



منصة تلاخيص منهاج أردني تقدم لكم

# النيرد في مادة الفيزياء

الوحدة الثانية من مادة الفيزياء الصف الأول ثانوي

الدرس الأول والثاني

الأستاذ معاذ أبو يحيى والأستاذ عز الدين أبو رمان



يمكنكم متابعة شروحاتنا والتواصل معنا من خلال :



مدرسة الفيزياء



مدرسة الفيزياء



0795360003



---

**الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى**



**0795360003**



**تجدون شرح المادة على قناتنا اليوتيوب قناة مدرسة الفيزياء**

## مقدمة الكورس

بسم الله، والصلاة والسلام على خير معلم الناس الخير نبينا محمد وعلى آله وصحبة أجمعين ، أما بعد :

مدرسة الفيزياء فكرة قد بدأناها في السنة الماضية واليوم نكمل المسير معكم في المنهاج الجديد لمادة الفيزياء للصف الأول ثانوي علمي وصناعي، أردنا ألا نكون رقمًا عاديًا سهلًا كما هو حال الكثيرين للأسف وإنما حدث ميمز وذكرى نُخلد في ذاكرة كل طالب ومعلم وولي أمر.

اليوم أكاد أجزم وأنا كُلي ثقة بأن ملفاتنا هي الأولى من نوعها التي تُعطي كل هذا الاهتمام والشمولية والتنوع لمادة جديدة ليست من مواد مرحلة التوجيهي وهذا العمل والله ليس شطارةً وإبداعاً منا وإنما من فضل وتوفيق الله تعالى لنا ودعاء احبتنا بالخير لنا.

في هذا الكورس قُمنّا بترتيب طرح المواضيع والمحتوى والأفكار وإضافة ملاحظات وشروحات لأساليب حل الأسئلة وطريقة التعامل معها ورسومات توضيحية ملونة ومُصممة خصيصاً لهذا الكورس، وقُمنّا بجمع وإضافة أسئلة وتدريبات على مختلف أفكار المادة وحل أسئلة فكر والواجبات والتارين الواردة في الكتاب المدرسي، وفي نهاية كل درس وضعنا لكم مُرفق حل أسئلة الدروس وحل أسئلة الوحدة حتى تتم عليكم كل ما تحتاجونه في المادة وكل ما هو لازم لحصول الطالب على العلامة الكاملة.

في النهاية نسأل الله للجميع العلم النافع والعمل الصالح والتوفيق والسداد والإخلاص والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

أ.معاذ أمجد أبو يحيى ، أ.عز الدين أبو رمان

## محتويات الكورس

### الوحدة الثانية : المجال الكهربائي

4	الدرس الأول: قانون كولوم
23	حلول أسئلة الدرس الأول
26	الدرس الثاني: المجال الكهربائي للشحنات النقطية
48	حلول أسئلة الدرس الثاني

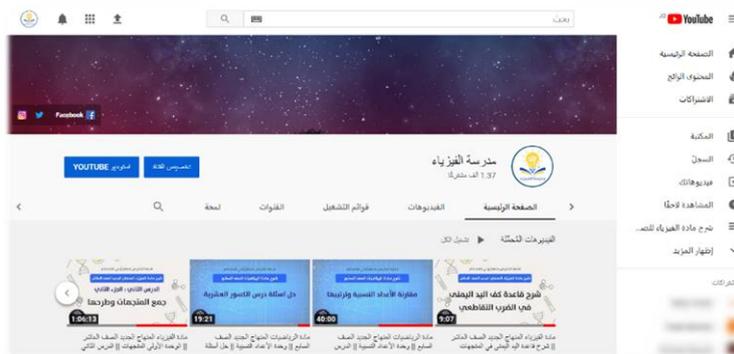
## تابعونا على مجموعة مدرسة الفيزياء على الفيس بوك :

تجدون فيها كل ما يخص المادة من أوراق عمل وامتحانات وشروحات



## تابعونا على قناة مدرسة الفيزياء على اليوتيوب :

تجدون فيها شرح جميع دروس المادة وحل أسئلة المادة



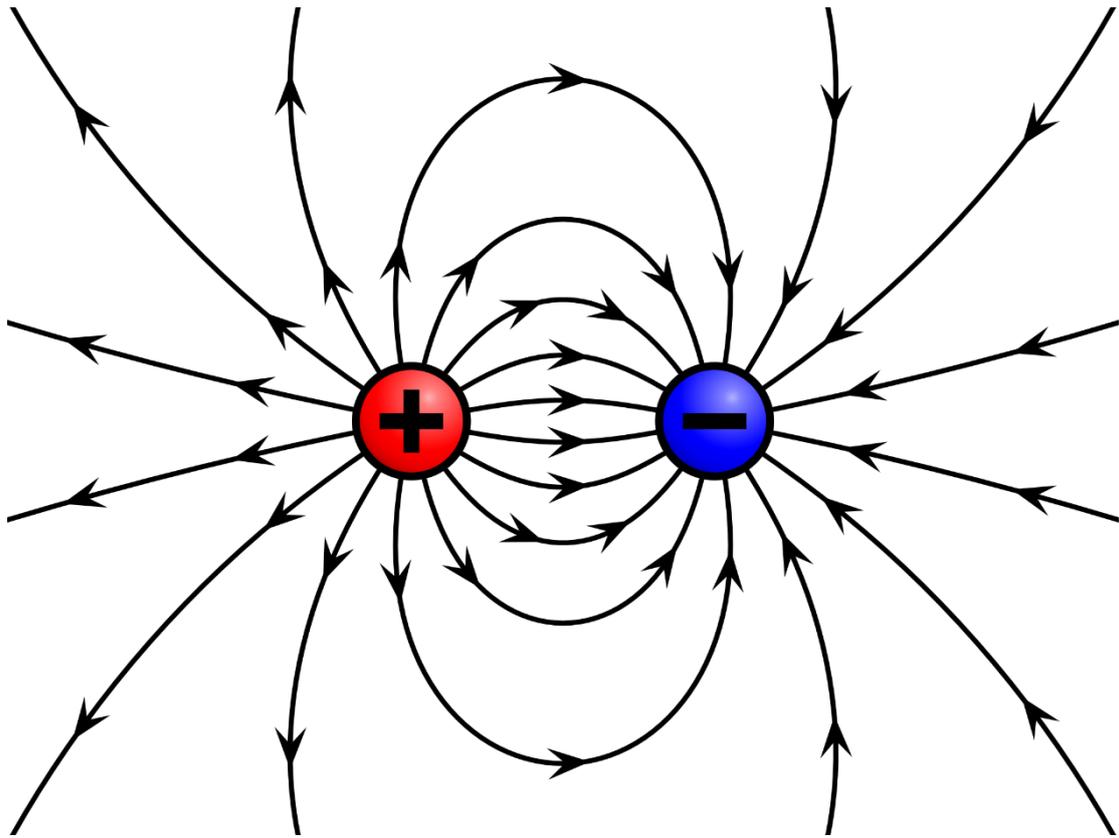
## تابعونا على منصة تلاخيص منهاج أردني على الفيس بوك :

تجدون فيها تلاخيص وشروحات المواد الدراسية لمختلف الصفوف



الوحدة الثانية من مادة فيزياء الصف الأول ثانوي

## المجال الكهربائي



### ■ ما تحتاجه قبل البداية:

- ☑ أساس رياضي جيد للعمليات الحسابية على الأعداد الصحيحة والعشرية.
- ☑ أساس رياضي جيد للعمليات الحسابية على الأسس والجذور.
- ☑ معرفة ممتازة في إجراء القسمة الطويلة للأعداد الصحيحة والعشرية.
- ☑ معرفة ممتازة في مهارات التعويض والترتيب وإيجاد الكمية المجهولة.
- ☑ معرفة جيدة في مفهوم المتجهات والزاوية المرجعية.
- ☑ معرفة جيدة في تحليل مركبات المتجه وإيجاد المحصلة.

## الوحدة الثانية : المجال الكهربائي

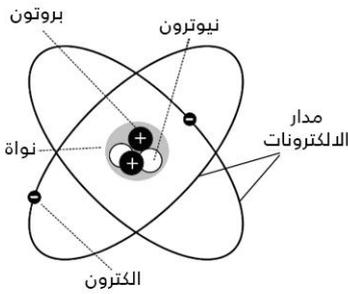
### الدرس الأول : قانون كولوم

#### ■ الكهرباء السكونية:

هي فرع من فروع الكهرباء تهتم بدراسة العلاقات والتفاعلات بين الشحنات الكهربائية وهي في حالة السكون، ومنذ القدم لاحظ العلماء الكثير من الظواهر المتعلقة بالكهرباء السكونية مثل تجاذب وتنافر بعض المواد بعد دلكها مع مادة أخرى .

#### ■ وفقاً للنموذج الذري الحديث:

فان المادة بشكل عام تتكون من ذرات وهذه الذرات تتكون من نواة تحتوي على بروتونات موجبة ونيوترونات متعادلة بينما يكون حول النواة إلكترونات سالبة وهذا يعني ان كل المواد في الطبيعة تحتوي على شحنات كهربائية او تمتلك خصائص كهربائية.



#### ■ الشحنة الكهربائية:

هي خاصية للجسم تظهر وتبين مجموع الشحنات الموجبة والسالبة التي يحتويها الجسم، فكل الاجسام في الطبيعة هي اجسام مشحونة ولكن الأثر الكهربائي لهذه الشحنات لا يظهر الا إذا كان عدد الشحنات الموجبة اكبر من الشحنات السالبة او العكس , وعندها نقول ان الجسم مشحون .

• يرمز للشحنة الكهربائية بالرمز  $(Q)$  وتقاس بوحدة الكولوم (C).

• أصغر جسيم مشحون في الطبيعة هو الإلكترون، ولهذا تعتبر شحنة الإلكترون هي اصغر شحنة حرة في الطبيعة وتساوي  $(-1.6 \times 10^{-19})$  كولوم .

• شحنة البروتون  $(+1.6 \times 10^{-19})$  كولوم .

#### ؟ سؤال ما المقصود بإن جسماً ما متعادلاً كهربائياً ؟

هذا يعني ان عدد الشحنات الموجبة التي يحتويها الجسم مساوي لعدد الشحنات السالبة , ولكن لا يعني هذا ان الجسم لا يحتوي على شحنة .

#### ملاحظات مهمة



☆ المادة في وضعها الطبيعي متعادلة أي ان شحنتها تساوي صفراً وذلك لان عدد الشحنات الموجبة (البروتونات) يكون مساوياً لعدد الشحنات السالبة (الإلكترونات) .

**سؤال ؟ لماذا تصنف الشحنات الى موجب وسالب؟**

لاحظ العلماء من التجارب على الكهرباء السكونية ان بعض المواد تتجاذب وبعضها الاخر يتنافر فاستنتجوا ان الشحنات الكهربائية نوعان وللتمييز بينهما أطلق عليهما موجب وسالب ولا علاقة لهذا المفهوم بقيمة الشحنة فمثلاً شحنة الالكترتون داخل النواة مساوية لشحنة البروتون مقداراً ومخالفة لها نوعاً".

• أثبتت التجارب والمشاهدات أن الشحنات الكهربائية **المتشابهة تتنافر** والشحنات الكهربائية **المختلفة تتجاذب**.

**سؤال ؟ علل لا يوجد جسم في الطبيعة لا يحتوي على شحنات ؟**

لأن كل المواد في الطبيعة مكونة من ذرات وهذه الذرات تتكون من بروتونات موجبة الشحنة وإلكترونات سالبة.

**■ الشحن الكهربائي (التكهرب) :**

إكساب الأجسام شحنة كهربائية موجبة أو سالبة.

• طرق الشحن او التكهرب ← الدلك ، التوصيل (التلامس) ، الحث (التأثير).

**سؤال ؟ لماذا يعد الإلكترون هو المسؤول عن نقل الشحنة الكهربائية ؟**

لأن الالكترونات تتواجد في مدارات خارج النواة ولذلك تسهل عملية انتقالها بين المواد بالمقارنة مع البروتونات المقيدة داخل النواة. يعتمد فقدان او اكتساب الإلكترونات على طبيعة المادة وعلى قوى الترابط بين النواة و الالكترونات الموجودة في المدارات البعيدة عن النواة.

**سؤال ؟ وضح ما هو سبب انجذاب قصاصات الورق إلى المسطرة بعد ذلك****المسطرة بقطعة قماش صوفي أو فرو ؟**

بسبب انتقال بعض الإلكترونات من قطعة القماش أو الفرو إلى المسطرة فأصبحت المسطرة مشحونة بشحنة كهربائية سالبة وبالتالي عند تقريبها من قصاصات الورق الملقاة على

الطاولة من دون ملامستها تنجذب وتقفز القصاصات إلى المسطرة بسبب تأثير شحنة المسطرة السالبة على الورق مما يؤدي لاستقطاب ذرات الورق وإعادة توزيع شحنات الذرات فيها تحت تأثير شحنة خارجية (شحنة المسطرة) فتصبح شحنة سطح الورق القريب من المسطرة موجبة لتتجاذب مع شحنات المسطرة السالبة.





**سؤال ؟** ما هو سبب انجذاب تيار الماء إلى البالون

المطاطي المنفوخ بعد ذلك بشعرنا أو بقطعة فرو ؟

بسبب انتقال بعض الإلكترونات من شعرنا أو من الفرو إلى البالون فأصبح البالون مشحون بشحنة كهربائية سالبة وبالتالي عند تقريبه من تيار الماء من دون ملامسته يجذب تيار الماء للبالون.

**سؤال ؟** لماذا يجذب تيار الماء إلى البالون المشحون رغم أن جزيء الماء متعادل

الشحنة ؟

لأن جزيء الماء له قطبين كهربائيين أحدهما سالب ثمثله ذرة الأكسجين والآخر موجب ثمثله ذرة الهيدروجين.

وعند مرور تيار الماء بالقرب من جسم مشحون بشحنة سالبة مثل البالون فإن جزيئات الماء تعيد اصطفاؤها بحيث تتجه أقطابها الموجبة نحو البالون والسالبة بعيداً عنه لذلك تنجذب جزيئات الماء إلى البالون.

## طرائق الشحن الكهربائي (Methods of Electric Charging)

### ■ الشحن بالدك :

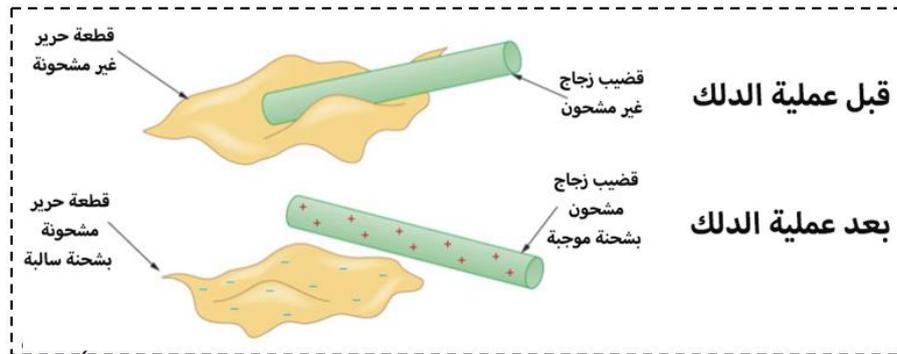
● هي عملية ذلك جسم مع جسم آخر – (جسمين من مادتين مختلفتين متعادلين غير مشحونين) – فينتج عنها انتقال الإلكترونات من سطح أحد الجسمين إلى سطح الجسم الآخر.

