تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية	

الملف شرح ومراجعة الوحدة الأولى القوى الكهرومغناطيسية
موقع المناهج ⇦ المناهج الإماراتية ⇦ الصف الثاني عشر المتقدم ⇦ فيزياء ⇦ الفصل الأول

روابط مواقع التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر المتقدم			
روابط مواد الصف الثاني عشر المتقدم على تلغرام			
التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر المتقدم والمادة فيزياء في الفصل الأول	
1	حل أسئلة الامتحان النهائي
2	حل أسئلة الامتحان النهائي
3	مراجعة الوحدة الثالثة والرابعة وفق الهيكل الوزاري
4	مراجعة الوحدة الأولى والثانية وفق الهيكل الوزاري
5	نموذج الهيكل الوزاري الفصل الأول باللغة العربية

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

حكومة الشارقة
هيئة الشارقة للتعليم الخاص
مدرسة ابن خلدون الخاصة

الفصل الدراسي الاول

الوحدة الاولى

القوى الكهرومغناطيسية

فيزياء ثاني عشر متقدم

2022/2023

اعداد

د / وائل عزازي

0521150195

1.1 الكهرومغناطيسية (اثرائي) :

- 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 تسمي 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 الاعلي .

- تم تصنيف القوى الاساسية الى 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 الكهربية الجذبية بين الالكترونات و البروتونات .
- المادة التي تكتسب الكترونات اضافية تظهر عليها الشحنة السالبة و التي تفقد بعض الكتروناتها 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 : $q = I \cdot t$ اي حاصل ضرب شدة التيار الكهربي 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 لاتفني 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 الاولية (الاساسية) :**

تكون الشحنة الكهربائية مضاعفات صحيحة فقط لاقل كمية شحنة (الشحنة مكماة)

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 الاولية (الاساسية) = $1.6 \times 10^{-19}\ C$

تدريبات متنوعة :

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

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

2 – ماعدد الالكترونات المنتقلة من كشاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة اذا كان صافي شحنته $7.5x10^{-11}$ C ؟

$7.5X10^{-11}$الكترون	$2.1X10^{-9}$ الكترون	$1.2X10^{8}$ الكترون	$4.7X10^{8}$ الكترون

3 – ما شحنة كشاف كهربائي اذا كان عدد الالكترونات الفائضة عليه $4.8X10^{10}$الكترون ؟

$3.3X10^{-30}$ C	$4.8X10^{-10}$ C	$7.7X10^{-9}$ C	$4.8X10^{10}$ C

4 – اي من الاتية يمثل الشحنة الاساسية ؟

شحنة 1.6الكترون	شحنة بروتون واحد	$1.0X10^{-6}$C	$1.6X10^{+19}$ 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 :

$1.25X10^{19}$الكترون	$1.25X10^{19}$بروتون	الكترونين	بروتونين

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

$3.2X10^{-19}$	$3.2X10^{-20}$	$3.2X10^{-18}$	$-3.2X10^{-19}$

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

$-1.6X10^{-20}$	$3.2X10^{-20}$	$64X10^{-20}$	$0.8X10^{-20}$

9 – دلك ساق من البلاستيك بقطعة صوف فاكتسب الساق الكترونات عددها $8X10^{20}$ الكترون و اصبح مشحونا . فان شحنة قطعة الصوف تساوي :

-128 C	+128 C	+ $5X10^{39}$ C	$-2X10^{-40}$ C

10 – اي من الانظمة التالية له اكبر شحنة سالبة ؟

الكترونان	ثلاثة الكترونات و بروتون واحد
خمسة الكترونات و خمسة بروتونات	N الكترونات و N-3 بروتونات
الكترون واحد	

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 ($Q = 5X10^{-19}$ C)

العبارة صواب	العبارة خطأ

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

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

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

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

الحل:

$$q = \pm N_{\Delta e}.e$$
$$0.010 = +N_{\Delta e}.(1.602 \times 10^{-19})$$
$$N_{\Delta e} = 6.24 \times 10^{17} \text{ الكترونا}$$

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):

$$m_{(Fe)} = (26m_{(e)}) + (26m_{(p)}) + (30m_{(n)})$$
$$m_{(Fe)} = (26 \times 9.109 \times 10^{-31}) + (26 \times 1.673 \times 10^{-27}) + (30 \times 1.675 \times 10^{-27})$$
$$m_{(Fe)} = (9.377 \times 10^{-26})Kg$$

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

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

- 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) عدده الذري A و عدده الكتلي Z ($^{A}_{Z}x$)

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

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

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

- عدد الالكترونات المطلوب نزعه أو إضافته للعينة لشحنها بشحنة q موجبة أو سالبة يحسب 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 الاولية . احسب عدد الكولومات في 1 فاراداي .

الحـــل :

$1\ F = N_A.e = 6.022\ x10^{23}\ x1.6x10^{-19} = 9.65x10^{4}\ C$

تمرين 1.33

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

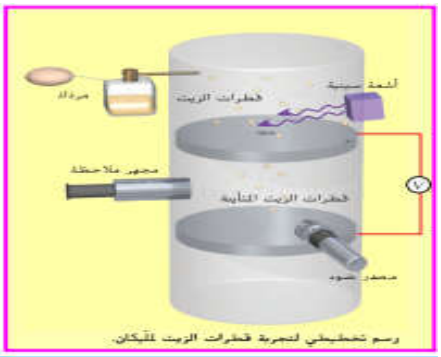
الحـــل :

$I = q/t \quad \& \quad q = n\,e \qquad n\,e = I\,t$

$n = I\,t / e = 5x10^{-3}\ x10\ /\ (\ 1.6x10^{-19}\ ) =$

$3.125\ x\ 10^{17}$ الكترون

تجربة قطرات الزيت لميليكان (اثرائي)



خطوات التجربة :

1 – تم رش قطرات من الزيت في غرفة و قد نزعت 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

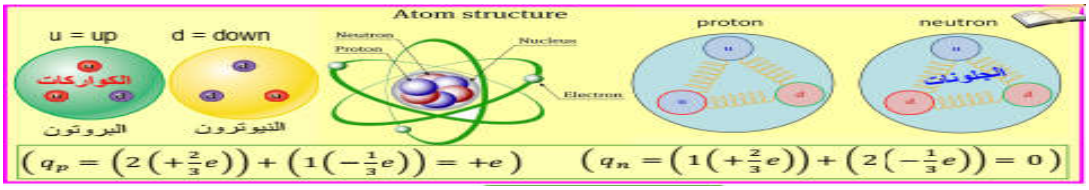
الملاحظة :

لاحظ ميليكان ان الشحنة مكماة اي انها مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون

ملاحظات على مكونات الذرة

- تتكون الذرة من نواة تحتوي على بروتونات (+) ونيوترونات (±) تحيط بها الالكترونات (-)
- كتلة الإلكترون أصغر بكثير من كتلة النيوترون و البروتون (تتركز معظم كتلة الذرة في النواة)
- يمكن بسهولة نسبية نزع الإلكترونات من الذرات (الإلكترونات هي ناقلات الكهرباء وليس البروتونات)
- الالكترون 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 $\left(\pm\frac{1}{3}\right.$ أو $\left.\pm\frac{2}{3}\right)$ من شحنة الالكترون ولا يمكن أن توجد هذه الجسيمات بشكل مستقل.
- يشير المقدار $\left(+\frac{2}{3}e\right)$ إلى شحنة الكوارك العلوي و المقدار $\left(-\frac{1}{3}e\right)$ إلى شحنة الكوارك السفلي .
- يتكون البروتون من (2 كوارك علوي و 1 كوارك سفلي) $\left(q_p = \left(2\left(+\frac{2}{3}e\right)\right) + \left(1\left(-\frac{1}{3}e\right)\right) = +e\right)$
- يتكون النيوترون من (1 كوارك علوي و 2 كوارك سفلي) $\left(q_n = \left(1\left(+\frac{2}{3}e\right)\right) + \left(2\left(-\frac{1}{3}e\right)\right) = 0\right)$
- توجد جسيمات شبيهة بالالكترون وكتلتها أكبر بكثير تسمى **الميون** و **التاو**.
- يمكن التعبير عن شحنة أي جسم بدلالة مجموع عدد البروتونات ناقص مجموع عدد الالكترونات المكونة للجسم

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



1.3 العوازل و الموصلات 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 الالكترونات بحرية الحركة خلالها .**
- **بينما لا تتحرك الشحنات الموجبة لذرات المادة الموصلة لانها ترتكز 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 الالكترونات حرة الحركة بسبب الارتباط القوي بين الكترونات المادة و ذراتها الذي يمنع هروب الالكترونات 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 – مانحة الكترونات (N-type) النوع السالب :

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

2 – مستقبل الكترونات (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 تسمي (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 تسمي هذه العملية (التأريض) اي تفريغ الشحنات . و تسمي 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 .

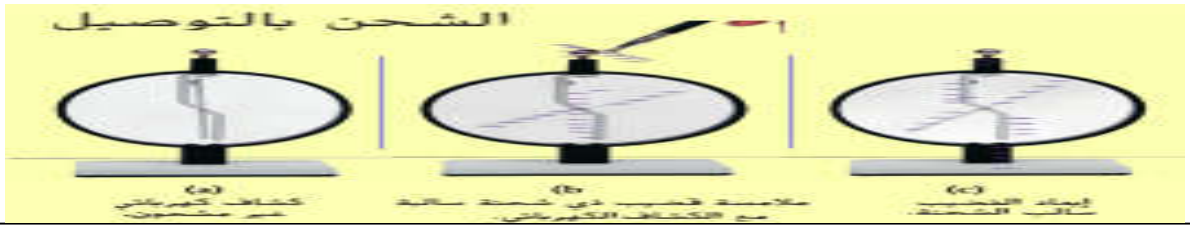
**** طرق شحن الاجسام بالكهرباء الساكنة :**

(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

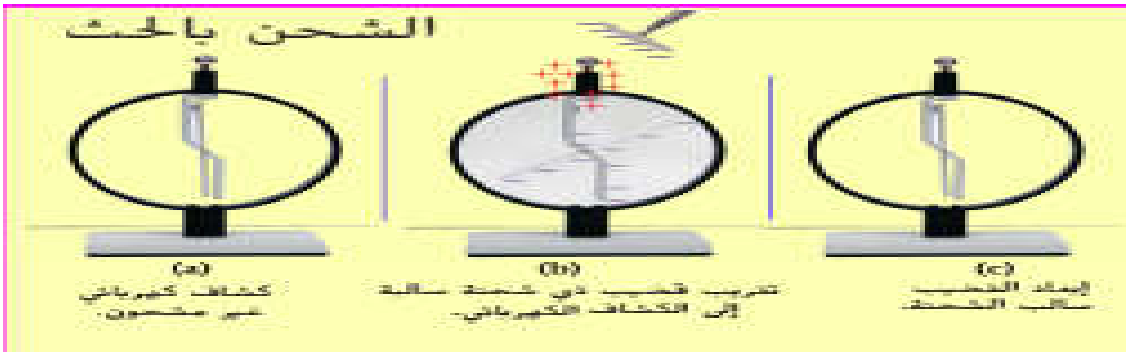
بينما في حالة العازل : تبقي الشحنة علي العازل في موضع التلامس فقط

- مجموع الشحنتين علي الجسمين = شحنة الموصل المشحون قبل التلامس (قانون حفظ الشحنة)

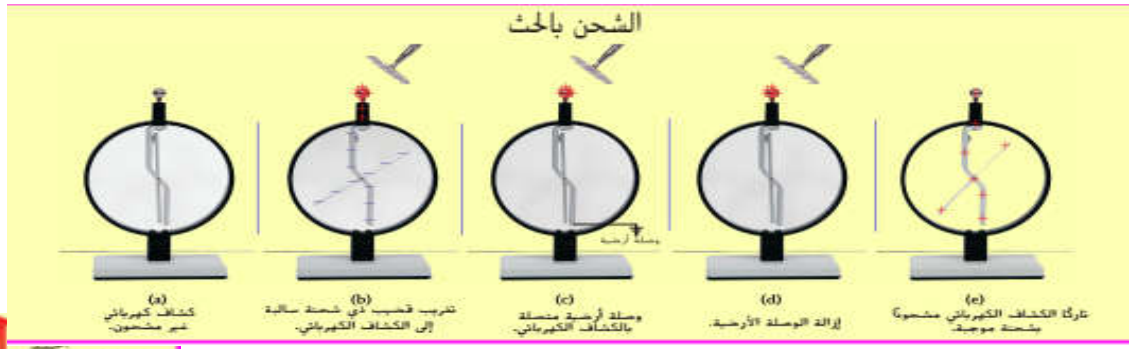


(2) الشحن بالحث (بالتأثير)

- عند تقريب موصل مشحون الي موصل غير مشحون من غير تلامسهما . يحدث اعادة توزيع لشحنة الموصل غير المشحون (اي انه لايكتسب او يفقد شحنة)
- هذا التوصيل مناسب جدا للموصلات لاه لديها الكترونات 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 لايتغير .



