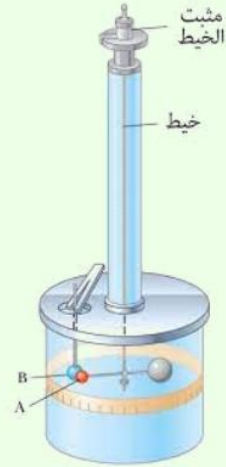


## قانون كولوم والمجالات الشعاعية



إعداد أ. عائشة المنذرية

## معايير النجاح



يذكر نص قانون كولوم



يحدد العلاقات النسبية وفقا لقانون كولوم بين القوة وحاصل ضرب الشحنتين المتفاعلتين القوة والبعد بين الشحنتين



يستخدم معادلة شدة المجال الكهربائي الناتجة عن شحنة نقطية في العمليات الحسابية ويعيد ترتيب المعادلة بحسب الحاجة



يذكر كيف يمكن تطبيق قانون كولوم على الاجسام الكروية المنتظمة المشحونة



يستخدم معادلة قانون كولوم في عمليات حسابية تتضمن قوى بين شحنتين ويعيد ترتيب المعادلة بحسب الحاجة



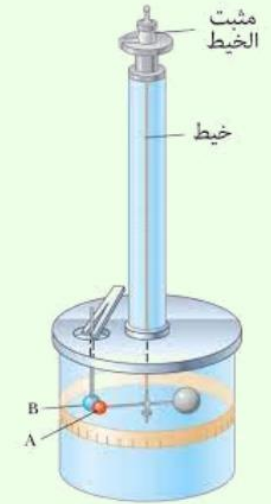
كيف يمكن تحديد مقدار القوة المتبادلة بين الجسم المشحون ؟

تشارلز كولوم

الشحنة النقطية

الشحنات الكهربائية تكون صغيرة  
جدا بحيث يصبح شكلها غير مهم

اقترح قانونا يصف القوة التي يؤثر  
بها جسم مشحون على جسم آخر



في أي الشكلين التاليين تكون القوة أكبر



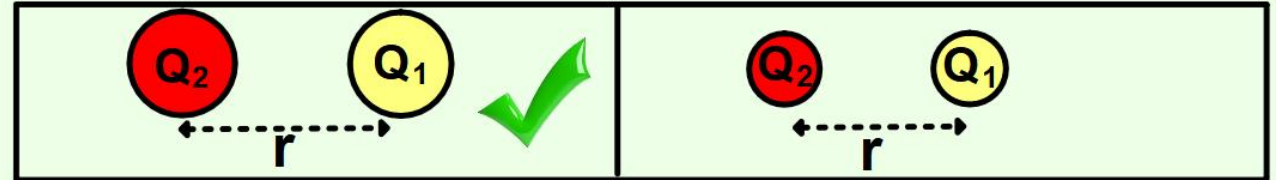
$$F \propto \frac{1}{r^2}$$



تناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بين مركز الجسمين المشحونين

$$F \propto Q_1 Q_2$$

في أي الشكلين التاليين تكون القوة أكبر



تناسب القوة تناسباً طردياً مع حاصل ضرب قيمة شحنتي الجسمين

مهم

قانون كولوم : Coulomb's law

تؤثر أي شحنتين نقطيتين إحداهما على الأخرى بقوة كهربائية تتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.



## قانون كولوم

$$F \propto Q_1 Q_2$$

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{Q_1 Q_2 \text{ ثابت}}{r^2}$$

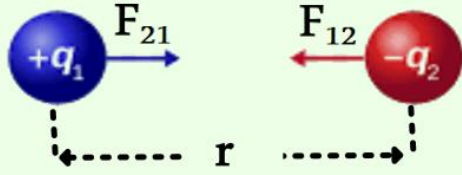
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$F = \frac{k Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

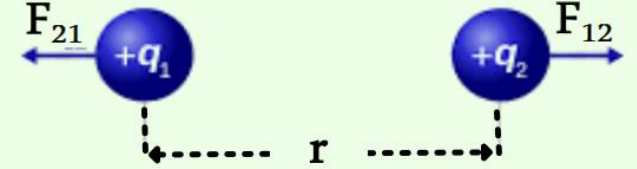
$\epsilon_0$  السماحية الكهربائية للفراغ  
( $8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ )

يمكن تطبيق القانون على الشحنات النقطية او الكرات المنتظمة الشحنة وتؤخذ المسافة من مركز الأجسام



قوة تجاذب

القوتان تساويتان بالمقدار  
ومتعاكستان بالاتجاه



قوة تنافر

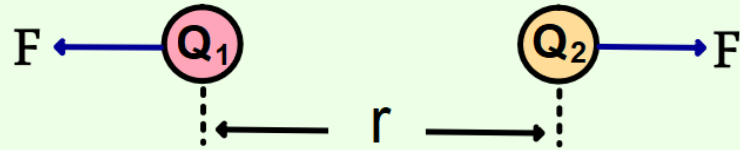
تكون القوة سالبة في حالة شحنتين مختلفتين

تكون القوة موجبة في حالة شحنتين متشابهتين

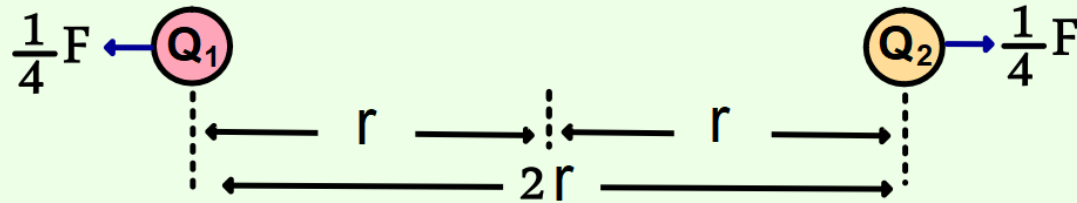
ما الفرق بين القوة في قانون نيوتن للجذب وقانون كولوم ؟  
في قانون نيوتن قوة جذب فقط أما في قانون كولوم يوجد قوتي جذب وتنافر



القوة تتبع قانون التربيع العكسي



$$F_1 = \frac{k Q_1 Q_2}{r^2}$$



$$F_2 = \frac{k Q_1 Q_2}{(2r)^2}$$

$$= \frac{k Q_1 Q_2}{4r^2}$$

$$F_2 = \frac{F_1}{4}$$

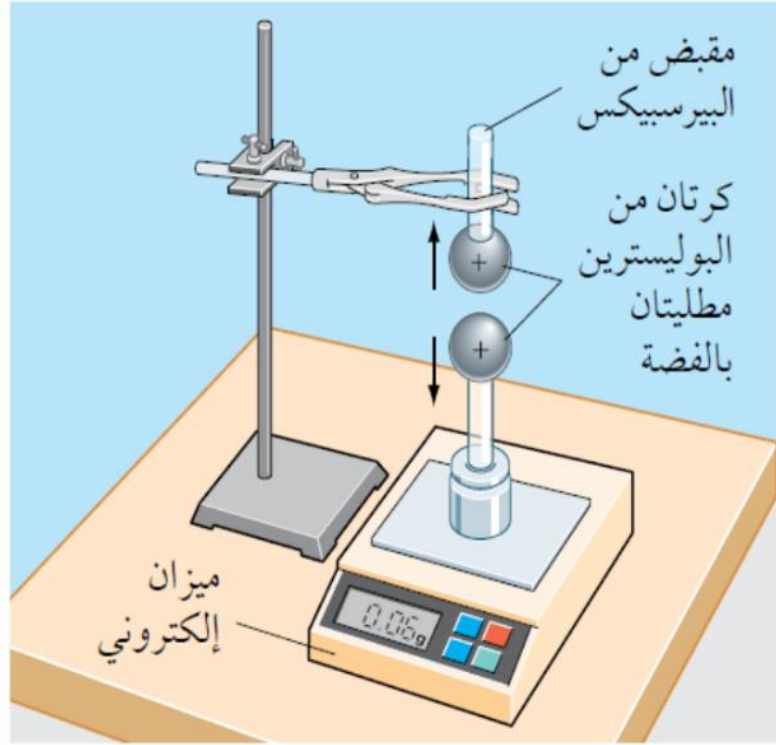
إذا تباعدت الجسيمات إلى ضعف المسافة تقل القوة الكهربائية إلى ربع قيمتها

## مهارة عملية ٢-٢

### استقصاء قانون كولوم

من الصعب جداً استقصاء القوة بين الأجسام المشحونة؛ لأن الشحنة الكهربائية تميل إلى التسرب بعيداً في الهواء أو إلى الأرض في أثناء إجراء أي تجربة، كما أن كمية الشحنة الكهربائية التي يمكننا استقصاؤها من الصعب قياسها، وعادة ما تكون صغيرة، ما يؤدي إلى توليد قوى صغيرة.

