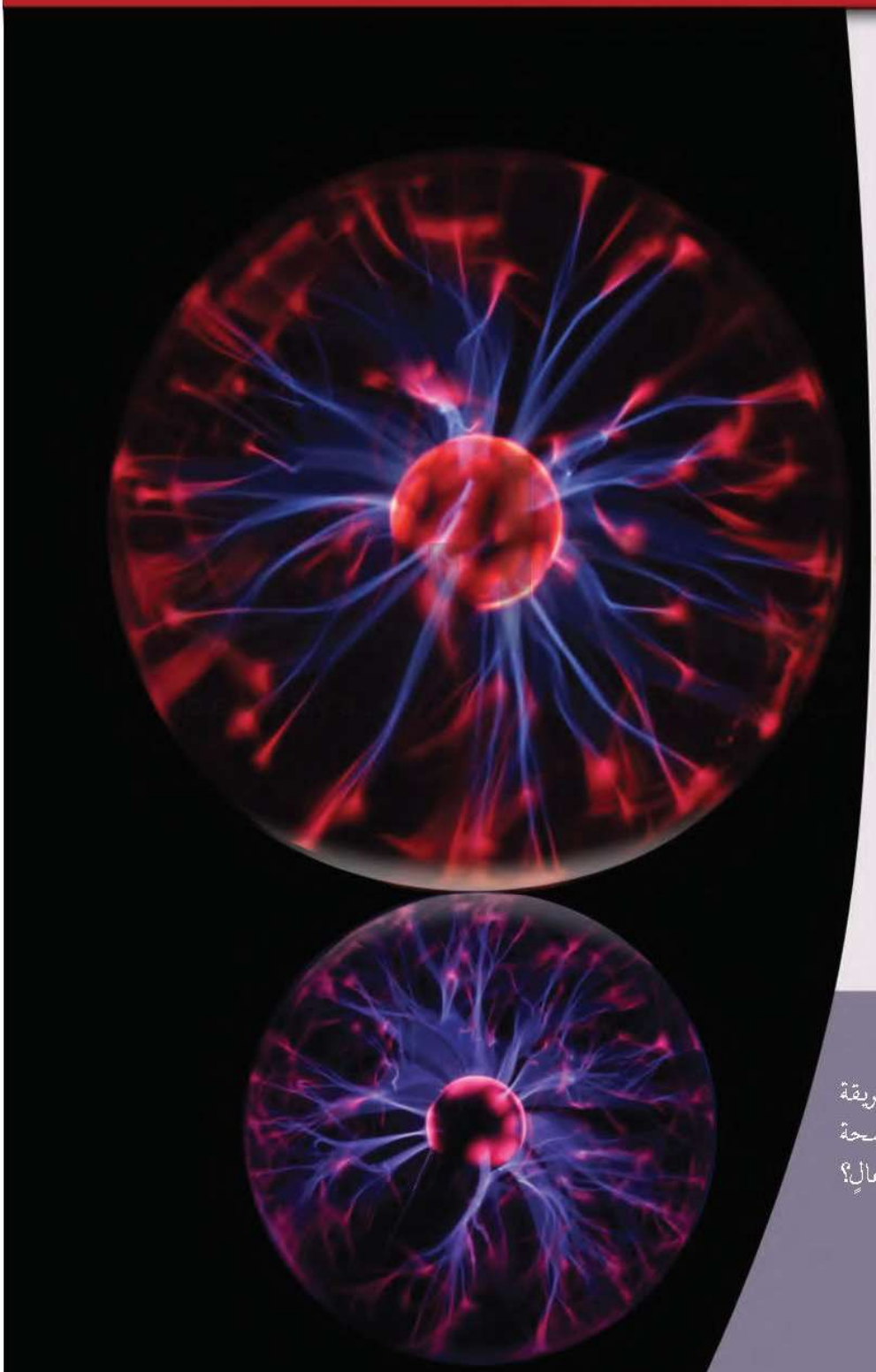
الفصل 3

المجالات الكهربائية
Electric Fields



ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- ربط المجالات الكهربائية مع القوى الكهربائية، والتمييز بينهما.
- ربط فرق الجهد الكهربائي مع الطاقة والشغل.
- وصف كيفية توزيع الشحنات على الموصلات.
- توضيح كيف تخزّن المكثِّفات الشحنات الكهربائية.

الأهمية

تعدّ الكهرباء الشكل الرئيس للطاقة بالنسبة للمجتمعات الحديثة.

تفريغ الطاقة الكبيرة يُحدث مولّد جهد عالٍ التوهّجَ الذي تشاهده داخل كرات التفريغ المجاورة.

فكّر ◄

لماذا لا يتوهّج مصباح كهربائي عادي بالطريقة نفسها التي تتوهّج بها كرات التفريغ الموضّحة في الصورة المجاورة عند وصلها بمولّد جهد عالٍ؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

كيف تتفاعل الأجسام المشحونة عن بُعد؟

سؤال التجربة كيف يتأثر جسم مشحون بتفاعله عن بُعد مع أجسام أخرى مشحونة؟

الخطوات

1. انفخ بالونين، ثم اربط كلًّا منهما بخيط طوله $\frac{1}{2}$ m.
2. ادلك أحد البالونين بثوبك 8–5 مرات حتى تشحنه، ثم علّقه في خزانة أو طاولة أو غيرهما من وسائل التعليق، مستعملًا شريطًا لاصقًا لتثبيت طرف الخيط.
3. ادلك البالون الثاني بالطريقة نفسها، ثم علّقه.
4. **لاحظ** قرّب البالون الثاني إلى البالون الأول ببطء، وصِفْ سلوك البالونين. ألصق طرف خيط البالون الثاني بحيث يصبح معلّقًا بجانب البالون الأول.
5. **لاحظ** قرّب يدك من البالونين المشحونين. ماذا يحدث؟

التحليل

ماذا تلاحظ عندما تقرّب أحد البالونين إلى الآخر؟ وماذا يحدث عندما تقرّب يدك إلى البالونين؟

التفكير الناقد اذكر جسمين آخرين (غير البالونين) أثّر أحدهما في الآخر عن بُعد بالطريقة نفسها التي أثر بها كل من البالونين على الآخر.

3–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها Creating and Measuring Electric Fields

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

الأهداف

- **تُعرّف** المجال الكهربائي.
- **تحل** مسائل متعلقة بالشحنة والمجالات والقوى الكهربائية.
- **ترسم** خطوط المجال الكهربائي.

المفردات

المجال الكهربائي
شحنة الاختبار
خط المجال الكهربائي

تشبه القوة الكهربائية قوة التجاذب الكتلي التي درستها سابقًا؛ حيث تتناسب القوة الكهربائية عكسيًّا مع مربع المسافة بين جسمين نقطيين مشحونين، كما تؤثر القوتان عن بُعد من مسافات كبيرة نسبيًّا، فكيف يمكن لقوةٍ ما التأثيرُ خلال ما يبدو أنه حيز فارغ؟ لاحظ مايكل فاراداي أنّ الجسم المشحون كهربائيا وليكن A يؤثر بقوة في جسم آخر مشحون كهربائيا وليكن B عندما يكون موضوعًا في أي مكان في الفراغ أو الوسط، واقترح تفسيرًا لذلك أن الجسم A يجب أن يغيّر بطريقةٍ ما من خصائص ذلك الوسط. وسيشعر الجسم B بذلك التغير في الفراغ أو الوسط، وسيتأثر بقوة ناجمة عن التغير في خصائص الوسط في موقعه. وأطلق على تغير خاصية الوسط اسم **المجال الكهربائي**. والمجال الكهربائي لا يعني التفاعل بين جسمين عن بُعد، بل يعني التفاعل بين الجسم الموضوع في المجال والمجال الكهربائي عند ذلك الموضع فيه.

ويمكن للقوى التي تؤثر بها المجالات الكهربائية أن تبذل شغلًا، فتنتقل الطاقة من المجال إلى جسم آخر مشحون. وأنت تستخدم هذه الطاقة يوميًّا؛ سواء وصلت جهازًا كهربائيًّا بمقبس، أو استعملت جهازًا كهربائيًّا متنقلًا يعمل ببطارية.

المجال الكهربائي The Electric Field

دلالة الألوان

- خطوط المجال الكهربائي باللون النيلي.
- الشحنة الموجبة باللون الأحمر.
- الشحنة السالبة باللون الأزرق.

كيف يمكن قياس شدة المجال الكهربائي؟ ضع جسيمًا صغيرًا مشحونًا في موقع معين. إذا كان هناك أي قوة كهربائية تؤثر فيه فسوف يكون هناك مجال كهربائي في ذلك الموقع. (هذه الشحنة الموجودة على الجسيم الصغير والتي استعملت لاختبار المجال تسمى **شحنة الاختبار**). ويجب أن تكون هذه الشحنة موجبة وصغيرة بحيث لا تؤثر في الشحنات الأخرى.

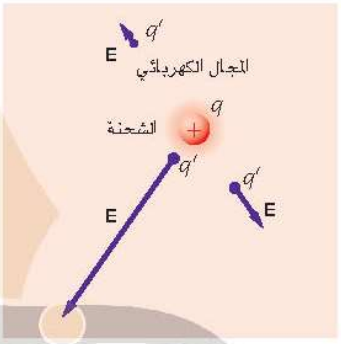
لاحظ **الشكل 1–3** الذي يوضّح جسمًا مشحونًا بشحنة مقدارها q. وافترض أنك وضعت شحنة الاختبار الموجبة في نقطة معينة، ولتكن النقطة A مثلًا، ثم حسبت القوة $\boldsymbol{F}$. ستتناسب هذه القوة طرديًّا مع مقدار شحنة الاختبار q'، وذلك وفق قانون كولوم؛ أي أنه إذا تضاعفت الشحنة ستتضاعف القوة كذلك، لذا تبقى النسبة بين القوة والشحنة ثابتة. وإذا قسمت القوة $\boldsymbol{F}$ على شحنة الاختبار q' فستحصل على كمية متجهة $\boldsymbol{F}/q'$. وهذه الكمية لا تعتمد على شحنة الاختبار، وإنما تعتمد فقط على كل من القوة $\boldsymbol{F}$ والمسافة بين الشحنة وشحنة الاختبار A. ويعبّر عن شدة المجال الكهربائي عند النقطة A؛ أي النقطة التي تمثل موقع شحنة الاختبار بالمعادلة الآتية:

شدة المجال الكهربائي

$$\boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{F}_{q'}}{q'}$$

شدة المجال الكهربائي تساوي مقدار القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة مقسومًا على مقدار تلك الشحنة.

ويكون اتجاه شدة المجال الكهربائي في نفس اتجاه القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة. وتقاس شدة المجال الكهربائي بوحدة نيوتن/ كولوم (N /C).



الشكل 1–3 تُستخدم الأسهم لتمثيل مقدار المجال الكهربائي المتولّد حول شحنة كهربائية عند مواقع مختلفة، واتجاهه.

يمكن تكوين صورة لشدة المجال الكهربائي باستعمال الأسهم لتمثيل متجهات المجال عند مواقع مختلفة، كما هو موضح في **الشكل 1–3**؛ حيث يستخدم طول السهم لبيان شدة المجال، أما اتجاه السهم فيمثل اتجاه المجال. ولإيجاد شدة المجال الكهربائي الناشئ عن شحنتين عند نقطةٍ يتم إيجاد شدة المجال الكهربائي الناشئ عن كل شحنة على انفراد عند تلك النقطة، ثم يُجمع هذان المجالان جمعًا اتجاهيا. وتستخدم شحنة اختبار لرسم المجال الناشئ عن أي تجمّع للشحنات. ويوضح **الجدول 1–3** قيم شدة المجالات الكهربائية المثالية الناتجة عن تجمعات معينة للشحنات.

يجب قياس شدة المجال الكهربائي باستخدام شحنة اختبار صغيرة جدًّا فقط؛ وذلك لأن شحنة الاختبار تؤثر أيضًا بقوة في الشحنة q. ومن المهم ألّا تؤدي القوة التي تؤثر بها شحنة الاختبار إلى إعادة توزيع شحنات الموصل، مما يسبّب تحرك الشحنة q إلى موقع آخر عليه، فيؤدي ذلك إلى تغيّر القوة المؤثرة في q'، ومن ثَم تغيّر شدة المجال الكهربائي الذي يتم قياسه. لذا يجب أن تكون شحنة الاختبار صغيرة جدًّا، بحيث يمكن إهمال تأثيرها في الشحنة q.

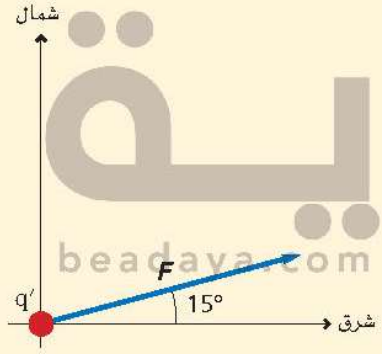
الجدول 1-3	
القيم التقريبية لمجالات كهربائية مثالية	
المجال	المقدار (N/C)
بالقرب من قضيب مطاط صلب ومشحون	1×10^{3}
في أنبوب الأشعة المهبطية في التلفاز	1×10^{5}
الضروري لإحداث شرارة كهربائية في الهواء	3×10^{6}
عند مدار إلكترون ذرة الهيدروجين	3×10^{11}

مثـــال 1

شدة المجال الكهربائي قِيس مجال كهربائي في الهواء باستخدام شحنة اختبار موجبة مقدارها $3.0\times10^{-6}\ C$، فتأثرت هذه الشحنة بقوة مقدارها $0.12\ N$ في اتجاه يميل بزاوية $15°$ شمال الشرق. ما مقدار واتجاه شدة المجال الكهربائي عند موقع شحنة الاختبار؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم شحنة الاختبار q'.
- حدّد نظام إحداثيات على أن يكون مركزه شحنة الاختبار.
- ارسم متجه القوة بزاوية $15°$ شمال الشرق.



بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

المعلوم

$q' = +3.0\times10^{-6}\ C$

$F = 0.12\ N$، بزاوية $15°$ شمال الشرق

المجهول

$E = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية

بالتعويض عن $F = 0.12\ N$، $q' = 3.0\times10^{-6}\ C$

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

$$= \frac{0.12\ N}{3.0\times10^{-6}\ C}$$

$$= 4.0\times10^{4}\ N/C$$

إن كلًّا من القوة المؤثرة في شحنة الاختبار والمجال الكهربائي في الاتجاه نفسه.

$E = 4.0\times10^{4}\ N/C$، ويميل بزاوية $15°$ شمال الشرق

3 تقويم الجواب

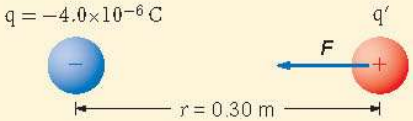
- **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة قياس شدة المجال الكهربائي N/C.
- **هل للاتجاه معنى؟** اتجاه المجال في اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة نفسه؛ لأن شحنة الاختبار موجبة.
- **هل الجواب منطقي؟** شدة المجال تتفق مع القيم الموجودة في **الجدول 1-3**.

مثـــال 2

شدة المجال الكهربائي ما شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 0.30 m تقع عن يمين كرة صغيرة مشحونة بشحنة مقدارها $-4.0\times10^{-6}\ C$؟

تحليل المسألة ورسمها

- ارسم الكرة، وبيّن شحنتها q وشحنة الاختبار q' على الرسم.
- حدّد المسافة بين الشحنتين، وسمِّها.
- ارسم متجه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار q'، وسمِّه.



المعلوم	المجهول
$q=-4.0\times10^{-6}\ C$	$E=?$
$r=0.30\ m$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

إن مقدار كلٍّ من القوة وشحنة الاختبار مجهول، لذا استخدم قانون المجال الكهربائي وقانون كولوم معًا.

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

بالتعويض عن $F=K\frac{qq'}{r^2}$

$$=K\frac{qq'}{r^2q'}$$

$$=K\frac{q}{r^2}$$

بالتعويض عن $q=-4.0\times10^{-6}\ C$، $d=0.30\ m$، $K=9.0\times10^9\ N.m^2/C^2$

$$=(9.0\times10^9\ N.m^2/C^2)\frac{(-4.0\times10^{-6}\ C)}{(0.30\ m)^2}$$

$$=-4.0\times10^5\ N/C$$

$E=4.0\times10^5\ N/C$ في اتجاه الكرة أو في اتجاه اليسار

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $(N.m^2/C^2)(C)/m^2=N/C$. تكون الوحدات الناتجة N/C وهي صحيحة لشدة المجال الكهربائي.
- **هل للاتجاهات معنى؟** تشير الإشارة السالبة إلى أن شحنة الاختبار الموجبة تنجذب إلى الشحنة النقطية السالبة.
- **هل الجواب منطقي؟** شدة المجال متفقة مع القيم الموجودة في **الجدول 1-3**.

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

مسائل تدريبية

1. يؤثر مجال كهربائي بقوة مقدارها $2.0\times10^{-4}\ N$ في شحنة اختبار موجبة مقدارها $5.0\times10^{-6}\ C$. ما شدة المجال الكهربائي عند موقع شحنة الاختبار؟
2. وُضِعت شحنة سالبة مقدارها $2.0\times10^{-8}\ C$ في مجال كهربائي، فتأثرت بقوة مقدارها 0.060 N في اتجاه اليمين. ما مقدار واتجاه شدة المجال الكهربائي عند موقع الشحنة؟
3. وُضِعت شحنة موجبة مقدارها $3.0\times10^{-7}\ C$ في مجال كهربائي شدته 27 N/C يتجه إلى الجنوب. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة؟

حل المسألة 1 :

E= F/q = 4×10 N/C

حل المسألة 2 :

E= F/q = 3×106 N/C

في اتجاه اليسار

E= F/q

F= E.q = 8.1×10-6 N

حل المسألة 4:

$F_g + F_e = 0$

$F_e = -F_g$

$E = F_e/q$

$q = F_e/E = -F_g/E = -3.2\times10^{-3}$ C

4. وُضِعت كرة بيلسان وزنها 2.1×10^{-3} N في مجال كهربائي شدته 6.5×10^{4} N/C، يتجه رأسيًّا إلى أسفل. ما مقدار الشحنة التي يجب أن توضع على الكرة ونوعها، بحيث توازِن القوة الكهربائية المؤثرة فيها قوة الجاذبية الأرضية، وتبقى الكرة معلّقة في المجال؟
5. يفحص زيد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة مجهولة المقدار والنوع. فيرسم أولاً المجال بشحنة اختبار مقدارها 1.0×10^{-6} C، ثم يكرّر عمله بشحنة اختبار أخرى مقدارها 2.0×10^{-6} C.
   a. هل يحصل زيد على القوى نفسها في الموقع نفسه عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضّح إجابتك.
   b. هل يجد زيد أن شدة المجال هي نفسها عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضّح إجابتك.
6. ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 1.2 m عن شحنة نقطية مقدارها $+4.2\times10^{-6}$ C؟
7. ما شدة المجال الكهربائي عند نقطة تقع على بُعد يساوي ضعف البعد عن الشحنة النقطية الواردة في المسألة السابقة؟
8. ما شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 1.6 m إلى الشرق من شحنة نقطية مقدارها $+7.2\times10^{-6}$ C؟
9. إذا كانت شدة المجال الكهربائي الناشئ على بُعد 0.25 m من كرة صغيرة مشحونة يساوي 450 N/C ويتجه نحو الكرة فما مقدار ونوع شحنة الكرة؟
10. على أي بُعد من شحنة نقطية مقدارها $+4.2\times10^{-6}$ C يجب وضع شحنة اختبار للحصول على مجال كهربائي شدته 360 N/C؟

حل المسألة a-5:

لا، ستكون القوة المؤثرة في الشحن 2μC ضعفي القوة المؤثرة في الشحنة 1μC.

حل المسألة b-5:

نعم، لأنك ستقسم القوة على مقدار شحنة الاختبار.