● الجسم الذي **يفقد** الإلكترونات يصبح **موجباً** والجسم الذي **يكسب** الإلكترونات يصبح **سالباً**..

● بعد عملية ذلك تظهر على الجسمين شحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع (موجبة وسالبة).

● تستخدم هذه الطريقة لشحن الأجسام العازلة مثل البلاستيك.

● من الأمثلة على عملية شحن جسم بالدك شحن المسطرة البلاستيكية والبالون المطاطي عند دلكه بالصوف أو الفرو وشحن مشط الشعر عند دلكه بالشعر.



## ملاحظات مهمة



✪ يمكننا تحديد أي المواد التي تفقد وأيها تكسب بواسطة سلسلة الدلك الكهربائي.  
**سلسلة الدلك الكهربائي:** سلسلة يتم ترتيب المواد فيها من حيث ميلها لإظهار شحنة كهربائية موجبة أو سالبة عند دلكها معاً.



- ◀ لاحظ في الشكل كلما اتجهنا نحو الأعلى زاد ميل المادة لإظهار شحنة موجبة ( فقد إلكترونات )
- ◀ لاحظ في الشكل كلما اتجهنا نحو الأسفل زاد ميل المادة لإظهار شحنة سالبة ( كسب إلكترونات )
- ◀ كلما زاد البعد بين المادتين في سلسلة الدلك الكهربائي تكون الشحنة المتولدة أكبر عند دلكهما ببعض والعكس صحيح.

## ■ الشحن بالتوصيل :

- ☉ عملية ملامسة جسم مشحون مع آخر متعادل، مما يؤدي لانتقال الشحنات الكهربائية بين الجسمين.
- ✓ إذا كان الجسم المشحون سالب الشحنة **تنتقل بعض الإلكترونات منه** إلى الجسم المتعادل فيصبح الجسمين سالبين.
- ✓ إذا كان الجسم المشحون موجب الشحنة **تنتقل إليه بعض الإلكترونات من** إلى الجسم المتعادل فيصبح الجسمين موجبين.
- ☉ تكمن أهمية الشحن بالتوصيل في شحن الأجسام الموصلة بسهولة انتقال الشحنات الكهربائية خلالها.
- ☉ من الأمثلة على عملية شحن جسم بالتوصيل ملامسة موصل كروي لمولد فان دي غراف و الرعشة التي تشعر بها في يدك عند لمسك لمقبض باب غرفتك بعد سيرك على سجادة.

**سؤال ؟** وضح ماذا يحدث إذا تلامس جسمان موصلان أحدهما مشحون بشحنة موجبة

والآخر متعادل (غير مشحون) ؟ وما الشحنة التي ستظهر على كل منهما بعد فصلهما ؟

يُعاد توزيع الشحنة الكلية عليهما بالتساوي بحيث تنقل الإلكترونات من الجسم المتعادل إلى الجسم المشحون بشحنة موجبة حتى تصبح شحنة الجسمين موجبة.

## ملاحظات مهمة

❖ مجموع الشحنات قبل التلامس = مجموع الشحنات بعد التواصل.

$$\frac{Q_1 + Q_2}{2} = \text{شحنة كل موصل بعد التلامس}$$

**سؤال ؟** تلامس موصلان متماثلان أحدهما مشحون بشحنة موجبة مقدارها

(+6 كولوم) والآخر غير مشحون ما مقدار الشحنة على كل منهما بعد اللمس ؟

بما أن الموصلان متماثلان ستتوزع الشحنات الكهربائية بالتساوي عليهما بعد التلامس

$$\text{وحسب القانون الآتي : شحنة كل موصل بعد التلامس} = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$\text{شحنة كل موصل بعد التلامس} = \frac{6 + 0}{2} = 3 \text{ كولوم}$$

## ■ الشحن بالحث :

● عملية شحن جسم موصل (متعادل) عن طريق تقريب جسم مشحون (موصل أو عازل) منه من دون ملامسته مما يؤدي لإعادة توزيع الشحنات على طرفي الجسم الموصل المتعادل .

● تتحاز الشحنات السالبة إلى جهة محددة من الجسم لتشكل طرفاً سالباً ليصبح الطرف الآخر موجب الشحنة.

● تتحاز الشحنات السالبة إلى جهة محددة من الجسم لتشكل طرفاً سالباً ليصبح الطرف الآخر موجب الشحنة.

**سؤال ؟** وضح ما هي آلية شحن جسم بالحث (بالتأثير) ؟

عند تقريب جسم مشحون (الجسم المؤثر) من جسم موصل معزول (متعادل كهربائياً) تظهر على الجسم المتعادل شحنتان : الشحنة القريبة من الجسم المؤثر وتكون مخالفة لشحنته وتسمى **بالشحنة المقيدة** و الشحنة البعيدة عن الجسم المؤثر وتكون مشابهة لشحنته وتسمى **بالشحنة الحرة**.

**فمثلاً :** عند تقريب جسم مشحون شحنة موجبة من جسم موصل معزول (متعادل كهربائياً) فإن الشحنة الموجبة للجسم الأول (الشحنة المؤثرة) تؤثر على الموصل الثاني حيث

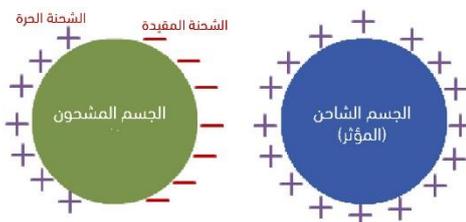
تتجاذب الشحنة الموجبة للجسم الأول مع بعض الإلكترونات

الحررة في الموصل الثاني فتتجمع هذه الإلكترونات عند طرفها

القريب من الجسم المشحون وتتكون هناك شحنة سالبة .

وبنفس الوقت تتكون شحنة موجبة على الطرف البعيد

للجسم المشحون.



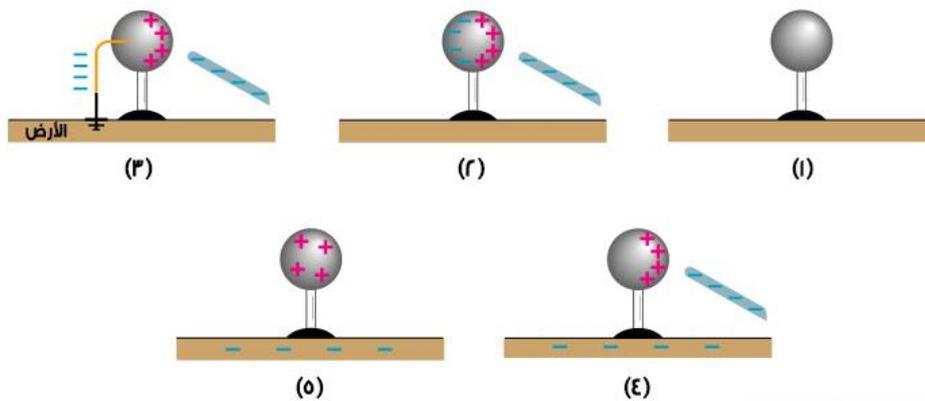
## ملاحظات مهمة



✪ تزول الشحنة المتولدة بالتأثير يعد زوال المؤثر وبالتالي تكون الشحنة الناتجة عن عملية الشحن بالحث مؤقتة لأنه عند إبعاد المؤثر عن الجسم تستعيد الشحنات توزيعها الكهربائي مرة أخرى وتختفي الشحنة عن الجسم.

### سؤال ؟ هل يمكن شحن جسم بشحنة كهربائية دائمة بطريقة الحث؟ فسر إجابتك..

نعم يمكن وذلك من خلال وصل الطرف البعيد للكورة مع الأرض أو لمسه باليد في أثناء وجود المؤثر المشحون بالقرب منها مما يؤدي لتفريغ شحنة الموصل البعيدة في الأرض لتصبح شحنته الموجودة في الطرف القريب هي الشحنة الدائمة.



✓ **أتحقَّقُ:** أذكر طرائق شحن الأجسام المتعادلة بشحنة كهربائية.

طريقة الشحن بالدلك ، طريقة الشحن بالتوصيل ، طريقة الشحن بالحث.

✓ **أتحقَّقُ:** ما مقدار أقل كمية من الشحنة الكهربائية يمكن أن توجد على انفراد ؟ وما

الجسيمات التي تحملها ؟

أقل كمية شحنة توجد على انفراد  $(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$ ، ويحمل هذا المقدار كل من البروتون والإلكترون.

## أسئلة إضافية وإثرائية

### ? سؤال

معتمداً على سلسلة الدلك الكهربائية، ما الشحنة التي تظهر على قضيب من مادة الألمنيوم عند دلكه بكل من : الصوف ، القطن ؟

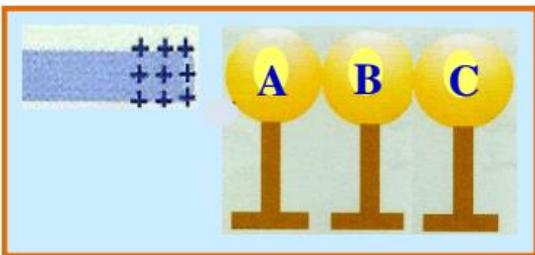
### ? سؤال

إذا تلامس جسمان موصلان متماثلان تماماً أحدهما مشحون بشحنة سالبة والثاني متعادل، ما الشحنة التي ستظهر على كل منهما بعد فصلهما ؟

### ? سؤال

بعد ذلك مشط بسترة مصنوعة من الصفوف يمكنه جذب قصاصات ورق صغيرة. لماذا فقد المشط هذه القدرة بعد عدة دقائق ؟

### ? سؤال



يُظهر الشكل المجاور ثلاثة موصلات متماثلة ومتلامسة وبالقرب منها ساق زجاجية مشحونة بشحنة موجبة. إذا ابعدت الكرة (B) عن الكرتين ثم ابعدت الساق الزجاجية المشحونة فما نوع شحنة كل من الموصلات الثلاثة ؟

## قانون كولوم

**سؤال ؟** ما نص قانون كولوم ؟

مقدار القوة الناشئة بين شحنتين نقطيتين يتناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما.

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$$

المسافة بين الشحنتين :  $r$  ، الشحنة الثانية :  $Q_2$  ، الشحنة الأولى :  $Q_1$  ، ثابت كولوم :  $k$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$$

سماحية الوسط الكهربائية للفراغ :  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$

**سؤال ؟** وضح ما المقصود بالشحنة النقطية ؟

هي شحنة كهربائية موجودة في نقطة (أبعادها مهملة بالنسبة لما حولها)، مثل الإلكترون والبروتون والأيونات الموجبة والسالبة.  
 • الجسيمات الكروية المشحونة التي تتوزع الشحنات عليها بشكل منتظم تُعد شحنات نقطية بالنسبة إلى المناطق الواقعة خارج هذه الجسيمات الكروية..

**سؤال ؟** وضح ما المقصود بالسماحية الكهربائية للوسط ؟

خصيصة للمادة العازلة للكهرباء تعبر عن قابلية ذراتها للاستقطاب عند تعرضها لمجال كهربائي.

**سؤال ؟** ما هي العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية المتبادلة بين الأجسام المشحونة ؟

1- مقدار كل من الشحنتين. 2- مربع المسافة بين الشحنتين. 3- الوسط الفاصل بين الشحنتين.

**سؤال ؟** استخدم قانون كولوم لاشتقاق وحدة كل من ثابت كولوم ( $k$ ) و سماحية الهواء الكهربائية ( $\epsilon_0$ ) ؟

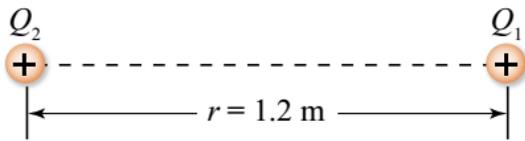
$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} \rightarrow k = \frac{Fr^2}{Q_1Q_2} \rightarrow \frac{[\text{N}][\text{m}^2]}{[\text{C}^2]} \rightarrow \text{N.m}^2/\text{C}^2$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \rightarrow \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} \rightarrow \frac{1}{\left[ \frac{[\text{N}][\text{m}^2]}{[\text{C}^2]} \right]} \rightarrow \text{C}^2/\text{N.m}^2$$

**تدريب** ؟ أرسم أفضل خط بياني يمثل العلاقة بين كل من :

- 1 - القوة المتبادلة بين شحنتان نقطيتان ومربع المسافة بينهما.
- 2 - القوة المتبادلة بين شحنتان نقطيتان ومقلوب مربع المسافة بينهما.

**سؤال** ؟ شحنتان نقطيتان موجبتان تقعان على محور ( $x$ ) في الهواء، بحيث تفصلهما مسافة ( $1.2 \text{ m}$ ) كما في الشكل. مقدار الأولى ( $4 \times 10^{-6} \text{ C}$ ) ومقدار الثانية ( $6 \times 10^{-6} \text{ C}$ ). جد مقدار القوة المؤثرة في الشحنة الأولى وحدد اتجاهها، ثم جد مقدار



القوة المؤثرة في الشحنة الثانية وحدد اتجاهها.

✓ بالبداية نقوم بحساب مقدار القوة التي تؤثر بها ( $Q_2$ ) في الشحنة ( $Q_1$ ).

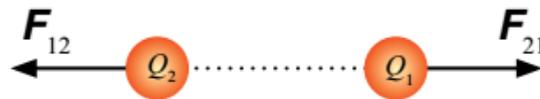
$$F_{21} = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-6}) \times (6 \times 10^{-6})}{(1.2)^2} = 1.5 \times 10^{-1} \text{ N} , +x$$

الشحنتين متشابهتان لذلك تكون الناشئة بينهما (قوة تنافر).

✓ والآن نقوم بحساب مقدار القوة التي تؤثر بها ( $Q_1$ ) في الشحنة ( $Q_2$ ).

$$F_{12} = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-6}) \times (6 \times 10^{-6})}{(1.2)^2} = 1.5 \times 10^{-1} \text{ N} , -x$$

الشحنتين متشابهتان لذلك تكون الناشئة بينهما (قوة تنافر).



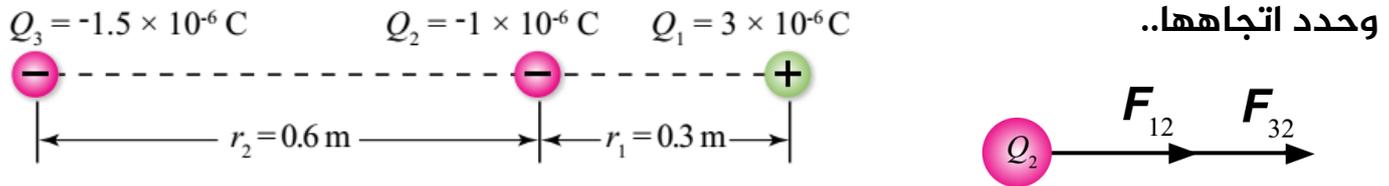
### ملاحظات مهمة

- ★ نستنتج أن القوتين المؤثرتين في كلا الشحنتين هما قوتان متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاهاً.
- ★ حسب قانون نيوتن الثالث أي قوتان متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاهاً تكونان قوتاً فعل ورد فعل.

$$F_{21} = - F_{12}$$

## سؤال ؟

(3) شحنات تقع جميعها على محور ( $x$ ) في الهواء، يبين الشكل مقاديرها وأنواعها والمسافات الفاصلة بينها. جد مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة ( $Q_2$ )، وحدد اتجاهها..



