

الوحدة الثانية

المجالات الكهربائية وقانون كولوم

١-٢ المجال الكهربائي

الكهرباء الساكنة (الكهروستاتيكية)

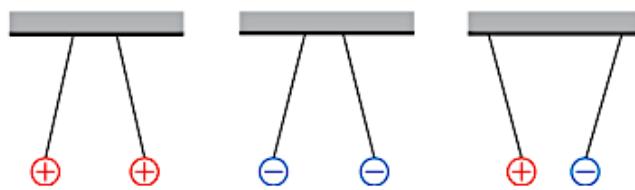
أهمية الكهرباء الساكنة:

- ضرورية في عملية تصوير الوثائق، وتنظيف الانبعاثات الصناعية عن طريق ترسيب الغبار، ورش المحاصيل الزراعية.
- في الكائنات الحية: يتعرف الفرش على فريسته من خلال الاستجابة للمجالات الكهربائية التي تصدرها عضلات فريسته.

الشحنة الكهربائية

هي خاصية لدى الجسم تجعله يتأثر بقوة (تجاذب أو تناfar) عندما يوضع في مجال كهربائي

الملحوظات الجهرية (العيانية) على الشحنة الكهربائية:



- يمكن شحن العوازل عن طريق الدلك والوصلات عن طريق لمس جسم مشحون.
- الشحنات المختلفة تتجاذب والمتشاربة تتناfar.

- الأجسام المتعادلة تنجذب للأجسام المشحونة نتيجة للحث الكهروستاتيكي (عند تقريب جسم متعادل من جسم مشحون تتحرك الإلكترونات داخل الجسم المتعادل بسبب التناfar أو التجاذب بحيث يصبح أحد جهتيه موجباً والآخر سالباً).
- توصف هذه الملاحظات بأنها جهوية لأنها تم دون الحاجة إلى النظر فيها يحدث على مستوى الذرات والإلكترونات.

الصورة الجهرية للكهرباء الساكنة:

الذي يفسر كون الجسم مشحوناً بشحنة موجبة أو سالبة أو غير مشحون هو عدد الإلكترونات مقارنة بعدد البروتونات فيه.

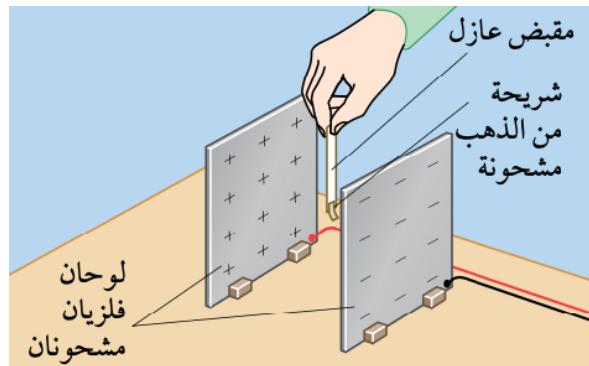
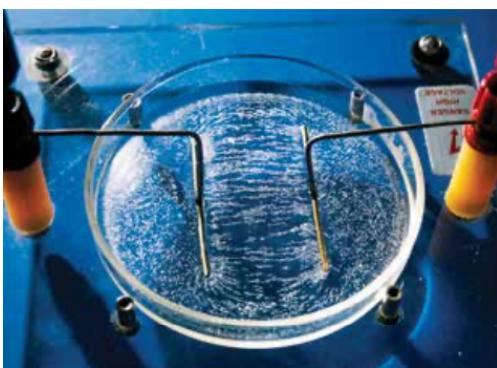
المجال الكهربائي

المجال الكهربائي: هو مجال قوة، فهو المنطقة التي يتاثر فيها جسم مشحون بقوة كهربائية.

مجال القوة: منطقة من الفضاء يتاثر فيها الجسم بقوة.

استقصاء المجال الكهربائي:

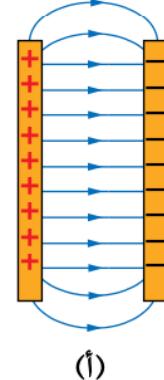
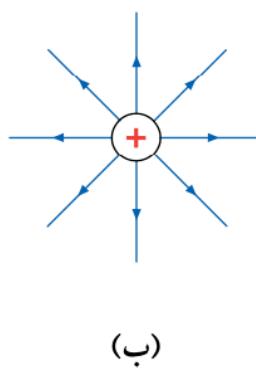
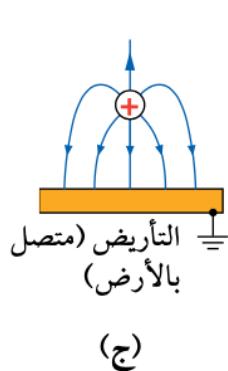
- عندما توضع شريحة ذهب مشحونة بين لوحين فلزيين مشحوبين نلاحظ انجذاب الشريحة إلى أحدهما.
- عندما توضع حبيبات السميد بين لوحين فلزيين مشحوبين فإنها تصطف لظهور مجالاً كهربائياً منتظمًا.



تمثيل المجالات الكهربائية

نعلم أن خطوط المجال (تسمى أحيانا خطوط القوة) توضح شدة المجال واتجاهه عند نقطة ما. وفيما يلي ثلاثة أمثلة لها:

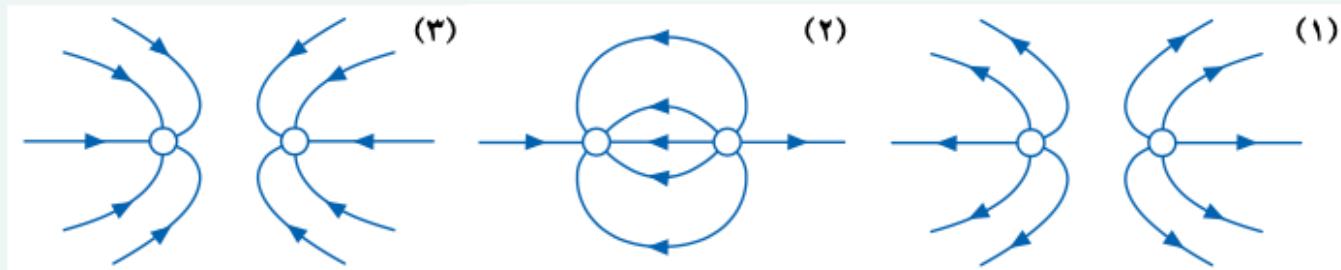
- أ. المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحوبين مختلفتين: مجال منتظم (أي له نفس الشدة عند جميع النقاط).
- ب. المجال الكهربائي حول شحنة كهربائية نقطية أو كرة مشحونة: مجالشعاعي (لأن الخطوط تتبعاد كلما ابتعدنا عن الجسم المشحون).
- ج. المجال الكهربائي بين كرة مشحونة ولوح مؤرض (المفترض أن تكون الأرض عند صفر فولت لأنها غير مشحونة).



أسئلة

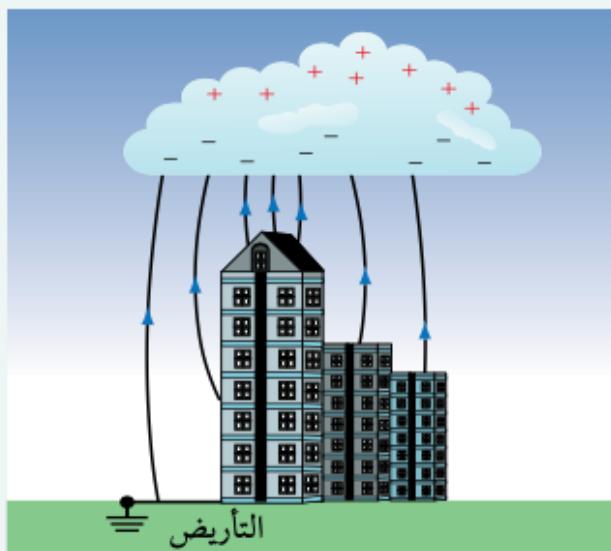
١ أي من مخططات المجالات الثلاثة في الشكل ٤-٢ يمثل المجال الناشئ عن:

- أ. شحنتين موجبيتين؟
- ب. شحنتين سالبتين؟
- ج. شحنتين مختلفتين؟



الشكل ٤-٢ مجالات كهربائية بين شحنتين كهربائيتين.

٣ يبيّن الشكل ٦-٢ نمط المجال الكهربائي بين سحابة رعدية ومبني. أين تكون شدة المجال الكهربائي أكبر؟ اشرح إجابتك.



الشكل ٦-٢ نمط المجال الكهربائي بين سحابة رعدية ومبني.

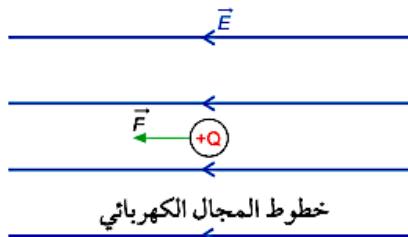
٤ توصف العديد من الجزيئات بأنها قطبية: أي أن لديها أطرافاً مشحونة بشحنة موجبة وأخرى سالبة، ومع ذلك فإنها متعادلة بشكل عام. ارسم مخططاً لتوضيح كيف يمكن للجزيئات القطبية مثل تلك المبيّنة في الشكل ٥-٢ أن تغير موقعها وتترتيب أطرافها في مادة صلبة عند تعرضها لمجال كهربائي.



الشكل ٥-٢ جزيئات قطبية غير منتظمة.

٢-٢ شدة المجال الكهربائي

شدة المجال الكهربائي عند نقطة (\vec{E})



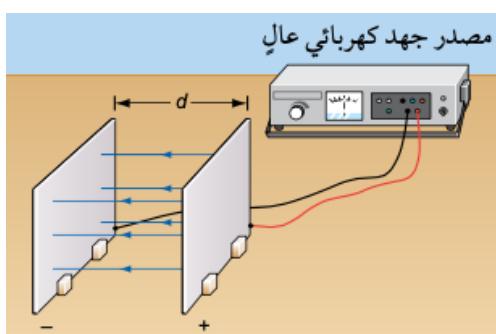
هي القوة لكل وحدة شحنة كهربائية والتي تؤثر على شحنة كهربائية موجبة ثابتة موضوعة عند تلك النقطة.

(أو هي القوة المؤثرة على شحنة نقطية موجبة مقدارها 1 كولوم ثابتة موضوعة عند تلك النقطة).

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} \quad (\text{N C}^{-1})$$

من المهم استخدام شحنة اختبارية موجبة لأن هذا يحدد اتجاه المجال الكهربائي.

شدة المجال الكهربائي المنتظم



$$\vec{E} = -\frac{\Delta V}{d} \quad (\text{V m}^{-1} \equiv \text{N C}^{-1})$$

أهمية الإشارة السالبة:

- تضمن الإشارة السالبة أن يكون اتجاه متوجه شدة المجال الكهربائي صحيح بالنسبة لمتجه الإزاحة بين اللوحين عند حساب فرق الجهد.
- فعندما تتحرك الشحنة عكس اتجاه المجال يكون فرق الجهد موجبا (لأن الجهد يكون أكبر بالقرب من اللوح الموجب).
- وعندما تتحرك الشحنة في نفس اتجاه المجال يكون فرق الجهد سالبا (لأن الجهد يكون أقل بالقرب من اللوح السالب).
- انتبه: إشارة السالب هنا تعني الاتجاه المعاكس وليس قيمة أدنى من الصفر كما هو الحال في الجهد وطاقة الوضع.

الشغل المبذول = القوة × المسافة

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

الطاقة المنقولة = VQ

الخطوة ٢: بالتعويض عن معادلتي الشغل والطاقة المنقولة نحصل على:

$$\vec{F} \cdot \vec{d} = VQ$$

وبإعادة ترتيب المعادلة نحصل على:

$$\frac{F}{Q} = \frac{V}{d}$$

الخطوة ٣: الجانب الأيسر من المعادلة هو شدة المجال الكهربائي (\vec{E}). لذلك فإن:

$$E = \frac{V}{d}$$

١. لوحان فلزيان تفصل بينهما مسافة (d)، وفرق الجهد الكهربائي بينهما (V). سُحب شحنة كهربائية موجبة (Q) بسرعة ثابتة وبقوة ثابتة (\vec{F}) بدءاً من اللوح السالب في خط مستقيم إلى اللوح الموجب. باستخدام تعريف شدة المجال الكهربائي ومفهوم الشغل المبذول، بين أن مقدار شدة المجال الكهربائي (\vec{E}) تُعطى بالمعادلة:

$$E = \frac{V}{d}$$

الخطوة ١: لدينا:

الشغل المبذول على الشحنة الكهربائية = الطاقة المنقولة للشحنة من تعريفات الشغل المبذول، يمكننا أن نكتب:

تابع

أساسية. وقد استخدمنا الأسس العشرى هنا.

الخطوة ٢: لحساب القوة (\vec{F}), عليك أولاً تحديد شدة المجال الكهربائي:

$$E = \frac{V}{d}$$

$$= \frac{5.0 \times 10^3}{2.0 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^5 \text{ V m}^{-1}$$

الخطوة ٣: احسب الآن القوة المؤثرة على جسيم الغبار.

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

$$F = 2.5 \times 10^5 \times 8.0 \times 10^{-19}$$

$$= 2.0 \times 10^{-13} \text{ N}$$

٢. لوحان فلزيان متوازيان المسافة بينهما (2.0 cm) (2.0 cm) وفرق الجهد الكهربائي بينهما (5.0 kV). احسب القوة الكهربائية المؤثرة على جسيم من جسيمات الغبار يحمل شحنة كهربائية مقدارها (8.0×10^{-19} C) موضوع بين اللوحيين.

الخطوة ١: اكتب الكميات المعطاة في السؤال:

$$d = 2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$V = 5.0 \times 10^3 \text{ V}$$

$$Q = 8.0 \times 10^{-19} \text{ C}$$

مساعدة: عند كتابة الكميات من المهم تضمين الوحدات وتحويلها إلى وحدات

أسئلة

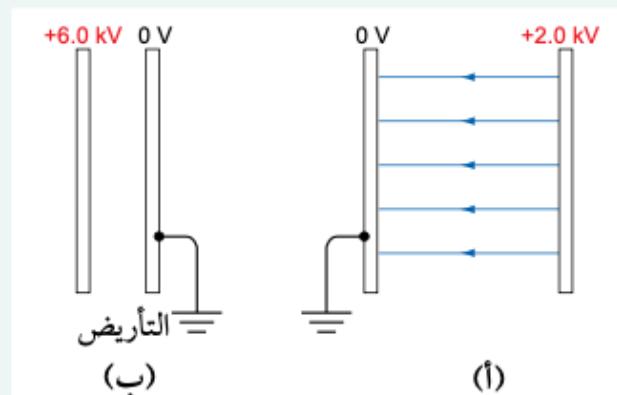
٨ الهواء عادة يكون عازلاً جيداً، ومع ذلك يمكن أن تقفز شرارة عبر الهواء الجاف عندما تكون شدة المجال الكهربائي أكبر من (7 V cm^{-1}) (40000) تقريباً. وهذا ما يسمى الانهيار الكهربائي (electrical breakdown). تُظهر الشرارة أن الشحنة الكهربائية تمر عبر الهواء أي أن هناك تياراً كهربائياً (لا تخلط بين هذه الشرارة والشرارة الكيميائية، مثل التي تراها عند مشاهدة الألعاب النارية؛ في تلك الحالة تحترق جسيمات صغيرة من مادة كيميائية بسرعة).

- أ. مؤَلِّد ثان دي جراف (الصورة ٣-٢) قادر على توليد شحنات ينبع منها شرر يمكن أن يقفز عبر فجوة عرضها (4 cm). قدر فرق الجهد الكهربائي الذي ينتجه المؤَلِّد؟
- ب. قدر الجهد الكهربائي لسحابة رعدية ارتفاعها (100 m) والتي يضرب البرق منها الأرض.



الصورة ٣-٢ ينبع مؤَلِّد ثان دي جراف فرق جهد كهربائي يحدث شرراً عبر الهواء.

٤ بيّن الشكل ٩-٢ زوجين من الألواح المتوازية المشحونة، كل زوج منها له فرق جهد كهربائي مختلف. تظهر خطوط المجال الكهربائي في الشكل (أ). انسخ الشكل (ب) وأكمله لإظهار خطوط المجال الكهربائي. انتبه للمسافة بين خطوط المجال الكهربائي حتى تستطيع تمييز شدة المجال الكهربائي في (ب).



الشكل ٩-٢ زوجان من الألواح المتوازية المشحونة.

٥ احسب شدة المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة موضوع فيها شحنة كهربائية مقدارها (20 mC) بحيث تتأثر بقوة رأسية إلى الأسفل مقدارها (150 N).

٦ احسب شدة المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين، تفصل بينهما مسافة مقدارها (40 cm)، وفرق الجهد الكهربائي بينهما (1000 V).

٧ تؤثّر قوة كهربائية مقدارها ($8 \times 10^{-16} \text{ N}$) على إلكترون موضوع في مجال كهربائي منتظم. ما شدة المجال الكهربائي المنتظم؟ (شحنة الإلكترون $e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$).