حل المسألة 6:

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{Kq}{d^2}$$

$$= 2.6 \times 10^4 \text{ N/C}$$

حل المسألة 7:

لأن شدة المجال تتناسب مع مربع البعد عن الشحنة النقطية فإن شدة المجال الجديدة تساوي 1/4 شدة المجال الأصلي أي:

$$6.5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

موقع بداية التعليمي | bedaya.com

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{Kq}{d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{Eq}{K}} = 7.7 \text{ m}$$

حل المسألة 8:

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{Kq}{d^2}$$

$$= 2.5 \times 10^4 \text{ N/C}$$

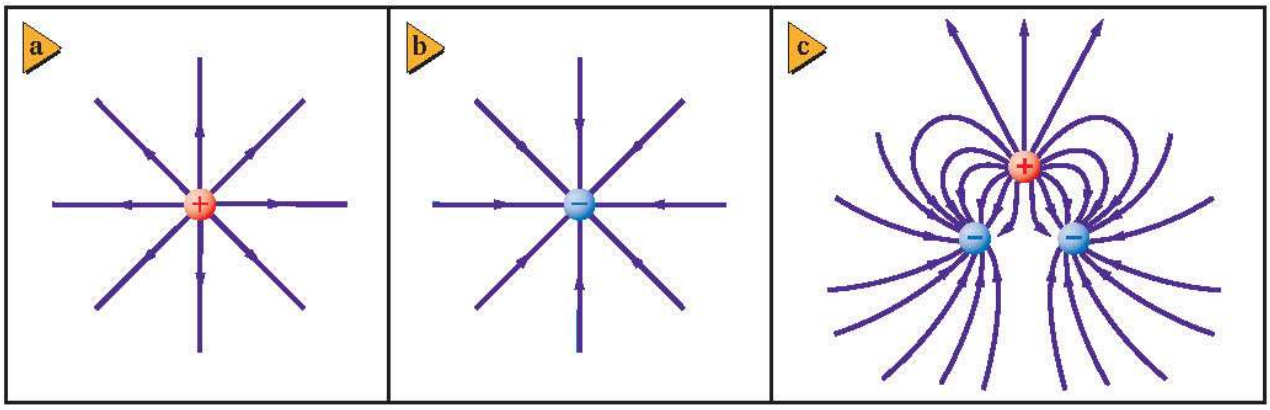
وسيكون اتجاه المجال في اتجاه الشرق، أي بعيداً عن الشحنة النقطية الموجبة

حل المسألة 9:

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{Kq}{d^2}$$

$$q = \frac{Ed^2}{K} = -3.1 \times 10^{-9} \text{C}$$

وستكون الشحنة سالبة، لأن المجال يتجه نحوها



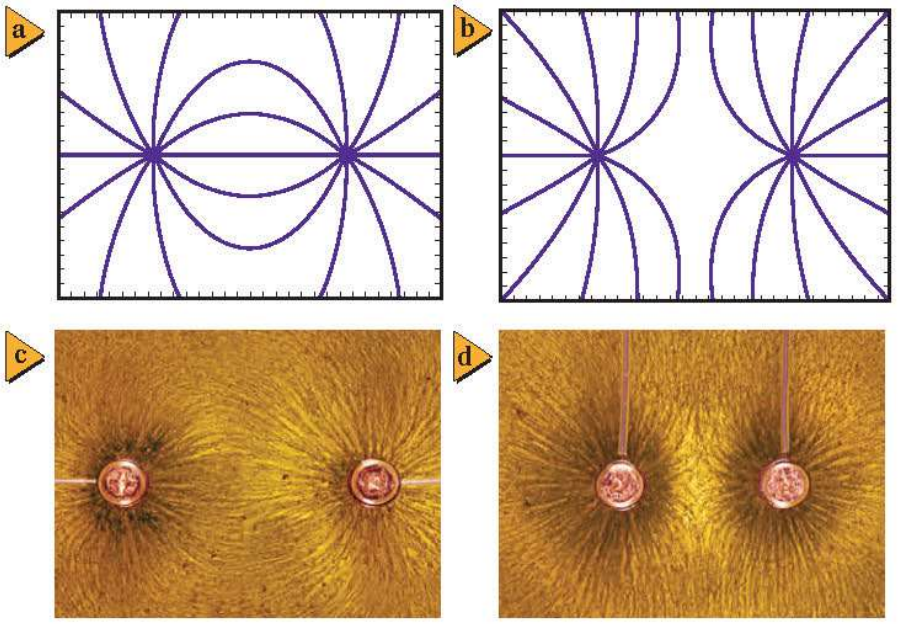
■ **الشكل 2–3** رُسمت خطوط القوى بصورة متعامدة خارجة من جسم شحنته موجبة (a)، ورُسمت بصورة متعامدة داخلة إلى جسم شحنته سالبة (b). ورُسمت خطوط المجال الكهربائي بين جسمين سالبي الشحنة وآخر شحنته موجبة (c).

تمثيل المجال الكهربائي Picturing the Electric Field

يُظهر الرسم في **الشكل 2–3** شكل خطوط المجال الكهربائي. وكل خط من هذه الخطوط المستخدمة لتمثيل المجال الكهربائي الفعلي في الفراغ أو الوسط المحيط بالشحنة يسمى **خط المجال الكهربائي**. ويكون اتجاه المجال الكهربائي عند أي نقطة هو اتجاه المماس المرسوم على خط المجال عند تلك النقطة. وتشير المسافات الفاصلة بين خطوط المجال الكهربائي إلى شدة المجال الكهربائي؛ فكلما كانت هذه الخطوط متقاربة كان المجال الكهربائي أقوى، وكلما كانت الخطوط متباعدة كان المجال الكهربائي أضعف. وقد مُثّلت خطوط المجال هنا في بُعدين، إلا أنها – في الحقيقة – تنتشر في ثلاثة أبعاد.

يكون اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة موضوعة بالقرب من شحنة موجبة في اتجاه الخط المبتعد عن الشحنة الموجبة؛ أي في اتجاه الخط الخارج منها. لذا تنتشر خطوط المجال شعاعيًّا إلى الخارج كما هو موضّح في **الشكل 2a–3** مثل أسلاك عجلات الدراجة الهوائية. أما اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة موضوعة بالقرب من شحنة سالبة فهو في اتجاه الخط المقترب من الشحنة السالبة؛ أي في اتجاه الخط الداخل إليها، كما هو موضح في **الشكل 2b–3**. وفي حالة وجود شحنتين أو أكثر يكون المجال الناتج عبارة عن الجمع الاتجاهي للمجالات الناتجة عن هذه الشحنات، وعندها تصبح خطوط المجال منحنية وأنماطها أكثر تعقيدًا، كما هو موضح في **الشكل 2c–3**. لاحظ أن خطوط المجال الكهربائي تخرج دائمًا من الشحنة الموجبة وتدخل إلى الشحنة السالبة، ولا يمكن أن تتقاطع مطلقًا.

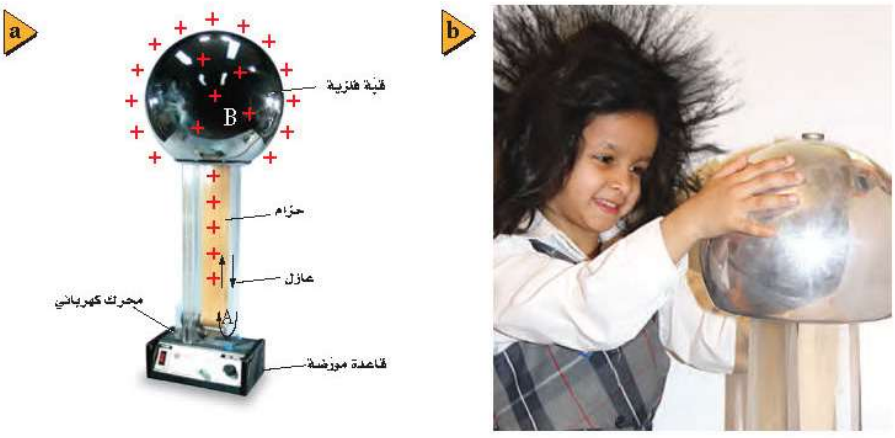
هناك طريقة أخرى لتمثيل خطوط المجال الكهربائي تتلخص في استخدام بذور أعشاب في سائل عازل، مثل الزيت المعدني. حيث تؤدي القوى الكهربائية إلى فصل الشحنة التي على كل بذرة أعشاب طويلة ورفيعة، مما يسبب دوران البذور بحيث تصطف في اتجاه المجال الكهربائي، ومن ثم تشكل نمطًا لخطوط المجال الكهربائي، كما هو موضح في **الشكل 3–3**. وخطوط المجال الكهربائي خطوط وهميّة لا وجود لها في الواقع، وهي وسيلة لتقديم نموذج للمجال الكهربائي. أما المجالات الكهربائية فهي موجودة،



■ **الشكل 3–3** تصف خطوط القوة بين الشحنات المختلفة (a وc)، وبين الشحنات المتشابهة (b وd) سلوك جسم مشحون بشحنة موجبة في مجال كهربائي. والصورتان في الأعلى (b و a) رسم تصويري لخطوط المجال الكهربائي للصورتين السفليين تم تنفيذه بالحاسوب.

وعلى الرغم من أنها توفّر طريقة لحساب القوة المؤثرة في جسم مشحون إلا أنها لا توضح لماذا تؤثر الأجسام المشحونة بعضها في بعض بقوًى.

ابتكر روبرت فان دي جراف في ثلاثينيات القرن العشرين مولّد الكهرباء الساكنة ذا الفولتية الكبيرة الموضح في **الشكل 3–4a**. وهو جهاز يعمل على نقل كميات كبيرة من الشحنة الكهربائية من جزء محدّد من الآلة إلى طرفها العلوي الفلزي. ويتم ذلك بنقل الشحنة إلى حزام متحرك عند قاعدة الجهاز عند الموضع A، ثم تنتقل هذه الشحنات من الحزام إلى القبة الفلزية في الأعلى عند الموضع B. ويبذل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي. ويُشحن الشخص كهربائيًّا عندما يلمس قُبّة مولّد فان دي جراف الفلزية؛ حيث تؤدي هذه الشحنات إلى تنافر شعر الشخص بعضه عن بعض، مسبّبًا تغيّر اتجاهه، فيصبح اتجاه الشعر في اتجاه خطوط المجال الكهربائي، كما هو موضح في **الشكل 3–4b**.



■ **الشكل 4–3** في مولّد فان دي جراف (a)، تنتقل الشحنات إلى الحزام المتحرك عند النقطة A، ثم تنتقل من الحزام المتحرك إلى القبّة الفلزية عند B. ويبذل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي. وعندما يلمس شخص قبّة مولّد فان دي جراف تكون النتائج مثيرة (b).

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

3– مراجعة

. **قياس المجالات الكهربائية** افترض أنه طلب إليك قياس المجال الكهربائي في مكان أو فضاء معين، فكيف تستكشف وجود المجال عند نقطة معينة في ذلك الفضاء؟ وكيف تحدّد مقدار المجال؟ وكيف تختار مقدار شحنة الاختبار؟ وكيف تحدِّد اتجاه المجال؟

12. **شدة المجال واتجاهه** تؤثر قوة كهربائية مقدارها 1.50×10^{-3} N في اتجاه الشرق في شحنة اختبار موجبة مقدارها 2.40×10^{-8} C، أوجد المجال الكهربائي في موقع شحنة الاختبار.

13. **خطوط المجال الكهربائي** في الشكل 3-3، هل يمكنك تحديد أيّ الشحنتين موجبة، وأيّهما سالبة؟ ماذا تضيف لإكمال خطوط المجال؟

4 . **المجال مقابل القوة** كيف يختلف تأثير المجال الكهربائي E في شحنة اختبار عن تأثير القوة F في شحنة الاختبار نفسها؟

5 . **التفكير الناقد** افترض أن الشحنة العلوية في الشكل 3-2c هي شحنة اختبار موضوعة في ذلك المكان؛ لقياس محصلة المجال الناشئ عن الشحنتين السالبتين. هل الشحنة صغيرة بدرجة كافية للقيام بعملية القياس بدقة؟ وضّح إجابتك.

حل المسألة 11 :

يمكنك استكشاف المجال بوضع شحنة اختبار عند تلك النقطة، ثم تحدد ما إذا كانت هناك قوة تؤثر فيها. ولحساب مقدار المجال قسم مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار على مقدار شحنة الاختبار. أما عن اختبار مقدار شحنة الاختبار فعليك مراعاة أن يكون مقدار ها صغيرا جدا مقارنة بمقادير الشحنات التي تولد المجال. بعد ذلك حدد اتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار وذلك لتحديد اتجاه المجا ل.

حل المسألة 12 :

$$E= F/q = 6.25\times10^{4}\ N/C$$

في اتجاه الشر ق

حل المسألة 13 :

لا، يجب أن يكون لخطوط المجال رؤوس أسهم تشير إلى اتجاهها، حيث تكون خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة إلى الشحنة السالبة.

حل المسألة 14 :

يعد المجال خاصية لتلك المنطقة من الفضاء، ولا يعتمد على شحنة الاختبار المستخدمة في قياسه. بينما تعتمد القوة الكهربائية على مقدار شحنة الاختبار ونوعها.

حل المسألة 15 :

لا، هذه الشحنة كبيرة بمقدار كاف لتوليد مجال كهربائي قادر على تشويه المجال الناتج عن الشحنتين الأخرتين.

موقع بنك المعرفة المصري

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3–2 تطبيقات المجالات الكهربائية Applications of Electric Fields

إن مفهوم الطاقة مفيد جدًّا في الميكانيكا، كما تعلمت من قبل. ويُمكِّننا قانون حفظ الطاقة من حل مسائل الحركة بغير حاجة إلى معرفة تفاصيل القوى المؤثرة. وينطبق الشيء نفسه على دراسة التفاعلات الكهربائية؛ فقد يؤدي الشغل المبذول في تحريك جسيم مشحون في مجال كهربائي إلى اكتساب هذا الجسيم طاقة وضع كهربائية أو طاقة حركية أو كليهما. ولأن موضوعات هذا الفصل تستقصي الشحنات الساكنة لذا سيتم مناقشة التغير في طاقة الوضع فقط.

الأهداف
- **تُعرّف** فرق الجهد الكهربائي.
- **تحسب** فرق الجهد من خلال الشغل اللازم لتحريك شحنة.
- **تصف** كيفية توزيع الشحنات على الموصلات المصمتة والجوفاء.
- **تحل** بعض المسائل على السعة الكهربائية.

المفردات
فرق الجهد الكهربائي
الفولت
سطح تساوي الجهد
المكثف الكهربائي
السعة الكهربائية

الطاقة والجهد الكهربائيان Energy and Electric Potential

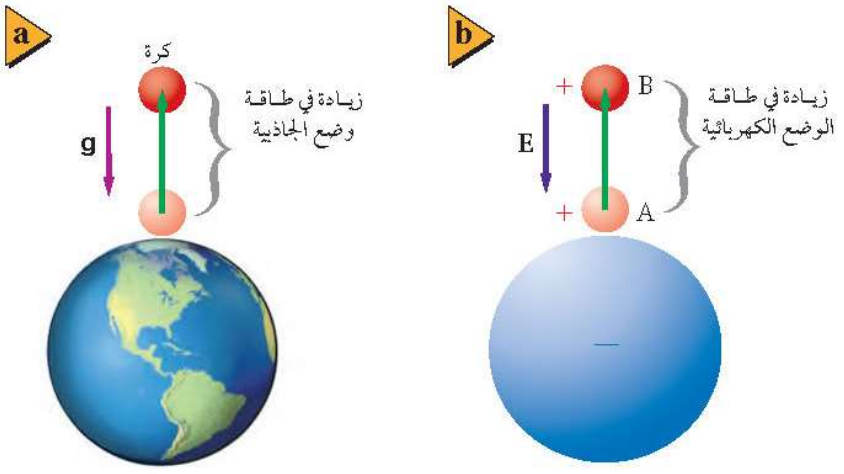
تذكّر التغير في طاقة وضع الجاذبية لكرة عند رفعها، كما هو موضّح في **الشكل 5–3**. إن كلًّا من قوة الجاذبية F ومجال الجاذبية $g=\frac{F}{m}$ يتجه نحو الأرض. فإذا رفعت كرة في اتجاه معاكس لاتجاه قوة الجاذبية فإنك تبذل شغلًا عليها، مما يؤدي إلى زيادة طاقة وضعها.

وهذه الحالة مماثلة لحالة شحنتين مختلفتين في النوع؛ حيث تجذب كل منهما الأخرى، لذا يجب أن تبذل شغلًا لسحب إحدى الشحنتين وإبعادها عن الأخرى. وعندما تبذل ذلك الشغل تكون قد نقلت طاقة إلى الشحنة، حيث تختزن هذه الطاقة فيها على شكل طاقة وضع كهربائية، وكلما زاد مقدار الشحنة كانت الزيادة في طاقة وضعها الكهربائية ΔPE أكبر.

على الرغم من اعتماد القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة الاختبار q' على مقدارها، إلا أن المجال الكهربائي في موقعها لا يعتمد عليه؛ حيث إن المجال الكهربائي $E=\frac{F}{q'}$ هو القوة لكل وحدة شحنة. وبطريقة مشابهة يُعرّف **فرق الجهد الكهربائي** ΔV بين نقطتين بأنه الشغل المبذول لتحريك شحنة اختبار موجبة بين نقطتين داخل مجال كهربائي مقسومًا على مقدار تلك الشحنة. أي الشغل المبذول لكل وحدة شحنة.

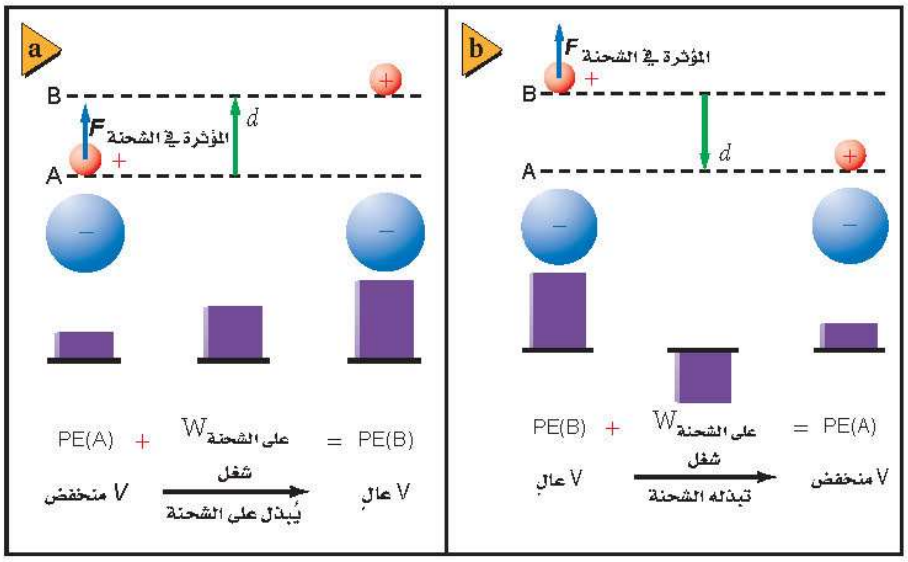
فرق الجهد الكهربائي $\Delta V=\frac{W_{q'}}{q'}$

الفرق في الجهد الكهربائي هو النسبة بين الشغل اللازم لتحريك شحنة ومقدار تلك الشحنة.



الشكل 5–3 هناك حاجة إلى بذل شغل لتحريك جسم في اتجاه معاكس لاتجاه قوة الجاذبية الأرضية (a)، وفي اتجاه معاكس لاتجاه القوة الكهربائية (b). وفي كلتا الحالتين ستزداد طاقة وضع الجسم.

beadaya.com



■ **الشكل 6–3** يُحسب فرق الجهد الكهربائي من خلال قياس الشغل المبذول لكل وحدة شحنة. يزداد فرق الجهد الكهربائي عند إبعاد الشحنات المختلفة بعضها عن بعض (**a**). ويقل فرق الجهد الكهربائي عند تقريب الشحنات المختلفة بعضها إلى بعض (**b**).

ويقاس فرق الجهد الكهربائي بوحدة جول لكل كولوم، ويسمّى الجول الواحد لكل كولوم **الفولت**، ويعبَّر عنه بالرموز $V = J/C$.

ادرس الحالة الموضّحة في **الشكل 6–3**، حيث تُولّد الشحنة السالبة مجالًا كهربائيًّا متجهًا نحوها. افترض أنك وضعت شحنة اختبار صغيرة موجبة عند النقطة A، ستتأثر عندها الشحنة بقوة في اتجاه المجال. وإذا حرّكت الآن شحنة الاختبار الموجبة بعيدًا عن الشحنة السالبة إلى النقطة B، كما هو موضّح في **الشكل 6a–3**، فعليك التأثير فيها بقوة ***F***. ولأن اتجاه القوة التي أثرت بها في شحنة الاختبار في اتجاه الإزاحة نفسه لذا يكون الشغل الذي بذلته على هذه الشحنة موجبًا. وسيكون التغير في فرق الجهد الكهربائي موجبًا أيضًا؛ فالتغير في فرق الجهد الكهربائي لا يعتمد على مقدار شحنة الاختبار، بل على المجال الكهربائي والإزاحة فقط.

افترض أنك حرّكت شحنة الاختبار مرة أخرى من النقطة B إلى النقطة A كما هو موضّح في **الشكل 6b–3**، فسيكون اتجاه القوة التي تؤثر بها في عكس اتجاه الإزاحة، لذا يكون الشغل الذي تبذله سالبًا. وسيكون فرق الجهد الكهربائي سالبًا أيضًا ومساويًا ومعاكسًا لفرق الجهد الكهربائي عند نقل الشحنة من النقطة A إلى النقطة B. ولا يعتمد فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين على المسار الذي يُسلك للحركة من نقطة إلى أخرى، بل يعتمد على موقع النقطتين.