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 دلك مادتين مختلفتين ببعضهما .
- تنتقل بعض الالكترونات من احد الجسمين الي الاخر .
- مقدار شحنة الدالكة = 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 (التأريض)
- قاعدة :

<u>كلما زادت شدة الاحتكاك . زاد انتقال الشحنة و ذلك بسبب زيادة شدة التلامس تؤدي الى زيادة نقل الشحنة على اسطح المادة .</u>

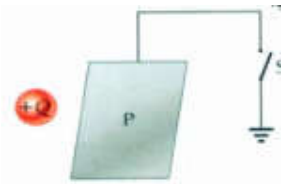
- لتحديد اي المواد يكتسب شحنة موجبة او سالبة يمكن اعتماد بعض المواد الواردة في الشكل المجاور (تسلسل الشحن الكهربائي لبعض المواد الشائعة)

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 تقريب الشحنة Q+ اليه .		

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

سالبة	موجبة
بدون شحنة	لايمكن تحديدها من المعلومات المعطاة

4 – عند دلك 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 دلك 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

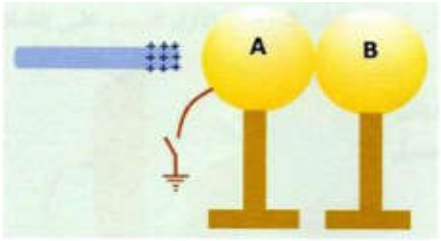
6 – استخدم ساق ابونيت سالبة و ذلك لشحن كرة فلزية صغيرة بثلاث طرق مختلفة كما بالشكل المجاور :

- 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

.....

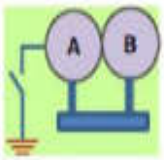


يُظهر الشكل المجاور موصلين كرويين متماثلين متلامسين، حيث يتصل الموصل A بالأرض بوساطة سلك توصيل ومفتاح مفتوح، كما يُظهِرُ الشكل ساق زجاجية مشحونة بشحنة موجبة وقد قُرِّبت من الموصل A من جهة اليسار دون أن تُلامسه. أجب عما يلي:

1- ارسم على الشكل توزيع الشحنات على الموصلين.

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

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

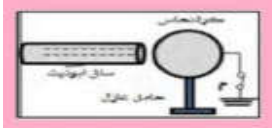


3 - حدد بأربع خطوات يمكنك أن تكسب الموصلان في الشكل المجاور نفس المقدار والنوع من الشحنات الكهربائية دون لمسهما؟

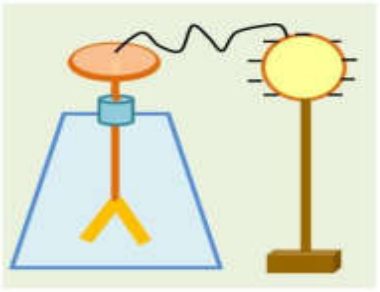
الإجابة :

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

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



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



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

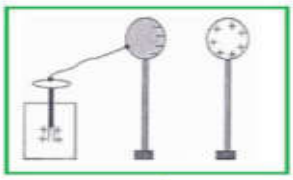
1- عدم تأثر ورقتي الكشاف عند ملامسة سطح الموصل الكروي بجسم معين .

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

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

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

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



الحل :

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

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

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

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 دلك قضيب زجاجي بالحرير صار القضيب موجباً إذ :

أ) انتزعت الإلكترونات من القضيب ب) أضيفت البروتونات إلى القضيب

ج) انتزعت البروتونات من القضيب د) بقي الحرير متعادلاً

5) أيها يُسهل أكثر نقل الشحنة :

أ) غير الموصلات ب) شبة 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 بالأستقطاب 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

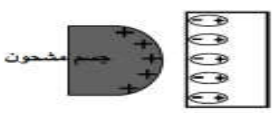
10) تحدث قوة التنافر بين شحنتين عندما :

أ) تختلف إشارتا الشحنتين ب) يتساوى مقدارا الشحنتين ج) تتشابه إشارتا الشحنتين د) يختلف مقدارا الشحنتين

11) الشحنة الكهربائية :

أ) توجد فقط في الموصلات ب) توجد فقط في العوازل ج) محفوظة د) غير محفوظة

12) يوضح الشكل المجاور الشحن بوساطة :



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 المتشابه)

خصائصها : 1) مجالية . (تؤثر عن بعد دون تماس)
2) متبادلة . (كل من الشحنتين تؤثر على الأخرى)

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

نص قانون كولوم :

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

r : البعد بين الشحنتين (بالمتر) k : ثابت كولوم حيث أن $k = 9\times10^9\ Nm^2/C^2$

q_1 : مقدار الشحنة الأولى q_2 : مقدار الشحنة الثانية .

ثابت كولوم (k_e) 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 طردياًمع 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 :

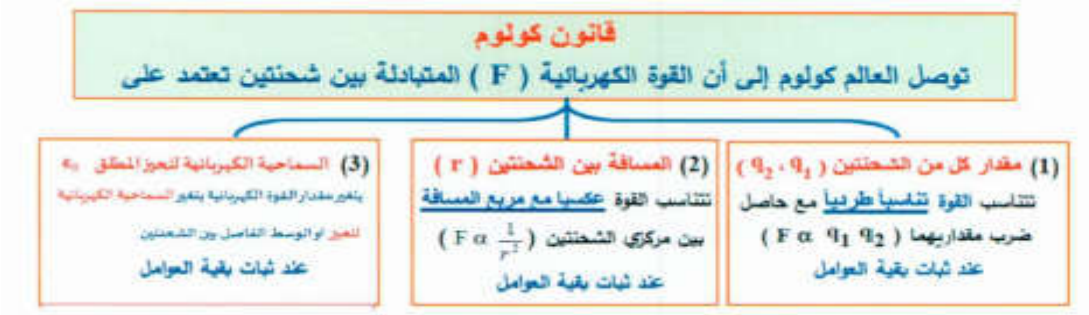
1) قانون كولوم ينطبق على الشحنات النقطية والكروية فقط .
2) $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ [قوة الأولى على الثانية تساوي وتعاكس قوة الثانية على الأولى حسب نيوتن الثالث قانون الفعل ورد الفعل]

و الصيغ التالية تبين ذلك :

- مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين $F = \frac{k|q_1 q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

حيث *الثابتين* (k, ε_o) هما ثابت كولوم و السماحية الكهربائية للحيز المطلق *ومقداريهما على الترتيب في الهواء*

$(k = 8.99\times10^9 N.m^2/C^2), (\varepsilon_o = 8.85\times10^{-12} C^2/N.m^2)$



<u>في حالة وجود اكثر من شحنتين كهربائيتين (مبدأ التراكب)</u>

<u>اولا :</u> احسب جميع القوي F_1 , F_2 , F_3 المؤثرة علي الشحنة المطلوب حساب محصلة القوي عليها

<u>ثانيا :</u> ارسم مخطط القوي لتحديد اتجاهات القوي المختلفة .

<u>ثالثا : حساب محصلة القوى :</u>

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 $\theta = \tan^{-1}(\frac{F_y}{F_x})$
اذا كانت القوتان غير متعامدتان	تحليل المتجهات	اتجاه F_R يكون $\theta = \tan^{-1}(\frac{\sum F_y}{\sum F_x})$

<u>مثال 1 :</u>

ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المبذولة بين البروتونين داخل نواة ذرة الهيليوم و تفصلهما مسافة مقدارها $2x10^{-15}$ m ؟

المعطيات :

$Q_p = 1.6 x10^{-19}$ C $K = 8.99 X 10^9$ N.m^2/C^2 $r = 2x10^{-15}$ m

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

F = ?????

القانون المستخدم :

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

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

<u>مثال 2 :</u>

ما مقدار القوة الكهروستاتيكية بين نواة الذهب و الكترون نواة الذهب الموجود في مدار نصف قطره $4.88X10^{-12}$ m مع العلم ان العدد الذري لذرة الذهب = 79

المعطيات :

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

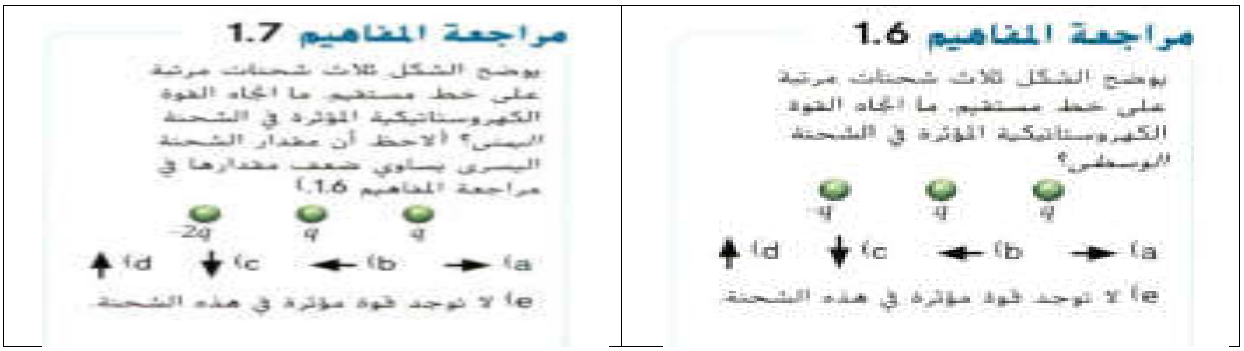
$Q_e = -1.6 \times 10^{-19}\ C$

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

F = ?????