٣-٢ القوة المؤثرة على شحنة كهربائية

مقدار القوة الكهربائية:

$$\vec{E} = -\frac{\Delta V}{d} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$$

علمنا أن:

إذاً مقدار القوة الكهربائية يحسب بـ:

$$\vec{F} = -\frac{QV}{d} \quad (\text{N})$$

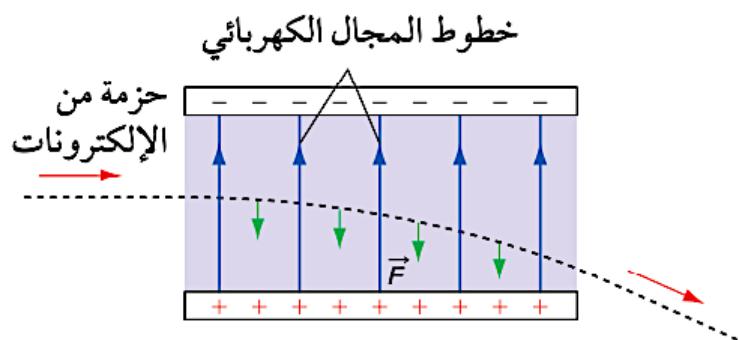
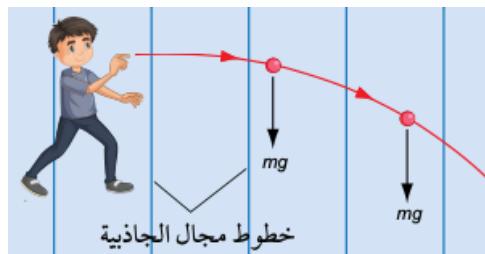
والإلكترون (شحنته e) يكون:

$$F = -\frac{eV}{d} \quad (\text{N})$$

اتجاه القوة الكهربائية:

بشكل عام: الشحنة الكهربائية تتتسارع نحو شحنة أخرى إذا كانتا مختلفتين وتتسارع بعيدا عنها إذا كانتا متشابهتين.

وإذا كانت الشحنة تتحرك عموديا على خطوط المجال فإنها تتخذ مسارا مقوسا على شكل قطع مكافئ. انظر ماذا حدث لكل إلكترون في الشكل التالي لتعلم أن سرعته المتجهة الأفقية لم تتأثر بالقوة الكهربائية، ولكنه تسارع إلى الأسفل تحت تأثير هذه القوة. (يشبه حالة رمي كرة أفقيا في مجال الجاذبية الأرضية المنتظم).



لاحظ أن القوة المؤثرة على الإلكترون هي نفسها عند جميع النقاط بين اللوحين لأن المجال الكهربائي بينهما منتظم.

كذلك، قوة الجاذبية المؤثرة على هذا الإلكترون مماثلة مقارنة بالقوة الكهربائية المؤثرة عليه لأن كتلته صغيرة جدا.

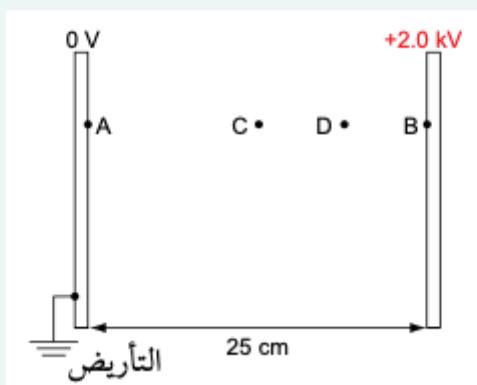
أسئلة

المجال الكهربائي بين اللوحين، والقوة المؤثرة على الشحنة الكهربائية.

- ١١ عادة نحن نتأثر بتسارع لا يزيد مقداره عن (10 m s^{-2}), على سبيل المثال عندما نسقط فإن التسارع يكون (9.81 m s^{-2}) تقريباً، وعندما تتعطف السيارة بحدة وبسرعة فإن تسارعها على الأغلب لا يتجاوز (5 m s^{-2}), أما في حالة الإلكترون في المجال الكهربائي فإن التسارع الذي يتحرك به أكبر بكثير من هذا. احسب تسارع الإلكترون في (أنبوبة تومسون) حيث تكون شدة المجال الكهربائي (50000 V cm^{-1}).
- (شحنة الإلكترون $C = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, كتلة الإلكترون $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$).

- ١٢ أ. استخدم مخططاً لشرح كيفية استخدام القوة الكهربائية المؤثرة على جسيم مشحون لفصل حزمة من الإلكترونات (e^-), والبوزيترونات (e^+) إلى حزمتين منفصلتين (البوزيترون هو جسيم مشحون له كتلة جسيم الإلكترون نفسها، ومقدار الشحنة نفسها لكنها موجبة). غالباً ما تنتج أزواج البوزيترونات - الإلكترونات من التصادمات في مسرّعات الجسيمات).
 ب. اشرح كيف يمكن استخدام هذا التأثير لفصل الأيونات التي لها كتل مختلفة وشحنات مختلفة.

- ١٢-٢ يوضح الشكل ١٢-٢ لوحين متوازيين مشحونين، تفصل بينهما مسافة (25 cm).

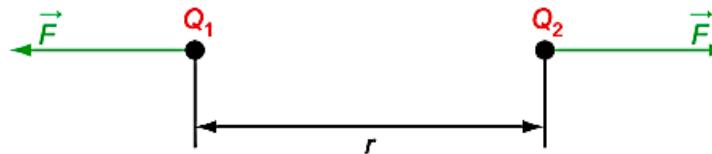


الشكل ١٢-٢ لوحان متوازيان ومشحونان.

- أ. انسخ الشكل وارسم خطوط المجال عليه لتمثل المجال الكهربائي بين اللوحين.
 ب. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين A و B?
 ج. ما مقدار شدة المجال الكهربائي عند C و D?
 د. احسب القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة كهربائية مقدارها ($5 \mu\text{C}$) موضوعة عند النقطة C، وحدد في أي اتجاه تؤثر القوة؟
- ١٣ جسيم ذو شحنة كهربائية مقدارها ($2 \mu\text{C}$) وضع بين لوحين متوازيين مشحونين تفصل بينهما مسافة (10 cm)، وفرق الجهد الكهربائي بينهما (5.0 kV). احسب شدة

٢-٤ قانون كولوم وال المجالات الشعاعية

أي شحتين نقطتين تؤثر إحداهما على الأخرى بقوة كهربائية تتناسب طردياً مع حاصل ضرب شحنتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.



$$\vec{F} = \frac{k Q_1 Q_2}{r^2} \quad (N)$$

وعادة ما يكتب الثابت k على أنه:

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

حيث (ϵ_0) هي **السماحة الكهربائية للفراغ** ووحدتها ($F m^{-1}$) و (F) وحدة تسمى الفاراد.

وبالتالي يصبح قانون كولوم بالشكل التالي:

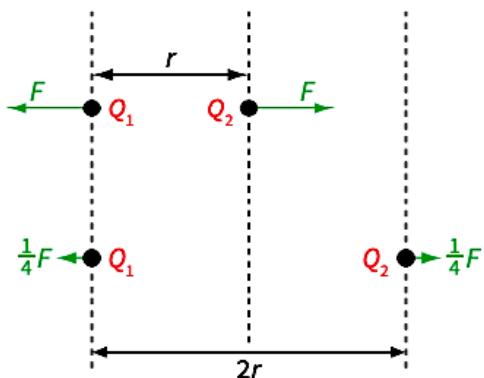
$$\vec{F} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (N)$$

ملاحظات على هذا القانون:

1. استخدام الشحنة الكهربائية النقطية يعني أن الشحنات الكهربائية تكون صغيرة جدًا بحيث يصبح شكلها غير مهم. وإذا لم تكن الشحتان نقطتين فإننا نحسب المسافة بين مراكزهما.

2. القوة الكهربائية تتبع قانون التربيع العكسي.

3. إذا كانت الشحتان مختلفتان فإن **القوة الكهربائية تكون سالبة** (تجاذب) وإذا كانت الشحتان متشابهتان فإن **القوة الكهربائية تكون موجبة** (تنافر).

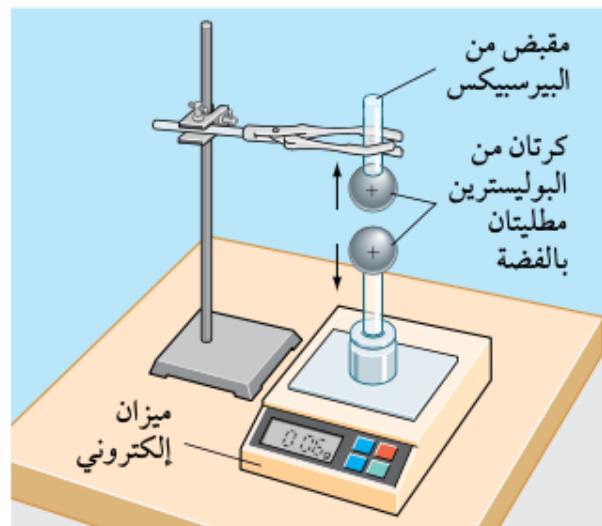


استقصاء قانون التربيع العكسي في قانون كولوم:

انظر الشكل المقابل:

إحدى الكرتين المشحوتين موضوعة على الميزان فإذا تم إزالة الكرة الأخرى بحيث تقل المسافة بينهما إلى النصف فستزداد قوة التناحر بينهما ما يؤدي إلى زيادة قراءة الميزان أربعة أمثال.

بالطبع في بداية هذا الاستقصاء نتأكد من أن قراءة الميزان صفر عندما تكون الكرتان إدراها بعيدة عن الأخرى مسافة كبيرة.

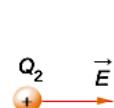
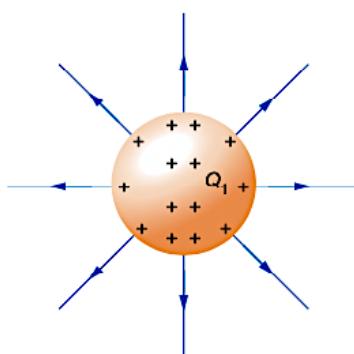


شدة المجال الكهربائي في مجال شعاعي

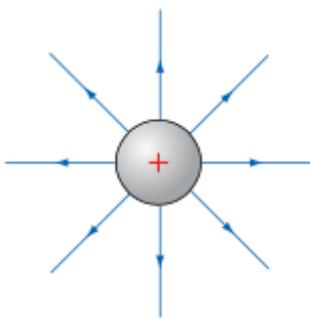
شدة المجال الكهربائي (\vec{E}) الذي تنتجه الشحنة (Q) عند مسافة (r) من مركزها هي:

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

لاستنتاج ذلك عوض بـ ($\vec{F} = \frac{\vec{F}}{Q_2}$) في ($\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_2}$) على اعتبار أن الشحنة (Q_1) هي التي تؤثر على (Q_2).



وكالعادة: شدة المجال الكهربائي تخضع لقانون التربيع العكسي مع المسافة.



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.

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 متوجه شدة المجالين الكهربائيين لتعدد الكمية المتوجه المحصلة.

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

المجال الكهربائي من الشحنة السالبة متوجه أيضاً إلى جهة اليمين للنقطة X. وبالتالي فإن متوجه شدة المجالين الكهربائيين يجب أن يُجمع.

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

(إلى جهة اليمين).

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:

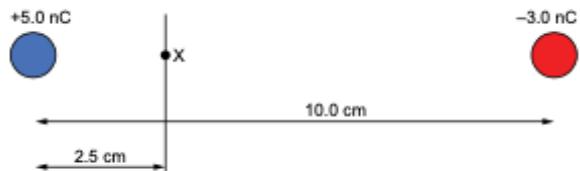
$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

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

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

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

٤. كرتان تحملان شحتين 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 شحتين متعاكستين تفصل بين مركزيهما مسافة (10.0 cm). .

أسئلة

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

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

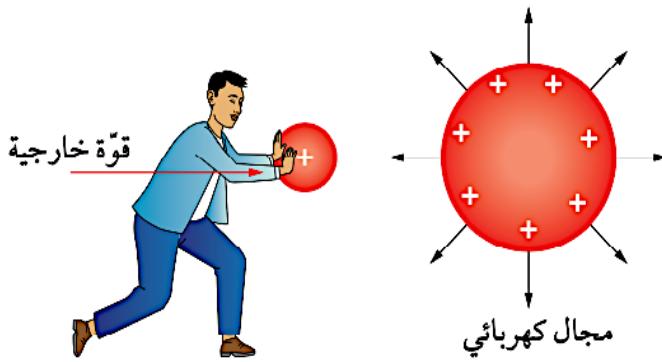
١٣ كرة فلزية نصف قطرها (20 cm) تحمل شحنة كهربائية موجبة مقدارها ($+2.0 \mu\text{C}$).

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

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

٥-٢ الجهد وطاقة الوضع الكهربائية

طاقة الوضع الكهربائية

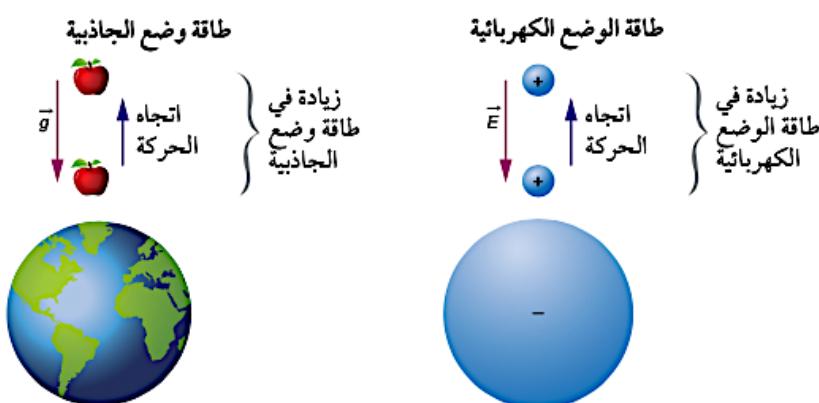


طاقة الوضع الكهربائية تزداد عندما تبذل قوة خارجية شغلاً (موجباً)، وهذا يحدث في الحالتين التاليتين:

1. تقريب شحنة كهربائية من أخرى مشابهة.
2. إبعاد شحنة كهربائية عن أخرى مختلفة.

طاقة الوضع الكهربائية تقل عندما تبذل الشحنة نفسها شغلاً (سالباً)، وهذا يحدث في الحالتين التاليتين:

1. تنافر شحنة كهربائية مع أخرى مشابهة.
2. تجاذب شحنة كهربائية مع أخرى مختلفة.



الشكل المقابل يوضح التشابه بين طاقة وضع الجاذبية وطاقة الوضع الكهربائية.

تعريفات عامة لكل من المجالين الكهربائيين المنتظم والشعاعي:

المجهد الكهربائي (V) عند نقطة: هو طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة كهربائية موجبة عند تلك النقطة.

فرق المجهد الكهربائي (ΔV) بين النقطتين A وB: هو التغير في الطاقة لكل وحدة شحنة كهربائية عند نقلها من A إلى B.

$$\Delta V = \frac{\Delta E_P}{Q} \quad (V \equiv J C^{-1})$$

طاقة الوضع الكهربائية بين النقطتين A وB: هي الشغل المبذول في تحريك شحنة كهربائية موجبة من A إلى B.

تعرف أن عبارة "التغير في الطاقة" يمكن استبدالها بعبارة "الشغل المبذول".

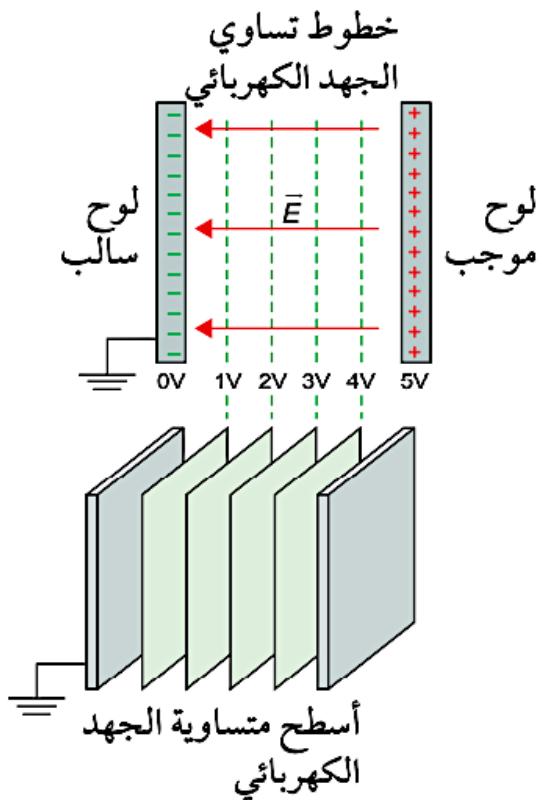
خط تساوي المجهد: هو الخط الذي يمر بجميع النقاط التي يتساوى عندها المجهد الكهربائي.