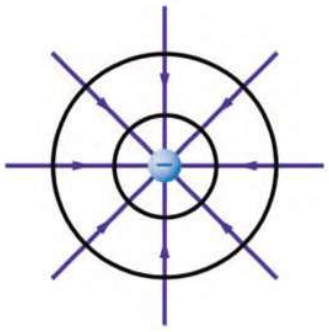
هل هناك دائمًا فرق جهد كهربائي بين نقطتين؟ افترض أنك حرّكت شحنة الاختبار في مسار دائري حول الشحنة السالبة. ويُحدث المجال الكهربائي قوة يؤثر بها في شحنة الاختبار ويكون المجال دائمًا عموديًّا على اتجاه حركة القوة، ولذلك لا تبذل شغلاً في تحريك الشحنة، لذا فإن فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين على المسار الدائري يساوي

تطبيق الفيزياء

الكهرباء الساكنة تحتوي الأجهزة الإلكترونية الحديثة - ومنها الحواسيب الشخصية - على أجزاء يمكن أن تتلف بسهولة نتيجة تفريغ الكهرباء الساكنة. ولحماية هذه الأجزاء الحساسة من الأضرار التي قد تنتج خلال الصيانة، على الفني ارتداء سوار فلزي حول معصمه، على أن يكون السوار متصلًا بسلك، وأن يتصل الطرف الآخر للسلك بقطعة فلزية مؤرَّضة؛ حيث يعمل السوار الفلزي على تفريغ الشحنات الزائدة على الفني في الأرض، ويزيل أي فرق جهد كهربائي قد يتكون مع المعدات المؤرَّضة.

bedaya.com | موقع بداية التعليمي

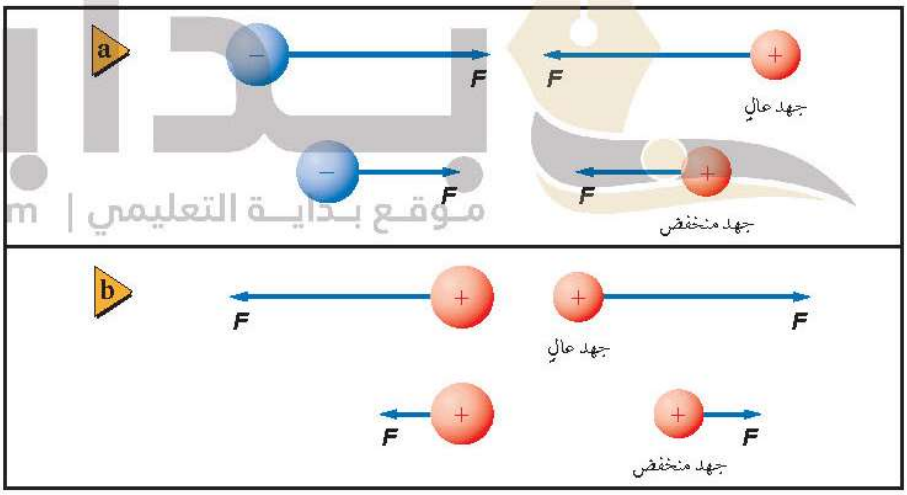
صفرًا. وعندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين أو أكثر يساوي صفرًا نسمي هذه النقاط **سطح تساوي الجهد**، كما هو موضح في **الشكل 7-3**.



■ **الشكل 7-3** فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين على أي مسار دائري حول شحنة يساوي صفر.

يمكن قياس التغيرات في طاقة الوضع الكهربائية فقط. وينطبق الشيء نفسه على الجهد الكهربائي، لذا تكون التغيرات في الجهد الكهربائي هي المهمة فقط. ويعرّف فرق الجهد الكهربائي عند الحركة من النقطة A إلى النقطة B على أنه $\Delta V = V_B - V_A$، ويقاس بجهاز الفولتمتر. ويُسمّى فرق الجهد الكهربائي أحيانًا الجهد الكهربائي أو الفولتية؛ وذلك على سبيل التبسيط. ويجب التفريق بين فرق الجهد الكهربائي ΔV ووحدة قياسه فولت V.

عرفت أن فرق الجهد الكهربائي يزداد عند إبعاد شحنة اختبار موجبة عن شحنة سالبة، والآن ماذا يحدث عند إبعاد شحنة اختبار موجبة عن شحنة موجبة؟ هناك قوة تنافر بين هاتين الشحنتين، وعند إبعاد شحنة الاختبار الموجبة عن الشحنة الموجبة تقل طاقة وضعها الكهربائية. لذا يكون الجهد الكهربائي أقل عند النقاط البعيدة عن الشحنة الموجبة، كما هو موضح في **الشكل 8-3**.



■ **الشكل 8-3** في أثناء تقريب شحنة اختبار إلى شحنة مخالفة لها في النوع يقل الجهد عند مواقع شحنة الاختبار (**a**)، في حين يزداد الجهد عند مواقع شحنة الاختبار في أثناء تقريبها إلى شحنة مماثلة لها في النوع (**b**).

تعلمت سابقًا أنه يمكن تعريف مقدار طاقة الوضع لنظام ما بأنها تساوي صفرًا عند أي نقطة إسناد. وبالطريقة نفسها يمكن تعريف مقدار الجهد الكهربائي لأي نقطة بأنه يساوي صفرًا. وسيكون مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطة A والنقطة B هو نفسه دائمًا، بغض النظر عن نقطة الإسناد المختارة.

بداية | موقع بداية التعليمي

الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم
The Electric Potential in a Uniform Field

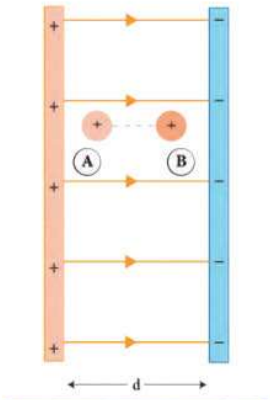
يمكننا الحصـــول على قوةٍ كهربائية ثابتـــة ومجالٍ كهربائي منتظـــم بوضع لوحين موصلين مســـتويين أحدهما موازٍ للآخر، على أن يُشـــحن أحدهما بشـــحنة موجبة، ويُشحن الآخر بشـــحنة ســـالبة. يكون المجال الكهربائي بين اللوحـــين ثابتًا مقدارًا واتجاهًـــا عند النقاط جميعها ما عدا النقاط التي تكـــون عند حواف اللوحين، ويكون اتجاه المجال الكهربائي من اللوح الموجب إلى اللوح الســـالب. ويُمثّل النمط المُتشـــكّل من بذور الأعشاب الموضّح في **الشكل 9–3** المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين.

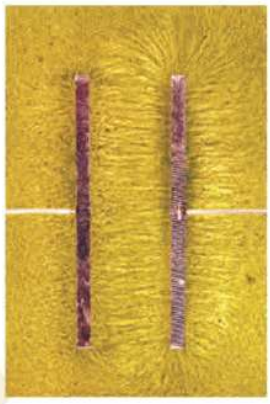
إذا حُرّكت شـــحنة اختبار موجبة q' مســـافة d في عكس اتجاه المجال الكهربائي من النقطة B إلى النقطة A كما هو موضح في **الشـــكل 9–3** فإنه يمكننا حســـاب الشغل المبذول عليها بالعلاقـــة الآتية: $W_{\text{على } q'} = Fd$. لذا يكون فرق الجهد الكهربائي؛ أي الشـــغل المبذول لكل وحدة شـــحنة، مســـاويًا $\Delta V = \frac{Fd}{q'} = \frac{F}{q'}d$. ولكن شدة المجال الكهربائي هي القوة لكل وحدة شـــحنة $E = \frac{F}{q'}$، لذا يُعبّر عن فرق الجهد الكهربائي (ΔV) بين نقطتين المسافة بينهما d في مجال كهربائي منتظم E بالمعادلة الآتية:

فرق الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم $\Delta V = Ed$

فرق الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم يساوي حاصل ضرب شدة المجال الكهربائي في المسافة التي تحركتها الشحنة.

يزداد الجهد الكهربائي كلما تحركنا في اتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي؛ أي أن الجهد الكهربائي لشحنة اختبار موجبة يكون أكبر بالقرب من اللوح الموجب. وباستخدام تحليل الوحدات يكون حاصل ضرب وحدة E في وحدة d هو $(\text{N/C})(\text{m})$، وهذا يكافئ $1\ \text{J/C}$، الذي يُعدّ تعريفًا لـ $1\ \text{V}$.





■ **الشكل 9–3** تمثيل لمجال كهربائي بين لوحين متوازيين.

مثـــال 3

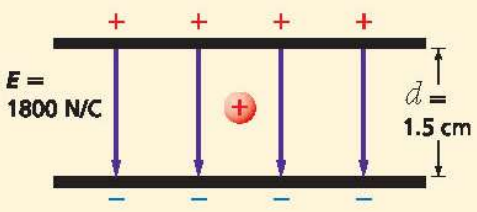
الشغل المبذول لنقل بروتون بين لوحين متوازيين مشحونين لوحان متوازيان مشحونان المسافة بينهما 1.5 cm، ومقدار المجال الكهربائي بينهما 1800 N/C. احسب مقدار:

a. فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين.

b. الشغل المبذول لنقل بروتون من اللوح السالب الشحنة إلى اللوح الموجب الشحنة.

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم اللوحين على أن يكون البعد بينهما 1.5 cm
- ميّز اللوحين بوضع شـــحنات موجبة على أحدهما، وشـــحنات سالبة على الآخر.
- ارســـم خطوط المجال الكهربائي، على أن تكون المســـافات بين هذه الخطوط متساوية، وأن تتجه الخطوط من اللوح الموجب إلى اللوح السالب.
- بيّن شدة المجال الكهربائي بين اللوحين على الرسم.
- ضع بروتونًا في المجال الكهربائي.



المعلوم	المجهول
$E = 1800\ \text{N/C}$	$\Delta V = ?$
$d = 1.5\ \text{cm}$	$W = ?$
$q = 1.60\times10^{-19}\ \text{C}$	

دليل الرياضيات
إجراء العمليات الرياضية بتعبيراتها العلمية

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. أوجد فرق الجهد بين اللوحين.

بالتعويض عن $E = 1800\ \text{N/C}$، $d = 0.015\ \text{m}$

$$\Delta V = Ed$$
$$= (1800\ \text{N/C})(0.015\ \text{m})$$
$$= 27\ \text{V}$$

b. استخدم معادلة فرق الجهد لحساب الشغل.

بالتعويض عن $\Delta V = 27\ \text{V}$، $q = 1.60\times10^{-19}\ \text{C}$

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$
$$W = q\Delta V$$
$$= (1.60\times10^{-19}\ \text{C})(27\ \text{V})$$
$$= 4.3\times10^{-18}\ \text{J}$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $(\text{N/C})(\text{m}) = \text{N.m/C} = \text{J/C} = \text{V}$، ستكون الوحدة الناتجة هي الفولت، ووحدة الشغل هي $\text{C.V} = \text{C(J/C)} = \text{J}$.
- **هل للإشارات معنى؟** يجب أن يبذل شغل موجب لنقل شحنة موجبة إلى اللوح الموجب.
- **هل الجواب منطقي؟** سيكون الشغل المبذول قليلًا لنقل مثل هذه الشحنة الصغيرة ضمن فرق جهد قليل.

مسائل تدريبية

16. شدة المجال الكهربائي بين لوحين فلزيين واسعين متوازيين ومشحونين $6000\ \text{N/C}$، والمسافة بينهما $0.05\ \text{m}$. احسب فرق الجهد الكهربائي بينهما.

17. إذا كانت قراءة فولتمتر متصل بلوحين متوازيين مشحونين $400\ \text{V}$ عندما كانت المسافة بينهما $0.020\ \text{m}$، فاحسب شدة المجال الكهربائي بينهما.

18. عندما طُبّق فرق جهد كهربائي مقداره $125\ \text{V}$ على لوحين متوازيين تولّد بينهما مجال كهربائي شدته $4.25\times10^{3}\ \text{N/C}$. ما البعد بين اللوحين؟

19. ما الشغل المبذول لتحريك شحنة $3.0\ \text{C}$ خلال فرق جهد كهربائي مقداره $1.5\ \text{V}$؟

20. يمكن لبطارية سيارة جهدها $12\ \text{V}$ ومشحونة بصورة كاملة أن تختزن شحنة مقدارها $1.44\times10^{6}\ \text{C}$. ما مقدار الشغل الذي يمكن أن تبذله البطارية قبل أن تحتاج إلى إعادة شحنها؟

21. يتحرك إلكترون خلال أنبوب الأشعة المهبطية لتلفاز، فتعرّض لفرق جهد مقداره $18000\ \text{V}$. ما مقدار الشغل المبذول على الإلكترون عند عبوره فرق الجهد هذا؟

22. إذا كانت شدة المجال الكهربائي في مُسارع جسيمات يساوي $4.5\times10^{5}\ \text{N/C}$، فما مقدار الشغل المبذول لتحريك بروتون مسافة $25\ \text{cm}$ خلال هذا المجال؟

الإجابات في الصفحة التالية

حل المسألة 16 :

$$\Delta V = Ed = 3 \times 102 \text{ V}$$

حل المسألة 17:

$$\Delta V = Ed$$

$$\mathrm{E} = \frac{\Delta \mathrm{V}}{d} = 2 \times 10^4 \text{ N/C}$$

حل المسألة 18:

$$\Delta V = Ed$$

$$\mathrm{d} = \frac{\Delta \mathrm{V}}{\mathrm{E}} = 2.94 \times 10^{-2} \text{ m}$$

حل المسألة 19:

$$\mathbf{W} = q\Delta V = 4.5 \text{ J}$$

حل المسألة 20:

$$\mathbf{W} = \mathbf{q}\Delta\mathbf{V} = \mathbf{1.7} \times 10^7 \text{ J}$$

حل المسألة 21:

$$\mathbf{W} = \mathbf{q}\Delta\mathbf{V} = 2.9 \times 10^{-15} \text{ J}$$

حل المسألة 22:

$$\mathbf{W} = \mathbf{q}\Delta\mathbf{V} = 1.8 \times 10^{-14} \text{ J}$$

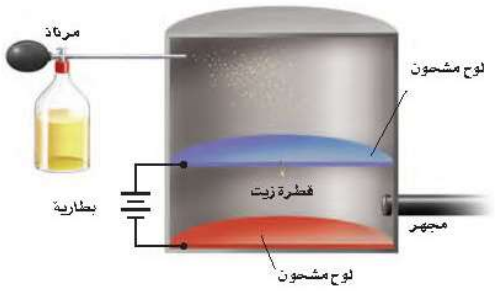
بداية
beadaya.com | بداية التعليمي

تجربة قطرة الزيت لمِلّيكان
Millikan's Oil–Drop Experiment

يُعدّ قياس شحنة الإلكترون من أهم التطبيقات على المجال الكهربائي المنتظم بين لوحين متوازيين. وأول من قاس شحنة الإلكترون بهذه الطريقة الفيزيائي الأمريكي روبرت مِلّيكان عام 1909م. ويبين **الشكل 10–3** الطريقة التي استخدمها مِلّيكان لقياس الشحنة التي يحملها إلكترون مفرد. في البداية يُرش في الهواء قطرات زيت دقيقة بمرذاذ، فتُشحن هذه القطرات بسبب احتكاكها بالمرذاذ عند رشّها، وتؤثر الجاذبية الأرضية في هذه القطرات مسبّبة سقوطها إلى أسفل، فيدخل بعض هذه القطرات في الفتحة الموجودة في اللوح العلوي داخل الجهاز. ومن ثم يُطبّق فرق جهد كهربائي بين اللوحين، ليؤثر المجال الكهربائي الناشئ بين اللوحين بقوة في القطرات المشحونة. وعندما يُصبح اللوح العلوي موجبًا بدرجة كافية تُسبّب القوة الكهربائية ارتفاع القطرات المشحونة بشحنة سالبة إلى أعلى. ويتم ضبط فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين؛ لتعليق قطرة زيت مشحونة في الهواء بين اللوحين. وعند هذه اللحظة تكون قوة مجال الجاذبية الأرضية المؤثرة في هذه القطرة إلى أسفل مساوية في المقدار للقوة الناتجة عن المجال الكهربائي، المؤثرة في القطرة إلى أعلى.

لقد تم تحديد مقدار المجال الكهربائي E من خلال فرق الجهد بين اللوحين. ويتعين إجراء قياس آخر لإيجاد وزن القطرة باستخدام العلاقة mg، والذي يكون صغيرًا جدًّا بحيث لا يمكن قياسه بالطرائق العادية. ولإجراء هذا القياس تم تعليق القطرة أولاً، ثم إيقاف المجال الكهربائي بين اللوحين، وقِيس معدل سقوط القطرة؛ حيث تصل القطرة إلى السرعة الحدية خلال زمن قصير بسبب الاحتكاك مع جزيئات الهواء. وتعتمد هذه السرعة على كتلة القطرة من خلال معادلة معقدة. ويمكن حساب مقدار الشحنة q باستخدام السرعة الحدية المقيسة لحساب المقدار mg، وبمعرفة مقدار المجال الكهربائي E.

شحنة الإلكترون وجد مِلّيكان قدرًا كبيرًا من الاختلاف في شحنات القطرات، فعندما استخدم الأشعة السينية (X rays) من أجل تأيين الهواء وإضافة إلكترونات إلى القطرات أو إزالتها عنها، لاحظ أن التغير في مقدار الشحنة على القطرات يكون دائمًا مضروبًا في المقدار $1.60\times10^{-19}\,C$. وكان سبب التغيرات إضافة إلكترون واحد أو أكثر إلى القطرات، أو إزالته منها. ومن هنا استنتج أن أقل تغيّر حدث في مقدار الشحنة كان يساوي مقدار شحنة إلكترون واحد، لذا افترض أن كل إلكترون له دائمًا الشحنة نفسها وهي $1.60\times10^{-19}\,C$. وقد بيّنت تجربة مليكان أن الشحنة مكمّاة؛ وهذا يعني أن شحنة أيّ جسم هي فقط مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون.



الشكل 10–3 يوضّح هذا الشكل مقطعًا عرضيًّا للجهاز الذي استخدمه مِلّيكان في حساب شحنة الإلكترون.

تجربة

المجالات الكهربائية

اربط كرة بيلسان بخيط نايلون طوله 20 cm، واربط الطرف الآخر في منتصف ماصة عصير بلاستيكية. أمسك الماصة أفقيًّا، وتحقق من أن الكرة معلقة ومتدلية رأسيًّا إلى أسفل. ثم استخدم قطعة صوف لشحن كل من الكرة ولوح بلاستيكي مربع الشكل أبعاده $30\ cm \times 30\ cm$ بالدلك، وثبّت اللوح البلاستيكي رأسيًّا، ثم أمسك الماصة ولامس الكرة لقطعة الصوف.

1. **توقع** ماذا يحدث عند تقريب الكرة من اللوح البلاستيكي؟
2. **اختبر** توقعك بتقريب الكرة ببطء إلى اللوح البلاستيكي.
3. **توقع** سلوك الكرة في مواقع مختلفة حول اللوح، واختبر توقعاتك.
4. **لاحظ** زاوية ميلان الخيط عند تحريك الكرة إلى مناطق مختلفة حول اللوح.

التحليل والاستنتاج

5. **وضّح** بدلالة المجال الكهربائي، لماذا تتأرجح الكرة في اتجاه اللوح البلاستيكي المشحون؟
6. **قارن** بين زوايا ميلان الخيط في نقاط متعددة حول اللوح، ولماذا تتغير زوايا الميلان؟
7. **استنتج** ما الذي تشير إليه زاوية ميلان الخيط فيما يتعلق بشدة المجال الكهربائي واتجاهه؟

موقع بداية التعليمي | beadaya.com

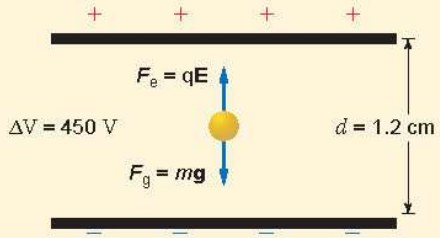
مثـــــال 4

إيجاد شحنة قطرة زيت في تجربة قطرة الزيت لمِلّيكان، وُجِد أن وزن قطرة زيت $2.4\times10^{-14}\ \text{N}$، والمسافة بين اللوحين $1.2\ \text{cm}$، وعندما أصبح فرق الجهد بين اللوحين $450\ \text{V}$ تعلّقت قطرة الزيت في الهواء بلا حركة.

a. ما مقدار شحنة قطرة الزيت؟

b. إذا كانت شحنة اللوح العلوي موجبة فما عدد فائض الإلكترونات على قطرة الزيت؟

1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم اللوحين وقطرة الزيت معلّقة بينهما.
- ارسم المتجهات التي تمثّل القوى، وسمِّها.
- بيّن فرق الجهد والمسافة بين اللوحين.