يبين الشكل ١٥-٢ إحدى الطرائق لاستقصاء قانون التربيع العكسي لكرتين فلزيتين مشحونتين بشحنتين موجبتين (كرتا بوليسترين مطليتان بطلاء موصل من الفضة). عند إنزال إحدى الكرتين المشحونتين إلى الأسفل باتجاه الأخرى، تقل المسافة الفاصلة بينهما؛ وبالتالي تزداد قوة التنافر بينهما، ما يؤدي إلى الازدياد في قراءة الميزان.



الشكل ١٥-٢ استقصاء قانون كولوم.



## شدة المجال الكهربائي لمجال شعاعي

شدة المجال الكهربائي

هي القوة لكل وحدة  
شحنة كهربائية

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_2}$$

$$\vec{E} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2 Q_2}$$

$$\vec{E} = \frac{Q_1}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

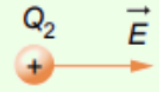
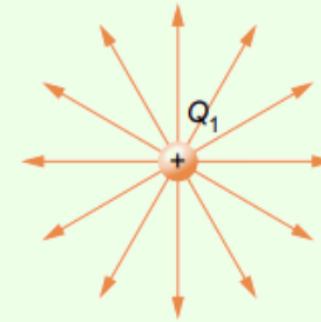


شدة المجال الناتج عن الشحنة النقطية

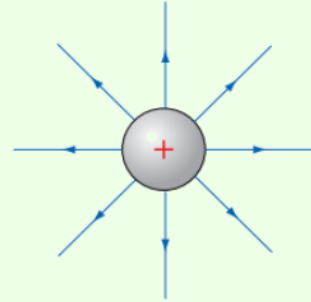


بعد النقطة عن الشحنة النقطية

شحنة كهربائية صغيرة موجبة  $Q_2$  موضوعة  
لاختبار المجال الكهربائي للشحنة  $Q_1$  وتحديد  
القوة لكل وحدة شحنة مؤثرة عليها



## أمثلة



الشكل ١٧-٢ خطوط المجال الكهربائي  
حول جسم كروي مشحون.

٣. كرة فلزية موجبة الشحنة قطرها (12 cm) وشدة المجال الكهربائي على سطحها ( $4.0 \times 10^5 \text{ V m}^{-1}$ ).  
ارسم خطوط المجال الكهربائي للكرة، واحسب مقدار الشحنة الكهربائية الكلية لسطح الكرة.  
الخطوة ١: ارسم نمط خطوط المجال الكهربائي (الشكل ١٧-٢). يجب أن تكون خطوط المجال الكهربائي عمودية على السطح وشعاعية.

## تابع

الخطوة ٢: اكتب الكميات المعطاة:

شدة المجال الكهربائي:

$$\vec{E} = 4.0 \times 10^5 \text{ V m}^{-1}$$

نصف القطر :

$$r = \frac{0.12}{2} = 0.060 \text{ m}$$

الخطوة ٣: استخدم معادلة شدة المجال الكهربائي وأعد ترتيبها لتحديد شحنة السطح الكهربائية:

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$Q = 4\pi\epsilon_0 r^2 \times E$$

$$= 4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times (0.060)^2 \times 4.0 \times 10^5$$

$$= 1.6 \times 10^{-7} \text{ C} = 0.16 \text{ } \mu\text{C}$$

الخطوة ١: احسب شدة المجال الكهربائي الناتج عن الشحنة الموجبة.

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$
$$\vec{E} = \frac{5.0 \times 10^{-9}}{(4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.025^2)}$$
$$= 7.2 \times 10^4 \text{ V m}^{-1}$$

الخطوة ٢: احسب شدة المجال الكهربائي الناتج عن الشحنة السالبة.

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$
$$\vec{E} = \frac{3.0 \times 10^{-9}}{(4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.075^2)}$$
$$= 4.8 \times 10^3 \text{ V m}^{-1}$$

الخطوة ٣: ضع في اعتبارك اتجاه كل من متجهي شدة المجالين الكهربائيين لتحديد الكمية المتجهة المحصلة.

المجال الكهربائي من الشحنة الموجبة متجه إلى جهة اليمين للنقطة X.