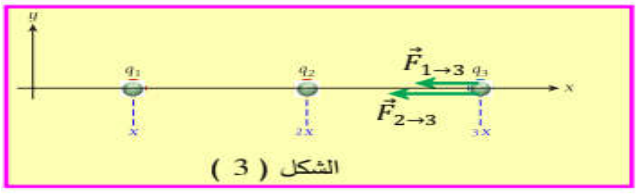
الحل :

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



(إذا كان $|\vec{F}_{2\to3}| = 2|\vec{F}_{1\to3}|$)

- أي الشحنات متماثلة نوعا ؟



الشكل (3)

- ما نسبة ($|q_2|$ إلى $|q_1|$)؟

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

1) أوجد مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين $q_1 = +30\ \mu C$ و $q_2 = -40 \times 10^{-6}\ C$ اللتان تفصل بينهما مسافة 6 cm. **(استخدم $k = 9 \times 10^{9}\ \frac{N\,m^2}{C^2}$ ، $1.0\ \mu C = 1.0 \times 10^{-6}\ C$).**
3×10^{3} N
1.8×10^{2} N
2×10^{3} N
3×10^{4} N
2) اي 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 $q_1 = 10\ \mu C$ $q_2 = -20\ \mu C$ $q_3 = 30\ \mu C$ تقاس المسافة علي المحور الافقي بالمتر اوجد القوة الكهربائية المؤثرة علي الشحنة q_3 و الناتجة من الشحنتين q_1 و q_2 (استخدم $k = 9 \times 10^9\ \frac{N\,m^2}{C^2}$. $1.0\ \mu C = 1.0 \times 10^{-6}\ C$)
1.05 N نحو اليسار
1.05 N نحو اليمين
1.05 N باتجاه محور Yالموجب
1.35 N نحو اليسار

نقطة التعادل (الاتزان الكهروستاتيكي) :

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

حالات الاتزان الكهروسكوني :

1 – اذا كانت الشحنتين متساويتين في المقدار و من نفس النوع : نقطة التعادل تقع في منتصف المسافة بينهما .

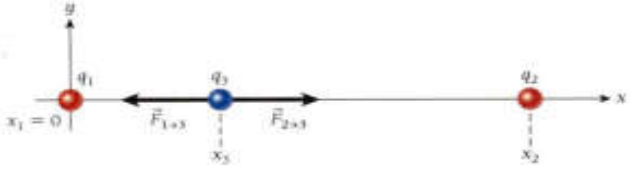
2 – اذا كانت الشحنتين مختلفتين في المقدار و من نفس النوع : نقطة التعادل تقع بينهما و لكن تكون اقرب الي الشحنة الاقل مقدارا .

3 – اذا كانت الشحنتين مختلفتين في المقدار و النوع : نقطة التعادل توجد خارجهما و تكون اقرب الي الشحنة الاقل مقدارا .

4 – اذا كانت الشحنتين متساويتين في المقدار و مختلفتين في النوع : لا توجد نقطة تعادل .

مثال محلول :

يوضح الشكل 1.16 موضع جسيمين مشحونين. يقع الجسيم $q_1 = 0.15\ \mu C$ عند نقطة الأصل. ويقع الجسيم $q_2 = 0.35\ \mu C$ على محور x الموجب عند النقطة $x_2 = 0.40\ m$. أين يجب أن يكون موضع الجسيم الثالث المشحون، q_3، ليكون عند نقطة اتزان أيحيث يكون مجموع القوى المؤثرة فيه صفرا؟



الشكل 1.16 مواضع ثلاثة جسيمات مشحونة. يوضح الشكل أن شحنة الجسيم الثالث سالبة.

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

عند نقطة الاتزان :

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

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

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

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

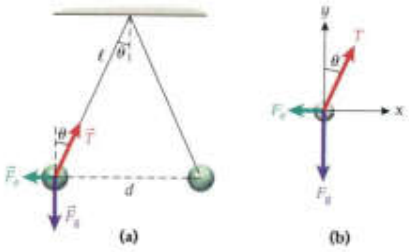
و بحل طرفي المعادلة معا و التعويض بالارقام نجد ان

$X_3 = 0.16$ m

مثال محلول :

- كرتان مشحونتان تتدليان من السقف بحبلين عازلين متساويين L =1.50 m وشحنت كل كرة بشحنة مقدارها q = 25μC 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.

$$T\sin\theta - F_e = 0 \quad \text{و} \quad T\cos\theta - F_g = 0$$

$$F_e = k\frac{q^2}{d^2} \quad \text{و} \quad F_g = mg$$

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

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

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

بالتعويض في هذه المعادلة نجد ان الناتج

$m = 0.764$ kg

1.6 قانون كولوم و قانون نيوتن في الجذب :

ملاحظات على القانونين

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

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

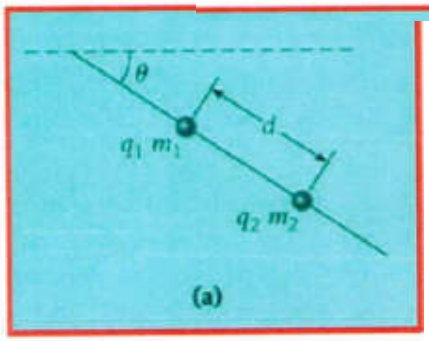
- قانون نيوتن في الجذب يصف قوة الجاذبية بين كتلتين

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

- تتناسب كلتا القوتين عكسيا مع مربع المسافة (قانون التربيع العكسي)
- في قانون كولوم تكون القوة تجاذب أو تنافر (الشحنات نوعين) ، بينما قوة الجاذبية قوة تجاذب فقط (الكتل نوع واحد)

مثال محلول :

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



الحل :

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

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

$$m_2 = 0.0611\ kg$$

المقارنة	قوة الجاذبية	القوة الكهربائية
نوع القوى	تجاذب فقط	تجاذب و تنافر
	قوى مجالية	قوى مجالية
مقدارها	صغيرة	كبيرة
القانون	$F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$	$F_e = K_c\frac{q_1 q_2}{r^2}$
الكميات الفيزيائية التي تعتمد عليها	• الكتلة [m] • المسافة بين الجسمين [r]	• مقدار الشحنات [q] • المسافة بين الشحنتين [r]
قانون التربيع العكسي	تخضع لقانون التربيع العكسي كما أتضح (نيوتن)	تخضع لقانون التربيع العكسي كما أتضح (كافندش)
قيمة و وحدة الثابت	$G = 6.67\times10^{-11}\ N.m^2/Kg^2$	$K_c = 9\times10^9\ N.m^2/C^2$

لتقييم الشدة النسبية للقوتين بين الكترونين 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 $(12\times10^{-9}C)$ وشحن الآخر بشحنة $(-18\times10^{-9}C)$:

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

2) على أي بعد بين الموصلين تصبح القوة الكهربائية بين الموصلين $(7.77\times10^{-6}N)$ ؟

س4) شحنتان نقطيتان لهما نفس المقدار ونفس النوع وضعتا في الهواء على بعد $(0.03m)$ من بعضهما فكانت القوة الكهربائية المتبادلة بينهما $(40\,N)$:

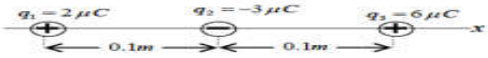
1) ما نوع القوة بين الشحنتين .

2) قارن بين قوة الشحنة الأولى على الثانية وقوة الثانية على الأولى ؟ فسر إجابتك .

3) احسب مقدار كل من الشحنتين .

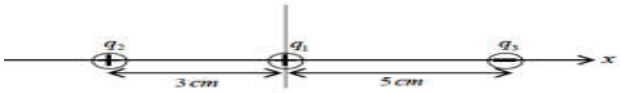
س5) وضعت ثلاث شحنات نقطية في الهواء على المحور (x) كما في الشكل احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة (q_3) ؟

الحل :



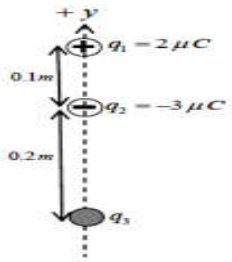
س6) ثلاث شحنات نقطية (q_3, q_2, q_1) تقع على المحور (x) عند المواضع $(x=0)$ و $(x=-3cm)$ و $(x=5cm)$ على الترتيب احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة الموضوعة عند نقطة الأصل (q_1) علماً بأن $(q_1 = 6\,\mu C)$ و $(q_2 = 1.5\,\mu C)$ و $(q_3 = -2\,\mu C)$ ؟

الحل :



س7) وضعت ثلاث شحنات 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 ؟

الحل :



$$F_{21} = 8.99\times10^{9}\times\frac{2\times10^{-6}\times3\times10^{-6}}{0.1^{2}}$$
$$= 5.4\ N \quad (-y)$$

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

$$F_R = F_{21} - F_{31}$$
$$4.2 = 5.4 - F_{31}$$
$$F_{31} = 1.2\ N \quad (+y)$$
$$F_{31} = K_c\times\frac{|q_3||q_1|}{r^2}$$
$$1.2 = 8.99\times10^{9}\times\frac{2\times10^{-6}\times q_3}{0.3^{2}}$$
$$q_3 = 6\times10^{-6}\,C \qquad \text{موجبة}$$

الشحنة المتزنة :

إذا كان في السؤال إحدى الشحنات 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 مقداره $6\mu C$ وموضوعة علي بعد $4cm$ إلي يسار كرة أخري 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 وعلي بعد $3cm$ منها . فما مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A ؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تدريب (2) تفصل مسافة مقدارها 0.30m بين شحنتين الأولي سالبة ومقدارها $2\times10^{-4}C$ والثانية موجبة ومقدارها $8\times10^{-4}C$ احسب القوة المتبادلة بين الشحنتين ؟

.....

.....

.....

تدريب(3) إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+3\times10^{-5}C,+8\times10^{-5}C$ تساوي $2.4\times10^{-5}N$ فاحسب مقدار المسافة بينهما ؟

.....

.....

.....

تدريب(4) إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الاخري بقوة تنافر مقدارها $6.4\times10^{-6}N$ وذلك عندما كانت أحداهما تبعد عن الاخري مسافة $3.8\times10^{10}m$ فاحسب شحنة كل منهما ؟

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

تدريب(6) إذا لامست كرة فلزية صغيرة شحنتها $1.2\times10^{-5}C$ كرة مماثلة متعادلة ثم وضعت علي بعد 0.15m منها فاحسب القوة الكهربية 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 $2.4\mu c$ وذلك عند وضعها علي بعد 5.5Cm من مركز كرة ثانية مشحونة بشحنة غير معروفة ما مقدار شحنة الكرة الثانية ؟

.....

.....

.....

تدريب(9) وضعت الشحنتان $+4\mu c$, $-9\mu c$ علي بعد 12Cm من بعضهما احسب :-

1- مقدار القوة التي تؤثر بها احدي الشحنتين علي الشحنة الاخري

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

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

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

.....

.....

.....

2- إذا كانت شحنة الكرة الثالثة C تساوي $+6\mu c$ فأين يجب وضعها علي أن تبقي محصلة القوي المؤثرة فيها تساوي صفرا ؟

.....

.....

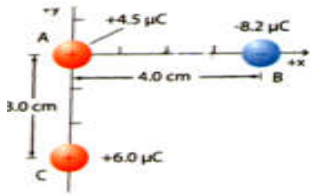
.....

3- إذا كانت شحنة الكرة الثالثة $-12\mu c$ فأين يجب ضعها علي أن تبقي محصلة القوي المؤثرة فيها صفرا ؟

.....

.....

.....



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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

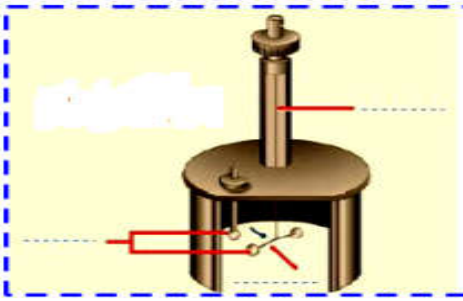
.....

.....

.....

.....

.....