المعلوم	المجهول
$\Delta V = 450\ \text{V}$	شحنة قطرة الزيت ؟ $= q$
$F_g = 2.4\times10^{-14}\ \text{N}$	عدد الإلكترونات ؟ $= n$
$d = 1.2\ \text{cm}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. لتعليق قطرة الزيت في الهواء يجب أن تُوازِن القوةُ الكهربائية قوةَ الجاذبية الأرضية.

$$F_e = F_g$$
$$qE = F_g$$
$$\frac{q\Delta V}{d} = F_g$$

دليل الرياضيات
فصل المتغير

بالتعويض عن $F_e = qE$

بالتعويض عن $E = \frac{\Delta V}{d}$

حل لإيجاد q:

بالتعويض عن

$\Delta V = 450\ \text{V}, d = 0.012\ \text{m}, F_g = 2.4\times10^{-14}\ \text{N}$

$$q = \frac{F_g d}{\Delta V}$$
$$= \frac{(2.4\times10^{-14}\ \text{N})(0.012\ \text{m})}{450\ \text{V}}$$
$$= 6.4\times10^{-19}\ \text{C}$$

b. لإيجاد عدد الإلكترونات على القطرة:

بالتعويض عن $e = 1.6\times10^{-19}\ \text{C}, q = 6.4\times10^{-19}\ \text{C}$

$$n = \frac{q}{e}$$
$$= \frac{(6.4\times10^{-19}\ \text{C})}{(1.6\times10^{-19}\ \text{C})}$$
$$= 4$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة الشحنة $\text{C} = (\text{J}/\text{C})/\text{V} = \text{N.m}/\text{V}$.
- **هل الجواب منطقي؟** النتيجة عدد صحيح وصغير من مضاعفات الشحنة الأساسية.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

حل المسألة 23: قوة الجاذبية الأرضية (الوزن) في اتجاه الأسفل، وقوة الاحتكاك مع الهواء في اتجاه الأعلى. وإذا سقطت القطرة بسرعة متجهة ثابتة تكون القوتان متساويتان في المقدار.

حل المسألة 24:

$$F_g = Eq$$

$$Q = \frac{F_g}{E} = 3.2 \times 10^{-19} C$$

2 إلكترون

حل المسألة 25:

$$E = F/q = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$$

حل المسألة 26:

$$E = \frac{\Delta V}{d} = 3.8 \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$E = F/q$$

$$q = F/E = 3.2 \times 10^{-19} C$$

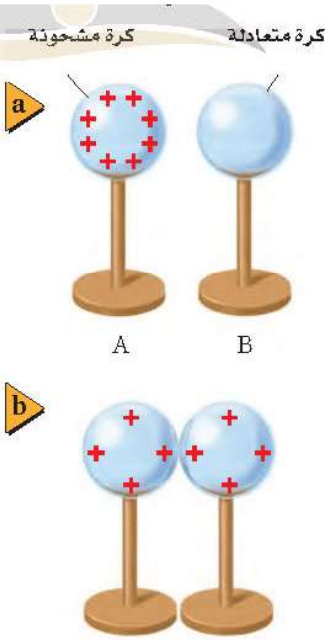
2 ألكترون

مسائل تدريبية

23. تسقط قطرة زيت في جهاز ملّيكان مع عدم وجود مجال كهربائي. ما القوى المؤثرة فيها؟ وإذا سقطت القطرة بسرعة متجهة ثابتة فصِف القوى المؤثرة فيها.
24. إذا عُلّقت قطرة زيت وزنها 1.9×10^{-15} N في مجال كهربائي شدته 6.0×10^3 N/C فما مقدار شحنة القطرة؟ وما عدد فائض الإلكترونات التي تحملها القطرة؟
25. قطرة زيت وزنها 6.4×10^{-15} N تحمل إلكترونًا فائضًا واحدًا. ما شدة المجال الكهربائي اللازم لتعليق القطرة ومنعها من الحركة؟
26. عُلّقت قطرة زيت مشحونة بشحنة موجبة وزنها 1.2×10^{-14} N بين لوحين متوازيين البعد بينهما 0.64 cm. إذا كان فرق الجهد بين اللوحين 240 V فما مقدار شحنة القطرة؟ وما عدد الإلكترونات التي فقدتها لتكتسب هذه الشحنة؟

توزيع الشحنات Sharing of Charges

يؤول أيّ نظام إلى الاتزان عندما تصبح طاقته أقل ما يمكن. فإذا وضعت كرة على قمة تل مثلًا فإنها تصل في النهاية إلى قاع الوادي وتستقر هناك؛ حيث تكون طاقة وضع الجاذبية لها عندئذٍ أقل ما يمكن. ويفسر المبدأ نفسه ما يحدث عند تلامس كرة فلزية معزولة ومشحونة بشحنة موجبة مع كرة فلزية أخرى غير مشحونة، كما هو موضّح في الشكل 11-3.



إن الشحنات الفائضة على الكرة A يتنافر بعضها مع بعض، لذا فعندما تلامس الكرة المتعادلة B سطح الكرة A يكون هناك قوة كهربائية محصلة تؤثر في الشحنات الموجودة على الكرة A في اتجاه الكرة B. افترض أنك حرّكت الشحنات ونقلتها منفردة من A إلى B. عندما تنقل الشحنة الأولى ستدفعها الشحنات المتبقية على A في اتجاه B، وللتحكم في سرعتها يجب أن تؤثر فيها بقوة في الاتجاه المعاكس. فتكون بذلك قد بذلت شغلًا سالبًا عليها، ويكون فرق الجهد الكهربائي من A إلى B سالبًا. وعند نقل الشحنات الأخرى ستواجه قوة تنافر من الشحنات التي أصبحت الآن على B، إلا أنه ما زال هناك قوة محصلة موجبة في ذلك الاتجاه. وعند مرحلة معينة تكون القوة التي تدفع الشحنة من A إلى B مساوية لقوة التنافر الناتجة عن الشحنات الموجودة على B، عندها يصبح فرق الجهد الكهربائي بين A و B صفرًا. وبعد حالة الاتزان هذه يجب بذل شغل على الشحنة الآتية لنقلها من A إلى B، وهذا لا يحدث تلقائيًّا، بل يتطلب زيادة في طاقة النظام. وإذا استمر نقل الشحنات سيصبح فرق الجهد الكهربائي من A إلى B موجبًا. لذا يمكنك مشاهدة أن الشحنات تتحرك من A إلى B دون التأثير فيها بقوى خارجية إلى أن يصبح فرق الجهد الكهربائي بين الكرتين صفرًا.

readaya.com

كـرات بأحجام مختلفة افترض أن الكرتين الموصلتين مختلفتان في الحجم، كما هو موضّح في **الشـكل 12-3**. فعلى الرغم من أن عدد الشحنات على الكرتين هو نفسه إلا أن للكرة الكبيرة مساحة سطحية أكبر، لذا تتباعد الشحنات الموجودة عليها بعضها عن بعض مسافات أكبر، ومن ثم تقل قوة التنافر بينها. وإذا لامسنا الكرتين معًا فستكون هناك قوة محصلة تنقل الشحنات من الكرة الصغيرة إلى الكرة الكبيرة، وستنتقل الشحنات إلى الكرة ذات الجهد الكهربائي الأقل، وسيستمر ذلك إلى أن ينعدم فرق الجهد الكهربائي بين الكرتين. وفي هذه الحالة سيكون للكرة الكبرى شحنة أكبر عند الوصول إلى حالة الاتزان.

يوضّح المبدأ نفسه كيف تتحرك الشحنات على الكرات المنفردة أو على أي موصل آخر؛ حيث تتوزع الشحنات بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة في كل منها صفرًا. وبما أن القوة المحصلة المؤثرة في كل شحنة على سطح الموصل تساوي صفرًا فإنه لا يوجد مجال كهربائي أو مركّبة له موازية لسطح هذا الموصل، لذا لا يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين أي نقطتين على سطحه، ولذلك يكون سطح الموصل المشحون متساوي الجهد ويسمى سطح تساوي جهد.

إذا تم تأريض جسم مشحون بوصله بالأرض فستنتقل غالبًا أي كمية شحنة عليه إلى الأرض إلى أن يصبح فرق الجهد الكهربائي بين الجسم والأرض صفرًا. فيمكن مثلًا أن تُشحن صهاريج نقل البنزين عن طريق الاحتكاك، وإذا انتقلت الشحنات الزائدة الموجودة على صهريج بنزين إلى الأرض من خلال بخار البنزين فستُحدث انفجارًا. ولتفادي حدوث ذلك يوصل سلك فلزي بالصهريج حتى يوصل الشحنات ويُفرّغها في الأرض بطريقة آمنة، كما يوضح **الشكل 13-3**. وبالمثل إذا لم يتم تأريض جهاز حاسوب بوصله بالأرض فسيتولد فرق جهد كهربائي بين جهاز الحاسوب والأرض، وإذا لامس شخص جهاز الحاسوب فستتدفق الشحنات من الحاسوب إلى الشخص، مما قد يؤدي إلى تلف الجهاز، أو إيذاء الشخص.

■ **الشكل 12-3** تنتقل الشحنات من الكرة ذات الجهد الأعلى إلى الكرة ذات الجهد الأخفض عند تلامسهما، ويستمر انتقال الشحنات إلى أن ينعدم فرق الجهد بينهما.

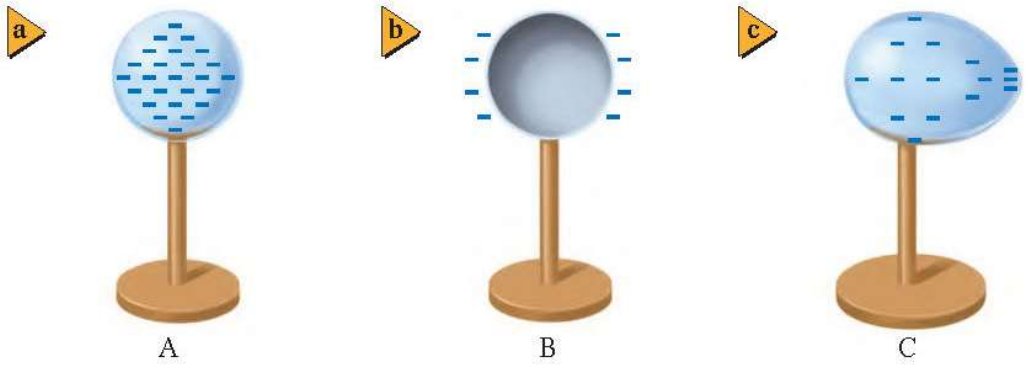
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

■ **الشكل 13-3** سلك التأريض المتصل بصهريج نفط يمنع اشتعال بخار البنزين.

المجالات الكهربائية بالقرب من الموصلات
Electric Fields Near Conductors

تتوزّع الشحنات الكهربائية على موصل مشحون مبتعدًا بعضها عن بعض أقصى ما يمكن، بحيث تكون طاقة النظام أقل ما يمكن، مما يؤدي إلى توزع الشحنات الفائضة على سطح الموصل المُصمت، وكذا الحال مع الموصل الأجوف. إذا شُحن وعاء فلزي أجوف فستتوزع الشحنات على سطحه الخارجي، ولن يكون هناك أي شحنات على سطحه الداخلي، وبهذه الطريقة يعمل الوعاء الفلزي المغلق عمل درع واقية تحمي ما بداخلها من المجالات الكهربائية. فمثلًا يكون الناس داخل السيارة محميين من المجالات الكهربائية الناتجة عن البرق، وبالمثل بالنسبة لعلبة مشروبات غازية مفتوحة سيكون عدد الشحنات داخل العلبة صغيرًا جدًّا، ولا توجد شحنات بالقرب من قاعدة العلبة، حتى وإن كان السطح الداخلي لجسم ما مُنقّرًا أو خشنًا، مما يجعل مساحة سطحه الداخلي أكبر من مساحة سطحه الخارجي، إلا أن الشحنات ستتوزع كلّها على سطحه الخارجي.

لا يكون المجال الكهربائي خارج موصل مشحون صفرًا غالبًا. وعلى الرغم من أن سطح الموصل يعدّ سطح تساوي جهد إلا أن المجال الكهربائي خارجه يعتمد على شكل الموصل، كما يعتمد على فرق الجهد الكهربائي بين الموصل والأرض. وتكون الشحنات أكثر تقاربًا عند الرؤوس المدبَّبة من سطح الموصل، وتكون كثافتها كبيرة، كما هو موضح في **الشكل 14-3**؛ لذا تكون خطوط المجال الكهربائي عند هذه الرؤوس أكثر تقاربًا، ويكون المجال الكهربائي أكبر. وإذا أصبحت شدة هذا المجال كبيرة بدرجة كافية فإنه يكون قادرًا على مسارعة الإلكترونات والأيونات الناتجة عن مرور الأشعة الكونية خلال الذرات، فتصطدم هذه الإلكترونات والأيونات بذرات أخرى، مما يؤدي إلى تأين المزيد من الذرات. وتظهر هذه السلسلة من التفاعلات في صورة وهج وردي اللون، كالذي يُشاهد داخل كرة التفريغ الكهربائي التي تحوي غازات. وإذا كان المجال الكهربائي كبيرًا بصورة كافية فستنتج حزمة أو تيار من الأيونات والإلكترونات التي تشكل البلازما- وهي مادة موصلة- عندما تصطدم الجسيمات بجزيئات أخرى، وتصدر شرارة كهربائية، أما في الحالات الشديدة فينتج البرق. وللتقليل من عمليات التفريغ الكهربائي وحدوث الشرارة الكهربائية تُجعل الموصلات ذات الشحنة الكبيرة أو التي تعمل تحت فروق جهد كبيرة ملساء وانسيابية الشكل لتقليل المجالات الكهربائية.



الشكل 14-3 تتوزع الشحنات على سطح الكرة الموصلة بانتظام (a). أما الكرة الجوفاء (b) فتستقر الشحنات دائمًا على سطحها الخارجي. وأما في الأشكال غير المنتظمة (c) فتقترب الشحنات بعضها من بعض عند الأطراف المدببة.

أما في مانعة الصواعق فيُثبّت قضيب بطريقة تجعل المجال الكهربائي كبيرًا بالقرب من طرفه، ومع استمرار تسريع المجال الكهربائي للإلكترونات والأيونات، يبدأ تشكّل مسار موصل من طرف القضيب إلى الغيوم أو العكس. ونتيجة لشكل القضيب المدبب جدًّا تُفرّغ شحنات الغيمة في صورة شرارة في قضيب مانعة الصواعق بدلاً من تفريغها في أي نقطة مرتفعة من المنزل أو البناية. ثم تنتقل الشحنات من قضيب مانعة الصواعق عبر موصل لتتفرّغ بصورة آمنة في الأرض.

يتطلب حدوث البرق عادة فرق جهد كبيرًا بين غيمتين أو بين الأرض والغيوم في حالة الصاعقة يصل إلى ملايين الفولتات. وعلى الرغم من أن تشغيل أنبوب التفريغ الكهربائي الصغير الذي يحتوي على الغاز يتطلب آلاف الفولتات، إلا أن أسلاك التمديدات الكهربائية في المنازل لا تحمل عادة فرق جهد كافيًا لإحداث مثل هذا التفريغ الكهربائي.

تخزين الشحنات: المُكثّف
Storing Charges: The Capacitor

عند رفع كتاب عن سطح الأرض تزداد طاقة وضع جاذبية الكتاب. ويمكن تفسير ذلك على أنه تخزين للطاقة في مجال الجاذبية الأرضي. وبطريقة مماثلة يمكن تخزين الطاقة في المجال الكهربائي؛ ففي عام 1746م اخترع الفيزيائي الهولندي بيترفان مسجنبروك جهازًا صغيرًا يمكنه تخزين كمية كبيرة من الشحنات الكهربائية. وتكريمًا لمدينة ليدن التي عمل بها هذا العالم سُمي هذا الجهاز زجاجة (قارورة) ليدن. واستخدم العالم بنيامين فرانكلين زجاجة ليدن لتخزين الشحنات الكهربائية الناتجة عن البرق، كما استخدمها في عدة تجارب أخرى. وأصبح لهذا الجهاز الذي يعمل على تخزين الشحنات شكل جديد، بحيث أصبح أصغر حجمًا، ويسمّى **المكثف الكهربائي**.

تجربة عملية

هل يمكن تخزين كميات كبيرة من الشحنات؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

عند إضافة شحنات كهربائية إلى جسم يزداد فرق الجهد الكهربائي بين ذلك الجسم والأرض. وإذا كان شكل الجسم وحجمه ثابتين تبقى النسبة بين الشحنة المخزنة على الجسم وفرق الجهد الكهربائي $q/\Delta V$ ثابتة، وتسمى تلك النسبة **السعة الكهربائية** C.

وعند إضافة كمية من الشحنة ولو كانت قليلة إلى كرة صغيرة بعيدة عن الأرض يزداد فرق الجهد الكهربائي بينها وبين الأرض؛ لكون C صغيرة. أما الكرة الكبيرة فيمكنها أن تخزن كمية شحنات أكبر عند فرق الجهد نفسه، وبذلك تكون سعتها الكهربائية أكبر.

beadaya.com

■ **الشكل 15–3** تبيّن الصورة المجاورة أنواعًا مختلفة من المكثفات.

صُمّمت المكثفات ليكون لها سعات كهربائية محدّدة. وتتكون المكثفات جميعها من موصلين يفصل بينهما مادة عازلة. وللموصلين شحنتان متساويتان في المقدار لكنهما مختلفتان في النوع. وتستخدم المكثفات في أيامنا هذه في الدوائر الكهربائية لتخزين الشحنات. ويوضّح **الشكل 15–3** مجموعة من المكثفات التجارية التي تحوي عادة شرائط من الألومنيوم مفصولة بطبقة رقيقة من البلاستيك، ثم تلف بصورة أسطوانية حتى يقل حجمها ولا تشغل حيّزًا كبيرًا.

كيف يمكن قياس السعة الكهربائية لمكثف؟ بما أن السعة الكهربائية للمكثف لا تعتمد على شحنته فيمكن قياسها بوضع شحنة $q+$ على أحد اللوحين وشحنة أخرى $q-$ على اللوح الآخر، ثم قياس فرق الجهد الكهربائي الناتج بين اللوحين ΔV، ثم نحسب السعة الكهربائية من خلال العلاقة أدناه، وتكون وحدة قياس السعة الكهربائية هي الفاراد F.

السعة الكهربائية $$C = \frac{q}{\Delta V}$$

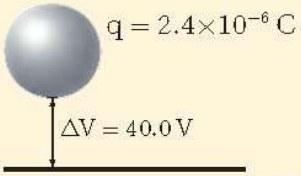
السعة الكهربائية هي النسبة بين الشحنة على أحد اللوحين وفرق الجهد بينهما.

وحدة قياس السعة الكهربائية : (الفاراد) تُقاس السعة الكهربائية بوحدة الفاراد، وقد سميت بهذا الاسم نسبة إلى العالم مايكل فارادي. والفاراد الواحد عبارة عن واحد كولوم لكل فولت (C/V). وكما أسلفنا أن 1 C وحدة كبيرة جدًّا لقياس الشحنة، فإن 1 F وحدة كبيرة جدًّا أيضًا لقياس السعة الكهربائية؛ فأغلب المكثّفات المستخدمة في الإلكترونيات الحديثة لها سعات كهربائية تتراوح بين 10 بيكوفاراد (10×10^{-12} F) و 500 ميكروفاراد (500×10^{-6} F). أما المكثفات التي تستخدم في ذاكرة الحاسوب لمنع الفقد في الذاكرة فلها سعات كهربائية كبيرة تتراوح بين 0.5 F و 1.0 F. لاحظ أنه إذا زادت الشحنة زاد فرق الجهد الكهربائي أيضًا؛ لأن سعة المكثف لا تعتمد على الشحنة q، وإنما تعتمد على الأبعاد الهندسية للمكثف فقط.

مثـــال 5

إيجاد السعة الكهربائية إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين كرة موصلة والأرض يساوي 40.0 V عند شحنها بشحنة مقدارها 2.4×10^{-6} C فما مقدار سعتها الكهربائية؟

1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم كرة فوق الأرض، وعيّن عليها الشحنة وفرق الجهد.

المعلوم	المجهول
$\Delta V = 40.0$ V	$C = ?$
$q = 2.4\times10^{-6}$ C	

دليل الرياضيات
إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية

2 إيجاد الكمية المجهولة

بالتعويض عن $\Delta V = 40.0$ V، $q = 2.4\times10^{-6}$ C

$$C = q/\Delta V$$

$$C = \frac{2.4\times10^{-6}\text{ C}}{40.0\text{ V}}$$

$$= 6.0\times10^{-8}\text{ F}$$

$$= 0.060\ \mu\text{F}$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $F = \frac{C}{V}$ الوحدة هي الفاراد.
- **هل الجواب منطقي؟** السعة الكهربائية القليلة تخزّن شحنة كهربائية قليلة عند فرق جهد قليل.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

مسائل تدريبية

27. مكثف كهربائي سعته 27 μF وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه 45 V. ما مقدار شحنة المكثف؟
28. مكثفان؛ سعة الأول 3.3 μF، وسعة الآخر 6.8 μF. إذا وصل كل منهما بفرق جهد 24 V فأي المكثفين له شحنة أكبر؟ وما مقدارها؟
29. إذا شحن كل من المكثفين في المسألة السابقة بشحنة مقدارها 3.5×10^{-4} C فأيهما له فرق جهد كهربائي أكبر بين طرفيه؟ وما مقداره؟
30. شحن مكثف كهربائي سعته 2.2 μF حتى أصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه 6.0 V. ما مقدار الشحنة الإضافية التي يتطلبها رفع فرق الجهد بين طرفيه إلى 15.0 V؟
31. عند إضافة شحنة مقدارها 2.5×10^{-5} C إلى مكثف يزداد فرق الجهد بين لوحيه من 12.0 V إلى 14.5 V. احسب مقدار سعة المكثف.