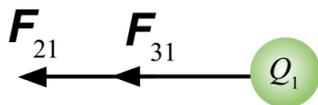
$$F_{12} = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6})}{(0.3)^2} = 300 \times 10^{-3} \text{ N}, +x$$

$$F_{32} = \frac{kQ_3Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1.5 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6})}{(0.6)^2} = 37.5 \times 10^{-3} \text{ N}, +x$$

$$F_2 = F_{12} + F_{32} = 300 \times 10^{-3} + 37.5 \times 10^{-3} = 337.5 \times 10^{-3} \text{ N}, +x$$

## نشره

في المثال السابق جد مقدار القوة المحصلة المؤثرة



في الشحنة ( $Q_1$ ) وحدد اتجاهها.

$$F_{21} = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6})}{(0.3)^2} = 300 \times 10^{-3} \text{ N}, -x$$

$$F_{31} = \frac{kQ_1Q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6}) \times (1.5 \times 10^{-6})}{(0.6+0.3)^2} = 50 \times 10^{-3} \text{ N}, -x$$

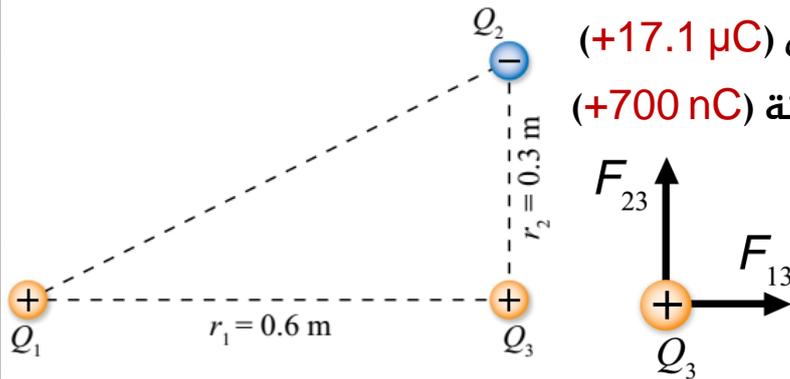
$$F_1 = F_{21} - F_{31} = 300 \times 10^{-3} - 50 \times 10^{-3} = 250 \times 10^{-3} \text{ N}, -x$$

## ملاحظات مهمة

✪ بما أن الشحنات التي نتعامل معها في التطبيقات الحسابية على قانون كولوم صغيرة جداً فمن الضروري استعمال البادئات المصاحبة لوحدات القياس بحيث نعبر عن الشحنات الصغيرة جداً باستعمال بعض مع هذه البادئات مع وحدة الكولوم.

البادئة	Prefixes	الرمز	القيمة الأسية
فيمتو	fimto	f	$10^{-15}$
بيكو	pico	p	$10^{-12}$
نانو	nano	n	$10^{-9}$
مايكرو	micro	$\mu$	$10^{-6}$
ملي	milli	m	$10^{-3}$

**سؤال ؟** (3) شحنات موضوعة في الهواء، بحيث تُشكل معاً مثلثاً قائم الزاوية كما



في الشكل. إذا علمت بأن الشحنة الأولى ( $+17.1 \mu\text{C}$ ) والشحنة الثانية ( $-6 \mu\text{C}$ ) والشحنة الثالثة ( $+700 \text{ nC}$ ) ، فأحسب مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة وحدد اتجاهها.

$$F_{23} = \frac{kQ_2Q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (6 \times 10^{-6}) \times (700 \times 10^{-9})}{(0.3)^2} = 0.42 \text{ N} , +y$$

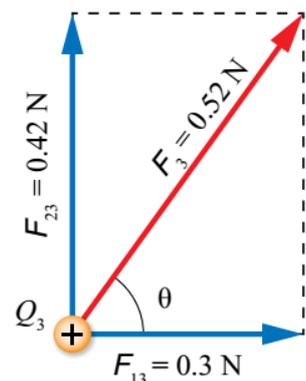
$$F_{13} = \frac{kQ_1Q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (17.1 \times 10^{-6}) \times (700 \times 10^{-9})}{(0.6)^2} = 0.3 \text{ N} , +x$$

$$F_3 = \sqrt{(F_{13})^2 + (F_{23})^2} = \sqrt{(0.3)^2 + (0.42)^2}$$

$$F_3 = \sqrt{0.09 + 0.18} = 0.52 \text{ N}$$

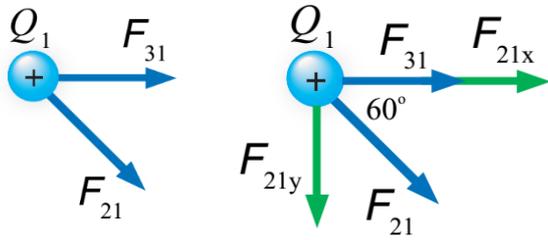
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.42}{0.3}\right) = \tan^{-1}(1.4) = 54.5^\circ$$

$$F_3 = 0.52 \text{ N} , 54.5^\circ$$

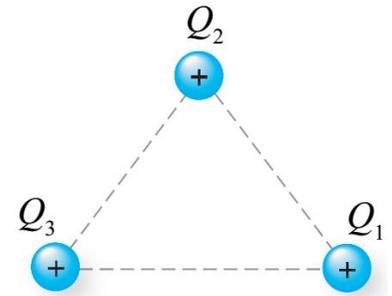


نصيره

وضعت في الهواء (3) شحنات موجبة ومتساوية مقدار كل منها  $(+1 \mu\text{C})$  على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه  $(30 \text{ cm})$ . جد مقدار القوة المحصلة المؤثرة في إحدى هذه الشحنات.



سنقوم بحساب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الأولى.



$$F_{31} = \frac{kQ_1Q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6})}{(30 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_{31} = 0.1 \text{ N} , +x$$

$$F_{21} = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1 \times 10^{-6}) \times (1 \times 10^{-6})}{(30 \times 10^{-2})^2} = 0.1 \text{ N} , 300^\circ$$

$$F_{21x} = F_{21} \cos \theta = 0.1 \times \cos(60^\circ) = \frac{1}{20} = 0.05 \text{ N}$$

$$F_{21y} = F_{21} \sin \theta = 0.1 \times \sin(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{20} = 0.086 \text{ N}$$

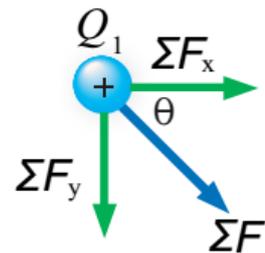
$$\Sigma F_x = 0.1 + 0.05 = 0.15 \text{ N} , \Sigma F_y = 0.086 \text{ N}$$

$$\Sigma F = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2} = \sqrt{(0.15)^2 + (0.086)^2}$$

$$\Sigma F = \sqrt{0.0225 + 0.007396} = 0.172 \text{ N}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.086}{0.15}\right) \approx 30^\circ$$

$$\Sigma F = 0.172 \text{ N} , 330^\circ$$



## سؤال ؟

تنشأ بين الإلكترون والبروتون قوة تجاذب كهربائية تُشكل قوة مركزية

تجعل الإلكترون يدور بشكل مستمر حول النواة. إذا علمت أن شحنة البروتون

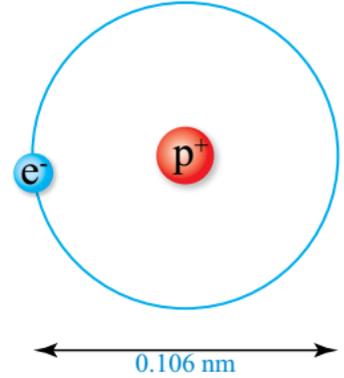
$(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$  وشحنة الإلكترون  $(-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$  وقطر ذرة الهيدروجين  $(0.106 \text{ nm})$ ،

فأحسب مقدار القوة المركزية المؤثرة في الإلكترون.

القوة المركزية هنا هي نفسها قوة التجاذب بين الإلكترون والبروتون  $F \rightarrow$

$$r = \frac{0.106 \text{ nm}}{2} = 0.053 \text{ nm} \rightarrow \text{نصف قطر الذرة}$$

$$F = \frac{kQ_p Q_e}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19}) \times (1.6 \times 10^{-19})}{(0.053 \times 10^{-9})^2}$$



$$F = F_C = 8.19 \times 10^{-8} \text{ N} , \text{ قوة تجاذب}$$

## الموصلات المشحونة

- الشحنات توجد في الطبيعية على أجسام مختلفة فقد تكون صغيرة جدا مثل الإلكترون وقد تكون كرة من البولسترين مغلقة بورق الألمنيوم.
- مفهوم الشحنة النقطية يسهل علينا التعامل مع الأجسام المشحونة عن طريق قانون كولوم.

الأجسام الكبيرة المشحونة بشحنة كهربائية مثل الأجسام الكروية لا تُعد شحنات نقطية.



شحنة  $Q$  موزعة بانتظام

في هذا المنهاج سنقتصر في دراستنا على الأجسام الكروية التي تحمل الشحنة الكهربائية الموزعة عليها بانتظام فقط مثل كرة فلزية نصف قطرها  $(R)$  ومركزها  $(O)$  مشحونة بشحنة كهربائية  $(Q)$ .

في الشكل تتوزع الشحنة على السطح الخارجي للكرة الفلزية بسبب تنافر الشحنات مع بعضها البعض.

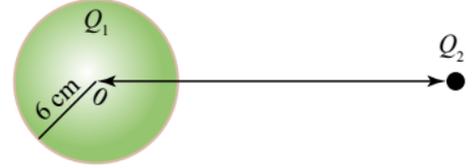
تؤثر هذه الكرة بقوى كهربائية في الشحنات المجاورة لها كما لو كانت شحنة هذه الكرة  $(Q)$  مكثفة وموجودة جميعها في نقطة واحدة هي مركز الكرة  $(O)$ .

✓ **أتحقَّق:** ما الطريقة التي يمكنني بها حساب القوة الكهربائية التي تنشأ بين كرتين

من النحاس مشحونتين بشحنتين كهربائيتين ؟

من خلال قانون كولوم لأن الكرة المشحونة يكون تأثيرها كما لو كانت الشحنة نقطية والكميات اللازمة لحسابها هي مقدار الشحنة على كل كرة والمسافة بين مركزي الكرتين ولا يلزم معرفة نصفي قطري الكرتين.

**سؤال ؟** كرة نحاسية مفرغة نصف قطرها (6 cm) شُحنت بشحنة مقدارها (4  $\mu\text{C}$ ) وُضعت بالقرب منها وعلى بعد (36 cm) من مركز الكرة شحنة نقطية (5 pC)، كما في الشكل. جد مقدار القوة التي تؤثر بها الكرة في الشحنة النقطية.



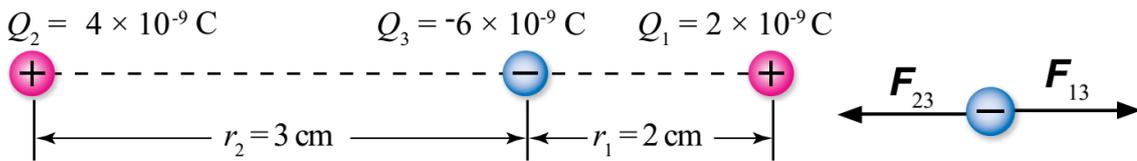
$$F_{12} = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$$

$$F_{12} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-6}) \times (5 \times 10^{-12})}{(36)^2 \times 10^{-4}}$$

$$F_{12} = 1.39 \times 10^{-6} \text{ N}, +x$$

**سؤال ؟** شحنتان نقطيتان الأولى (2 nC) والثانية (4 nC) والمسافة الفاصلة بينهما (5 cm) إذا وضعت شحنة ثالثة مقدارها (-6 nC) على الخط الواصل بين الشحنتين بحيث تبعد مسافة (2 cm) عن الشحنة الأولى. أحسب مقدار القوة المحصلة المؤثرة في

الشحنة الثالثة.

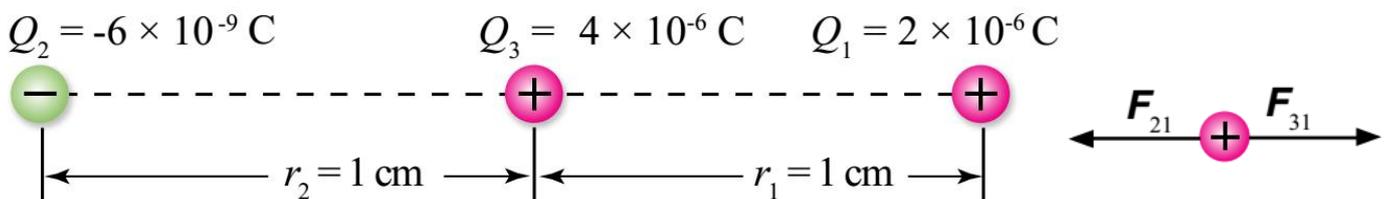


$$F_{13} = \frac{kQ_1Q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-9}) \times (6 \times 10^{-9})}{(2 \times 10^{-2})^2} = 27 \times 10^{-5} \text{ N}, +x$$

$$F_{23} = \frac{kQ_2Q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-9}) \times (6 \times 10^{-9})}{(3 \times 10^{-2})^2} = 24 \times 10^{-5} \text{ N}, -x$$

$$\Sigma F = F_{13} - F_{23} = 27 \times 10^{-5} - 24 \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-5} \text{ N}, +x$$

**سؤال ؟** شحنتان نقطيتان المسافة الفاصلة بينهما (2 cm)، الشحنة الأولى (2  $\mu\text{C}$ ) والشحنة الثانية (-6  $\mu\text{C}$ ). إذا وضعت شحنة ثالثة موجبة مقدارها (4  $\mu\text{C}$ ) في المنتصف فاحسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الأولى .



$$F_{31} = \frac{kQ_3Q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{-6})}{(1 \times 10^{-2})^2} = 720 \text{ N}, +x$$

$$F_{21} = \frac{kQ_2Q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (6 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{-6})}{(2 \times 10^{-2})^2} = 270 \text{ N}, -x$$

$$\Sigma F = F_{13} - F_{21} = 720 - 270 = 450 \text{ N}, +x$$

**سؤال ?**

شحنتان نقطيتان موجبتان متماثلتان متماثلتان البعد بينهما (5 cm)، اذا اثرت كل منهما في الاخرى بقوة تنافر مقدارها ( $3.24 \times 10^{-5} \text{ N}$ ) فاحسب مقدار شحنة كل منهما .

