ملاحظة: ستجد في الصفحات الأخيرة حل الأمثلة.

تعرفنا في الدرس السابق أن الشحنات الكهربائية تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب، إن قوى التجاذب والتنافر بين هذه الشحنات تسمى **بالقوى الكهربائية.**

حيث تصنف القوة الكهربائية من قوى المجال لأنها تؤثر عن بُعد.

درس العالم **شارل كولوم** القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنات مستخدماً أداة تسمى **ميزان (اللّي).**

ينص قانون كولوم في الكهرباء السكونية على أنّ:

" القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين، تتناسب تناسباً طردياً مع مقدار كل من الشحنتين، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما"

وقد وصف كولوم القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين بما يأتي:

١- يتناسب مقدار القوة طردياً مع حاصل ضرب مقداري الشحنتين.

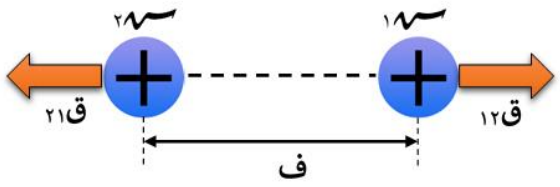
٢- يتناسب مقدار القوة عكسياً مع مربع البعد بين الشحنتين؛ أي أن القوى المتبادلة بين الشحنات تخضع **لقانون التربيع العكسي.**

٣- ينطبق خط عمل القوة على الخط الواصل بين الشحنتين.

٤- يكون نوع القوة **تنافراً** في حالة الشحنات المتشابهة، **وتجاذباً** في حالة الشحنات المتخالفة.

ويمثل قانون كولوم بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$ق = أ \frac{|ش_١| \times |ش_٢|}{ف^٢}$$



حيث أنّ:

(ق): القوة الكهربائية، بوحدة نيوتن.

(أ): ثابت كولوم ويساوي تقريباً **(٩ × ٩١٠ نيوتن.م٢/كولوم٢)** في حالة الفراغ.

(ش١، ش٢): مقدار كل من الشحنتين بوحدة **كولوم.**

(ف): المسافة بين الشحنتين **بالأمتار.**

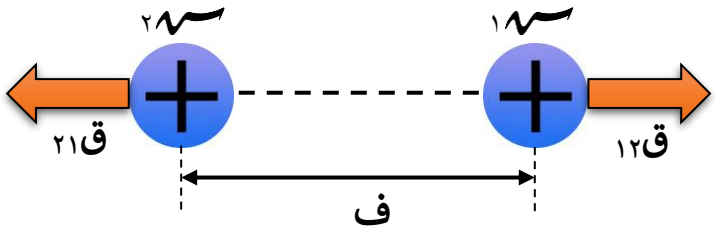
الشحنات النقطية: هي شحنات أنصاف أقطارها صغيرة جداً مقارنة مع المسافة بينها.

عند تطبيق العلاقة الرياضية لقانون كولوم في حلّ مسائل حسابية، لا بد من مراعاة الأمور الآتية:

١- نهمل إشارة الشحنة السالبة عند التعويض.

٢- القوى الكهربائية بين أي شحنتين، تكون على صورة زوجين؛ فعل ورد فعل، أي أنّ كل شحنة تؤثر في الأخرى بقوة، وتتساوى هاتان القوتان في المقدار ، وتتعاكسان في الاتجاه، **وينطبق عليهما القانون الثالث لنيوتن في الحركة.**

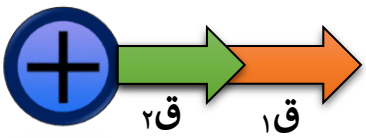
$$(\text{ق}_{١٢} = \text{ق}_{٢١})$$



٣- عند تأثير عدة شحنات نقطية في شحنة واحدة، في شحنة نقطية واحدة؛ فإننا نحسب القوى المؤثرة في تلك الشحنة باستخدام (ق = أ $\frac{\text{ش}_١ \text{ش}_٢}{\text{ف}^٢}$) ، ثم نجد القوة المحصلة المؤثرة فيها.

حالات القوة المحصلة:

١ـ إذا كانت القوتان بنفس الاتجاه؛ أي أن (ق١) بنفس اتجاه (ق٢) فإن القوة المحصلة:



$$\text{ق}_{\text{المحصلة}} = \text{ق}_١ + \text{ق}_٢$$

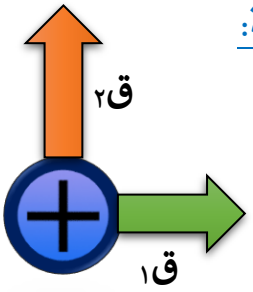
واتجاه القوة المحصلة باتجاه القوتين.