الإجابات في الصفحة التالية

مسائل تدريبية

27. مكثف كهربائي سعته 27 μF وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه 45 V. ما مقدار شحنة المكثف؟

$$q = C\Delta V = 1.2 \times 10^{-3} C$$

28. مكثفان؛ سعة الأول 3.3 μF، وسعة الآخر 6.8 μF. إذا وصل كل منهما بفرق جهد 24 V فأي المكثفين له شحنة أكبر؟ وما مقدارها؟

$$q = C\Delta V = 1.6 \times 10^{-4} C$$

المكثف 6.8μF

29. إذا شحن كل من المكثفين في المسألة السابقة بشحنة مقدارها 3.5×10^{-4} C فأيهما له فرق جهد كهربائي أكبر بين طرفيه؟ وما مقداره؟

$$V = q/C$$

ولذلك فإن المكثف الأصغر له فرق جهد أكبر

$$\Delta V = 1.1 \times 10^{2} V$$

30. شحن مكثف كهربائي سعته 2.2 μF حتى أصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه 6.0 V. ما مقدار الشحنة الإضافية التي يتطلبها رفع فرق الجهد بين طرفيه إلى 15.0 V؟

$$\Delta q = C(\Delta V_2 - \Delta V_1) = 2 \times 10^{-5} C$$

31. عند إضافة شحنة مقدارها 2.5×10^{-5} C إلى مكثف يزداد فرق الجهد بين لوحيه من 12.0 V إلى 14.5 V. احسب مقدار سعة المكثف.

$$C = \frac{q}{\Delta V_2 - \Delta V_1} = 1 \times 10^{-5} F$$

بداية
بوابة عبدالله للتعليم
beadaya.com

مسألة تحفيز

يجذب لوحا مكثّف كهربائي أحدهما الآخر لأنهما يحملان شحنتين مختلفتين، فإذا كانت المسافة بين لوحي مكثف متوازيين d، وسعته الكهربائية C فأجب عما يأتي:

1. اشتق علاقة للقوة الكهربائية بين اللوحين عندما يكون للمكثف شحنة مقدارها q.
2. ما مقدار الشحنة التي يجب أن تخزّن في مكثف سعته 22 μF، والمسافة بين لوحيه 1.5 mm لتكون القوة بين لوحيه 2.0 N؟

حل المسألة في الأسفل

أنواع المكثفات المختلفة تصنع المكثفات بأشكال وأحجام مختلفة، كما يوضّح **الشكل 15-3**؛ فبعض المكثفات كبيرة وضخمة جدًّا حتى إنها تملأ غرفة كاملة، ويمكنها تخزين شحنات تكفي لإحداث برق اصطناعي، أو تشغيل ليزرات عملاقة قادرة على إطلاق آلاف الجولات من الطاقة خلال بضعة أجزاء من المليون من الثانية. أما المكثفات الموجودة في التلفاز فيمكنها تخزين كمية كافية من الشحنات عند فروق جهد مساوية لعدة مئات من الفولتات، لذا تكون خطيرة جدًّا إذا لُمست. وتبقى هذه المكثفات مشحونة عدة ساعات بعد إغلاق التلفاز. وهذا هو سبب التحذير من نزع غطاء جهاز التلفاز القديم أو غطاء شاشة جهاز الحاسوب القديم حتى لو لم تكن متصلة بمصدر جهد كهربائي.

يمكن التحكم في السعة الكهربائية لمكثف بتغيير المساحة السطحية للموصلين، أو اللوحين الفلزيين داخل المكثف، أو تغيير المسافة بين اللوحين، أو تغيير طبيعة المادة العازلة بينهما. وتسمّى المكثفات بحسب نوع العازل الذي يفصل بين اللوحين، مثل السيراميك والمايكا والبوليستر والورق والهواء. ويمكن الحصول على سعة كهربائية كبيرة لمكثف بزيادة المساحة السطحية للوحين الفلزيين وتقليل المسافة بينهما. ولبعض المواد العازلة القدرة على عزل الشحنات الموجودة على لوحي المكثف بفاعلية وكفاءة، بحيث تسمح بتخزين كمية أكبر من الشحنة.

حل الطلب 1 من المسألة :

باستخدام المعادلات التالية : $\mathbf{\Delta E = \Delta V/d \cdot F = Eq \cdot V = q/C}$

نحصل على المعادلة : $F = q^2/Cd$

حل الطلب 2 من المسألة:

$$\mathrm{F = q^2/Cd}$$

$$q = \sqrt{FCd} = 2.6 \times 10^{-4} C$$

32. **فرق الجهد الكهربائي** ما الفرق بين طاقة الوضع الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي؟

. **المجال الكهربائي وفرق الجهد** بيّن أن الفولت لكل متر هو نفسه نيوتن لكل كولوم.

34. **تجربة مليكان** عندما تتغير شحنة قطرة الزيت المعلّقة داخل جهاز مليكان تبدأ القطرة في السقوط. كيف يجب تغيير فرق الجهد بين اللوحين لجعل القطرة تعود إلى الاتزان من جديد؟

35. **الشحنة وفرق الجهد** إذا كان التغير في فرق الجهد الكهربائي في المسألة السابقة لا يؤثر في القطرة الساقطة فعلامَ يدل ذلك بشأن الشحنة الجديدة على القطرة؟

36. **السعة الكهربائية** ما مقدار الشحنة المختزنة في مكثف سعته $0.47\ \mu F$ عندما يُطبّق عليه فرق جهد مقداره $12\ V$؟

37. **توزيع الشحنات** عند ملامسة كرة موصلة صغيرة مشحونة بشحنة سالبة لكرة موصلة كبيرة مشحونة بشحنة موجبة، ماذا يمكن القول عن:

a. جهد كل من الكرتين.

b. شحنة كل من الكرتين.

38. **التفكير الناقد** بالرجوع إلى **الشكل 4a–3**، وضح كيف تستمر الشحنات في التراكم على القُبّة الفلزية لمولّد فان دي جراف، ولماذا لا تتنافر الشحنات لتعود إلى الحزام عند النقطة B؟

حل المسألة 32:

تتغير طاقة الوضع الكهربائية عندما يبذل شغل لنقل شحنة في مجال كهربائي، كما أنها تعتمد على كمية الشحنة المنقولة. أما فرق الجهد الكهربائي فهو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات في مجال كهربائي، وهو لا يعتمد على كمية الشحنة المنقولة .

حل المسألة 33:

$$V/m=J/C.m=N.m/C.m=N/C$$

حل المسألة 34:

يجب زيادة فرق الجهد .

حل المسألة 35:

القطرة متعادلة.

حل المسألة 36:

$$q = C\Delta V = 5.6 \times 10^{-6} C$$

حل المسألة a-37:

سيكون جهد الكرتين متساويين.

حل المسألة b-37:

ستكون شحنة الكرة الكبيرة أكبر من شحنة الكرة الصغيرة، ولكن سيكون لهما النوع نفسه. وسيعتمد نوع الشحنة النهائية على الكرتين، على الكرة التي كان لها أكبر كمية شحنة في البداية.

حل المسألة 38:

لا تولد الشحنات الموجودة على القبة الفلزية مجالا كهربائيا داخلها وتنتقل الشحنات فورا من الحزام إلى السطح الخارجي للقبة، حيث لا يكون لها تأثير في الشحنات الجديدة التي تصل إلى النقطة B

beadaya.com موقع بداية التعليم

مختبر الفيزياء

شحن المكثّفات

المكثّف الكهربائي جهاز مكوّن من موصلين، أو لوحين فلزيين يفصل بينهما مادة عازلة، ويُصمّم ليكون له سعة كهربائية محدّدة. وتعتمد السعة الكهربائية للمكثف على خصائصه الفيزيائية (نفاذية الوسط الكهربائية)، والأبعاد الهندسية للموصلين والعازل. وفي الرسم التخطيطي للدائرة الكهربائية يبدو المكثف أنه ينشئ دائرة مفتوحة، حتى عندما يكون المفتاح الكهربائي مغلقًا. إلا أنه عند إغلاق المفتاح الكهربائي تنتقل الشحنات الكهربائية من البطارية (مصدر جهد مستمر) إلى المكثف؛ فيُشحن لوحا المكثف بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع، ويتولّد فرق جهد كهربائي بينهما. وكلما زادت كمية الشحنة المتراكمة على المكثف ازداد فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه. وفي هذه التجربة ستختبر شحن عدة مكثفات مختلفة.

سؤال التجربة

ما الزمن اللازم لشحن مكثفات مختلفة السعة الكهربائية؟

الأهداف

- **تجمع البيانات وتنظّمها** حول المعدل الزمني اللازم لشحن مكثفات مختلفة.
- **تقارن** بين المعدلات الزمنية اللازمة لشحن مكثفات مختلفة.
- **تنشئ رسومًا بيانية وتستخدمها** لفرق الجهد مقابل زمن شحن عدة مكثفات.

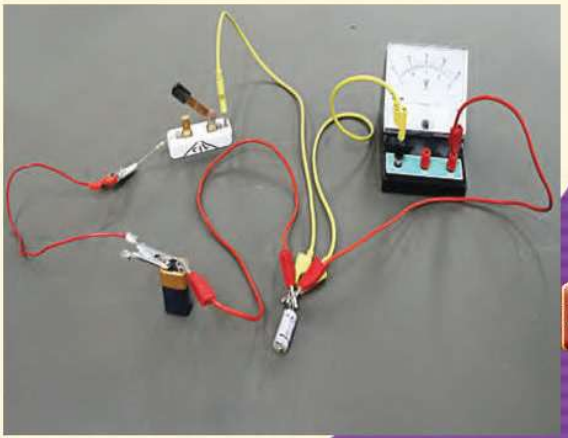
احتياطات السلامة

المواد والأدوات

بطارية 9 V، وفولتمتر، ومشابك أو مرابط خاصة ببطارية 9 V، ومقاومة كهربائية 47 kΩ، وأسلاك توصيل، وساعة إيقاف، ومفتاح كهربائي، ومكثفات 1000 μF و500 μF و240 μF

الخطوات

1. قبل بدء تنفيذ التجربة دع المفتاح الكهربائي مفتوحًا، ولا تصل البطارية. **تحذير: كن حذرًا وتجنب تكوين دائرة قصر كهربائية، وخصوصًا عند تلامس السلكين الموصولين بقطبي البطارية معًا.** ركّب الدائرة كما هو موضّح في الصورة، وذلك بتوصيل أحد طرفي المقاومة بطرف المفتاح الكهربائي، حيث تستخدم المقاومة لتقليل شحن المكثف إلى معدل يكون فيه قابلًا للقياس، ثم صِل الطرف الآخر للمقاومة مع القطب السالب للبطارية 9 V. ثم تفحّص المكثف 1000 μF؛ لتحدّد أيّ طرفيه قد عُلّم بإشارة سالبة، أو سَهْم مع إشارة سالبة عليه، حيث يُشير ذلك إلى الطرف الذي سيوصل مع القطب السالب للبطارية، ثم صِل هذا القطب بالطرف الآخر للمفتاح الكهربائي. وصِل الطرف الموجب للمكثف مع الطرف الموجب للبطارية.
2. صِل الطرف الموجب للفولتمتر مع الطرف الموجب للمكثف، والطرف السالب للفولتمتر مع الطرف السالب للمكثف، ثم قارن بين الدائرة التي ركّبتها والدائرة الموضحة في الصورة لتتأكد من صحة توصيلاتك. ولا تصل البطارية إلا بعد أن يتحقق المعلم من صحة التوصيلات.
3. جهّز جدول بيانات على أن تخصّص أعمدة للزمن وأخرى لفرق الجهد لكل من المكثّفات الثلاثة المختلفة.
4. يراقب أحد الطلاب الزمن الذي تقيسه ساعة الإيقاف، بينما يُسجّل طالب آخر فرق الجهد عند الوقت المناسب. أغلق المفتاح الكهربائي، ثم قس فرق الجهد خلال فترات زمنية مقدارها 5 s. افتح المفتاح الكهربائي بعد جمع البيانات.
5. عند الانتهاء من المحاولة، خذ سلكًا معزولًا وصله بطرفي المكثف. سيعمل هذا على تفريغ المكثف.



موقع بدايتي للعلوم

جدول البيانات							
الزمن (s)	فرق الجهد (V) عبر 1000 μF	فرق الجهد (V) عبر 500 μF	فرق الجهد (V) عبر 240 μF	الزمن (s)	فرق الجهد (V) عبر 1000 μF	فرق الجهد (V) عبر 500 μF	فرق الجهد (V) عبر 240 μF
0				55			
5				60			
10				65			
15				70			
20				75			
25				80			
30				85			
35				90			
40				95			
45				100			
50				105			

6. ضع المكثف 500 μF بدلًا من المكثف 1000 μF، وكرّر الخطوتين 4 و5، ودوّن البيانات في الجدول في العمود الخاص بالمكثف 500 μF
7. ضع المكثف 240 μF بدلًا من المكثف 500 μF، وكرّر الخطوات 4 و5، ودوّن البيانات في الجدول في العمود الخاص بالمكثف 240 μF

التحليل

1. **لاحظ واستنتج** هل شحن كل مكثف بحيث أصبح فرق الجهد بين طرفيه 9 V؟ اقترح تفسيرًا للسلوك الملاحظ.
2. **أنشئ الرسوم البيانية واستخدمها** أعدّ رسمًا بيانيًّا على أن يكون الزمن على المحور الأفقي (x)، وفرق الجهد على المحور الرأسي (y). ارسم خطًّا بيانيًّا منفصلًا خاصًّا بكل مكثف.

الاستنتاج والتطبيق

1. **فسّر البيانات** هل يصل جهد المكثف لحظيًّا إلى جهد مساوٍ لفرق الجهد بين طرفي البطارية (9 V)؟ وضّح سبب السلوك الملاحظ.
2. **استنتج** هل يحتاج المكثف الأكبر سعة إلى زمن أكبر حتى يُشحَن تمامًا؟ ولماذا؟

التوسع في البحث

1. يعتمد الزمن اللازم لشحن مكثف – أي حتى يصل فرق الجهد بين طرفيه إلى فرق الجهد بين طرفي البطارية – على سعته ومقاومته لتدفق الشحنات خلال الدائرة. في هذه التجربة ضُبِطت مقاومة تدفق الشحنات عن طريق توصيل مقاومة مقدارها 47 kΩ في الدائرة. في الدوائر الكهربائية التي تتضمن مكثفًا ومقاومة مثل الدائرة الواردة في هذه التجربة فإن الزمن –مقيسًا بالثانية– اللازم لشحن المكثف بنسبة 63.3 % من الجهد المطبّق يساوي حاصل ضرب السعة في المقاومة، و يسمّى هذا ثابت الزمن. لذا فإن T = RC؛ حيث T مقيسة بالثواني، و R مقيسة بالأوم، و C مقيسة بالفاراد. احسب ثابت الزمن لكل مكثف عند توصيله بالمقاومة 47 kΩ.
2. قارن بين ثابت الزمن الذي حصلت عليه والقيم التي حصلت عليها من الرسم البياني.

beadaya.com | بداية التعليمي

الفيزياء في الحياة

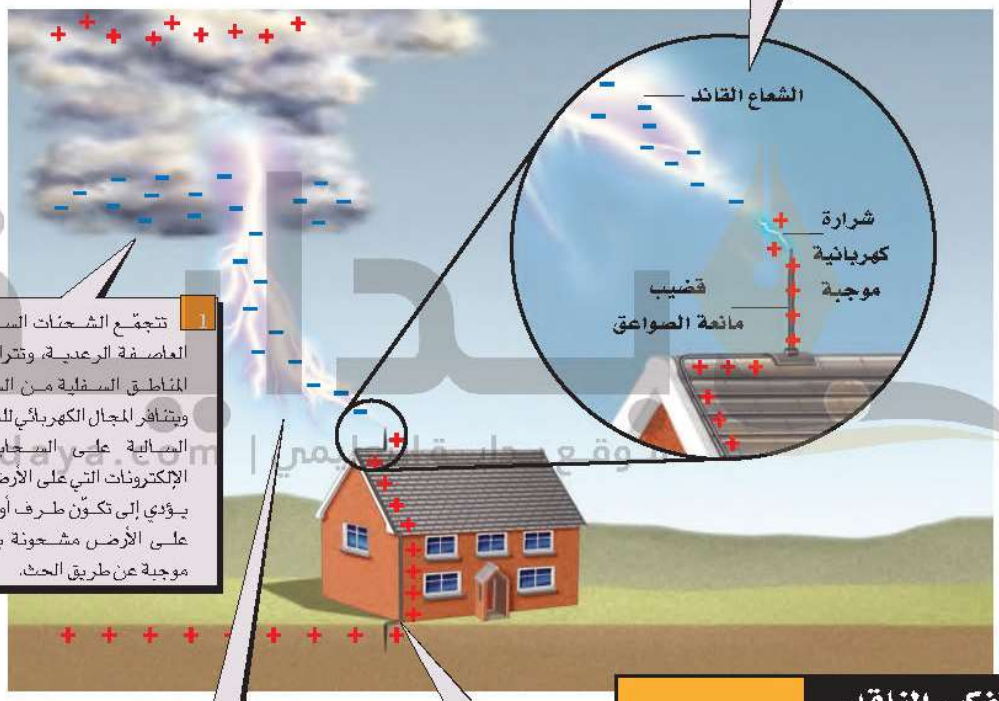
وضّح آلات التصوير (الكاميرات) الصغيرة المُزوّدة بوامض (فلاش) مخصَّص للاستعمال مرة واحدة فقط، ووحدات الفلاش الإلكترونية العادية تحتاج إلى مرور زمن معين حتى يصبح الفلاش جاهزًا للاستعمال، حيث يعمل المكثف فيها على تخزين الطاقة لعمل الفلاش. وضّح ما يحدث خلال الزمن الذي يجب أن تنتظره لأخذ الصور الثانية بهذا النوع من الكاميرات.

كيف تعمل

How it Works

مانعة الصواعق؟ lightning Rods?

قد يكون البرق مدمّـرًا بصورة كبيرة؛ إذ ينتج عنه تيارات كهربائية كبـيرة جدًّا في مـواد رديئة التوصيـل؛ مما يـؤدي إلى توليد كمية كبيرة من الحرارة. لذا تسـتخدم مانعة الصواعق لحماية الأبنية عن طريق تبديد بعض الشـحنات قبل حدوث ضربة الصاعقة؛ حيث توفّر قضبان مانعة الصواعق مسـارًا آمنًا للتيار الكهربائي؛ وذلك لأنها موصلات جيدة. وقد اخترع مانعـةَ الصواعق العالم بنيامين فرانكلين في خمسينات القرن الثامن عشر.



3 تنطلق الشحنات الموجبة في صورة شرارة خارجة من قضيب مانعة الصواعق لتقابل الشعاع القائد، فيكتمل المسار الموصل، ويعمل التيار على معادلة الشحنات المنفصلة. وحتى إذا لم تضرب الشرارة قضيب مانعة الصواعق مباشرة فسيبقى التيار الهائل قادرًا على الوصول إلى قضيب مانعة الصواعق، وهو المسار الأقل ممانعة (مقاومة) إلى الأرض.

1 تتجمّع الشحنات السالبة في العاصفة الرعدية، وتتراكم في المناطق السفلية من السحب، ويتنافر المجال الكهربائي للشحنات السالبة على السحابة مع الإلكترونات التي على الأرض، مما يؤدي إلى تكوّن طرف أو منطقة على الأرض مشحونة بشحنة موجبة عن طريق الحث.

2 يُسرّع المجال الكهربائي الكبير الإلكترونات والأيونات، مما يسبب سلسلة من التفاعلات في الهواء مكوّنًا البلازما. ويعدّ الهواء المتأين مادة موصلة، حيث يتفرع خارجًا من الغيوم مكونًا ما يسمى عتبات قيادة التفريغ (الشعاع القائد step leaders).

4 ينتقل التيار الكهربائي بأمان خلال الموصل إلى سطح الأرض.

التفكير الناقد

1. **كوّن فرضية** ما المسار الذي يسلكه التيار الكهربائي ليصل إلى الأرض إذا لم يكن المنزل مزودًا بمانعة صواعق في أثناء ضربة الصاعقة؟
2. **قوّم** هل يجب أن تكون المقاومة بين نهاية سلك مانعة الصواعق المتصل بالأرض والأرض كبيرة أم صغيرة؟
3. **استنتج** ما المخاطر الناتجة عن التركيب غير الصحيح لنظام مانعة الصواعق؟

beadaya.com

الفصل 3
دليل مراجعة الفصل

3–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها Creating and Measuring Electric Fields

المفردات
- المجال الكهربائي
- شحنة الاختبار
- خط المجال الكهربائي

المفاهيم الرئيسة
- يوجد مجال كهربائي حول أي جسم مشحون، ويؤثر هذا المجال بقوى في الأجسام المشحونة الأخرى.
- المجال الكهربائي يساوي القوة الكهربائية المؤثرة على وحدة الشحنات.

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

- اتجاه المجال الكهربائي هو اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة صغيرة.
- توفّر خطوط المجال الكهربائي صورة للمجال الكهربائي؛ حيث تكون دائمًا خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة إلى الشحنة السالبة، ولا تتقاطع مطلقًا، وترتبط كثافتها بشدة المجال.

