@grade12ua_e

الفيزياء

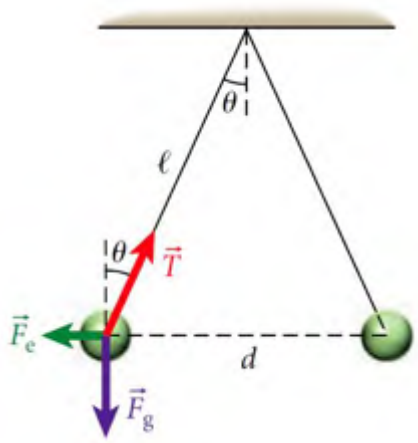
الصف الثاني عشر

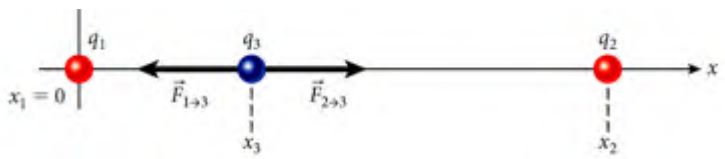
متقدم

المحتويات

1- الكهرمغناطيسية
2- الشحنة الكهربائية
3- العوازل و الموصلات و اشباه الموصلات و الموصلات الفائقة التوصيل
4- الشحن الكهروستاتيكي
5- القوة الكهروستاتيكية – قانون كولوم
6- قانون كولوم و قانون نيوتن في الجذب

القوى الكهروستاتيكية





العام الدراسي
2019 - 2018

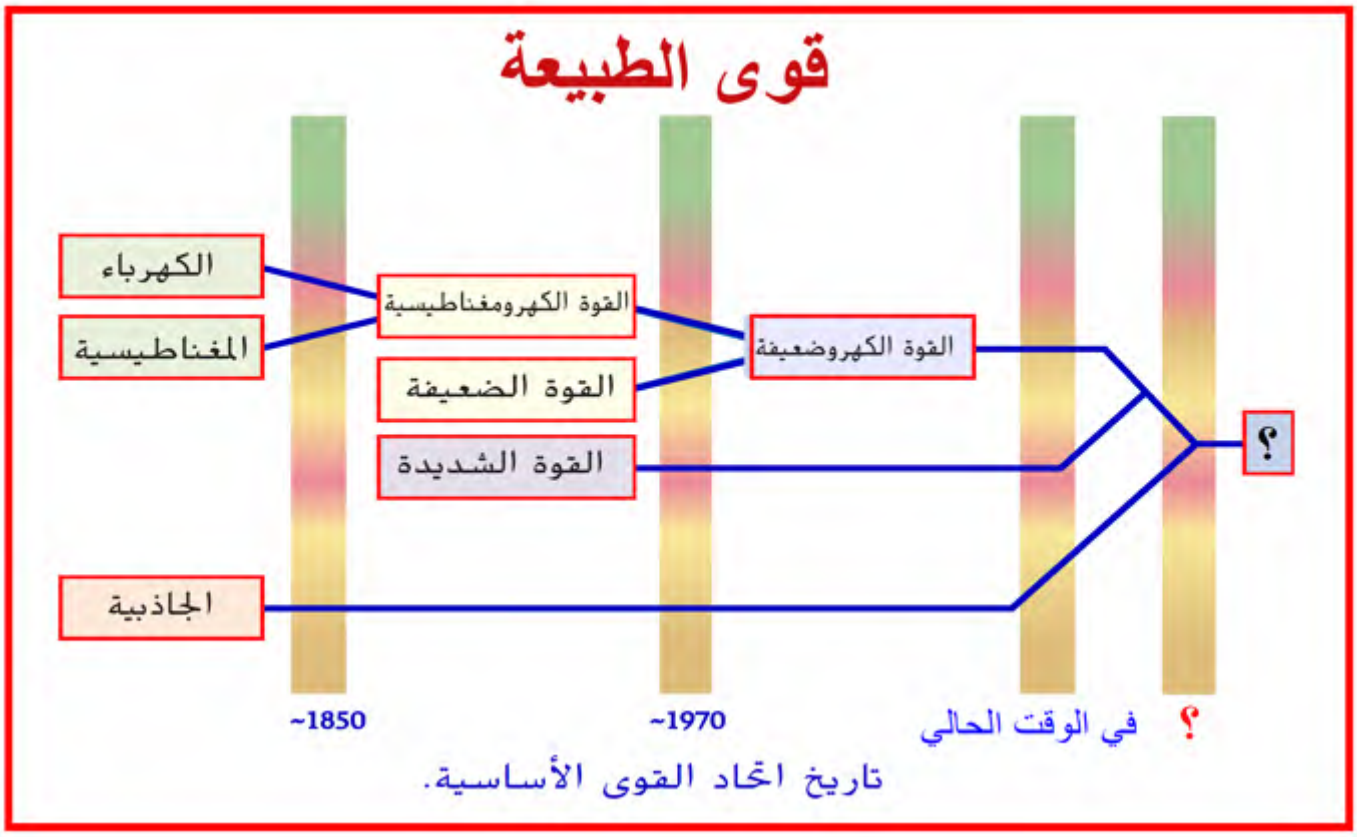
الفصل الدراسي
الأول

الوحدة الأولى

القوى الكهروستاتيكية

حماد نمر حسن
055 6148911

1.1 الكهرومغناطيسية



- تنتج عن الشحنات الكهربائية قوة بين الجسيمات أو الأجسام المشحونة .
- تشكل الكهرباء و المغناطيسية معاً القوة الكهرومغناطيسية و هي إحدى القوى الأساسية في الطبيعة .
- هناك قوة تسمى القوة الضعيفة (قوة تعمل أثناء انحلال بيتا في الانحلال النووي)
- القوة الشديدة (توجد داخل نواة الذرة تعمل على تماسك مكونات النواة) .

* القوى الأساسية في الطبيعة :

القوى الأساسيّة في الطّبيعة هي مجموعة من القوى التي تحكم تفاعل الجسيمات الأوّليّة مع بعضها البعض. و كشف العلماء والفيزيائيّون عن أربعة قوى أساسيّة في الطّبيعة، بالإمكان تلخيصها وتلخيص خصائصها كالآتي :

(1) قوّة الجاذبيّة : قوى الجاذبيّة هي قوى جذب تعمل بين جسمين أو أكثر .

(2) القوّة الكهرومغناطيسيّة : القوى الكهرومغناطيسيّة هي قوى جذب أو تنافر، وتعمل بين الأجسام المشحونة كهربائيًّا أو الأجسام المغناطيسيّة.

(3) القوّة النّوويّة الشّديدة : قوى موجودة داخل نواة الذرة تعمل على تماسك مكوناتها و التغلب على قوة التنافر الكهربائية بيين البروتونات .

وسرّ نجاحها بإبقاء البروتونات متماسكة في نواة الذرّة يُعزى إلى الحقيقة بأنّها أقوى من القوّة الكهرومغناطيسيّة.

(4) القوّة النّوويّة الضّعيفة : هذه القوّة هي المسؤولة عن النّشاط الإشعاعي المصاحب لتحلّل الأجسام دون الذريّة .

القوّة النّوويّة الضّعيفة هي في الواقع أقوى من قوّة الجاذبيّة ، ولكنّها أضعف من القوّة الكهرومغناطيسيّة.

- في هذه الوحدة نتعامل مع الشحنات الكهربائية و كيف تتفاعل المواد معها ، و الكهرباء الساكنة (الشحنات ثابتة في مكانها) و القوة في هذه الحالة تسمى بالقوة الكهروستاتيكية .

1.2 الشحنة الكهربائية

- الأجسام في الطبيعة متعادلة كهربائياً .
- يمكن أن ينتقل إلكترون من مادة إلى أخرى . و هذا يؤدي إلى شحن احداها (التي تكتسب الكترونات) بشحنة سالبة و الأخرى (التي تفقد إلكترونات) بشحنة موجبة .
- مثال : دلك ساق بلاستيكي مع قطعة صوف . (تنتقل الإلكترونات من الصوف إلى المطاط) فيشحن المطاط بشحنة سالبة و الصوف بشحنة موجبة .

و كذلك دلك ساق زجاجية بقطعة حرير (تنتقل الإلكترونات من الزجاج إلى الحرير) فيشحن الزجاج بشحنة موجبة و الحرير بشحنة سالبة .