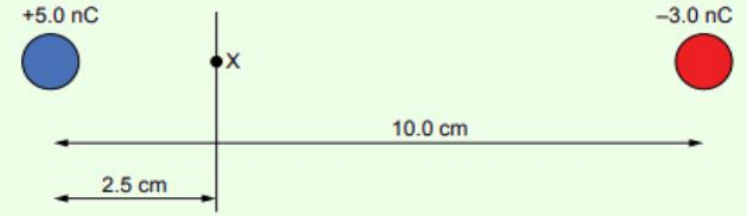
المجال الكهربائي من الشحنة السالبة متجه أيضًا إلى جهة اليمين للنقطة X.

وبالتالي فإن متجهي شدة المجالين الكهربائيين يجب أن يُجمعا.

$$\vec{E}_R = 7.2 \times 10^4 + 4.8 \times 10^3 = 7.7 \times 10^4 \text{ V m}^{-1}$$

(إلى جهة اليمين).

٤. كرتان تحملان شحنتين متعاكستين تفصل بين مركزيهما مسافة تساوي (10.0 cm) كما يظهر في الشكل ١٨-٢. احسب محصلة شدة المجال الكهربائي في نقطة X تقع على مسافة (2.5 cm) من مركز الكرة التي تحمل شحنة موجبة.



الشكل ١٨-٢ كرتان تحملان شحنتين متعاكستين تفصل بين مركزيهما مسافة (10.0 cm).

## أسئلة

١٣) كرة فلزية نصف قطرها (20 cm) تحمل شحنة كهربائية موجبة مقدارها (+2.0 μC).

أ. ما مقدار شدة المجال الكهربائي على مسافة (25 cm) من مركز الكرة؟

ب. وضعت كرة فلزية مماثلة لها تحمل شحنة كهربائية سالبة مقدارها (-1.0 μC) بجوار الكرة الأولى بحيث كانت بينهما فجوة مقدارها (10 cm). احسب القوة الكهربائية التي تؤثر بها كل كرة على الأخرى.

ج. احسب شدة المجال الكهربائي في منتصف المسافة على طول الخط الذي يصل بين مركزي الكرتين.

١٣. أ. شدة المجال الكهربائي بسبب الكرة:

$$E_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{2.0 \times 10^{-6}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.25^2} = 2.9 \times 10^5 \text{ N C}^{-1}$$

ب. المسافة من المركز إلى المركز للكرتين:

$$= 20 + 20 + 10 = 50 \text{ cm}$$

القوة:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{2.0 \times 10^{-6} \times 1.0 \times 10^{-6}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.5^2} = 0.072 \text{ N}$$

ج. حسبنا شدة المجال الكهربائي الناتج عن الكرة

الأولى على بُعد 25 cm من مركزها في الجزئية (أ)، (وهي أيضًا نقطة المنتصف بين الكرتين). شدة المجال الكهربائي بسبب الكرة الثانية،

$$E_2 = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{-1.0 \times 10^{-6}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.25^2} = -1.4 \times 10^5 \text{ N C}^{-1}$$

تشير الإشارة السالبة إلى أن المجال يجذب

شحنة اختبارية موجبة باتجاه الكرة الثانية،

في حين أن مجال الكرة الأولى يتنافر مع

الشحنة الكهربائية الموجبة بعيداً عن الكرة

الأولى (باتجاه الكرة الثانية أيضًا)، لذا فإن

شدة المجال الكلية بسبب كلا المجالين يكون

باتجاه الكرة الثانية السالبة:

$$= 1.4 \times 10^5 + 2.9 \times 10^5 = 4.3 \times 10^5 \text{ V m}^{-1}$$



١٤) ينتج مولّد فّان دي جراف شرارات عندما تكون شدة المجال الكهربائي على سطحه  $(4.0 \times 10^4 \text{ V cm}^{-1})$ ، فإذا كان قطر الموصل الكروي للمولّد (40 cm)، فما مقدار الشحنة الكهربائية على سطحه؟

١٤. قطر الكرة 40 cm يعني أن المسافة من المركز

إلى السطح = 20 cm

أعد ترتيب المعادلة  $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$  لتصبح:

$$Q = 4\pi \times \epsilon_0 r^2 E$$

$$= 4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.20^2 \times 4.0 \times 10^6$$

$$Q = 1.8 \times 10^{-5} \text{ C}$$