صفر المجهد: هو النقطة التي تكون طاقة الوضع الكهربائية تساوي الصفر)

تغيرات الطاقة في المجال الكهربائي المنتظم

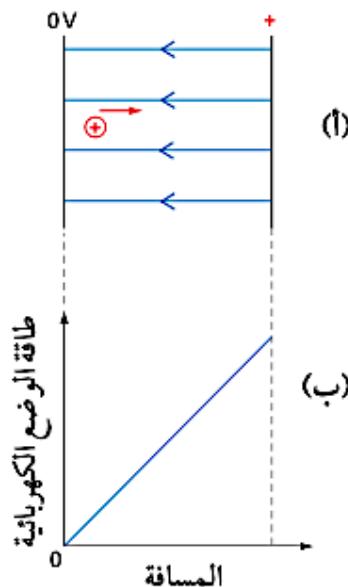
صفر الجهد في المجال الكهربائي المنتظم هي اللوحة المؤرخة، أي المتصل بالأرض. انظر الشكل المقابل لتألحظ أن اللوحة السالبة مؤرخة وأن قيمة الجهد الكهربائي المنشئ عنها صفر.

خطوط تساوي الجهد في المجال الكهربائي المنتظم:



- في الشكل المقابل: لاحظ أنه بتقسيم الحيز بين اللوحين إلى مسافات متساوية فإن فروق الجهد بين كل خطين متتاليين تكون هي نفسها.
- تماماً كما هو الحال عند توصيل عدة مقاومات متماثلة على التوالي في دائرة كهربائية فإن فروق الجهد بين طرفي كل منها تكون هي نفسها.

العلاقة بين مقدار طاقة الوضع الكهربائي والمسافة من اللوحة السالبة:



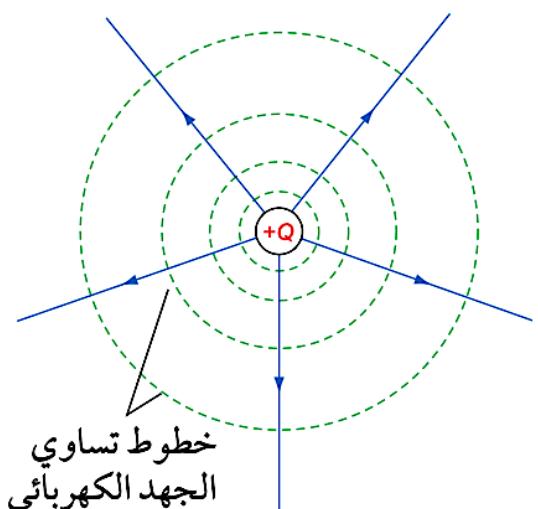
- في الشكل المقابل: شدة المجال الكهربائي (E) متساوية عند جميع النقاط حيث إن المجال الكهربائي منتظم.
- ولأن الجهد الكهربائي عند أحد اللوحين يساوي الصفر، فإننا سنتكلم عن V , E_P , ΔV , ΔE_P فقط لتخفيض المصطلحات والرموز.
- وحيث إن ($QEd = E_P = Ed \rightarrow E_P = QE$), فإن العلاقة بين طاقة وضع الجاذبية والمسافة بين الشحنة الموجبة واللوح (0 V) عبارة عن خط مستقيم ميله يساوي (QE). انظر التمثيل البياني لطاقة الوضع الكهربائية مقابل المسافة.
- وبشكل عام فإن طاقة وضع الشحنة الكهربائية، في المجال المنتظم، تزداد بانتظام في أثناء دفعها من اللوحة السالبة إلى اللوحة الموجبة.

الطاقة في المجال الكهربائي الشعاعي

صفر الجهد في المجال الكهربائي الشعاعي هو اللانهاية.

خطوط تساوي الجهد في المجال الكهربائي الشعاعي:

في الشكل المقابل: لاحظ أن خطوط تساوي الجهد تتقارب كلما اقتربنا من الشحنة الكهربائية.



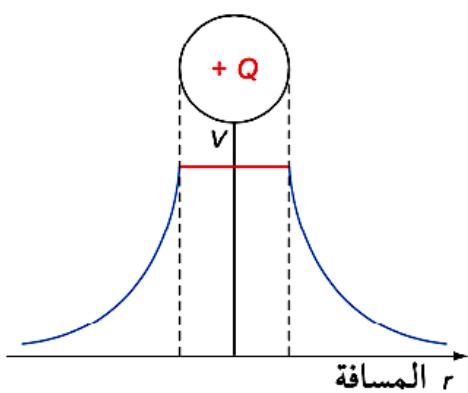
وهذا يفسر ازدياد القوة الكهربائية كلما اقتربنا من الشحنة (القوة الأكبر تتحقق نفس الشغل في مسافة أقل، وذلك وفقاً للعلاقة $W = Fd$).).

الجهد الكهربائي عند نقطة ما: يساوي الشغل المبذول لنقل وحدة شحنة كهربائية موجبة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

لحساب الجهد الكهربائي (V) عند مسافة (r) من شحنة كهربائية (Q):

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

لاحظ أننا لا نحتاج إلى الإشارة السالبة في معادلة الجهد الكهربائي؛ لأنها ضمنت في الشحنة الكهربائية. فالجهد الكهربائي حول الشحنة الموجبة موجب، وحول الشحنة السالبة سالب. انظر الشكل المقابل.



ونحسب طاقة الوضع الكهربائية لشحنة (Q_2) عند نقطة تقع على مسافة (r) من شحنة (Q_1) كالتالي:

$$E_P = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

لإثبات ذلك عوض بـ $(W = Q_2 V)$ في $(V = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r})$.

ولحساب فرق الجهد الكهربائي من نقطة تقع على مسافة (r_1) من الشحنة الكهربائية (Q) إلى نقطة تقع على مسافة (r_2) منها:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_2} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_1}$$

$$\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

الشحنة الكهربائية لنواة الذهب:

$$Q_2 = 79 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$E_p = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad \text{الخطوة ٢}$$

$$E_p = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 79 \times 1.6 \times 10^{-19}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 4.5 \times 10^{-14}} \\ = 8.1 \times 10^{-13} \text{ J}$$

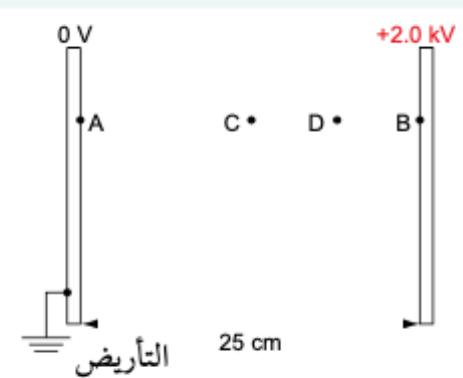
٥. يقترب جُسيم ألفا من نواة ذهب، ويستقر للحظة على مسافة $(4.5 \times 10^{-14} \text{ m})$ من نواة الذهب. احسب طاقة الوضع الكهربائية للجُسيمين في تلك اللحظة.

(الشحنة الكهربائية لجسيم ألفا = $2e$; الشحنة الكهربائية لنواة الذهب = $79e$).

الخطوة ١: احسب الشحنة الكهربائية بوحدة الكولوم.

الشحنة الكهربائية لجسيم ألفا:

$$Q_1 = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$



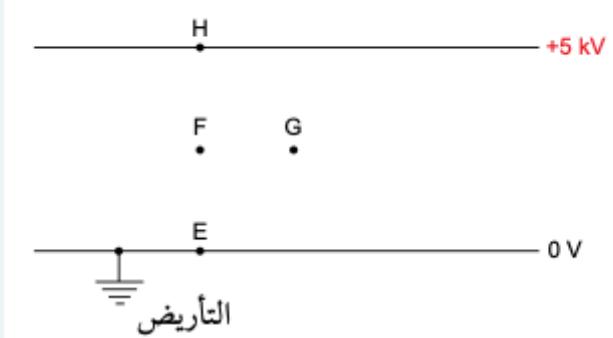
الشكل ٢٦-٢ مجال كهربائي منتظم.

أسئلة

١٥. ما مقدار طاقة الوضع الكهربائية لشحنة مقدارها $(+1 \text{ C})$ موضوعة في كل من النقاط A و B و C و D بين لوحين متوازيين مشحونين كما هو مبين في الشكل ٢٦-٢ تقع في منتصف المسافة بين (A) و (B)، و تقع في منتصف المسافة بين (C) و (D).

ب. ما مقدار طاقة الوضع الكهربائية لشحنة مقدارها $(+2 \text{ C})$ موضوعة في كل من هذه النقاط؟

- ب. كيف تختلف إجاباتك إذا كانت:
- ١. الشحنة الكهربائية مقدارها (-1 C)
- ٢. الشحنة الكهربائية مقدارها $(+2 \text{ C})$



الشكل ٢٧-٢ مجال كهربائي منتظم بين لوحين متوازيين.

١٦. لمولد ثان دي جراف قبة كروية نصف قطرها (10 cm) ، وتشحن القبة بجهد كهربائي يصل إلى (100 kV) . ما كمية الشحنة الكهربائية المخزنة على سطح القبة؟ ما الجهد الكهربائي على مسافة (10 cm) من القبة؟

١٧. يتولد مجال كهربائي منتظم بين لوحين متوازيين مع فرق جهد كهربائي بينهما يساوي (5 kV) كما في الشكل ٢٧-٢. تقع النقاطان E و H على اللوحين، وتقع النقاطان F و G على مسافة متساوية بين اللوحين في المنتصف.

أ. ما مقدار الشغل المبذول في تحريك شحنة كهربائية مقدارها $(+1 \text{ C})$ على طول المسارات الآتية المبيّنة في الشكل: من E إلى H، ومن E إلى F، ومن F إلى G، ومن H إلى E

< الأنشطة >

نشاط ١-٢ تمثيل مجال كهربائي

الشحنات الكهربائية محاطة ب المجالات الكهربائية، وترسم خطوط المجال لتمثيل المجالات الكهربائية. يمنحك هذا النشاط تدريبياً على رسم المجالات الكهربائية وفهم القواعد التي يجب اتباعها.

١. كل من هذه العبارات غير صحيحة. أعد كتابتها بالشكل الصحيح:

أ. شحنتان كهربائيتان موجبتان تتجاذب إحداهما مع الأخرى.

.....

.....

ب. توجد قوة تناقض بين شحنتين كهربائيتين مختلفتين في النوع.

.....

.....

ج. خطوط المجال الكهربائي تتجه من الشحنة السالبة إلى الشحنة الموجبة.

.....

.....

د. يوضح خط المجال الكهربائي اتجاه القوة المؤثرة على شحنة سالبة موضوعة عند نقطة معينة في مجال كهربائي ما.

.....

.....

.....

٢. ارسم رسوماً تخطيطية لتمثيل المجالات الكهربائية الآتية:

أ. المجال الكهربائي المنتظم بين لوحين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين.

مهم

تدذكر أن خطوط المجال الكهربائي تكون دائماً عمودية على السطح المشحون؛ تذكر أيضاً اتجاه الأسماء على خطوط المجال الكهربائي.

ب. المجال الكهربائي حول كرة موجبة الشحنة.

ج. المجال الكهربائي حول زوج من الشحنات الكهربائية، إحداها موجبة والأخر سالبة.

٣. تُظهر الرسوم التخطيطية (أ)، (ب)، (ج) في الشكل ١-٢ شحنة كهربائية موجبة (Q) موضوعة في مجال كهربائي ناتج عن شحنات كهربائية أخرى:



الشكل ١-٢ : للسؤال ٣. يوضح كل رسم تخطيطي شحنة كهربائية موجبة (Q) موضوعة في مجال كهربائي ناتج عن شحنات كهربائية أخرى.

أضف سهماً إلى كل رسم تخطيطي يوضح اتجاه القوة المؤثرة على الشحنة الكهربائية (Q).

مصطلحات علمية

**شدة المجال الكهربائي
(عند نقطة)**

: Electric field strength

القوة لكل وحدة شحنة كهربائية والتي تؤثر على شحنة كهربائية موجبة ثابتة موضوعة عند تلك النقطة.

نشاط ٢-٢ حساب القوة وشدة المجال الكهربائي

نحدد شدة المجال الكهربائي عند نقطة في مجال كهربائي ما من خلال القوة المؤثرة على شحنة كهربائية موجبة موضوعة عند تلك النقطة. يقيس هذا النشاط فهمك للمعادلات التي تحدد شدة المجال الكهربائي وكيفية تطبيقها.

ملاحظة: (شحنة الإلكترون: $C = -1.6 \times 10^{-19}$). $e = -1.6 \times 10^{-19} C$.

$$\text{ا. تُحسب شدة المجال الكهربائي بالمعادلة: } \vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}.$$

أ. اذكر الكميات التي تمثلها كل من (\vec{E}) و (\vec{F}) و (Q) وحدة قياس كل منها.

.....
.....
.....

ب. أعد ترتيب المعادلة لإيجاد (\vec{F}) .

.....
.....

ج. استنتج معادلة التسارع (\vec{a}) لجسيم مشحون كتلته (m) موضوع في مجال كهربائي. استخدم المعادلة التي تربط بين (\vec{F}) و (m) و (\vec{a}) .

.....
.....

٢. أ. احسب شدة المجال الكهربائي عندما تؤثر قوة مقدارها $(N = 2.0 \times 10^{-9})$ على شحنة كهربائية مقدارها $(C = 4.5 \times 10^{-6})$.

.....
.....

ب. احسب مقدار القوة المؤثرة على إلكترون موضوع في مجال كهربائي شدته $(2.0 \times 10^4 N C^{-1})$.

.....
.....

٣. شدة المجال الكهربائي هي نفسها في جميع النقاط الموجودة ضمن مجال كهربائي منتظم، ويمكن توليد مجال كهربائي منتظم عن طريق تطبيق فرق جهد كهربائي بين لوحين متوازيين، وتُعطى شدة المجال الكهربائي المنتظم بالمعادلة: $E = \frac{V}{d}$.

- أ. اذكر الكميات التي تمثلها كل من الرموز (E) و (V) و (d), وحدّد وحدة قياس كل منها.
-
.....

- ب. احسب شدة المجال الكهربائي المترولد بين لوحين فلزيين متوازيين تفصل بينهما مسافة (20.0 cm) عند تطبيق فرق جهد كهربائي مقداره (5.0 kV) بينهما. يمكن لاجابتك أن تكون بالوحدة ($V m^{-1}$) أو ($N C^{-1}$) لأنهما وحدتان متكافئتان.
-
.....

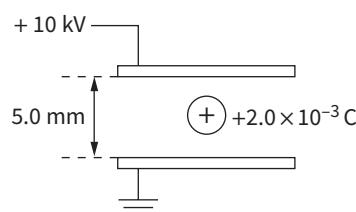
- ج. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي المطلوب لتوليد مجال كهربائي شدّته (500 V m⁻¹) بين لوحين فلزيين متوازيين يبعد أحدهما عن الآخر بمقدار (1.0 cm)
-
.....

مهم

يمكنك القيام بذلك في خطوتين.
احسب شدة المجال الكهربائي أولاً ثم احسب مقدار القوة.

- د. ما مقدار القوة التي ستؤثر على جسيم شحنته (+2e) موضوع بين لوحين متوازيين مفصوليين بمسافة (140 mm) عندما يكون بينهما فرق الجهد الكهربائي (400 V)
-
.....

- هـ. احسب مقدار القوة المؤثرة على الشحنة الكهربائية الموضحة في الشكل ٢-٢ وحدد اتجاهها.



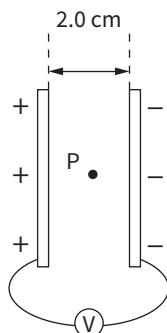
الشكل ٢-٢: للسؤال ٣ هـ. شحنة كهربائية موجبة بين لوحين متوازيين.

نشاط ٣-٢ حركة الشحنات في مجال كهربائي

يوضح هذا النشاط أن الشحنات تتحرك في مجال كهربائي معين. الجسيم المشحون الذي يتحرك في مجال كهربائي منتظم يشبه كتلة تتحرك في مجال جاذبية منتظم (مثل المقدوف). تذكر أن قوانين الحركة المعتادة تنطبق على جسيم مشحون يتحرك في مجال كهربائي.

١. يوضح الشكل ٣-٢ بروتوناً موضوعاً في مجال كهربائي منتظم بين لوحين فلزيين. القراءة على الفولتميتر تساوي (240 V).

$$(كتلة البروتون = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}; \text{شحنة البروتون} = +1.60 \times 10^{-19} \text{ C})$$



الشكل ٣-٢: للسؤال ١.
رسم تخطيطي يوضح بروتوناً موضوعاً في مجال كهربائي منتظم.

- أ. احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحين.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- ب. احسب القوة المؤثرة على البروتون.