1 - الشكل التالى يمثل الجهاز الذى استخدمه شارل كولوم :

A - ما اسم الجهاز ؟

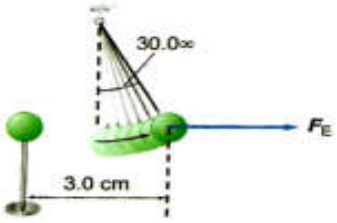
B - أكمل على الرسم مما يتركب الجهاز ؟

C – ما الذى لاحظه بعد اجراء تجربه ؟

D - ما الذى استنتجه كولوم ؟

E - ما القانون الذى لخص النتائج التى استنتجها كولوم ؟ و ما نصه ؟

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



1) **المؤثرة في الكرة المعلقة** F_g

.....

.....

2) **المؤثرة في الكرة المعلقة** F_E

.....

.....

.....

3) **الشحنة علي كل من الكرتين**

.....

.....

.....

.....

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

1- **زيادة مقدار** q_1 **إلي الضعف**

.....

2- **تقليل مقدار كل من** q_1, q_2 **إلي النصف**

.....

3- **زيادة المسافة الفاصلة بين الشحنتين إلي الثلاثة أضعاف**

.....

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

.....

5- **عند مضاعفة r و** q_1 **ثلاث مرات**

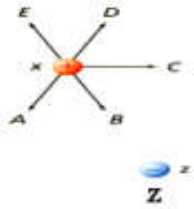
.....

تدريب(14): A وB وC وD 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 وZ ثابتتان في مكانيهما أما الكرة x فهي حرة الحركة والمسافة بين الكرة x وكل من الكرتين y وz في البداية متساوية حدد المسار الذي ستبدأ الكرة x في سلوكه بفرض أنة لا توجد قوي أخري تؤثر في الكرات

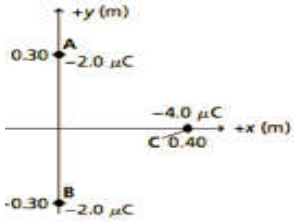


.....

.....

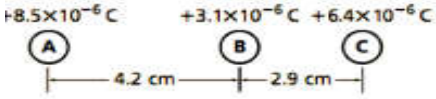
.....

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 الاجابة الصحيحة لكل مما يلي:

1- **إذا كانت F هي القوة الكهربية المتبادلة بين شحنتين كهربيتين تفصلهما مسافة r فإذا زيدت المسافة بين الشحنتين إلي 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 مي حدة بالموصل الكروي المعزول A والذي يحمل شحنة كهربية مقدارها q فان الشحنة النهائية للموصل الكروي A تصبح :**

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

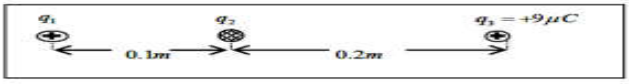
3- **شحنتان كهربائيتان (q وq2) موضوعتان في الهواء وتفصل بينهما مسافة (r) فإذا كانت القوة المؤثرة علي الشحنة الصغرى تساوي F شرقا فان القوة المؤثرة علي الشحنة ألكبري تساوي:**

1) 2F غربا 2) 2F شرقا 3) 0.5F غربا 4) F غربا

4- **كرتان متماثلتان Aو B يحملان شحنتان كهربيتان موجبتان كما بالشكل المجاور فإذا كانت القوة الكهربية المؤثرة علي الكرة A بسبب الكرة B هي 2.4N فان القوة الكهربية المؤثرة علي 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 .



س 20) يوضح الشكل المجاور موضع جسمين مشحونين : يقع الجسيم $q_1 =$ (0.15μC) عند نقطة الأصل ,ويقع الجسيم $q_2 =$ (0.35μC) على محور X الموجب عند النقطة ($X_2 =$ (0.40m

✓ أين يجب وضع شحنة ثالثة (بحيث يكون مجموع القوى المؤثرة في الجسيم تساوي صفر)

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

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 متزنه فإن : $(\sum F_y = 0)$

$$F_T \sin 75° = F_g$$

$$F_T = \frac{0.05}{\sin 75°} = 0.052\,N$$

$$(\sum F_x = 0)$$

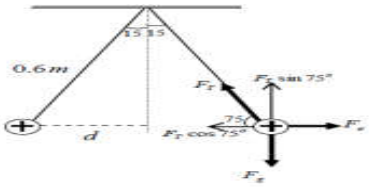
$$F_e = F_T \cos 75°$$

$$= 0.052 \cos 75° = 0.013N$$

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

$$0.013 = \frac{8.99\times10^9 \times q^2}{0.3^2}$$

$$q = 3.6\times10^{-7}\,C$$

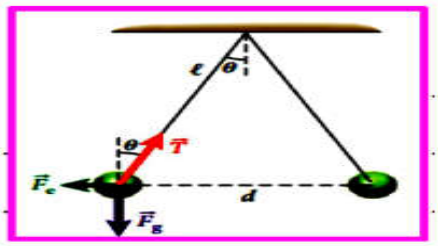


حساب البعد بين الشحنتين

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

$$r = 2d = 2\times0.15 = 0.3\,m$$

س 22) كرتان مشحونتان تتدليان من السقف بحبلين عازلين متساويين في الطول . (L =(1.50 m , وشحنت كل كرة بشحنة مقدارها q = 25μc ثم أصبحت الكرتان المتدليتان في وضع السكون . وصنع كل حبل زاوية مقدارها (25.0º)مع المستوى الرأسي . ما كتلة كل من الكرتين ؟



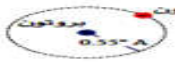
$$m = \frac{kq^2}{4gl^2 \sin^2\theta \tan\theta}$$

خرزة شحنتها ($q_1 = 1.27\mu c$)ثابته في مكانها على طرف سلك يصنع زاوية مقدارها (51.3°) مع المستوى الأفقي . وتنزلق خرزة ثانية كتلتها ($m_2 = 3.77g$) وشحنتها ($q_2 = 6.79\mu c$) .على السلك من دون احتكاك .

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

(اهمل قوة الجاذبية بين الخرزتين)

س يدور إلكترونُ ذرّة الهيدروجين حول النواة في مدار دائريّ نصف قطره حوالي $0.53^{\circ}A = 5.3 \times 10^{-11}\ m$. جد مقدار القوّة الكهربائيّة ومقدار قوّة الجاذبية المتبادلة بين بروتون وإلكترون ذرّة الهيدروجين.



علما بأن :

$m_p = 1.673 \times 10^{-27}\ kg$ $m_e = 9.109 \times 10^{-31}\ kg$

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

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 ؟

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7- أي من الآتية يمثل الشحنة الأساسية ؟

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

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

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

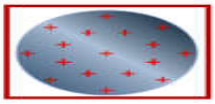
9- قربت ساق مشحونة من موصل كما في الشكل المجاور ، ما نوع الشحنة التي اكتسبها الجزء A من الموصل و ما طريقة شحنه .

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

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

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

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



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

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

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

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

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

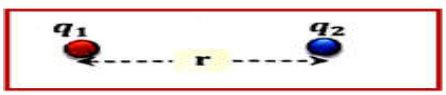
14- أي الآتية يكافئ وحدة الكولوم (C) ؟

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

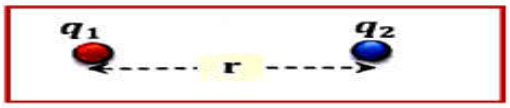
15- أي الآتية وحدة لقياس كمية الشحنة الكهربائية ؟

☐ النيوتن ☐ الكولوم ☐ الفولت ☐ الأمبير

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



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

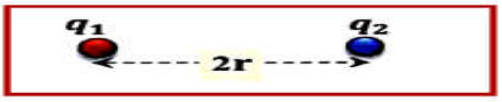


17- يؤثر في الشحنة النقطية (q_2) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_2) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (3r) ؟

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

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

64 N☐ 32 N☐ 16 N☐ 2.0 N ☐



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

$\frac{1}{4}F$ ☐ 2 F ☐ 4 F ☐ F ☐

قربت ساق مشحونة من موصل كما في الشكل المجاور ،

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

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 .

.....
.....
.....

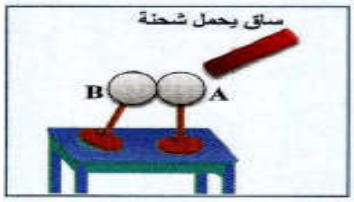
.....
.....
.....

$5\times10^{-5}\,N$

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

- ☐ الجسم موصل وشحن بفقده الالكترونات.
- ☐ الجسم موصل وشحن باكتسابه الكترونات .
- ☐ الجسم عازل وشحن بفقده الالكترونات.
- ☐ الجسم عازل وشحن باكتسابه الكترونات .

21- قربت 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 ؟



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

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 ؟

- ☐ $17\ cm$
- ☐ $3.0\ cm$
- ☐ $8.5\ cm$
- ☐ $4.2\ cm$

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 بوساطتها شحن ساق من الابونيت ؟
طريقة الدلك ، طريقة الحث ، طريقة الاستقطاب ، طريقتي الاستقطاب والدلك

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

26- في الشكل المجاور بعد فتح المفتاح (م) ثم إبعاد ساق الابونيت 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 تكمية 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 بفقده الالكترونات .
- ☐ الجسم موصل غير مجوف و شحن بفقده الالكترونات .
- ☐ الجسم موصل مجوف و شحن باكتسابه الالكترونات .
- ☐ الجسم عازل و شحن باكتسابه الالكترونات.

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

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

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

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

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

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

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

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

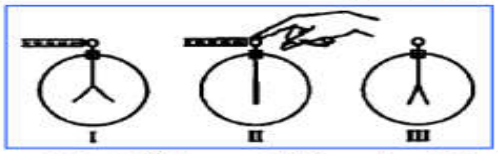
كشاف كهربائي غير مشحون ومعزول قرب من قرصه موصل مشحون موجبة دون ان يلامسه. فيكون

- ☐ 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.

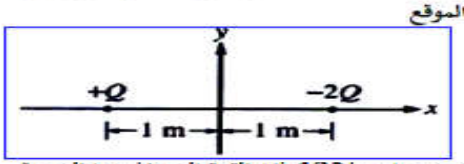
- ☐ مشحون بشحنة سالبة وورقاته منفرجان
- ☐ مشحون بشحنة سالبة وورقاته منطبقتان
- ☐ مشحون بشحنة موجبة وورقاته منفرجان
- ☐ مشحون بشحنة موجبة وورقاته منطبقتان

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



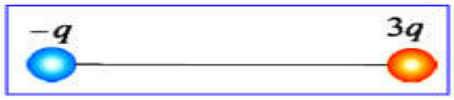
- ☐ موجبة في الحالتين I و III
- ☐ سالبة في الحالتين I و III
- ☐ موجبة في الحالة I وسالبة في الحالة III
- ☐ سالبة في الحالة I وموجبة في الحالة III

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



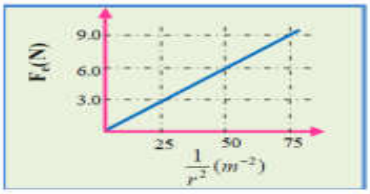
- ☐ $-(3+\sqrt{8})m$
- ☐ $1/3m$
- ☐ $-1/3m$
- ☐ $(3+\sqrt{8})m$

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



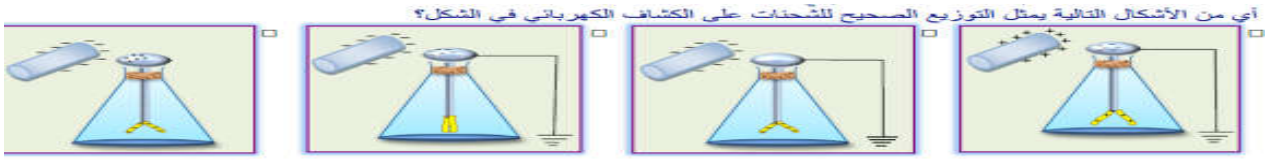
- ☐ $4N$
- ☐ $12N$
- ☐ $36N$
- ☐ $3N$

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



- ☐ $0.91\mu C$
- ☐ $1.82\mu C$
- ☐ $3.65\mu C$
- ☐ $0.3\mu C$

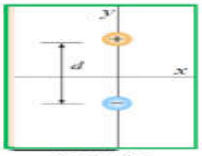
أي من الأشكال التالية يمثل التوزيع الصحيح للشحنات على الكشاف الكهربائي في الشكل؟



إذا أثرت الشحنة $q_1=+q$ على الشحنة $q_2=-3q$ بقوة $F=6\ N$ نحو اليمين فما القوة التي تؤثر بها الشحنة q_2 على الشحنة q_1 ؟

- 18 N لليسار.
- 18 N لليمين.
- 6 N لليسار.
- 2 N لليسار.