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (Q) \times (Q)}{(5 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (Q)^2}{25 \times 10^{-4}} = 3.24 \times 10^{-5}$$

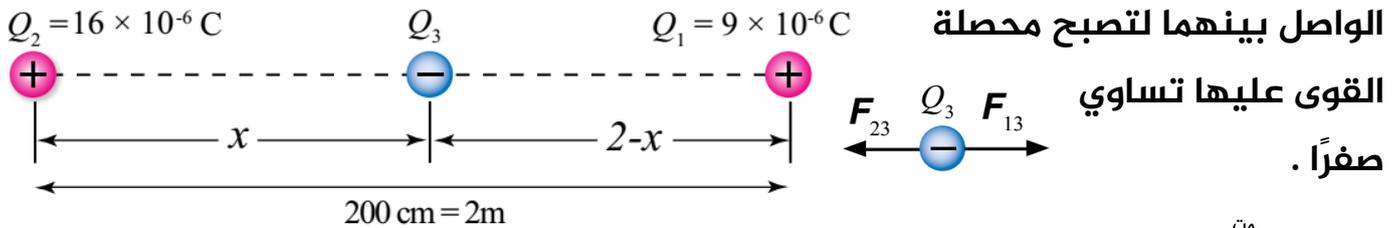
$$(Q)^2 = \frac{3.24 \times 10^{-5} \times 25 \times 10^{-4}}{9 \times 10^9} = 9 \times 10^{-18} \rightarrow Q = 3 \times 10^{-9} \text{ C}$$

**سؤال ?**

شحنتان نقطيتان المسافة الفاصلة بينهما (200 cm)، الشحنة الأولى

(9  $\mu\text{C}$ ) والشحنة الثانية (16  $\mu\text{C}$ ). أين يجب وضع شحنة ثالثة سالبة على امتداد الخط

الواصل بينهما لتصبح محصلة



$$F_{23} = F_{13} \rightarrow \frac{kQ_2Q_3}{r^2} = \frac{kQ_1Q_3}{r^2}$$

$$\frac{9 \times 10^9 \times (16 \times 10^{-6}) \times (Q_3)}{(x)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (9 \times 10^{-6}) \times (Q_3)}{(2-x)^2}$$

$$\frac{(16 \times 10^{-6})}{(x)^2} = \frac{(9 \times 10^{-6})}{(2-x)^2} \rightarrow \sqrt{\frac{(16 \times 10^{-6})}{(x)^2}} = \sqrt{\frac{(9 \times 10^{-6})}{(2-x)^2}}$$

$$\frac{4}{x} = \frac{3}{2-x} \rightarrow x = \frac{8}{7} \text{ m}$$

\*\*\* يجب وضع الشحنة الثالثة على بعد ( $\frac{8}{7} \text{ m}$ ) عن الشحنة الثانية

وعلى بعد ( $\frac{6}{7} \text{ m}$ ) عن الشحنة الأولى.

**سؤال ؟**

شحنتان كهربائيتان نقطيتان متماثلتان بينهما قوة تنافر مقدارها (10 N) إذا علمت أن البعد بينهما (30 cm) في الفراغ فأحسب كل مما يلي :  
 (أ) مقدار كل من الشحنتين.

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (Q) \times (Q)}{(0.3)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (Q)^2}{0.09} = 10$$

$$(Q)^2 = \frac{10 \times 0.09}{9 \times 10^9} = 0.1 \times 10^{-9} = 1 \times 10^{-10} \rightarrow Q = 1 \times 10^{-5} \text{ C}$$

(ب) مقدار القوة المتبادلة بينهما عند وضع الشحنتين في وسط سماحيته الكهربائية عشرة أمثالها للهواء.

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1Q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi 10\epsilon_0} \frac{Q_1Q_2}{r^2} = \frac{1}{10} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1Q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{1}{10} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1Q_2}{r^2} = \frac{1}{10} \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{1}{10} F = \frac{1}{10} \times 10 = 1 \text{ N}$$

**سؤال ؟**

شحنتان نقطيتان ( $Q_1, Q_2$ ) المسافة الفاصلة بينهما ( $r$ )، والقوة المتبادلة بينهما ( $F$ ) ماذا يحدث لمقدار تلك القوة في الحالتين الآتيتين :  
 (أ) إذا ضاعفنا مقدار الشحنة الأولى فقط.

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} \rightarrow \underline{F} = \frac{k(2Q_1)Q_2}{r^2} = 2 \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = 2F$$

(ب) إذا أصبحت المسافة بين الشحنتين نصف ما كانت عليه، أي  $(\frac{r}{2})$ .

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} \rightarrow \underline{F} = \frac{kQ_1Q_2}{(\frac{r}{2})^2} = \frac{kQ_1Q_2}{\frac{r^2}{4}} = 4 \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = 4F$$

**تدريب ؟**

كرتان صغيرتان شحنت كل منهما بشحنة موجبة وكان مجموع شحنتيهما ( $50 \mu\text{C}$ )، فإذا أثرت كل منهما في الأخرى بقوة مقدارها ( $0.9 \text{ N}$ ) وكان البعد بين الكرتين ( $2 \text{ m}$ ). احسب مقدار الشحنة على كل من الكرتين.

**سؤال ?**

إذا كانت القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين متساويتين المسافة بينهما ( $r$ ) تساوي ( $16 \text{ N}$ )، فما هو مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بينهما عندما تصبح المسافة بينهما ( $2r$ ).

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} \rightarrow \underline{F} = \frac{kQ_1Q_2}{(2r)^2} = \frac{kQ_1Q_2}{4r^2} = \frac{1}{4} \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{1}{4} F$$

$$\underline{F} = \frac{1}{4} F = \frac{1}{4} \times 16 = 4 \text{ N}$$

**سؤال ?**

كرتان متماثلتان مشحونتان شحنة الثانية ضعف الأولى والمسافة بينهما ( $30 \text{ cm}$ )، إذا علمت أن القوة الكهربائية المتبادلة بينهما ( $0.8 \text{ N}$ ) فأجب عما يلي :  
(أ) مقدار شحنة كل كرة.

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (Q_1) \times (2Q_1)}{(0.3)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2Q_1^2}{0.09} = 0.8$$

$$(Q_1)^2 = \frac{0.8 \times 0.09}{18 \times 10^9} = 0.004 \times 10^{-9} = 4 \times 10^{-12} \rightarrow Q_1 = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q_2 = 2 \times Q_1 = 2 \times 2 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

(ب) إذا تم تلامس الكرتان لفترة من الزمن ثم فصلتا ووضعنا على نفس المسافة فأحسب مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بينهما..

$$\text{شحنة كل موصل بعد التلامس} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{2 \times 10^{-6} + 4 \times 10^{-6}}{2} = 3 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F_{31} = \frac{kQ_3Q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6}) \times (3 \times 10^{-6})}{(0.3)^2} = 0.9 \text{ N, تنافر}$$

**تدريب ?**

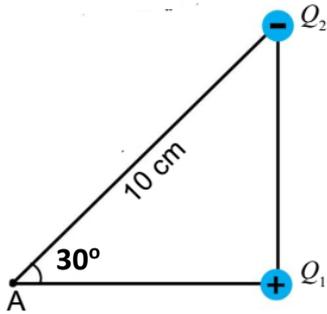
إذا كانت القوة الكهربائية بين بروتون وإلكترون ( $3.5 \times 10^{-10} \text{ N}$ ) فما المسافة بين الجسيمين؟

**Special ?** شحنتان نقطيتان، الشحنة الأولى ( $0.25 \mu\text{C}$ ) والشحنة الثانية ( $-2 \mu\text{C}$ ) كما

في الشكل الآتي. إذا علمت أن مقدار واتجاه محصلة القوى المؤثرة على شحنة ثالثة

وُضعت عند النقطة (A) يساوي ( $30.96 \times 10^{+11} \text{ N}$ , -y)، فاحسب

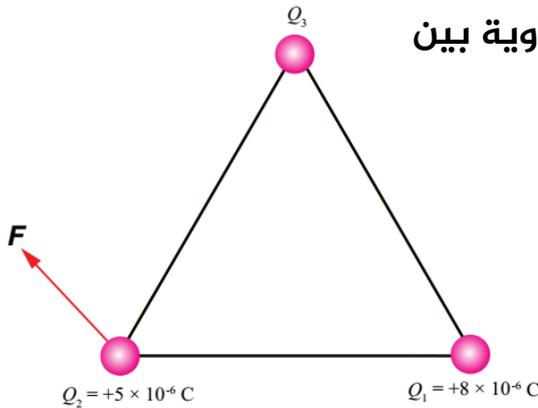
مقدار ونوع الشحنة التي تم وضعها.



**Special ?** الشكل المجاور يمثل مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه ( $20 \text{ cm}$ ) إذا علمت

أن القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثانية تُنصف الزاوية بين

متجهي القوتين كما في الشكل فأجب عما يلي :



**Special ?** الكرة (a) تحمل شحنة موجبة مقدارها ( $12 \mu\text{C}$ )، والكرة (b) تحمل شحنة

سالبة مقدارها ( $3 \mu\text{C}$ )، والمسافة بينهما ( $1 \text{ m}$ ). أجب عما يأتي :

(أ) أين يجب أن تُوضع الكرة (c) والمشحونة بشحنة سالبة مقدارها ( $8 \mu\text{C}$ ) على امتداد

الخط الواصل بين الكرتين لتكون محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً ؟

(ب) أين يجب أن تُوضع الكرة (c) والمشحونة بشحنة موجبة مقدارها ( $1 \mu\text{C}$ ) على امتداد

الخط الواصل بين الكرتين لتكون محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً ؟

## أسئلة إضافية وإثرائية

### ? سؤال

وضعت أربع شحنات كهربائية (1, 5.12, 2.16, -10) ميكروكولوم على رؤوس المستطيل (a b c d) على الترتيب. إذا كان طول (ab = 8 cm) و (ad = 6 cm) ، فاحسب القوة المؤثرة في الشحنة الموضوعة في النقطة (d).

### ? سؤال

كرتان صغيرتان تحملان شحنتين مقدارهما (2×10<sup>-7</sup> C) ، (4.5×10<sup>-7</sup> C) ، تؤثر إحداهما على الأخرى بقوة مقدارها (0.1 N) احسب البعد بينهما.

### ? سؤال

يبين الشكل المجاور شحنتين نقطيتين موضعتين على خط مستقيم في النقطتين



(a, b). إن أكبر قوة تنافر تكون بين الشحنات إذا كانت قيمتها :

- a) (-4 q), (-2 q)      b) (+4 q), (-2 q)      c) (+7 q), (+ q)      d) (-4 q), (- q)

### ? سؤال

إذا أثرت الشحنة السالبة (6×10<sup>-6</sup> C) بقوة جذب مقدارها (65 N) في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة (0.050 m) فما مقدار الشحنة الثانية ؟

### ? سؤال

شحنتان نقطيتان (Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>) المسافة الفاصلة بينهما (r) ، والقوة المتبادلة بينهما (F) ماذا يحدث لمقدار تلك القوة في الحالتين الآتيتين :

(أ) إذا قللنا مقدار كل من الشحنتين إلى النصف.

(ب) إذا ضاعفنا الشحنة الأولى ثلاثة أمثالها ونصف القطر إلى المثلين.

### ? سؤال

إذا كانت المسافة بين إلكترونين في ذرة (1.5×10<sup>-10</sup> m) فما مقدار القوة الكهربائية بينهما ؟

## حل أسئلة مراجعة الدرس الأول من الوحدة الثانية

## سؤال 1 | أذكر نص قانون كولوم وأمثله بعلاقة رياضية.

ينص قانون كولوم على أن القوة الناشئة بين شحنتين نقطيتين في الفراغ تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين، وعكسياً مع مربع البعد بينهما.

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$$

## سؤال 2 | أوضح الطرائق الثلاث التي تُشحن بها الأجسام المتعادلة بشحنة كهربائية.

الشحن بالدلك : ذلك جسم مع آخر ينتج عنه انتقال الإلكترونات من سطح أحد الجسمين إلى سطح الجسم الآخر ، فيصبح الجسم الفاقد للإلكترونات موجب الشحنة ويصبح الجسم المكتسب للإلكترونات سالب الشحنة.

الشحن بالتوصيل : ملامسة جسم مشحون مع آخر متعادل فيحدث انتقال للشحنات الكهربائية بين الجسمين. فإذا كان الجسم المشحون سالب الشحنة انتقلت بعض الإلكترونات منه إلى الجسم المتعادل فأصبح الجسمين سالبين. وإذا كان الجسم المشحون موجب الشحنة انتقلت إليه بعض الإلكترونات من الجسم المتعادل فأصبح الجسمان موجبين..

الشحن بالحث : تقريب جسم مشحون (موصل أو عازل) من جسم متعادل من دون ملامسته فيُعاد توزيع الشحنات على طرفي الجسم الموصل المتعادل، بحيث تنحاز الشحنات السالبة إلى جهة محددة من الجسم لتشكل طرفاً سالباً تاركة الطرف الآخر موجب الشحنة ويكون هذا التوزيع مؤقتاً طالما بقي المؤثر قريباً..

## سؤال 3 | فسر سبب انجذاب قصاصات الورق من مسطرة بلاستيكية دُلكت بشعر الرأس ثم تنافر القصاصات مع المسطرة عند تلامسها.

بسبب انتقال بعض الإلكترونات من شعر الرأس إلى المسطرة فأصبحت المسطرة مشحونة بشحنة كهربائية سالبة وبالتالي عند تقريبيها من قصاصات الورق الملقاة على الطاولة من دون ملامستها تنجذب وتقفز القصاصات إلى المسطرة بسبب تأثير شحنة المسطرة السالبة على الورق مما يؤدي لاستقطاب ذرات الورق وإعادة توزيع شحنات الذرات فيها تحت تأثير شحنة خارجية (شحنة المسطرة) فتصبح شحنة سطح الورق القريب من المسطرة موجبة لتجاذب مع شحنات المسطرة السالبة..

**سؤال 4** شحنتان كهربائيتان موجبتان مقدار كل منهما  $(2 \mu\text{C})$  تفصلهما مسافة

$(0.5 \text{ m})$ . أحسب مقدار القوة الكهربائية التي تؤثر بها إحدى الشحنتين في الأخرى.

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{-6})}{(0.5)^2} = 144 \times 10^{-3} \text{ N}$$

**سؤال 5** أجريت تجربة عملية لدراسة العلاقة بين قوة التجاذب الكهربائية بين

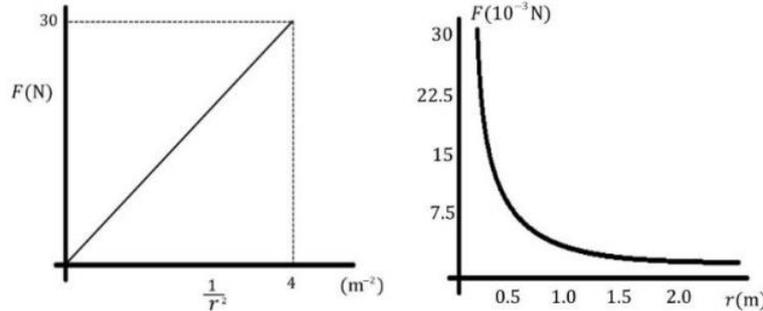
شحنتين نقطيتين والمسافة الفاصلة بينهما، ونُظمت النتائج في الجدول الآتي. مثل

البيانات بالرسم البياني ممثلاً المسافة على محور  $(x)$  والقوة على محور  $(y)$  ثم مثل

العلاقة بين القوة والمقدار  $(\frac{1}{r^2})$  ثم أستنتج ما يعنيه ميل هذه العلاقة. وهل تخضع هذه

النتائج لقانون كولوم بدقة ؟ علل إجابتك ..