٢ـ إذا كانت القوتان متعاكستان؛ أي أن (ق١) بعكس اتجاه (ق٢) فإن القوة المحصلة:

$$\text{ق}_{\text{المحصلة}} = \text{ق}_{\text{الكبرى}} - \text{ق}_{\text{الصغرى}}$$

واتجاه القوة المحصلة باتجاه القوة الكبرى.

٣ـ إذا كانت القوتان متعامدتان؛ أي أن (ق١) عامودية على (ق٢) فإن القوة المحصلة:



$$ق_{المحصلة} = \sqrt{(ق_{١})^{٢} + (ق_{٢})^{٢}}$$

سؤال

وضّح المقصود بوحدة قياس الشحنة الكهربائية **"الكولوم".**

الإجابة:

يُعرّف الكولوم بأنه مقدار الشحنة الكهربائية التي إذا وُضِعت على بعد **(١م)** من شحنة أخرى مماثلة لها **في الفراغ**، كانت القوة المتبادلة بينهما تساوي تقريباً **٩×١٠^٩.**

ملاحظات مهمة عند حل الأسئلة الحسابيـة على قانون كولوم:

١- اقرأ السؤال جيداً.
٢- ترجم السؤال إلى رسم ورموز وأرقام.
٣- عند تعويض قيّم الشحنات قم بتعويض قيمتها المطلقة أي من دون إشارات سالبة.
٤- عند تعويض المسافة (ف) في القانون لا تنسَ تحويل وحدتها إلى (متر).

*** قم بحلّ أكبر قدر ممكن من الأسئلة وأعد حلّ السؤال نفسه أكثر من مرة على فترات متباعدة حتى تتمكن جيداً وتصبح أكثر دقة وسرعة في الحل.**

مثال (١)

وُضِعت شحنة كهربائية نُقطيّة مقدارها (+٤) ميكرو كولوم، على بعد (٢سم) من شحنة نقطية أخرى مقدارها (-٣) ميكرو كولوم، احسب:

أ- القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى في الثانية (ق٢١)

ب- القوة التي تؤثر بها الشحنة الثانية في الأولى (ق١٢)

مثال (٢)

شحنتان نقطيتان، الأولى (+٢) نانو كولوم، والثانية (+٤) نانو كولوم، والمسافة الفاصلة بينهما (٥ سم).

إذا وضعت شحنة ثالثة مقدارها (–٦) نانو كولوم على الخط الواصل بين الشحنتين، بحيث تبعد مسافة (٢ سم) عن الشحنة الأولى. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة؟

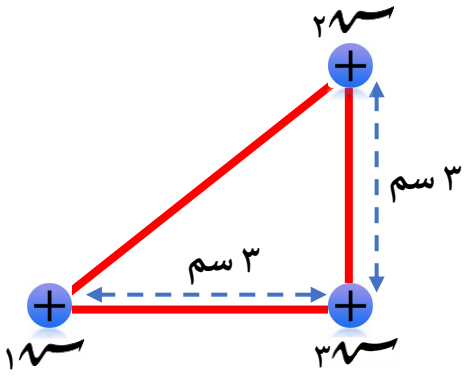
مثال (٣)

أثرت شحنة مقدارها (– ٦ ميكرو كولوم) بقوة جذب مقدارها (٤٨٠ نيوتن)، في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة (٣ سم)، ما مقدار الشحنة الثانية؟ وما نوعها؟

مثال (٤)

وضعت ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مثلث قائم الزاوية، كما هو موضّح في الشكل.

احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة $ش_{٣}$



إذا علمت أن:

$ش_{١}$ = ٢ ميكرو كولوم.

$ش_{٢}$ = ١,٥ ميكرو كولوم.

$ش_{٣}$ = ٢ ميكرو كولوم.

مثال (٥)

شحنتان نقطيتان ($ش_{١}$، $ش_{٢}$)، البعد بينهما (ف)، والقوة المتبادلة بينهما (ق)، ماذا يحدث لمقدار تلك القوة في الحالتين الآتيتين:

أ) إذا ضاعفنا مقدار الشحنة الأولى فقط.

ب) إذا أصبحت المسافة بين الشحنتين نصف ما كانت عليه، أي ($\frac{ف}{٢}$).

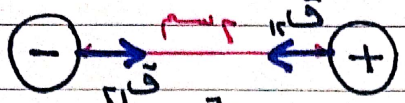
انـتـهت

"وَذاتُ الْفَتى بالْعِلْمِ وَالتُّقَى .... إذا لم يكونا لا اعتبار لذاتهِ" الشافعي

معلم المادة: أحمد المصري

0788897923

مثال (١)



$ح_{١} = ٤ \times ١٠^{-٦}$ كولوم $\quad ح_{٢} = -٣ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$ق_{١٢}$ باتجاه اليسار، تجاذب.

$ق_{٢١}$ باتجاه اليمين، تجاذب.