شحنتان نقطيتان موضوعتان بالهواء $q_1=+2e$ و $q_2=-2e$ حيث $(e=1.6\times10^{-19}C)$ والبعد بينهما $d=10^{-9}m$ إن مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_2



- $9.22\times10^{-10}N$ باتجاه $-y$
- $3.6\times10^{28}N$ باتجاه $-y$
- $3.6\times10^{28}N$ باتجاه $+y$
- $9.22\times10^{-10}N$ باتجاه $+y$

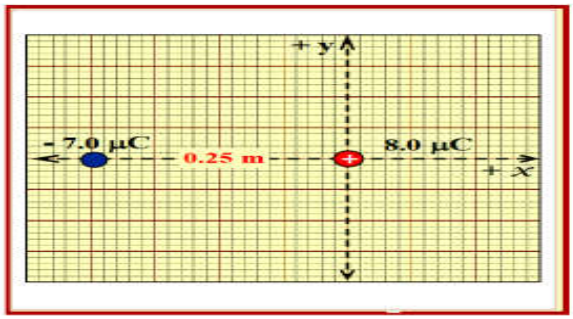
1) الشكل المجاور يبيّن موصلاً كروياً معزولاً تم توصيل سطحه بقرص كشاف كهربائي وبقيت ورقتا الكشاف منطبقتين. أيّ العبارات الآتية تصف سلوك ورقتي الكشاف عند وضع ساق بلاستيكية يحمل شحنة سالبة بالقرب من الموصل الكروي دون أن يلامسه؟

أ. تبقى ورقتا الكشاف منطبقتان
ب. تتجاذب ورقتا الكشاف لاكتسابهما شحنتان مختلفتان
ج. تنفرج ورقتا الكشاف وشحنتاهما موجبتان
د. تنفرج ورقتا الكشاف وشحنتاهما سالبتان

2) تؤثّر الشحنة q_1 في الشحنة q_2 بقوة كهربائيّة مقدارها F بالاتجاه المبيّن على الشكل المجاور. أي صفوف الجدول الآتي يُبيّن مقدار واتجاه القوة الكهربائيّة المؤثّرة في الشحنة q_1 ؟

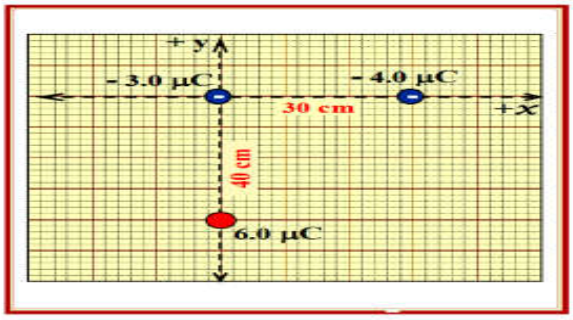
	مقدار القوة	اتجاه القوة
أ.	$5F$	نحو اليمين
ب.	$5F$	نحو اليسار
ج.	F	نحو اليمين
د.	F	نحو اليسار

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



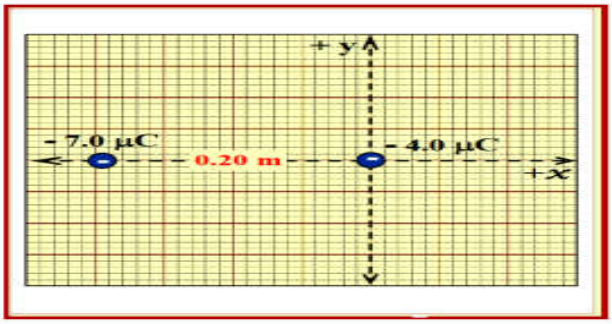
8N

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



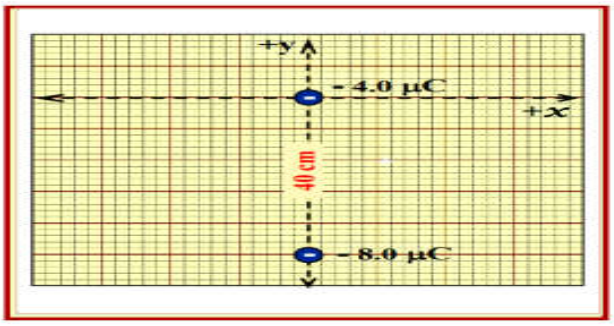
1.56N

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



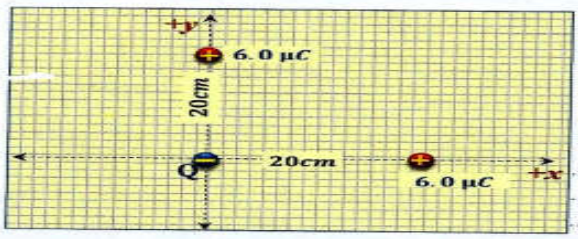
$6.3N$

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

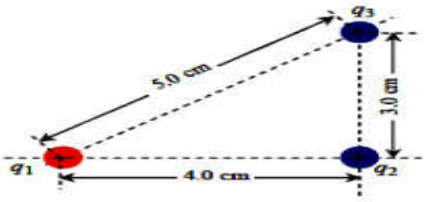


25- أوجد اتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة Q.
(ارسم متجهات القوة و احسب الزاوية بين متجه القوة المحصلة والمحور x)

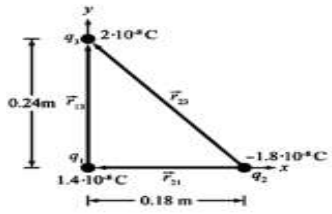
26- احسب مقدار الشحنة Q .

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

تدريبات متنوعة



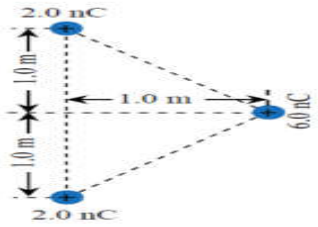
وُضعَت ثلاثُ شحناتٍ نقطيةٍ عندَ رؤوسِ مثلثٍ، كما يظهرُ في الشكلِ 1-8، إذا كانَت $q_1 = -6.00\ nC$، $q_2 = +2.00\ nC$، $q_3 = 5.00\ nC$. جِدْ مقدارَ القوةِ الكهربائيةِ التي تؤثّرُ في الشحنةِ q_2.



س: وضعت شحنة ($q_1 = 1.40 \times 10^{-8}\ c$) عند نقطة الأصل . ووضعت الشحنتان ($q_2 = -1.80 \times 10^{-8}\ c$) و($q_3 = 2.10 \times 10^{-8}\ c$) 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 لحظةِ الانشطارِ النوويّ، تنقسمُ نواةُ اليورانيوم ^{235}U التي تحتوي على 92 بروتونًا إلى نواتين جديدتين بهما عددُ البروتوناتِ نفسُه وتصبحُ قطرُ كلٍّ منهما $5.9 \times 10^{-15}\ m$. ما مقدارُ قوةِ التنافرِ بينهما؟



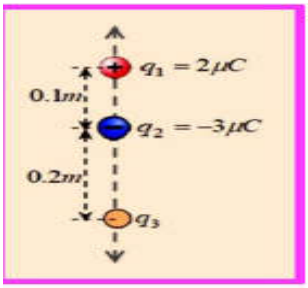
- وضعَت ثلاثُ شحناتٍ نقطيةٍ عندَ رؤوسِ مثلثٍ كما في الشكلِ 1-32. جِدْ مقدارَ القوةِ الكهربائيةِ التي تؤثّرُ في الشحنةِ 6.0 nC.

- وُضعَت ثلاثُ شحناتٍ نقطيةٍ في الهواءِ على المحورِ x كما في الشكلِ 1-33. جِدْ مقدارَ القوةِ التي تؤثّرُ في الشحنةِ 6.0 μC.

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

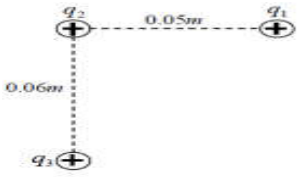
س16) ثلاث شحنات نقطية (q_3, q_2, q_1) تقع على المحور (x) عند المواضع $(x = 0)$ و $(x = -3cm)$ و $(x = 5cm)$ على الترتيب احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة الموضوعة عند نقطة الأصل (q_1) علماً بإن $(q_1 = 6\mu C)$ و $(q_2 = 1.5\mu C)$ و $(q_3 = -2\mu C)$ ؟

س17) وضعت ثلاث شحنات نقطية على المحور (y) كما في الشكل إذا كانت محصلة القوة الكهربائية على الشحنة (q_1) تساوي $(4.2N)$ باتجاه $(-y)$. وكانت $(F_{21} = 5.4\ N)$ 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 $(q_1 = +5\,nC)$ و $(q_2 = +2nC)$ و $(q_3 = +8nC)$ فأجب عما يلي :

1) احسب مقدار القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة (q_2) .

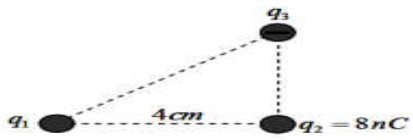


2) حدد اتجاه حركة الشحنة (q_2) بالنسبة لمحور (x) إذا سُمح لها بالحركة .

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 $(1\times10^{-4}\,N)$ وكانت محصلة القوة على الشحنة (q_2) تساوي $(1.35\times10^{-4}\,N)$ باتجاه شمال غرب :

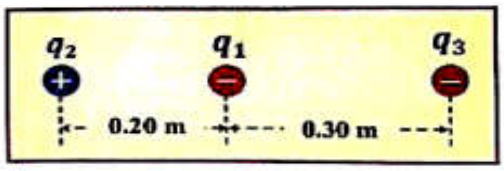
1) حدد نوع كل من الشحنتين (q_2) و (q_1) ؟

2) احسب مقدار الشحنة (q_1) .



س20) وضعت ثلاث شحنات نقطية في الفراغ كما في الشكل المجاور ، إذا كانت $(q_1 = -2.0\times10^{-6}\,C)$ و $(q_2 = +1.6\times10^{-6}\,C)$ و $(q_3 = -2.0\times10^{-6}\,C)$

1) احسب مقدار محصلة القوى الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_1) .

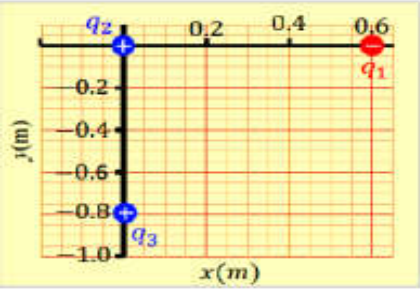


2) إذا أبعدت الشحنة (q_2) نهائياً عن الشحنتين $(q_1 \, , \, q_3)$ فهل تزداد القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_1) أم تقل أم لا تتغير ؟ برر إجابتك .