المسافة بين الشحنتين (m)	0.5	1.0	1.5	2.0
القوة الكهربائية (N)	$30 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-3}$



$$\text{slope} = \frac{F}{\frac{1}{r^2}} = Fr^2 \rightarrow Fr^2 = kQ_1Q_2$$

نعم تخضع لقانون كولوم لكن ليست بدقة كاملة بسبب انحراف بعض القيم عن القياسات الحقيقية لها بسبب أخطاء في التجربة..

## سؤال 6

عند وجود شحنتين متساويتين ومتماثلتين في الهواء تفصلهما مسافة (1 m). حدد نقطة في المنطقة التي تقع بين الشحنتان بحيث إذا وضعت فيها شحنة ثالثة تكون القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة فيها صفراً

$$F_{23} = F_{13} \rightarrow \frac{kQQ}{r^2} = \frac{kQQ}{r^2}$$

$$\frac{9 \times 10^9 \times (Q)^2}{(x)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (Q)^2}{(1-x)^2}$$

$$\frac{1}{(x)^2} = \frac{1}{(1-x)^2} \rightarrow \sqrt{\frac{1}{(x)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(1-x)^2}}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{1-x} \rightarrow x = \frac{1}{2} m$$

\*\*\* يجب وضع الشحنة الثالثة في منتصف المسافة بين الشحنتين.

## الوحدة الثانية : المجال الكهربائي

### الدرس الثاني : المجال الكهربائي للشحنات الكهربائية

**سؤال ؟** وضح ما هو المقصود بالمجال الكهربائي ؟

هو خاصية للحيز المحيط بالجسم المشحون ويظهر في هذا الحيز تأثير المجال على شكل قوى كهربائية تؤثر في الأجسام المشحونة الأخرى.

- Ⓒ المجال الكهربائي كمية فيزيائية متجهة نعبر عنه بالمقدار والاتجاه.
- Ⓒ نستخدم في الكشف عن المجال الكهربائي وقياسه شحنه نقطية صغيرة موجبة تسمى **شحنة الاختبار** ..

**سؤال ؟** وضح ما المقصود بشحنة الاختبار ؟

شحنة كهربائية موجبة صغيرة المقدار تُستعمل للكشف عن المجال الكهربائي ويكون مقدارها صغير جداً لدرجة أن تأثيرها في المجال الكهربائي المحيط بها يكون مهملاً. **+q**

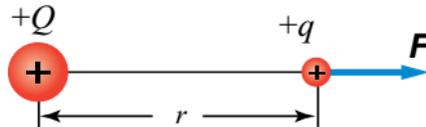
**سؤال ؟** علل تكون شحنة الاختبار صغيرة جداً ؟

حتى لا تحدث تغييراً يذكر في المجال المراد قياسه أو تؤثر فيه.

#### ملاحظات مهمة

★ شحنة الاختبار تتأثر بقوة كهربائية (F) يمثل اتجاهها اتجاه المجال الكهربائي عند هذه النقطة.

★ يمكن حساب مقدار هذه القوة باستعمال قانون كولوم  $(\frac{kQ_1Q_2}{r^2})$ .



**سؤال ؟** وضح ما هو المقصود بالمجال الكهربائي عند نقطة ؟

- القوة الكهربائية التي تؤثر في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة في تلك النقطة.
- Ⓒ وحدة الشحنات الموجبة ليست شحنة اختبار فهي تساوي (كولوم) واحد وبالتالي فهي تملك مجالاً كهربائياً قوياً.

• لحساب المجال الكهربائي المؤثر في شحنة موضوعة نستخدم العلاقة :

$$E = \frac{F}{q}$$

القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة الموضوعة :  $F$  ، الشحنة الموضوعة :  $q$

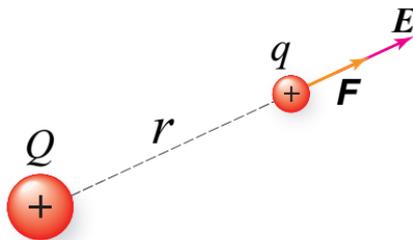
• لحساب المجال الكهربائي عند نقطة والناشئ عن شحنة نقطية نستخدم العلاقة :

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

المسافة بين الشحنة المسببة للمجال والنقطة :  $r$  ، الشحنة المسببة للمجال :  $Q$  ، ثابت كولوم :  $k$

### المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية

يبين الشكل نقطة تقع في المجال الكهربائي لشحنة نقطية ( $Q$ ) على بعد ( $r$ ) منها فإذا وضعت شحنة نقطية ( $q$ ) عند تلك النقطة فإن المجال الكهربائي يؤثر بقوة كهربائية ( $F$ ) وبما أن الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي نقطية وكذلك الشحنة المتأثرة ( $q$ ) فإن القوة الكهربائية المؤثرة في ( $q$ ) طبقاً لقانون كولوم هي :



$$F = k \frac{Qq}{r^2}$$

وعد تعويض القوة الكهربائية في قانون المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة الموضوعة :

$$E_a = \frac{F}{q} = \frac{k \frac{Qq}{r^2}}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$

**سؤال ؟** ما هي العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة

نقطية ؟

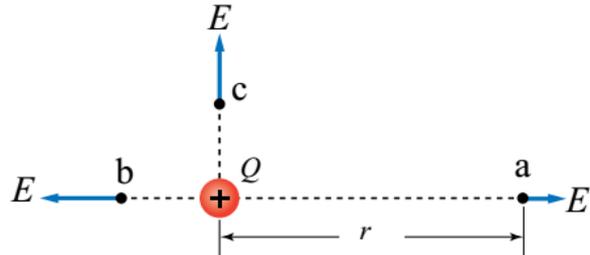
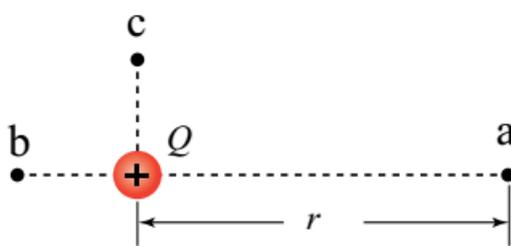
- مقدار الشحنة الكهربائية المسببة (المولدة) للمجال (مصدر المجال).
- مربع المسافة بين الشحنة المولدة والنقطة المراد حساب المجال عندها.
- الوسط الكهربائي الفاصل بين الشحنات.

## ملاحظات مهمة عند حل المسائل

- أي شحنة توضع في المجال الكهربائي هي شحنة الاختبار بغض النظر عن قيمتها إلا إذا طلب السؤال منا فحص المجال عند نقطة معينة نقوم وقتها بوضع شحنة اختبار موجبة وصغيرة.
- يقاس المجال بوحدة (نيوتن / كولوم) في النظام العالمي للوحدات وهي وحدة مشتقة.
- المجال كمية متجهة ، لذلك لا نعوض السالب في قانونه ولتحديد اتجاه المجال نفرض وجود شحنة اختبار موجبة عند تلك النقطة.
- المجال الكهربائي لا يعتمد على شحنة الاختبار وإنما يعتمد على :  
الشحنة المؤثرة ، طبيعة الوسط ، مربع المسافة بين الشحنة المؤثرة وشحنة الاختبار.

## سؤال ؟

شحنة كهربائية نقطية موجبة مقدارها  $(15 \mu C)$ . حدد اتجاه المجال عند النقاط  $(a, b, c)$ ، ثم جد مقدار المجال الكهربائية عند النقطة  $(a)$  التي تبعد عن الشحنة مسافة  $(36 \text{ cm})$  والمبينة في الشكل.



$$E_a = k \frac{Q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (5 \times 10^{-6})}{(36 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (5 \times 10^{-6})}{(36)^2 \times 10^{-4}}$$

$$E_a = 3.47 \times 10^5 \text{ N/C} , +x$$

**افكر:** ما وجه الشبه بين كل من القوى الآتية : القوة المتبادلة بين مغناطيسين ، والقوة المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين، والقوة المتبادلة بين الأرض والقمر ؟ جميعها قوى مجالات تؤثر في الأجسام عن بعد دون الحاجة للاتصال أو التلامس المباشر.

تمرينه

في المثال السابق جد مقدار القوة الكهربائية التي يؤثر بها المجال الكهربائي في شحنة اختبار موجبة صغيرة مقدارها (3 nC) موضوعة في النقطة (a)، ثم حدد اتجاه هذه القوة.

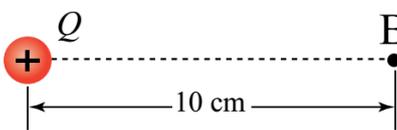
$$E_a = 3.47 \times 10^5 \text{ N/C} , q = 3 \text{ nC} = 3 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$E_a = \frac{F}{q} \rightarrow F = Eq = 3.47 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-9} = 10.41 \times 10^{-4} \text{ N} , +x$$

اتجاه القوة يكون بنفس اتجاه المجال عند هذه النقطة لأن شحنة الاختبار موجبة.

سؤال ؟

يبين الشكل شحنة نقطية مقدارها (2 μC) موضوعة في الهواء اذا كانت (B)



نقطة تقع في مجال الشحنة الكهربائية وعلى بعد (10 cm) منها  
فجد عند النقطة (B) ما يلي :

أ - المجال الكهربائي مقداراً واتجاهاً.

$$E_B = k \frac{Q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-6})}{100 \times 10^{-4}}$$

$$E_B = 18 \times 10^5 \text{ N/C} , +x$$

ب - القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (-2 nC) توضع عند هذه النقطة مقداراً واتجاهاً.

$$E_B = 18 \times 10^5 \text{ N/C} , q = -2 \text{ nC} = -2 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$E_B = \frac{F}{q} \rightarrow F = Eq = 18 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-9} = 36 \times 10^{-4} \text{ N} , -x$$

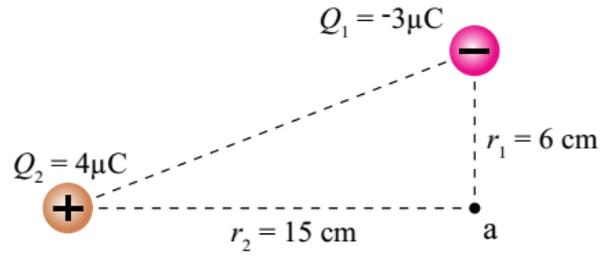
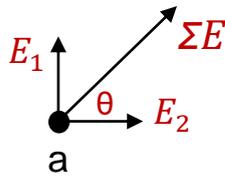
### ■ المجال الكهربائي لعدة شحنات نقطية.

● يكون المجال الكهربائي المحصل عند أي نقطة مساوياً لمحصلة المجالات الناتجة عن كل شحنة إذا كانت منفردة.

● لحساب مقدار واتجاه المجال المحصل نقوم باستعمال القوانين الخاصة بمحصلة المتجهات (في نفس الاتجاه، عكس الاتجاه، متعامدة، غير منطبقة على المحاور).

## سؤال ؟

يوضح الشكل شحنتين نقطيتين في الهواء الأولى سالبة والثانية موجبة. مستعيناً بالشكل جد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (a) وحدد اتجاهه.



$$E_1 = k \frac{Q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6})}{(6 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6})}{36 \times 10^{-4}}$$

$$E_1 = 0.75 \times 10^7 \text{ N/C}, +y$$

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-6})}{(15 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-6})}{225 \times 10^{-4}}$$

$$E_2 = 0.16 \times 10^7 \text{ N/C}, +x$$

$$\Sigma E = \sqrt{(E_1)^2 + (E_2)^2} = \sqrt{(0.75 \times 10^7)^2 + (0.16 \times 10^7)^2}$$

$$\Sigma E = \sqrt{0.5625 \times 10^{14} + 0.0256 \times 10^{14}}$$

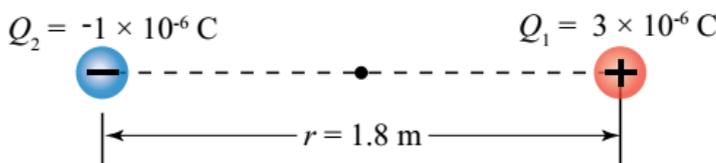
$$\Sigma E = \sqrt{0.5881 \times 10^{14}} = 0.767 \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.75 \times 10^7}{0.16 \times 10^7}\right) = \tan^{-1}(4.88) = 78.4^\circ$$

$$\Sigma E = 0.767 \times 10^7 \text{ N/C}, 78.4^\circ$$

## نصيره

يوضح الشكل شحنتين نقطيتين في الهواء : الأولى موجبة والثانية سالبة، تفصلهما مسافة (1.8 m). مستعيناً بالشكل جد المجال الكهربائي المحصل على نقطة تنصف المسافة بين الشحنتين.



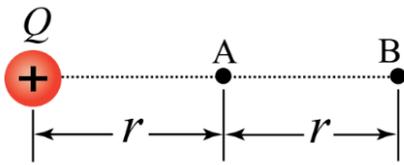
$$E_1 = k \frac{Q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6})}{(0.9)^2} = \frac{1}{3} \times 10^{+5} \text{ N/C} , -x$$

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1 \times 10^{-6})}{(0.9)^2} = \frac{1}{9} \times 10^{+5} \text{ N/C} , -x$$

$$\Sigma E = E_1 + E_2 = \frac{1}{3} \times 10^{+5} + \frac{1}{9} \times 10^{+5} = \frac{4}{9} \times 10^{+5} \text{ N/C} , -x$$

**سؤال ?**

نقطتان (A , B) تقعان في المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة ، كما يوضح الشكل وضعت شحنة مقدارها (C  $1 \times 10^{-6}$ ) عند النقطة (A) فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها (N  $8 \times 10^{-3}$ )، جد ما يلي :



أ - المجال الكهربائي عند النقطة (A) مقداراً واتجاهاً.

$$E_A = \frac{F}{q} = \frac{8 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^{+3} \text{ N/C} , +x$$

ب - القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها (C  $1 \times 10^{-6}$ ) توضع عند النقطة (B) مقداراً واتجاهاً.

$$E_A = k \frac{Q}{r^2} \rightarrow 8 \times 10^{+3} = \frac{9 \times 10^9 \times (1 \times 10^{-6})}{(r)^2} \rightarrow$$

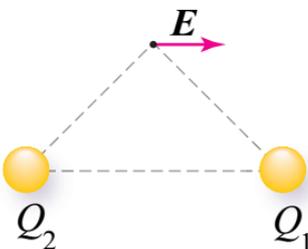
$$(r)^2 = \frac{9 \times 10^9 \times (1 \times 10^{-6})}{8 \times 10^{+3}} = \frac{9}{8} \rightarrow r = \frac{3}{\sqrt{8}} \text{ m}$$

$$E_B = k \frac{Q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1 \times 10^{-6})}{(2 \times \frac{3}{\sqrt{8}})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1 \times 10^{-6})}{\frac{36}{8}}$$

$$E_B = 2 \times 10^{+3} \text{ N/C} , +x$$

**تدريب ?**

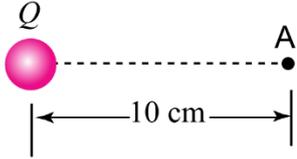
يبين الشكل اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند نقطة تبعد عن الشحنتين ( $Q_1, Q_2$ ) المسافة نفسها. إذا علمت أن الشحنتين متساويتان في المقدار فما هو نوع كل من الشحنة الأولى والثانية.