المعطيات: $ح_{١} = ٤ \times ١٠^{-٦}$ كولوم، $ح_{٢} = -٣ \times ١٠^{-٦}$ كولوم، $ف = ٢ سم = ٢ \times ١٠^{-٢}$ متر

الحل:

أ) $ق_{٢١} = ٩ \times ١٠^{٩} \dfrac{ح_{١} ح_{٢}}{ف^{٢}_{٢١}} \leftarrow ق_{٢١} = ٩ \times ١٠^{٩} \dfrac{(٤ \times ١٠^{-٦})(-٣ \times ١٠^{-٦})}{(٢ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

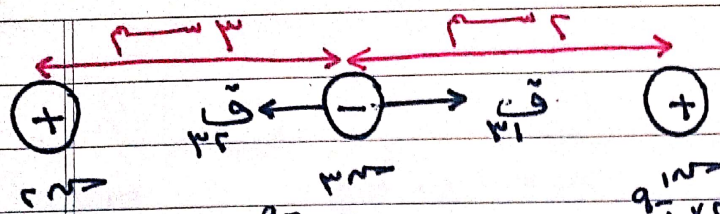
$\leftarrow ق_{٢١} = ٩ \times ١٠^{٩} \dfrac{(٤ \times ١٠^{-٦})(-٣ \times ١٠^{-٦})}{٤ \times ١٠^{-٤}} \leftarrow ق_{٢١} = ٩ \times ٣ \times ١٠^{٩} \times ١٠^{-١٢} \times ١٠^{٤}$

$\leftarrow ق_{٢١} = ٢٧ \times ١٠^{١}$ $\Leftarrow$ $ق_{٢١} = ٢٧٠$ نيوتن، باتجاه اليمين

ب) $ق_{١٢} = ق_{٢١} \leftarrow ق_{١٢} = ٢٧٠$ نيوتن، باتجاه اليسار

أحمد الماسري

مثال (٢) :



المعطيات :

$ق_1 = ١.٢ \times ١٠^{-٩}$ كولوم

$ق_2 = ١.٤ \times ١٠^{-٩}$ كولوم

$ق_3 = -١.٦ \times ١٠^{-٩}$ كولوم

$ف_{٣١} = ٢ سم = ١.٢ \times ١٠^{-٢}$ متر ، $ف_{٣٢} = ٣ سم = ١.٣ \times ١٠^{-٢}$ متر

الحل :

$ق_{٣، المحصلة} = ق_{الكبرى} - ق_{الصغرى}$ ، لأن القوتان المؤثرتان في الشحنة ($ق_3$) متعاكستان.

$$ق_{٣١} = ١.٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ق_1 \times ق_3}{ف_{٣١}^{٢}} \leftarrow ق_{٣١} = ١.٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{(١.٢ \times ١٠^{-٩})(١.٦ \times ١٠^{-٩})}{(١.٢ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

$$ق_{٣١} = ١.٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{(١.٢ \times ١٠^{-٩})(١.٦ \times ١٠^{-٩})}{١.٤ \times ١٠^{-٤}} \leftarrow ق_{٣١} = \frac{١.٩ \times ١٢ \times ١٠^{-٩}}{١.٤ \times ١٠^{-٤}} = ١.٩ \times ٣ \times ١٠^{-٥}$$

$ق_{٣١} = ٢٧ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن ، باتجاه اليمين

$$ق_{٣٢} = ١.٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ق_2 \times ق_3}{ف_{٣٢}^{٢}} \leftarrow ق_{٣٢} = ١.٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{(١.٤ \times ١٠^{-٩})(١.٦ \times ١٠^{-٩})}{(١.٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

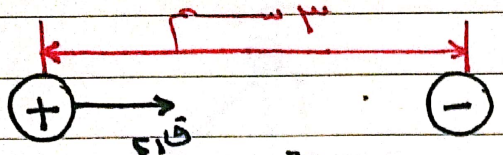
$$ق_{٣٢} = ١.٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{(١.٤ \times ١٠^{-٩})(١.٦ \times ١٠^{-٩})}{١.٩ \times ١٠^{-٤}} \leftarrow ق_{٣٢} = ٢٤ \times ١٠^{-٥}$$ نيوتن، باتجاه اليسار

$ق_{المحصلة} = ق_{٣١} - ق_{٣٢} \leftarrow ق_{محصلة} = ٢٧ \times ١٠^{-٥} - ٢٤ \times ١٠^{-٥}$

$ق_{محصلة} = ٣ \times ١٠^{-٥}$ ، باتجاه اليمين

أحمد المصري

مثال (٣)



$ن_{ب} = ؟$ $ن_{أ} = -٦ \times ١.٠^{-٦}$ كولوم

بما أن القوة المؤثرة هي قوة جذب ← نستنتج أن الشحنات مختلفة وبالتالي الشحنة الثانية هي موجبة

المعطيات: $ن_{ب} = -٦ \times ١.٠^{-٦}$ كولوم

$ف = ٣ سم = ٣ \times ١.٠^{-٢}$ متر.

$ق_{٢١} = ٤٨٠$ نيوتن

الحل:

$$ق_{٢١} = ٩ \times ١.٠ \frac{ن_{أ} \times ن_{ب}}{ف^{٢}} \leftarrow ٤٨٠ = ٩ \times ١.٠ \frac{(-٦ \times ١.٠^{-٦}) \times ن_{ب}}{(-٢ \times ٣ \times ١.٠)^{٢}}$$

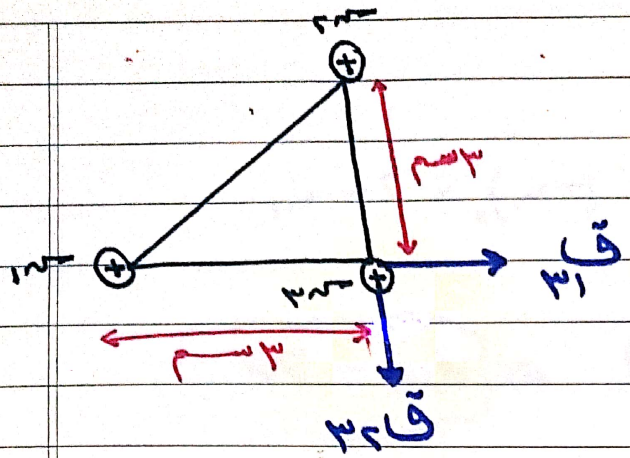
$$\leftarrow ٤٨٠ = \frac{٩ \times ١.٠ \times (-٦ \times ١.٠^{-٦}) \times ن_{ب}}{-٤ \times ٩ \times ١.٠} \Rightarrow ٤٨٠ = (-٦ \times ١.٠^{٧}) \times ن_{ب}$$

$$\leftarrow ن_{ب} = \frac{٤٨٠}{-٦ \times ١.٠^{٧}} \leftarrow ن_{ب} = -٨ \times ١.٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

وهي موجبة

أحمد المصري

مثال (٤)



المعطيات :

$ش_1 = ٢ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$ش_2 = ١٫٥ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$ش_3 = ٢ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$ف_{٣١} = ٣ سم = ٣ \times ١٠^{-٢}$ متر

$ف_{٣٢} = ٣ سم = ٣ \times ١٠^{-٢}$ متر

الحل :

$ق_{محصلة ٣} = \sqrt{(ق_{٣١})^٢ + (ق_{٣٢})^٢}$ ، لأن القوتان متعامدتان.

$ق_{٣١} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش_1 ش_3}{ف_{٣١}^٢} \leftarrow ق_{٣١} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{(٢ \times ١٠^{-٦})(٢ \times ١٠^{-٦})}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢} \leftarrow ق_{٣١} = ٤٠$ نيوتن نحو اليمين

$ق_{٣٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش_2 ش_3}{ف_{٣٢}^٢} \leftarrow ق_{٣٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{(١٫٥ \times ١٠^{-٦})(٢ \times ١٠^{-٦})}{(٣ \times ١٠^{-٢})^٢} \leftarrow ق_{٣٢} = ٣٠$ نيوتن نحو الأسفل

$\leftarrow ق_{محصلة} = \sqrt{(٤٠)^٢ + (٣٠)^٢}$

$\leftarrow ق_{محصلة} = \sqrt{١٦٠٠ + ٩٠٠}$

$\leftarrow ق_{محصلة} = \sqrt{٢٥٠٠} \leftarrow ق_{محصلة} = ٥٠$ نيوتن

أحمد الحمري

مثال (٥)

أ) $ق_١ = أ \frac{س_١ - س_٠}{ف_١}$ ← $(س_١ - س_٠)_١ = ٢ - س_١$

← $ق_٢ = أ \frac{(٢ - س_١)(س_٢ - س_١)}{ف_١}$ ⇐ $\boxed{ق_٢ = ٢ ق_١}$

∴ في الحالة الأولى سوف تتضاعف القوة مرتان

ب) $ق_١ = أ \frac{س_١ - س_٠}{(ف_١)^٢}$ ← $ف_٢ = \frac{ف_١}{٢}$

← $ق_٢ = أ \frac{س_١ - س_٠}{(\frac{ف_١}{٢})^٢}$ ← $ق_٢ = أ \frac{س_١ - س_٠}{\frac{ف_١^٢}{٤}}$

← $ق_٢ = ٤ \times أ \frac{س_١ - س_٠}{ف_١^٢}$ ← $\boxed{ق_٢ = ٤ ق_١}$

∴ في الحالة الثانية ستتضاعف القوة ٤ مرات.

أحمد المصري