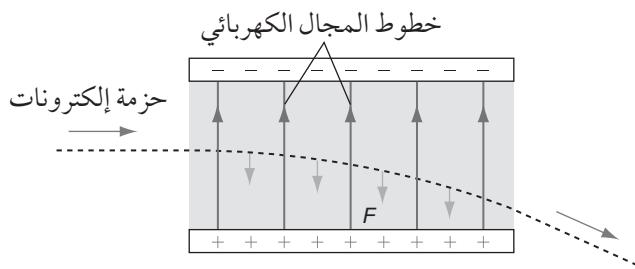
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- ج. احسب تسارع البروتون.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- د. يكون البروتون ساكناً في البداية، صِف كيف سيتحرك ضمن المجال الكهربائي.

٢. يوضح الشكل ٤-٤ مسار حزمة من الإلكترونات عندما تدخل أفقياً مجالاً كهربائياً منتظمًا:



الشكل ٤-٤: للسؤال ٢. مسار حزمة من الإلكترونات عندما تدخل أفقياً مجالاً كهربائياً منتظمًا.

أ. كيف يمكنك أن تعرف من نمط خطوط المجال في الشكل أنه مجال كهربائي منتظم؟ اشرح إجابتك.

.....
.....
.....

ب. لماذا يكون اتجاه الأسهم على خطوط المجال إلى الأعلى؟ اشرح إجابتك.

.....
.....
.....

ج. لماذا تتجه أسهم القوة على الإلكترونات نحو الأسفل؟ (فكّر في شحنة الإلكترون)، وارجع إجابتك.

.....
.....
.....

د. المركبة الأفقية للسرعة المتجهة للإلكترونات ثابتة. وضح السبب في ذلك.

.....
.....
.....

مهم
في الجزيئيات من (د) إلى (و)، يجب أن تتذكر الأفكار المشابهة لحركة مقدوف يتحرك في مجال جاذبية منتظم (الصف الحادي عشر).

هـ. عندما تدخل الإلكترونات ضمن المجال الكهربائي، تكون المركبة الرأسية لسرعتها المتجهة صفرًا. صِف كيف تغير المركبة الرأسية للسرعة المتجهة في هذا المجال الكهربائي.

.....
.....
.....

وـ. تتبع الإلكترونات مساراً مقوسًا. صِف شكل هذا المسار المقوس.

.....
.....
.....

نشاط ٤-٤ المجال الكهربائي حول شحنة كهربائية نقطية

هذا النشاط يوسع الأفكار حول المجالات الكهربائية و المجالات الجاذبية ليشمل المجالات الكهربائية حول الشحنات الكهربائية النقطية.

ملاحظة: (السمالية الكهربائية للفراغ: $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$).

أ. في هذا السؤال سوف تسترجع فكرة المجال الكهربائي.

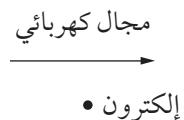
أ. ما المقصود بالمجال الكهربائي؟

.....
.....
.....

بـ. اكتب المعادلة التي تحدد شدة المجال الكهربائي لشحنة نقطية بالكلمات والرموز، وحدّد وحدة كل كمية في المعادلة.

.....
.....
.....

- ج. يوضح الشكل ٥-٢ إلكترونًا موضوعًا في مجال كهربائي شدته (5000 N C^{-1}).
الإلكترون قريب من سطح الأرض حيث شدة مجال الجاذبية: $g = 9.81 \text{ N kg}^{-1}$.

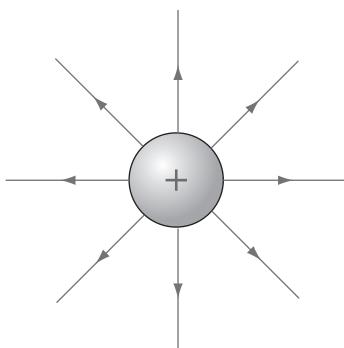


الشكل ٥-٢: للسؤال ١. إلكترون في مجال كهربائي شدته (5000 N C^{-1}).

١. احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الإلكترون وحدّد اتجاهها
(شحنة الإلكترون = $C = 1.6 \times 10^{-19}$).
-
.....
.....

٢. احسب مقدار قوة الجاذبية المؤثرة على الإلكترون وحدّد اتجاهها.
(كتلة الإلكترون: $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$).
-
.....
.....

٣. كما هي الحال مع أي مجال كهربائي، يمكننا رسم خطوط المجال لتمثيل المجال الكهربائي حول شحنة كهربائية نقطية. يوضح الشكل ٦-٢ المجال الكهربائي حول كرة فلزية موجبة الشحنة:



الشكل ٦-٢: للسؤال ٢. خطوط المجال الكهربائي حول كرة فلزية موجبة الشحنة.

يمكن اعتبار الكرة المشحونة شحنة كهربائية نقطية حيث تتركز هذه الشحنة في مركز الكرة.

أ. ارسم مخططاً مشابهاً لتمثيل المجال الكهربائي حول كرة فلزية ذات شحنة كهربائية سالبة.

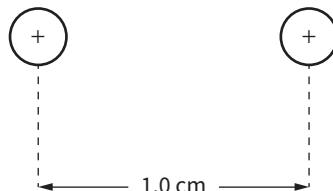
ب. تم وضع كرتين فلزيتين مشحونتين، قطر كل منهما (10.0 cm)، بحيث يكون هناك فجوة مقدارها (20 cm) بينهما. يمكن اعتبارهما شحتين نقطيتين مفصولتين بمسافة (d). استنتج قيمة (d).

.....
.....
.....

مصطلحات علمية

قانون كولوم Coulomb's law: تؤثر أي شحتين نقطيتين إحداها على الأخرى بقوة كهربائية تتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.

٣. يصف قانون كولوم القوة الكهربائية بين شحتين نقطيتين. يوضح الشكل ٧-٢ شحتين نقطيتين، مقدار كل منهما ($+1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$) تفصل بين مركزيهما مسافة (1.0 cm):



الشكل ٧-٢: للسؤال ٣. شحتان نقطيتان، مقدار كل منها

($+1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$) المسافة بين مركزيهما (1.0 cm).

أ. أضف أسهماً إلى الرسم لتمثيل القوة التي تؤثر بها كل شحنة على الأخرى.

ب. اشرح كيف ينطبق قانون نيوتن الثالث على مقداري القوىتين واتجاههما.

.....

.....

.....

ج. صِف كيف ستتغَيِّر القوى إذا تغيَّرت قيمة إحدى الشحنتين إلى $(-1.0 \times 10^{-6} C)$.

.....

.....

.....

د. حدُّد كيف ستتغَيِّر القوة بين الشحنتين إذا:

١. زادت قيمة كل من الشحنتين إلى الضعف.

.....

.....

.....

٢. زادت المسافة بين الشحنتين إلى الضعف.

.....

.....

٣. انخفضت المسافة بين الشحنتين إلى النصف.

.....

.....

هـ. احسب القوة الكهربائية بين الشحنتين ($C = 10^{-6} + 1.0$) عندما تفصل بينهما

مسافة ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F m^{-1}$). (1.0 cm)

.....

.....

.....

٤. لحساب شدة المجال الكهربائي بسبب شحنة كهربائية نقطية، يمكننا اعتبار

شحنة «اختبارية» مقدارها ($C = 1$) موضوعة في هذا المجال.



- أ. تم وضع شحنة مقدارها ($+1\text{ C}$) على مسافة ما من شحنة موجبة ($+Q$). القوة الكهربائية المؤثرة عليها هي (24 N). احسب شدة المجال الكهربائي عند هذه النقطة وحدّد اتجاهه.
-
.....
.....

- ب. احسب القوة المؤثرة على شحنة مقدارها (-5 C) موضوعة عند النقطة نفسها.
-
.....
.....

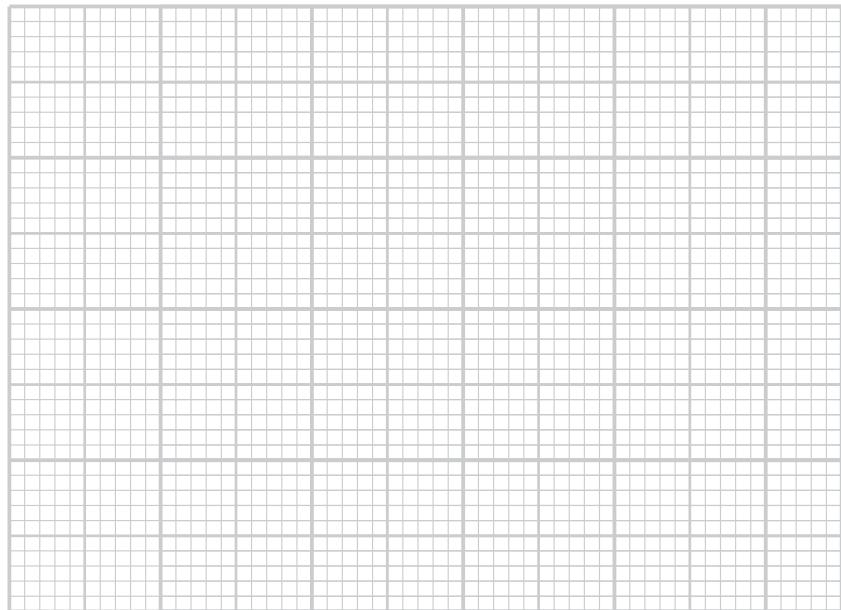
٥. اعتبر أن هناك شحنة نقطية ($+5.0 \times 10^{-6}\text{ C}$) بعيدة جدًا عن أي شحنة أخرى.
- أ. ارسم مخططاً يوضح خطوط المجال الكهربائي حول الشحنة.

- ب. اذكر ما إذا كان المجال الكهربائي المتولّد عن الشحنة الكهربائية منتظمًا. اشرح إجابتك بالرجوع إلى الرسم التخطيطي للمجال الكهربائي.
-
.....
.....

- ج. احسب شدة المجال الكهربائي على مسافة (4.0 cm) من الشحنة.
-
.....
.....

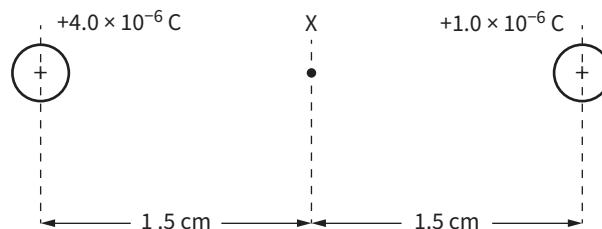


- د. ارسم تمثيلاً بيانيًّا للتوضيح كيف تعتمد شدة المجال الكهربائي (\vec{E}) على المسافة (r) من الشحنة الكهربائية (ليست هناك حاجة إلى تضمين القيم على محاور التمثيل البياني).



٦. عند وجود شحتين أو أكثر، يمكننا حساب القوة الكهربائية (أو شدة المجال الكهربائي) عن طريق حساب القوة الناتجة عن كل شحنة على حدة وجمعها معاً. تذكر أن القوة وشدة المجال الكهربائي كميتان متوجهان، لذا من الضروري مراعاة اتجاهاتهما.

يبين الشكل ٨-٢ شحتين نقطيتين: $(+4.0 \times 10^{-6} \text{ C})$ و $(+1.0 \times 10^{-6} \text{ C})$ تفصل بين مركزيهما مسافة (3.0 cm) :



الشكل ٨-٢: للسؤال ٦. شحتان نقطيتان بينهما مسافة معينة.

- أ. افترض شحنة «اختبار» موجبة موضوعة عند النقطة X، يتم دفعها من قبل كلتا الشحنتين. أيٌ من الشحنتين ستؤثر عليها بقوة أكبر؟ اشرح إجابتك.
-
.....
.....

- ب. حدد اتجاه القوة الكهربائية المحصلة والمؤثرة على الشحنة الاختبارية الموجبة عند X.
-
.....
.....

- ج. اقترح نقطة يمكن وضع الشحنة الاختبارية عنها بحيث تكون القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة عليها تساوي الصفر. برهن إجابتك.
-
.....
.....

نشاط ٢-٥ الجهد الكهربائي

يجب القيام بشغل لنقل شحنة كهربائية ما إلى جهد كهربائي أعلى، يمكن تحويل هذه الطاقة إلى أشكال أخرى عندما يتم إرجاع الشحنة إلى نقطة البداية؛ وهذا ما يحدث في الدائرة الكهربائية عندما تتحرك الشحنات من الطرف الموجب إلى السالب لمصدر الجهد الكهربائي. ستدرب في هذا النشاط على حساب القوى الكهربائية، والشغل المبذول والجهد الكهربائي.

مصطلحات علمية
الجهد الكهربائي : Electric potential الجهد الكهربائي عند نقطة ما يساوي الشغل المبذول لكل وحدة شحنة كهربائية لنقل وحدة شحنة كهربائية موجبة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

١. في هذا السؤال سيتم مقارنة الحركة في مجال الجاذبية والكهرباء. انظر إلى الرسمين في الشكل ٩-٢:



الشكل ٩-٢: لسؤال ١. (أ) رفع حمولة ثقيلة من الأرض إلى النقطة A إلى النقطة B. (ب) دفع شحنة كهربائية موجبة (+20 C) من النقطة C إلى النقطة D خلال فرق جهد كهربائي مقداره (2.0 V).

أ. في الرسم (أ) يتم رفع حمولة ثقيلة عن سطح الأرض عند النقطة A، إذا كانت كتلة الحمولة (20 kg)، مما مقدار الزيادة في طاقة وضع الجاذبية للحمولة عند رفعها إلى النقطة B التي تقع على ارتفاع (2.0 m) فوق سطح الأرض؟ اذكر الفرق في جهد الجاذبية بين A و B (علمًا بأن شدة مجال الجاذبية: $g = 9.81 \text{ N kg}^{-1}$).

.....
.....
.....

ب. في الرسم (ب) يتم دفع شحنة موجبة (+20 C) من النقطة C إلى النقطة D بتطبيق فرق جهد كهربائي مقداره (2.0 V). صُف كيف يمكنك أن تعرف من الرسم أنه يجب القيام بشغل لتحقيق ذلك.

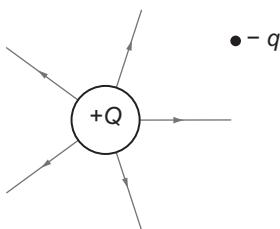
.....
.....
.....

ج. احسب الزيادة في طاقة الوضع الكهربائية عند دفع الشحنة الكهربائية (+20 C) من النقطة C إلى النقطة D.

.....
.....
.....

- د. استنتاج التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة كهربائية سالبة مقدارها (-20 C) إذا تحركت من النقطة C إلى النقطة D. اشرح إجابتك.
-
.....
.....

٢. يتعلّق هذا السؤال بالجهد الكهربائي بالقرب من شحنة كهربائية نقطية. يوضّح الرسم في الشكل ١٠-٢ خطوط المجال الكهربائي حول شحنة نقطية موجبة $(+Q)$. وقد وُضعت شحنة نقطية أخرى سالبة $(-q)$ بالقرب منها:



الشكل ١٠-٢: للسؤال ٢. خطوط المجال الكهربائي حول شحنة نقطية $+Q$. تم وضع شحنة نقطية سالبة $-q$ بالقرب منها.

- أ. اذْكُر ما إذا كانت الشحنات الكهربائيتان تتجاذبان أم تتنافران. اشرح إجابتك.
-
.....
.....

- ب. تم نقل الشحنة النقطية $(-q)$ بعيداً عن $(+Q)$. اذْكُر ما إذا كان قد تم بذل شغل ما أم تحرير طاقة. اشرح إجابتك.
-
.....
.....

- ج. إذا كان مقدار الشحنة الموجبة $(+Q = 0.010\text{ C})$ ، فاحسب الجهد الكهربائي على مسافة (0.010 m) منها.
-
.....
.....

د. إذا كان مقدار الشحنة السالبة ($C = -0.0050$)، فاحسب طاقة وضعها الكهربائية على مسافة ($m = 0.010$) من ($+Q$).

.....
.....
.....

أسئلة نهاية الوحدة

$$g = 9.81 \text{ N kg}^{-1}$$

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

أفعال إجرائية

عرف Define: أعطِ معنىًّا دقيقًا.

١. أ. ما المقصود بالمجال الكهربائي؟

ب. عَرَفْ شدة المجال الكهربائي.

ج. يوضح الشكل ١١-٢ جسيماً مشحوناً كتلته $(1.0 \times 10^{-6} \text{ kg})$ وشحنته $(4.5 \times 10^{-9} \text{ C})$ موضوعاً في مجال كهربائي شدته (2500 N C^{-1}) واتجاهه من اليسار إلى اليمين:



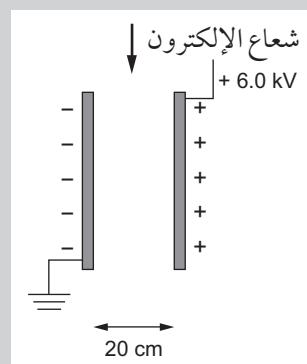
الشكل ١١-٢

١. احسب القوة الكهربائية المؤثرة على الجسيم.

٢. احسب قوة الجاذبية المؤثرة على الجسيم.

٣. ارسم مخططاً لممثل القوىتين المؤثرتين على الجسيم. أضف سهماً إلى الرسم التخطيطي لإظهار الاتجاه التقريري للقوة المحصلة على الجسيم.

