

# الفيزياء

للفصل الثالث الثانوي - الفصل الدراسي الأول  
قسم العلوم الطبيعية



دليل المعلم

Original Title:  
**Physics**  
**Teacher Wraparound Edition**  
By:  
Paul W. Zitzewitz  
Todd George Elliott  
David G. Haase  
Kathleen A. Harper  
Michael R. Herzog  
Jane Bray Nelson  
Jim Nelson  
Charles A. Schuler  
Margaret K. Zorn

## الفيزياء

أعدت النسخة العربية: شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة

د. أحمد محمد رفيع

خلدون سليمان المصاروه

ربحي سعيد حميدي

زهير يوسف حداد

عبد الرحمن بن علي العريني

التعريب والتحرير اللغوي

نخبة من المتخصصين

[www.macmillanmh.com](http://www.macmillanmh.com)



English Edition Copyright © 2009 the McGraw-Hill Companies, Inc.  
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with  
The McGraw-Hill Companies, Inc. © 2008.



حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل © ٢٠٠٩م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار  
وفقاً لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل © ٢٠٠٨م / ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواء أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين والاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

أخي المعلم/ أختي المعلمة

يأتي دليل المعلم لكتاب الفيزياء للصف الثالث الثانوي في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم وتحديثها في المملكة العربية السعودية، والذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم هاتين المادتين وتعلمهما.

لقد وُضع هذا الدليل بحيث يرتبط مباشرة بكتاب الطالب، ويتضمن كمًّا كبيرًا من المعلومات والإرشادات المتعلقة باستراتيجيات التدريس والتقويم والمعلومات الإضافية، والعروض العملية بأشكالها المختلفة، فضلاً عن المصادر التقنية واستعمال الإنترنت، مما يوفر لك خيارات لا حصر لها في إنجاز عملية التعليم والتعلم وتنفيذها وفق أحدث الأساليب التربوية. وإننا نرجو منك - خلال تنفيذك الدروس - التركيز على مشاركة الطلاب الفاعلة، ومنها التعلم الذاتي، والعمل في مجموعات، والمشاركة في النقاشات، والنشاطات العملية، والعروض الصفية، والمشاريع البحثية وغيرها.

ونحن - إذ نضع بين يديك هذا الدليل - نأمل أن يكون لك مرشداً ومصدراً مهماً في تخطيط الدروس، وتنفيذها، بما يتلاءم مع مستويات الطلاب، والبيئة الصفية، وأهداف المنهاج، وفي الوقت نفسه نرجو ألا يقيدك هذا الدليل، بل يكون مساعداً على تنمية مهاراتك التعليمية، وإبراز قدراتك الإبداعية في وضع البدائل، حيثما رأيت ذلك مناسباً.

والله نسأل أن يحقق هذا الدليل الأهداف المتوخاة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

## المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
 التخلص من المخلفات	مخلفات التجربة قد تكون ضارة بالإنسان.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المفضلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
 ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبب ضرراً للإنسان.	البكتيريا، الفطريات، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، وارتد كمامة وقفازين.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيداً.
 درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المديبة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحكمة مع الأداة، واتبع إرشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 الأبخرة الضارة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة.	الأمونيا، الأستون، الكبريت الساخن، كرات العث (الفضائلين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد كمامة.	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فوراً.
 الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سواحل متسكة، تماس كهربائي، أسلاك معرأة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فوراً.
 المواد المهيجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للفتاة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقياً للغبان، وارتد قفازين، وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتلتفها.	المبيضات مثل فوق أكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، واللبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
 المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيداً بعد الانتهاء من العمل، واهذب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات يسهل اشتعالها باللهب، أو بالشر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات البوتاسيوم، الملايس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام الكيماويات.	أبلغ معلمك طلباً للإسعاف الأولي، واستخدم مطفاة الحريق إن وجدت.
 اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحاً يسبب الحريق.	الشعر، الملايس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف (لطلاب)، ولا تلبس الملايس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلباً للإسعاف الأولي، واستخدم مطفاة الحريق إن وجدت.

 غسل اليدين	 سلامة العين
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.	يجب دائماً ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.
 نشاط إشعاعي	 وقاية الملابس
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.	يظهر هذا الرمز عندما تسبب المواد بقعاً أو حريقاً للملابس.

# أدوات تدريس الفيزياء

## جدول المحتويات

5B	.....	نسخة الطالب
5F	.....	نسخة دليل المعلم
5H	.....	مصادر المعلم في غرفة الصف
5J	.....	السلامة في المختبر
5L	.....	قائمة التجهيزات
5P	.....	مواد إثرائية داعمة

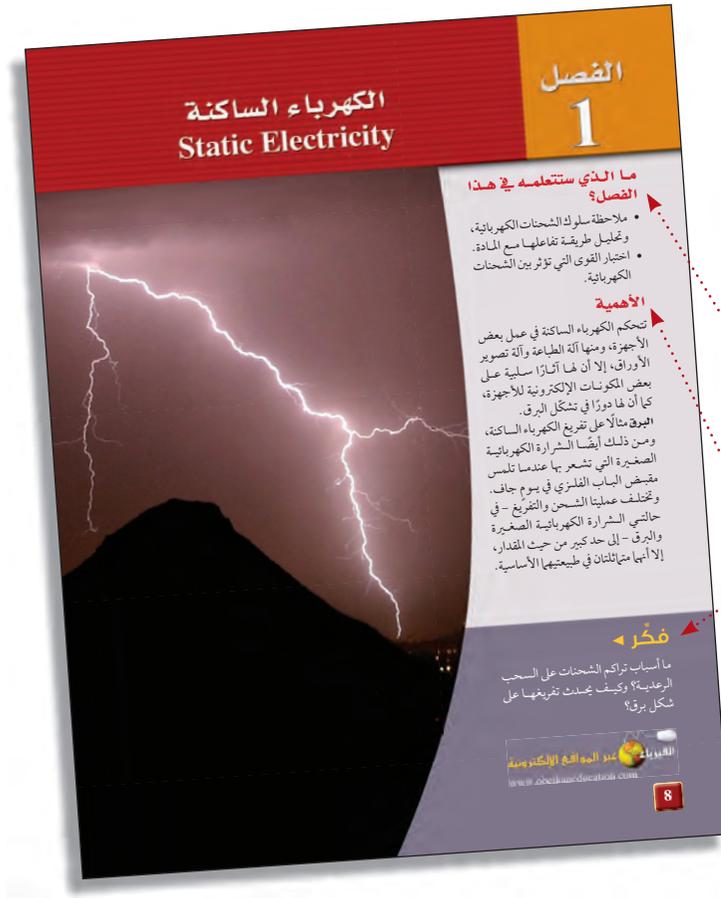
## التهيئة

كتاب الفيزياء: يوضح للطلاب كيفية ارتباط الفيزياء بحياتهم وبالعالم من حولهم. وقد جاء التصميم جذابًا وسهل المتابعة، ومن خلال العرض سيتم مراجعة الرياضيات ومهارات حل المسائل وتعزيزها.

بعد دراستك هذا الفصل ستكون قادرًا على تقديم أهداف الفصل.

الأهمية توفر إجابة مقنعة عن السؤال التالي: لماذا نتعلم هذا؟

فكر يُطرح فيه سؤال يربط محتويات الفصل بالحياة اليومية بحسب ما جاء في صورة غلاف الفصل.



## تطوير المهارات الرياضية

### استراتيجيات حل المسألة

#### مسائل القوة الكهربائية

استخدم هذه الخطوات لإيجاد مقدار القوة المتبادلة بين الشحنات، واتجاهها.

1. ارسم مخططًا للنظام مبيّنًا فيه المسافات والزوايا جميعها بمقياس رسم مناسب.
2. ارسم متجهات القوى في النظام.
3. استخدم قانون كولوم لإيجاد مقدار القوة.
4. استعمل مخطّطك والعلاقات المثلثية لإيجاد اتجاه القوة.
5. نفذ العمليات الجبرية على كل من الأرقام والوحدات. وتحقق من أن الوحدات متوافقة مع المتغيرات في السؤال.
6. تأمل إجابتك جيدًا. هل هي منطقية؟

استراتيجية حل المسائل تُركز انتباه الطلاب على الأساليب التي تجعل حل المسائل أكثر سهولة.

الرياضيات في الفيزياء تُراجع أهم المبادئ الرياضية المرتبطة بمحتوى الفصل.

دليل الرياضيات تُركّز على المهارات الرياضية المستخدمة في حل المسائل الرياضية.

# نسخة الطالب

## التدريب على حل المسائل

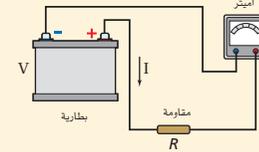
الأمثلة توفر للطالب نماذج لأمثلة محلولة على بعض المسائل الواردة في النص، وتوفر الاستراتيجيات باللون الأزرق أفكارًا مفيدة لحل المسائل.

المسائل التدريبية تعزز المفاهيم الواردة في النص بالإضافة إلى المفهوم في الأمثلة المحلولة.

مسائل التحفيز تزود الطالب بالفرصة لتطبيق المبادئ التي تعلمها على أمثلة أكثر تعقيدًا.

## مثال 2

التيار المار في مقاومة وصلت بطارية فرق الجهد بين قطبيها 30.0 V بمقاومة مقدارها  $10.0 \Omega$ . ما مقدار التيار المار في الدائرة؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم دائرة تحتوي على بطارية وأميتر ومقاوم.
- وضح اتجاه التيار الاصطلاحي.

### المجهول

$$I = ?$$

$$R = 10.0 \Omega \quad V = 30.0 V$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم المعادلة  $I = V/R$ ، لإيجاد التيار:

$$\text{بالتعويض عن } R = 10.0 \Omega, V = 30.0 V$$

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ يُقاس التيار بوحدته الأمبير A.
- هل الجواب منطقي؟ الجهد كبير والمقاومة قليلة، لذا يكون مقدار التيار 3.00 A منطقيًا.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{30.0 V}{10.0 \Omega} = 3.00 A$$

### دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية ص 202 و 203

## مسائل تدريبية

افتراض في هذه المسائل جميعها أن جهد البطارية ومقاومات المصابيح ثابتة، بغض النظر عن مقدار التيار.

6. إذا وصل محرك بمصدر جهد، وكانت مقاومة المحرك في أثناء تشغيله  $33 \Omega$ ، ومقدار التيار المار في تلك الدائرة  $3.8 A$ ، فما مقدار جهد المصدر؟
7. يمر تيار مقداره  $2.0 \times 10^{-4} A$  في مجس عند تشغيله بطارية جهدها  $3.0 V$ . ما مقدار مقاومة دائرة جهاز المجس؟

## ربط الفيزياء بالحياة الواقعية

الإثراء العلمي يتناول الموضوعات التي يراها الطالب مثيرة للاهتمام، وتحتوي مواد هذه الموضوعات على مفاهيم فيزيائية متقدمة. كيف تعمل الأشياء نصوص توضح للطالب كيف تُستخدم مبادئ الفيزياء في الأدوات والأجهزة المألوفة.

## الإثراء العلمي

مجس مفيد طوّره المهندسون مجسًا يعمل وفق تأثير هول. وتحتوي هذه الأجهزة الصغيرة البلاستيكية والسوداء على طبقة رقيقة من السليكون مع أسلاك موصولة بها، كما في الرسم التخطيطي. وترتبط أسلاك فولتية هول بوضوح صغير بحيث يمكن لأجهزة أخرى أن تكتشفها وتستنشعها.

إذا تحرك مغناطيس دائم بالقرب من المجس الذي يعمل وفق تأثير هول فسوف تزداد الفولتية الخارجة من المصغّر، لذا يمكن استخدام هذا المجس للكشف عن مدى قرب المغناطيس.

أسلاك توصيلة  
مقياس السرعة  
جهاز استشعار هول  
شحنات مغناطيس  
شبكة الدورات

يستخدم المجس الذي يعمل وفق تأثير هول في مقياس سرعة الدراجة لقياس سرعتها.

تطبيقات يومية يستخدم مقياس السرعة في الدراجة الفولتية مغناطيسًا دائميًا يُربط مع الدولاب الأمامي. وفي كل دورة للدولاب يقترب المغناطيس من المجس. وتحسب النبضات الناتجة، كما يتم حساب زمنها. وتُستخدم هذه المسجات أيضًا

## كيف يعمل قارئ بطاقات الائتمان؟

### How it Works

#### How a Credit - Card Reader Works?

أحدثت بطاقات الائتمان ثورة اقتصادية في العالم عن طريق جعل عملية تحويل النقود سريعة وسهلة. يعدّ قارئ بطاقات الائتمان - الذي يأخذ البيانات من شريط مغناطيسي موجود على ظهر البطاقة - من أهم الروابط في العملية الإلكترونية لتحويل النقود.

1. يمكن أن يُدار المغناطيس لإنتاج مناطق ذات قطبية معكوسة. وتمثل هذه المناطق الترميز الثنائي المتشابه لـ 1 و 0 والعلومات المنقولة مثل اسم حامل البطاقة ورقم البطاقة.
2. تحتوي قارئ البطاقة على رأس التماس، وهو عبارة عن سلك صغير جدًا ملفوف على حلقة حديدية ذات فتحة.

تلفظ مغناطيس دائم الذي يلامس شريطًا بلاستيكيًا مطليًا بأكسيد الحديد يجعل الشققة ممغنطة.

قارئ البطاقة

## التجارب العملية

يوفر كتاب الفيزياء خبرة عملية من خلال عدة تجارب مختارة، تعكس طبيعة العلم بصورة عامة، وتزداد معها ثقة طلابك وتنمو خبراتهم لاستكشاف تقدم العلم وتطبيق مبادئ الفيزياء التي تعلموها.

### تجارب قصيرة

تجربة استهلاكية توضع في بداية كل فصل، وهي طريقة فعالة وسهلة مهمتها تقديم محتويات الفصل للطالب.

تجربة توجد في كتاب الطالب وأخرى إضافية في دليل المعلم، وهي أنشطة سهلة العمل، وتساعد الطالب على فهم المبادئ الفيزيائية. ويمكن أن تجد تجربة واحدة على الأقل من هذا النوع في كل فصل.

### تجارب متكاملة (مختبر الفيزياء)

يحتوي كل فصل على صفحتين من التجارب المتكاملة التي تستغرق حصة كاملة أو أكثر.

## تجربة



### مقاومة التوازي

ركب دائرة كهربائية تتكوّن من مصدر قدرة، ومقاومة، وأميتير.

#### 1. توقع ماذا يحدث للتيار في

الدائرة الكهربائية عند توصيل مقاومة أخرى مماثلة للمقاومة الأولى على التوازي معه؟

#### 2. اختبر توقعك.

#### 3. توقع مقداري التيارين إذا

تضمنت الدائرة ثلاث أو أربع مقاومات متماثلة موصولة على التوازي.

#### 4. اختبر توقعك.

### التحليل والاستنتاج

#### 5. أنشئ جدول بيانات لتوضيح

النتائج.

جدول البيانات	
عدد.....	عدد.....

#### الفيزياء في الحياة

- إذا أردت الحصول على مغناطيس كهربائي قوي لاستخدامه في حيز صغير، داخل حاسوب شخصي مثلاً، فما الطريقة التي يمكن من خلالها زيادة قوة المغناطيس الكهربائي خلال هذا الحيز الصغير؟
- تحوي بعض النباتات مغناطيس كهربائية معلقة على الجدران تعمل على جعل أبواب الطوارئ مفتوحة عندما تكون البابية مأهولة بالسكان، وهي تشبه الأدوات التي توضع خلف الأبواب للتحكم في فتحها أو إغلاقها.
- بالتفكير في نظام إنذار الحريق والإجراءات التي يحتاج إليها للسيطرة على الحريق، ما الفائدة من استخدام مثل هذا النظام في جعل الأبواب مفتوحة؟ وكيف يمكن لهذا النظام أن يكون ميزة جيدة أو سيئة في حالة حدوث كارثة طبيعية؟
- تعمل بعض الأجراس الكهربائية عن طريق ضرب جانب حرس فلزي على شكل قبة بأدراج فلزي. وكيف يمكن للمغناطيس الكهربائي في هذا الحرس؟ وكيف يمكن توصيل الحرس بطريقة تسمح للذراع بضرع الحرس باستمرار إلى أن يتقطع التيار الكهربائي؟



## مختبر الفيزياء

### صنع مغناطيس كهربائي

يستخدم المغناطيس الكهربائي المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي لمغطة قطعة فلزية. ستقوم في هذه التجربة بصنع مغناطيس كهربائي، وتختبر أحد التجارب التي تعتمد أنها قد تؤثر في قوة المغناطيس.

#### سؤال التجربة

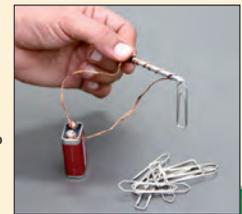
ما العوامل التي تحدّد قوة مغناطيس كهربائي؟

#### الأهداف

- تكوّن فرضية لتحديد المتغيرات التي قد تؤثر في قوة المغناطيس الكهربائي.
- ملاحظة التأثيرات في قوة المغناطيس الكهربائي.
- جمع وتظيم البيانات المتعلقة بمقارنة التغير الذي اخترته مع قوة المغناطيس.
- تنصّب مسوداتاً يهائية وتستخدمها للمساعدة على تحديد العلاقة بين التغير المستقل والتغير التابع.
- تحليل ونسنتج تأثير التغير الذي اخترته في قوة المغناطيس.

#### احتياجات السلامة

- مشابك ورق كبيرة
- قطع فولاذية صغيرة
- بطارية 6V
- سلك معزول
- بطارية 9V
- مصدر قدرة مستمر DC



#### الخطوات

- أعدّ قائمة بالمواد التي ستستخدمها في صنع المغناطيس الكهربائي.
- أعدّ قائمة بجميع المتغيرات المحتملة التي تعتمد أنها يمكن أن تؤثر في قوة المغناطيس الكهربائي.
- اختر أحد المتغيرات واعمل على تغييره لتحديد تأثيره في قوة المغناطيس الكهربائي.
- خذ الطريقة التي تختبر بها شدة المجال المغناطيسي الناتج عن المغناطيس الكهربائي.
- أطع المعلم على القوائم التي أعدتها، واحصل على موافقته قبل متابعة العمل.
- اكتب ملخصاً يوضح خطوات تجربتك. وتأكد من تضمين جميع القيم للمتغيرات التي ستجعلها ثابتة.
- أنشئ جدول بيانات مائلاً للجدول في الصفحة التالية، والذي يبين الكميتين اللتين ستقيسهما.
- ركب المغناطيس الكهربائي باستخدام المسبار وجزء من السلك، بلق السلك حول المسبار. وتأكد من ترك بضعة سنتيمترات من السلك خارجة من الملف لتصله بالبطارية (مصدر القدرة). تحمّض قد يكون طرف المسبار أو السلك حاداً، لذا كن حذراً عند استعمال هذه المواد لتجنب حدوث جرح.
- اطلب إلى معلمك أن يفضح مغناطيسك قبل المتابعة.
- نفذ تجربتك ودرّن باتارك. تحمّض إذا استعملت قطع السولانا الصغيرة فتجنب الإصابة بالجرع عند التقاط القطع في أثناء سقوطها على الأرض.

## التقويم

يقدم لك كتاب الفيزياء الأدوات التي تحتاج إليها لتهيئ طلابك للنجاح في أي اختبار. وستجد مسائل وأنشطة تقويمية متنوعة في كل درس.

### المراجعة

تشير مسائل المراجعة إلى مدى استعداد طلابك للانتقال إلى الدرس اللاحق.

### دليل مراجعة الفصل

مراجعة سريعة تلخص المفردات والمفاهيم الأساسية، بالإضافة إلى أهم المعادلات في كل جزء من الفصل.

### تقويم الفصل

يحتوي ثلاث إلى ست صفحات من المسائل والتمارين التي تتنوع بين تطوير المفاهيم وتطبيقها والتفكير الناقد والكتابة في الفيزياء... إلخ. ويستطيع المعلم اختيار نوع المسائل ومستواها المناسب للطلاب.

### اختبار مقنن

تقوم مسائل الاختبار المقنن في نهاية كل فصل مدى تمكن الطالب من المفاهيم والمهارات. ويشتمل دليل المعلم على إجابات كل من أسئلة الاختيار من متعدد، وسلم التقدير لأسئلة الإجابات المفتوحة، وبقية المسائل.



## لمحة عن مخطط الدروس

كتاب المعلم هو دليلك إلى مصادر التعليم في كتاب الفيزياء، بالإضافة إلى استراتيجيات التدريس وبعض الاقتراحات.

### أدوات التخطيط

مخطط الفصل يوفر التخطيط للتجارب والعروض.

**نظرة عامة إلى الفصل** مقدمة توضع بجوار صورة الفصل بحيث تصف محتوياته.

**فكر** الإجابة عن السؤال الموجود في كتاب الطالب وربطه بمادة الفصل.

**المفردات الرئيسية** قائمة بأهم المفاهيم والمصطلحات مرتبة كما سترد في الفصل.

### الفصل 1

#### الكهرباء الساكنة

**نظرة عامة إلى الفصل**

يعرض هذا الفصل القوة الكهروسكونية من خلال تجارب بسيطة بمواد نستخدمها في حياتنا اليومية. ولأنه يمكن ملاحظة قوى التنافر وقوى التجاذب بين السطوح المشحونة فيمكن استنتاج وجود نوعين من الشحنات الكهربائية، شحنات سالبة وأخرى موجبة. ينص قانون كولوم على أن القوة الكهروسكونية بين شحنتين نقطيتين تتناسب طردياً مع مقدار كل من الشحنتين، وعكسياً مع مربع المسافة التي تفصل بينهما.

**فكر**

لا تزال الآليات التي تُسبب حدوث البرق غير مفهومة تماماً حتى الآن، وتعدّ مجالاً نشطاً للبحث. ومن المعلوم أن ظاهرة البرق تؤدي دوراً حاسماً في المحافظة على الخصائص الكهربائية للأرض. وللحصول على مزيد من التفاصيل ارجع إلى صفحة 14 وإلى بند المناقشة في صفحة 17.

**المفردات الرئيسية**

- الكهرباء الساكنة (الكهر وسكونية)
- الجسم المتعادل
- المادة العازلة
- المادة الموصلة
- الكثافة الكهربائي
- الشحن بالتوصيل
- الشحن بالحث
- التأريض
- قانون كولوم
- الكولوم
- الشحنة الأساسية

### الفصل 1

#### الكهرباء الساكنة

**ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟**

- ملاحظة سلوك الشحنات الكهربائية، وتحليل طريقة تفاعلها مع المادة.
- اختبار القوى التي تؤثر بين الشحنات الكهربائية.

**الأهمية**

تتحكم الكهرباء الساكنة في عمل بعض الأجهزة، ومنها آلة الطباعة وآلة تصوير الأرقام، إلا أن غايتها سلبية على بعض المكونات الإلكترونية للأجهزة، كما أن لها دوراً في تشكيل البرق.

البرق نتاج تفاعل الشحنات الكهربائية الساكنة، ومن شأنها أيضاً إثارة الكهرباء الساكنة الصغيرة التي تشعرت بها عندما لمس مقبض الباب الفلزي في يوم جاف، وتختلف عدداً الشحن والفرق في حثي الشحنة الكهربائية الصخرية والبرق - إلى حد كبير من حيث المقدار، إلا أنها متماثلتان في طبيعتها الأساسية.

**فكر**

ما السبب وراء شحنات عمل السحب الرعدية؟ وكيف يحدث تفرغها على شكل برق؟

الكهرباء الساكنة في حياتنا اليومية

### تجربة استهلاكية

**الهدف** تقديم قوى التجاذب وقوى التنافر بين الشحنات الساكنة.

**المواد والأدوات** مسطرة بلاستيكية، وقطعة صوف، و20-15 قصاصة ورق (التي تخرج من مقبب الورق).

**النتائج المتوقعة** في بادئ الأمر ستقفز بعض قصاصات الورق إلى أعلى وتلتصق بالمسطرة؛ حيث تكتسب بعض هذه القصاصات شحنة مشابهة لشحنة المسطرة، ثم تطاير متباعدة عن المسطرة. ولا ينطبق هذا السلوك على القصاصات جميعها؛ فبعضها تلتصق ثم تسقط بيسر.

حتى يتم تنفيذ التجربة بنجاح على الطلاب شحن مساطرهم بشكل جيد.

## مستويات وأنماط التعلم

### طرائق تدريس متنوعة

- وُضعت رموز المستويات في دليل المعلم لمساعدتك على التعامل مع الطلبة من مختلف المستويات.
- المستوى 1: **1م** أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم.
- المستوى 2: **2م** أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.
- المستوى 3: **3م** أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط)

- وقد أُدرجت أنماط التعلم المناسبة بعد الرموز **1م** ، **2م** ، **3م** ، وهي:
- حسي - حركي: يتعلم الطلاب من خلال اللمس والحركة واللعب بالأشياء.
  - بصري-مكاني: يتعلم الطلاب من خلال الصور، والصور التوضيحية، والنماذج.
  - منطقي-رياضي: يستوعب الطلاب الأرقام بسهولة ويمتلكون مهارات تفكير على درجة عالية من التطور.
  - لغوي: يكتب الطلاب بوضوح ويستوعبون الكلمات المكتوبة بسهولة.
  - سمعي: يتذكر الطلاب الكلمات المنطوقة، ويمكنهم عمل إيقاعات وألحان.
  - متفاعل: يستوعب الطلاب ويتعلمون بشكل جيد من خلال العمل مع الآخرين.
  - ذاتي: يفيد في تحليل مواطن القوة والضعف لدى الطلاب الذين يميلون إلى العمل بمفردهم.

### طرائق تدريس متنوعة

#### نشاط

طرائق تدريس متنوعة أنشطة تظهر استراتيجيات تدريس متنوعة صُممت لمساعدتك في مواجهة الاحتياجات الخاصة للطلاب الذين لديهم ضعف في الرؤية، أو السمع، أو لديهم إعاقات حركية.

### متقدم

#### نشاط

تحفيز أنشطة تمكّن الطلاب الموهوبين من تطبيق معارفهم، واستخدام تفكير أكثر تعقيداً فيها، وفي مشاريع الأبحاث بوصفها امتداداً لمفاهيم الفصول.

### مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

#### نشاط

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم توفر تلميحات لتعليم أي طالب يعاني من صعوبة في استيعاب المفاهيم الأساسية.

## دورة التعليم الفعال

- تم ترتيب عناصر نسخة المعلم بما يتناسب مع كل درس في نسخة الطالب وتنظيمها في ثلاث خطوات تشكّل دورة التعليم هي:
1. التركيز عناصر لتقديم الدرس.
  2. التدريس عناصر تزودك بمقترحات للتعليم، وتساعدك على توصيل محتوى الدرس للطلاب.
  3. التقييم عناصر تساعدك على مراقبة تطور معرفة الطلاب.
- سوف تشمل كل خطوة من دورة التعليم على بعض العناصر الموضحة أدناه أو جميعها:

### 1. التركيز

#### نشاط محفز

استقرار الشحنة ضع علبه فلزية فارغة على لوح عازل، كقطعة فلين مثلاً، ثم اشحنها. دع موصلًا معزولاً يلمس العلبه من الداخل، ثم حركه في اتجاه كشاف كهربائي ليلمس قرصه، ثم أشر إلى أن ورقتي الكشاف الكهربائي لا تنفرجان. كرر هذه الخطوة مع جعل الموصل يلمس السطح الخارجي للعلبة، ثم أشر للطلاب إلى أن ورقتي الكشاف الكهربائي ستنفرجان في هذه المرة. وأسألهم: مادلالة ذلك حول كيفية استقرار الشحنة الكهربائية وتوزيعها؟  
تتوزع الشحنات على السطح الخارجي للجسم، وليس على سطحه الداخلي. **بصري-مكاني**

#### الربط مع المعرفة السابقة

طاقة الوضع كما في البندول-2، يمكن أن يستمر الطلاب في عقد تشابهات مع قوة الجاذبية الأرضية وطاقة الوضع. إن مراجعة قانون حفظ الطاقة ستساعد الطلاب على فهم الجهد الكهربائي.

### 2. التدريس

#### المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الجهد مقابل الفولت الجهد كمية فيزيائية يعبر عنها بوحدة الفولت. لمساعدة الطلاب على فهم الجهد اقترح عليهم التفكير في الكولوم باعتباره كمية من الكهرباء، عندها يكون الفولت مقياساً لمقدار الطاقة المعبر عنها بوحدة الجول، لذا فإن فولتاً واحداً يصف جولاً واحداً من الطاقة لكل كولوم. والفولت وحدة لقياس فرق الجهد، ونستخدم عادة

### 1. التركيز

**نشاط محفز** عرض قصير أو نشاط يوضح محتوى الدرس، ويجذب انتباه الطلاب.

**الربط مع المعرفة السابقة** يربط الدرس الحالي بالفصول أو بالدروس السابقة.

### 2. التدريس

**نشاط** يعزز المفاهيم المهمة من خلال التجريب اليدوي.

**المفاهيم الشائعة غير الصحيحة** تناقش الأفكار غير الصحيحة التي تكونت لدى الطلاب حول بعض المفاهيم العلمية.

**استخدام الشكل** التركيز على الأشكال التي تتطلب مساعدة المعلم في تفسيرها، أو التي تصلح أن تكون موضوعاً للمناقشة، أو النشاط بين الطلاب.

**مثال صفي** مسائل تظهر دائماً بجانب الأمثلة في نسخة الطالب. استخدم هذه المسائل لتعزيز المفاهيم الواردة في الفصل.

**تطوير المفهوم** استراتيجيات التدريس تزيد من فهم الطالب لموضوع ما.

**التفكير الناقد** أسئلة تشجع الطلاب على تحليل المفاهيم التي يعرفونها، أو يقرؤون عنها، واستخلاص نتائج جديدة حولها.

**تعزيز الفهم** أنشطة تؤكد على المفردات والمفاهيم والعلاقات التي ترد في الفصل.

# مصادر المعلم في غرفة الصف

## عرض سريع

### قانون أوم

الزمن المقدر 10 دقائق

**المواد والأدوات** مصدر قدرة DC قابل للضبط، وجهازا قياس كهربائيان متعددا الأغراض (ملتيمتر) عدد 2، ومصباح كهربائي 12 V، وقاعدة مصباح كهربائي، ومقاومة مقدارها  $100 \Omega$  وقدرته 2 W، وأسلاك توصيل.

**الخطوات** صل الدائرة كما موضح في الشكل 3-5، مستعملاً مصدر القدرة بدلاً من بطارية. ابدأ بجهد مقداره 0 V، واطلب إلى أحد الطلاب أن يساعدك في تدوين مقادير الجهد والتيار على السبورة. ثم زد مقدار الجهد على مراحل بزيادة مقدارها 2 V في كل مرة حتى تصل إلى 12 V، واطلب إلى الطالب الذي يساعدك

## 3. التقويم

### التحقق من الفهم

أنواع الشحنات أسأل الطلاب هل يمكن أن يكتسب جسيان غير مشحونين الشحنة نفسها عند ذلكهما معاً؟ وكيف يمكنك إجراء تجربة بسيطة للتحقق من إجابتك؟ عند ذلك جسمين معاً فإنها يكتسبان دائماً نوعين مختلفين من الشحنات؛ فيكتسب أحد الجسمين شحنات سالبة، في حين يفقدها الجسم الآخر. ويمكن اختبار الشحنات على كل من الجسمين باستخدام شريط لاصق شفاف منزوع حديثاً من لفافته؛ إذ ينبغي أن ينجذب إلى أحد الجسمين ويتنافر مع الجسم الآخر. 2م

### التوسع

**الموصلات والعوازل** تحت ظروف معينة قد تتحرك الشحنات وتنتقل خلال مادة عازلة. اذكر مثلاً على تلك المادة؟ **البرق**. ما الذي يجعل بقاءك داخل سيارة في أثناء عاصفة رعدية آمناً؟ لا تكمن الحماية في أثناء العاصفة الرعدية في عجلات السيارة المطاطية

**استخدام النماذج** نشاط يقوم الطالب من خلاله بعمل أو استخدام نموذج لتوضيح مفاهيم مجردة.

**استخدام التشابه** استخدام المقارنة مع أحداث شائعة لجعل المفاهيم المجردة أكثر رسوخاً لدى الطلاب.

**المناقشة** تشتمل على سؤال يمكن أن يناقش من قبل مجموعات صغيرة أو من طلاب الصف، وتحتاج الإجابة إلى التفكير الناقد وتطبيق المفاهيم التي وردت في الفصل.

**تطبيق الفيزياء** تقدم معلومات تشكل خلفية نظرية و/ أو استراتيجية تدريس، ترتبط بالموضوع الوارد في نسخة الطالب.

**الفيزياء في الحياة** تلقي الضوء على أمثلة تطبيقية للفيزياء من الحياة الواقعية.

**مهن في الحياة** تصف المهن التي تشتمل على الفيزياء.

**من معلم لآخر** تقدم أفكاراً تعليمية صحيحة ومجربة، واستراتيجيات تدريس أو أنشطة قام بها مدرسو الفيزياء وطبقوها بنجاح في غرف الصف.

**الخلفية النظرية للمحتوى** تقدم معلومات إضافية حول مفهوم لم يرد في نسخة الطالب. ربما تكون المعلومات ذات مستوى عالٍ لتقدمها للطلاب، لكنها تساعد على توضيح لماذا يحدث شيء ما.