**سؤال ?**

يبين الشكل المجاور شحنة نقطية موضوعة في الهواء إذا كانت (A) نقطة تقع في مجال الشحنة الكهربائية وعلى بعد (10 cm) وإذا علمت أن القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة ( $-2 \times 10^{-9} \text{ C}$ ) وضعت عند النقطة (A) تساوي ( $36 \times 10^{-4} \text{ N}$ ) باتجاه

محور ( $-x$ ) فاحسب ما يلي :



أ - المجال الكهربائي عند النقطة (A) مقداراً واتجاهاً.

$$E_A = \frac{F}{q} = \frac{36 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-9}} = 18 \times 10^{+5} \text{ N/C}, +x$$

ب- مقدار الشحنة المولدة للمجال ونوعها.

$$E_A = k \frac{Q}{r^2} \rightarrow 18 \times 10^{+5} = \frac{9 \times 10^9 \times (Q)}{(10 \times 10^{-2})^2} \rightarrow 18 \times 10^{+5} = \frac{9 \times 10^9 \times (Q)}{100 \times 10^{-4}}$$

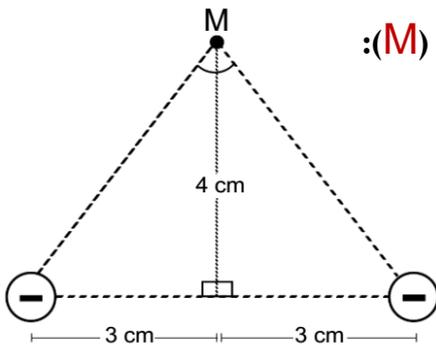
وهي موجبة لأن جذبت الشحنة الموضوعة بقوة كهربائية نحوها ،  $\rightarrow Q = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$

**تدريب ?**

أرسم التمثيل البياني للعلاقة بين المجال الكهربائي عند نقطة وبعد هذه النقطة عن شحنة نقطية !؟

**تدريب ?**

شحنتان نقطيتان متماثلتان ( $-50 \times 10^{-6} \text{ C}$ ) موضوعتان في الهواء معتمدا على البيانات المثبتة على الشكل اوجد مقدار واتجاه المجال عند النقطة (M):



## خطوط المجال الكهربائي

• في الأسئلة السابقة قمنا بتمثيل متجه المجال عند نقطة بسهم اتجاهه يعبر عم اتجاه المجال عند تلك النقطة ويتناسب طول السهم مع مقدار المجال.  
• يمكننا تمثيل منطقة المجال الكهربائي الذي يحيط بشحنة كهربائية مفردة أو عدة شحنات برسم خطوط عليها أسهم توضح اتجاه المجال تسمى خطوط المجال الكهربائي.

### سؤال ؟

هو المسار الوهمي الذي تسلكه شحنة الاختبار الموجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي.

### سؤال ؟

- 1 تخرج من الشحنة الموجبة وتدخل في الشحنة السالبة.
- 2 يدل اتجاه المماس لأي نقطة على خط المجال الكهربائي على اتجاه المجال عند تلك النقطة.
- 3 تكون خطوط المجال الكهربائي مستقيمة أو منحنية لكنها لا تتقاطع.
- 4 تدل كثافة الخطوط (تقاربها أو تباعدها) على مقدار المجال الكهربائي.

### سؤال ؟

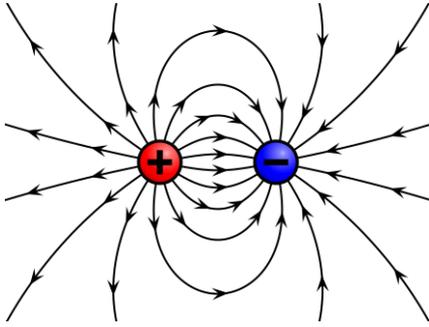
ما المقصود بكثافة خطوط المجال الكهربائي ؟  
عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحة من هذا السطح بشكل عمودي عليه أي أن شدة المجال الكهربائي تزداد حيثما تتراحم الخطوط.

### سؤال ؟

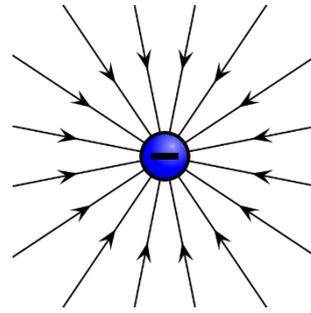
علل ما يلي :

- (1) - تبدو خطوط المجال خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة إلى السالبة.  
لأنها تمثل مسار حركة شحنة الاختبار الموجبة داخل المجال بسبب تنافرها مع الشحنة الموجبة وتجاذبا مع الشحنة السالبة..
- (2) - خطوط المجال لا تتقاطع.  
لأنها لو تقاطعت لأصبح للمجال أكثر من اتجاه (مماس) عند نفس النقطة وهذا خطأ.

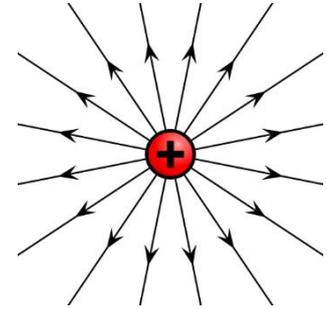
الرسومات الآتية توضح أشكال خطوط المجال الكهربائي لبعض الشحنات الكهربائية :



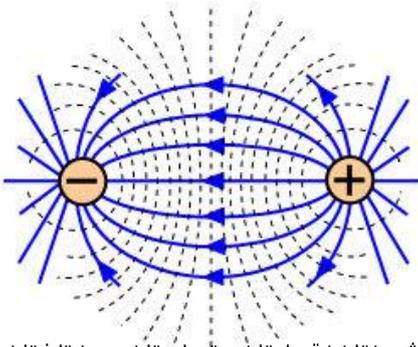
شحنتان نقطيتان متجاورتان ومختلفتان نوعاً ومقداراً



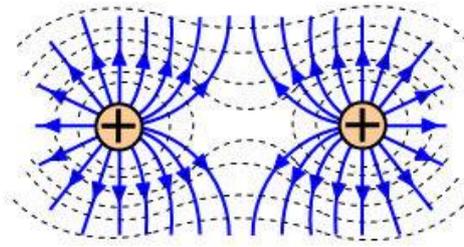
شحنة نقطية سالبة



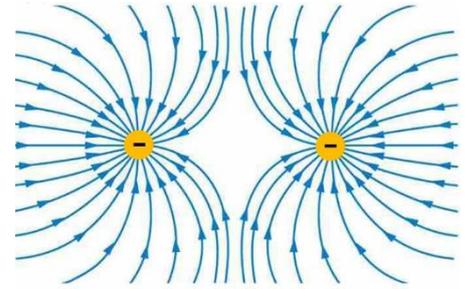
شحنة نقطية موجبة



شحنتان نقطيتان متجاورتان ومختلفتان نوعاً ومتساويتان مقداراً



شحنتان نقطيتان متماثلتان نوعاً ومقداراً



شحنتان مختلفتان متماثلتان نوعاً ومقداراً

**سؤال ؟** كيف يمكننا الاستفادة من خطوط المجال في معرفة كل ما يلي ؟

(1) - مقدار المجال الكهربائي في منطقة ما :

تدل كثافة الخطوط (تقاربها او تباعدها) على مقدار المجال الكهربائي حيث يكون مقدار المجال كبيراً في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط ويكون صغيراً في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط.

(2) - اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة ما:

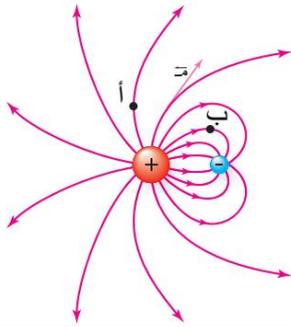
يدل اتجاه المماس المرسوم عند أي نقطة على اتجاه المجال.

**سؤال ؟** ما المقصود بالمجال غير المنتظم ؟

هو المجال المتغير المقدار والاتجاه عند جميع النقاط في منطقة المجال.

**سؤال ؟** كيف يمكننا الحصول على مجال غير منتظم ؟

يمكن الحصول عليه في الحيز حول شحنة نقطية موجبة او سالبة او مجموعة شحنات نقطية.



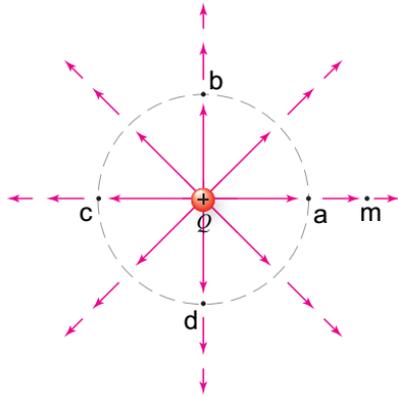
**سؤال ؟** أجب عن الأسئلة مستعيناً بالشكل التالي :

(1) - أيهما أكبر  $E_A$  أم  $E_B$  ؟

$$E_B > E_A$$

(2) - ما اتجاه المجال عند النقطة أ (A) والنقطة ب (B) ؟

$$E_A \leftarrow \text{مماس } (+y), E_B \leftarrow \text{مماس } (+x)$$

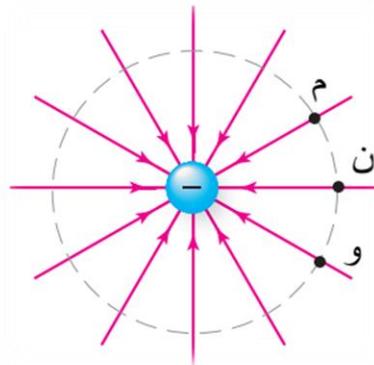


« في الشكل نلاحظ أن مقدار المجال الكهربائي عند جميع النقاط (a,b,c,d) متساوياً لأن هذه النقاط تقع على نفس البعد إلا ان اتجاه المجال يختلف من نقطة إلى أخرى لذلك مجال غير منتظم .

« كذلك نلاحظ اتجاه المجال عند النقطة (a) هو نفسه اتجاه

المجال عند النقطة (m) الا انه  $(E_m > E_a)$  لذلك يعد

مجال غير منتظم .



**سؤال ؟** مستعيناً بالشكل التالي , اجب عما يلي:

1 - هل يعد المجال الكهربائي في الشكل مجالاً منتظماً ؟! فسر اجابتك لا يعد مجال كهربائي منتظم وذلك لان مقداره غير ثابت وكذلك اتجاه غير ثابت من نقطة إلى أخرى.

2 - ماذا يحدث لإلكترون وضع عند النقطة (ن) ؟! فسر اجابتك يتعرض لقوة كهربائية تحركه عكس اتجاه المجال مبتعداً عن الشحنة السالبة لان الالكترن سالب الشحنة.

3 - ماذا يحدث لبروتون وضع عند النقطة (م) ؟! فسر اجابتك يتعرض لقوة كهربائية تحركه مع اتجاه المجال مقترباً من الشحنة السالبة لان البروتون موجب الشحنة.

4 - ماذا يحدث لنيوترون وضع عند النقطة (و) ؟! فسر اجابتك يبقى عن النقطة (و) ولا يتعرض لقوة كهربائية لأنه متعادل كهربائياً (الشحنة = صفر) فاشل كهربائياً.

**سؤال ؟** وُضعت شحنة اختبار موجبة عند نقطة داخل مجال كهربائي فتأثرت بقوة

باتجاه المحور الصادي السالب, اجب عما يلي:

1 - ما اتجاه المجال عند تلك النقطة ؟

اتجاه المجال بنفس اتجاه القوة  $(+y)$  لان شحنة الاختبار موجبة.

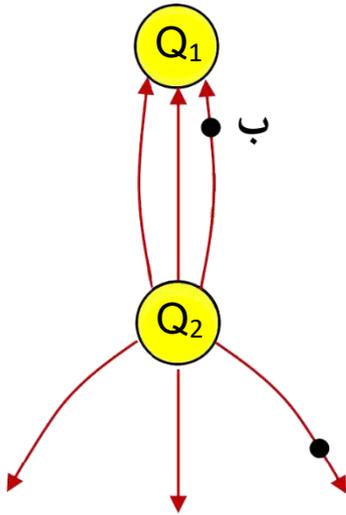
2 - اذا وضعنا الكتروناً بدلاً من شحنة الاختبار فهل يتغير مقدار المجال او اتجاهه عند تلك

النقطة , فسر اجابتك ؟

لا يتغير مقدار او اتجاه المجال بتغيير شحنة الاختبار لان المجال لا يعتمد على نوع او مقدار شحنة الاختبار وانما يعتمد على الشحنة المسببة للمجال، الذي يتغير هو مقدار واتجاه القوة.

**سؤال ؟**

بناء على الشكل الآتي أجب عما يلي :



1 - ما نوع كل من الشحنتين ؟

الشحنة الأولى سالبة والشحنة الثانية موجبة.

2 - عند أي النقاط تكون قيمة المجال أكبر ما يمكن ؟

المجال عند النقطة (ب) أكبر من المجال عند النقطة (أ)

3 - كيف يمكن تحديد اتجاه النقطة (أ) ؟

عن طريق رسم مماس على خط المجال الكهربائي عند تلك النقطة . أ

4 - ما النسبة بين الشحنة الأولى والشحنة الثانية ؟

الشحنة الأولى لها 3 خطوط والثانية لها 6 خطوط لذلك تكون نسبة الشحنة الأولى إلى الثانية تساوي 2:1

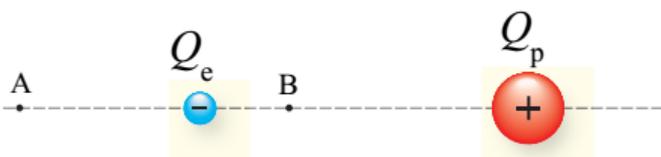
**ملاحظة مهمة عند حل المسائل**

- نقتصر في دراستنا على أن يكون الوسط المحيط في الشحنات هو الهواء لذلك نستخدم ثابت كولوم في الهواء  $9 \times 10^9$ .
- لتخطيط المجال الكهربائي عند نقطة نستخدم شحنة اختبار ( $q$ ) دائما موجبة ويمنع التخطيط بسالبة لكن عند حل المسائل لحساب القوة الكهربائية أو المجال قد تكون شحنة الاختبار موجبة او سالبة حسب ما يتم ذكره في السؤال عند وضع الشحنة.
- إذا كانت الشحنة الموضوعة سالبة فان اتجاه المجال يكون بعكس اتجاه القوة.
- إذا كانت الشحنة الموضوعة موجبة فان اتجاه المجال يكون مع اتجاه القوة.
- لا تعوض إشارة الشحنة السالبة (الموضوعة أو المسببة للمجال) عند حساب القوة الكهربائية أو المجال لأنها كميات متجهة ويعبر عنها اتجاهها بعد المقدار.

**تدريب ؟**

يبين الشكل إلكترونات وبروتونات موضوعة على المحور السيني. حدد اتجاه المجال

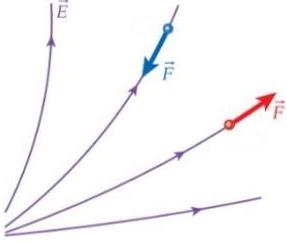
الكهربائي المحصل عند النقطتين (A)، (B).



## أسئلة إضافية وإثرائية

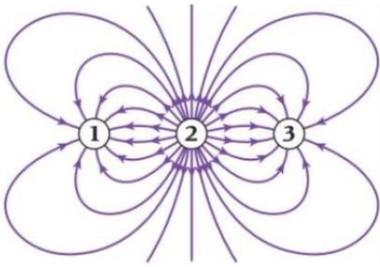
? سؤال

حدد نوع كل من الشحنتين على الشكل مبرراً إجابتك ..