- الشحنات في الطبيعة نوعان موجبة و سالبة .
- قانون الشحنات الكهربائية : الشحنات المتماثلة تتافر و المختلفة تتجاذب .
- وحدة الشحنات الكهربائية هي الكولوم (C) . نسبة إلى العالم كولوم .
- وحدة التيار في النظام الدولي للوحدات (أمبير) .
- الكولوم يكافئ أمبير . ثانية (A.s) . [1 C = 1 A.S]
- يسمى النظام الدولي للوحدات أحيانا بنظام **MKSA** فهذا الاسم مأخوذ من الأحرف الأولى من أسماء الوحدات الأساسية الأربع وهي: أمبير ampere و ثانية second و كيلوجرام kilogram و متر meter
- شحنة الإلكترون ($q_e = -e$) و شحنة البروتون ($q_p = +e$) حيث ($e = 1.602\ C$)
- الكولوم الواحد هو وحدة شحنة كبيرة للغاية. لذلك نستخدم واحدات أقل :

($\mu C = 10^{-6}\ C$) الميكرو كولوم و ($nC = 10^{-9}\ C$) النانو كولوم ، ($pC = 10^{-12}\ C$) البيكو كولوم

- الشحنة الكهربائية محفوظة . فهي لا تفنى و لا تُستحدث ، بل تنتقل من جسم إلى آخر .
- قانون حفظ الشحنة : الكمية الكلية للشحنة الكهربائية في نظام مغلق لا تتغير.

الشحنة الأولية (الأساسية)

- تكون الشحنة الكهربائية مضاعفات صحيحة فقط لأقل كمية شحنة (e) . ونعّبر عن ذلك بقولنا إن الشحنة مكماة .
- إن أصغر وحدة شحنة كهربائية يمكن ملاحظتها هي شحنة الإلكترون، وتساوي ($e = -1.602 \times 10^{-19}\ C$)

$$q = n\,e$$

عدد الإلكترونات — شحنة الجسم

اختر الإجابة الصحيحية لك مما يلي :

كم عدد الإلكترونات اللازمة لإنتاج شحنة مقدارها 1.00 C ؟

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

1. ما عدد الإلكترونات المتنقلة من كشّاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة إذا كان صافي شحنته 7.5×10^{-11} C؟

(A) 7.5×10^{11} إلكترون (B) 2.1×10^{-9} إلكترون (C) 1.2×10^{8} إلكترون (D) 4.7×10^{8} إلكترون

2. ما شحنة كشّاف كهربائي إذا كان عدد الإلكترونات الفائضة عليه 4.8×10^{10} إلكترون؟

(A) 3.3×10^{-30} C (B) 4.8×10^{-10} C (C) 7.7×10^{-9} C (D) 4.8×10^{10} C

3. أي من الآتية يمثل الشحنة الأساسية ؟

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

4. أي الآتية يكافئ وحدة الكولوم (C) ؟

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

5. الشحنة (2 C +) تعادل شحنة :

☐ 1.25×10^{19} الكترون ☐ 1.25×10^{19} بروتونا ☐ الكترونين ☐ بروتونين

6. أي القيم التالية لا يمكن أن تكون كمية لشحنة جسم ما بحدة الكلولوم ؟

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

تجربة ميليكان (قطرة الزيت)

- ثبت أن الشحنة الكهربائية مكماة عن طريق التجربة المبتكرة التي أجراها ميليكان
- في هذه التجربة تم رش قطرات من الزيت في غرفة وقد نزعت منها الإلكترونات خارج القطرات نتيجة تعرضها للأشعة السينية .
- تسقط القطرات موجبة الشحنة بين لوحين مشحونين كهربائيا. وبضبط الشحنة بين اللوحين ، توقفت قطرات الزيت وتعلقت في الهواء بين اللوحين .
- قيست شحنات القطرات .
- بتكرار التجربة لاحظ ميليكان أن الشحنة مكماة (مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون) .
- تكون الشحنة الكهربائية مضاعفات صحيحة فقط لأقل كمية شحنة (e) . ونعبّر عن ذلك بقولنا إن الشحنة مكماة .
- إن أصغر وحدة شحنة كهربائية يمكن ملاحظتها هي شحنة الإلكترون ، وتساوي ($e = -1.602 \times 10^{-19}$ C)

رسم تخطيطي لتجربة قطرات الزيت لميليكان.

ملاحظات

- في ملاحظاتنا اليومية للكهرباء ، لا نلاحظ أن الشحنة مكماة لأن معظم الظواهر الكهربائية تشمل أعدادا هائلة من الإلكترونات.
- الذرة تتكون من نواة تحتوي على بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة. و حولها إلكترونات سالبة الشحنة .
- يتساوى عدد الإلكترونات سالبة الشحنة مع عدد البروتونات موجبة الشحنة . في الذرة المتعادلة .
- وكتلة الإلكترون أصغر بكثير من كتلة النيوترون أو البروتون . وهذا سبب تركز معظم كتلة الذرة في النواة .
- يمكن نزع الإلكترونات من الذرات بسهولة نسبية . لذا فمن الطبيعي أن تكون الإلكترونات هي ناقلات الكهرباء وليس البروتونات .
- إن الإلكترون جسيم أولي ليس له أجزاء . (جسيم نقطي نعتبر نصف قطره صفر) ، بينما استخدم مسبار عالي الطاقة لرؤية الجزء الداخلي للبروتون .
- يتكون البروتون من جسيمات مشحونة تسمى **الكواركات (Quarks)** ، وتربطها جسيمات غير مشحونة تُسمى **الجلونات.(gluons)** .
- تبلغ شحنة الكواركات ($\pm\frac{1}{3}$ أو $\pm\frac{2}{3}$) من شحنة الإلكترون . ولا يمكن أن توجد هذه الجسيمات ذات الشحنة الصغيرة جدا بشكل مستقل ،
- تُعد شحنات الكواركات خصائص داخلية لهذه الجسيمات الأولية، تماما كشحنة الإلكترون .

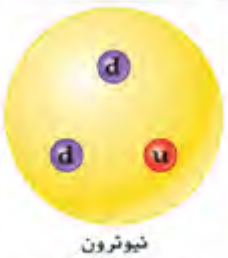
يتكوّن البروتون من اثنين من *الكواركات العلوية* (شحنة كل منهما $+\frac{2}{3}e$) وكوارك *سفلي* واحد (بشحنة $-\frac{1}{3}e$). لتكون شحنة البروتون هي

$$q_p = (2)(+\tfrac{2}{3}e) + (1)(-\tfrac{1}{3}e) = +e$$

بينما يتكون النيوترون المتعادل كهربائيا من كوارك علوي وكواركين سفليين.. لذا فإن شحنة النيوترون تساوي

$$q_n = (1)(+\tfrac{2}{3}e) + (2)(-\tfrac{1}{3}e) = 0$$

لكن تبقى الحقيقة الأساسية هي أن كل المادة التي نلاحظها في حياتنا اليومية تتشكّل من إلكترونات (بشحنة كهربائية $-e$) وكواركات علوية (بشحنات كهربائية $+\frac{2}{3}e$) وسفلية (بشحنات كهربائية $-\frac{1}{3}e$) وجلونات (غير مشحونة).

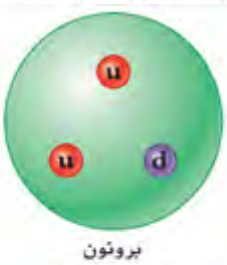


نيوترون

$q_n = +\frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e - \frac{1}{3}e = 0$

يحتوي النيوترون على كوارك واحد علوي (u) وكواركين سفليين (d).

يحتوي البروتون على كواركين علويين (u) وكوارك واحد سفلي



بروتون

$q_p = +\frac{2}{3}e + \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = +e$

لأن كل الأجسام المجهرية تتكون من الذرات ، والذرات مكونة في الأساس من إلكترونات ونواة ذرية تحتوي على بروتونات ونيوترونات ، فإنه يمكن التعبير عن الشحنة (q) لأي جسم بدلالة مجموع عدد البروتونات (N_p) ناقص مجموع عدد الإلكترونات (N_e) التي يتكون منها

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

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

a) بروتون

b) نيوترون

c) ذرة هليوم (بروتونان ونيوترونان وإلكترونان)

d) ذرة هيدروجين (بروتون واحد وإلكترون واحد)

e) كوارك علوي

f) كوارك سفلي

g) إلكترون

h) جسيم ألفا (بروتونان ونيوترونان)

* كتلة المول الواحد لعنصر تساوي العدد الكتلي للعنصر (بوحدة الجرام)
* عدد الذرات في المول الواحد يساوي (عدد أفوجادرو) و يساوي (6.022×10^{23})
* العدد الذري يساوي عدد الإلكترونات و يساوي عدد البروتونات .