٤. يوضح الشكل ١٢-٢ لوحين فلزيين متوازيين بينهما فرق جهد كهربائي، وحزمة من الإلكترونات تتجه إلى الأسفل على وشك أن تدخل الحيز بين اللوحين، كما هو موضح:

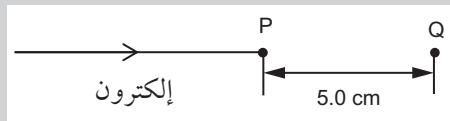


الشكل ١٢-٢

تابع

- أ. احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحيين.
- ب. احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على إلكترون واحد في المجال الكهربائي بين اللوحيين، وحدد اتجاهها.
- ج. انسخ الشكل وأضف خطوط المجال الكهربائي لتمثيل المجال بين اللوحيين.
- د. أظهر مسار حزمة الإلكترونات أثناء مرورها بين اللوحيين وبعد خروجها من بين اللوحيين.

٣. يتحرك إلكترون نحو اليمين في خط مستقيم بسرعة ثابتة $(2.0 \times 10^7 \text{ m s}^{-1})$ كما في الشكل ١٣-٢. يدخل الإلكترون إلى منطقة مجال كهربائي منتظم عند النقطة P ويتوقف عند النقطة Q. المسافة PQ مقدارها (5.0 cm). كتلة الإلكترون تساوي $(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})$.



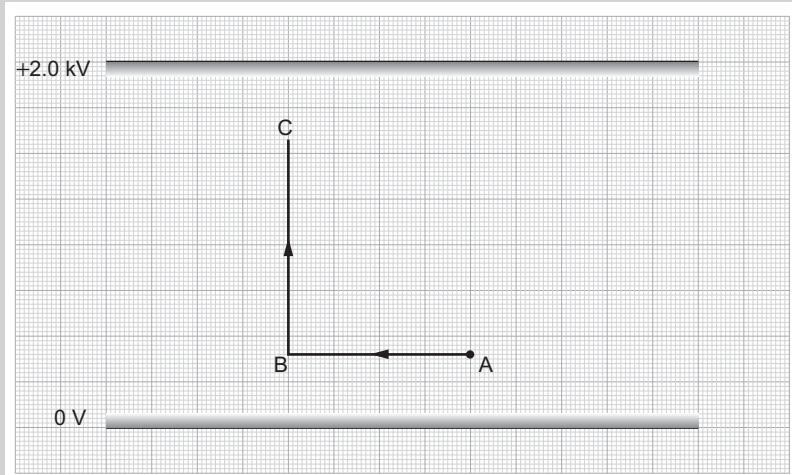
الشكل ١٣-٢

- أ. اذكر اتجاه المجال الكهربائي.
- ب. صِف كيف يمكن توليد مجال كهربائي منتظم.
- ج. احسب شدة المجال الكهربائي.
- د. صِف حركة الإلكترون بعد وصوله إلى النقطة Q.

- أ. اذكر نص قانون كولوم.
- ب. في ذرة كربون، يدور الإلكترون (شحنته $C = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$) في مدار حول نواة الذرة (شحنته $+6e$)، ويبلغ قطر المدار $(1.4 \times 10^{-10} \text{ m})$.
 ١. احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الإلكترون بسبب النواة.
 ٢. ما مقدار القوة الكهربائية التي يؤثر بها الإلكترون على النواة؟
 ٣. ينتقل الإلكترون إلى مدار بقطر أكبر. اشرح ما إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية للإلكترون ستزداد أم ستتحفظ.

تابع

٥. أ. ما المقصود بالجهد الكهربائي عند نقطة ما؟
 ب. يوضح الشكل ١٤-٢ لوحين فلزيين متوازيين تفصل بينهما مسافة (8.0 cm). اللوح العلوي متصل بجهد كهربائي (+2.0 kV)، واللوح السفلي متصل بالأرض بحيث يكون جهده الكهربائي (0 V).



الشكل ١٤-٢

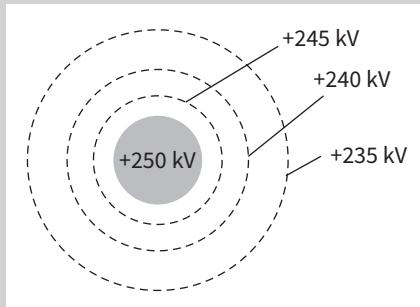
- احسب الشغل المبذول في نقل الإلكترون واحد (شحنته e) من اللوح العلوي إلى اللوح السفلي ($C = 1.6 \times 10^{-19} e$).
- ارسم تمثيلاً بيانيًّا لتوضيح كيف يختلف الجهد الكهربائي باختلاف المسافة بين اللوحين.
- احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحين.
- يتحرك الإلكترون على طول المسار ABC الموضح في الشكل ١٤-٢. حدد الشغل الكهربائي المبذول في تحريك الإلكترون على طول المسار ABC. علماً بأن طول المسارين: ($AB = 4.0 \text{ cm}$) و ($BC = 5.0 \text{ cm}$).

مهم

تحتاج إلى حساب فرق الجهد بين نقطتين مع العلم أن اللوحين تفصل بينهما مسافة (8.0 cm).

تابع

٦. يوضح الشكل ١٥-٢ ثلاثة أسطح متساوية الجهد حول سلك (كابل) إرسال (250 kV). (السطح المتساوي الجهد الكهربائي هو سطح حيث يكون لكل النقاط فيه الجهد الكهربائي نفسه).



الشكل ١٥-٢

أ. على نسخة من الشكل، ارسم نمط المجال الكهربائي الناتج عن الشحنة على سلك (كابل) النقل. أظهر اتجاه المجال الكهربائي.

ب. اذكر وشرح كيف يوضح الشكل أن شدة المجال الكهربائي أكبر بالقرب من سلك (كابل) النقل.

ج. قدر قيمة شدة المجال الكهربائي على سطح السلك إذا كانت المسافة بين سطح السلك (الكابل) وبين السطح المتساوي الجهد الكهربائي (8.0 mm) هي (245 kV).

مهم

استخدم الفكرة في

$$\text{المعادلة: } \vec{E} = \frac{\Delta V}{\Delta d}$$

المجال الكهربائي هو المنطقة المحيطة بالأجسام المشحونة والتي تتأثر فيها الشحنات الأخرى بقوة تجاذب أو تناصر، ويمكن تمثيله بخطوط المجال الكهربائي.

شدة المجال الكهربائي هي القوة لكل وحدة شحنة كهربائية موجبة والتي تؤثر على شحنة كهربائية موجبة ثابتة عند نقطة ما في المجال:

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

تكون القوة المؤثرة على شحنة كهربائية في المجال المنتظم (على سبيل المثال بين لوحين متوازيين مشحونين) متساوية عند جميع النقاط؛ وتُعطى شدة المجال بواسطة:

$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta d}$$

الشحنة الكهربائية التي تدخل منطقة المجال الكهربائي المنتظم بشكل عمودي تتبع مسار قطع مكافئ.

ينص قانون كولوم على أن أي شحتين كهربائيتين نقطيتين تؤثر إحداهما على الأخرى بقوة كهربائية تتناسب طردياً مع حاصل ضرب شحتيهما، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.

معادلة قانون كولوم هي:

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

ينتج عن الشحنة الكهربائية النقطية (Q) مجالشعاعي، وتُعطى شدة مجالها الكهربائي بالمعادلة:

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

يُعرف الجهد الكهربائي عند نقطة ما بأنه الشغل المبذول لكل وحدة شحنة كهربائية موجبة في نقل الشحنة الكهربائية من اللانهاية إلى تلك النقطة. يُعطى الجهد الكهربائي بالنسبة إلى شحنة نقطية من خلال المعادلة:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

طاقة الوضع الكهربائية لشحتين نقطيتين تساوي:

$$E_p = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

يعطى فرق الجهد الكهربائي لشحنة كهربائية بين نقطتين من خلال المعادلة:

$$\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

أسئلة نهاية الوحدة

١ وضع زوج من الألواح المشحونة المتوازية بشكل أفقي تفصل بينهما مسافة، اللوح العلوي يحمل شحنة كهربائية سالبة واللوح السفلي مؤرضاً، ويدخل إلكترون في الحيز بين اللوحين بزاوية قائمة على المجال الكهربائي.

ما اتجاه المجال الكهربائي بين اللوحين؟ وفي أي اتجاه تكون القوة المؤثرة على الإلكترون؟

اتجاه المجال الكهربائي	اتجاه القوة المؤثرة على الإلكترون
إلى الأسفل نحو اللوح السفلي	إلى الأسفل نحو اللوح السفلي
إلى الأعلى نحو اللوح العلوي	إلى الأسفل نحو اللوح السفلي
إلى الأسفل نحو اللوح العلوي	إلى الأعلى نحو اللوح السفلي
إلى الأعلى نحو اللوح العلوي	إلى الأعلى نحو اللوح العلوي

الجدول ١-٢

٢ زوج من الألواح المتوازية المشحونة تفصلهما مسافة (2.0 cm) وبينهما فرق جهد كهربائي مقداره (5.0 kV)، وبسبب المجال الكهربائي يتأثر أيون مشحون بين اللوحين بقوة مقدارها ($N \times 10^{-13}$).

ما مقدار الشحنة الكهربائية للأيون؟

- أ. $1.6 \times 10^{-19} C$
- ب. $4.8 \times 10^{-19} C$
- ج. $2.5 \times 10^{-15} C$
- د. $4.0 \times 10^{-6} C$

٣ يبيّن الشكل ٢-٢ الأدوات المستخدمة لاستقصاء المجال بين زوج من الألواح المتوازية المشحونة.

- أ. اشرح سبب انحراف شريحة الذهب بالطريقة المبيّنة في الشكل.
- ب. اذكر مع الشرح ما يمكن ملاحظته في حالة ملامسة شريحة الذهب اللوح السالب لحظياً.

٤ يتعرّض جسيم غبار مشحون في مجال كهربائي لقوة مقدارها ($N \times 10^{-13}$). إذا علمت أن الشحنة الكهربائية للجسيم ($C \times 10^{-17}$) فاحسب شدة المجال الكهربائي.

٥ احسب فرق الجهد الكهربائي الذي يجب تطبيقه بين لوحيين متوازيين، تفصل بينهما مسافة مقدارها (4 cm)، لتوليد مجال كهربائي شدته (4000 V m⁻¹).

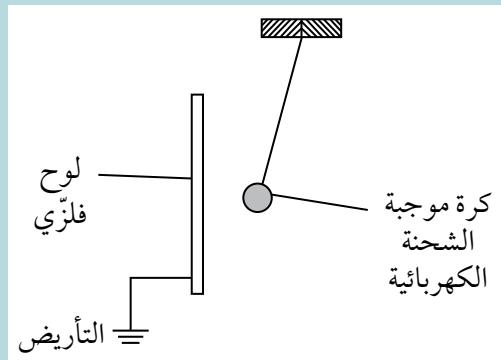
٦ يُطبق فرق جهد كهربائي مقداره (2.4 kV) بين لوحيين متوازيين لتوليد مجال كهربائي منتظم شدته ($3.0 \times 10^4 V m^{-1}$).

- أ. احسب المسافة الفاصلة بين اللوحين.

ب. حرك اللوحان بحيث أصبحت المسافة بينهما (2.0 cm). احسب شدة المجال الكهربائي الناتج في هذه الحالة.

٧ وصل مصدر جهد كهربائي متغير عبر زوج من الألواح المتوازية، ثم ضوعف فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين وقللت المسافة بينهما إلى ثلث ما كانت عليه أصلًا. اذكر التغير الذي سيحدث لشدة المجال الكهربائي، واشرح أسباب ذلك.

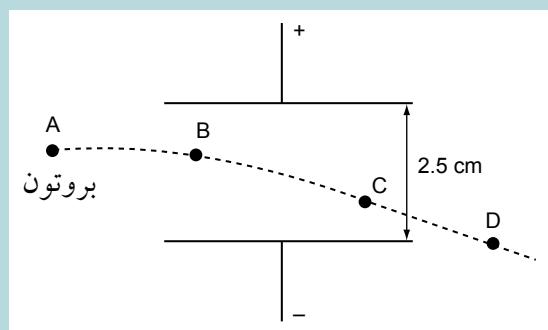
٨ يبيّن الشكل ٢٨-٢ كرة موجبة الشحنة الكهربائية معلقة بخيط عازل بالقرب من لوح فلزي مؤرخ (متصل بالأرض).



الشكل ٢٨-٢

- انسخ الشكل وارسم خمسة خطوط لإظهار المجال الكهربائي بالقرب من اللوح والكرة.
- اشرح سبب انجذاب الكرة نحو اللوح الفلزي.
- استبدلت الكرة بكرة مماثلة سالبة الشحنة الكهربائية.
- اشرح ما يمكن ملاحظته عندما تقترب الكرة من اللوح الفلزي المؤرخ.
- صف أي تغيرات قد تحدث في المجال الكهربائي.

٩ يبيّن الشكل ٢٩-٢ «بروتون» وهو يتحرك بين لوحين متوازيين مشحونين. مقدار شحنة البروتون . $(+1.6 \times 10^{-19} C)$



الشكل ٢٩-٢

- انسخ الشكل وارسم خطوط المجال الكهربائي بين اللوحين المتوازيين.

تابع

بـ. القوة المؤثرة على البروتون عندما يكون في الموضع B تساوي $(6.4 \times 10^{-14} \text{ N})$.

١. بأي اتجاه تؤثر القوة على البروتون عندما يكون في الموضع B؟

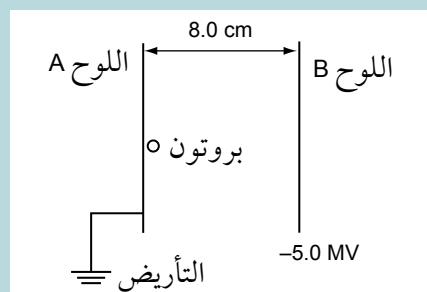
٢. ما مقدار القوة المؤثرة على البروتون عندما يكون في الموضع C؟

جـ. احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحيـن.

دـ. احسب فرق الجهد الكهربائي بين اللوحيـن.

أـ. عـرـف المقصود بشـدة المجال الكـهـربـائـي عند نقطـة ما.

بـ. في مسرع الجسيمات يكون البروتون في البداية في حالة سكون، ثم يـسـرـعـ بين لـوـحـيـنـ فـلـزـيـنـ، كما هو مـبيـنـ في الشـكـلـ ٢ـ٣ـ٠ـ.



الشكل ٣٠-٢

١. احسب القوة المؤثرة على البروتون بسبب المجال الكهربائي.

٢. احسب الشغل المبذول على البروتون بواسطة المجال الكهربائي عندما ينتقل من اللوح A إلى اللوح B.

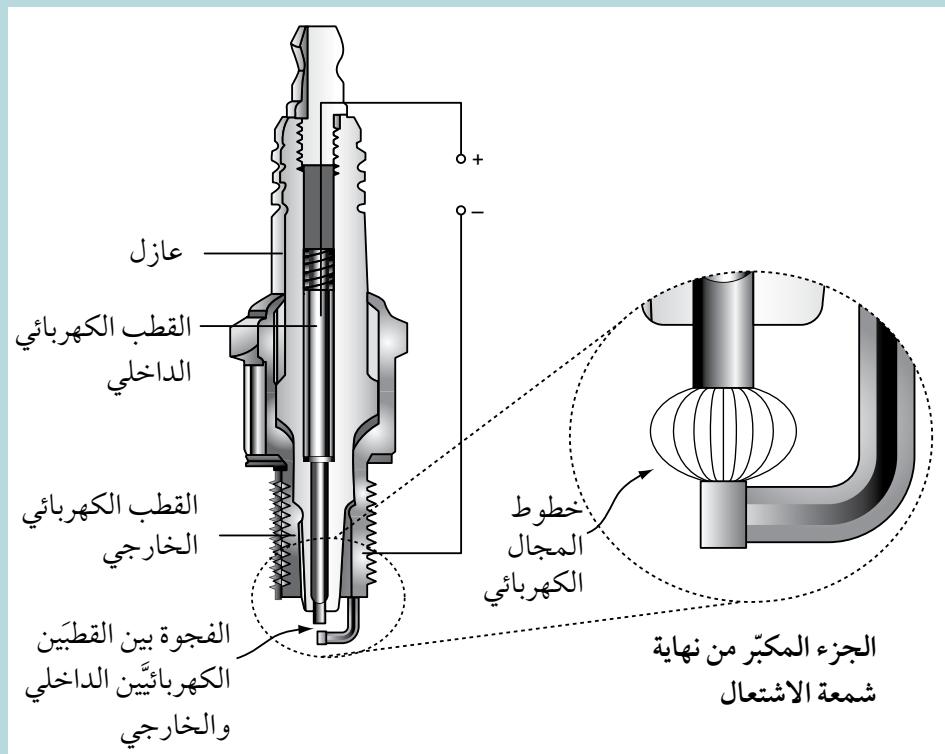
٣. ما مقدار الطاقة التي يكتسبها البروتون؟

٤. بافتراض أن كل هذه الطاقة التي اكتسبها البروتون تحولـتـ إلى طـاقـةـ حـرـكـةـ، اـحـسـبـ سـرـعـةـ البروتـونـ عندما يصلـ إلىـ اللـوـحـ Bـ.