3–2 تطبيقات المجالات الكهربائية Applications of Electric Fields

المفردات
- فرق الجهد الكهربائي
- الفولت
- سطح تساوي الجهد
- المكثف الكهربائي
- السعة الكهربائية

المفاهيم الرئيسة
- فرق الجهد الكهربائي يساوي التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات الكهربائية في المجال الكهربائي.

$$\Delta V = \frac{W}{q'}$$

- يُقاس فرق الجهد الكهربائي بوحدة الفولت.
- يكون المجال الكهربائي بين لوحين مشحونين متوازيين منتظمًا ما عدا النقاط التي تكون عند أطراف اللوحين؛ فيكون المجال عندها غير منتظم. ويرتبط فرق الجهد مع شدة المجال الكهربائي من خلال العلاقة الآتية:

$$\Delta V = Ed$$

- بيّنت تجربة مِلّيكان أن الشحنة الكهربائية مكمّاة.
- بيّن مليكان أيضًا أن مقدار الشحنة السالبة التي يحملها الإلكترون تساوي 1.6×10^{-19} C.
- تتحرك الشحنات على سطح موصل حتى يصبح الجهد الكهربائي متساويًا في جميع النقاط على سطحه.
- يعمل التأريض على جعل فرق الجهد بين الجسم والأرض صفرًا.
- يمنع التأريض حدوث الشرارة الكهربائية الناتجة عن ملامسة الجسم المتعادل لأجسام أخرى تراكم عليها كمية كبيرة من الشحنات.
- يكون المجال الكهربائي أكبر ما يمكن عند المناطق المدبّبة أو الحادة من سطح الموصل.
- السعة الكهربائية هي النسبة بين شحنة جسم وفرق الجهد الكهربائي عليه.

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

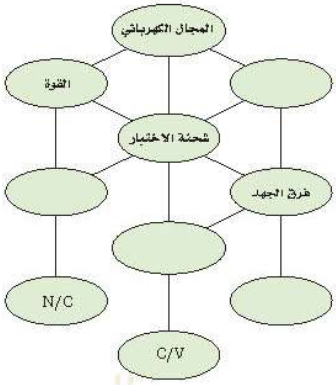
- لا تعتمد السعة الكهربائية على شحنة الجسم ولا على فرق الجهد عليه.
- يستخدم المكثّف الكهربائي في تخزين الشحنات الكهربائية.

موقع بداية للتعليم | beadaya.com

تقويم الفصل 3

خريطة المفاهيم

39. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: السعة، شدة المجال، J/C، الشغل.



إتقان المفاهيم

40. ما الخاصيتان اللتان يجب أن تكونا لشحنة الاختبار؟ (1–3)

41. كيف يحدّد اتجاه المجال الكهربائي؟ (1–3)

42. ما المقصود بخطوط المجال الكهربائي؟ (1–3)

43. ارسم بعض خطوط المجال الكهربائي لكل من الحالات الآتية: (1–3)

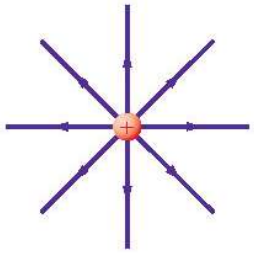
a. شحنتين متساويتين في المقدار ومتماثلتين في النوع.

b. شحنتين مختلفتين في النوع ولهما المقدار نفسه.

c. شحنة موجبة وأخرى سالبة مقدارها يساوي ضعف مقدار الشحنة الموجبة.

d. لوحين متوازيين مختلفين في الشحنة.

44. في **الشكل 16–** ، أين تنتهي خطوط المجال الكهربائي الخارجة من الشحنة الموجبة؟ (1–3)



الشكل 16–3

45. كيف يتم الإشارة لشدة المجال الكهربائي من خلال خطوط المجال الكهربائي؟ (1–3)

46. ما وحدة قياس طاقة الوضع الكهربائية؟ وما وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي، وفْق النظام الدولي للوحدات SI؟ (2–3)

47. عرّف الفولت بدلالة التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة تتحرك في مجال كهربائي. (2–3)

48. لماذا يفقد الجسم المشحون شحنته عند وصله بالأرض؟ (2–3)

49. وضع قضيب مطاطي مشحون على طاولة فحافظ على شحنته بعض الوقت. لماذا لا تُفرّغ شحنة القضيب المشحون مباشرة؟ (2–3)

50. شُحن صندوق فلزي. قارن بين تركيز الشحنة على زوايا الصندوق وتركيزها على جوانب الصندوق. (2–3)

51. **أجهزة الحاسوب** لماذا توضع الأجزاء الدقيقة في الأجهزة الإلكترونية – كتلك الموضحة في **الشكل 17–** – داخل صندوق فلزي موضوع داخل صندوق آخر بلاستيكي؟ (2–3)

الشكل 17–3

تطبيق المفاهيم

52. ماذا يحدث لشدة المجال الكهربائي عندما تنقص شحنة الاختبار إلى نصف قيمتها؟

53. هل يلزم طاقة أكبر أم طاقة أقل لتحريك شحنة موجبة ثابتة خلال مجال كهربائي متزايد؟

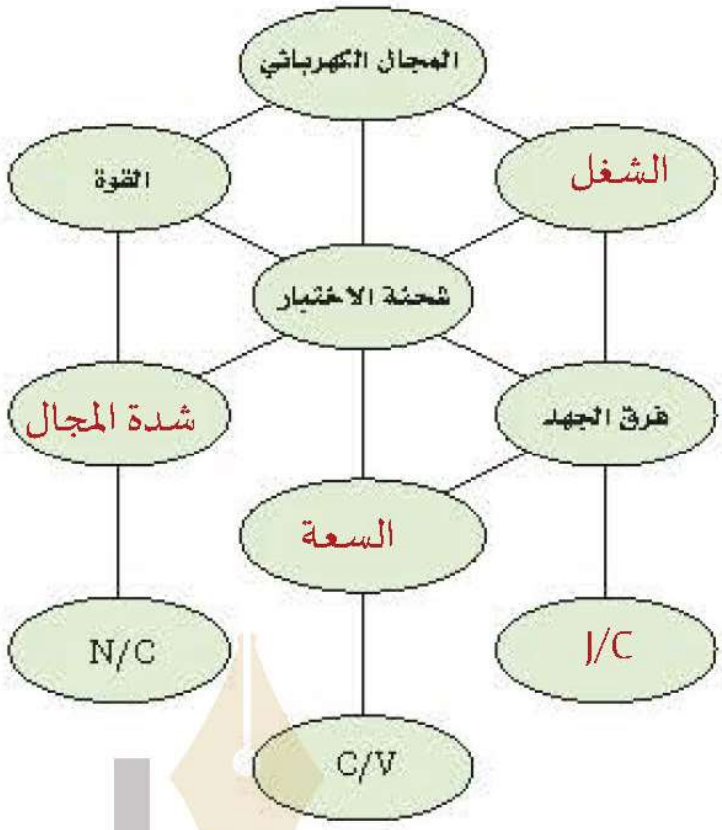
54. ماذا يحدث لطاقة الوضع الكهربائية لجسيم مشحون موجود داخل مجال كهربائي عندما يُطلق الجسيم ليصبح حر الحركة؟

بداية beaday.com

الإجابات في الصفحة التالية

خريطة المفاهيم

39. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: السعة، شدة المجال، J/C، الشغل.



إتقان المفاهيم

40. ما الخاصيتان اللتان يجب أن تكونا لشحنة الاختبار؟ (1–3)

يجب أن يكون مقدار شحنة الاختبار صغيرا جدا مقارنة مع مقادير الشحنات التي تولد المجال الكهربائي، كما يجب أن تكون موجبة.

41. كيف يحدّد اتجاه المجال الكهربائي؟ (1–3)

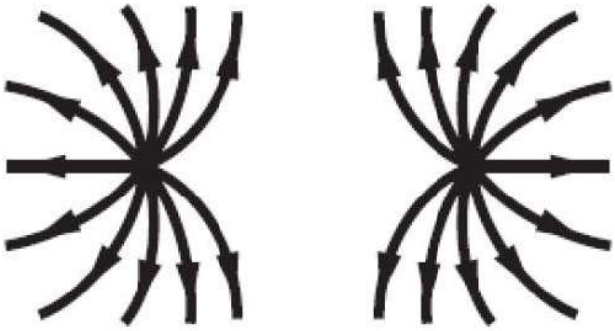
اتجاه المجال الكهربائي هو اتجاه القوة المؤثرة في شحنة موجبة موضوعة في هذا المجال. وستكون خطوط المجال الكهربائي خارجة من الجسم الموجب وداخلة إلى الجسم السالب.

42. ما المقصود بخطوط المجال الكهربائي؟ (1–3)

خطوط القوى الكهربائية.

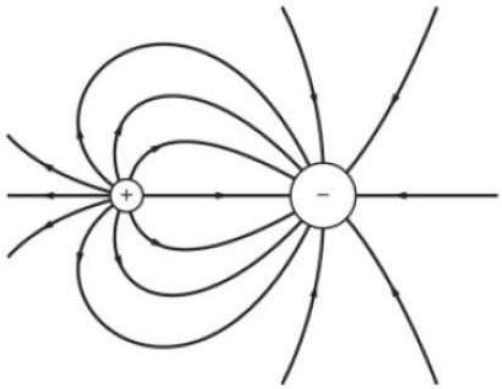
43. ارسم بعض خطوط المجال الكهربائي لكل من الحالات الآتية: (1–3)

a. شحنتين متساويتين في المقدار ومتماثلتين في النوع.



b. شحنتين مختلفتين في النوع ولهما المقدار نفسه.

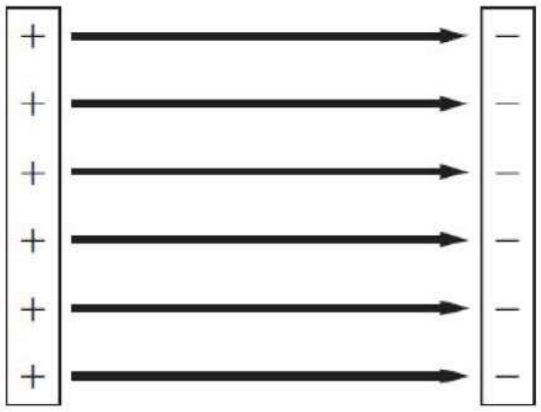
c. شحنة موجبة وأخرى سالبة مقدارها يساوي ضعف مقدار الشحنة الموجبة.



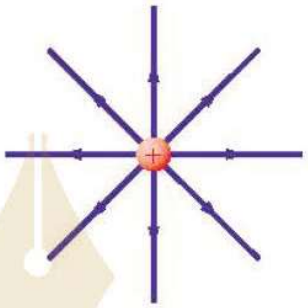
بدايا
موقع بداية التعليمي
bidaaya.com

تابع إلى الصفحة التالية

d. لوحين متوازيين مختلفين في الشحنة.



44. في الشكل **16–3**، أين تنتهي خطوط المجال الكهربائي الخارجة من الشحنة الموجبة؟ (1– 3)



الشكل **16–3**

تنتهي عند شحنات سالبة بعيدة موجودة في مكان ما خارج حواف الرسم التخطيطي.

45. كيف يتم الإشارة لشـــدة المجال الكهربائي من خلال خطوط المجال الكهربائي؟ (1– 3)

كلما تقاربت خطوط المجال الكهربائي بعضها من بعض زادت قوة المجال الكهربائي.

46. ما وحدة قياس طاقة الوضـــع الكهربائية؟ وما وحدة قياس فـــرق الجهـــد الكهربائي، وفق النظـــام الدولي للوحدات SI؟ (2– 3)

تقاس طاقة الوضع الكهربائية بالجول ويقاس الجهد الكهربائي بالفولت.

47. عرّف الفولت بدلالة التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة تتحرك في مجال كهربائي. (2– 3)

الفولت هو التغير في طاقة الوضع الكهربائية ΔPE الناتج عن انتقال وحدة شحنة اختبار q مسافة d مقدارها 1m في مجال كهربائي E مقداره 1N/C.

48. لماذا يفقد الجسم المشحون شحنته عند وصله بالأرض؟ (2– 3)

لأن الجسم المشحون يشارك شحنته مع سطح الأرض التي تعد جسما ضخما جدا .

49. وضع قضيب مطاطي مشحون على طاولة فحافظ على شـــحنته بعض الوقت. لماذا لا تُفرّغ شـــحنة القضيب المشحون مباشرة؟ (2– 3)

الطاولة مادة عازلة، أو على الأقل موصل رديء جدا .

50. شُحن صندوق فلزي. قارن بين تركيز الشحنة على زوايا الصنـــدوق وتركيزها على جوانب الصندوق. (2– 3)

تركيز الشحنة على الزوايا أكبر.

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

تابع إلى الصفحة التالية

51. أجهزة الحاسوب لماذا توضع الأجزاء الدقيقة في الأجهزة الإلكترونية - كتلك الموضحة في **الشكل 17-3**- داخل صندوق فلزي موضوع داخل صندوق آخر بلاستيكي؟ (2-3)

الشكل 17-3

يحمي الصندوق الفلزي هذه الأجزاء من المجالات الكهربائية الخارجية التي لا توجد داخل الموصل الأجوف.

تطبيق المفاهيم

52. ماذا يحدث لشدة المجال الكهربائي عندما تنقص شحنة الاختبار إلى نصف قيمتها؟

لا شيء، لأن القوة المؤثرة في شحنة الاختبار ستقل أيضا إلى النصف، أما النسبة F/q' والمجال الكهربائي فستبقى هي نفسها.

53. هل يلزم طاقة أكبر أم طاقة أقل لتحريك شحنة موجبة ثابتة خلال مجال كهربائي متزايد؟

تتناسب الطاقة طرديا مع القوة، وتتناسب القوة طرديا مع المجال الكهربائي، لذا يلزم طاقة أكبر.

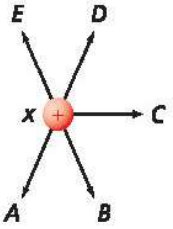
54. ماذا يحدث لطاقة الوضع الكهربائية لجسيم مشحون موجود داخل مجال كهربائي عندما يُطلق الجسيم ليصبح حر الحركة؟

ستتحول طاقة الوضع الكهربائية التي للجسم إلى طاقة حركية له.

وزارة التعليم
Ministry of Education
بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تقويم الفصل 3

55. يبيّن **الشكل 18–3** ثلاث كرات مشحونة بالمقدار نفسه. بالشحنات الموضّحة في الشكل. الكرتان y وz ثابتتان في مكانيهما، والكرة x حرة الحركة. والمسافة بين الكرة x وكل من الكرتين y وz في البداية متساوية. حدّد المسار الذي ستبدأ الكرة x في سلوكه، مفترضًا أنه لا يوجد أي قوى أخرى تؤثر في الكرات.



الشكل 18–3

56. ما وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي بدلالة m، kg، s، C؟

57. كيف تبدو خطوط المجال الكهربائي عندما يكون للمجال الكهربائي الشدة نفسها عند النقاط جميعها في منطقة ما؟

58. **تجربة قطرة الزيت لمليكان** يفضل عند إجراء هذه التجربة استخدام قطرات زيت لها شحنات صغيرة. هل يتعين عليك البحث عن القطرات التي تتحرك سريعًا أو تلك التي تتحرك ببطء عندما يتم تشغيل المجال الكهربائي؟ وضّح إجابتك.

59. في تجربة مليكان تم تثبيت قطرتي زيت في المجال الكهربائي.
   a. هل يمكنك استنتاج أن شحنتيهما متماثلتان؟
   b. أيّ خصائص قطرتي الزيت نِسبُها متساوية؟

60. يقف زيد وأخيه يوسف على سطح مستوٍ معزول متلامسين بالأيدي عندما تم إكسابهما شحنة، كما هو موضّح في **الشكل 19–3**. إذا كانت المساحة السطحية لجسم زيد أكبر من أخيه فمن منهما يكون له كمية أكبر من الشحنات، أم سيكون لهما المقدار نفسه منها؟

الشكل 19–3

61. إذا كان قطرا كرتي ألومنيوم 1 cm و10 cm فأيّ الكرتين لها سعة أكبر؟

62. كيف يمكنك تخزين كميات مختلفة من الشحنة في مكثف؟

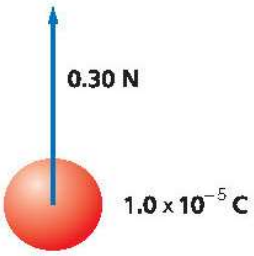
إتقان حل المسائل

3–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

شحنة الإلكترون تساوي -1.60×10^{-19} C، استخدم هذه القيمة حيث يلزم.

63. ما مقدار شحنة اختبار إذا تعرضت لقوة مقدارها 1.4×10^{-8} N عند نقطة شدة المجال الكهربائي فيها 5.0×10^{-4} N/C ؟

64. يوضّح **الشكل 20–3** شحنة موجبة مقدارها 1.0×10^{-5} C، تتعرض لقوة 0.30 N، عند وضعها عند نقطة معينة. ما شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة؟

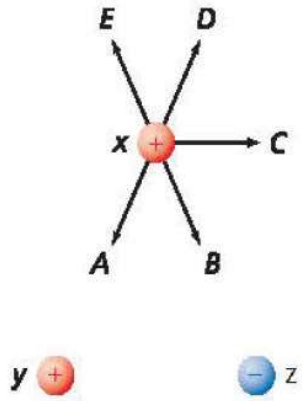


الشكل 20–3

beadaya.com | بداية للتعليم

الإجابات في الصفحة التالية

55. يبيّن **الشكل 18–3** ثلاث كرات مشحونة بالمقدار نفسه. بالشحنات الموضّحة في الشكل. الكرتان y وz ثابتتان في مكانيهما، والكرة x حرة الحركة. والمسافة بين الكرة x وكل من الكرتين y وz في البداية متساوية. حدّد المسار الذي ستبدأ الكرة x في سلوكه، مفترضًا أنه لا يوجد أي قوى أخرى تؤثر في الكرات.



الشكل 18–3

ستسلك الكرة X المسار C، لأنها ستتأثر بالقوتين الموضحتين بالمتجهين D و B، ومحصلتهما هي المتجه C.

56. ما وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي بدلالة m، kg، s، C؟

$$V = J/C = N \cdot m/C$$
$$= (kg \cdot m/s^2)(m/c) = kg \cdot m^2/s^2$$

57. كيف تبدو خطوط المجال الكهربائي عندما يكون للمجال الكهربائي الشدة نفسها عند النقاط جميعها في منطقة ما؟

تكون متوازية، وتفصلها مسافات متساوية.

58. **تجربة قطرة الزيت لمليكان** يفضل عند إجراء هذه التجربة استخدام قطرات زيت لها شحنات صغيرة. هل يتعين عليك البحث عن القطرات التي تتحرك سريعًا أو تلك التي تتحرك ببطء عندما يتم تشغيل المجال الكهربائي؟ وضّح إجابتك.

يتعين البحث عن القطرات التي تتحرك ببطء، فكلما كانت الشحنة أكبر كانت القوة المؤثرة فيها أكبر، ومن ثم تكون سرعتها الحدية كبيرة.

59. في تجربة مليكان تم تثبيت قطرتي زيت في المجال الكهربائي.

a. هل يمكنك استنتاج أن شحنتيهما متماثلتان؟

لا، قد تكون كتلتاهما مختلفتين.

b. أيّ خصائص قطرتي الزيت نِسبُها متساوية؟

نسبة الشحنة إلى الكتلة q/m أو نسبة الكتلة إلى الشحنة m/q.

60. يقف زيد وأخيه يوسف على سطح مستوٍ معزول متلامسين بالأيدي عندما تم إكسابهما شحنة، كما هو موضّح في **الشكل 19–3**. إذا كانت المساحة السطحية لجسم زيد أكبر من أخيه فمن منهما يكون له كمية أكبر من الشحنات، أم سيكون لهما المقدار نفسه منها؟

يمتلك زيد مساحة سطحية أكبر، لذا سيمتلك كمية أكبر من الشحنة.

بداية
موقع بداية التعليمي | bedaya.com

تابع إلى الصفحة التالية

61. إذا كان قطـرا كـرتي ألومنيـوم 1 cm و10 cm فأيّ الكرتين لها سعة أكبر؟

للكرة التي قطرها 10cm سعة كهربائية أكبر، لأن الشحنات يمكنها أن تبتعد بعضها عن بعض بصورة أكبر، وهذا يقلل من ارتفاع جهدها عندما تشحن.

62. كيف يمكنك تخزيـن كميات مختلفة من الشـحنة في مكثف؟

يتغير الجهد بين طرفي المكثف.

إتقان حل المسائل

3–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

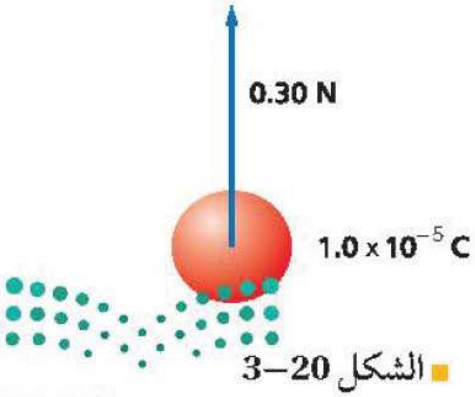
شحنة الإلكترون تساوي -1.60×10^{-19} C، استخدم هذه القيمة حيث يلزم.