مثال 1.1 الشحنة الكلية

المسألة

إذا أردنا أن يكتسب قالبٌ حديدي كتلتُه 3.25 kg شحنةً موجبة مقدارها 0.100 C. فما نسبة الإلكترونات التي سنحتاج إلى نزعها؟

الحل

العدد الكتلي للحديد هو 56. إذًا عدد ذرات الحديد في قالب كتلته 3.25 kg هو

$$N_{atom} = \frac{(3.25\ \text{kg})(6.022 \times 10^{23}\ \text{atoms/mole})}{0.0560\ \text{kg/mole}} = 3.495 \times 10^{25} = 3.50 \times 10^{25}\ \text{atoms}$$

لاحظ أننا استخدمنا عدد أفوجادرو. 6.022×10^{23}. وتعريف المول الذي ينص على أن كتلة المول الواحد من مادة بوحدة الجرام هي نفسها العدد الكتلي للمادة — وهو 56 في هذه الحالة.

بما أن العدد الذري للحديد هو 26. وهو ما يساوي عدد البروتونات أو الإلكترونات في ذرة حديد. فإن إجمالي عدد الإلكترونات في قالب كتلته 3.25 kg هو

$$N_e = 26N_{atom} = (26)(3.495 \times 10^{25}) = 9.09 \cdot 10^{26}\ \text{electrons}$$

لإيجاد عدد الإلكترونات. $N_{\Delta e}$. الذي سننزعه. وبما أن عدد الإلكترونات يساوي عدد البروتونات في الجسم الأصلي قبل شحنه. فإن الفرق في عدد البروتونات والإلكترونات سيكون هو عدد الإلكترونات المنتزعة. $N_{\Delta e}$:

$$q = e \cdot N_{\Delta e} \Rightarrow N_{\Delta e} = \frac{q}{e} = \frac{0.100\ \text{C}}{1.602 \times 10^{-19}\ \text{C}} = 6.24 \times 10^{17}$$

وأخيرًا نحصل على نسبة الإلكترونات التي سنحتاج إلى نزعها:

$$\frac{N_{\Delta e}}{N_e} = \frac{6.24 \times 10^{17}}{9.09 \times 10^{26}} = 6.87 \times 10^{-10}.$$

سنحتاج إلى نزع أقل من واحد في المليار من الإلكترونات من القالب الحديدي لكي يحمل القالب شحنة موجبة كبيرة مقدارها 0.100 C.

1- كم عدد الإلكترونات اللازمة لإنتاج شحنة كلية مقدارها 1.00 C ؟

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

3- احسب عدد الإلكترونات الموجودة في 1.00 kg من المياه ؟

1.3 العوازل والموصلات وأشباه الموصلات والموصلات الفائقة التوصيل

المواد حسب توصيلها للتيار الكهربائي :

(1) **مواد موصلة :** المواد جيدة التوصيل للكهرباء موصلات (تسمح بانتقال الشحنة خلالها بسهولة) .

(السبب : تحتوي على وفرة في عدد الإلكترونات الحرة)

- منها موصلات جيدة و رديئة . (وفقا لخصائص كل نوع من المواد.)
- تتميز المواد الموصلة بتركيب إلكتروني يسمح لبعض الإلكترونات بحرية الحركة خلالها . (تسمى إلكترونات حرة) .
- في المحاليل يتم التوصيل عن طريق الأيونات الموجبة و السالبة .
- **مثال :** الحديد ، النحاس ، الألمنيوم المحاليل الكهربائية ، الغازات المتاينة ، الأرض ، جسم الانسان .

(2) **مواد عازلة :** المواد عديمة التوصيل للكهرباء (لا تسمح بانتقال الشحنة خلالها بسهولة) .

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

- وعوازل جيدة و رديئة ، (وفقا لخصائص كل نوع من المواد.)
- لا تكون الإلكترونات حرة الحركة بسبب الارتباط القوي بين إلكترونات المادة وذراتها الذي يمنع هروب الإلكترونات من الذرات لتتحرك بحرية خلال المادة. حتى عند إضافة شحنة خارجية إلى المادة العازلة، لا تتحرك هذه الشحنة الخارجية بشكل ملحوظ .
- **مثال :** الزجاج ، المطاط ، البلاستيك . حيث تبقى الشحنة مكانها و لا تنتقل خلال الجسم .

(3) **أشباه الموصلات :**

- **مواد يمكن أن تتغير من عازلة إلى موصلة ثم إلى عازلة مرة أخرى .**
- **في ظروف معينة تعتبر موصلة و أخرى تعتبر عازلة .**
- **تعتبر أساس كل صناعات الكمبيوتر والإلكترونيات الاستهلاكية (مثل التلفاز والكاميرات ومشغلات ألعاب الفيديو والهواتف)**
- **يوجد نوعان من أشباه الموصلات :**

1- **نقية :**

* أمثلة على أشباه الموصلات النقية : البلورات النقية كيميائيا لزرنيخ الجاليوم ، أو الجرمانيوم ، أو السيليكون .
* نعتبر عازلة في درجات الحرارة المنخفضة جداً (قريبة من 0 K)
* يزداد توصيلها بزيدة درجة الحرارة بسبب كسر بعض الروابط التساهمية بين الذرات .

2- **وغير نقية :**

* تصنع أشباه الموصلات غير النقية عن طريق **التطعيم** [وهو إضافة كميات دقيقة (**عادة ما تكون بنسبة 1 لكل 10 مليون**) من المواد الأخرى التي يمكن أن تعمل **كمانحات إلكترونات أو مستقبلات إلكترونات** .
* تسمى أشباه الموصلات المطعمة **بمانحات الإلكترونات (النوع السالب n)**
* إذا كانت مادة التطعيم تعمل كمستقبل للإلكترونات ، فإن الفجوة التي يتركها الإلكترون بعدً ارتباطه بالمستقبل يمكن أن تنتقل أيضا عبر شبه الموصل لتعمل كناقل فعال للشحنة الموجبة.
* تسمى أشباه الموصلات المطعمة **بمستقبلات للإلكترونات (النوع الموجب P)**
* تتحرك في أشباه الموصلات كل من الشحنات السالبة والشحنات الموجبة (التي هي فجوات تتركها الإلكترونات المفقودة)

(4) **الموصلات الفائقة التوصيل :**

- **تكون فائقة التوصيل فعلياً عند درجات حرارة منخفضة جدا**
- **مواد مقاومتها لتوصيل الكهرباء صفر .**
- **لا يحدث فيها فقد الطاقة .**
- من نماذج الموصلات فائقة التوصيل سبيكة النيوبيوم والتيتانيوم التي يجب المحافظة عليها عند درجة حرارة قريبة (4.2 K)
- تم تطوير مواد جديدة تُسمى الموصلات الفائقة التوصيل عالية الحرارة تكون هذه الموادَ فائقة التوصيل عند درجة حرارة النيتروجين السائل (77.3 K) . لكن حتى الآن لم تكتشف مواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة الغرفة .

تطعيم عينة من السيليكون بالفوسفور بنسبة (1 لكل 1.00×10^6) يعمل الفوسفور كمانح للإلكترونات، حيث يمنح إلكترونا حرا لكل ذرة. وتبلغ كثافة السيليكون ، $2.33\ g/cm^3$ وتبلغ كتلته الذرية $28.09\ g/mol$.

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

b) قارن النتيجة من الجزء (a) مع عدد الإلكترونات الموصلة لكل وحدة حجم في سلك من النحاس، مفترضا أن كل ذرة نحاس تنتج إلكترونا واحدا حرا (موصلا) . علما بأن كثافة النحاس ، $8.96\ g/cm^3$ وكتلته الذرية $63.54\ g/mol$.

1.4 الشحن الكهروستاتيكى

- **الشحن الكهروستاتيكي:** عملية شحن الجسم بشحنة ساكنة .
- يمكن شحن العديد من القضبان العازلة بشحنة موجبة أو سالبة من مصدر للطاقة .
- كما يمكن التخلص من الشحنات عن طريق التوصيل بالأرض . (**يسمى تفريغ الشحنة هذا التأريض**) ، (و تُسمى الوصلة الكهربائية بالأرض وصلة أرضية) .

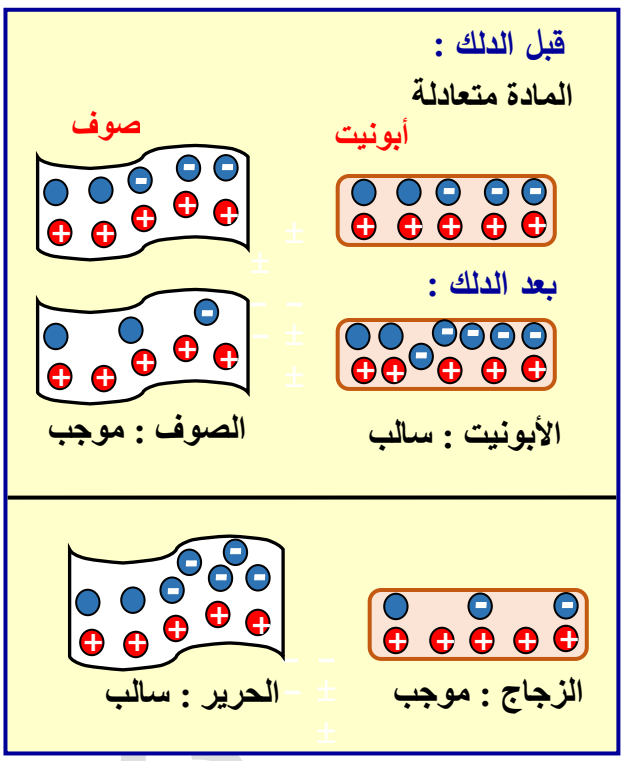
- الكشاف الكهربائي جهاز يُظهر استجابة ملحوظة عند شحنه .

(يحتوي الكشاف الكهربائي على موصلين يكونان متلامسين ومتدليين بشكل حر في وضع التعادل . وأحد هذين الموصلين متصل بمفصلة عند منتصفه بحيث يبتعد عن الموصل الثابت عند شحن الكشاف الكهربائي. يتصل هذانِ الموصلان بكرة موصلة أعلى الكشاف الكهربائي، وهي تسمح بدخول الشحنة أو خروجها بسهولة) . الشكل المجاور كشاف غير مشحون .

طرق شحن الجسام بالكهرباء الساكنة

(1) الشحن بالدلك :

- **المادة في الحالة الطبيعية متعادلة**
  (عدد الإلكترونات السالبة يساوي عدد البروتونات الموجبة)
- **دلك مادتين مختلفتين ببعض .**
- **تنتقل بعض الإلكترونات من احدى المادتين إلى الأخرى .**
- **يصبح للجسمين نفس مقدار الشحنة لكن مختلفتين في النوع .**
- **مثال : (ابونايت " 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)**



(2) الشحن بالحث (التأثير) : الموصلات فقط

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

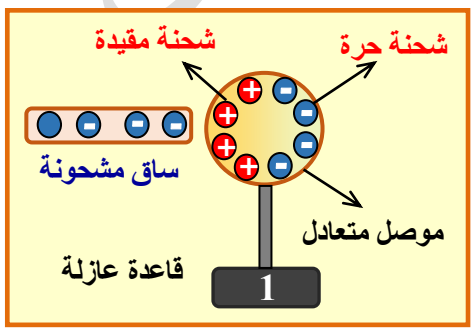
هل يمكن شحن موصل بالحث بشحنة دائمة تبقى عليه بعد ابعاد المؤثر ؟

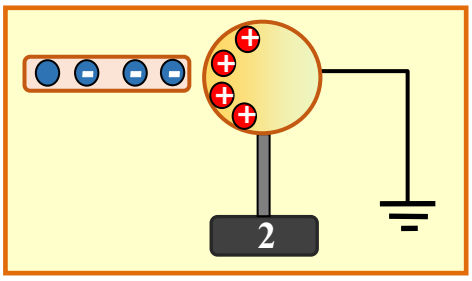
نعم بتوصيله مؤقتاً مع الأرض .

الخطوات :

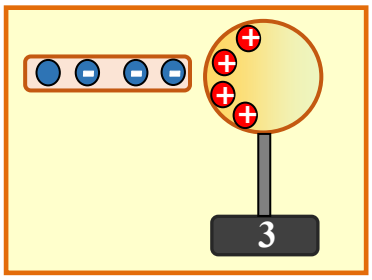
1- تقريب الساق المشحونة (المؤثر) من الموصل دون ملامسته .

(يحدث اعادة توزيع 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) .

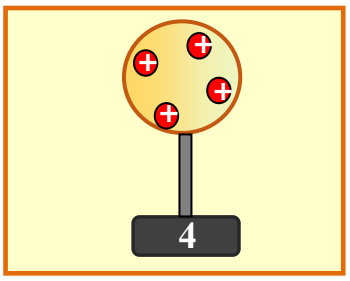




2- توصيل الموصل بالأرض (تأريض) أو لمسه باليد . فتنتقل الشحنة الحرة إلى الأرض .



3- قطع الاتصال مع الأرض مع بقاء المؤثر .



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

- 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

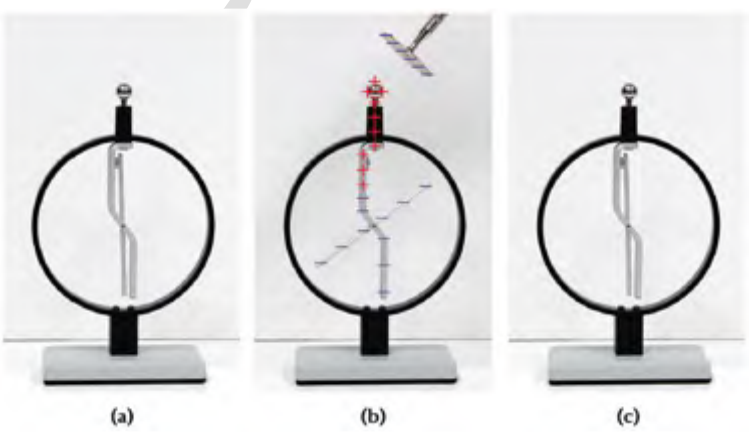
(3) الشحن بالتوصيل (اللمس) :

*** 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 .**

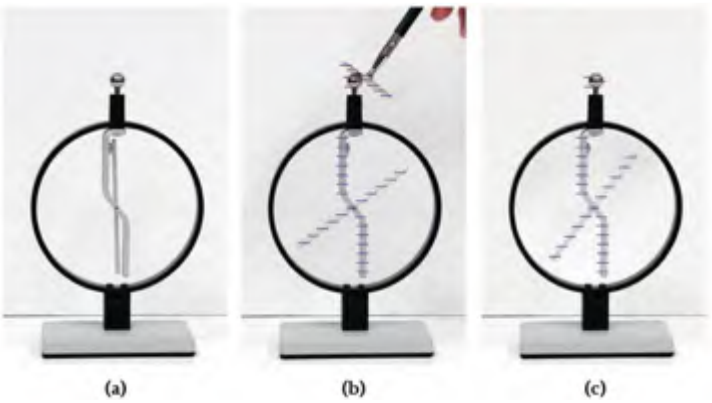
- يمكن شحن عازل غير مشحون عن طريق ملامسته (أو توصيله بسلك) مع موصل مشحون آخر .
- ينتقل جزء من شحنة الموصل إلى العازل .
- تبقى الشحنة على العازل في مكان التلامس فقط .

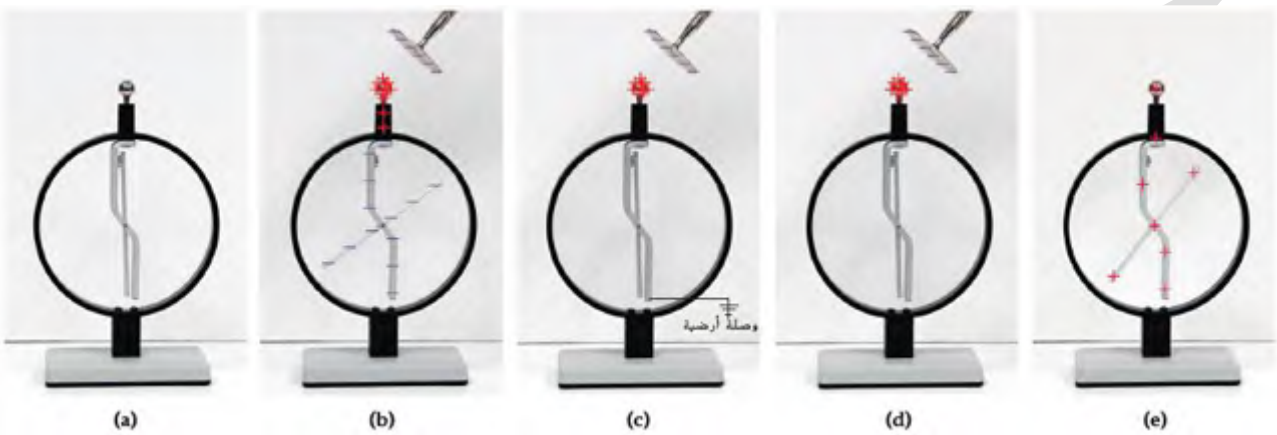


الشحن بالحث:
(a) كشاف كهربائي غير مشحون.
(b) تقريب قضيب ذي شحنة سالبة ذي شحنة سالبة إلى الكشاف الكهربائي.
(c) إبعاد القضيب سالب الشحنة.

الشحن بالتوصيل:

a) كشاف كهربائي غير مشحون.
b) ملامسة قضيب ذي شحنة سالبة مع الكشاف الكهربائي.
c) إبعاد القضيب سالب الشحنة.



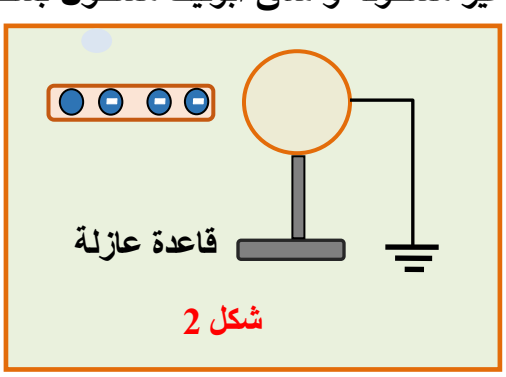


(a) كشاف كهربائي غير مشحون. (b) تقريب قضيب ذي شحنة سالبة إلى الكشاف الكهربائي.
(c) وصلة أرضية متصلة بالكشاف الكهربائي. (d) إزالة الوصلة الأرضية.
(e) إبعاد القضيب سالب الشحنة. تاركًا الكشاف الكهربائي مشحونًا بشحنة موجبة.

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

a) الشحنات المتماثلة تتنافر.
b) الشحنات المتماثلة تتجاذب.
c) الشحنات المختلفة تتجاذب.
d) الشحنات المختلفة تتنافر.

* **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

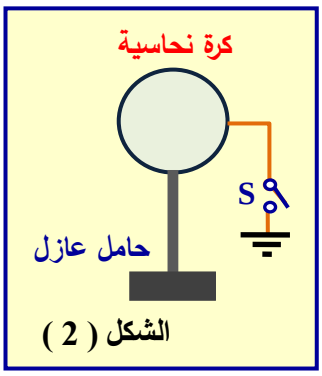
1- مانوع شحنة الجسم .

.....

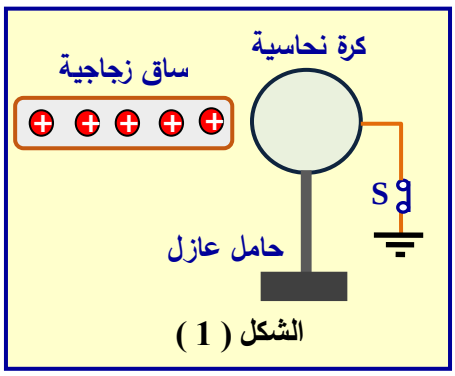
2- ارسم توزيع الشحنة الكهربائية على الكرة في الشكل (2) المجاور .

3- اكتب اسم طريقة شحن الكرة .

.....



الشكل (2)

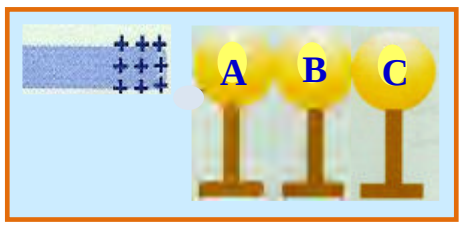


الشكل (1)

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 : * B : * C :

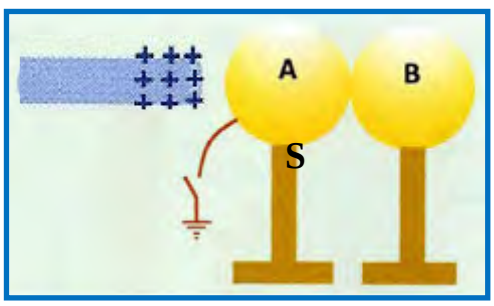


يظهر الشكل المجاور موصلين كرويين متماثلين متلامسين ، حيث يتصل الموصل (A) بالأرض بوساطة سلك توصيل ومفتاح مفتوح كما يظهر الشكل ساق زجاجية مشحونة بشحنة موجبة وقد قربت من الموصل (A) من جهة اليسار دون أن تلامسه .

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 .



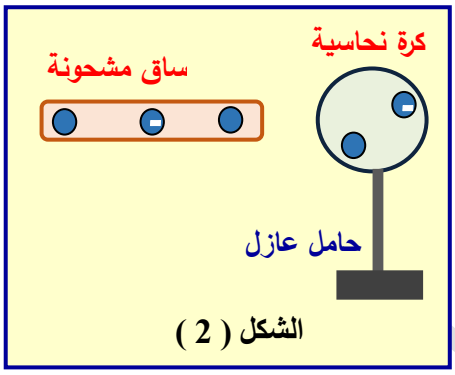
الحالة	شحنة الموصل A	شحنة الموصل B
عدم غلق المفتاح (S) وابعاد الموصلين عن بعضهما ثم ابعاد ساق الزجاج		
غلق المفتاح (S) ثم فتحه ثم ابعاد الموصلين عن بعضهما ثم ابعاد ساق الزجاج		
غلق المفتاح (S) ثم فتحه ثم ابعاد ساق الزجاج ثم ابعاد الموصلين عن بعضهما		

يظهر الشكل المجاور موصلاً كروياً متصلاً بالأرض بوساطة سلك توصيل ومفتاح مفتوح ، فإذا أغلق المفتاح ثم فتح ثم أبعدت الشحنة النقطية (q) .

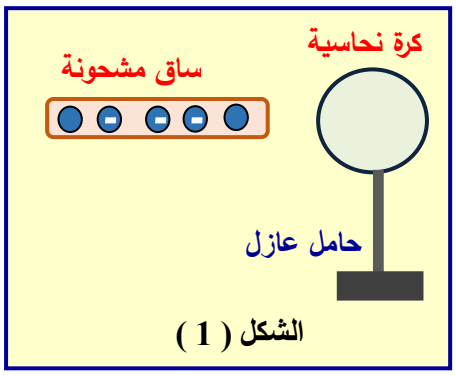
فإن شحنة الموصل الكروي : .....

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 .



الشكل (2)



الشكل (1)

* في الشكل المجاور كيف تشحن الموصلين الكرويين المتماثلين بشحنتين :

1- متساويتين مقداراً و مختلفتين نوعاً . توضيح بالرسم

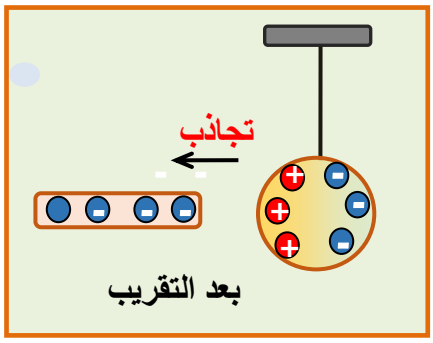
1- توصيل الكرتين معاً 2- تقريب الساق المشحونة من أحدهما 2- فصل الجسمين ثم ابعاد المؤثر

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

- في الشكل المجاور فسر ما يحدث لكرة نخاع البيلسان عندما نقرب 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 التقريب

قبل التقريب

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

في الشكل المجاور . بعد فتح المفتاح (S) و ابعاد الساق الزجاجية عن الكرة

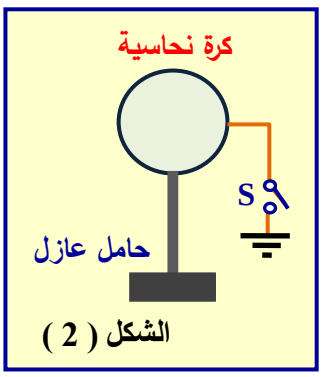
1- مانوع شحنة الجسم .

.....

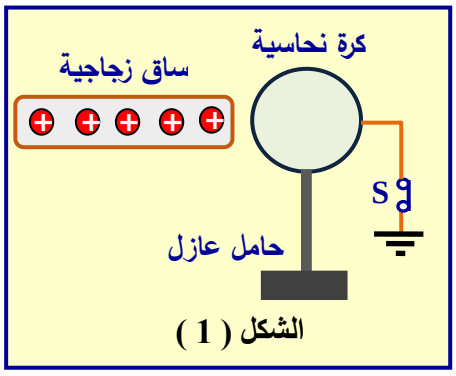
2- ارسم توزيع الشحنة الكهربائية على الكرة في الشكل (2) المجاور .

3- اكتب اسم طريقة شحن الكرة .

.....



الشكل (2)



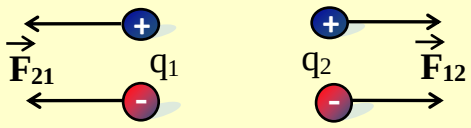
الشكل (1)

1.5 القوة الكهروستاتيكية – قانون كولوم

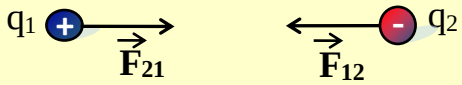
* الشحنات الكهربائية نوعان : شحنات موجبة و شحنات سالبة .

القوى الكهربائية بين الشحنات الكهربائية

قوى تنافر : بين الشحنات المتشابهة



قوى تجاذب : بين الشحنات المختلفة



قانون كولوم

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

(1) مقدار كل من الشحنتين (q_1 ، q_2) تتناسب القوة تناسباً طردياً مع حاصل ضرب مقداريهما ($F \alpha q_1 q_2$) عند ثبات بقية العوامل

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

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

قانون كولوم

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

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

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

ε_0 : يسمى السماحية الكهربائية للحيز المطلق.

نص قانون كولوم

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

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

الثابت يساوي $K = 8.99\times10^{9}\ N.m^2/C^2$

قيمة الثابت ε_0 هي للهواء

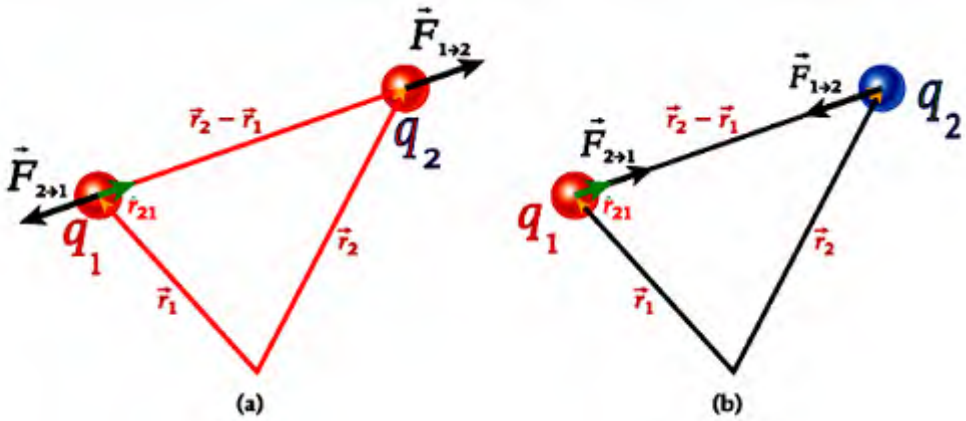
$$\varepsilon_0 = 8.85\cdot10^{-12}\ \frac{C^2}{N\,m^2}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_1q_2|}{r^2}$$

تمثيل متجهات القوى الكهروستاتيكية التي تؤثر بها شحنتان إحداهما على الأخرى:

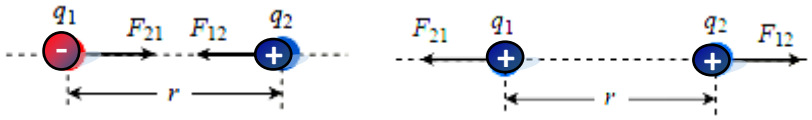
a) شحنتان متماثلتان؛

b) شحنتان مختلفتان.



ملحوظات :

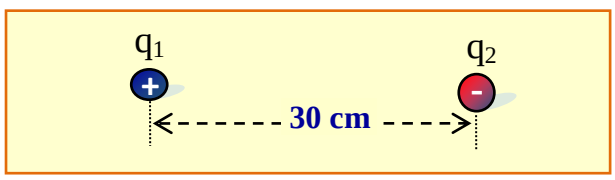
- القوة الكهربائية كمية متجهة (لها مقدار و لها اتجاه) .
- متساويتان مقداراً و في اتجاهين متعاكسين .
- خط عمل القوة ينطبق على الخط الواصل بين مركزي الشحنتين .



شحنتان نقطيتان $q_1 = 40\ \mu c$ ، $q_2 = -20\ \mu c$ و المسافة بينهما تساوي 30 Cm . كما في الشكل المجاور .

احسب مقدار القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى على لشحنة الثانية . وحدد اتجاهها على الرسم .

اعتبر الثابت : $K_c = 9\times10^{9}\ N.m^2/C^2$



.....

.....

.....

الجواب : 80 N يسار

إذا وضعتْ شحنتين بحيثُ تفصل بينهما مسافة r. ثم ضاعفت كلا من الشحنتين وضاعفتَ المسافة بينهما. فكيف سيتغير مقدار القوة المبذولة بين الشحنتين؟

a) ستكون القوة الجديدة ضعف هذا المقدار. b) ستكون القوة الجديدة نصف هذا المقدار. c) سيزيد مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.

d) سيقل مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف. e) ستكون القوة الجديدة بالمقدار نفسه.

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

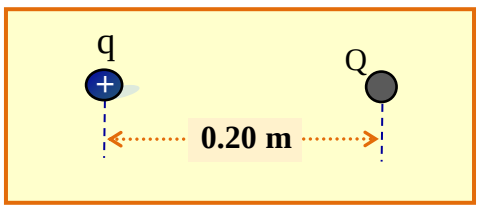
.....

.....

الجواب : $\pm 4\times10^{-6}C$

تؤثر الشحنة (Q) في الشحنة ($q = 3.3\times10^{-7}C$) بقوة كهربائية تساوي ($5.0\times10^{-3}N$) باتجاه اليسار كما هو مبين في الشكل المجاور.

إذا كان الهواء يحيط بالشحنتين .



أجب عما يلي :

1- ما نوع الشحنة (Q) ؟ .....

2- احسب كمية الشحنة (Q) ؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$Q = 6.73\times10^{-8}C(2)$

مبدأ التراكب

محصلة القوى المؤثرة في شحنة نقطية

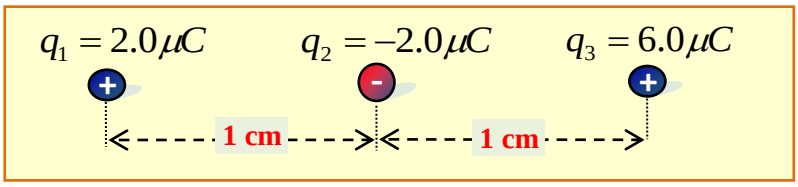
في حالة وجود عدة شحنات تؤثر بقوى كهربائية على شحنة نقطية معينة نقوم بحساب محصلة القوى المؤثرة في الشحنة النقطية :

1- القوتان على استقامة واحدة و في **نفس الاتجاه** (المحصلة تساوي مجموع مقداريهما و في نفس الاتجاه)

2- القوتان على استقامة واحدة و في **اتجاهين متعاكسين** (المحصلة تساوي الفرق بين مقداريهما و في اتجاه القوة الكبرى)

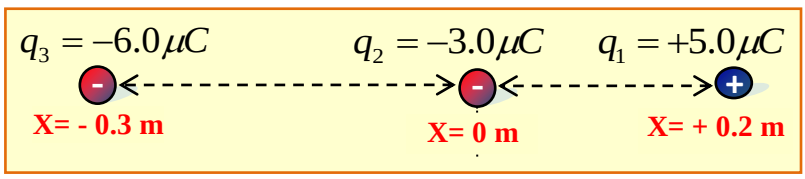
3- القوتان **متعامدتان** (نطبق نظرية فيثاغورس) محصلة $F_{net} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

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



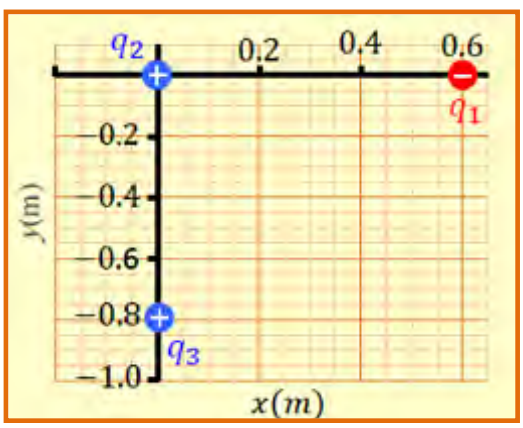
الجواب : 810 N نحو اليسار

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



الجواب : 5.2 N يمين

وضعت الشحنات (q_1 ، q_2 ، q_3) متجاورات كما هو مبين في الشكل المجاور . إذا كانت [$q_1 = -4\times10^{-8}C$] و [$q_2 = +8\times10^{-8}C$] و [$q_3 = +6\times10^{-8}C$]

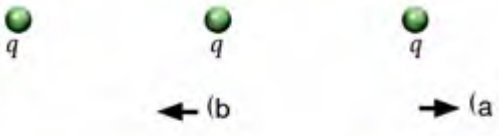


1- جد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_2)

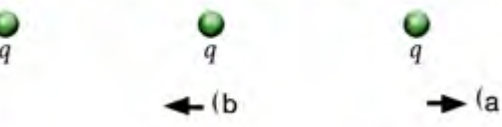
2- إذا أبعدت الشحنة (q_3) نهائياً عن الشحنة (q_2) مع بقاء (q_1) في مكانها فهل يزداد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_2) أم يقل أم يبقى ثابتاً ؟ و لماذا ؟

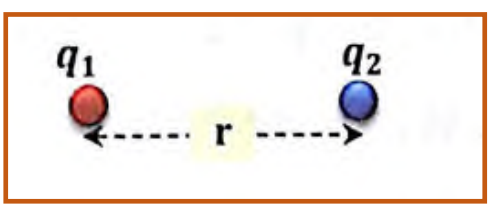
تقل : لأن القوة المؤثرة في هذه الحالة (F_{12}) و هي أقل من محصلة القوتين المتعامدتين سابقاً)

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



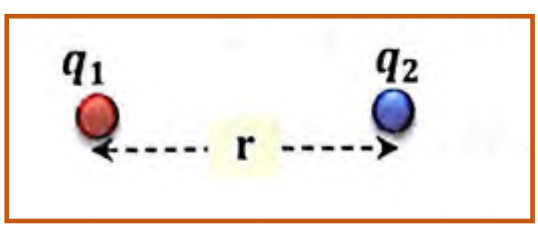
يوضح الشكل ثلاث شحنات مرتبة على خط مستقيم. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *اليمنى* ؟
لاحظ أن مقدار الشحنة اليسرى يساوي ضعف مقدارها في





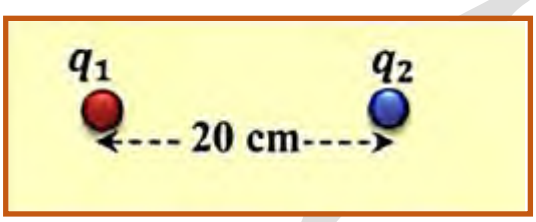
يؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_1) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (2r) ؟

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



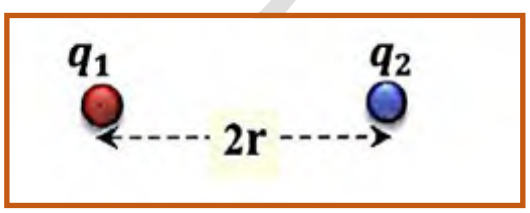
يؤثر في الشحنة النقطية (q_2) في الشكل المجاور قوة كهربائية (F) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_2) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (3r) ؟

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



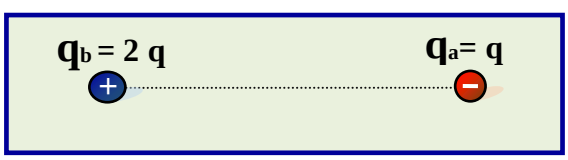
يؤثر في الشحنة النقطية (q_1) في الشكل المجاور قوة كهربائية (8.0 N) كم تصبح القوة المؤثرة في الشحنة (q_1) إذا أصبح البعد بين الشحنتين (10 Cm) ؟

☐ 2.0 N ☐ 16 N ☐ 32 N ☐ 64 N



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

☐ F ☐ 4 F ☐ 2 F ☐ $\frac{1}{4}F$



القوة الكهربائية التي تؤثر بها الشحنة (a) على الشحنة (b) تساوي 4 N ، فان القوة التي تؤثر بها الشحنة (b) على الشحنة (a) تساوي :

☐ 4 نيوتن نحو اليسار ☐ 4 نيوتن نحو اليمين ☐ 8 نيوتن نحو اليسار ☐ 8 نيوتن نحو اليمين

موضع الاتزان

موضع الاتزان : النقطة التي إذا وضعت فيها شحنة ثالثة فإنها لا تتأثر بقوة (محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً .

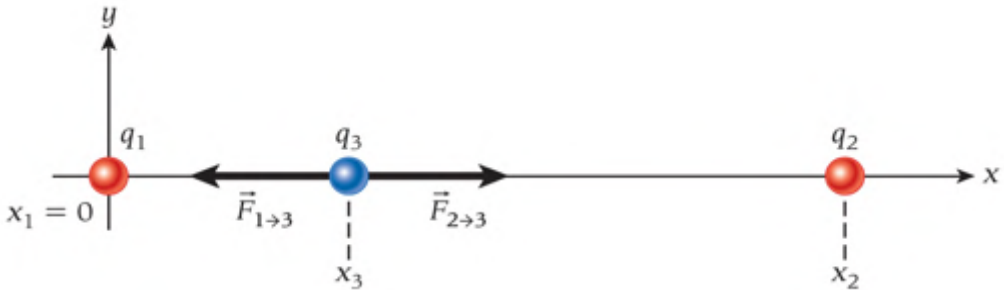
* **لشحنتين من نفس النوع :** تقع النقطة على الخط الواصل بينهما و أقرب إلى الشحنة الأقل مقداراً .

(لشحنتين متساويتين مقداراً فإن النقطة تقع في منتصف المسافة بينهما)

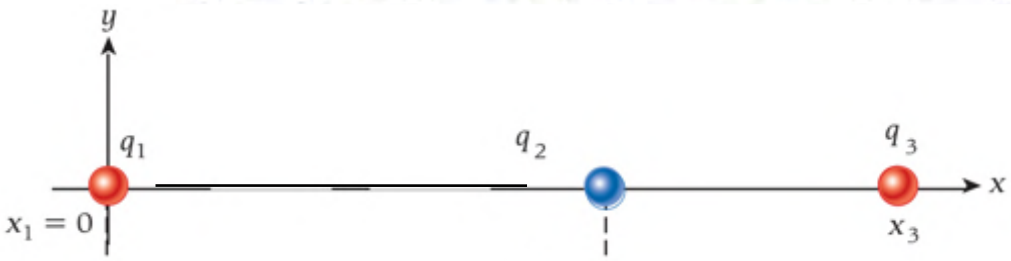
* **لشحنتين مختلفتين نوعاً :** تقع النقطة على امتداد الخط الواصل بينهما (خارجهما) أقرب إلى الشحنة الأقل مقداراً .

(لشحنتين متساويتين مقداراً فإنه لا يوحد نقطة اتزان)

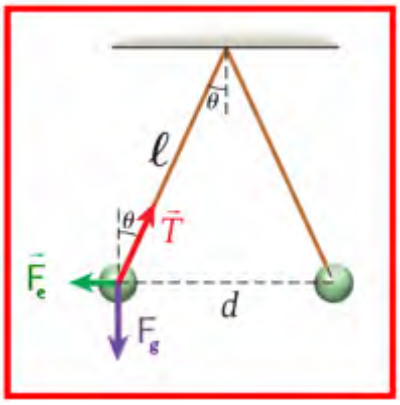
يقع الجسيم $q_1 = 4\ \mu C$ عند نقطة الأصل، ويقع الجسيم $q_2 = 16\ \mu C$ على محور x الموجب عند النقطة $x_2 = 0.12\ m$. أين يجب أن يكون موضع الجسيم الثالث المشحون، q_3 ، ليكون عند نقطة اتزان (بحيث يكون مجموع القوى المؤثرة فيه صفرا)؟

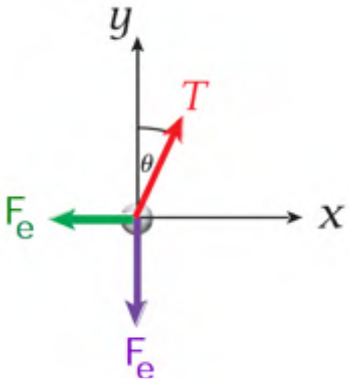


يقع الجسيم $q_1 = -16\ \mu C$ عند نقطة الأصل، ويقع الجسيم $q_2 = 4\ \mu C$ على محور x الموجب عند النقطة $x_2 = 0.12\ m$. أين يجب أن يكون موضع الجسيم الثالث المشحون، q_3 ، ليكون عند نقطة اتزان (بحيث يكون مجموع القوى المؤثرة فيه صفرا)؟



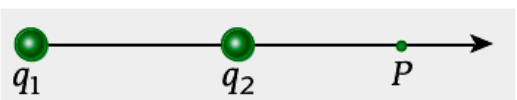
كرتان متماثلتان مشحونتان تتدليان من السقف بحبلين عازلين متساويين في الطول، $\ell = 1.50\ m$ وشُحنت كل كرة بشحنة مقدارها $q = 25.0\ \mu C$. ثم أصبحت الكرتان المتدليتان في وضع السكون، وصنع كل حبل زاوية مقدارها $25.0°$ مع المستوى الرأسي . ما كتلة كل من الكرتين؟





$m = 0.768\ kg$

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



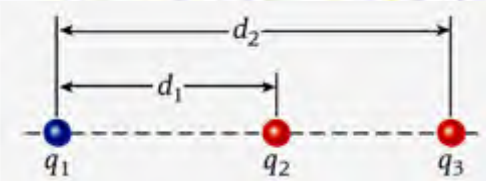
a) الشحنة q_2 تختلف عن الشحنة q_1 في الإشارة وتقل عنها في المقدار.

b) مقدار الشحنة q_1 أصغر من مقدار الشحنة q_2.

c) الشحنتان q_1 وq_2 متماثلتان.

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

فكّر في الشحنات الثلاث الموضوعة على امتداد المحور x، كما هو موضح في الشكل. قيم الشحنات هي $q_1 = -8.10\ \mu C$، $q_2 = 2.16\ \mu C$، $q_3 = 2.16\ pC$، والمسافة بين q_1 وq_2 هي $d_1 = 1.71\ m$، والمسافة بين q_1 وq_3 هي $d_2 = 2.62\ m$. ما مقدار القوة الكهروستاتيكية الكلية التي تبذلها الشحنتان q_1 وq_2 على q_3؟



a) $2.77 \cdot 10^{-6}\ N$ b) $7.92 \cdot 10^{-6}\ N$

c) $1.44 \cdot 10^{-5}\ N$ d) $2.22 \cdot 10^{-4}\ N$

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

بعض التطبيقات العملية للقوى الكهروستاتيكية :

1- مرشح الترسيب الكهروستاتيكي :

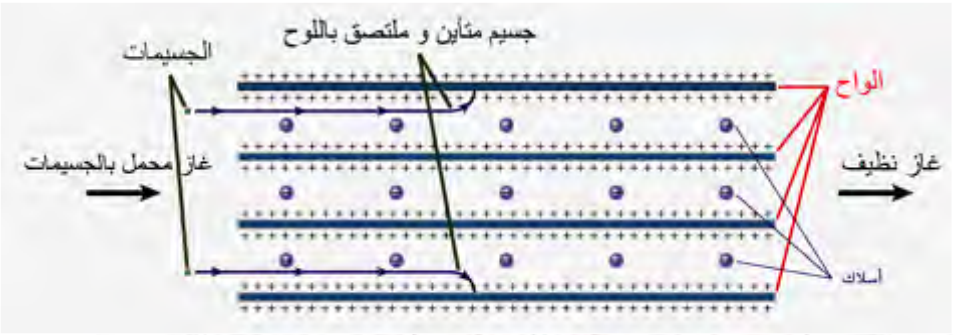
حيث نستطيع باستخدام هذه القوى تجميع السناج من المداخن فنضمن عدم خروجه للهواء الجوي.

2- الطابعات او الات التصوير :

حيث يتم شحن قطرات الحبر بشحنات مخالفة لشحة الورقة فنظمن بذل الحصول على صورة طبق الاصل.

3- 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.



مرشح الترسيب الكهروستاتيكي :

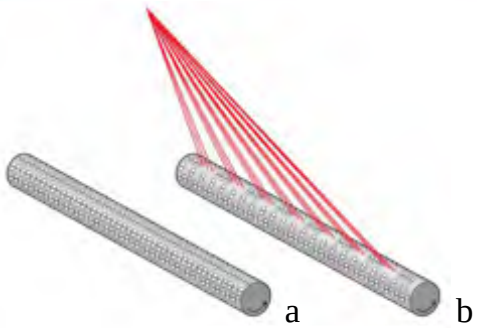
من تطبيقات الشحن الكهروستاتيكي والقوى الكهروستاتيكية إزالة الانبعاثات الدخانية من محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم. يستخدم جهاز مرشح الترسيب الكهروستاتيكي لإزالة الرماد والجسيمات الرماد والجسيمات الأخرى التي تنتج عن احتراق الفحم لتوليد الطاقة. ويوضح الشكل آلية عمل هذا الجهاز. يتكون مرشّ ح الترسيب الكهروستاتيكي من أسلاك وألواح. ويكون للألواح جهد كهربائي سالب عال مقارنة بالجهد الكهربائي الموجب لمجموعة الألواح.

يدخل غاز العادم الناتج عن احتراق الفحم من يسار مرشح الترسيب الكهروستاتيكي. وتحمل الجسيمات المارة بالقرب من الأسلاك شحنة سالبة. لذا تنجذب هذه الجسيمات إلى الألواح موجبة الشحنة وتلتصق بها. ويستمر مرور الغاز عبر مرشّح الترسيب الكهروستاتيكي ليخرج من الجانب الآخر خاليًا من الرماد والجسيمات الأخرى. ثم تُهز الألواح لإسقاط المادة المتراكمة عليها في حاوية موجودة أسفل الألواح. وتُستخدم هذه المادة في أغراض كثيرة، منها مواد البناء والأسمدة.

طابعة الليزر

ويوضح الشكل آلية عمل هذه الطابعة. توضح الأسهم الزرقاء مسار الورقة. حيث تُسحب الورقة من علبة الورق أو تُلقَّم يدويًا عبر علبة تلقيم الأوراق البديلة. ثم تمر الورقة فوق أسطوانة حيث يوضع مسحوق الحبر على سطح الورقة. ثم تمر بوحدة صهر تذيب جزيئات مسحوق الحبر لتثبته بشكل دائم على الورقة.يكون جسم الأسطوانة فلزيًا ومطليًا بمادة معينة حساسة للضوء. ويعمل السطح الحساس للضوء كعازل يحتفظ بالشحنة في غياب الضوء، لكن يفرغ الشحنة بسرعة إذا سُلط الضوء عليه. كما تدور الأسطوانة بحيث تكون سرعة حركة سطحها متماثلة مع سرعة الورقة المتحركة.

تُشحن الأسطوانة بالإلكترونات السالبة ثم يوجّه ضوء الليزر على سطح الأسطوانة. فيحدث تفريغ لشحنة السطح هذه عند أي نقطة يسقط عليها ضوء الليزر.



(a) الأسطوانة المشحونة بالكامل في طابعة الليزر.

ستنتج هذه الأسطوانة صفحة فارغة. (b) أسطوانة يتم تسجيل سطر واحد من البيانات عليها بواسطة ضوء الليزر. حيث تتعادل الشحنة السالبة عند أي نقطة يسقط عليها ضوء الليزر. فتجذب التقاط مفرغة الشحنة مسحوق الحبر الذي ينتج صورة على الورقة.

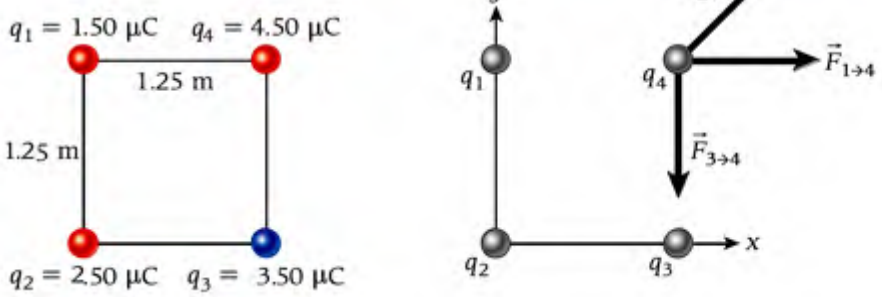
1.6 قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب

قانون كولوم	قانون نيوتن في الحذب
$F_e = k\frac{\lvert q_1 q_2\rvert}{r^2}$ قانون التربيع العكسي	$F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ قانون التربيع العكسي
القوة تنافر أو تجاذب لأن الشحنتين ممكن تكون موجبة أو سالبة	دائما قوة تجاذب لأنه يوجد نوع واحد من الكتلتين
تتناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين	تتناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة بين الجسمين
تتناسب القوة طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين	تتناسب القوة طردياً مع حاصل ضرب الكتلتين
أكبر بكثير من قوة التجاذب	صغيرة جداً بالمقارنة مع القوة الكهروستاتيكية

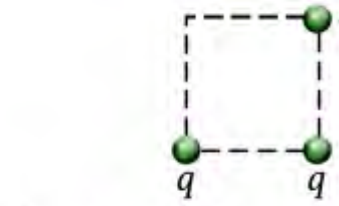
تزيد كتلة البروتون عن كتلة الإلكترون بمقدار ~2000 ضعف. لذا فإن نسبة F_e/F_g لبروتونين

a) تقل بمقدار ~4 ملايين ضعف عن
b) تقل بمقدار ~2000 ضعف عن
c) تماثل
d) تزيد بمقدار ~2000 ضعف عن
e) تزيد بمقدار ~4 ملايين ضعف عن

يوضح الشكل أربعة أجسام مشحونة تقع عند زوايا مربع طول ضلعه 1.25 m. ما مقدار واتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في q_4 والناتجة عن الشحنات الثلاث الأخرى؟



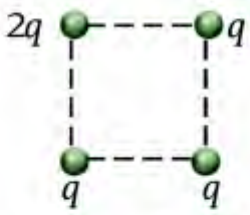
يوضح الشكل ثلاث شحنات موضوعة بالترتيب عند زوايا مربع. ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة *السفلية اليمنى*؟



(a ↙ (b ↖ (c ↗ (d ↘

e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.

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



(a ↙ (b ↖ (c ↗ (d ↘

e) لا توجد قوة مؤثرة في هذه الشحنة.