س21) وضعت الشحنات $(q_1 \, , \, q_2 \, , \, q_3)$ متجاورات في الفراغ كما هو مبين في الشكل المجاور ،

إذا كانت $(q_1 = -4\times10^{-8}\,C)$ ، $(q_2 = +8\times10^{-8}\,C)$ ، $(q_3 = +6\times10^{-8}\,C)$:

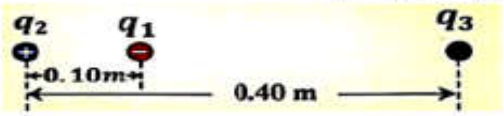
1) جد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_2) .



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 ؟

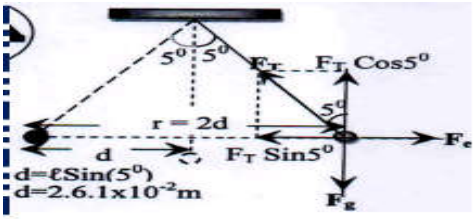
س22) في الشكل المجاور الشحنات النقطية الثلاث موضوعة في الفراغ ، إذا كانت $(q_1 = -2.0\times10^{-6}\,C)$ و $(q_2 = +4.0\times10^{-6}\,C)$ وكانت محصلة القوى الكهربائية في الشحنة (q_1) تساوي صفراً :

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 .

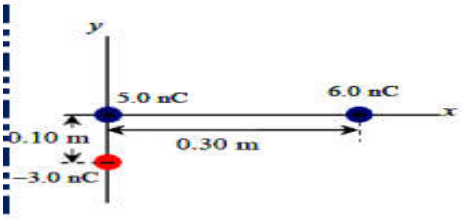
❖ كرتان معدنيّتان صغيرتان، كتلةُ كلٍّ منهما 0.20 g، تتدلّيان كالبندول من النقطةِ نفسِها بوساطةِ خيطٍ خفيف. شُحِنتا كهربائيًّا بنفسِ نوعِ الشحنةِ ومقدارِها، فأصبحتا في حالةِ اتّزانٍ بعد أن مالَ كلٌّ خيطٍ بزاويةِ 5.0° مع الرأسي. ما مقدارُ شحنةِ كلٍّ منهما إذا كانَ طولُ الخيطِ 30.0 cm؟



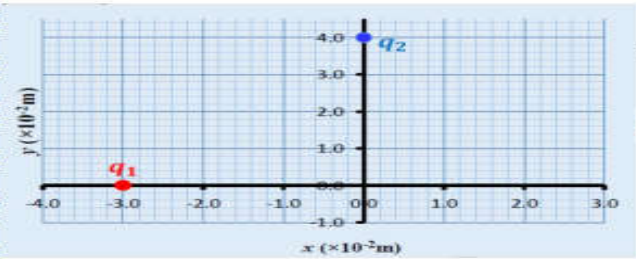
❖ وُضِعَتْ ثلاثُ شحناتٍ نقطيةٍ في الهواءِ كما في الشكلِ 1-36 جدْ:

أ. شدّةَ المجالِ الكهربائيِّ عندَ نقطةِ أصلِ الإحداثيّات.

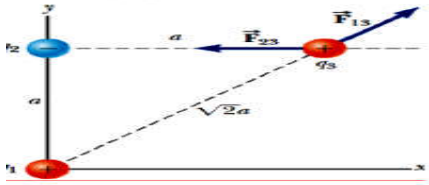
ب. القوةَ الكهربائيةَ المؤثّرةَ في الشحنةِ 5.0 nC.



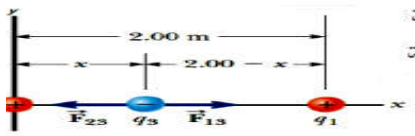
❖ يظهر الشكل شحنتان نقطيتان $(q_1 = -4.0 \times 10^{-12} C)$ و $(q_2 = +16 \times 10^{-12} C)$، إذا كان الهواء يحيط بالشحنتين احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_1).



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

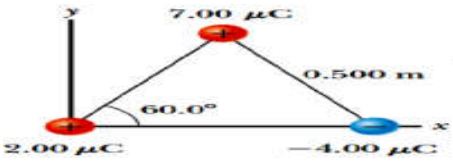


❖ الشكل 8.1 ثلاثة شحنات نقطية موضوعة على محور x. اذا القوة المحصلة على الشحنة q_3 تساوي صفر، والقوة $\vec{F}_{13}$ المبذولة بواسطة الشحنة q_1 على الشحنة q_3 يجب ان تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة $\vec{F}_{23}$ المبذولة بواسطة الشحنة q_2 على الشحنة q_3.

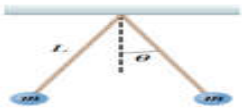


$x = 0.775m$

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



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



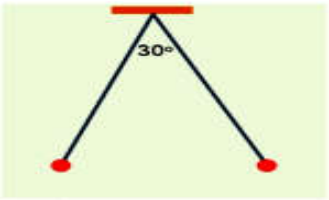
❖ في تجربة مليكان ، اتزنت قطرة زيت كتلتها (5.0×10^{-5} Kg) و مشحونة بشحنة سالبة تحت تأثير وزنها و القوة الكهربائية التي يؤثر بها المجال الكهربائي المنتظم الناشيء بين الصفيحتين و الذي شدته تساوي (2.40×10^{6} N/C) . احسب عدد الإلكترونات الزائدة على قطرة الزيت .

.....

.....

.....

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



.....

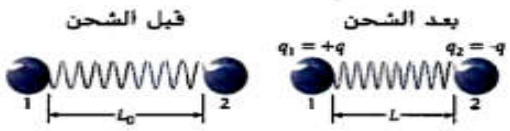
.....

.....

.....

.....

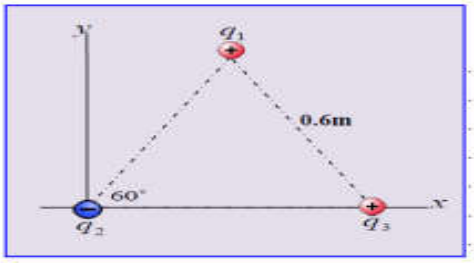
❖ وصلت كرتان فلزيتان غير مشحونتين (2 , 1)بواسطة زنبرك عازل طوله (L = (1.00 m وثابت الزنبرك (K = (25.0 N/m كما هو موضح بالشكل . ثم اكتسبت الكرتان الشحنتين (-q , +q) فتمدد الزنبرك وأصبح طوله (L = (0.635m



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

علما بأن $F_S = K\Delta X$

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 وبالاعتماد على البيانات التي على الشكل أجب عما يلي:



a- محصلة القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_2

.....

.....

.....

.....

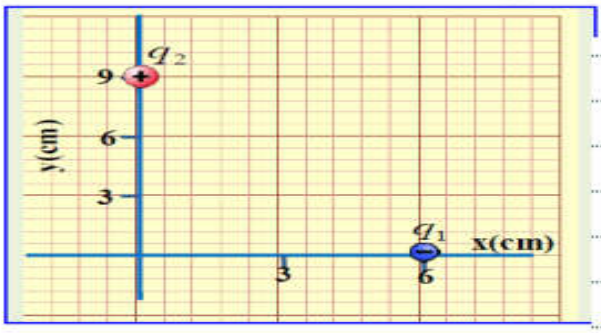
.....

.....

.....

.....

وضعت شحنتان بالفراغ كما هو مبين بالشكل $q_1 = -12nC$ و $q_2 = +10nC$



a — احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

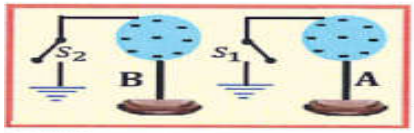
.....

– اذا 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 :



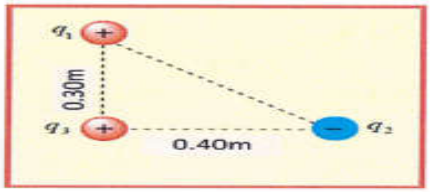
الشكل المجاور يبين جسمين مشحونين أحدهما موصل A والآخر عازل B. بيّن مع التفسير الحالة الكهربائية (موجب الشحنة أم سالب الشحنة أم متعادل) لكل من الجسمين بعد غلق المفتاحين S_1 و S_2 ؟

* 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)

.....

.....

.....

.....

.....

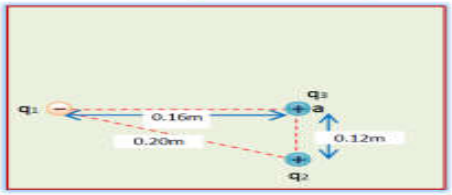
.....

ب. بأيّ اتجاه ستتحرّك الشحنة (q_3) تحت تأثير القوة المحصلة.

.....

.....

12) وضعت ثلاث شحنات نقطية عند رؤوس مثلث كما في الشكل المجاور. إذا كانت ($q_2 = +1.4\times10^{-8}$ c.) و ($q_3 = +2.2\times10^{-8}$ c.) و تؤثر الشحنة q_1 على الشحنة q_3 بقوة جذب مقدارها (1.4×10^{-4} N) . أوجد :



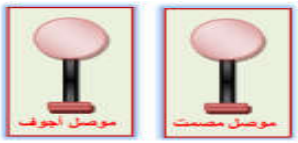
أ — مقدار محصلة القوى الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة q_3 وحدد اتجاهها على الشكل نفسه.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

موصلان كرويان متماثلان في الحجم، شحن المجوف بشحنة (+50 µC) وشحن المصمت بشحنة (-130 µC)

أ — وضح على الرسم توزيع الشحنات على كل من الموصلين.

ب- ما يطرأ على شحنة كل منهما إذا تم توصيل الموصلين بسلك موصل.



.....
.....
.....

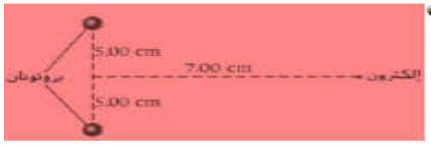
أ. فسّر ما يحدث عند دلك ساق من المطاط بقطعة من الصوف (بناءً على حفظ الشحنة).

.....
.....

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		
الشحنة الأساسية $e = 1.602 \times 10^{-19} C$	شحنة البروتون $q_p = +e$	شحنة الالكترون $q_e = -e$
قانون كولوم	الصورة العامة للقانون $\vec{F}(\vec{r}) = kq\sum_{i=1}^{n} q_i \frac{\vec{r_i} - \vec{r}}{\lvert\vec{r_i} - \vec{r}\rvert}$	مقدار القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين $F = k\frac{\lvert q_1 q_2\rvert}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{\lvert q_1 q_2\rvert}{r^2}$
ثابت قانون كولوم (k)	$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.99 \times 10^9 N\,m^2/C^2$	$q = e\cdot(N_p - N_e).$
السماحية الكهربائية للحيز ε السماحية الكهربائية الفراغ ε_0	$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2/N\,m^2$	

اسئلة و مسائل محلولة :

1. **الأجسام المشحونة** بعد دلك مشط بسترة مصنوعة من الصوف يمكنه جذب قصاصات ورق صغيرة. لماذا يفقد المشط هذه القدرة بعد عدة دقائق؟

يفقد المشط شحنته في الوسط المحيط به، ويصبح متعادل من جديد.

2. **أنواع الشحنات** من خلال التجارب التي مرت في هذا القسم، كيف يمكنك أن تعرف أيّ الشريطين B أو T موجب الشحنة؟

قرّب قضيبًا زجاجيًّا مشحونًا 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 تحّدد ما إذا كانت كرة البيلسان المعلقة بخيط عازل متعادلة كهربائيًّا 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 المقرّب، وإذا انجذبت إليه فإن شحنتها إما تكون مخالفة لشحنة الجسم أو متعادلة. ولتحديد الشحنة الموجبة قرّب قضيبًا زجاجيًّا مشحونًا بشحنة موجبة إلى كرة البيلسان فإذا تنافرا؛ فإن شحنة الكرة تكون موجبة، أما إذا انجذب أحدهما إلى الآخرفإن كرة البيلسان تكون متعادلة الشحنة.

4. **فصل الشحنات** يُشحن قضيب مطاط بشحنة سالبة عند دلكه بالصوف. ماذا يحدث لشحنة الصوف؟ ولماذا؟

يصبح الصوف موجب الشحنة؛لأنه فقد الإلكترونات التي اكتسبها قضيب المطاط.

5. **شحن الموصلات** افترض أنك علّقت قضيبًا فلزيًّا طويلًا 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 بالدلك** يمكنك شحن قضيب مطاط بشحنة سالبة بدلكه بالصوف. ماذا يحدث عند دلك قضيب نحاس بالصوف؟

لأن النحاس مادة موصلة؛ لذا يبقى متعادلا ما دام ملامسًا ليدك.

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 أيضًا كيف يمكن أن تشحن الأجسام عند دلك 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 -2.0×10^{-4} C، والثانية موجبة ومقدارها 8.0×10^{-4} C. ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-4}\ \text{C})(8.0\times10^{-4}\ \text{C})}{(0.30\ \text{m})^2}$$

$$= 1.6\times10^4\ \text{N}$$

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

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

$$q_B = \frac{F r_{AB}^2}{K q_A} = \frac{(65\ \text{N})(0.050\ \text{m})^2}{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}$$

$$= 3.0\times10^{-6}\ \text{C}$$

10. في المثال 1، إذا أصبحت شحنة الكرة B تساوي $+3.0\mu$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 $+2.0\times10^{-6}$ C عند نقطة الأصل، في حين وضعت كرة B مشحونة بشحنة سالبة مقدارها -3.6×10^{-6} C عند الموقع $+0.60$ cm على المحور x. أما الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها $+4.0\times10^{-6}$ C فقد وضعت عند الموقع $+0.80$ m على المحور x. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.

$$F_{A\text{ على }B} = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ (2.0\times10^{-6}\ \text{C})(3.6\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.60\ \text{m})^2} = 0.18\ \text{N}$$ **الاتجاه: نحو اليمين**

$$F_{A\text{ على }C} = K\frac{q_A q_C}{r_{AC}^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.80\ \text{m})^2} = 0.1125\ \text{N}$$ **الاتجاه: نحو اليسار**

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{A\text{ على }B} - F_{A\text{ على }C} = (0.18\ \text{N}) - (0.1125\ \text{N}) = 0.0675\ \text{N}$$ **نحو اليمين**

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

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

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

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

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

$$= (9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(3.6\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.20\ \text{m})^2} - (9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(2.0\times10^{-6}\ \text{C})(3.6\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.60\ \text{m})^2}$$

$$= 3.1\ \text{N}$$ **باتجاه اليمين**

13. **القوة والشحنة** كيف ترتبط القوة الكهربائية بالشحنة؟ صِف القوة عندما تكون الشحنات متشابهة، وصِفها عندما تكون الشحنات مختلفة.
تتناسب القوة الكهربائية طرديًا 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 عكسيًا مع مربع المسافة بين الشحنتين. القوة الجديدة ستساوي $\frac{1}{9}$ القوة الأصلية.

15. **الكشاف الكهربائي** عند شحن كشّاف كهربائي ترتفع ورقتاه الفلزيتان لتشكِّلا 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 كشّاف كهربائي** اشرح كيف يمكن شحن كشّاف كهربائي بشحنة موجبة باستخدام:

a. قضيب موجب.
لامس القضيب للكشّاف الكهربائي، فتنتقل الشحنات السالبة إلى القضيب، تاركة الكشّاف الكهربائي مشحونًا بشحنة موجبة.

b. قضيب سالب.
قرب القضيب السالب إلى الكشّاف الكهربائي دون لمسه، ثم اعمل على تأريض الكشّاف الكهربائي بلمسه بإصبعك للسماح للإلكترونات بالإنتقال إلى إصبعك، ثم أزِل التأريض وأبعد القضيب عن الكشّاف الكهربائي.

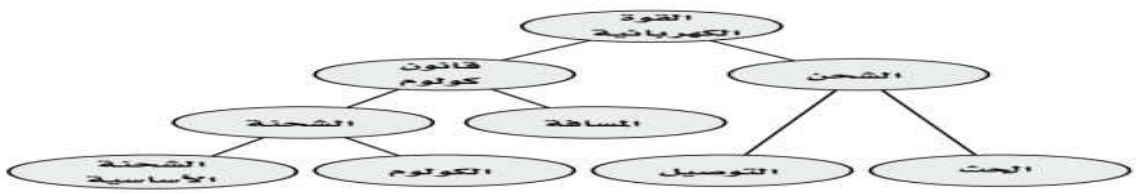
17. **جذب الأجسام المتعادلة** ما الخاصيتان اللتان تفسّران سبب انجذاب جسم متعادل إلى كل من الأجسام المشحونة بشحنة موجبة والأجسام المشحونة بشحنة سالبة؟
ينتج فصل الشحنات الكهربائية عن قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة وقوة التنافر بين الشحنات المتشابهة. حيث تتحرك شحنات الجسم المتعادل باتجاه الشحنات المخالفة 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 كشّاف كهربائي بالحث، وإبعاد قضيب الشحن قبل فصل تأريض القرص؟
تعود الشحنات التي فرّغت إلى الأرض؛ لذا يبقى الكشاف الكهربائي متعادلًا.

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. وضّح ذلك.
بعض الشحنات على الكرة الفلزية ستتنافر مع الشحنات على الكرة البلاستيكية، ممّا 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 مشّطت شعرك في يوم جاف فسوف يُشحن المشط بشحنة موجبة. هل يمكن أن يبقى شعرك متعادلاً؟ وضّح إجابتك.
لا. فوفق مفهوم حفظ الشحنة فإن شعرك يجب أن يصبح سالب الشحنة.

23. أعدّ قائمة ببعض المواد العازلة والمواد الموصلة.
ستختلف إجابات الطلاب، ولكنها قد تتضمن العوازل: الهواء الجاف والخشب، والبلاستيك والزجاج والملابس، 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 حرّة؛ لأن قوة الارتباط بين الإلكترونات والنواة كبيرة جدًا.

25. غسالة الملابس عندما نخرج الجوارب من مجفّف الملابس تكون أحيانًا ملتصقة بملابس أخرى. لماذا؟
شُحنت بالدلك 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 دلك 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؟ وضّح 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 قلّت المسافة و بقي مقدار الشحنتين كما هو فماذا يحدث للقوة؟
تتناسب 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. صِل الموصل بالأرض بوجود القضيب المشحون، ثم أزل التأريض قبل إزالة القضيب المشحون. فيكتسب القضيب شحنة سالبة.

30. فيم تختلف شحنة الإلكترون عن شحنة البروتون؟ وفيم تتشابهان؟
مقدار شحنة البروتون تساوي تمامًا مقدار شحنة الإلكترون، ولكنها مختلفة عنها في النوع.

31. كيف يمكنك أن تحدّد ما إذا كان جسم ما موصلًا أم لا، باستخدام قضيب مشحون وكشّاف كهربائي؟
استخدم عازلًا معروفًا لتمسك إحدى نهايتي الجسم بالقرب من الكشّاف الكهربائي. المس النهاية الأخرى للجسم بالقضيب المشحون، إذا انفرجت ورقتا الكشّاف الكهربائي فإن الجسم يكون موصلًا.

32. قُرّب قضيب مشحون إلى مجموعة كرات بلاستيكية صغيرة جدًا، فانجذبت بعض الكرات إلى القضيب، إلا أنها لحظة ملامستها للقضيب اندفعت مبتعدة عنه في اتجاهات مختلفة. وضّح ذلك.
بدايةً، 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 في الغيمة تتناهر مع الإلكترونات على الأرض في المنطقة المقابلة لها، مما يؤدي إلى فصل الشحنات فتصبح شحنة هذه المنطقة القريبة من الغيمة موجبة. مما يؤدي إلى ظهور قوة تجاذب.

34. وضّح ما يحدث لورقتي كشّاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة عند تقريب قضيب مشحون بالشحنات التالية إليه، مع مراعاة عدم لمس القضيب للكشّاف الكهربائي:

a. شحنة موجبة.
يزداد انفراج ورقتي الكشّاف.

b. شحنة سالبة.
يقل انفراج ورقتي الكشّاف.

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

قانون كولوم

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

قانون الجذب العام

$$F = G\frac{m_A m_B}{r^2}$$

■ الشكل 13—1 (الرسم ليس وفق مقياس الرسم)

التشابه: يعتمد التربيع العكسي على المسافة. تتناسب القوة طرديًا مع حاصل ضرب كتلتين أو شحنتين.
الاختلاف: هناك إشارة واحدة فقط للكتلة لذا، فإن قوة الجاذبية دائمًا تجاذب. أما الشحنة فلها إشارتان لذا، فإن القوة الكهربائية يمكن أن تكون إما قوة تجاذب أو قوة تناهر.

36. قيمة الثابت K في قانون كولوم أكبر كثيرًا من قيمة الثابت G في قانون الجذب العام. علامّ يدل ذلك؟

القوة الكهربائية أكبر كثيرًا من قوة الجاذبية.

37. وَصَف هذا الفصل طريقة كولوم لشحن كرتين A وB، بحيث تكون الشحنة على الكرة B نصف الشحنة على الكرة A تمامًا. اقترح طريقة تطبقها لتصبح شحنة الكرة B مساوية لثلث شحنة الكرة A.

بعد شحن الكرتين A وB بشحنتين متساويتين اجعل الكرة B تلامس كرتين أخريين غير مشحونتين ومماثلتين لها في الحجم، وتلامس كل منها الأخرى. ستتوزّع 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 وB الشحنة نفسها، وتبعد إحداهما عن الأخر 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 بثلث 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 قُرِّب 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 جدًّا 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 الاتجاهي لها، والذي يكون عادة صغيرًا. أما شعورنا بكبر قوة الجاذبية الأرضية فيعود إلى كبر كتلة الأرض.

إتقان حل المسألة

2–1 القوة الكهربائية

(صفحة 32–31)

41. شحنتان كهربائيتان، q_A وq_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** $\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)F = \frac{1}{4}F$

c. مضاعفة r ثلاث مرات

$3r$ **فتصبح القوة الجديدة** $\frac{F}{(3)^2} = \frac{1}{9}F$

d. تقليل r إلى النصف

$\frac{1}{2}r$ **فتصبح القوة الجديدة** $\frac{F}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 4F$

e. مضاعفة q_A ثلاث مرات وr مرتين

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

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

$$(-25\ \text{C})\left(\frac{1\ \text{إلكترون}}{-1.60\times10^{-19}\ \text{C}}\right) = 1.6\times10^{20}\ \text{إلكترون}$$

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

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(1.5\times10^{-10}\ \text{m})^2}$$

$= 1.0\times10^{-8}$ N، تنافر

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

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.5\times10^{-5}\ \text{C})(2.5\times10^{-5}\ \text{C})}{(1.5\times10^{-1}\ \text{m})^2}$$

$= 2.5\times10^2$ N، **ويتجه كل من القوتين نحو الشحنة الأخرى**

45. إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+8\times10^{-5}$ C و $+3\times10^{-5}$ C تساوي 2.4×10^2 N فاحسب مقدار المسافة بينهما.

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{Kq_Aq_B}{F}} = \sqrt{\frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(8.0\times10^{-5}\ \text{C})(3.0\times10^{-5}\ \text{C})}{2.4\times10^2\ \text{N}}}$$

$= 0.30$ m

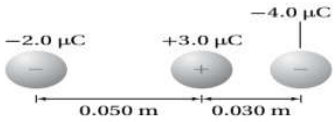
46. إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الأخرى بقوة تنافر مقدارها 6.4×10^{-9} N، عندما كانت إحداهما تبعد عن الأخرى مسافة 3.8×10^{-10} m، فاحسب مقدار شحنة كل منهما.

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{Kq^2}{r^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{Fr^2}{K}} = \sqrt{\frac{(6.4\times10^{-9}\ \text{N})(3.8\times10^{-10}\ \text{m})^2}{9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2}}$$

$= 3.2\times10^{-19}$ C

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



■ **الشكل 14—1**

$$F_1 = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(3.0\times10^{-6}\ C)(2.0\times10^{-6}\ C)}{(0.050\ m)^2}$$

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

$$F_2 = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(3.0\times10^{-6}\ C)(4.0\times10^{-6}\ C)}{(0.030\ m)^2}$$

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

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

$$= 98\ N \text{ نحو الشرق.}$$

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**

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{Kq_A3q_A}{r^2}$$

$$q_A = \sqrt{\frac{Fr^2}{3K}} = \sqrt{\frac{(0.28\ N)(0.16\ m)^2}{3(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)}} = 5.2\times10^{-7}\ C$$

$$q_B = 3q_A = 1.5\times10^{-6}\ C$$

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

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

$$\frac{(5\ \text{g})}{(62\ \text{g})} = 0.08\ \text{قطع العملة تكافئ ، مول}$$

$$(0.08)(6.02\times10^{23}) = 5\times10^{22}\ \text{لذا؛ يكون عدد الذرات في قطعة العملة النقدية يساوي ؛ ذرة}$$

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

$$(5\times10^{22}\ \text{ذرة})\ (28.75\ \text{إلكترون / ذرة}) = 1\times10^{24}\ \text{إلكترون}$$

c. أوجد شحنة الإلكترونات بالكولوم.

$$(1\times10^{24}\ \text{إلكترون})\ (1.6\times10^{-19}\ \text{كولوم / إلكترون}) = 2\times10^{6}\ \text{C}$$

مراجعة عامة

صفحة 32

50. إذا لامَسَت كرة فلزية صغيرة شحنتها $1.2\times10^{-5}\ \text{C}$ 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 $6.0\times10^{-6}\ \text{C}$.

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2} = (9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(6.0\times10^{-6}\ \text{C})(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.15\ \text{m})^2}$$
$$= 14\ \text{N}$$

51. **الذرات** ما القوة الكهربائية بين إلكترون وبروتون يبعد أحدهما عن الآخر $5.3\times10^{-11}\ \text{m}$؟ هذه المسافة تساوي نصف القطر التقريبي لذرة الهيدروجين.

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$
$$= (9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(5.3\times10^{-11}\ \text{m})^2}$$
$$= 8.2\times10^{-8}\ \text{N}$$

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

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$
$$q_B = \frac{Fr^2}{Kq_A} = \frac{(0.36\ \text{N})(5.5\times10^{-2}\ \text{m})^2}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.4\times10^{-6}\ \text{C})} = 5.0\times10^{-8}\ \text{C}$$

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

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

لكن، $q_A = q_B$

$$q = \sqrt{\frac{Fr^2}{K}} = \sqrt{\frac{(0.28\ \text{N})(1.2\times 10^{-2}\ \text{m})^2}{(9.0\times10^9\ \text{N·m}^2/\text{C}^2)}}$$
$$= 6.7\times10^{-7}\ \text{C}$$

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

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

$$q_B = \frac{Fr^2}{Kq_A} = \sqrt{\frac{(2.7\times10^{-2}\ \text{N})(1.4\times10^{-2}\ \text{m})2}{(9.0\times10^9\ \text{N·m}^2/\text{C}^2)(3.6\times10^{-8}\ \text{C})}}$$
$$= 1.6\times10^{-8}\ \text{C}$$

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

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$
$$r = \sqrt{K\frac{q_A q_B}{F^2}}$$
$$= \sqrt{(9.0\times10^9\ \text{N·m}^2/\text{C}^2)\frac{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})}{3.5\times10^{-10}\ \text{N}}} = 8.1\times10^{-10}\ \text{m}$$

التفكير الناقد

صفحة30

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

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K\frac{q_e q_p}{r^2}}{G\frac{m_e m_p}{r^2}} = \frac{Kq_e q_p}{Gm_e m_p}$$
$$= \frac{(9.0\times10^9\ \text{N·m}^2/\ \text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N·m}^2/\text{kg}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}$$
$$= 2.3\times10^{39}$$

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

a. أين يجب وضع كرة ثالثة C شحنتها $+12\ \mu$C بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفرًا؟

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

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

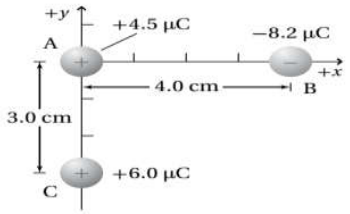
لذا يجب وضع الكرة الثالثة C عند النقطة $+2.00$ m على محور x، فتكون بعيدة عن الكرة الأولى مثليّ بعدها عن الكرة الثانية.

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

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

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

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



■ الشكل 16–1

$$F_1 = F_{B\text{ على }A}$$
$$= \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(4.5\times10^{-6}\ C)(-8.2\times10^{-6}\ C)}{(0.040\ m)^2}$$
$$= -208\ N = 208\ N, \text{نحو اليسار}$$

المسافة بين الشحنتين الأخرتين هي:

$$\sqrt{(0.040m)^2 + (0.030\ m)^2} = 0.050\ m$$

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

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

$$F_2 = F_{B\text{ على }C}$$
$$= K\frac{q_Cq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2\ C)(-8.2\times10^{-6}\ C)(6.0\times10^{-6}\ C)}{(0.050\ m)^2}$$
$$= -177\ N = 177\ N\ ,217°$$

أي تميل بزاوية مع محور x الموجب تساوي $(37° + 180°)$

مركبات القوة F_2 هي:

$F_{2x} = F_2\cos\theta = (177\ N)(\cos 217°) = -142\ N = 142\ N$ ويتجه نحو اليسار،

$F_{2y} = F_2\sin\theta = (177\ N)(\sin 217°) = -106\ N = 106\ N$ ويتجه نحو الأسفل،

مركبات القوة المحصلة هي:

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

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

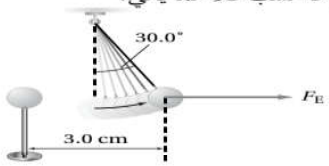
$$F_{\text{المحصلة}} = \sqrt{(350\ \text{N})^2 + (106\ \text{N})^2} = 366\ \text{N} \simeq 3.7\times10^2\ \text{N}$$

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

أي تميل بزاوية 17° أسفل محور x السالب

$F_{\text{المحصلة}} = 3.7\times10^2\ \text{N}$ أي تميل بزاوية 197° مع محور x الموجب،

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



■ الشكل 17—1

a. F_g المؤثرة في الكرة المعلّقة.

$$F_g = mg = (1.0\times10^{-3}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 9.8\times10^{-3}\ \text{N}$$

b. F_E المؤثرة في الكرة المعلّقة.

$$\tan 30.0° = \frac{F_E}{F_g}$$

$$F_E = mg\tan 30.0°$$

$$= (1.0\times10^{-3}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\tan 30.0°)$$

$$= 5.7\times10^{-3}\ \text{N}$$

c. الشحنة عى كل من الكرتين

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{Kq^2}{r^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{Fr}{K}} = \sqrt{\frac{(5.7\times10^{-3}\ \text{N})(3.0\times10^{-2}\ \text{m}^2)}{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} = 2.4\times10^{-8}\ \text{C}$$

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.

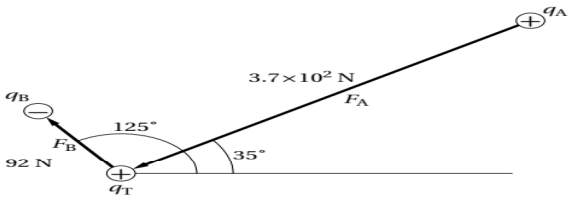
$$F_A = K\frac{q_T q_A}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(7.2\times10^{-6}\ C)(3.6\times10^{-6}\ C)}{(0.025\ m)^2}$$

$$= 3.7\times10^2\ N,\ (q_T \text{ وتتجه نحو الشحنة})$$

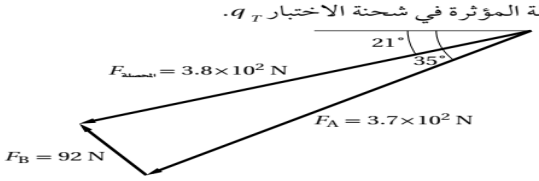
$$F_B = \frac{Kq_T q_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(7.2\times10^{-6}\ C)(6.6\times10^{-6}\ C)}{(0.068\ m)^2}$$

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

b. ارسم مخطّط 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 مثلًا 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 ويمشورت فقد استخدمت في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لتوليد وتفريغ الشحنات الكهربائية الساكنة. واستُبدل بها مولد فان دي جراف في القرن العشرين.

62. هناك قوى بين جزيئات الماء تؤدي إلى أن يكون الماء أكبر كثافة عندما يكون سائلًا بين 0 °C و4 °C مقارنة بحالته عندما يكون صلبًا عند 0 °C. هذه القوى في طبيعتها ما هي إلا قوى كهروسكونية. ابحث في القوى الكهروسكونية بين الجزيئات، ومنها قوى فان درفال وقوى الاستقطاب، وصِف 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 تمدّد الماء بين 0 °C و4 °C.

مراجعة تراكمية

صفحة31

63. إذا أثرت شحنتان $2.0\times10^{-5}\ C$ و$8.0\times10^{-6}\ C$ إحداهما في الأخرى بقوة مقدارها 9.0 N فاحسب مقدار البعد بينهما.

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

أي أن:

$$r = \sqrt{\frac{Kq_A q_B}{F}}$$

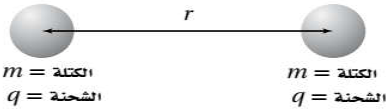
$$= \sqrt{\frac{(9.0\times10^9\ N.m^2/C^2)(2.0\times10^{-5}\ C)(8.0\times10^{-6}\ C)}{9.0\ N}}$$

$$= 0.40\ m$$

مسألة التحفيز

صفحة 23

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



1. اشتق تعبيرًا للشحنة q التي يجب أن تكون على كلتا الكرتين لكي تكونا في حالة اتزان. هذا يعني أن هناك اتزانًا 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، وتُختصر المسافة من التعبير الرياضي لذا:

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

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

$$= m\sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2)}{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)}}$$

$$= (8.61\times10^{-11}\ C/kg)m$$

2. إذا تضاعفت المسافة بين الكرتين فكيف يؤثر هذا في قيمة الشحنة q التي حدّدتها في المسألة السابقة؟ وضّح ذلك.

المسافة بين الكرتين لا تؤثر على مقدار الشحنة q على كل من الكرتين لأن؛ كل من القوتين يتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين الكرتين، والمسافة تُختصر 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.

$$q = (8.61\times10^{-11}\ C/kg)(1.50\ kg)$$

$$= 1.29\times10^{-10}\ C$$