(شـحـنـةـ البرـوتـونـ = $C = 1.6 \times 10^{-19}$; كـتـلـةـ البرـوتـونـ = $1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$).

١١

يُبيّن الشكل ٣١-٢ تركيب شمعة الاشتعال في محرك الاحتراق الداخلي. يُظهر الجزء المكّبّر نهاية شمعة الاشتعال، مع بعض خطوط المجال الكهربائي تمثّل المجال الكهربائي.



الشكل ٣١-٢

أ. انسخ خطوط المجال الكهربائي من الشكل، وارسم أسهماً لإظهار اتجاه المجال الكهربائي.
ب. ما الدليل الذي يقدمه الشكل على أن المجال الكهربائي يكون أقوى بالقرب من طرف القطب الداخلي؟

ج. الفجوة بين القطبين الكهربائيين الداخلي والخارجي (1.25 mm) وشدة المجال الكهربائي المطلوب للأنهيار الكهربائي تساوي ($5.0 \times 10^6 \text{ N C}^{-1}$). قدر أدنى فرق جهد كهربائي يجب تطبيقه عبر القطبين الكهربائيين الداخلي والخارجي لإنتاج شرارة (يمكنك معاشرة القطبين كزوج من الألواح المتوازية).
د. عندما يسرّع الإلكترونون من خلال فرق في الجهد الكهربائي مقداره نحو (20)، فسيكون لديه طاقة كافية لتأمين ذرة نيتروجين. بيّن أن الإلكترون يجب أن يتحرك مسافة (4.0 μm) لاكتساب هذه الطاقة.

تابع

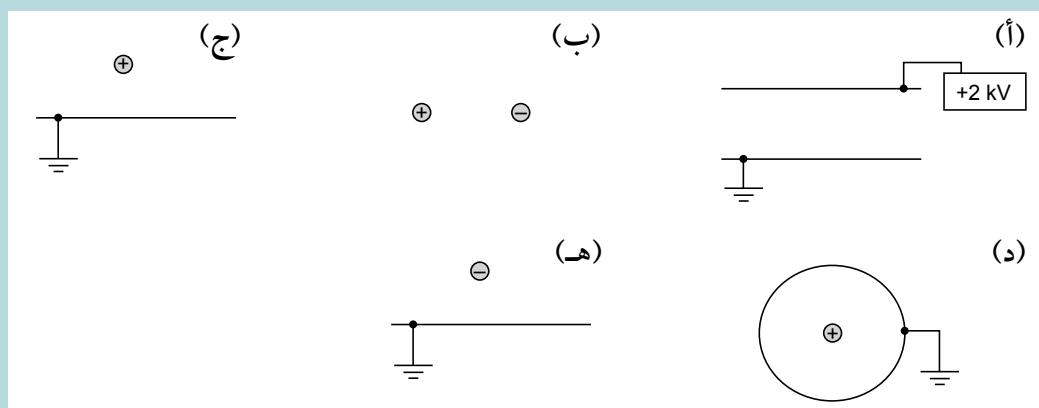
كيف يتغير الجهد الكهربائي (V) مع المسافة (r) عن الشحنة الكهربائية النقطية؟

- أ. $V \propto r$
- ب. $V \propto r^2$
- ج. $V \propto r^{-1}$
- د. $V \propto r^{-2}$

شدة المجال الكهربائي على بعد (20 cm) من شحنة كهربائية نقطية معزولة يساوي ($1.9 \times 10^4 \text{ N C}^{-1}$). ما
شدة المجال الكهربائي على بعد (30 cm) من هذه الشحنة الكهربائية؟

- أ. $8.4 \times 10^3 \text{ N C}^{-1}$
- ب. $1.3 \times 10^4 \text{ N C}^{-1}$
- ج. $2.9 \times 10^4 \text{ N C}^{-1}$
- د. $4.3 \times 10^4 \text{ N C}^{-1}$

ارسم على نسخة من الشكل ٣٢-٢ المجالات الكهربائية بين الأجسام المشحونة في الحالات (أ، ب، ج، د، ه).



الشكل ٣٢-٢

لوحان متوازيان تفصلهما مسافة (4 cm) ويوجد فرق جهد كهربائي بينهما مقداره (2.5 kV).

- أ. احسب شدة المجال الكهربائي بين اللوحين.
- ب. يتحرك جسيم من الغبار يحمل شحنة كهربائية مقدارها ($+2.4 \text{ nC}$) في الحيز بين اللوحين. احسب:
 - ١. القوة المؤثرة على جسيم الغبار.
 - ٢. تسارع الجسيم نحو اللوح السالب إذا كانت كتلة جسيم الغبار تساوي (4.2 mg).

كرة صغيرة تحمل شحنة كهربائية مقدارها ($2.4 \times 10^{-9} \text{ C}$). احسب شدة المجال الكهربائي على مسافة:

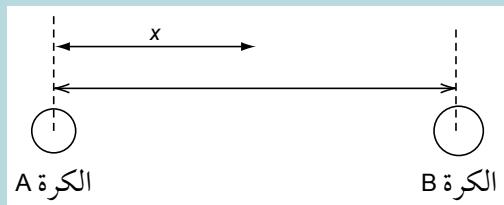
- أ. (2 cm) من مركز الكرة.
- ب. (4 cm) من مركز الكرة.

كرة موصولة قطرها (6.0 cm) مثبتة على قاعدة عازلة، وتتصل الكرة بمصدر جهد كهربائي مقداره (20 kV).
احسب:

- أ. مقدار الشحنة الكهربائية على سطح الكرة.
- ب. شدة المجال الكهربائي على سطح الكرة.

تحمل نواة ذرة الهيدروجين شحنة كهربائية مقدارها ($C \times 10^{-19} +1.60$), ويقع إلكترونها على مسافة ($1.05 \times 10^{-10} m$) من النواة. احسب جهد التأين للهيدروجين.
(تلميح: جهد التأين يساوي الشغل لوحدة الشحنة اللازم لنقل الإلكترون إلى اللانهاية).

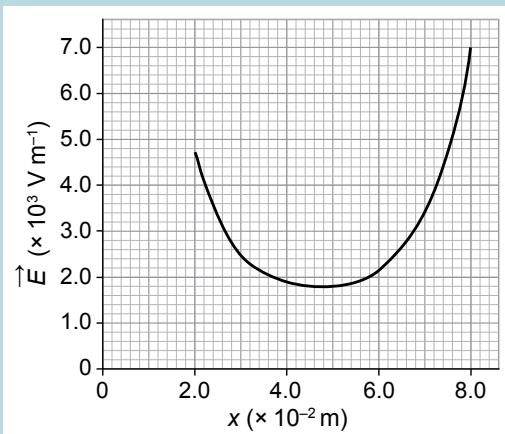
أ. وضعت كرتان موصلتان مشحونتان، نصف قطر كل منها (1.0 cm) بحيث يتبعا مركزاهما (10 cm)، كما هو مبين في الشكل ٣٢-٢.



الشكل ٣٣-٢

تحمل الكرة A شحنة كهربائية مقدارها ($C \times 10^{-9} +2.0$).

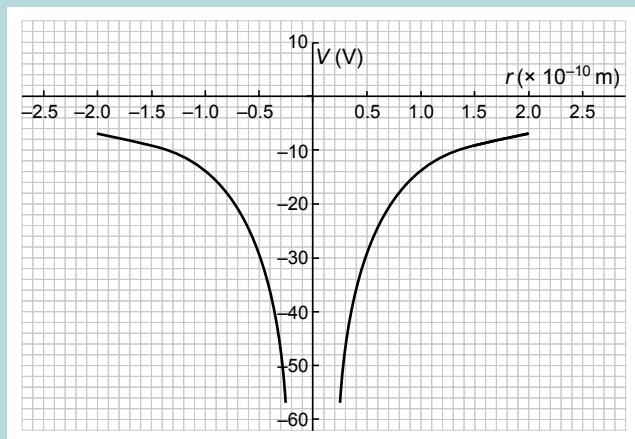
يبين التمثيل البياني (الشكل ٣٤-٢) كيف تغير شدة المجال الكهربائي بين الكرتين مع المسافة (x).



الشكل ٣٤-٢

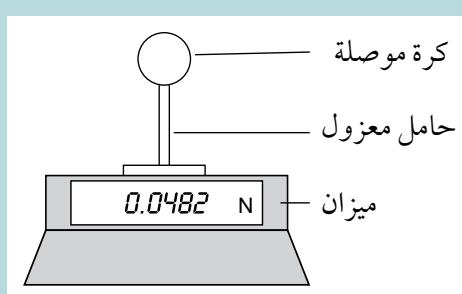
١. حدد شدة المجال الكهربائي الناتجة عن الكرة A والتي تبعد مسافة (5.0 cm) من مركزها.
٢. استخدم إجابتك من الجزئية (١) لحساب مقدار الشحنة الكهربائية على الكرة B.
 - ب. إذا أزيلت الكرة B فاحسب الجهد الكهربائي على سطح الكرة A.
 ٢. اقترح كيف ستقارن الجهد الكهربائي على سطح الكرة A قبل إزالة الكرة B وبعد إزالتها واشرح ذلك.

- أ. عرّف الجهد الكهربائي عند نقطة ما.
- ب. بيّن التمثيل البياني في الشكل ٣٥-٢ الجهد الكهربائي بالقرب من البروتون المضاد (جسيم المادة المضادة للبروتون لديه الكتلة نفسها لكن نوع شحنته معاكسة).



الشكل ٣٥-٢

١. جد الجهد الكهربائي على مسافة $(0.53 \times 10^{-10} \text{ m})$ من البروتون المضاد.
٢. جد طاقة الوضع الكهربائية التي يمتلكها البوزيترون (جسيم المادة المضادة للإلكترون) عند هذه المسافة.
٣. بيّن الشكل ٣٦-٢ كرة نصف قطرها (0.80 cm) تحمل شحنة كهربائية مقدارها ($+6.0 \times 10^{-8} \text{ C}$)، وهي في حالة سكون على ميزان.



الشكل ٣٦-٢

- أ. احسب شدة المجال الكهربائي على سطح الكرة.
- ب. كرة مماثلة تحمل شحنة كهربائية مقدارها ($-4.5 \times 10^{-8} \text{ C}$) ثُبّت بحيث يكون مركزها على مسافة (5.0 cm) رأسياً فوق مركز الكرة الأولى.
١. احسب القوة الكهربائية بين الكرتين.
٢. احسب القراءة الجديدة للميزان.
- ج. تحركت الكرة الثانية رأسياً نحو الأسفل مسافة مقدارها (1.5 cm). احسب الشغل المبذول في تحريك الكرة عكس اتجاه المجال الكهربائي.

قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

مستعد للمضي قدماً	متمكن إلى حد ما	أحتاج إلىبذل المزيد من الجهد	أراجع الموضوع	أستطيع أن
			١-٢	أفهم أن المجال الكهربائي هو مجال قوة.
			٢-٢	أُعرّف شدة المجال الكهربائي كقوة لكل وحدة شحنة كهربائية موجبة.
			٢-٢	أُمثل المجال الكهربائي بواسطة خطوط المجال.
			٢-٢	أفهم أن المجال الكهربائي بين الألوان المتوازية والمشحونة منتظم.
			٢-٢	استخدم المعادلة: $E = -\frac{\Delta V}{\Delta d}$.
			٢-٢	أصنف المسارات التي تسلكها الجسيمات المشحونة وهي تمر عبر مجال كهربائي منتظم.
			٤-٢	أتذكر نص قانون كولوم، وأستخدم المعادلة $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.
			٤-٢	أفهم أن شدة المجال الكهربائي (\vec{E}) تُعرف بأنها القوة الكهربائية لكل وحدة كولوم.
			٤-٢	أستخرج من قانون كولوم معادلة شدة المجال الكهربائي: $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.
			٥-٢	أعرّف الجهد الكهربائي عند نقطة ما (V) على أنه الشغل المبذول في نقل وحدة شحنة من اللانهاية إلى تلك النقطة.
			٥-٢	أعرف أن الجهد الكهربائي عند اللانهاية يساوي صفرًا.
			٥-٢	أعرف أن الجهد الكهربائي يزداد كلما اقتربت من جسم موجب الشحنة.
			٥-٢	أعرف أن الجهد الكهربائي يتلاصص كلما اقتربت من جسم سالب الشحنة.
			٥-٢	استخدم معادلة الجهد الكهربائي: $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$.
			٥-٢	استخدم المعادلة: $\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$.
			٥-٢	أفهم أن طاقة الوضع الكهربائية لشحتين نقطتين تساوي: $E_p = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$.

إجابات كتاب الطالب

العلوم ضمن سياقها

من الصعب التنبؤ بوقت حدوث ضربة البرق، وهذا ما يجعله مصدرًا كهربائيًا لا يمكن الاعتماد عليه.

٣.

هناك عدد من التحديات المتعلقة باستغلال طاقة البرق:

- من الصعب معرفة مكان ضربة البرق، ومواقع أعمدة التقاط ومضات البرق المطلوبة للاستفادة منه.

٤.

- يوفر البرق ومضات نارية (قصيرة جدًا) من الطاقة. وهذه الطاقة يجب أن تكون مخزنة بطريقة ما (مكثفات عملاقة) بحيث يمكن استخدام تلك الطاقة بشكل مناسب تكون الفترة الزمنية مناسبة كذلك).

على الرغم من أن الطاقة المتحرّرة في أثناء البرق ضخمة، فهي تنتهي في فترة زمنية قصيرة جدًا. تحدث 3000000 ضربة برق في اليوم تعني نحو 35 ضربة / ثانية في المتوسط، وهو ما ينتج قدرة كهربائية متوسطة مقدارها (350 MW). يبلغ إنتاج أصغر محطة طاقة نووية (W) (500 MW) تقريبًا، لذلك فإن استغلال كل طاقة البرق على هذا الكوكب لن يوفر إلا كمية ضئيلة من الطاقة الكهربائية.

إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. أ. يظهر المخطط (١) مجالاً كهربائياً بين

شحتنَيْن موجبَيْن كل منهما تتفاوت مع الآخر (رؤوس الأسمِم تتجه بعيداً عن الشحتنَيْن).

ب. يظهر المخطط (٢) مجالاً كهربائياً بين

شحتنَيْن سالبَيْن كل منهما تتفاوت مع الآخر (رؤوس الأسمِم تتجه نحو الشحتنَيْن).

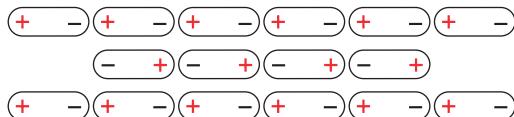
ج. يظهر المخطط (٢) مجالاً كهربائياً بين

شحتنَيْن مختلفَيْن كل منهما تتجاذب مع الأخرى. موضع الشحنة الكهربائية الموجبة إلى اليمين والسلبية إلى اليسار.

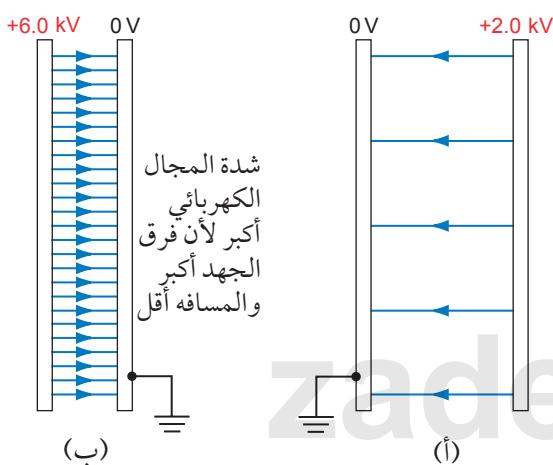
٢. مخطط يظهر أي عدد من الجزيئات مصطفة

بشكل متواز بطريقة يكون فيها النوع نفسه

للشحنات من جهة محددة من المخطط كالمثال الآتي.



تكون شدة المجال الكهربائي أكبر في الجزء العلوي (المدبب) من المبني؛ حيث أن خطوط المجال الكهربائي متقاربة من بعضها مقارنة بالخطوط الأخرى.



شدة المجال الكهربائي:

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{150}{(20 \times 10^{-3})} = 7500 \text{ N C}^{-1}$$

بالاتجاه نفسه للقوة إلى الأسفل.

