإذا كانت إحدى الشحنتين السالبتين $-2.0 \mu\text{C}$ تبعد مسافة 0.05 m إلى الغرب، وتبعد الشحنة الأخرى $-4.0 \mu\text{C}$ مسافة 0.030 m إلى الشرق فما مقدار واتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الموجبة؟



الشكل 14-1 ■

$$F_1 = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.0 \times 10^{-6} \text{ C})(2.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.050 \text{ m})^2}$$

$$= 22 \text{ N} \text{ ، نحو الغرب (اليسار) ،}$$

$$F_2 = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.0 \times 10^{-6} \text{ C})(4.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.030 \text{ m})^2}$$

$$= 120 \text{ N} \text{ ، نحو الشرق (اليمن) ،}$$

$$F_{\text{المحصلة}} = F_2 - F_1 = (120 \text{ N}) - (22 \text{ N})$$

$$= 98 \text{ N} \text{ ، نحو الشرق.}$$

48. يوضح الشكل 15-1 كرتين مشحونتين بشحنتين موجبتين، شحنة إحداهما تساوي ثلاث أضعاف شحنة الأخرى، والمسافة بين مركزيهما 16 cm . إذا كانت القوة المتبادلة بينهما 0.28 N فما مقدار الشحنة على كل منهما؟



الشكل 15-1 ■

$$F = \frac{Kq_A q_B}{r^2} = \frac{Kq_A 3q_A}{r^2}$$

$$q_A = \sqrt{\frac{F r^2}{3K}} = \sqrt{\frac{(0.28 \text{ N})(0.16 \text{ m})^2}{3(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} = 5.2 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$q_B = 3q_A = 1.5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

49. الشحنة على عملة نقدية ما مقدار الشحنة المقيسة بالكولوم للإلكترونات الموجودة في قطعة نقدية مصنوعة من النيكل؟ استخدم الطريقة التالية لتجد الإجابة:

a. أوجد عدد الذرات في قطعة النقد إذا كانت كتلة هذه القطعة g 5 و 75% منها نحاس، أما الـ 25% المتبقية منها فمن النيكل، لذا تكون كتلة كل مول من ذرات العملة g 62.

$$\frac{(5 \text{ g})}{(62 \text{ g})} = 0.08 \text{ مول}$$

لذا؛ يكون عدد الذرات في قطعة العملة النقدية يساوي : ذرة $5 \times 10^{22} = (0.08)(6.02 \times 10^{23})$

b. أوجد عدد الإلكترونات في قطعة النقد، علماً أن متوسط عدد الإلكترونات لكل ذرة يساوي 28.75.

$$\text{إلكترونات} = 1 \times 10^{24} = (\text{ذرة} / \text{إلكترونات}) (28.75) (\text{ذرة} \times 10^{22})$$

c. أوجد شحنة الإلكترونات بالكولوم.

$$C \times 10^6 2 = (\text{إلكترونات} \times 10^{24}) (\text{إلكترونات} / \text{كولوم} \times 10^{-19})$$

مراجعة عامة

صفحة 32

50. إذا لامست كرة فلزية صغيرة شحنتها $1.2 \times 10^{-5} \text{ C}$ كرة مماثلة متعادلة، ثم وُضعت على بُعد 0.15 m منها فما القوة الكهربائية بين الكرتين؟

تصبح شحنة كل من الكرتين متساوية بعد الملامسة وتساوي $6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$.

$$F = K \frac{q_A q_B}{r^2} = (9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) \frac{(6.0 \times 10^{-6} \text{ C})(6.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.15 \text{ m})^2}$$

$$= 14 \text{ N}$$

51. الذرات ما القوة الكهربائية بين إلكترون وبروتون يبعد أحدهما عن الآخر $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ ؟ هذه المسافة تساوي نصف القطر التقريبي لذرة الهيدروجين.

$$F = K \frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$= (9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$

$$= 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

52. تؤثر قوة مقدارها 0.36 N في كرة صغيرة شحنتها $2.4 \mu\text{C}$ ، وذلك عند وضعها على بُعد 5.5 cm من مركز كرة ثانية مشحونة بشحنة غير معروفة. ما مقدار شحنة الكرة الثانية؟

$$F = K \frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$q_B = \frac{F r^2}{K q_A} = \frac{(0.36 \text{ N})(5.5 \times 10^{-2} \text{ m})^2}{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)(2.4 \times 10^{-6} \text{ C})} = 5.0 \times 10^{-8} \text{ C}$$