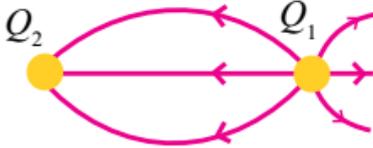
? سؤال

أي من الشحنيات الآتية المبينة في الشكل موجبة وأيها سالبة ؟



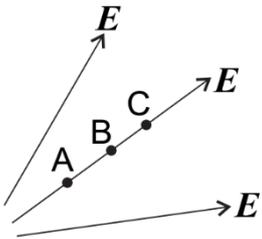
? سؤال

الشكل المجاور يمثل خطوط مجال كهربائي لشحنتين نقطيتين ، إذا علمت أن مقدار الشحنة الأولى ( $9 \mu C$ ) فما مقدار ونوع الشحنة الثانية؟



? سؤال

الشكل يمثل خطوط مجال كهربائي وُضع إلكترون عند النقطة (B) فما الاتجاه الذي سيتحرك نحوه الإلكترون وما مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون؟



## نقطة التعادل الكهربائي

هي النقطة التي يكون المجال الكهربائي عندها يساوي صفر .

• إذا كانت الشحنتان متشابهتان بالإشارة تكون نقطة التعادل بينهما وأقرب للشحنة الأصغر مع اهمال الإشارة السالبة.

• إذا كانت الشحنتان مختلفتان بالإشارة تكون نقطة التعادل خارجهما وأقرب للشحنة الأصغر مع اهمال الإشارة السالبة.

**سؤال ؟** شحنتان نقطيتان المسافة بينهما (30 cm) الشحنة الأولى ( $1 \mu\text{C}$ )

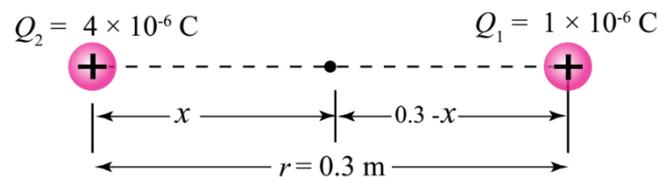
والشحنة الثانية ( $4 \mu\text{C}$ )، احسب بعد نقطة التعادل عن الشحنة الثانية ؟

$$E_1 = E_2 \rightarrow k \frac{Q_1}{r_1^2} = k \frac{Q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{1 \times 10^{-6}}{(x)^2} = \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.3-x)^2}$$

$$\sqrt{\frac{1}{(x)^2}} = \sqrt{\frac{4}{(0.3-x)^2}} \rightarrow \frac{1}{x} = \frac{2}{0.3-x} \rightarrow x = 0.1 \text{ m}$$

إذن بعد الشحنة الثانية عن نقطة التعادل يساوي ( $0.1 \text{ m}$ ).



**سؤال ؟** شحنتان نقطيتان مختلفتان نوعاً إحداهما (9) أمثال الأخرى والمسافة

بينهما (6 cm)، حدد موضع نقطة انعدام المجال.

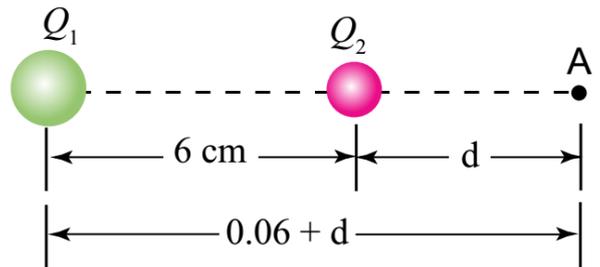
$$Q_1 = 9Q_2$$

$$E_1 = E_2 \rightarrow k \frac{Q_1}{r_1^2} = k \frac{Q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{9 \times Q_2}{(0.06+d)^2} = \frac{Q_2}{(d)^2}$$

$$\sqrt{\frac{9}{(0.06+d)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(d)^2}} \rightarrow \frac{3}{0.06+d} = \frac{1}{d} \rightarrow d = 0.03 \text{ m} = 3 \text{ cm}$$

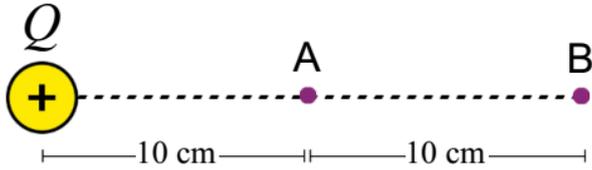
إذن نقطة التعادل تبعد عن الشحنة الثانية ( $3 \text{ cm}$ ) وعن الشحنة الأولى ( $9 \text{ cm}$ ).



**Special ?** وضعت شحنة ( $2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ) على بعد ( $10 \text{ cm}$ ) من النقطة (A) كما في

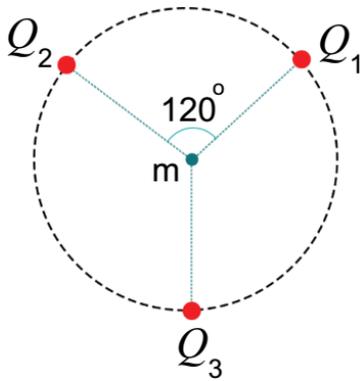
الشكل ، احسب مقدار الشحنة الكهربائية الواجب وضعها عند النقطة (B) وحدد نوعها ليكون المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (A) مساوياً لـ ( $54 \times 10^5 \text{ N/C}$ ) واتجاهه

مماس باتجاه النقطة (B).



**Special ?** في الشكل اذا علمت أن ( $Q_1 = Q_2 = Q_3$ ) وموجبة الشحنة ، اثبت أن

المجال المحصل في مركز الدائرة يساوي صفر .



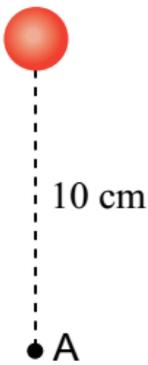
**Special ?** في الشكل المجاور شحنة نقطية ( $Q$ ) موضوعة في الهواء وعندما

وُضعت شحنة مقدارها ( $2 \times 10^{-12} \text{ C}$ ) عند النقطة (A) تأثرت بقوة كهربائية

مقدارها ( $36 \times 10^{-7} \text{ N}$ ) باتجاه محور ( $+y$ )، احسب :

أ - المجال الكهربائي عند النقطة (A) مقداراً واتجهاً.

ب - مقدار الشحنة الكهربائية ( $Q$ ) وحدد نوعها.



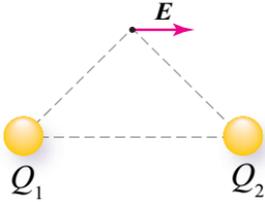
**Special ?** في الشكل المجاور الذي يمثل شحنة نقطية وضع إلكترون عند النقطة (A)

وتأثر بقوة كهربائية نحو ( $-y$ ) فما هو اتجاه المجال الكهربائي ونوع الشحنة ؟



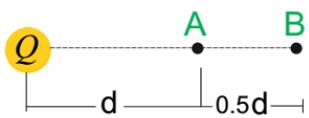
## أسئلة إضافية وإثرائية

### ? سؤال



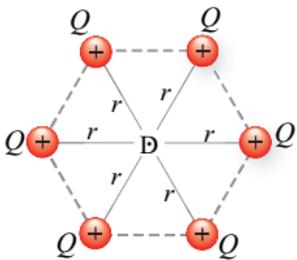
يبين الشكل المجاور اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند نقطة تبعد عن الشحنتين ( $Q_1, Q_2$ ) المسافة نفسها، إذا علمت أن الشحنتين متساويتين في المقدار فما هو نوع كل منهما ؟

### ? سؤال



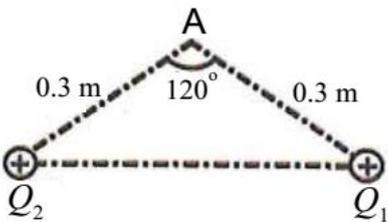
وضع إلكترون عند النقطة (B) فتعرض لقوة كهربائية ( $1 \text{ mN}$ ) نحو ( $+x$ )، فإن مقدار القوة التي يتعرض لها الإلكترون عند وضعه عند (A):

### ? سؤال



وزعت شحنات نقطية مقدار كل منها ( $+Q$ ) على رؤوس مضلع سداسي كما في الشكل. إذا أزيلت شحنة نقطية واحدة فما هو مقدار المجال الكهربائي المحصل على النقطة في المركز (D).

### ? سؤال



وضعت الشحنتين ( $Q_1, Q_2$ ) على رؤوس مثلث متساوي الساقين كما في الشكل إذا علمت أن مقدار كل من الشحنتين ( $1 \text{ nC}$ ) فاحسب مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند النقطة (A).

### ? سؤال

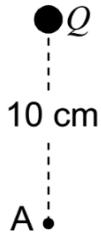
ما مقدار شحنة اختبار إذا تعرضت لقوة مقدارها ( $1.4 \times 10^{-8} \text{ N}$ ) عند نقطة شدة المجال الكهربائي فيها ( $5 \times 10^{-4} \text{ N/C}$ ) ؟

### ? سؤال

شحنة نواة ذرة رصاص تساوي شحنة (82) بروتوناً، جد مقدار واتجاه القوة المؤثرة في إلكترون موضوع على بعد ( $1 \times 10^{-10} \text{ m}$ ) من النواة.

## أسئلة إضافية وإثرائية

### ? سؤال

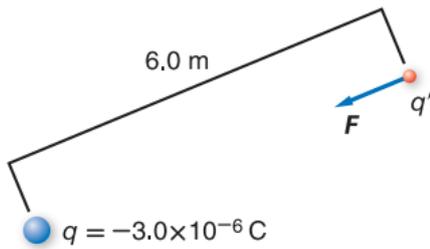


في الشكل المجاور شحنة نقطية موضوعة في الهواء، وعندما وضعت شحنة مقدارها  $(2 \times 10^{-12} \text{ C})$  عند النقطة (A) تأثرت بقوة كهربائية مقدارها  $(36 \times 10^{-7} \text{ N})$  باتجاه (+y) ، احسب مقدار الشحنة النقطية وحدد نوعها.

### ? سؤال

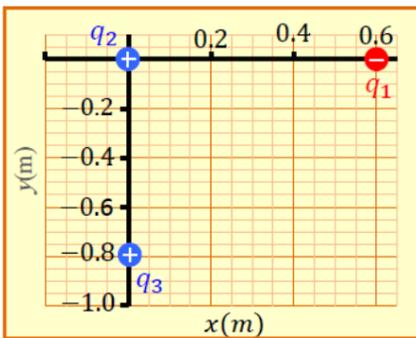
وضعت شحنة نقطية مقدارها  $(5 \times 10^{-6} \text{ C})$  عند إحدى الزوايا على حافة مربع طول ضلعه  $(5 \text{ m})$  على كل جانب. ما مقدار المجال الكهربائي في الزاوية المقابلة في المربع؟

### ? سؤال



ما مقدار المجال الكهربائي المبدول على شحنة الاختبار الموضحة في الشكل ؟

### ? سؤال

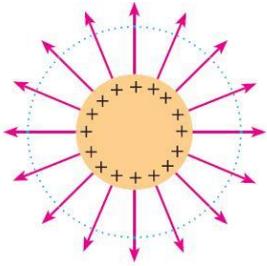


وضعت الشحنات  $(Q_1, Q_2, Q_3)$  متجاورات كما هو مبين في الشكل المجاور. إذا كانت  $(q_1 = -4 \times 10^{-8} \text{ C})$  و  $(q_1 = +8 \times 10^{-8} \text{ C})$  و  $(q_1 = +6 \times 10^{-8} \text{ C})$  فجد مقدار المجال المحصل عند النقطة  $(0.6, -0.8)$ .

### ? سؤال

وضعت شحنتان نقطيتان  $(q_1 = -8 \times 10^{-8} \text{ C}, q_2 = 2 \times 10^{-8} \text{ C})$  على محور (+x) عند الموضعين  $(x = +3 \text{ cm}, x = -2 \text{ cm})$  على الترتيب. جد بعد نقطة التعادل عن الشحنة الثانية.

## المجال الكهربائي لكرة موصلة مشحونة



• لحساب مقدار المجال عند أي نقطة خارج الكرة الموصلة المشحونة نستعمل العلاقات الخاصة بمجال الشحنات النقطية التي شرحناها سابقاً لأن المجال الكهربائي خارج الكرة الفلزية المشحونة يماثل تماماً المجال الكهربائي حول شحنة نقطية مساوية لشحنة الكرة الكلية.

• المجال الكهربائي داخل الكرة يساوي محصلة متجهات المجال الناتجة عن كل الشحنات على سطح الكرة ويساوي صفراً.

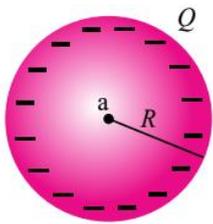
• لحساب المجال الكهربائي داخل الكرة الموصلة المشحونة:

$$E = 0$$

• لحساب المجال الكهربائي عند أي نقطة خارج الكرة الموصلة المشحونة:

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

المسافة بين مركز الكرة والنقطة :  $r$  ، الشحنة الكلية للكرة :  $Q$  ، ثابت كولوم :  $k$



**سؤال ؟** كرة نحاسية نصف قطرها (10 cm) موضوعة في

الهواء ومشحونة بشحنة سالبة ( $-12 \mu\text{C}$ ) مستعيناً بالشكل،

جد المجال الكهربائي عند كل من النقطتين (a,b).

$$E_B = k \frac{Q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (12 \times 10^{-6})}{(0.2 + 0.1)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (12 \times 10^{-6})}{(0.3)^2}$$

$$E_B = 12 \times 10^{+5} \text{ N/C} , -x$$

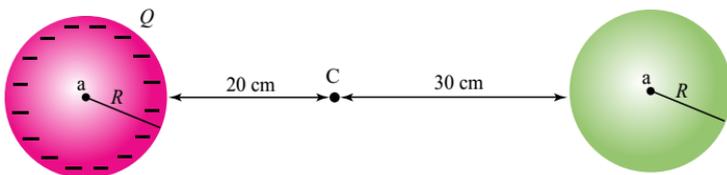
$$E_a = 0 \text{ N/C}$$

**سؤال ؟** كرتان نحاسيتان نصف قطر كل كرة (10 cm) موضوعتان في الهواء، الكرة

الأولى مشحونة بشحنة سالبة ( $-12 \mu\text{C}$ ) مستعيناً بالشكل، احسب مقدار ونوع شحنة

الكرة الأخرى إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (C) يساوي

( $6 \times 10^{+5} \text{ N/C}$ ,  $+x$ ).



$$\Sigma E = E_2 - E_1 = 6 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_1 = k \frac{Q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (12 \times 10^{-6})}{(0.3)^2} = 12 \times 10^5 \text{ N/C}, -x$$

$$\Sigma E = E_2 - E_1 = 12 \times 10^5 - E_1 = 6 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_1 = 12 \times 10^5 - 6 \times 10^5 = 6 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r^2} \rightarrow 6 \times 10^5 = \frac{9 \times 10^9 \times (Q_2)}{(0.4)^2} \rightarrow Q_2 = \frac{32}{3} \times 10^{-6} \text{ C}$$

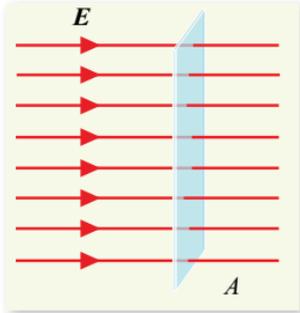
## أسئلة إضافية وإثرائية

### ? سؤال

كرة فلزية صغيرة شحنتها ( $1.2 \times 10^{-5} \text{ N}$ ) لامست كرة متعادلة ثم وضعت على بُعد ( $0.20 \text{ m}$ ) منها، ما مقدار المجال المؤثر على نقطة تقع في منتصف المسافة بين الكرتين ؟

### ? سؤال

كرتان نحاسيتان موضوعتان في الهواء، نصف قطر الكرة الأولى ضعف نصف قطر الكرة الثانية، والكرة الأولى مشحونة بشحنة سالبة مقدارها ( $-16 \mu\text{C}$ ) والكرة الثانية مشحونة بشحنة مقدارها ( $-9 \mu\text{C}$ )، المسافة بين سطح كل منهما ( $20 \text{ cm}$ ) إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند نقطة تقع في منتصف المسافة بين الكرتين يساوي ( $6 \times 10^5 \text{ N/C}, +x$ )، فاحسب قطر الكرة الثانية.