شدة المجال الكهربائي:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{1000}{0.40} = 2500 \text{ V m}^{-1} = 2500 \text{ N C}^{-1}$$

شدة المجال الكهربائي:

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{8 \times 10^{-16}}{(1.6 \times 10^{-19})} = 5000 \text{ N C}^{-1}$$

أ. إعادة ترتيب المعادلة $E = \frac{V}{d}$ بحيث يُعطى فرق الجهد الكهربائي المُسَبِّب للشرر بواسطة:

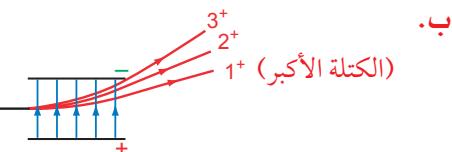
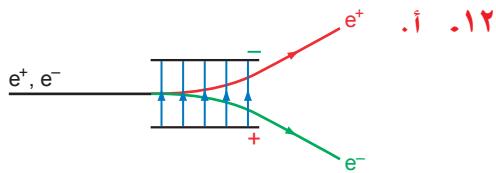
$$V = Ed = 40000 \times 4 = 160000 \text{ V}$$

$$= 1.6 \times 10^5 \text{ V} = 160 \text{ kV}$$



أعد ترتيب المعادلة $F = ma$ لإيجاد مقدار التسارع:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{8.0 \times 10^{-13}}{9.11 \times 10^{-31}} = 8.8 \times 10^{17} \text{ m s}^{-2}$$



ستتحرف الأيونات الموجبة نحو اللوح السالب الشحنة والأيونات السالبة نحو اللوح الموجب الشحنة، وستتحرف الأيونات ذات الكتلة الأكبر بدرجة أقل.

وستتحرف الأيونات ذات الشحنة الكهربائية الأكبر بدرجة أكبر.

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 الكرتين:

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

القوية:

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

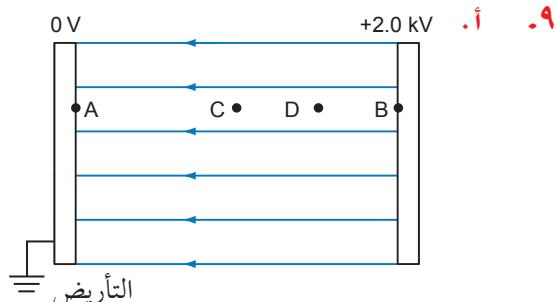
ج. حسبنا شدة المجال الكهربائي الناتج عن الكرة الأولى على بعد 25 cm من مركزها في الجزئية (أ). (وهي أيضاً نقطة المنتصف بين الكرتين). شدة المجال الكهربائي بسبب الكرة الثانية،

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

وهذا مجرد تقدير لأن الصيغة تتطبق فقط في حالة المجال الكهربائي المنتظم الناتج عن لوحين متوازيين؛ في حين أن استخدام مثل هذه الطرائق التقريرية يُعدّ جيداً لإيجاد تقدير تقريري لما هو مطلوب.

ب. $V = Ed = 40000 \times 10000 = 400 \text{ MV}$

(تذكر أن شدة المجال أعطيت بالثولت لكل سنتيمتر).



ب. مقدار فرق الجهد الكهربائي بين A و B

$$= 2.0 \text{ kV}$$

ج. شدة المجال الكهربائي بين اللوحين المتوازيين منتظمة، لذلك لها القيمة نفسها عند كل نقطتين.

$$E = \frac{V}{d} = \frac{2.0 \times 10^3}{0.25} = 8.0 \text{ kV m}^{-1}$$

د. $F = QE = +5 \times 10^{-6} \times 8.0 \times 10^3 = 0.04 \text{ N}$

تؤثر إلى اليسار لأن الشحنة موجبة.

$$E = \frac{V}{d} = \frac{5.0 \times 10^3}{0.10} = 5.0 \times 10^4 \text{ V m}^{-1}$$

هـ. $F = QE = +2 \times 10^{-6} \times 5.0 \times 10^4 = 0.10 \text{ N}$

القوية:

$$F = QE$$

$$= -1.6 \times 10^{-19} \times 5.0 \times 10^6 = -8.0 \times 10^{-13} \text{ N}$$

$$\begin{aligned} & 4 \text{ kJ : B} \\ & 2 \text{ kJ : C} \\ & 3 \text{ kJ : D} \\ & \text{أعد ترتيب } V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \text{ لتصبح: } 16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 4\pi \times \epsilon_0 r V \\ &= 4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.10 \times 100000 \\ &= 1.1 \times 10^{-6} \text{ C} \end{aligned}$$

تعمل الشحنة الكهربائية على سطح الكرة على أنها مرکزة عند نقطة في مركز الكرة، الجهد الكهربائي:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{1.1 \times 10^{-6}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.20} = 5.0 \times 10^4 = 50 \text{ kV}$$

١٧. أ. الشغل المبذول في المجال الكهربائي المنتظم $= QV$ ، لذلك يكون الشغل المبذول كالتالي:

$$(E \rightarrow F: 2.5 \text{ kJ}) , (E \rightarrow H: 5 \text{ kJ}) \\ (H \rightarrow E: -5 \text{ kJ}) , (F \rightarrow G: 0 \text{ J})$$

$$(E \rightarrow F: -2.5 \text{ kJ}) , (E \rightarrow H: -5 \text{ kJ}) . 1$$

$$(H \rightarrow E: +5 \text{ kJ}) , (F \rightarrow G: 0 \text{ J})$$

$$(E \rightarrow F: 5 \text{ kJ}) , (E \rightarrow H: 10 \text{ kJ}) . 2$$

$$(H \rightarrow E: -10 \text{ kJ}) , (F \rightarrow G: 0 \text{ J})$$

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

- ١.** ج (اتجاه المجال الكهربائي: مبتعداً عن الشحنة الكهربائية الموجبة / باتجاه الشحنة الكهربائية السالبة أي إلى الأعلى نحو اللوح العلوي. القوة المؤثرة على الإلكترون: بما أن الشحنة الكهربائية للإلكترون سالبة، فإن القوة تُبعده عن اللوح السالب أي يتجه إلى الأسفل نحو اللوح السفلي).

تشير الإشارة السالبة إلى أن المجال يجذب شحنة اختبارية موجبة باتجاه الكرة الثانية، هي حين أن مجال الكرة الأولى يتناقض مع الشحنة الكهربائية الموجبة بعيداً عن الكرة الأولى (باتجاه الكرة الثانية أيضاً)، 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. قطر الكرة 40 cm يعني أن المسافة من المركز إلى السطح $= 20 \text{ cm}$

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

$$\begin{aligned} Q &= 4\pi \times \epsilon_0 r^2 E \\ &= 4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.20^2 \times 4.0 \times 10^6 \end{aligned}$$

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

١٥. أ. طاقة الوضع الكهربائية (W):

$$W = QV = +1 \times V$$

لذلك، تكون طاقة الوضع الكهربائية في المواقع المختلفة في المجال المنتظم كالتالي:

عند النقطة A = 0 J، وعند النقطة B = 2 kJ

وعند النقطة C = 1 kJ

(C) تقع في منتصف المسافة بين النقطة A ونقطة B = 0 V.

وطاقة الوضع الكهربائية عند النقطة D = 1.5 kJ

(D) تقع في منتصف المسافة بين النقطة C = +1 kJ والنقطة B = +2 kV.

ب. طاقة الوضع الكهربائية (W):

$$W = QV = +2 \times V$$

$= 2 \times$ الإجابات في الجزئية (أ)

وهي كالتالي:

$$0 \text{ J : A}$$



يجب أن تكون الخطوط الخمسة واضحة، وغير متلامسة، وتتجه الأسهم في الاتجاه الصحيح من الشحنة الموجبة إلى اللوح المؤرخ.

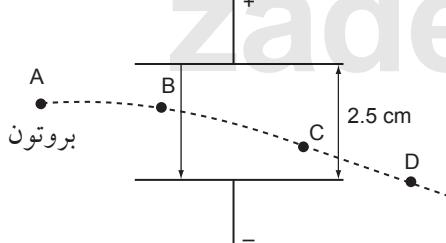
ب. تستحوذ الشحنة الكهربائية الموجبة على الكرة الشحنات السالبة على اللوح الفلزى؛ لذلك تتجاذب الشحنات المختلفة.

ج. ١. ستتجذب الكرة إلى اللوح الفلزى.

تستحوذ الشحنة الكهربائية السالبة على الكرة الشحنات الموجبة على اللوح الفلزى.

٢. سينعكس اتجاه المجال الكهربائي (لكن شكل خطوط المجال لا يتغير).

٩. **أ.** سلسلة من الخطوط المتوازية بين اللوحيين. وتتجه الأسهم رأسياً إلى أسفل.



ب. ١. رأسية إلى أسفل.

$$6.4 \times 10^{-14} \text{ N} . ٢$$

$$\text{ج. } E = \frac{F}{Q} = \frac{6.4 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19}} = 400000 \text{ V m}^{-1}$$

د. بترتيب المعادلة $E = \frac{V}{d}$ فإن:

$$V = Ed = 400000 \times 2.5 \times 10^{-2} = 10000 \text{ V}$$

١٠. أ. شدة المجال الكهربائي هي القوة لكل وحدة شحنة كهربائية التي تؤثر على شحنة كهربائية موجبة ثابتة موضوعة عند تلك النقطة.

٢. ب (أ: شحنة إلكترون؛ ج: يحسب E على أنها $d \times V$ ، د: يحسب $\frac{V}{d}$ فقط).

٣. **أ.** الشريحة مشحونة بشحنة موجبة وتختضع لقوة كهربائية باتجاه المجال الكهربائي نفسه.

ب. ستصبح الشريحة مشحونة بشحنة سالبة وستتأثر بقوة في الاتجاه المعاكس للمجال الكهربائي.

٤. شدة المجال الكهربائي:

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{4.4 \times 10^{-13}}{8.8 \times 10^{-17}} = 5000 \text{ N C}^{-1}$$

فرق الجهد الكهربائي:

$$V = E \times d = 4000 \times 0.04 = 160 \text{ V}$$

٥. **أ.** المسافة الفاصلة بين اللوحيين:

$$d = \frac{V}{E} = \frac{2400}{3.0 \times 10^4} = 0.08 \text{ m} = 8.0 \text{ cm}$$

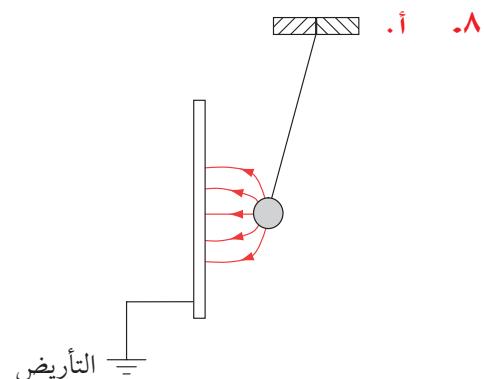
ب. شدة المجال الكهربائي E :

$$E = \frac{V}{d} = \frac{2400}{0.02} = 1.2 \times 10^5 \text{ V m}^{-1}$$

تناسب شدة المجال الكهربائي طردياً مع فرق الجهد الكهربائي، لذلك مضاعفة فرق الجهد يضاعف شدة المجال الكهربائي.

وتتناسب شدة المجال الكهربائي عكسيًا مع المسافة الفاصلة بين اللوحيين، وبالتالي فإن تقليل المسافة الفاصلة إلى الثلث يؤدي إلى مضاعفة شدة المجال الكهربائي لـ 3 أمثال.

لذلك، تزداد شدة المجال الكهربائي لـ 6 أمثال ما كانت عليه.



أي أن الجهد الكهربائي يصبح $V = 20 \text{ V}$ (أو أي طريقة أخرى ممكنة).

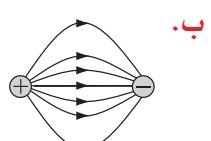
.١٢ ج

أ (ب: استخدم $\frac{1}{r}$, ج: استخدم r , د: استخدم r^2).

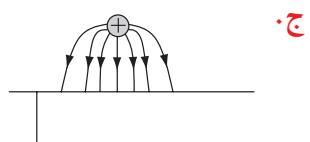
.١٣ من أ إلى ه.



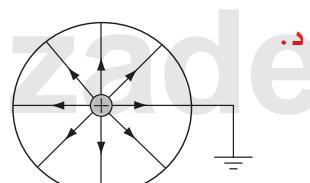
.أ



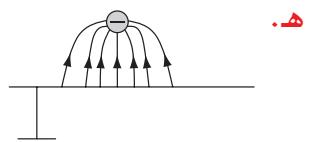
.ب



.ج



.د



.هـ

$$E = \frac{V}{d} = \frac{2500}{0.040}$$

$$= 6.25 \times 10^4 \text{ V m}^{-1}$$

.١٥ .أ

$$F = EQ = 6.25 \times 10^4 \times 2.4 \times 10^{-9}$$

.١ .بـ

$$= 1.5 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.5 \times 10^{-4}}{4.2 \times 10^{-6}} = 36 \text{ m s}^{-2} .٢$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{2.4 \times 10^{-9}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.02^2}$$

.١٦ .أ

$$= 5.4 \times 10^4 \text{ V m}^{-1}$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{5.0 \times 10^6}{8.0 \times 10^{-2}} .١ .بـ$$

$$F = EQ = \left(\frac{5.0 \times 10^6}{8.0 \times 10^{-2}} \right) \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= 1.0 \times 10^{-11} \text{ N}$$

٢. الشغل المبذول:

$$W = F\Delta d = 1.0 \times 10^{-11} \times 8.0 \times 10^{-2}$$

$$= 8.0 \times 10^{-13} \text{ J}$$

يمكن الوصول إلى النتيجة نفسها

$$W = QV$$

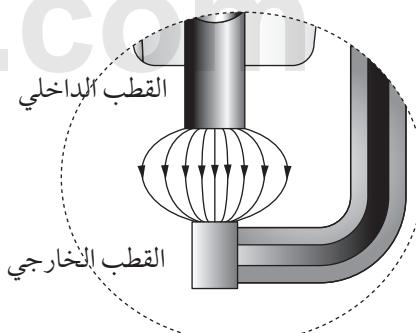
$$8.0 \times 10^{-13} \text{ J} .٣$$

$$4. طاقة الحركة: \frac{1}{2} mv^2 = 8.0 \times 10^{-13}$$

$$v^2 = 2 \times \frac{8.0 \times 10^{-13}}{1.7 \times 10^{-27}}$$

$$v = 3.1 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

.١١ .أ. الأسماء من القطب الداخلي إلى القطب الخارجي (يؤشر إلى الأسفل).



بـ. تكون الخطوط متقاربة من بعضها.

$$\Delta V = E\Delta d$$

$$= 5.0 \times 10^6 \times 1.25 \times 10^{-3} = 6250 \text{ V}$$

دـ. إذا كانت شدة المجال الكهربائي ثابتة:

$$E = 5.0 \times 10^6 \text{ N C}^{-1} \quad (5.0 \times 10^6 \text{ V m}^{-1})$$

فإن الجهد الكهربائي على مسافة $4.0 \mu\text{m}$

يهبط إلى:

$$V = 5.0 \times 10^6 \times 4.0 \times 10^{-6} \text{ V}$$

$$d = \frac{V}{E} = \frac{20}{5.0 \times 10^6} = 4.0 \times 10^{-6} = 4.0 \mu\text{m}$$

٢. يكون الجهد الكهربائي أكبر قبل إزالة الكرة B، وبما أن الجهد الكهربائي كمية عدديّة، وبالتالي فإن المحصلة للجهد عبارة عن حاصل جمع الجهدين.

٢٠. أ. الجهد الكهربائي في نقطة ما هو الشغل المبذول في نقل وحدة شحنة كهربائية موجبة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad .1$$

بما أن شحنة البروتون المضاد سالبة،

$$Q = -e$$

$$= \frac{-1.6 \times 10^{-19}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 5.3 \times 10^{-11}}$$

$$= -27.1 \text{ V}$$

$$W = VQ = -27.1 \times (-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) \quad .2$$

$$= +4.3 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{6.0 \times 10^{-8}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times (0.8 \times 10^{-2})^2} \quad .21$$

$$= 8.4 \times 10^6 \text{ N C}^{-1}$$

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad .1$$

$$= \frac{6.0 \times 10^{-8} \times (-4.5 \times 10^{-8})}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times (5.0 \times 10^{-2})^2}$$

$$= -9.7 \times 10^{-3} \text{ N}$$

٢. القراءة الجديدة للميزان:

$$= 0.0482 - 0.0097 = 0.0384 \text{ N}$$

$$\Delta V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad .3$$

$$= \frac{6.0 \times 10^{-8}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} \left(\frac{1}{3.5 \times 10^{-2}} - \frac{1}{5.0 \times 10^{-2}} \right)$$

$$= 4.6 \times 10^3 \text{ V}$$

الشغل المبذول:

$$Q\Delta V = 4.6 \times 10^3 \times (-4.5 \times 10^{-8})$$

$$= -2.1 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{2.4 \times 10^{-9}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.04^2}$$

$$= 1.3 \times 10^4 \text{ V m}^{-1}$$

(أو ربع إجابة الجزئية (أ): لأن المسافة قد تضاعفت).

١٧. أ. الجهد الكهربائي V :

$$V = \frac{Q}{4\pi \times \epsilon_0 r}$$

وبإعادة ترتيب المعادلة للحصول على الشحنة الكهربائية:

$$Q = 4\pi \times \epsilon_0 r \times V$$

$$= 4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.03 \times 20 \times 10^3$$

$$= 6.7 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{6.7 \times 10^{-9}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.03^2}$$

$$= 6.7 \times 10^5 \text{ N C}^{-1} \quad .4$$

١٨. جهد التأين للهيدروجين:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$= \frac{1.6 \times 10^{-19}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 1.05 \times 10^{-10}} = 13.7 \text{ V}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{2.0 \times 10^{-9}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.05^2} \quad .1$$

$$\approx 7200 \text{ V m}^{-1}$$

وهي موجبة لأن لها قيمةً موجبة لشدة المجال الكهربائي كما هو موضح في التمثيل البياني في السؤال.

٢. محصلة شدة المجال على بُعد 5 cm:

$$\approx 1800 \text{ V m}^{-1}$$

وبالتالي، المجال بسبب الكرة B:

$$= 7200 - 1800 = 5400 \text{ V m}^{-1}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \text{ يقود إلى}$$

$$Q = E \times 4\pi \times \epsilon_0 \times r^2 = 1.5 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$= \frac{2.0 \times 10^{-9}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 1.0 \times 10^{-2}}$$

$$\approx 1800 \text{ V}$$

إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

إجابات أسئلة الأنشطة

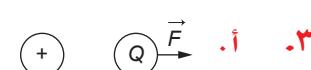
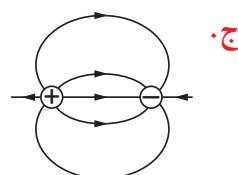
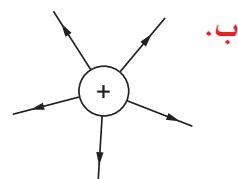
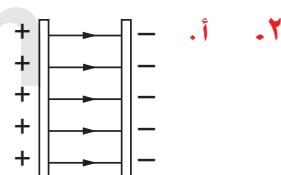
نشاط ١-٢: تمثيل مجال كهربائي

١. أ. تناور الشحنتان الكهربائيتان الموجبتان إداهما عن الأخرى.

ب. توجد قوة تجاذب بين شحنتين كهربائيتين مختلفتين في النوع.

ج. خطوط المجال الكهربائي تتوجه من الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة.

د. يوضح خط المجال الكهربائي اتجاه القوة المؤثرة على شحنة كهربائية موجبة موضوعة عند نقطة معينة في مجال كهربائي ما.



نشاط ٢-٢: حساب القوة وشدة المجال الكهربائي

١. أ. E : شدة المجال الكهربائي (الوحدة $N C^{-1}$)

F : القوة الكهربائية (الوحدة N)

q : الشحنة الكهربائية (الوحدة C)

$$\text{ب. } \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad \text{بترتيب المعادلة تصبح القوة:} \\ \vec{F} = q \vec{E}$$

ج. بما أن $\vec{F} = m\vec{a}$ بالتعويض عنها نحصل على:

$$m\vec{a} = q\vec{E}$$

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} \quad \text{لذلك فإن:}$$

$$\text{٢. أ. } E = \frac{F}{q} = \frac{2.0 \times 10^{-9}}{4.5 \times 10^{-6}} = 4.4 \times 10^{-4} N C^{-1}$$

$$\begin{aligned} F &= qE = 1.6 \times 10^{-19} \times 2.0 \times 10^4 \\ &= 3.2 \times 10^{-15} N \end{aligned} \quad \text{ب.}$$

٣. أ. E : شدة المجال الكهربائي (الوحدة $N C^{-1}$)

V : فرق الجهد الكهربائي بين اللوحيين (الوحدة V)

d : المسافة الفاصلة بين اللوحيين (الوحدة m)

$$\text{ب. } E = \frac{V}{d} = \frac{5.0 \times 10^3}{20.0 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^4 N C^{-1}$$

$$\text{ج. بما أن } E = \frac{V}{d} \text{ فإن:}$$

$$V = Ed = 500 \times 1.0 \times 10^{-2} = 5.0 V$$

$$\text{د. بتعويض } E = \frac{V}{d} \text{ في } F = qE \text{ تعطي:}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{qV}{d} = \frac{2.0 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 400}{0.140} \\ &= 9.1 \times 10^{-16} N \end{aligned}$$

$$\text{هـ. بتعويض } E = \frac{V}{d} \text{ في } F = qE \text{ تعطي:}$$

$$F = \frac{qV}{d} = \frac{2.0 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3}{0.005} = 4000 N$$

نحو الأسفل



ب. شدة المجال الكهربائي ($N C^{-1}$)

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

$$\frac{\text{القوة (N)}}{\text{الشحنة الكهربائية (C)}} = E$$

ج. ١. بما أن $E = \frac{F}{q}$ فإن:

$$F = qE = -1.6 \times 10^{-19} \times 5000$$

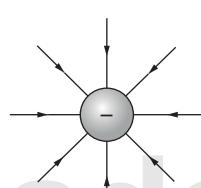
$$= -8.0 \times 10^{-16} N$$

إلى اليسار

$$W = mg = 9.11 \times 10^{-31} \times 9.81$$

$$= 8.94 \times 10^{-30} N$$

نحو الأسفل



$$d = 5.0 + 20 + 5.0 = 40 \text{ cm}$$



1 cm



نشاط ٣-٢: حركة الشحنات في مجال كهربائي

$$E = \frac{V}{d} = \frac{240}{2.0 \times 10^{-3}} = 1.2 \times 10^4 N C^{-1}$$

ب. بما أن $E = \frac{F}{q}$ فإن:

$$F = qE = 1.60 \times 10^{-19} \times 1.2 \times 10^4$$

$$= 1.9 \times 10^{-15} N$$

ج. بما أن $F = ma$ فإن:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.9 \times 10^{-15}}{1.67 \times 10^{-27}} = 1.1 \times 10^{12} m s^{-2}$$

د. سيسارع البروتون إلى اليمين نحو اللوح السالب.

٢. أ. خطوط المجال الكهربائي متوازية ومتباعدة بشكل متساوٍ.

ب. المجال الكهربائي يتوجه من اللوح الموجب إلى اللوح السالب.

ج. بما أن لكل إلكترون شحنة كهربائية سالبة، فإن القوة تكون بالاتجاه المعاكس لخطوط المجال الكهربائي.

د. لأن القوة الكهربائية (وقوة الجاذبية) يؤثران في الاتجاه الرأسي وليس لهما مركبة أفقية.

هـ. تزداد المركبة الرأسية لسرعة المتجهة بمعدل ثابت (أي تسارع ثابت بسبب القوة الكهربائية الثابتة).

و. شكل المسار هو قطع مكافئ (كما هي الحال بالنسبة إلى المقدار في مجال الجاذبية المنتظم للأرض).

نشاط ٤-٢: المجال الكهربائي حول شحنة كهربائية نقطية

١. أ. المجال الكهربائي هو المنطقة التي يتأثر فيها جسم مشحون بقوة كهربائية.

ب. القوتان متساويان في المقدار ومتناقضان

في الاتجاه؛ وتؤثر كل منهما على جسمين مختلفين (شحتين)؛ كلاهما قوة كهربائية أي من النوع نفسه.

ج. لا يتغير مقدار القوة ولكن يتغير اتجاهها (تصبحان قويّي تجاذب).

د. ١. تزيد إلى أربعة أمثالها.

٢. تقل إلى الربع.

٣. تزيد إلى أربعة أمثالها.

الشحنة الكهربائية، حتى تكون محصلة القوى تساوي صفرًا يجب أن تتساوى القوتان في المقدار وتعاكسان في الاتجاه. وبما أن الشحنة الكهربائية اليسرى أكبر بمقدار بأربع مرات من الشحنة الكهربائية اليمنى، لذلك يجب أن تكون النقطة على بعد ضعف المسافة من الشحنة الكهربائية اليسرى مقارنة مع بعدها عن الشحنة الكهربائية اليمنى (لأن: $4 = 2^2$).
لذلك، يجب أن تكون النقطة على بعد 2.0 cm من الشحنة الكهربائية اليسرى.

نشاط ٥-٢: الجهد الكهربائي

١. أ. $\Delta E_p = mg\Delta h = 20 \times 9.81 \times 2.0 = 392.4 \text{ J}$

$$\Delta \phi = \frac{392.4}{20} \approx 20 \text{ J kg}^{-1}$$

(مع رقمين معنويين)

ب. لأن الشحنات الموجبة تتناهى (أو تدفع الشحنة الكهربائية الموجبة بعكس اتجاه المجال الكهربائي).

ج. $\Delta E_p = q\Delta V = 20 \times (2 - 0) = 40 \text{ J}$

$\Delta V = 2 \text{ V}$

د. لـ 40؛ تفقد الشحنة الكهربائية السالبة طاقة عند انتقالها إلى جهد كهربائي أعلى.

٢. أ. تجاذبان، لأنهما شحنتان كهربائيتان مختلفتان.

ب. يجب بذل شغل ضد قوة التجاذب بين الشحنتين.

ج. $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$

$$= \frac{0.010}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.010} = 9.0 \times 10^9 \text{ V}$$

د. $E_p = qV = -0.0050 \times 9.0 \times 10^9 = -4.5 \times 10^7 \text{ J}$

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

$$= \frac{1.0 \times 10^{-6} \times 1.0 \times 10^{-6}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times (1.0 \times 10^{-2})^2} = 90 \text{ N}$$

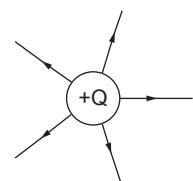
٤. أ. 24 N C⁻¹ متوجهًا بعيدًا عن الشحنة الكهربائية +Q.

ب. بما أن $E = \frac{F}{q}$ فإن:

$$F = qE = 5 \times 24 = 120 \text{ N}$$

متوجهة نحو الشحنة الكهربائية +Q.

٥. أ.



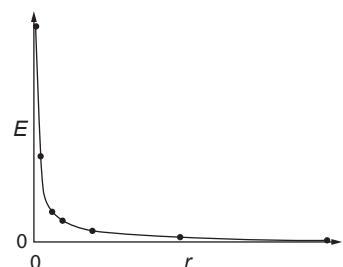
ب. لا، غير منتظم؛ لأن الخطوط مختلفة الاتجاه ولن ينبعوا من نقطة واحدة، وتتصبّج متباينة بشكل متساوٍ، وتتصبّج متباينة أكثر كلما ابتعدت عن الشحنة الكهربائية.

ج. $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

$$= \frac{5.0 \times 10^{-6}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times (4.0 \times 10^{-2})^2}$$

$$= 2.8 \times 10^7 \text{ N C}^{-1}$$

د.

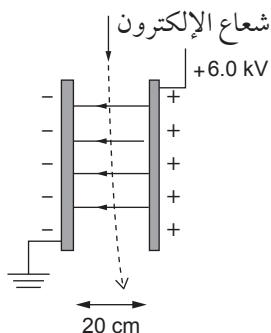


٦. أ. الشحنة الكهربائية $+4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ، لأن كلاً الشحنتين على المسافة نفسها؛ لذلك ستبدل الشحنة الكهربائية الأكبر قوة أكبر.

ب. إلى اليمين (بعيدًا عن الشحنة الكهربائية $+4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$).

ج. تتناسب القوة طرديًا مع مقدار الشحنة الكهربائية وعكسياً مع مربع المسافة عن

إجابات أسئلة نهاية الوحدة



٣. أ. ١. نحو اليمين.
٢. تطبيق فرق جهد كهربائي بين لوحين فلزيين تفصل بينهما مسافة معينة وفي هذه الحالة هناك فتحة لدخول الإلكترونات على أحد اللوحين.

$$v^2 = u^2 + 2as$$

ب.

$$a = \frac{v^2 - u^2}{2s} = \frac{0 - (2.0 \times 10^7)^2}{2 \times 0.050}$$

$$= -4.0 \times 10^{15} \text{ m s}^{-2}$$

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

$$= \frac{9.11 \times 10^{-31} \times 4.0 \times 10^{15}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.3 \times 10^4 \text{ N C}^{-1}$$

- د. يعكس اتجاهه نحو اليسار ويتحرك بتسارع ثابت حتى يصل إلى النقطة P، ويتحرك بعد ذلك بسرعة ثابتة.

٤. أ. تؤثر أي شحنتين نقطتين إحداهما على الأخرى بقوة كهربائية تتاسب مع حاصل ضرب مقدار شحنتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.

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

ب.

$$= \frac{6.0 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times (0.7 \times 10^{-10})^2}$$

$$= 2.8 \times 10^{-7} \text{ N}$$

$$F = 2.8 \times 10^{-7} \text{ N}$$

١. أ. المنطقة التي يتأثر فيها جسم مشحون بقوة كهربائية؛ هذا ما يُعرف بـ «مجال القوة».

- ب. القوة لكل وحدة شحنة كهربائية والتي تؤثر على شحنة كهربائية موجبة ثابتة موضوعة عند تلك النقطة.

- ج. ١. بما أن $\frac{F}{q} = E$ فإن: القوة الكهربائية:

$$F = qE = -4.5 \times 10^{-9} \times 2500$$

$$= -1.1 \times 10^{-5} \text{ N}$$

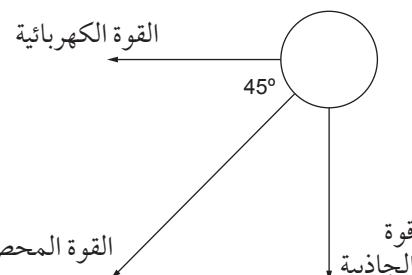
(إلى اليسار)

٢. قوة الجاذبية:

$$W = mg = 1.0 \times 10^{-6} \times 9.81 = 9.8 \times 10^{-6} \text{ N}$$

(إلى الأسفل)

٣. القوتان لهما مقداران متساويان تقريباً، لذا فإن محصلتهما ستكون بزاوية 45° تقريباً مع المستوى الأفقي.



$$E = \frac{V}{d} = \frac{6.0 \times 10^3}{20 \times 10^{-2}} = 3.0 \times 10^4 \text{ N C}^{-1}$$

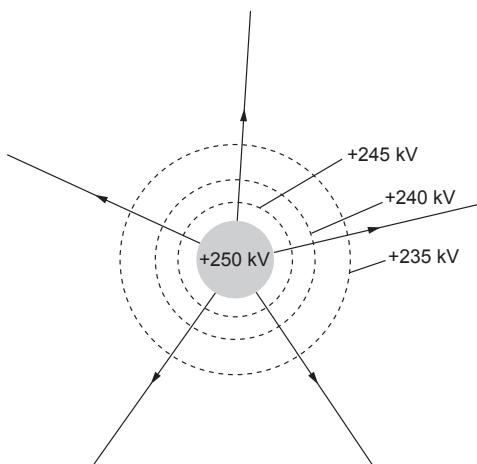
- ب. بما أن $E = \frac{F}{q}$ فإن:

$$F = qE = 1.6 \times 10^{-19} \times 3.0 \times 10^4$$

$$= 4.8 \times 10^{-15} \text{ N}$$

- ج. د. يكون مسار شعاع الإلكترون مقوساً عندما يمر بين اللوحين، ومستقيماً بعد خروجه من بين اللوحين إلى الخارج.

٦. أ. تكون خطوط المجال الكهربائي بزوايا قائمة على خطوط تساوي الجهد الدائري؛ وتبيّن الأسماء التي تبدأ من السلك (الكابل) أن اتجاه المجال يكون إلى الخارج.



- ب. تكون شدة المجال أكبر بالقرب من الكابل حيث تكون خطوط المجال أكثر تقارباً وتبتعد بالابتعاد عن الشحنة.

$$E = -\frac{\Delta V}{d} = \frac{-5.0 \times 10^3}{0.0080} = -6.3 \times 10^5 \text{ V m}^{-1}$$

ج. هذا تقدير؛ لأن شدة المجال الكهربائي ستحتفل بين سطح السلك (الكابل) وخط تساوي الجهد $+245$ V. ومع ذلك، فإن المسافة صغيرة جداً بحيث يمكن اعتبار التقدير صحيحاً.

- د. طاقة الوضع الكهربائية للإلكترون تزداد؛ لأنها يجب بذل شغل لزيادة المسافة الفاصلة بين الشحنات المتعاكسة.

٥. أ. الجهد الكهربائي عند نقطة ما يساوي الشغل المبذول لكل وحدة شحنة كهربائية لنقل وحدة شحنة كهربائية موجبة من اللانهاية إلى تلك النقطة.

$$W = q\Delta V = 1.6 \times 10^{-19} \times 2.0 \times 10^3 \\ = 3.2 \times 10^{-16} \text{ J}$$



$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{2.0 \times 10^3}{0.08} = 2.5 \times 10^4 \text{ V m}^{-1}$$

- هـ. بالنسبة إلى المسار AB: لا يبذل شغل؛ لأنه لا يوجد تغير في الجهد الكهربائي. بالنسبة إلى المسار BC:

$$\Delta V = -E\Delta d$$

$$\Delta V = -2.5 \times 10^4 \times 0.050 = -1.25 \times 10^3 \text{ V}$$

$$W = q\Delta V = -1.6 \times 10^{-19} \times -1.25 \times 10^3 \\ = +2.0 \times 10^{-16} \text{ J}$$