53. كرتان متماثلتان مشحونتان، المسافة بين مركزيهما 12 cm. فإذا كانت القوة الكهربائية بينهما 0.28 N، فما شحنة كل كرة؟

$$F = K \frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$q_A = q_B، \text{ لكن}$$

$$q = \sqrt{\frac{F r^2}{K}} = \sqrt{\frac{(0.28 \text{ N})(1.2 \times 10^{-2} \text{ m})^2}{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)}} = 6.7 \times 10^{-7} \text{ C}$$

54. في التجربة المستخدم فيها جهاز كولوم، يبعد مركز كرة شحنتها $3.6 \times 10^{-8} \text{ C}$ مسافة 1.4 cm عن مركز كرة ثانية غير معلومة الشحنة. فإذا كانت القوة بين الكرتين $2.7 \times 10^{-2} \text{ N}$ ، فما شحنة الكرة الثانية؟

$$F = K \frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$q_B = \frac{F r^2}{K q_A} = \sqrt{\frac{(2.7 \times 10^{-2} \text{ N})(1.4 \times 10^{-2} \text{ m})^2}{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)(3.6 \times 10^{-8} \text{ C})}} = 1.6 \times 10^{-8} \text{ C}$$

55. إذا كانت القوة بين بروتون وإلكترون $3.5 \times 10^{-10} \text{ N}$ ، فما المسافة بين الجسيمين؟

$$F = K \frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$r = \sqrt{K \frac{q_A q_B}{F}} = \sqrt{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{3.5 \times 10^{-10} \text{ N}}} = 8.1 \times 10^{-10} \text{ m}$$

التفكير الناقد

صفحة 30

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

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K \frac{q_e q_p}{r^2}}{G \frac{m_e m_p}{r^2}} = \frac{K q_e q_p}{G m_e m_p} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2)(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})} = 2.3 \times 10^{39}$$

57. حلّ واستنتج وضعت الكرة A التي تحمل شحنة مقدارها $64 \mu\text{C}$ عند نقطة الأصل، ووضعت كرة ثانية B تحمل شحنة مقدارها $16 \mu\text{C}$ عند النقطة 1.00 m على محور x. أجب عن الأسئلة التالية:

a. أين يجب وضع كرة ثالثة C شحنتها $12 \mu\text{C}$ بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفراً؟

$$F_{AC} = K \frac{q_A q_C}{r_{AC}^2} = K \frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = F_{BC}$$

$$\frac{q_A}{r_{AC}^2} = \frac{q_B}{r_{BC}^2}, 16 r_{AC}^2 = 64 r_{BC}^2 \quad \text{أو} \quad r_{AC}^2 = 4 r_{BC}^2, r_{AC} = 2 r_{BC}$$

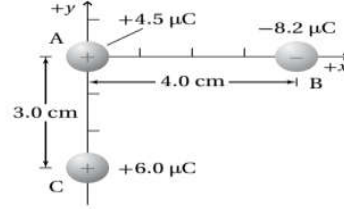
لذا يجب وضع الكرة الثالثة C عند النقطة 2.00 m على محور x، فتكون بعيدة عن الكرة الأولى مثلي بعدها عن الكرة الثانية.

b. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة C تساوي $6 \mu\text{C}$ فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً؟

الشحنة الثالثة q_c تختصر من المعادلة، لذا فإن مقدارها ونوعها لا يؤثر.

c. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة $-12 \mu\text{C}$ ، فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً؟ كما في الفرع b، يكون مقدار شحنة الكرة الثالثة q_c ونوعها لا يؤثر.

58. وضعت ثلاث كرات مشحونة، كما هو موضح في الشكل 1-16. أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.



الشكل 1-16 ■

$$F_1 = F_{B \text{ على } A}$$

$$= \frac{Kq_A q_B}{r^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)(4.5 \times 10^{-6} \text{ C})(-8.2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.040 \text{ m})^2}$$

$$= -208 \text{ N} = 208 \text{ N, نحو اليسار}$$

المسافة بين الشحنتين الأخرتين هي: $\sqrt{(0.040 \text{ m})^2 + (0.030 \text{ m})^2} = 0.050 \text{ m}$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{0.030 \text{ m}}{0.040 \text{ m}}\right) = 37^\circ$$

أي تميل القوة $F_{B \text{ على } C}$ على محور x الموجب 217° أو تميل إلى أسفل محور x السالب 37° .

$$F_2 = F_{B \text{ على } C}$$

$$= K \frac{q_C q_B}{r^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)(-8.2 \times 10^{-6} \text{ C})(6.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.050 \text{ m})^2}$$

$$= -177 \text{ N} = 177 \text{ N}, 217^\circ$$

أي تميل بزاوية مع محور x الموجب تساوي $(37^\circ + 180^\circ)$

مركبات القوة F_2 هي:

$$F_{2x} = F_2 \cos \theta = (177 \text{ N})(\cos 217^\circ) = -142 \text{ N} = 142 \text{ N, ويتجه نحو اليسار}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin \theta = (177 \text{ N})(\sin 217^\circ) = -106 \text{ N} = 106 \text{ N, ويتجه نحو الأسفل}$$

مركبات القوة المحصلة هي،

$$F_{\text{المحصلة } x} = -208 \text{ N} - 142 \text{ N} = -350 \text{ N} = 350 \text{ N} \text{ نحو اليسار،}$$

$$F_{\text{المحصلة } y} = 106 \text{ N} \text{، وتوجه نحو الأسفل،}$$

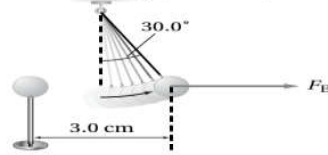
$$F_{\text{المحصلة}} = \sqrt{(350 \text{ N})^2 + (106 \text{ N})^2} = 366 \text{ N} \approx 3.7 \times 10^2 \text{ N}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{106 \text{ N}}{350 \text{ N}}\right) = 17^\circ$$

أي تميل بزاوية 17° أسفل محور x السالب

$$F_{\text{المحصلة}} = 3.7 \times 10^2 \text{ N} \text{، أي تميل بزاوية } 197^\circ \text{ مع محور } x \text{ الموجب،}$$

59. يوضح الشكل 1-17 كرتي بيلسان، كتلة كل منهما 1.0 g ، وشحنتاهما متساويتان، إحداهما معلقة بخيط عازل، والأخرى قريبة منها ومثبتة على حامل عازل، والبعد بين مركزيهما 3.0 cm . فإذا اتزنت الكرة المعلقة عندما شكّل الخيط العازل الذي يحملها زاوية مقدارها 30.0° مع الرأسى فاحسب كلا مما يأتي:



الشكل 1-17 ■

a. F_g المؤثرة في الكرة المعلقة.

$$F_g = mg = (1.0 \times 10^{-3} \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) = 9.8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

b. F_E المؤثرة في الكرة المعلقة.

$$\tan 30.0^\circ = \frac{F_E}{F_g}$$

$$F_E = mg \tan 30.0^\circ$$

$$= (1.0 \times 10^{-3} \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)(\tan 30.0^\circ)$$

$$= 5.7 \times 10^{-3} \text{ N}$$

c. الشحنة على كل من الكرتين

$$F = \frac{Kq_A q_B}{r^2} = \frac{Kq^2}{r^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{F r}{K}} = \sqrt{\frac{(5.7 \times 10^{-3} \text{ N})(3.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2)}{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)}} = 2.4 \times 10^{-8} \text{ C}$$

60. وضعت شحنتان نقطيتان ساكنتان q_A و q_B بالقرب من شحنة اختبار موجبة، q_T ، مقدارها $+7.2 \mu C$. فإذا كانت الشحنة الأولى q_A موجبة وتساوي $3.6 \mu C$ وتقع على بُعد 2.5 cm من شحنة الاختبار q_T عند زاوية 35° ، وكانت الشحنة q_B سالبة ومقدارها $-6.6 \mu C$ وتقع على بُعد 6.8 cm من شحنة الاختبار عند زاوية 125° :

a. فحدّد مقدار كل قوة من القوتين اللتين تؤثران في شحنة الاختبار q_T .

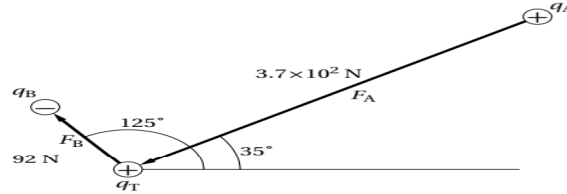
$$F_A = K \frac{q_T q_A}{r^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) (7.2 \times 10^{-6} \text{ C}) (3.6 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.025 \text{ m})^2}$$

$$= 3.7 \times 10^2 \text{ N}, \text{ (وتتجه نحو الشحنة } q_T \text{)}$$

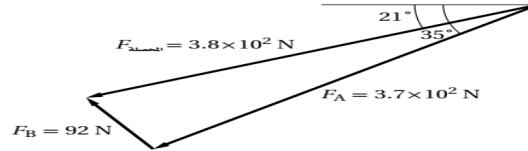
$$F_B = \frac{K q_T q_B}{r^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) (7.2 \times 10^{-6} \text{ C}) (6.6 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.068 \text{ m})^2}$$

$$= 92 \text{ N}, \text{ (وتتجه بعيداً عن الشحنة } q_T \text{)}$$

b. ارسم مخطط القوة.



c. حدّد بالرسم القوة المحصلة المؤثرة في شحنة الاختبار q_T .



الكتابة في الفيزياء

صفحة 31

61. تاريخ العلم ابحث في الأجهزة المختلفة التي كانت تستخدم في القرنين السابع عشر والثامن عشر في دراسة الكهرباء الساكنة. قد تتطرق مثلاً إلى قارورة ليدن وآلة ويمشورست. ناقش كيف تم بناؤهما، ومبدأ عمل كل منهما.

ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن تتضمن المعلومات التالية: اخترعت قارورة ليدن في منتصف أربعينيات القرن الثامن عشر، وكانت أول مكثف يتم استخدامه. وقد استخدمت خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر لتخزين الشحنات الكهربائية المتعلقة بالتجارب والعروض. أما آلة ويمشورست فقد استخدمت في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لتوليد وتفريغ الشحنات الكهربائية الساكنة. واستُبدل بها مولد فان دي جرايف في القرن العشرين.

62. هناك قوى بين جزيئات الماء تؤدي إلى أن يكون الماء أكبر كثافة عندما يكون سائلاً بين 0°C و 4°C مقارنة بحالته عندما يكون صلباً عند 0°C . هذه القوى في طبيعتها ما هي إلا قوى كهروسكونية. ابحث في القوى الكهروسكونية بين الجزيئات، ومنها قوى فان درفال وقوى الاستقطاب، وصف أثرها في المادة.
- ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن يصف الطلاب التفاعل بين الشحنات الموجبة والسالبة على المستوى الجزيئي. وعليهم أن يلاحظوا أن شدة هذه القوى هي المسؤولة عن الاختلافات في درجتي الانصهار والغليان، وعن خصوصية تمدد الماء بين 0°C و 4°C .

مراجعة تراكمية

صفحة 31

63. إذا أثرت شحنتان $2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ و $8.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ إحداها في الأخرى بقوة مقدارها 9.0 N فاحسب مقدار البعد بينهما.

$$F = K \frac{(q_A q_B)}{r^2},$$

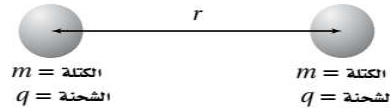
أي أن:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{K q_A q_B}{F}} \\ &= \sqrt{\frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0 \times 10^{-5} \text{ C})(8.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{9.0 \text{ N}}} \\ &= 0.40 \text{ m} \end{aligned}$$

مسألة التحفيز

صفحة 23

يبين الشكل المجاور كرتين لهما الكتلة نفسها m ، وشحنة كل منهما q ، والبعد بين مركزيهما r .



1. اشتق تعبيراً للشحنة q التي يجب أن تكون على كلتا الكرتين لكي تكونا في حالة اتزان. هذا يعني أن هناك اتزاناً بين قوتي التجاذب والتنافر.

قوة التجاذب بين الكرتين هي قوة الجاذبية، في حين قوة التنافر هي قوة كهربائية، لذا فيعبر عنهما بالتساوي:

$$F_g = G \frac{m_A m_B}{r^2} = K \frac{q_A q_B}{r^2} = F_e$$

شحنة كل من الكرتين وكتلتهما متساوية، وتختصر المسافة من التعبير الرياضي لذا:

$$Gm^2 = kq^2, \text{ and}$$

$$\begin{aligned} q &= m \sqrt{\frac{G}{K}} \\ &= m \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2)}{(9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} \\ &= (8.61 \times 10^{-11} \text{ C/kg})m \end{aligned}$$

2. إذا تضاعفت المسافة بين الكرتين فكيف يؤثر هذا في قيمة الشحنة q التي حدّدتها في المسألة السابقة؟ وضح ذلك.
- المسافة بين الكرتين لا تؤثر على مقدار الشحنة q على كل من الكرتين لأن كل من القوتين يتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين الكرتين، والمسافة تختصر من التعبير الرياضي.

3. إذا كانت كتلة كل من الكرتين 1.50 kg فحدّد قيمة الشحنة التي ينبغي أن تكون موجودة على كل منهما للحفاظ على حالة الاتزان.

$$\begin{aligned} q &= (8.61 \times 10^{-11} \text{ C/kg})(1.50 \text{ kg}) \\ &= 1.29 \times 10^{-10} \text{ C} \end{aligned}$$