63. ما مقدار شـحنة اختبار إذا تعرضت لقـوة مقدارها 1.4×10^{-8} N عند نقطة شـدة المجال الكهربائي فيها 5.0×10^{-4} N/C ؟

$$E = F/q$$

$$q = F/E = 2.8 \times 10^{-5}\text{C}$$

64. يوضّـح الشـكل 3-20 شـحنة موجبـة مقدارهـا 1.0×10^{-5} C، تتعـرض لقـوة 0.30 N، عند وضعها عند نقطة معينة. ما شـدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة؟



الشكل 3–20

$$E = F/q = 3 \times 10^4\ \text{N/C}$$

في اتجاه القوة نفسه (إلى أعلى)

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تقويم الفصل 3

65. إذا كان المجال الكهربائي في الغلاف الجوي يساوي 150 N/C تقريبًا، ويتجه إلى أسفل، فأجب عما يأتي:

a. ما اتجاه القوة المؤثرة في جسيم مشحون بشحنة سالبة؟

b. أوجد القوة الكهربائية التي يؤثر بها هذا المجال في إلكترون.

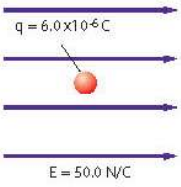
c. قارن بين القوة في الفرع **b** وقوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في الإلكترون نفسه. (كتلة الإلكترون تساوي 9.1×10^{-31} kg)

66. ارسم بدقة الحالات الآتية:

a. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة مقدارها $+1.0\ \mu C$.

b. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة $+2.0\ \mu C$ (اجعل عدد خطوط المجال متناسبًا مع التغير في مقدار الشحنة).

67. وضعت شحنة اختبار موجبة مقدارها 6.0×10^{-6} C في مجال كهربائي شدته 50.0 N/C، كما هو موضّح في **الشكل 3–21**. ما مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار؟



الشكل 3–21

68. ثلاث شحنات: X و Y و Z يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية. إذا كان مقدار الشحنة X يساوي $+1.0\ \mu C$، ومقدار الشحنة Y يساوي $+2.0\ \mu C$، والشحنة Z صغيرة وسالبة:

a. فارسم سهمًا يُمثّل القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة Z.

b. إذا كانت الشحنة Z موجبة وصغيرة فارسم سهمًا يمثّل القوة المحصلة المؤثرة فيها.

69. تتسارع الإلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية في تلفاز نتيجة مجال كهربائي مقداره 1.00×10^{5} N/C. احسب ما يأتي:

a. القوة المؤثرة في الإلكترون.

b. تسارع الإلكترون إذا كان المجال منتظمًا. افترض أن كتلة الإلكترون 9.11×10^{-31} kg

70. أوجد شدة المجال الكهربائي على بُعد 20.0 cm من شحنة نقطية مقدارها $+8\times10^{-7}$ C.

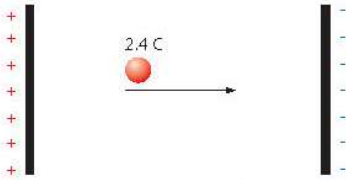
71. شحنة نواة ذرة رصاص تساوي شحنة 82 بروتونًا.

a. أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي على بُعد 1.0×10^{-10} m من النواة.

b. أوجد مقدار واتجاه القوة المؤثرة في إلكترون موضوع على البعد السابق من النواة.

3–2 تطبيقات المجالات الكهربائية

72. إذا بُذل شغل مقداره 120 J لتحريك شحنة مقدارها 2.4 C من اللوح الموجب إلى اللوح السالب، كما هو موضّح في **الشكل 3–22**، فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين؟



الشكل 3–22

73. ما مقدار الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها 0.15 C خلال فرق جهد كهربائي مقداره 9.0 V؟

74. بذلت بطارية شغلاً مقداره 1200 J لنقل شحنة كهربائية. ما مقدار الشحنة المنقولة إذا كان فرق الجهد بين طرفي البطارية 12 V؟

75. إذا كانت شدة المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين 1.5×10^{3} N/C، والبعد بينهما 0.060 m، فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين بوحدة الفولت؟

الإجابات في الصفحة التالية

65. إذا كان المجال الكهربائي في الغلاف الجوي يساوي 150 N/C تقريبًا، ويتجه إلى أسفل، فأجب عما يأتي:

a. ما اتجاه القوة المؤثرة في جسيم مشحون بشحنة سالبة؟

في اتجاه الأعلى

b. أوجد القوة الكهربائية التي يؤثر بها هذا المجال في إلكترون.

$$\mathbf{E = F/q}$$

$$\mathbf{F = qE = 2.4 \times 10^{-17}\ N}$$

في اتجاه الأعلى

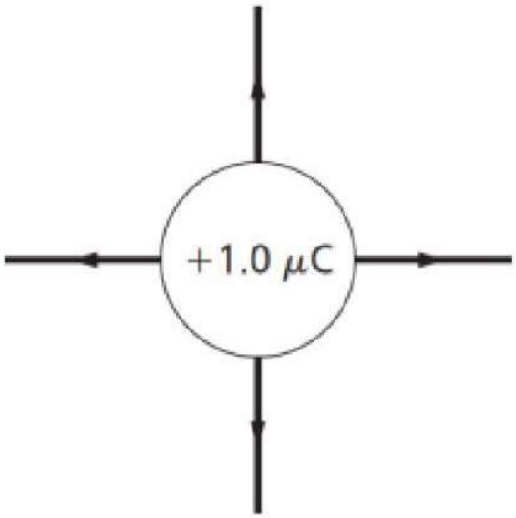
c. قارن بين القوة في الفرع **b** وقوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في الإلكترون نفسه. (كتلة الإلكترون تساوي 9.1×10^{-31} kg)

$$\mathbf{F = mg = 8.9 \times 10^{-30}\ N}$$

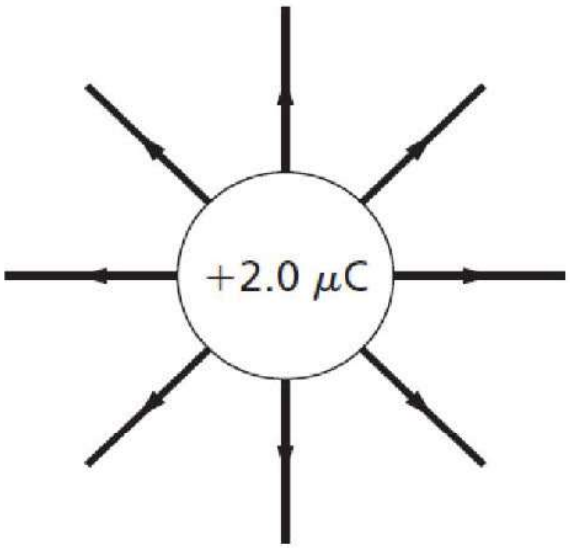
إلى أسفل، أقل بأكثر من تريليون مرة

66. ارسم بدقة الحالات الآتية:

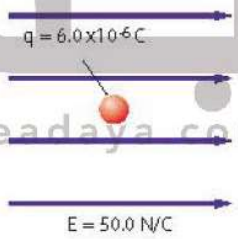
a. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة مقدارها $+1.0\ \mu C$.



b. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة $+2.0\ \mu C$ (اجعل عدد خطوط المجال متناسبًا مع التغير في مقدار الشحنة).



67. وضعت شحنة اختبار موجبة مقدارها 6.0×10^{-6} C في مجال كهربائي شدته 50.0 N/C، كما هو موضّح في الشكل **21–3**. ما مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار؟



الشكل **21–3**

$$\mathbf{E = F/q}$$

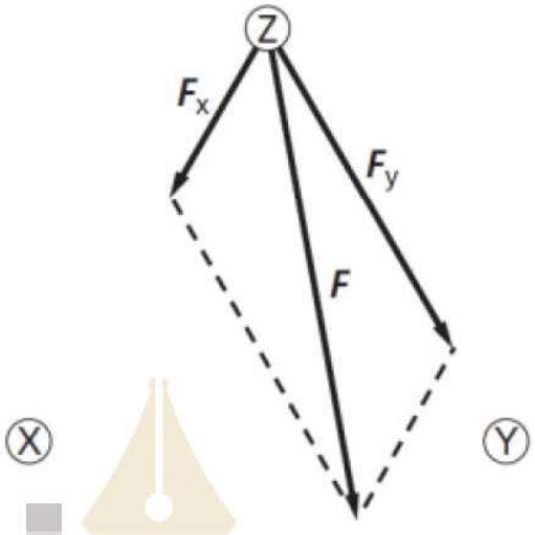
$$F = qE = 3 \times 10^{-4} N$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

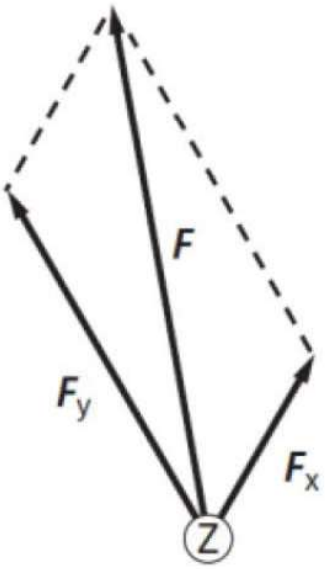
تابع إلى الصفحة التالية

68. ثلاث شحنات: X وY و Z يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية. إذا كان مقدار الشحنة X يساوي $+1.0\ \mu C$، ومقدار الشحنة Y يساوي $+2.0\ \mu C$، والشحنة Z صغيرة وسالبة:

a. فارسم سهمًا يُمثّل القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة Z.



b. إذا كانت الشحنة Z موجبة وصغيرة فارسم سهمًا يمثّل القوة المحصلة المؤثرة فيها.



69. تتسارع الإلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية في تلفاز نتيجة مجال كهربائي مقداره $1.00\times10^{5}\ N/C$. احسب ما يأتي:

a. القوة المؤثرة في الإلكترون.

$$E = F/q$$

$$F = qE = -1.6 \times 10^{-14}\ N$$

b. تسارع الإلكترون إذا كان المجال منتظمًا. افترض أن كتلة الإلكترون $9.11\times10^{-31}\ kg$

$$F = ma$$

$$a = F/m = -1.76 \times 10^{16}\ m/s^2$$

70. أوجد شدة المجال الكهربائي على بُعد 20.0 cm من شحنة نقطية مقدارها $+8\times10^{-7}\ C$.

$$E = \frac{Kq}{d^2} = 1.8 \times 10^{5}\ N/C$$

71. شحنة نواة ذرة رصاص تساوي شحنة 82 بروتونًا.

a. أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي على بُعد $1.0\times10^{-10}\ m$ من النواة.

$$Q = 1.31 \times 10^{-17} C$$

$$E = F/q = 1.2 \times 10^{13}\ N/C$$

في اتجاه الخارج

b. أوجد مقدار واتجاه القوة المؤثرة في إلكترون موضوع على البعد السابق من النواة.

$$F = qE = -1.9 \times 10^{-6}\ N$$

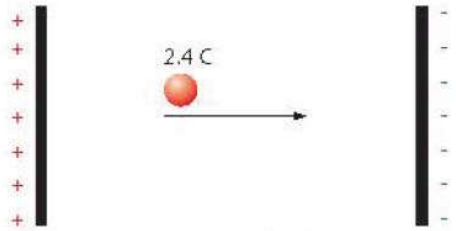
في اتجاه النواة

بديل
موقع بداية التعليم | bedaya.com

تابع إلى الصفحة التالية

3–2 تطبيقات المجالات الكهربائية

72. إذا بُذل شغل مقداره 120 J لتحريك شحنة مقدارها 2.4 C من اللوح الموجب إلى اللوح السالب، كما هو موضّح في **الشكل 22–3**، فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين؟



الشكل 22–3

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$= 5 \times 10\ V$$

73. ما مقدار الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها 0.15 C خلال فرق جهد كهربائي مقداره 9.0 V ؟

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$W = q\Delta V = 1.4\ J$$

74. بذلت بطارية شغلاً مقداره 1200 J لنقل شحنة كهربائية. ما مقدار الشحنة المنقولة إذا كان فرق الجهد بين طرفي البطارية 12 V؟

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$q = \frac{W}{\Delta V}$$

$$= 1 \times 10^2 C$$

75. إذا كانت شدة المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين $1.5 \times 10^3 N/C$، والبعد بينهما 0.060 m، فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين بوحدة الفولت؟

$$\Delta V = Ed = 9 \times 10 V$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تقويم الفصل 3

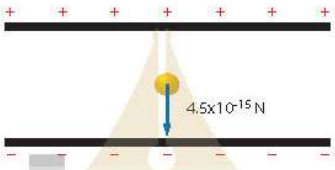
76. تبيّن قراءة فولتمتر أن فرق الجهد الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين 70.0 V. إذا كان البعد بين اللوحين 0.020 m فما شدة المجال الكهربائي بينهما؟

77. يختزن مكثف موصول بمصدر جهد 45.0 V شحنة مقدارها 90.0 μC. ما مقدار سعة المكثف؟

78. تم تثبيت قطرة الزيت الموضحة في **الشكل 23–3** والمشحونة بشحنة سالبة في مجال كهربائي شدته $5.6\times10^{3}\ N/C$. إذا كان وزن القطرة $4.5\times10^{-15}\ N$:

a. فما مقدار الشحنة التي تحملها القطرة؟

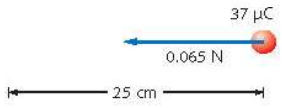
b. وما عدد الإلكترونات الفائضة التي تحملها القطرة؟



الشكل 23–3

79. ما شحنة مكثف سعته 15.0 pF عند توصيله بمصدر جهد 45.0 V؟

80. إذا لزم قوة مقدارها 0.065 N لتحريك شحنة مقدارها 37 μC مسافة 25 cm في مجال كهربائي منتظم، كما يوضّح **الشكل 24–3**، فما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين؟



الشكل 24–3

81. **آلة التصوير** يعبر عن الطاقة المختزنة في مكثف سعته C، وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيه ΔV كما يأتي: $W=\frac{1}{2}C\Delta V^2$. ومن التطبيقات على ذلك آلة التصوير الإلكترونية ذات الفلاش الضوئي، كالتي تظهر في **الشكل 25–3**. إذا شُحن مكثف في آلة تصوير مماثلة سعته 10.0 μF، إلى أن أصبح فرق الجهد عليه $3.0\times10^{2}\ V$، فما مقدار الطاقة المختزنة في المكثف؟

الشكل 25–3

82. افترض أن شحن المكثف في المسألة السابقة استغرق 25 s، وأجب عما يأتي:

a. أوجد متوسط القدرة اللازمة لشحن المكثف خلال هذا الزمن.

b. عند تفريغ شحنة هذا المكثف خلال مصباح الفلاش يفقد طاقته كاملة خلال زمن مقداره $1.0\times10^{-4}\ s$. أوجد القدرة التي تصل إلى مصباح الفلاش.

c. ما أكبر قيمة ممكنة للقدرة؟

83. **الليزر** تستخدم أجهزة الليزر لمحاولة إنتاج تفاعلات اندماج نووي مسيطر عليها. ويتطلب تشغيل هذه الليزرات نبضات صغيرة من الطاقة تُخزّن في غرف كبيرة مملوءة بالمكثفات. وتقدّر السعة الكهربائية لغرفة واحدة بـ $61\times10^{-3}\ F$ تشحن حتى يبلغ فرق الجهد عليها 10.0 kV.

a. إذا علمت أن $W=\frac{1}{2}C\Delta V^2$ فأوجد الطاقة المختزنة في المكثفات.

b. إذا تم تفريغ المكثفات خلال 10 ns (أي $1.0\times10^{-8}\ s$) فما مقدار الطاقة الناتجة؟

c. إذا تم شحن المكثفات بمولّد قدرته 1.0 kW، فما الزمن بالثواني اللازم لشحن المكثفات؟

الإجابات في الصفحة التالية

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

76. تبيّن قراءة فولتمتر أن فرق الجهد الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين 70.0 V. إذا كان البعد بين اللوحين 0.020 m فما شدة المجال الكهربائي بينهما؟

$$\Delta V = Ed$$

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

$$= 3500\ \text{N/C}$$

77. يختزن مكثف موصول بمصدر جهد 45.0 V شحنة مقدارها 90.0 μC. ما مقدار سعة المكثف؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$= 2\mu\text{F}$$

78. تم تثبيت قطرة الزيت الموضحة في الشكل 23-3 والمشحونة بشحنة سالبة في مجال كهربائي شدته 5.6×10^{3} N/C. إذا كان وزن القطرة 4.5×10^{-15} N:

a. فما مقدار الشحنة التي تحملها القطرة؟

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

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

$$= 8 \times 10^{-19}\text{C}$$

b. وما عدد الإلكترونات الفائضة التي تحملها القطرة؟

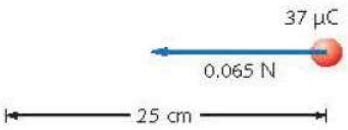
5 الكترونات

79. ما شحنة مكثف سعته 15.0 pF عند توصيله بمصدر جهد 45.0 V؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$\text{Q} = \text{C}\Delta\text{V} = 6.75 \times 10^{-10}\text{C}$$

80. إذا لزم قوة مقدارها 0.065 N لتحريك شحنة مقدارها 37 μC مسافة 25 cm في مجال كهربائي منتظم، كما يوضّح **الشكل 24-3**، فما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين؟



الشكل 24-3

$$\Delta V = \frac{W}{q} = \frac{\text{Fd}}{\text{q}}$$

$$= 4.4 \times 10^{2}\ \text{V}$$

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

تابع إلى الصفحة التالية

81. آلة التصوير يعبر عن الطاقة المختزنة في مكثف سعته C، وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيه ΔV كما يأتي: $W = \frac{1}{2} C \Delta V^2$. ومن التطبيقات على ذلك آلة التصوير الإلكترونية ذات الفلاش الضوئي، كالتي تظهر في الشكل 25-3. إذا شُحن مكثف في آلة تصوير مماثلة سعته $10.0\ \mu F$، إلى أن أصبح فرق الجهد عليه $3.0 \times 10^2\ V$، فما مقدار الطاقة المختزنة في المكثف؟

الشكل 25-3

$$W = 0.5 \times C\Delta V^2 = 0.45\ J$$

82. افترض أن شحن المكثف في المسألة السابقة استغرق 25 s، وأجب عما يأتي:

a. أوجد متوسط القدرة اللازمة لشحن المكثف خلال هذا الزمن.

$$P = \frac{W}{t}$$
$$= 1.8 \times 10^{-2}\ W$$

b. عند تفريغ شحنة هذا المكثف خلال مصباح الفلاش يفقد طاقته كاملة خلال زمن مقداره 1.0×10^{-4} s. أوجد القدرة التي تصل إلى مصباح الفلاش.

$$P = \frac{W}{t}$$
$$= 4.5 \times 10^3\ W$$

c. ما أكبر قيمة ممكنة للقدرة؟

تتناسب القدرة عكسيا مع الزمن، فكلما قل زمن استهلاك كمية محددة من الطاقة زادت القدرة الناتجة.

83. الليزر تستخدم أجهزة الليزر لمحاولة إنتاج تفاعلات اندماج نووي مسيطر عليها. ويتطلب تشغيل هذه الليزرات نبضات صغيرة من الطاقة تُخزّن في غرف كبيرة مملوءة بالمكثفات. وتقدّر السعة الكهربائية لغرفة واحدة بـ $61 \times 10^{-3}\ F$ تشحن حتى يبلغ فرق الجهد عليها 10.0 kV.

a. إذا علمت أن $W = \frac{1}{2} C\Delta V^2$ فأوجد الطاقة المختزنة في المكثفات.

$$W = 0.5 \times C\Delta V^2 = 3.1 \times 10^6\ J$$

b. إذا تم تفريغ المكثفات خلال 10 ns (أي 1.0×10^{-8} s) فما مقدار الطاقة الناتجة؟

$$P = \frac{W}{t}$$
$$= 3.1 \times 10^{14}\ W$$

c. إذا تم شحن المكثفات بمولّد قدرته 1.0 kW، فما الزمن بالثواني اللازم لشحن المكثفات؟

$$t = \frac{W}{P}$$
$$= 3.1 \times 10^3\ s$$

بداية | بداية التعليمي

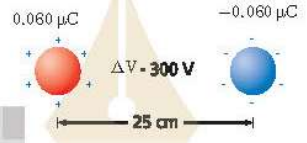
تقويم الفصل 3

مراجعة عامة

84. ما مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة مقدارها $0.25\ \mu C$ بين لوحين متوازيين، البعد بينهما $0.40\ cm$، إذا كان المجال بين اللوحين $6400\ N/C$؟

85. ما مقدار الشحنات المختزنة في مكثف ذي لوحين متوازيين سعته $0.22\ \mu F$، إذا كان البعد بين لوحيه $1.2\ cm$، والمجال الكهربائي بينهما $2400\ N/C$؟

86. يبين **الشكل 26–3** كرتين فلزيتين صغيرتين متماثلتين، البعد بينهما $25\ cm$، وتحملان شحنتين مختلفتين في النوع، مقدار كل منهما $0.060\ \mu C$. إذا كان فرق الجهد بينهما $300\ V$ فما مقدار السعة الكهربائية للنظام؟



■ الشكل 26–3

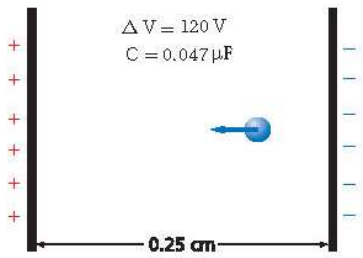
ارجع إلى المكثف الموضح في الشكل 27–3 عند حل المسائل 90–87.

