

الفصل الأول

# الفيزياء

الثاني عشر

مدرسة خليفة بن زايد

## الكهرباء الساكنة

### Static Electricity

## الوحدة 1

اعداد الأستاذ : حماد نمر حسن



{ } الشعبة

الإسم :

## القسم 1-1 : الشحنة الكهربائية Electric Charge

### الأهداف

### المضردات

الكهرباء الساكنة (الكهروسكونية)  
الجسم المتعادل  
مادة عازلة  
مادة موصلة

- توضح أن الأجسام المشحونة تؤثر بقوى تجاذب وتنافر.
- تثبت أن عملية الشحن هي فصل للشحنات الكهربائية، وليس إنتاجها.
- تصف الاختلافات بين الموصلات والعوازل.

\* المادة في الحالة الطبيعية متعادلة .

( لأن عدد البروتونات الموجبة في نواة الذرة يساوي عدد الإلكترونات السالبة التي تدور حول النواة )

- \* تشحن المادة بالكهرباء عندما تفقد الذرات أو تكتسب إلكترونات . و يعتمد ذلك على قوة ارتباط الإلكترونات بالنواة .
- ( شحنة موجبة إذا فقدت الذرة إلكترونات و شحنة سالبة إذا اكتسبت الذرة إلكترونات )

- الشحنات الكهربائية نوعان : موجبة و سالبة .

- الشحنات المتشابهة تتنافر و المختلفة تتجاذب .

- الكهرباء قسمان :

\* **كهرباء ساكنة** ( الشحنات مستقرة على الأجسام الموصلة و العازلة ) .

\* **كهرباء تيارية** ( الشحنات تتحرك خلال الموصلات )

\* **الشحنة مكماة** : ( أي أن شحنة الجسم عبارة عن مضاعفات صحيحة لشحن أولية .

( الشحنة الأولية  $e = q_e = 1.6 \times 10^{-19} c$  ) حيث C تسمى كولوم (وحدة الشحنة الكهربائية)

\* **لحساب عدد الإلكترونات التي يكتسبها أو يفقدها جسم :**

$$q = \pm nq_e$$

$$n = \frac{|q|}{q_e} = \frac{|q|}{1.6 \times 10^{-19}}$$

حيث ( n عدد الإلكترونات ) و (  $q_e$  مقدار شحنة الإلكترون  $q_e = 1.6 \times 10^{-19} c$  )

\*  $10^{-6} c = \mu C$  ميكروكولوم ،  $10^{-9} c = nC$  نانوكولوم

(1) **احسب** عدد الإلكترونات التي يجب أن يكتسبها جسم ليشحن بشحنة مقدارها (  $q = -6.4 \times 10^{-6} c$  ) ؟

(2) هل يمكن لجسم أن يشحن بشحنة موجبة مقدارها  $( q = 5 \times 10^{-19} c )$  ؟ برر اجابتك بالحساب .

### انتقال الشحنات الكهربائية ( Transfer of electric charge )

- المواد حسب توصيلها للتيار الكهربائي :

( 1 ) مواد موصلة **Conductors** : وهي المواد التي تسمح بانتقال الشحنة خلالها بسهولة .

( السبب : تحتوي على وفرة في عدد الإلكترونات الحرة )

مثال : الحديد ، النحاس ، الألمنيوم المحاليل الكهربائية ، الغازات المتأينة ، الأرض ، جسم الانسان .  
و إذا اكتسب الجسم شحنة فإنها تتوزع على السطح بالكامل .

( 2 ) مواد عازلة **Insulators** : وهي المواد التي لا تسمح بانتقال الشحنة خلالها بسهولة .

( السبب : لا تحتوي على وفرة في عدد الإلكترونات الحرة )

مثال : الزجاج ، المطاط ، البلاستيك . حيث تبقى الشحنة مكانها و لا تنتقل خلال الجسم .

### طرق شحن الجسام بالكهرباء الساكنة

#### ( 1 ) الشحن بالدلك :

- المادة في الحالة الطبيعية متعادلة

( عدد الإلكترونات السالبة يساوي عدد البروتونات الموجبة )

- ذلك مادتين مختلفتين ببعض .

- تنتقل بعض الإلكترونات من احدى المادتين إلى الأخرى .

- يصبح للجسمين نفس مقدار الشحنة لكن مختلفتين في النوع .

- مثال : ( ابونيت " مطاط " مع صوف ) أو ( زجاج مع حرير )

( المطاط و الحرير : سالب الشحنة )

( الصوف و الزجاج : موجب الشحنة )

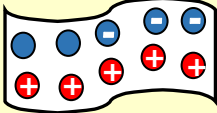
- تستخدم هذه الطريقة لشحن الموصلات و العوازل

- لشحن الموصل يجب عدم لمسه ( يكون له قاعدة عازلة )

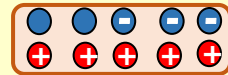
قبل الدلك :

المادة متعادلة

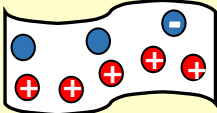
صوف



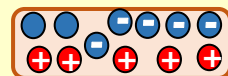
أبونيت



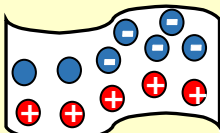
بعد الدلك :



الصوف : موجب



الأبونيت : سالب



الحرير : سالب



الزجاج : موجب

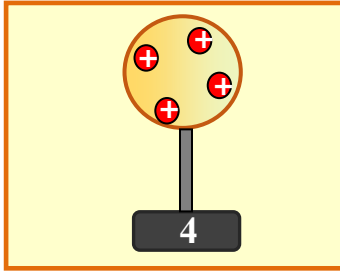
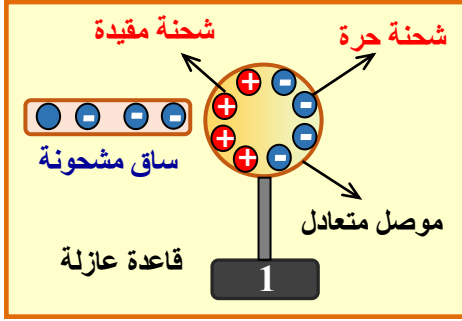
## ( 2 ) الشحن بالحث ( التأثير ) : الموصلات فقط

عند تقريب الساق المشحونة من الموصل . يحدث اعادة لتوزيع شحنة الموصل ( لا يكتسب الموصل أو يفقد شحنة )

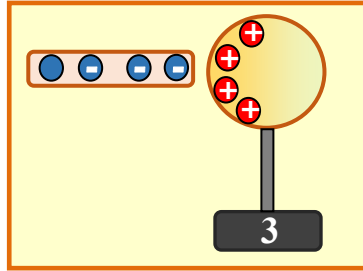
هل يمكن شحن موصل بالحث بشحنة دائمة تبقى عليه بعد ابعاد المؤثر ؟  
نعم بتوصيله مؤقتاً مع الأرض .

الخطوات :

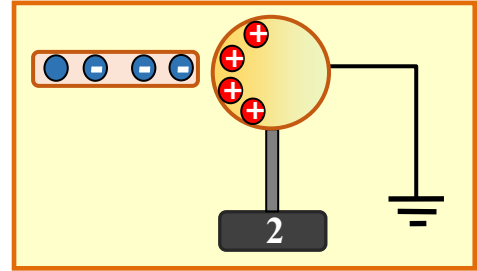
1- تقريب الساق المشحونة ( المؤثر ) من الموصل دون ملامسته .  
( يحدث اعادة لتوزيع شحنة الموصل حيث يتكون على طرف الموصل القريب من المؤثر شحنة مخالفة مقيدة بسبب قوة التجاذب مع المؤثر و على الطرف البعيد شحنة حرة مشابهة لشحنة المؤثر ) .



4- ابعاد المؤثر  
( تتوزع شحنة الموصل على اجزاء الموصل )



3- قطع الاتصال مع الأرض  
مع بقاء المؤثر .



2- توصيل الموصل بالأرض ( تأريض )  
أو لمسه باليد . فتنتقل الشحنة الحرة إلى الأرض .

- الشحن بالحث للموصلات فقط .

- لا تتغير شحنة المؤثر .

- عند الشحن بشحنة دائمة تكون شحنة الموصل مخالفة لشحنة المؤثر .

- مقدار الشحنة على الموصل لا تساوي مقدار شحنة المؤثر الا إذا كان عبارة عن لوحين متوازيين متقابلين بينهما مسافة صغيرة . أو الجسم يحيط احاطة تامة بالمؤثر .

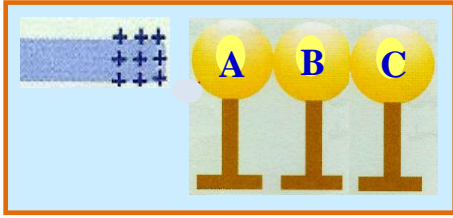
## ( 3 ) الشحن بالتوصيل ( اللمس ) :

\* شحن المادة الموصلة .

- يمكن شحن موصل غير مشحون عن طريق ملامسته ( أو توصيله بسلك ) مع موصل مشحون آخر .
- ينتقل جزء من شحنة الموصل إلى الموصل الآخر .
- تتوزع الشحنة على جميع أجزاء الموصل .
- مجموع الشحنتين على الجسمين يساوي شحنة الموصل المشحون قبل التلامس .

\* شحن المادة العازلة .

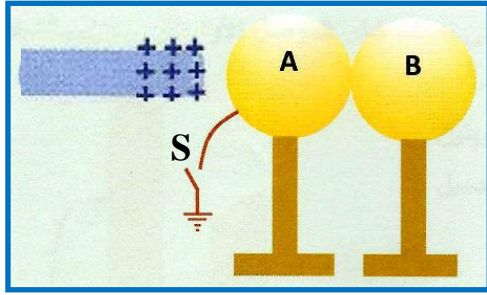
- يمكن شحن عازل غير مشحون عن طريق ملامسته ( أو توصيله بسلك ) مع موصل مشحون آخر .
- ينتقل جزء من شحنة الموصل إلى العازل .
- تبقى الشحنة على العازل في مكان التلامس فقط .



يظهر الشكل المجاور ثلاثة موصلات متماثلة و متلامسة و بالقرب منها ساق زجاجية مشحونة بشحنة موجبة . اذا ابعدت الكرة (B) عن الكرتين ثم ابعدت الساق الزجاجية المشحونة .

ما نوع شحنة كل من الموصلات الثلاثة .

\* A : سالبة . \* B : غير مشحون . \* C : موجبة .

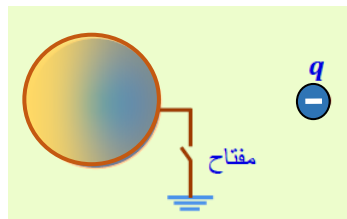


يظهر الشكل المجاور موصلين كرويين متماثلين متلامسين ، حيث يتصل الموصل (A) بالأرض بواسطة سلك توصيل ومفتاح مفتوح كما يظهر الشكل ساق زجاجية مشحونة بشحنة موجبة وقد قربت من الموصل (A) من جهة اليسار دون أن تلامسه .  
أجب عما يلي :

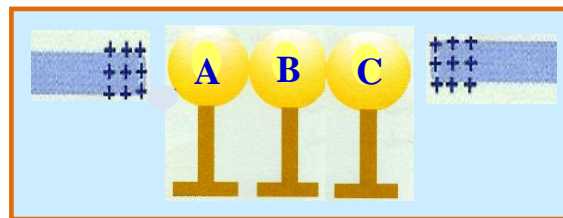
1- ارسم على الشكل توزيع الشحنات على الموصلين .

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

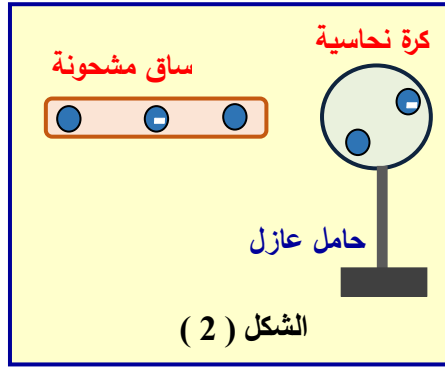
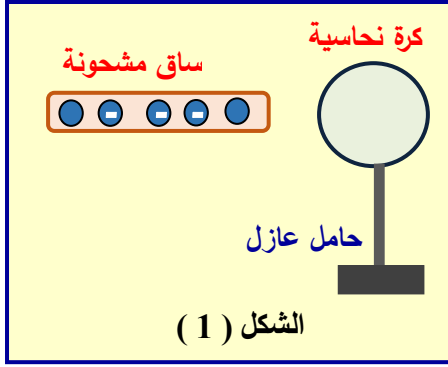
الحالة	شحنة الموصل A	شحنة الموصل B
عدم غلق المفتاح (S) وابعاد الموصلين عن بعضهما ثم ابعاد ساق الزجاج	سالبة	موجبة
غلق المفتاح (S) ثم فتحه ثم ابعاد الموصلين عن بعضهما ثم ابعاد ساق الزجاج	سالبة	غير مشحون
غلق المفتاح (S) ثم فتحه ثم ابعاد ساق الزجاج ثم ابعاد الموصلين عن بعضهما	سالبة	سالبة



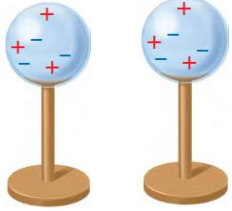
يظهر الشكل المجاور موصلاً كروياً متصلاً بالأرض بواسطة سلك توصيل ومفتاح مفتوح ، فإذا أغلق المفتاح ثم فتح ثم أبعدت الشحنة النقطية ( q ) .  
فإن شحنة الموصل الكروي : .....



في الشكل المجاور . المؤثران متماثلان تماماً . والكرات موصلة و متعادلة . إذا أبعدت الكرة ( B ) ، فحدد شحنة كل كرة .

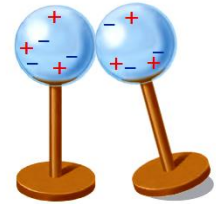
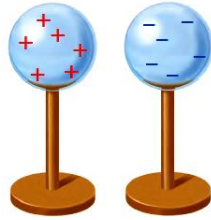


- شكل 1 قبل التلامس
- شكل 2 بعد التلامس
- نلاحظ أن مجموع الشحنتين
- بعد التلامس يساوي شحنة
- المؤثر قبل التلامس .



\* في الشكل المجاور كيف تشحن الموصلين الكرويين المتماثلين بشحنتين :

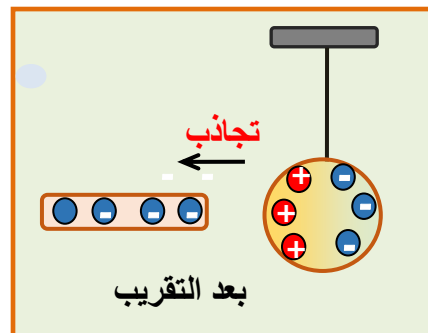
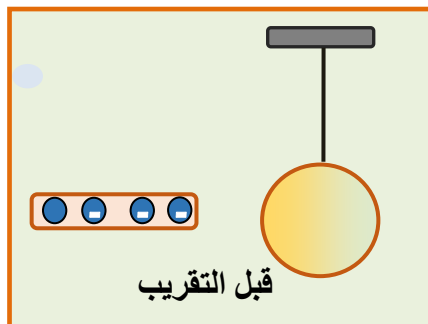
1- متساويتين مقداراً و مختلفتين نوعاً . توضيح بالرسم



1- توصيل الكرتين معاً 2- تقريب الساق المشحونة من أحدهما 2- فصل الجسمين ثم ابعاد المؤثر

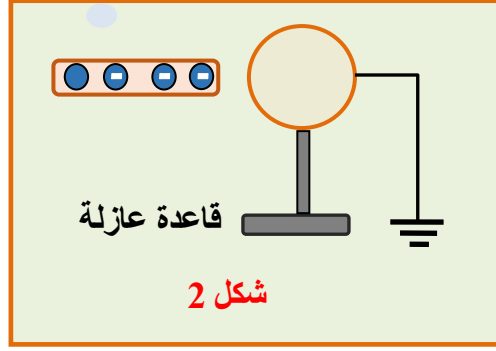
2- بشحنتين متماثلتين ( نفس المقدار و نفس النوع ) .

- في الشكل المجاور فسر ما يحدث لكرة نخاع البيلسان عندما نقرّب منها ساق مشحونة بشحنة سالبة مثلاً ؟  
تنجذب نحو الساق المشحونة ،  
لأنها تشحن بالحث و تؤثر عليها الساق المشحونة بقوتين ( تنافر و تجاذب ) لكن قوة التجاذب أكبر فتكون  
المحصلة في اتجاه قوة التجاذب .



\* بعد التجاذب و أثناء ملامسة الكرة للساق فإنه ينتقل جزء من شحنة الساق للكرة . لذلك يحدث تنافر بين الكرة و الساق .

\* الأشكال التالية . الكرة معدنية معزولة غير مشحونة و ساق أبونيت مشحون بشحنة سالبة



\* حدد على الكرات توزيع الشحنات في كل شكل .

\* في أي الطرق يتم انتقال للشحنة من الساق إلى الكرة ؟

{ }

\* في أي الطرق يصبح للكرة شحنة ( اضافية ) بعد ابعاد الساق المشحونة ؟

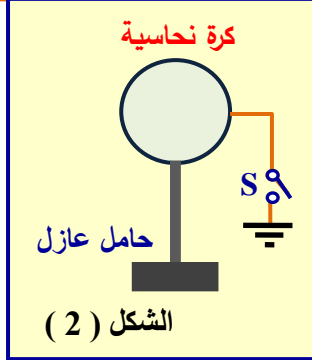
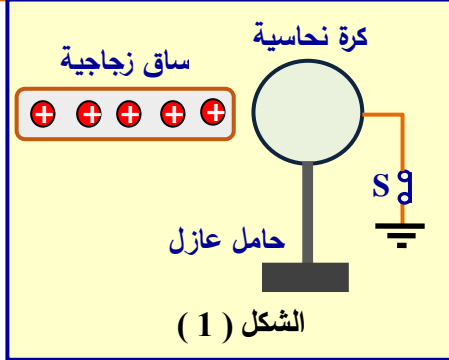
{ }

\* في أي الطرق يتم شحن الكرة بالتوصيل ؟

{ }

\* في أي الطرق يتم شحن الكرة بالحث ؟

{ }



في الشكل المجاور . بعد فتح المفتاح ( S )  
و ابعاد الساق الزجاجية عن الكرة  
1- مانوع شحنة الجسم .

2- ارسم توزيع الشحنة الكهربائية على الكرة  
في الشكل ( 2 ) المجاور .

3- اكتب اسم طريقة شحن الكرة .

## الكشاف الكهربائي

**الكشاف الكهربائي** : جهاز يستخدم في الكشف عن الحالة الكهربائية للجسم (ذ مشحون أم غير مشحون) و الكشف عن نوع الشحنة للجسم المشحون .

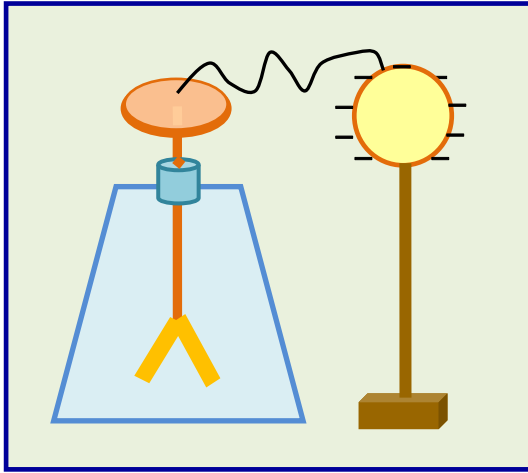
**تركيبه** : يتكون من قرص معدني متصل بساق معدنية و في نهايتها ورقتين من مادة موصلة .  
و يحيط بهما إطار زجاجي لتقليل تأثير الهواء على حركة الورقتين .

- مقدار انفرج الورقتين يزداد بزيادة شحنة الكشاف . أو شحنة الجسم المشحون .



شحن الكشاف الكهربائي بالحث :

- 1- تقريب المؤثر المشحون 2- توصيل الكشاف بالأرض أو لمسه 3- قطع الاتصال مع الأرض و ابعاد المؤثر



يبين الشكل المجاور موصل كروي مشحون و يرتكز على حامل عازل و سطحه متصل بقرص كشاف كهربائي . فسر لماذا 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 .

أيهما يعتبر دليلاً قطعياً على أن جسماً ما مشحون ، تجاذبه مع جسم آخر أم تنافره معه ؟ **فسر إجابتك**  
يعتبر تنافر الجسم المشحون مع جسم آخر دليلاً قاطعاً على أن الجسم الآخر يحمل شحنة مشابهة.  
أما تجاذب الجسم المشحون مع جسم آخر فلا يعتبر دليل على أن الجسم الآخر يحمل شحنة مخالفة فقد يكون متعادلاً لكن شحنته استقطبت سطحياً فحدث التجاذب .

عدد بعض التطبيقات العملية للقوى الكهروسكونية ؟

1- المداخن الصناعية :

حيث نستطيع باستخدام هذه القوى تجميع السناج من المداخن فنضمن عدم خروجه للهواء الجوي.

2- المرذاذ الالكتروسكوني ( الصبغ الكهربائي ) :

حيث يتم شحن قطرات الطلاء بالحث واستخدامها لطلاء الاجسام التي يتم شحنها بشحنة مخالفة فتتم عملية الطلاء بصورة منتظمة ولا يتطاير الطلاء حول الجسم المستهدف.

3- الطابعات او الات التصوير :

حيث يتم شحن قطرات الحبر بشحنات مخالفة لشحنة الورقة فنضمن بذلك الحصول على صورة طبق الاصل.

جسم شحنته (  $3.2 \times 10^{-12} \text{ C}$  ) كم عدد الإلكترونات التي يجب أن يكتسبها الجسم لتصبح شحنته (  $- 1.6 \times 10^{-12} \text{ C}$  ) ؟

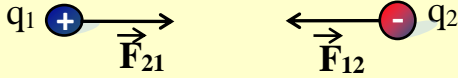


## قانون كولوم

\* الشحنات الكهربائية نوعان : شحنات موجبة و شحنات سالبة .

القوى الكهربائية بين الشحنات الكهربائية

قوى تجاذب : بين الشحنات المختلفة



قوى تنافر : بين الشحنات المتشابهة



## قانون كولوم

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

(3) نوع الوسط العازل بين الشحنتين

يتغير مقدار القوة الكهربائية بتغير نوع الوسط العازل و الفاصل بين الشحنتين عند ثبات بقية العوامل

(2) المسافة بين الشحنتين ( r )

تتناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة بين مركزي الشحنتين  $( F \propto \frac{1}{r^2} )$  عند ثبات بقية العوامل

(1) مقدار كل من الشحنتين ( q<sub>1</sub> ، q<sub>2</sub> )

تتناسب القوة تناسباً طردياً مع حاصل ضرب مقداريهما  $( F \propto q_1 q_2 )$  عند ثبات بقية العوامل

قانون كولوم رياضياً

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

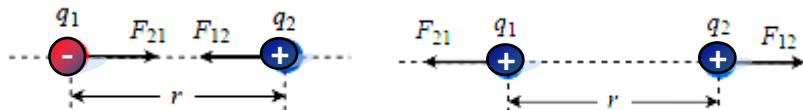
نص قانون كولوم

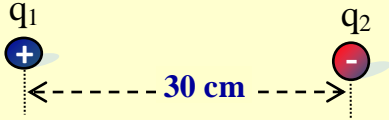
القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين نقطيتين تتناسب طردياً مع ناتج ضرب مقدار كل من الشحنتين و عكسياً مع مربع المسافة

**الثابت Kc :** يسمى ثابت كولوم و يعتمد مقداره على نوع الوسط العازل بين الشحنتين و وحدات القياس

في النظام الدولي للوحدات المسافة بالمتر و الشحنة بالكولوم و القوة بالنيوتن و الفراغ ( الهواء ) وسط عازل

- ملحوظات :**
- القوة الكهربائية كمية متجهة ( لها مقدار و لها اتجاه ) .
  - متساويتان مقداراً و في اتجاهين متعاكسين .
  - خط عمل القوة ينطبق على الخط الواصل بين مركزي الشحنتين .



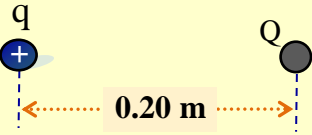


شحنتان نقطيتان  $q_1 = 40 \mu\text{C}$  ،  $q_2 = -20 \mu\text{C}$  والمسافة بينهما تساوي  $30 \text{ Cm}$  . كما في الشكل المجاور .  
احسب مقدار القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى على لشحنة الثانية . وحدد اتجاهها على الرسم .  
اعتبر الثابت :  $K_c = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$

الجواب :  $80 \text{ N}$  يسار

علقت كرتان صغيرتان من نخاع البيلسان بخيطين خفيفين متجاورين في الهواء البعد بينهما  $(0.06 \text{ m})$  عند شحن الكرتين بشحنتين متماثلتين تنافرتا بقوة  $(40 \text{ N})$  ، احسب كمية الشحنة على كل من كرتي نخاع البيلسان

الجواب :  $\pm 4 \times 10^{-6} \text{ C}$



تؤثر الشحنة  $(Q)$  في الشحنة  $(q = 3.3 \times 10^{-7} \text{ C})$  بقوة كهربائية تساوي  $(5.0 \times 10^{-3} \text{ N})$  باتجاه اليسار كما هو مبين في الشكل المجاور.  
إذا كان الهواء يحيط بالشحنتين .  
1- ما نوع الشحنة  $(Q)$  ؟  
2- احسب كمية الشحنة  $(Q)$  ؟

$$Q = 6.73 \times 10^{-8} \text{ C} (2)$$

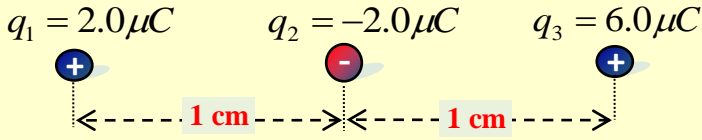
(1) موجبة

### محصلة القوى المؤثرة في شحنة نقطية

في حالة وجود عدة شحنات تؤثر بقوى كهربائية على شحنة نقطية معينة نقوم بحساب محصلة القوى المؤثرة في الشحنة النقطية :

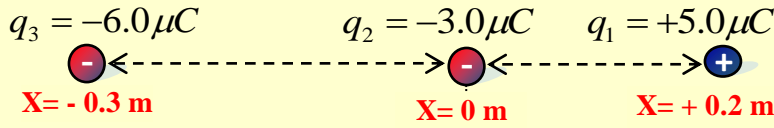
- 1- القوتان على استقامة واحدة و في نفس الاتجاه ( المحصلة تساوي مجموع مقاديرهما و في نفس الاتجاه )
- 2- القوتان على استقامة واحدة و في اتجاهين متعاكسين ( المحصلة تساوي الفرق بين مقاديرهما و في اتجاه القوة الكبرى )

- 3- القوتان متعامدتان ( نطبق نظرية فيثاغورس )  $F_{\text{net}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$  محصلة



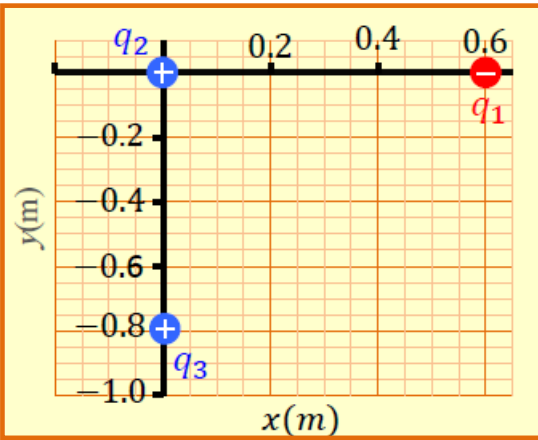
في الشكل المجاور :  
احسب مقدار القوة التي تؤثر في الشحنة  
الثالثة (  $q_3$  ) و حدد اتجاهها .

الجواب : 810 N نحو اليسار



في الشكل المجاور :  
احسب مقدار القوة التي تؤثر في الشحنة  
الثانية (  $q_2$  ) . و حدد اتجاهها .

الجواب : 5.2 N يمين



وضعت الشحنات (  $q_3$  ،  $q_2$  ،  $q_1$  ) متجاورات كما هو مبين  
في الشكل المجاور . إذا كانت [  $q_1 = -4 \times 10^{-8} C$  ]  
و [  $q_2 = +8 \times 10^{-8} C$  ] و [  $q_3 = +6 \times 10^{-8} C$  ]  
1- جد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (  $q_2$  )  
2- إذا أبعدت الشحنة (  $q_3$  ) نهائياً عن الشحنة (  $q_2$  ) مع بقاء  
(  $q_1$  ) في مكانها فهل يزداد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في  
الشحنة (  $q_2$  ) أم يقل أم يبقى ثابتاً ؟ و لماذا ؟  
تقل : لأن القوة المؤثرة في هذه الحالة (  $F_{12}$  ) و هي أقل من  
محصلة القوتين المتعامدتين سابقاً

## 1-1 مراجعة

### الإجابة

1. يفقد شحنته في الوسط المحيط به.
2. قَرَب قُضِيْبًا زَجَاجِيًّا مَشْحُونًا بِشَحْنَةٍ موجبة إلى كل من الشريطين، فيكون الشريط الذي يتنافر معه موجب الشحنة.
3. أحضر جسمًا مشحونًا بشحنة معلومة، ولتكن سالبة، وقربة إلى كرة البيلسان، إذا تنافرت الكرة معه فإن شحنتها تكون مشابهة لشحنة الجسم المقرب، وإذا انجذبت إليه فإن شحنتها تكون مخالفة لشحنة الجسم أو متعادلة. بعد ذلك قَرَب قُضِيْبًا زَجَاجِيًّا مَشْحُونًا بِشَحْنَةٍ موجبة إلى كرة البيلسان فإذا تنافرا فإن شحنة الكرة تكون موجبة، أما إذا انجذب أحدهما إلى الآخر فإن الكرة تكون متعادلة الشحنة.
4. يصبح الصوف موجب الشحنة.
5. يجذب قضيب الزجاج الإلكترونات من القضيب الفلزي، لذا يصبح الفلز موجب الشحنة، وتتوزع الشحنات عليه بانتظام.
6. النحاس مادة موصلة، لذا يبقى متعادلاً ما بقي ملامسًا ليده.
7. يمكن لنموذج التيار الثنائي الشحنة أن يوضح التنافر والتجاذب بطريقة أفضل، وهو يوضح أيضًا كيف يمكن أن تشحن الأجسام عند ذلك بعضها ببعض.

1. الأجسام المشحونة بعد ذلك مشط بستره مصنوعة من الصوف يمكنه جذب قصاصات ورق صغيرة. لماذا يفقد المشط هذه القدرة بعد عدة دقائق؟
2. أنواع الشحنات من خلال التجارب التي مرت في هذا الجزء، كيف يمكنك أن تعرف أيّ الشريطين B أو T موجب الشحنة؟
3. أنواع الشحنات كرة البيلسان كرة صغيرة مصنوعة من مادة خفيفة، مثل البوليسترين، وتكون عادة مطلية بطبقة من الجرافيت أو الألومنيوم. كيف يمكنك أن تحدد ما إذا كانت كرة البيلسان المعلقة بخيط عازل متعادلة كهربائيًا، أو ذات شحنة موجبة، أو ذات شحنة سالبة؟
4. فصل الشحنات يُشحن قضيب مطاط بشحنة سالبة عند ذلك بالصوف. ماذا يحدث لشحنة الصوف؟ ولماذا؟
5. شحن الموصلات افترض أنك علقت قضيبًا فلزيًا طويلًا بخيوط حرير بحيث أصبح القضيب معزولاً، ثم لامست أحد طرفي القضيب الفلزي بقضيب زجاجي مشحون. صف كيف يُشحن القضيب الفلزي، وحدد نوع الشحنات عليه.
6. الشحن بالذلك يمكنك شحن قضيب مطاط بشحنة سالبة بدلكه بالصوف. ماذا يحدث عند ذلك قضيب نحاس بالصوف؟
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؟

## مسائل تدريبية

8. تفصل مسافة مقدارها 0.30 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة مقدارها  $2 \times 10^{-4} \text{ C}$ ، والثانية موجبة مقدارها  $8.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ . ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟
9. إذا أثرت الشحنة السالبة  $6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  بقوة جذب مقدارها 65 N في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة 0.050 m فما مقدار الشحنة الثانية؟
10. في المثال 1، إذا أصبحت شحنة الكرة B تساوي  $+3.0 \mu\text{C}$  فارسم الحالة الجديدة للمثال، وأوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.
11. وضعت كرة A شحنتها  $2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  عند نقطة الأصل، في حين وضعت كرة B مشحونة بشحنة سالبة مقدارها  $3.6 \times 10^{-6} \text{ C}$  عند الموقع  $+0.60 \text{ m}$  على المحور x. أما الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها  $4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  فقد وضعت عند الموقع  $+0.80 \text{ m}$  على المحور x. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.
12. في المسألة السابقة، أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.

## مسائل تدريبية

8.  $1.6 \times 10^4 \text{ N}$
9.  $3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$
10. تبقى مقادير جميع القوى كما هي، ويتغير الاتجاه إلى الزاوية  $138^\circ$ ؛ أي  $42^\circ$  فوق محور x السالب.
11.  $0.068 \text{ N}$  في اتجاه اليمين.
12.  $3.1 \text{ N}$  في اتجاه اليمين.

## 2-1 مراجعة

13. القوة والشحنة كيف ترتبط القوة الكهربائية بالشحنة؟  
صِف القوة عندما تكون الشحنات متشابهة، وعندما تكون مختلفة.
14. القوة والمسافة كيف ترتبط القوة الكهربائية مع المسافة؟ وكيف تتغير القوة إذا زادت المسافة بين شحنتين إلى ثلاثة أمثالها؟
15. الكشاف الكهربائي عند شحن كشاف كهربائي ترتفع ورقته الفلزييتان لتشكلاً زاوية معينة، وتبقى الورقتان محافظتين على تلك الزاوية. لماذا لا ترتفع الورقتان أكثر من ذلك؟
16. شحن كشاف كهربائي اشرح كيف يمكن شحن كشاف كهربائي بشحنة موجبة باستخدام:  
a. قضيب موجب.  
b. قضيب سالب.
17. جذب الأجسام المتعادلة ما الخاصيتان اللتان تفسران انجذاب جسم متعادل إلى كل من الأجسام المشحونة
18. الشحن بالحث ماذا يحدث عند شحن كشاف كهربائي بالحث، وإبعاد قضيب الشحن قبل فصل تأريض القرص؟
19. القوى الكهربائية كرتان A و B مشحونتان، المسافة بين مركزيهما 3. إذا كانت شحنة الكرة A تساوي  $3 \mu C$  وشحنة الكرة B تساوي  $9 \mu C$  ففارق بين القوة التي تؤثر بها الكرة A في الكرة B والقوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A.
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. وعند تقريب الكرتين إحداهما إلى الأخرى ووجد أن القوة بينهما أصغر مما هو متوقع من قانون كولوم. وضح ذلك.

## 2-1 مراجعة

13. تتناسب القوة الكهربائية طردياً مع مقدار كل شحنة. الشحنات المتشابهة تنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.
14. تتناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين. القوة الجديدة تساوي  $\frac{1}{9}$  القوة الأصلية.
15. في أثناء ابتعاد الورقتين إحداهما عن الأخرى تتناقص القوة الكهربائية بينهما إلى أن تنز مع قوة الجاذبية.
16. a. لمس القضيب للكشاف الكهربائي.  
b. قَرَّب القضيب إلى الكشاف الكهربائي، ثم اعمل على تأريض الكشاف الكهربائي ثم أزل التأريض وأبعد القضيب عن الكشاف الكهربائي.
17. قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة المتقاربة أكبر من قوة التنافر بين الشحنات المتشابهة المتباعدة.
18. يبقى الكشاف الكهربائي متعادلاً.
19. القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.
20. بعض الشحنات على الكرة الفلزية ستتنافر مع الشحنات على الكرة البلاستيكية، مما يؤدي إلى تحركها إلى الجهة البعيدة عن الكرة البلاستيكية، وهذا يجعل المسافة الفعلية بين الشحنات أكبر من المسافة بين مركزي الكرتين.