## التدفق الكهربائي

**سؤال ؟** ما المقصود بالتدفق الكهربائي ؟

العدد الكلي لخطوط المجال الكهربائي التي تعبر مساحة محددة.

• لحساب التدفق الكهربائي نستخدم العلاقة الآتية :

$$\phi = E \cdot A = EA \cos \theta$$

المساحة :  $A$  , المجال الكهربائي :  $E$  , التدفق الكهربائي :  $\phi$

• شدة المجال الكهربائي تتناسب طردياً مع عدد خطوط المجال التي تخترق وحدة المساحة بشكل عمودي.

• وأيضا التدفق يساوي عدد خطوط المجال الكلية التي تخترق المساحة.

• يُقاس التدفق بوحدة ( $Nm^2/C$ ) حسب النظام العالمي للوحدات.

**سؤال ؟** ما العوامل التي يعتمد عليها التدفق الكهربائي ؟

مقدار المجال الكهربائي، مقدار المساحة، الزاوية بين متجهي المساحة والمجال الكهربائي.

**سؤال ؟** مجال كهربائي ثابت مقداره ( $3 \times 10^3 \text{ N/C}$ ) تخترق بعض خطوطه سطحاً

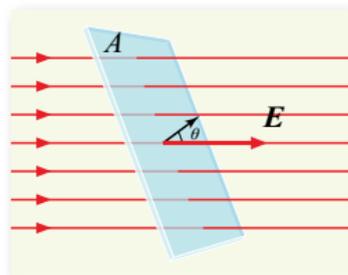
مساحته ( $0.04 \text{ m}^2$ ) كما في الشكل. إذا علمت أن خطوط المجال موازية لمتجه المساحة فأحسب التدفق الكهربائي.

$$\phi = E \cdot A = EA \cos \theta = 3 \times 10^3 \times (0.04) \times \cos(0^\circ) = 120 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

**سؤال ؟** أحسب التدفق الكهربائي خلال سطح مستطيل الشكل، أبعاد مساحته

( $5 \text{ cm}$  ,  $10 \text{ cm}$ ) موضوع في منطقة مجال كهربائي ثابت مقداره ( $100 \text{ N/C}$ )، كما في

الشكل. علماً بأن الزاوية بين متجه المجال ومتجه المساحة ( $37^\circ$ ).



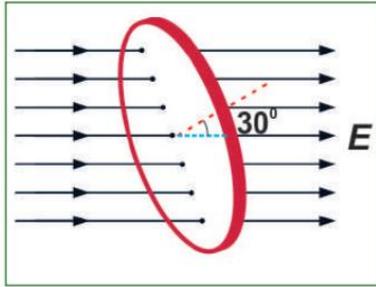
$$A = 0.05 \times 0.1 = 0.005 \text{ m}^2$$

$$\phi = E \cdot A = EA \cos \theta = 100 \times (0.005) \times \cos(37^\circ)$$

$$\phi = 0.4 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

**سؤال ?**

يبين الشكل المجاور قرصاً دائرياً نصف قطره (10 cm) موضوع في مجال كهربائي شدته (2000 N/C)، بحيث تصنع خطوط المجال زاوية مقدارها (30°) مع متجه المساحة (A). احسب :



1 - التدفق الكهربائي عبر القرص الدائري.

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.1)^2 = 0.0314 \text{ m}^2$$

$$\phi = E \cdot A = EA \cos \theta = 2000 \times (0.0314) \times \cos(30^\circ)$$

$$\phi = 54 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

2 - التدفق الكهربائي عبر القرص الدائري عندما يدور القرص بحيث تصبح خطوط المجال موازية لمستوى القرص.

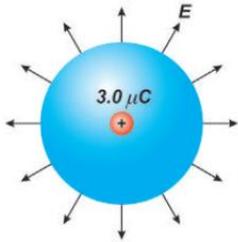
$$\phi = E \cdot A = EA \cos \theta = 2000 \times (0.0314) \times \cos(90^\circ) = 0 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

3 - التدفق الكهربائي عبر القرص الدائري بحيث تصبح خطوط المجال عمودية على مستوى القرص.

$$\phi = E \cdot A = EA \cos \theta = 2000 \times (0.0314) \times \cos(0^\circ) = 63 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

**سؤال ?**

يبين الشكل المجاور شحنة نقطية موجبة مقدارها (3 μC)، موضوعة في مركز كرة نصف قطرها (20 cm) في الهواء. ما التدفق الكهربائي عبر سطح الكرة ؟



$$E = k \frac{Q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6})}{(0.2)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6})}{0.04} = 675 \times 10^3 \text{ N/C}$$

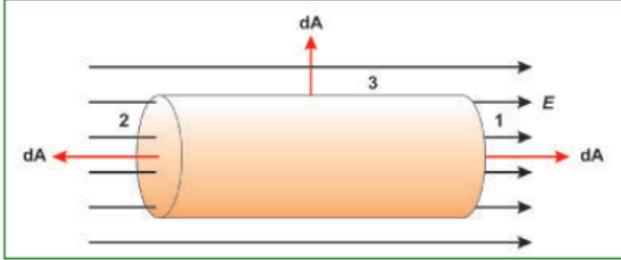
$$A = 4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times (0.2)^2 = 0.5024 \text{ m}^2$$

$$\phi = E \cdot A = EA \cos \theta = 675 \times 10^3 \times (0.5024) \times \cos(0^\circ) = 3.4 \times 10^5 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

**تدريب ?**

هل يتغير التدفق الكهربائي في السؤال السابق إذا كان نصف قطر الكرة (10 cm) ؟ فسر إجابتك ..

**سؤال ؟** يبين الشكل المجاور أسطوانة طولها ( $L$ ) ونصف قطرها قاعدتها ( $r$ )، موضوعة في مجال كهربائي منتظم شدته ( $E$ ) في اتجاه يوازي محور الأسطوانة. ما التدفق الكلي خلال سطح الأسطوانة ؟



$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$$

$$\Phi = EA \cos 0 + EA \cos 180 + EA \cos 90$$

$$\Phi = EA - EA + 0 = 0$$

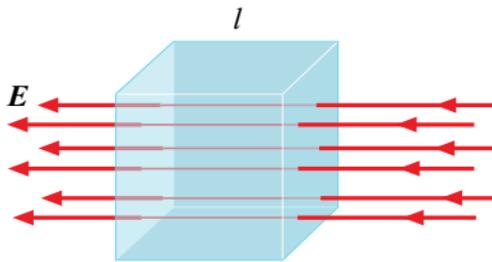
**أفكر:**

سطح أفقي اتجاه مساحته نحو الأعلى يوجد فوقه جسم مشحون بشحنة موجبة، أصف تدفق خطوط المجال الذي يعبر السطح والنتيجة عن هذه الشحنة، ثم أبين ما يحدث للتدفق عند إضافة شحنة سالبة أسفل السطح الأفقي مع بقاء الشحنة الأولى.

ستكون خطوط المجال خارجة من الشحنة الموجبة وتعتبر السطح الأفقي من الأعلى إلى الأسفل بزوايا مختلفة وعند وضع شحنة سالبة أسفل السطح ستكون خطوط مجالها نحو الأسفل أيضا وتعتبر السطح أي أن التدفق سوف يزداد..

**تمرينه**

أحسب التدفق الكهربائي الناتج عن دخول خطوط مجال كهربائي منتظم ( $E$ ) لمكعب طول ضلعه ( $l$ ) بشكل عمودي على أحد أوجهه كما في الشكل، وخروجها عمودياً من الوجه المقابل..



$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$$

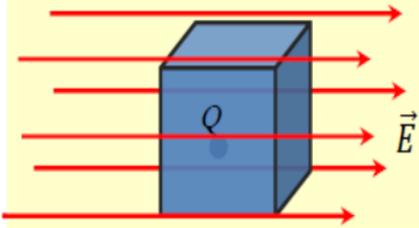
$$\Phi = EA_1 \cos 180 + EA_2 \cos 0$$

$$\Phi = E(l \times l) \cos 180 + E(l \times l) \cos 0$$

$$\Phi = -El^2 + El^2 = 0$$

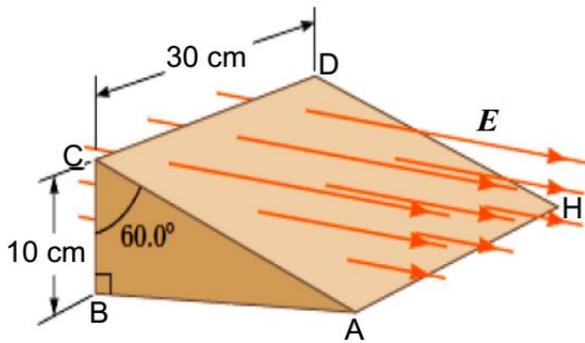
## أسئلة إضافية وإثرائية

### ? سؤال



مكعب طول ضلعه (0.4 m) وضعت عند مركزه شحنة كهربائية نقطية ( $Q$ ) ثم وضع في مجال كهربائي منتظم شدته ( $400 \text{ N/C}$ ) كما في الشكل المجاور. إذا علمت أن التدفق الذي يجتاز وجهه الأيسر ( $10 \text{ Nm}^2/\text{C}$ )، فاحسب التدفق الكهربائي من خلال السطح العلوي للمكعب.

### ? سؤال



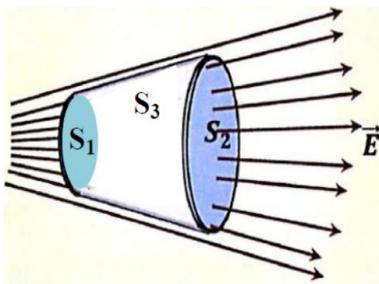
الشكل المجاور يظهر منشورًا ثلاثيًا وضع في مجال كهربائي منتظم مقدار شدته ( $90000 \text{ N/C}$ )، جد التدفق الكهربائي الذي يجتاز كل من :

أ - السطح ( $ABC$ ).

ب - السطح ( $ACDH$ ).

ج - أوجه المنشور (التدفق الكلي).

### ? سؤال



جسم مغلق السطح ولا يحتوي على شحنات بداخله، موضوع في مجال كهربائي غير منتظم. إذا كانت مساحة السطح ( $S_2$ ) مثلي مساحة السطح ( $S_1$ )، فأجب عن الآتي :

أ - هل مقدار شدة المجال الكهربائي الذي يجتاز السطح ( $S_1$ ) مساوٍ لمقدار شدة المجال التي تجتاز السطح ( $S_2$ ) ؟ برر إجابتك..

ب - جد معادلة رياضية تربط بين التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح ( $S_1$ ) والتدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح ( $S_2$ ).

## حل أسئلة مراجعة الدرس الثاني من الوحدة الثانية

## سؤال 1 | وضح المقصود بكل من :

**المجال الكهربائي:** خاصية للحيز المحيط بالجسم المشحون ويظهر في هذا الحيز تأثير المجال على شكل قوى كهربائية تؤثر في الأجسام المشحونة الأخرى.

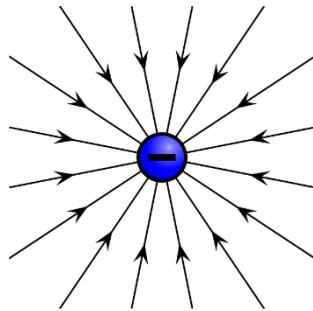
**المجال الكهربائي عند نقطة:** هو القوة الكهربائية التي تؤثر في وحدة الشحنة الموجبة الموضوعة في تلك النقطة.

**شدة المجال الكهربائي:** كمية تُعبر عن مقدار المجال عند نقطة.

**خط المجال الكهربائي:** مسار شحنة اختبار موجبة تتحرك تحت تأثير المجال الكهربائي فقط.

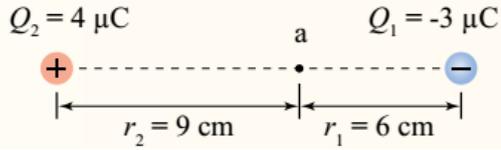
## سؤال 2 | وضح بالرسم خطوط المجال الكهربائي حول شحنة نقطية سالبة موضوعة

بالفراغ.



## سؤال 3 | فسر عدم إمكانية تقاطع خطين من خطوط المجال الكهربائي.

لو تقاطع خطان لأصبح للمجال أكثر من اتجاه أكثر من اتجاه عند نقطة التقاطع، وهذا يتعارض مع مفهوم المجال عند نقطة.

**سؤال 4** يوضح الشكل المجاور شحنتين الأولى سالبة والثانية موجبة. مستعيناً

(a) بالشكل جد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (a) وحدد اتجاهه.

$$E_1 = k \frac{Q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (3 \times 10^{-6})}{(6 \times 10^{-2})^2} = 0.75 \times 10^7 \text{ N/C}, +x$$

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (4 \times 10^{-6})}{(9 \times 10^{-2})^2} = 0.44 \times 10^7 \text{ N/C}, +x$$

$$\Sigma E = E_1 + E_2 = 0.75 \times 10^7 + 0.44 \times 10^7 = 1.19 \times 10^7 \text{ N/C}, +x$$

**سؤال 5** شحنة نقطية في الهواء مقدارها ( $12 \mu\text{C}$ ) موجودة في مركز سطح كروي

نصف قطره ( $0.2 \text{ m}$ ). جد التدفق الكهربائي خلال السطح الكروي ثم بيّن: هل يتغير التدفق بتغير نصف قطر السطح الكروي؟

$$E = k \frac{Q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (12 \times 10^{-6})}{(0.2)^2}$$

$$E = \frac{9 \times 10^9 \times (12 \times 10^{-6})}{0.04} = 2700 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$A = 4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times (0.2)^2 = 0.5 \text{ m}^2$$

$$\phi = E \cdot A = E A \cos\theta = 2700 \times 10^3 \times (0.5) \times \cos(0^\circ) = 1350 \times 10^3 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

عندما يتغير نصف قطر السطح الكروي فإن المجال يتغير ومساحة السطح تتغير لكن التدفق الكلي يبقى ثابتاً.