87. إذا شُحن هذا المكثف حتى أصبح فرق الجهد بين لوحيه $120\ V$ فما مقدار الشحنة المختزنة فيه؟

88. ما مقدار شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف؟

89. إذا وضع إلكترون بين لوحي المكثف فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

90. ما مقدار الشغل اللازم لتحريك شحنة إضافية مقدارها $0.010\ \mu C$ بين لوحي المكثف عندما يكون فرق الجهد بينهما $120\ V$؟



■ الشكل 27–3

ارجع إلى الرسم البياني الموضح في الشكل 28–3، الذي يمثل الشحنة المختزنة في مكثف في أثناء زيادة فرق الجهد عليه، عند حل المسائل 95–91.

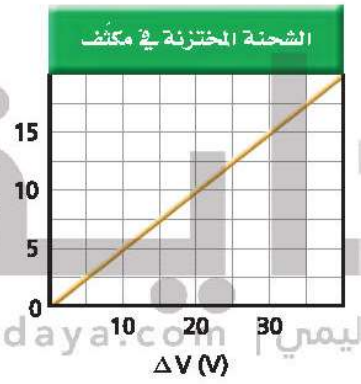
91. ماذا يمثّل ميل الخط الموضّح على الرسم البياني؟

92. ما سعة المكثف الممثّل في هذا الشكل؟

93. ماذا تمثّل المساحة تحت الخط البياني؟

94. ما مقدار الشغل اللازم لشحن هذا المكثف ليصبح فرق الجهد بين لوحيه $25\ V$؟

95. لماذا لا يساوي الشغل الناتج في المسألة السابقة المقدار $q\Delta V$؟



■ الشكل 28–3

96. مثّل بيانيًّا شدة المجال الكهربائي الناشئ بالقرب من شحنة نقطية موجبة، على شكل دالة رياضية في البعد عنها.

97. أين يكون المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية صفرًا؟

98. ما شدة المجال الكهربائي على بُعد $0\ m$ من شحنة نقطية؟ هل هناك شيء يشبه الشحنة النقطية تمامًا؟

التفكير الناقد

99. **تطبيق المفاهيم** على الرغم من تصميم قضيب مانعة الصواعق ليوصل الشحنات بأمان إلى الأرض، إلا أن هدفه الرئيس هو منع ضربة الصاعقة في المقام الأول، فكيف تؤدي مانعة الصواعق هذا الهدف؟

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

الإجابات في الصفحة التالية

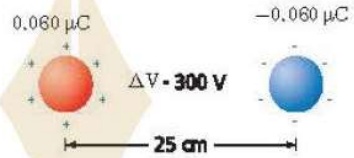
84. ما مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة مقدارها 0.25 μC بين لوحين متوازيين، البعد بينهما 0.40 cm، إذا كان المجال بين اللوحين 6400 N/C؟

$$W = q\Delta V = 6.4 \times 10^{-6}\ J$$

85. ما مقدار الشحنات المختزنة في مكثف ذي لوحين متوازيين سعته 0.22 μF، إذا كان البعد بين لوحيه 1.2 cm، والمجال الكهربائي بينهما 2400 N/C؟

$$q = C\Delta V = 6.3\mu C$$

86. يبين الشكل 3-26 كرتين فلزيتين صغيرتين متماثلتين، البعد بينهما 25 cm، وتحملان شحنتين مختلفتين في النوع، مقدار كل منهما 0.060 μC. إذا كان فرق الجهد بينهما 300 V فما مقدار السعة الكهربائية للنظام؟



الشكل 3-26

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$= 2 \times 10^{-10}\ F$$

ارجع إلى المكثف الموضح في الشكل 3-27 عند حل المسائل 87-90.

87. إذا شُحن هذا المكثف حتى أصبح فرق الجهد بين لوحيه 120 V فما مقدار الشحنة المختزنة فيه؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$q = C\Delta V = 5.6\mu C$$

88. ما مقدار شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف؟

$$\Delta V = Ed$$

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

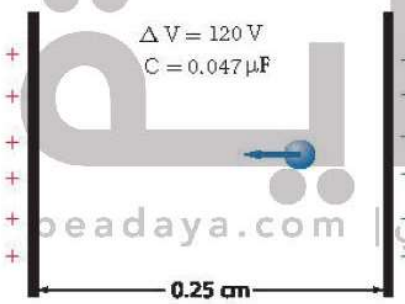
$$= 4.8 \times 10^{4}\ V/m$$

89. إذا وضع إلكترون بين لوحي المكثف فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

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

$$F = Eq = 7.7 \times 10^{-15}\ N$$

90. ما مقدار الشغل اللازم لتحريك شحنة إضافية مقدارها 0.010 μC بين لوحي المكثف عندما يكون فرق الجهد بينهما 120 V؟



الشكل 3-27

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$W = q\Delta V = 1.2 \times 10^{-6}\ J$$

بداية
beadaya.com | بداية التعليمي

تابع إلى الصفحة التالية

ارجع إلى الرسم البياني الموضح في الشكل 28-3، الذي يمثل الشحنة المختزنة في مكثف في أثناء زيادة فرق الجهد عليه، عند حل المسائل 95-91.

91. ماذا يمثّل ميل الخط الموضّح على الرسم البياني؟

السعة الكهربائية للمكثف

92. ما سعة المكثف الممثّل في هذا الشكل؟

$$C = 0.5\mu\text{F}$$

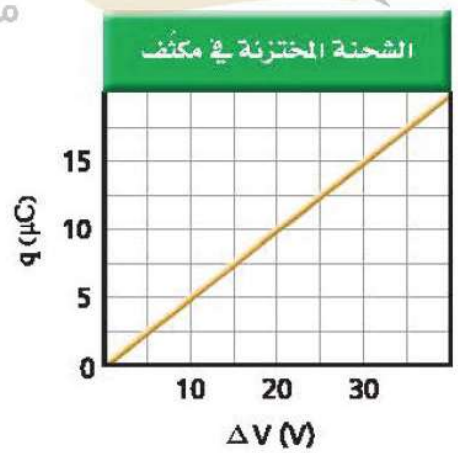
93. ماذا تمثّل المساحة تحت الخط البياني؟

يبذل شغل لشحن المكثف

94. ما مقدار الشغل اللازم لشحن هذا المكثف ليصبح فرق الجهد بين لوحيه 25 V؟

$$W = 0.5bh = 160\mu J$$

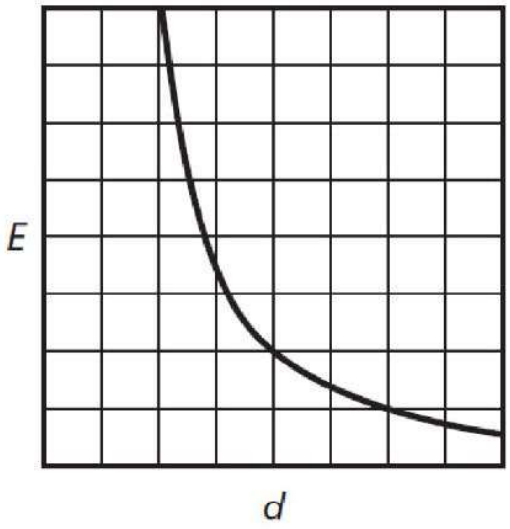
95. لماذا لا يساوي الشغل الناتج في المسألة السابقة المقدار $q\Delta V$؟



■ الشكل 28-

لا يكون فرق الجهد ثابتاً في أثناء شحن المكثف لذا يجب حساب المساحة تحت المنحنى البياني لإيجاد الشغل، وليس فقط حسابات ضرب بسيطة.

96. مثّل بيانيًّا شدة المجال الكهربائي الناشئ بالقرب من شحنة نقطية موجبة، على شكل دالة رياضية في البعد عنها.



97. أين يكون المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية صفرًا؟

لا يوجد مكان، أو عند مسافة لا نهائية من الشحنة النقطية.

98. ما شدة المجال الكهربائي على بُعد 0 m من شحنة نقطية؟ هل هناك شيء يشبه الشحنة النقطية تمامًا؟

لا نهائي، لا.

التفكير الناقد

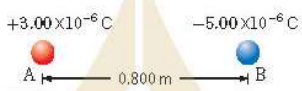
99. **تطبيق المفاهيم** على الرغم من تصميم قضيب مانعة الصواعق ليوصل الشحنات بأمان إلى الأرض، إلا أن هدفه الرئيس هو منع ضربة الصاعقة في المقام الأول. فكيف تؤدي مانعة الصواعق هذا الهدف؟

إن النقطة الحادة عند نهاية القضيب تسرب شحنات إلى الغلاف الجوي قبل أن ينتج عن تراكمها فرق جهد يكون كافيا لحدوث ضربة صاعقة البرق.

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

تقويم الفصل 3

100. حلّل واستنتج وُضِعت الكرتان الصغيرتان A وB على محور x، كما هو موضح في **الشكل 29–3**. فإذا كانت شحنة الكرة A تساوي 3.00×10^{-6} C، والكرة B تبعد مسافة مقدارها 0.800 m عن يمين الكرة A، وتحمل شحنة مقدارها -5.00×10^{-6} C فما شدة المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة فوق المحور x، بحيث تشكل هذه النقطة رأس مثلث متساوي الأضلاع مع الكرتين A و B؟



الشكل 29–3

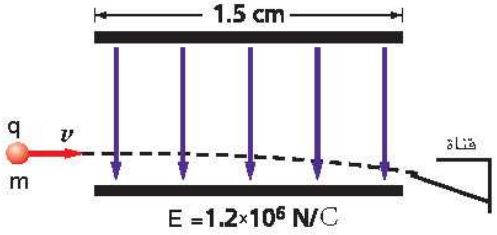
101. حلّل واستنتج في طابعة نفث الحبر، تُعطى قطرات الحبر كمية معيّنة من الشحنة قبل أن تتحرك بين لوحين كبيرين متوازيين، الهدف منهما توجيه الشحنات بحيث يتم إيقافها لتتحرك في قناة؛ لكي لا تصل إلى الورقة، كما هو موضّح في **الشكل 30–3**. ويبلغ طول كل لوح 1.5 cm، ويتولّد بينهما مجال كهربائي مقداره 1.2×10^{6} N/C. فإذا تحركت قطرات حبر، كتلة كلٍّ منها 0.10 ng، وشحنتها 1.0×10^{-16} C، أفقيًّا بسرعة 15 m/s في اتجاه موازٍ للوحين، كما في الشكل، فما مقدار الإزاحة الرأسية للقطرات لحظة مغادرتها اللوحين؟ لمساعدتك على إجابة السؤال أجب عن الأسئلة الآتية:

a. ما القوة الرأسية المؤثرة في القطرات؟

b. ما مقدار التسارع الرأسي للقطرات؟

c. ما الزمن الذي بقيت فيه القطرات بين اللوحين؟

d. ما إزاحة القطرات؟



الشكل 30–3

102. تطبيق المفاهيم افترض أن القمر يحمل شحنة فائضة تساوي $-q$، وأن الأرض تحمل شحنة فائضة تساوي $+10\,q$، ما مقدار الشحنة q التي تنتج مقدار القوة نفسه الناتج عن قوة الجاذبية بين كتلتيهما؟

الكتابة في الفيزياء

103. اختر اسمًا لوحدة كهربائية، مثل: الكولوم، أو الفولت، أو الفاراد، وابحث عن حياة وعمل العالم الذي سُمِّيت باسمه. واكتب مقالة موجزة عن هذا العالم على أن تتضمن مناقشة العمل الذي برّر إطلاق اسمه على تلك الوحدة.

مراجعة تراكمية

104. إذا كانت القوة بين شحنتين Q و q تساوي F عندما كانت المسافة بينهما r، فأوجد مقدار القوة الجديدة التي تنتج في كل حالة من الحالات الآتية: (الفصل 2)

a. مضاعفة r ثلاث مرات.

b. مضاعفة Q ثلاث مرات.

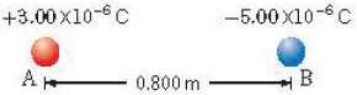
c. مضاعفة كل من r، وQ ثلاث مرات.

d. مضاعفة كل من r، وQ مرتين.

e. مضاعفة كل من r، وQ، وq ثلاث مرات.

الإجابات في الصفحة التالية

100. حلّل واستنتج وُضِعت الكرتان الصغيرتان A وB على محور x، كما هو موضح في **الشكل 29-3**. فإذا كانت شحنة الكرة A تساوي $3.00\times10^{-6}\ C$، والكرة B تبعد مسافة مقدارها $0.800\ m$ عن يمين الكرة A، وتحمل شحنة مقدارها $-5.00\times10^{-6}\ C$ فما شدة المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة فوق المحور x، بحيث تشكل هذه النقطة رأس مثلث متساوي الأضلاع مع الكرتين A و B؟



الشكل 29-3

$E = 6.14\times10^{4}\ N/C$

بزاوية مقدارها 23.4° -

101. حلّل واستنتج في طابعة نفث الحبر، تُعطى قطرات الحبر كمية معيّنة من الشحنة قبل أن تتحرك بين لوحين كبيرين متوازيين، الهدف منهما توجيه الشحنات بحيث يتم إيقافها لتتحرك في قناة؛ لكي لا تصل إلى الورقة، كما هو موضّح في **الشكل 30-3**. ويبلغ طول كل لوح $1.5\ cm$، ويتولّد بينهما مجال كهربائي مقداره $1.2\times10^{6}\ N/C$. فإذا تحركت قطرات حبر، كتلة كلٍّ منها $0.10\ ng$، وشحنتها $1.0\times10^{-16}\ C$، أفقيًّا بسرعة $15\ m/s$ في اتجاه موازٍ للوحين، كما في الشكل، فما مقدار الإزاحة الرأسية للقطرات لحظة مغادرتها اللوحين؟ لمساعدتك على إجابة السؤال أجب عن الأسئلة الآتية:

a. ما القوة الرأسية المؤثرة في القطرات؟

$F = Eq = 1.2\times10^{-10}\ N$

b. ما مقدار التسارع الرأسي للقطرات؟

$A = F/m = 1.2\times10^{3}\ m/s^2$

c. ما الزمن الذي بقيت فيه القطرات بين اللوحين؟

$t = L/V = 1\times10^{-3}\ s$

d. ما إزاحة القطرات؟

$y = 0.5\ a\ t^2 = 0.60\ mm$

102. تطبيق المفاهيم افترض أن القمر يحمل شحنة فائضة تساوي $-q$، وأن الأرض تحمل شحنة فائضة تساوي $+10\ q$، ما مقدار الشحنة q التي تنتج مقدار القوة نفسه الناتج عن قوة الجاذبية بين كتلتيهما؟

ستختلف إجابات الطلاب اعتمادا على العالم الذي تم اختياره.

الكتابة في الفيزياء

103. اختر اسمًا لوحدة كهربائية، مثل: الكولوم، أو الفولت، أو الفاراد، وابحث عن حياة وعمل العالم الذي سُمّيت باسمه. واكتب مقالة موجزة عن هذا العالم على أن تتضمن مناقشة العمل الذي برّر إطلاق اسمه على تلك الوحدة.

$q = 1.8\times10^{13}\ C$

مراجعة تراكمية

104. إذا كانت القوة بين شحنتين Q و q تساوي F عندما كانت المسافة بينهما r، فأوجد مقدار القوة الجديدة التي تنتج في كل حالة من الحالات الآتية: (الفصل 2)

a. مضاعفة r ثلاث مرات. $F/9$

b. مضاعفة Q ثلاث مرات. $3F$

c. مضاعفة كل من r، وQ ثلاث مرات. $F/3$

d. مضاعفة كل من r، وQ مرتين. $F/2$

e. مضاعفة كل من r، وQ، وq ثلاث مرات. F

بداية
bedaya.com بوابة بداية التعليمية

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

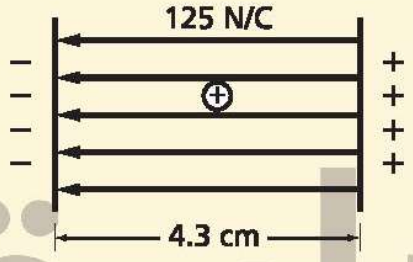
1. لماذا يقاس المجال الكهربائي بشحنة اختبار صغيرة فقط؟
   - (A) حتى لا تَشتّت الشحنة المجال.
   - (B) لأن الشحنات الصغيرة لها زخم قليل.
   - (C) حتى لا يؤدي مقدارها إلى دفع الشحنة المراد قياسها جانبًا.
   - (D) لأن الإلكترون يستخدم دائمًا بوصفه شحنة اختبار، وشحنة الإلكترونات صغيرة.

2. إذا تأثرت شحنة مقدارها 2.1×10^{-9} C بقوة مقدارها 14 N، فما مقدار المجال الكهربائي المؤثر؟
   - (A) 0.15×10^{-9} N /C
   - (B) 6.7×10^{-9} N /C
   - (C) 29×10^{-9} N /C
   - (D) 6.7×10^{9} N /C

3. تتأثّر شحنة اختبار موجبة مقدارها 8.7 μC بقوة 8.1×10^{-6} N في اتجاه يصنع زاوية 24° شمال الشرق. ما مقدار شدة المجال الكهربائي واتجاهه في موقع شحنة الاختبار؟
   - (A) 7.0×10^{-8} N /C، 24° شمال الشرق.
   - (B) 1.7×10^{-6} N /C، 24° جنوب الغرب.
   - (C) 1.1×10^{-3} N /C، 24° غرب الجنوب.
   - (D) 9.3×10^{-1} N /C، 24° شمال الشرق.

4. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين لوحين يبعد أحدهما عن الآخر 18 cm، والمجال الكهربائي بينهما 4.8×10^{3} N /C؟
   - (A) 27 V
   - (B) 86 V
   - (C) 0.86 kV
   - (D) 27 kV

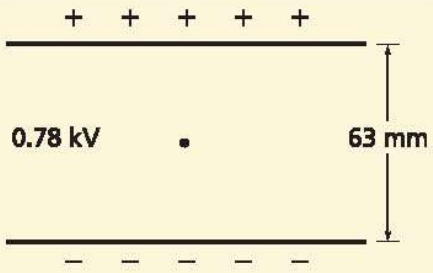
5. ما مقدار الشغل المبذول على بروتون عند نقله من لوح سالب الشحنة إلى لوح موجب الشحنة، إذا كانت المسافة بين اللوحين 4.3 cm، والمجال الكهربائي بينهما 125 N /C؟
   - (A) 5.5×10^{-23} J
   - (B) 8.6×10^{-19} J
   - (C) 1.1×10^{-16} J
   - (D) 5.4 J



6. كيف تم تحديد قيمة المجال الكهربائي في تجربة قطرة الزيت لمليكان؟
   - (A) باستخدام مغناطيس كهربائي قابل للقياس.
   - (B) من خلال فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين.
   - (C) من خلال مقدار الشحنة.
   - (D) بمقياس كهربائي.

7. في تجربة قطرة الزيت، تم تثبيت قطرة زيت وزنها 1.9×10^{-14} N عندما كان فرق الجهد بين اللوحين 0.78 kV، والبعد بينهما 63 mm، كما هو موضح في الشكل في الصفحة الآتية. ما مقدار الشحنة على القطرة؟
   - (A) -1.5×10^{-18} C
   - (B) -3.9×10^{-16} C
   - (C) -1.2×10^{-15} C
   - (D) -9.3×10^{-13} C

بداية
بوابة بداية للتعليم
beginning-academy.com



8. مكثف سعته 0.093 μF. إذا كانت شحنته 58 μC فما مقدار فرق الجهد الكهربائي عليه؟

(A) 5.4×10^{-12} V

(B) 1.6×10^{-6} V

(C) 6.2×10^{2} V

(D) 5.4×10^{3} V

الأسئلة الممتدة

9. افترض أن قطرة زيت تحمل 18 إلكترونًا إضافيًّا. احسب شحنة قطرة الزيت، واحسب فرق الجهد الكهربائي اللازم لتثبيتها بين لوحين فلزيين متوازيين ومشحونين البعد بينهما 14.1 mm، إذا كان وزنها 6.12×10^{-14} N.

$$18 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.88 \times 10^{-18}\text{C. a}$$

$$6.12 \times 10^{-4} \times 1.41 \times 10^{2}/\left(2.88 \times 10^{-18}\right) = 3 \times 10^{2}\text{ V. b}$$

إرشاد

استعمل نظام الأصدقاء

ادرس ضمن مجموعة؛ لأن الدراسة في مجموعة صغيرة تتيح لك الاستفادة من المهارات والمعارف من مَعين أوسع. واحرص على أن تكون مجموعتك صغيرة ما أمكنك، وتبادلوا طرح الأسئلة فيما بينكم، وركِّزوا في نقاشكم وتجنّبوا الخوض في موضوعات جانبية.

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي