❖ تمهيد

- أجرى **بنيامين فرانكلين** تجربة **الطائرة الورقية الشهيرة** ، فقد طير الطائرة بعد **ربط خيطها بمفتاح** في أثناء **اقتراب عاصفة رعدية** ، فلاحظ أن **الخيوط الطليقة في ذيل الطائرة الورقية تنافرت وعندما قرب أصبعه من المفتاح واجه شرارة كهربائية** ، فاستنتج أن تلك " ***النار الكهربائية*** " – **ويقصد *الشرارة*** – يمكن الحصول عليها من غيمة .
- دراسة تفاعل الشحنات بعضها مع بعض في حالة السكون هو ما يسمى بمجال " الكهرباء السكونية "

☒ طرق شحن الأجسام

- **عند الحديث عن الشحن من المهم أن نذكر أن المواد تصنف من حيث سهولة حركة الشحنات فيها إلى :**

١- **مـــواد موصلـــة** : وهي **المواد** التي **يمكن للالكترونات** أن **تتحرك** من خلالها **بسهولة** مثل الفلزات.

٢- **مـواد عـــازلـــة** : وهي **المواد** التي **لايمكن للإلكترونات** أن **تتحرك** خلالها **بسهولة** مثل البلاستيك والمطاط.

٣- **مواد شبه موصلة** : وهي **المواد** التي **تقع بين المواد الموصلة والعازلة** فهي تنقل الشحنات تحت ظروف معينة مثل السيليكون والجرمانيوم.

- **النموذج الذري الحديث** : تتكون **المادة** من **ذرات والذرة** تتكون من :

١- **نـــواة**: تحتوي على **نيوترونات *متعادلة*** الشحنة **وبروتونات *موجبة*** الشحنة ، وبهذا تعتبر **النواة *موجبة*** الشحنة

٢- **الكترونات** : تتوزع في مدارات حول النواة وتحمل **شحنة *سالبة*** و **ترتبط الإلكترونات بالنواة بقوة تجاذب ، تقل كلما ابتعدت الإلكترونات عن النواة .**

- الذرة في الوضع الطبيعي تكون **متعادلة كهربائياً ;** إذ تحوي **عدداً متساوياً من الشحنات السالبة (الإلكترونات) والشحنات الموجبة (البروتونات).**

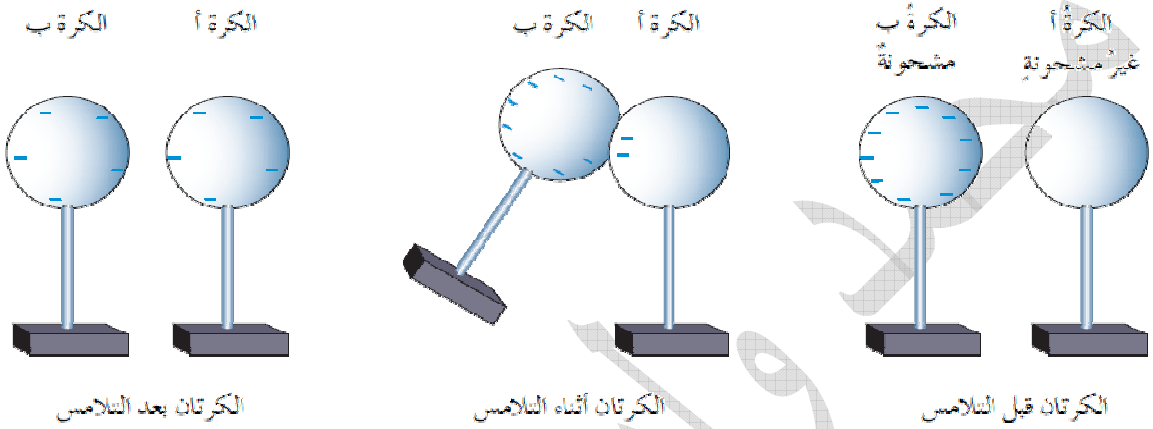
☒ **يتم شحن الأجسام من خلال عملية التكهرب أو الشحن نتيجة انتقال الإلكترونات سالبة الشحنة من جسم إلى آخر ويوجد يوجد ثلاثة طرق للشحن :**

١- **الشحن بالدلك (التكهرب) :** عند دلك مادتين مختلفتين **تصبح ذرات المادتين قريبة من بعضها فتتهيأ الفرصة لانتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى** ، وبذلك تصبح المادة التي **فقدت** الإلكترونات **مشحونة بشحنة موجبة** والتي **اكتسبت الإلكترونات** مشحونة **بشحنة سالبة** ، مثل دلك قطعة مطاط بقطعة صوف .

ويعتمد انتقال (فقدان) الإلكترونات من مادة إلى أخرى عند دلكهما على **قوة ارتباط الإلكترونات بنواة الذرة ، والمواد تتفاوت في ميلها لفقد الإلكترونات.**

- عند **دلك قطعة مطاط** بقطعة **صوف** مثلاً فإن **كماً من الشحنات السالبة** ، أي **عدداً صحيحاً (ن) من الإلكترونات** ينتقل **من ذرات الصوف إلى ذرات المطاط ، فتزداد الشحنة السالبة للمطاط** بمقدار (ن e) مما يجعله **سالب الشحنة** ، **وبالمقدار نفسه تنقص الشحنة السالبة** من **الصوف** مما يجعله **موجب الشحنة بمقدار** (ن e) حسب **مبدأ حفظ الشحنة** .

٢- <u>الشحن بالتوصيل</u> :



*** عند *تلامس* جسمان متماثلين (نق١ = نق٢) فإن الجسمين ينتصفان الشحنة ويصبحان مشحونين بشحنتان *متساويتين في المقدار* من *النوع نفسه*** .

$$\text{الشحنة النهائية (ش')} = \frac{\text{ش}_1 + \text{ش}_2}{2}$$

<u>للتوضيح أكثر</u> :

$$\Sigma \text{ش} = \Sigma \text{ش}'$$

$$\text{ش}_1 + \text{ش}_2 = \text{ش}'_1 + \text{ش}'_2$$

لكن ش'١ = ش'٢ = ش' لأنهما متماثلتان

❖ أمثلـــــة :

☒ مثال١ : جسيمان متماثلان يحمل احداهما شحنة ٦ ميكروكولوم والآخر -٢ ميكروكولوم إذا تلامس الجسيمان ثم فصلا فجد شحنة كل منهما بعد التلامس .

ملاحظة:
تم ذكر هذا المثال في أسئلة الفصل ، لذلك تطرقنا إلى توضيح **مفهوم تلامس الاجسام** بهذه الطريقة ، علما بأننا لا نقلل من أهمية ذكر طرق الشحن وتوضيحها لأنها المقدمة الأساسية للكهرباء السكونية.

الحل : *نطبق باستخدام القانون بشكل مباشر*

$$\text{الشحنة النهائية (ش')} = \frac{\text{ش}_١ + \text{ش}_٢}{٢}$$

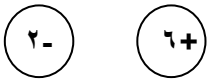
$$\text{ش}' = \frac{(٦ \times ١٠^{-٦}) + (-٢ \times ١٠^{-٦})}{٢}$$

$$\text{ش}' = \frac{(٦ - ٢) \times ١٠^{-٦}}{٢}$$

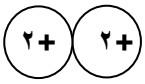
$$\text{ش}' = \frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{٢}$$

$$\text{ش}' = ٢ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

قبل التلامس



بعد التلامس



☒ مثال٢ : جسيمان متماثلان يحمل احداهما شحنة ٩ كولوم والآخر ٣ كولوم إذا وصل الجسيمان معا بسلك رفيع احسب مقدار شحنة كل منهما بعد التوصيل .

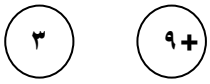
الحل : *نطبق باستخدام القانون بشكل مباشر*

$$\text{الشحنة النهائية (ش')} = \frac{\text{ش}_١ + \text{ش}_٢}{٢}$$

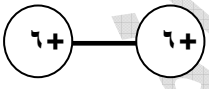
$$\text{ش}' = \frac{٩ + ٣}{٢}$$

$$\text{ش}' = ٦ \text{ كـــولوم}$$

قبل التوصيل

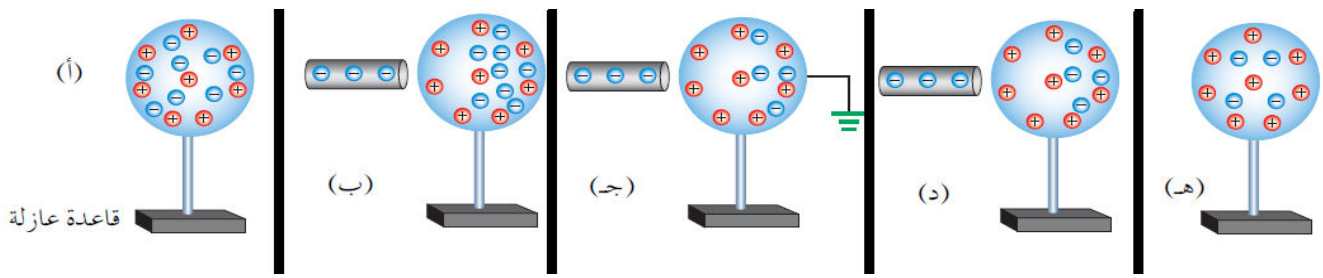


بعد التوصيل



٣- **الشحن بالحث :** عندما يتم **تقريب جسم متعادل** من **قضيب مشحون** ، **يشحن الجسم المتعادل بالحث** وتسمى الشحنة **القريبة بالمقيدة** والشحنة **البعيدة** بالشحنة **الحرة** التي يتم **تفريغها بالأرض.**

☒ خطوات الشحن بالحث



أ- جسم **متعادل** غير مشحون

ب- نقرب من الكرة المعدنية ساق من البلاستيك مشحون بشحنة سالبة دون ان يلامسها فتتنافر الشحنات السالبة مع شحنة ساق البلاستيك وتتحرك الى الطرف البعيد للكرة تاركة ورائها شحنات موجبة على الطرف القريب

ج- نصل الطرف البعيد للكرة بالارض فتتفرغ الشحنات الحرة السالبة في الارض ويبقى على الكرة الشحنة المقيدة الموجبة

د- نبعد ساق البلاستيك عن الكرة بعد فصلها عن الارض فتتوزع عليها الشحنات الموجبة بانتظام على سطحها الخارجي بسبب قوى التنافر بينها

ه- اذن شحنت الكرة المعدنية بشحنة مخالفة لشحنة الجسم المؤثر بسبب تفريغ الشحنة الحرة البعيدة وبقاء الشحنة المقيدة على الكرة

مبدأ حفظ الشحنة

في نظام معزول عن تأثير شحنات أخرى يكون **المجموع الكلي للشحنة ثابتاً** خلال عملية الشحن.

محمد وليد الصوافطه

- **الشحنة الأساسية : هي أصغر شحنة في الطبيعة** وهي شحنة الإلكترون ويرمز لها بـ $ش_e$
- **الكولـــــــوم : هي الوحدة الأساسية** التي **تقاس بها الشحنة** في النظام العالمي للوحدات (SI)

❖ مبدأ تكميم الشحنــة

أي جسم مشحون يجب أن تكون شحنته عدداً صحيحاً من مضاعفات شحنة الإلكترون (أو البروتون) ، فـــلا يوجد جسم حرّ في الطبيعة شحنته $\frac{١}{٢}$ أو $\frac{١}{٤}$ أو $\frac{٣}{٤}$ شحنة الإلكترون ويقال عن ذلك إن **الشحنة مكممـــة**

الشحنة = عددا صحيحاً × شحنة الإلكترون

وبالرموز : $ش = ن \times ش_e$

* **ملاحظة :** *لا نضع اشارة الشحنة في القانون*

ش : شحنة الجسم

$ش_e$: **شحنة الإلكترون** وهي مقدار ثابت حيث $ش_e = ش_p$: $= ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

ن : عدد الإلكترونات التي فقدها الجسم أو **التي اكتسبها الجسم** حتى الشحن

☒ **ملاحظة هامة :** شروط العدد **ن** أن يكون **أ-عددا صحيحاً ب- موجباً**

☒ **ملاحظة هامة :** نسبة **شحنة الجسم** إلى **شحنة الإلكترون** هي (ن) وهي **عدد الإلكترونات التي فقدها الجسم أو التي اكتسبها الجسم** حيث أن $ن = \frac{ش}{ش_e}$

❖ أمثلـــة :

☒ **مثال ١ : شحنة جسم فقد (١٠٠٠) إلكترون ؟**

الحل : ببساطة يمكننا ايجاد شحنة الجسم **بالتعويض بقانون مبدأ تكميم الشحنة**

$ش = ن \times ش_e$

$= ١٠٠٠ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$= ١٠٠٠ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$= ١,٦ \times ١٠^{-١٦}$ **كولوم**

فكـرة :

$١٠٠ \times ١٠^{-٣} = ؟؟$

$١٠٠ \times ١٠^{-٣} = ١٠ \times ١٠^{-١}$

الأسس في الضرب تُجمع لذلك $١٠^{(-٣+٢)} = ١٠^{-١}$

☒ **مثال٢ : هل يمكن لجسم أن يحمل شحنة (٣ × $١٠^{-١٩}$) كولوم ؟ علل اجابتك**

الحل : نعوض في القانون بدل شحنة الجسم وبعدها نقرر ماإذا كان بالإمكان ان يحمل هذه الشحنة أم لا !

$ش = ن \times ش_e$

$٣ \times ١٠^{-١٩} = ن \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$٣ \times ١٠^{-١٩} = ن \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$٣ = ن \times ١,٦$

$ن = \frac{٣}{١,٦}$

إذاً لايمكن لجسم أن يحمل هذه الشحنة **لأنها غير مكممة** ويجب أن تساوي عدداً صحيحاً من مضاعفات شحنة الإلكترون فلا يوجد جسم حر بالطبيعة شحنته $\frac{١}{٢}$ أو $\frac{١}{٤}$ أو $\frac{٣}{٤}$ شحنة الإلكترون.

☒ **مثال٣: ماعدد الإلكترونات الإضافية** على كرة فلزية **شحنتها** (-٤×١٠^{-١٧}) كولوم؟ ***(من أسئلة الكتاب)***

الحل :

$$ن = \frac{ش}{ش_e}$$

$$٤ \times ١٠^{-١٧} = ن \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$$

$$ن = \frac{٤ \times ١٠^{-١٧}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

$$ن = ٢٥٠ \text{ إلكترون}$$

☺ **طريقة الاختصار :**

$$ن = \frac{٤ \times ١٠^{-١٧}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = \frac{٤ \times ١٠^{-١٧}}{١٦ \times ١٠^{-١٨}}$$

$$= \frac{٤ \times ١٠^{-١٧}}{١٦ \times ١٠^{-٢٨}} = \frac{٤}{١٦} \times ١٠^{-١٧+١٨}$$

$$= \frac{٤}{١٦} \times ١٠^{٣} = 2,5 \times 10^{3}$$

☒ **مثال٤ : ماعدد الإلكترونات التي يفقدها جسم لتصبح شحنته (+١) كولوم ؟**

$$ن = \frac{ش}{ش_e}$$

$$١ = ن \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$$

$$ن = \frac{١}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

$$ن = ٦٢٥ \times ١٠^{١٦} \text{ الكترون}$$

يجب **فقدهم** لكي تصبح شحنة الجسم **١ كولوم**

١- على ماذا يدل الرمز (ن) وماالشرط الذي يجب أن يتوافر في هذا الرمز ؟

ن : هو **عدد الإلكترونات التي فقدها الجسم** أو **التي اكتسبها الجسم** حتى الشحن

والشرط الذي يجب توافره أن يكون **أ-عددا صحيحاً** **ب- موجباً**

٢- ماهي نسبة شحنة الجسم إلى شحنة الإلكترون ؟

نسبة **شحنة الجسم** إلى **شحنة الإلكترون** هي (ن) وهي **عدد الإلكترونات التي فقدها الجسم أو التي اكتسبها الجسم** حيث أن $ن = \frac{ش}{ش_e}$

القوة الكهربائية

☒ الشحنات الكهربائية ***المتشابهة*** **تتنافر** و **الشحنات *المختلفة*** **تتجاذب** وتسمى **قوة التنافر أو التجاذب *"القوة الكهربائية"*** ، **فمنشأ القوة الكهربائية هو الشحنات نفسها .**

☒ استخدم **العالم كولوم جهاز ميزان اللي** لتحديد **العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية بين "شحنتين نقطيتين"** .

☒ استخدم في تجاربه **كرات صغيرة مشحونة** جعل **البعد بينها أكبر بكثير من أنصاف أقطارها** بحيث **يمكن إهمال أبعاد الكرات وكأنما تتركز الشحنة في مركزها** وبذلك تعامل الكرات **"*كشحنات نقطية*" .**

قانون كولوم

- ينص قانون كولوم (قانون التربيع العكسي) على أن **القوة المتبادلة** بين **شحنتين نقطيتين** ($ش_1$ ، $ش_2$) تفصل بينهما مسافة **(ف)**

تتناسب **طردياً** مع **مقدار** كل من **الشحنتين** و**عكسياً** مع **مربع المسافة بينهما** .

ويمكن التعبير عنه رياضياً :

$$ق = ثابت \times \frac{ش_1 ش_2}{(ف)^2}$$

* **الوحـدة** : *تقاس القوة* ***بوحدة (نيوتن)***
* **ملاحظة** : *لا نضع اشارة الشحنة في القانون*

$ش_1$: الشحنة الأولى ، $ش_2$: الشحنة الثانية

$ف$: المسافة بين الشحنتين

ثابت : يعبر عن هذا الثابت **بالمقدار** $\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon}\right)$ حيث ε **.** السماحية الكهربائية للوسط

وتساوي **$8{,}85 \times 10^{-12}$ كولوم^2/ نيوتن.م^2** وعليه تصبح قيمة **الثابت 9×10^9**

☒ **للتذكير فقط :** تقاس **الشحنة** بوحدة **الكولوم** وتقاس **المسافة بالمتر** للحصول على **القوة** بوحدة **نيوتن** .

⇦ وهذا **يعني** أن **[ق]** = $\left[\frac{\text{كولوم} \times \text{كولوم}}{\text{متر}^2}\right]$ هذه **الوحدة** هي **نفسها** وحدة الـ **نيوتن**

☒ **شرح وتوضيح (مهم):**

١- تعتمد قيمة **الثابت (أ)** الوارد في القانون على ((**طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات**)) وذلك عند قياسه بالنظام العالمي للوحدات .

٢- إذا كان **الوسط**

فراغاً أو هواءاً فيعبر عن هذا الثابت بالمقدار $(\frac{١}{٤\pi\varepsilon_{.}})$ **حيث $\varepsilon_{.}$ السماحية الكهربائية** للوسط **وتساوي 8,85 × 10$^{-١٢}$ كولوم^{٢}/ نيوتن.م^{٢}** وعليه تصبح **قيمة الثابت**

$$(\frac{١}{٤\pi\varepsilon_{.}}) = \frac{١}{\pi ٤ \times ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \text{ نيوتن .م}^{٢}/\text{كولوم}^{٢}$$

وبالتعويض في القانون تصبح العلاقة كالتالي :

$$\text{ق} = \frac{١}{٤\pi\varepsilon_{.}} \frac{\text{ش}_{١} \text{ش}_{٢}}{\text{ف}^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{\text{ش}_{١} \text{ش}_{٢}}{\text{ف}^{٢}}$$

غير الفراغ أو الهواء فيعبر عن **الثابت** بالمقدار $(\frac{١}{٤\pi\varepsilon})$

حيث **تكون ε السماحية الكهربائية لذلك الوسط وتكون ε أكبر من $\varepsilon_{.}$.**

$\varepsilon > \varepsilon_{.}$ وسنقتصر في دراستنا في هذه المرحلة على الشحنات الكهرباء الموضوعة في **الهواء**.

☒ **تقاس السماحية الكهربائية** للوسط **بوحدة (كولوم^{٢}/ نيوتن.م^{٢})**

☒ **العوامل التي يعتمد عليها قانون كولوم :**

$$\text{ق} = \frac{١}{٤\pi\varepsilon_{.}} \frac{\text{ش}_{١} \text{ش}_{٢}}{\text{ف}^{٢}}$$

١- **سماحية الوسط** الكهربائية " **علاقة عكسية** "

كلما **قلت سماحية الوسط** الكهربائية **تزداد القوة الكهربائية** والعكس صحيح .

٢- مقدار كل من **الشحنتين ش$_{١}$ ش$_{٢}$** " **علاقة طردية** "

كلما **زاد مقدار الشحنتين زادت القوة الكهربائية** المتبادلة بينهما

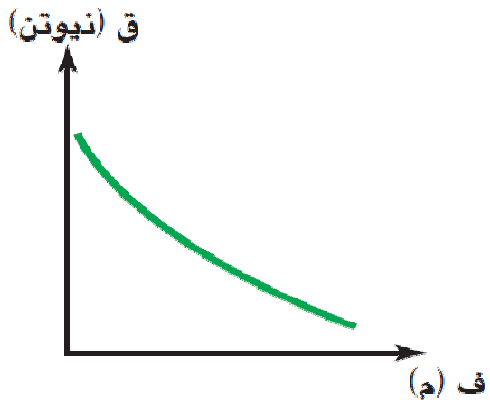
٣- **مربع المسافة** الفاصلة بين الشحنتين " **علاقة عكسية** "

كلما **زاد مربع المسافة قلت القوة المتبادلة** بين الشحنتين .

محمد وليد الصوافطه

❖ ومن هنا يُعرف قانون كولوم بقانون **التربيع العكسي** لأن **القوة الكهربائية** تتناسب **عكسياً** مع **مربع المسافة**

- العلاقة بين القوة **(ق)** بين شحنتين نقطيتين والمسافة **(ف)** علاقة **غير خطية** كما في المنحنى التالي :

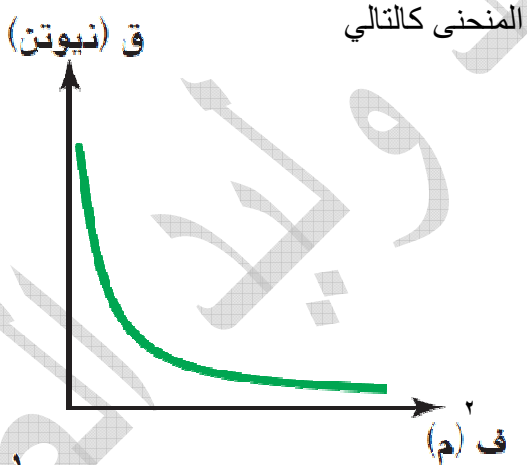


☺ **للتوضيح :**
- يتناسب **البسط** مع **المقام** **عكسيا** ، يعني كلما زاد البسط قل المقام والعكس .
مثل علاقة القوة مع مربع المسافة ، **فالقوة** في **البسط** و**المسافة** في **المقام**

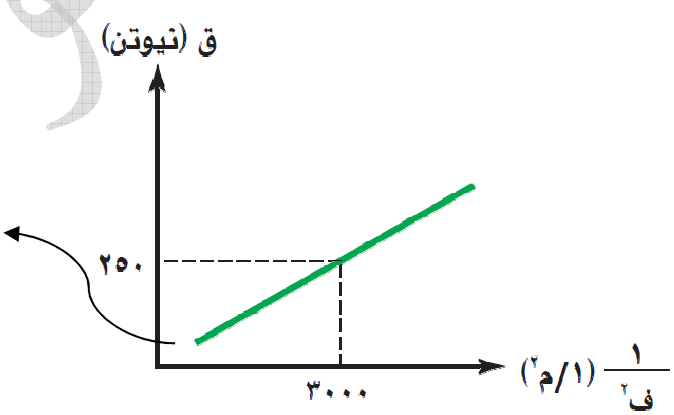
$$\text{ق} \uparrow = \frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2 \downarrow} \times \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

- **وكذلك بالنسبة للعلاقة الطردية البسط مع البسط يتناسب طرديا** $\text{ق} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \text{ش}_1 \times \text{ش}_2 \times \text{ف}^{-2}$

- **معلومة اضافية :** كلما زادت قيمة **ف** زاد **انحناء المنحنى** إلى الداخل مثلا علاقة القوة **(ق)** مع مربع المسافة **(ف^2)** يكون شكل المنحنى كالتالي



- وعند تمثيل العلاقة بين القوة (ق) و مقلوب مربع المسافة ($\frac{1}{\text{ف}^2}$) بيانياً نحصل على **علاقة خطية ، وهذا يدل على أن القوة تتناسب طردياً مع مقلوب مربع المسافة (ف^{-2})** وهو نفسه ($\frac{1}{\text{ف}^2}$).



ملاحظة اضافية للفهم فقط :
الفراغ الموجود في بداية المنحنى سببه هو أنه لا يمكن ايجاد القوة عند **مسافة** **مقدارها** **(صفر)** ، فقسمة أي **عدد** على **صفر** يساوي **(∞)**

(ب)

الشكل (١-٢): العلاقة بين القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين والمسافة الفاصلة بينهما.

- من خلال المنحنى نستطيع معرفة **قيمة** ($\frac{1}{\text{ف}^2}$) ومعرفة **قيمة** (ق) ونعوضها في القانون
- ونستطيع إيجاد **الميل** أيضاً للحصول على هذه **العلاقة**

$$\frac{\text{ق}}{\left(\frac{1}{\text{ف}^2}\right)} = ٩ \times ١٠^{٩} \text{ش}_1 \times \text{ش}_2$$

❖ **ملاحظة : العلاقة السابقة ليست للحفظ وتم ذكرها إجابة على بعض أسئلة الطلاب مثل : لما نحتاج الميل؟. فبكل بساطة تستطيع أخذ ماتريده من المنحنى ، ووضعه في القانون ومن ثم التطبيق المباشر دون معرفتك بهذا الترتيب للعلاقة .**

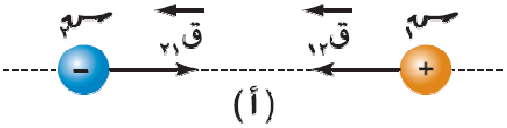
✓ لقد تعرفنا على كيفية حساب **مقدار** القوة من خلال القانون $ق = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{|ش_1| \times |ش_2|}{ف^2}$ والآن سنتعرف على كيفية معرفة **اتجاه** القوة لأن القوة كمية **متجهة** (يعني لها اتجاه)، فيجب تحديد **مقدارها واتجاهها** عند حل المسائل.

☒ **كيفية معرفة اتجاه القوة الكهربائية**

– يكون **اتجاه** القوة على **امتداد الخط الواصل** بين الشحنتين

وكما تعلمنا سابقاً فإن **الشحنات المختلفة تتجاذب والشحنات المتشابهة تتنافر** بفعل القوة الكهربائية

فالشحنتان $ش_1$ ، $ش_2$ في **الشكل (أ)** تؤثر كل منهما في الأخرى بقوة جذب



(أ)

حيث أن :

✓ $\overleftarrow{ق}_{12}$ القوة التي تؤثر في الشحنة $ش_1$ **بفعل** $ش_2$ باتجاه **اليسار**

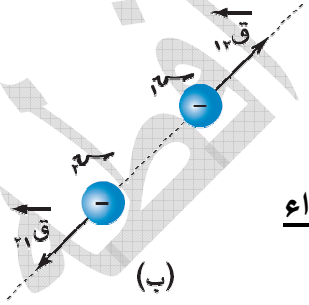
للتوضيح بصيغة أخرى : $ق_{12}$ هي قوة $ش_2$ التي تؤثر في $ش_1$ فتجذبها نحو **اليسار**

✓ $\overleftarrow{ق}_{21}$ القوة التي تؤثر في الشحنة $ش_2$ **بفعل** $ش_1$ باتجاه **اليمين**

للتوضيح بصيغة أخرى : $ق_{12}$ هي قوة $ش_1$ التي تؤثر في $ش_2$ فتجذبها نحو **اليمين**

كما لاحظنا أن القوتين **متساويتان مقداراً** و**متعاكستان اتجاهاً** ، لذا فتشكلان زوجاً من القوى المتبادلة

$\overleftarrow{ق}_{12} = -\overleftarrow{ق}_{21}$ ، وتفسير هذا [***حسب قانون نيوتن الثالث لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الإتجاه***] .



(ب)

والأمر ذاته في **قوى التنافر** المؤثرة في الشحنتين في **الشكل (ب)** .

❖ **من الجدير بالذكر أن الكولوم وحدة قياس كبيرة نسبياً ؛ لذلك نستخدم أجزاء هذه الشحنة ومن أشهرها :**

ملي كولوم	**$١٠^{-٣}$ كولوم**
ميكروكولوم	**$١٠^{-٦}$ كولوم**
نانوكولوم	**$١٠^{-٩}$ كولوم**
بيكوكولوم	**$١٠^{-١٢}$ كولوم**

مثلا : عندما يعطينا شحنة مقدارها **٦ ملي كولوم** نضربها بـ $١٠^{-٣}$ فتصبح **٦×١٠^{-٦} كولوم** وهكذا ...

❖ قوة الجذب الكتلي

إن قوة الجذب الكتلي بين جسمين تُعطى بالعلاقة $ق = ج \frac{ك_١ ك_٢}{ف^٢}$ ، حيث ج : ثابت الجذب العام ويساوي $6,7 \times ١٠^{-١١}$ نيوتن.م^٢/كغ^٢ ، ($ك_١$ ، $ك_٢$: كتلة الجسمين) ، **ف** : المسافة الفاصلة بينهما

❖ **ملاحظة** : **إن القوة الكهربائية أكبر** بحوالي ($١٠^{٣٩}$) **مرة** من **قوة الجذب الكتلي** بين **البروتون** و**الإلكترون** ، لذلك **يُكتفى بالقوة الكهربائية وتُهمل قوة الجذب الكتلي** عند حساب القوى المتبالة بين الجسيمات الذرية المشحونة كالبروتونات والإلكترونات ، وهذه القوة كما لاحظنا **تُعتبر قوة أخرى تُطيع قانون التربيع العكسي** .

☒ **مثال : (في الكتاب)**

تفصل بين البروتون والإلكترون في ذرة الهيدروجين **مسافة** $5,3 \times ١٠^{-١١}$ في المتوسط ، إذا علمت أن **كتلة البروتون** تبلغ $1,67 \times ١٠^{-٢٧}$ كغ **وكتلة الإلكترون** $9,11 \times ١٠^{-٣١}$ كغ ، فجد :

١. **القوة الكهربائية** التي يؤثر بها كل منهما في الآخر
٢. **قوة الجذب الكتلي** بين الجسمين

- علماً بأن **ثابت الجذب العام يساوي** $6,7 \times ١٠^{-١١}$

الحل :

$$ق_{\text{كهربائية}} = ٩ \times ١٠^{٩} = \frac{س_١ س_٢}{ف^٢} = \frac{١٠ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ١٠ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{(٥,٣ \times ١٠^{-١١})^٢} \times ٩ \times ١٠^{٩}$$

$$= ٨,٢ \times ١٠^{-٨} \text{ نيوتن، (قوة تجاذب)}$$

$$ق_{\text{الجذب الكتلي}} = ج \frac{ك_١ ك_٢}{ف^٢} = ٦,٧ \times ١٠^{-١١} \times \frac{٩,١١ \times ١٠^{-٣١} \times ١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}}{(٥,٣ \times ١٠^{-١١})^٢}$$

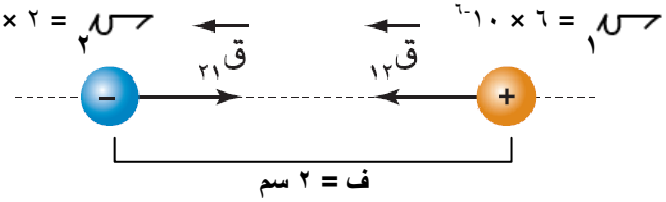
$$= ٣,٦ \times ١٠^{-٤٧} \text{ نيوتن}$$

الهدف من هذا المثال معرفة أن **القوة الكهربائية أكبر** بحوالي ($١٠^{٣٩}$) **مرة** من **قوة الجذب الكتلي**

بعض المسائل والمشكلات وحلها

☒ **مثال١** : شحنتان **نقطيتان** مقدار **الشحنة الأولى** يساوي ٦ **ميكروكولوم** توجد بالقرب من شحنة أخرى مقدارها ٢ **ميكروكولوم** على بعد ٢ سم ، أوجد **القوة الكهربائية** المتبادلة بين الشحنتين .

الحل :



$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$$

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٦ \times ١٠^{-٦} \times ٢ \times ١٠^{-٦}}{(٢ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

نبدأ بعمليات الاختصار

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٦ \times ١٠^{-٦} \times ١٢ \times ١٠^{-٦}}{٤ \times ١٠^{-٤}}$$

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٦ \times ١٠^{-٦} \times ٣ \times ١٠^{-٦}}{١ \times ١٠^{-٤}}$$

نرفع الأسس للأعلى

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٣ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٦}}{١ \times ١٠^{-٤}}$$

نجمع الأسس (لأن الأسس في الضرب تُجمع)

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{٤}$$

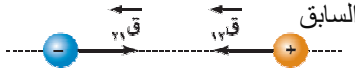
$$ق = ٢٧ \times ١٠^{١}$$

ق = ٢٧٠ نيوتن

إذن **مقدار القوة المتبادلة** يساوي **٢٧٠ نيوتن** أما **اتجاهها** كما تم تحديده على الشكل.

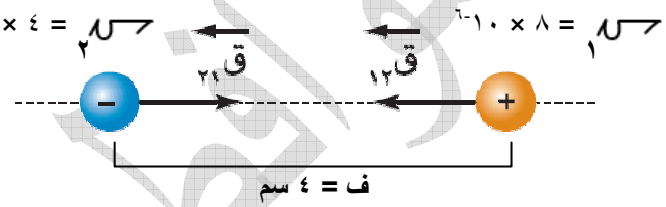
☺ **للتذكير فقط ببعض الملاحظات بالنسبة لمثال ١**

- لاحظ في السؤال لقد **ضربنا الشحنة بـ 10^-٦** حتى نحولها من **ميكروكولوم** إلى **كولوم** .
- حولنا **المسافة** أيضا من **سم** إلى **متر** **فضربناها بـ 10^-٢** .
- تستطيع تحديد **الاتجاه** إما بأن تكتب بعد الانتهاء من الحل **ق٢١** إلى **اليمين** و **ق١٢** إلى **اليسار** **أو تحدد الاتجاه بوضعه على الشحنة بالرسم** كما في الشكل السابق



☒ **مثال٢** : شحنتان **نقطيتان** مقدار **الشحنة الأولى** يساوي ٨ **ميكروكولوم** توجد بالقرب من شحنة أخرى مقدارها ٤ **ميكروكولوم** على بعد ٤ سم ، أوجد **القوة الكهربائية** المتبادلة بين الشحنتين .

الحل :



$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$$

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٨ \times ١٠^{-٦} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

نبدأ بعمليات الاختصار

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٨ \times ١٠^{-٦} \times ١٦ \times ١٠^{-٦}}{١٦ \times ١٠^{-٤}}$$

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٨ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٦}}{١ \times ١٠^{-٤}}$$

نجمع الأسس (لأن الأسس في الضرب تُجمع)

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{٤}$$

$$ق = ١٨ \times ١٠^{١}$$

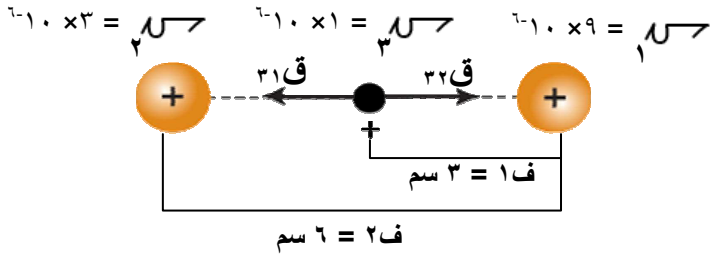
ق = ١٨٠ نيوتن

إذن **مقدار القوة المتبادلة** يساوي **١٨٠ نيوتن** أما **اتجاهها** كما تم تحديده على الشكل.

مثال٣ : شحنتان **نقطيتان** مقدار **الشحنة الأولى** يساوي − ٨ **ميكروكولوم** توجد بالقرب من شحنة أخرى مقدارها + ٢ **ميكروكولوم** على بعد ٢ سم ، أوجد **القوة الكهربائية** المتبادلة بين الشحنتين .

الجواب : ٣٦٠ نيوتن ، **(* حاول حله وحدد اتجاه القوة)**

مثال ٤ : شحنتان نقطيتان مقدار **الشحنة الأولى** يساوي +٩ **ميكروكولوم** ومقدار **الشحنة الثانية** يساوي +٣ **ميكروكولوم** ، أوجد **القوة الكهربائية** التي تؤثر على **شحنة نقطية ثالثة** مقدارها +١ **ميكروكولوم** وضعت بينهما وتبعد عن الشحنة الأولى **مسافة ٣ سم** ، إذا علمت أن **المسافة** بين الشحنة الأولى والثانية **تساوي ٦سم** .



الحل :

*** أولاً : نحسب تأثير الشحنة ١ على الشحنة ٣ (ق٣١)**

$$ق_{31} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_١ \, ش_٣}{(ف_١)^٢}$$

$$ق_{31} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٩ \times ١٠^{-٦} \times ١ \times ١٠^{-٦}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢}$$

$$ق_{31} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٩ \times ١٠^{-٦} \times ١ \times ١٠^{-٦}}{٩ \times ١٠^{-٤}}$$

$$ق_{31} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٩ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٦}}{٩ \times ١٠^{-٤}}$$

$$ق_{31} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٦}$$

$$ق_{31} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٦}$$

$ق_{31} = ٩ \times ١٠^{١}$ ⟸ ٩٠ نيوتن نحو اليسار

*** ثانياً : نحسب تأثير الشحنة٢ على الشحنة ٣**

$$ق_{32} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_١ \, ش_٣}{ف^٢}$$

**** $ف_٣ = ف_٢ - ف_١$ ⟸ $ف_٣ = ٣$ سم**

$$ق_{32} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٣ \times ١٠^{-٦} \times ١ \times ١٠^{-٦}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢}$$

$$ق_{32} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٣ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٦}}{٩ \times ١٠^{-٤}}$$

$ق_{32} = ٣ \times ١٠^{١}$ ⟸ ٣٠ نيوتن نحو اليمين

*** ثالثاً نجد مقدار محصلة القوة التي تؤثر على الشحنة ٣ واتجاه محصلة القوة**

- **مقدار** محصلة القوة المؤثرة في الشحنة ٣ بما أن **القوتين متعاكستان** في الإتجاه **نطرح** القوتين من بعضهما البعض

$ق_{محصلة}$ = القوة الكبرى − القوة الصغرى

$ق_{محصلة}$ = ٩٠ − ٦٠

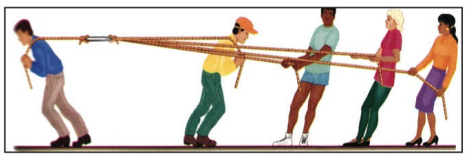
$ق_{محصلة}$ = ٣٠ نيوتن

- **اتجاه القوة المحصلة** تكون باتجاه القوة الكبرى وهي ($ق_{٣١}$) يعني **نحو اليسار** ، لأنها أكبر من ($ق_{٣٢}$) .

إذن مقدار مجموع القوة التي تؤثر في الشحنة٣ هو ٣٠ نيوتن واتجاهها نحو اليسار.

☺ **للتوضيح فقط :**

نستطيع توضيح محصلة القوة بالمثال البسيط



في **الشكل السابق** يتضح أن من **يفوز** في هذه اللعبة هم الاشخاص الموجودين في الجهة **اليمين** لأن مقدار قوة الأشخاص **اكبر** من مقدار قوة شخص واحد ، وبالتالي يكون **اتجاه محصلة** القوة **نحو اليمين**، و**مقدارها** هو

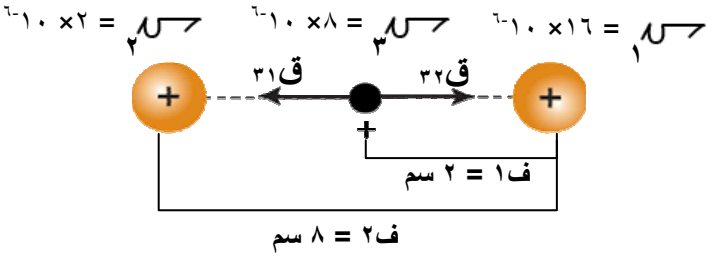
(قوة الأشخاص – قوة الشخص الموجود على اليسار)

طرحنا القوتين من بعض لأنهما متعاكستان في الإتجاه

مثال٥: شحنتان نقطيتان مقدار **الشحنة الأولى** يساوي +٤ **ميكروكولوم** ومقدار **الشحنة الثانية** يســـــاوي +٢ **ميكروكولوم** ، أوجد **القوة الكهربائية** التي تؤثر على **شحنة نقطية ثالثة** مقدارها +٨ **ميكروكولوم** وضعت بينهما وتبعد عن الشحنة الأولى **مسافة ٢ سم** ، إذا علمت أن **المسافة** بين الشحنة الأولى والثانية **تساوي ٨سم**.

الجواب :

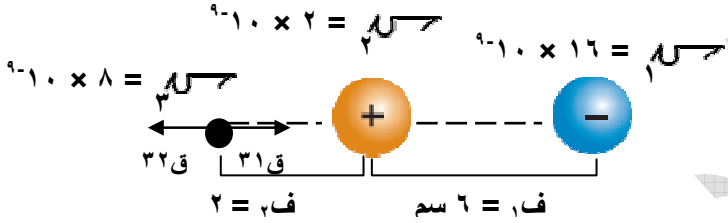
ق٣١ = ٧٢٠ نيوتن
ق٣٢ = ٤٠ نيوتن
مقدار القوة = ٦٨٠ نيوتن
الاتجاه نحو اليسار



(* حاول حله وحدد اتجاه محصلة القوة)

مثال٦: شحنتان نقطيتان الشحنة الأولى **مقدارها – ١٦ نانوكولوم** و **الشحنة الثانية** +٨ **نانوكولوم** تقعان على استقامة واحدة تفصل بينهما **مسافة مقدارها ٦سم** ، وضعنا **شحنة نقطية** مقدارها **٢ نانوكولوم** على امتداد الخط الواصل بين الشحنتين (**ف٢ = ٢**) كما في الشكل ، جد **مقدار القوة** المؤثرة على الشحنة الثالثة واتجاهها .

الحل:



*** أولاً : نحسب مقدار تأثير ق١ على ق٣**

$$ق_{٣١} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ق_{١} \, ق_{٣}}{ف^{٢}}$$

لقد تعرفنا سابقاً على أن (ف) المسافة الفاصلة بين الشحنتين ، والشحنتين هما (ق١ ، ق٢)

لذلك فإن ف٣ = ف١ + ف٢ ⟸ **ف٣ = ٨ سم**

نكمل الحل بعد ايجاد المسافة ...

$$ق_{٣١} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{١٦ \times ١٠^{-٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{(٨ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

$$ق_{٣١} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{١٦ \times ١٠^{-٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{٨ \times ٨ \times ١٠^{-٤}}$$

لاحظ من الأفضل فك الأرقام دون ضربها حتى تسهل عملية الاختصار

$$ق_{٣١} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{١٦ \times ١٠^{-٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{٨ \times ٨ \times ١٠^{-٤}}$$

$$ق_{٣١} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩} \times ١٠^{٤}$$

$$ق_{٣١} = ١٨ \times ١٠^{-٥}$$

*** ثانياً : نحسب مقدار تأثير ق٢ على ق٣**

$$ق_{٣٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ق_{٢} \, ق_{٣}}{ف^{٢}}$$

$$ق_{٣٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٨ \times ١٠^{-٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{(٢ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

$$ق_{٣٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٢ \times ١٠^{-٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{(٢ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

$$ق_{٣٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٢ \times ١٠^{-٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{٤ \times ١٠^{-٤}}$$

$$ق_{٣٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩} \times ١٠^{٤}$$

$$ق_{٣٢} = ٣٦ \times ١٠^{-١٣}$$

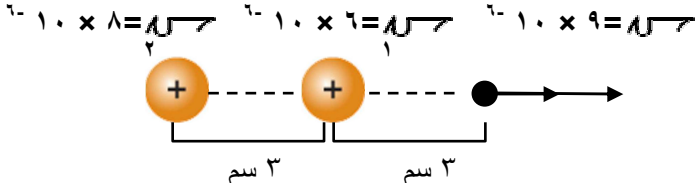
*** ثالثاً : نجد مقدار محصلة القوة التي تؤثر على الشحنة ٣ واتجاه محصلة القوة**

$$ق_{محصلة} = ق_{٣٢} - ق_{٣١}$$

$$ق_{محصلة} = ١٨ \times ١٠^{-١٨}$$

اتجاه محصلة القوى نحو اليسار

مثال ٧ : يمثل الشكل المجاور شحنتان نقطيتان $ش_1$ = ٦ × ١٠ $^{-٦}$ كولوم ، $ش_2$ = ٨ × ١٠ $^{-٦}$ كولوم وضعت شحنة نقطية مقدارها $ش_3$ = ٩ × ١٠ $^{-٦}$ ، فجد مقدار القوة المؤثرة على *الشحنة النقطية*.



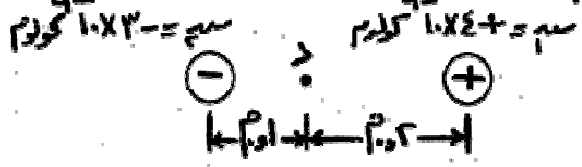
(* حاول حله وجدد اتجاه محصلة القوة)

سؤال وزارة (٢٠٠٨ صيفي)

- يمثل الشكل المجاور شحنتان كهربائيتان نقطيتان (سم١ ، سم٢) وموضوعتان في الهواء.

اعتماداً على القيم المثبتة عليه احسب :

١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.



☺ للتذكير فقط :

عندما تكون القوتين في نفس الإتجاه فإن محصلة القوى تساوي مجموع القوتين :

ق محصلة = ق١ + ق٢

محمد وليد الصوافطه