**مشروع فيزياء** نشاط يستمر لفترة طويلة نسبياً يقوم فيه الطالب بالبحث في موضوعات أو مفاهيم معينة.

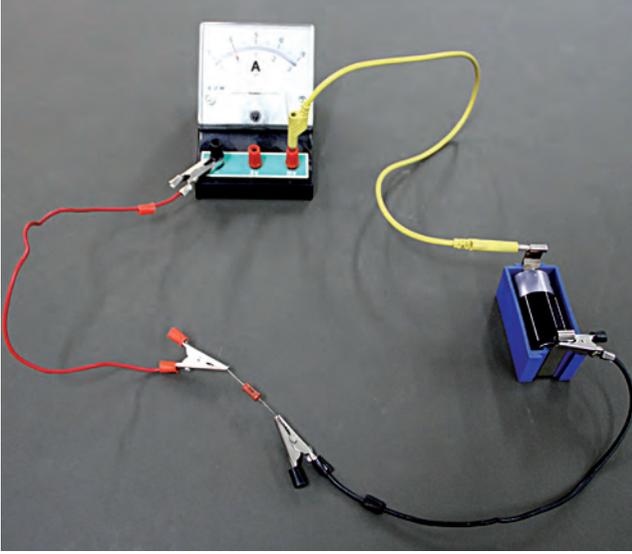
## 3. التقويم

**التحقق من الفهم** سؤال أو نشاط يمكنك القيام به لإجراء تقويم سريع لاختبار مدى تعلم الطلاب لمفهوم معين.

**إعادة التدريس** يقترح استراتيجية لعرض المادة بطريقة مختلفة لمساعدة الطلاب على استيعاب محتوى الدرس.

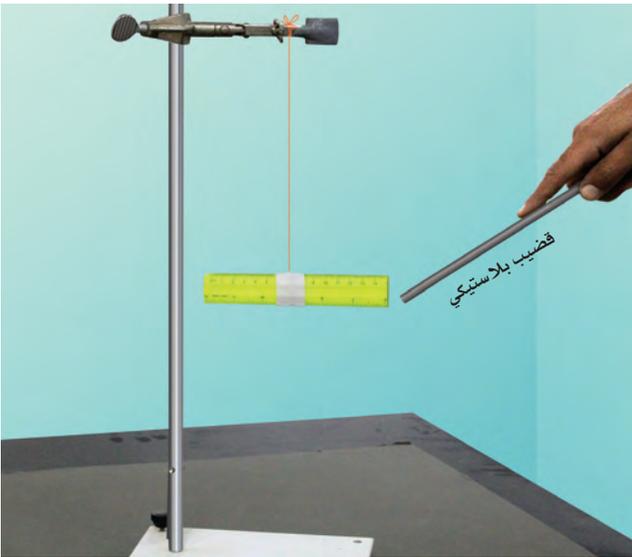
**التوسع** يقدم سؤالاً أو نشاطاً ذا مستوى متقدم تتطلب معرفته التركيز بعمق أكبر على مفهوم معين.

## إدارة الأنشطة في مختبر الفيزياء



يُعد مختبر الفيزياء مكاناً آمناً لإجراء التجارب إذا ما تم اتخاذ تدابير الحيطة والحذر. وعليك أن تتحمل مسؤولية سلامتك وسلامة طلابك، وتقدم لهم قواعد السلامة التالية لتجنب وقوع أي حادثة في المختبر:

1. يجب أن يستخدم مختبر الفيزياء للعمل الجاد.
2. لا تقم بإجراء أي من التجارب غير المصرح بها، واحصل دائماً على إذن من معلمك.
3. ادرس التجربة قبل مجيئك إلى المختبر، واسأل معلمك إذا كان لديك شك أو استفسار حول أي خطوة.
4. استخدم أدوات السلامة المقدمة لك، واعرف مكان طفاية الحريق، والبطانية المقاومة للحريق، وقواطع الكهرباء، وقائمة بمواد السلامة، وموقع غسل العيون، وصندوق الإسعافات الأولية.
5. ارتد دائماً أدوات السلامة المناسبة كالنظارات الواقية، ومعطف المختبر، وانتعل أحذية السلامة.
6. بلّغ معلمك على الفور عن أي حادث أو إصابة أو أي خطأ في الخطوات.
7. أخدم النيران باستخدام بطانية مقاومة للحريق، وإذا تعرضت الملابس للحريق فأخمدها بالبطانية أو بمعطف، أو ضعها تحت الدش، دون أن تركز على الإطلاق.
8. تعامل مع المواد السامة والقابلة للاشتعال أو المشعة بإشراف مباشر من معلمك. وإذا سكبت حامضاً أو مادة كيميائية تسبب التآكل فأزلها حالاً باستخدام الماء. ولا تتذوق أي مادة كيميائية، ولا تسحب أي مادة سامة بأنبوب زجاجي باستخدام الفم، واحفظ المواد القابلة للاشتعال بعيداً عن مصادر اللهب.
9. ضع الزجاج المكسور والمواد الصلبة في الحاويات المخصصة لها. واحتفظ بالمواد غير الذائبة في الماء خارج المغسلة.
10. استخدم الأدوات الكهربائية تحت إشراف معلمك فقط. وتأكد من أن المعلم قد تفحص الدائرة الكهربائية قبل أن تغلقها.
11. تأكد من إغلاق صنبور الماء وأسطوانة الغاز، وفصل التوصيلات الكهربائية بعد الانتهاء من التجربة، ونظّف مكان عملك، وأعد جميع المواد التي استخدمتها إلى أماكنها المناسبة.



## الإسعافات الأولية في المختبر

إذا كان مختبر الفيزياء يتطلب احتياطات سلامة خاصة به فسوف يشار إلى ذلك من خلال رموز السلامة. انظر رموز السلامة في بداية الكتاب.

اطلب إلى الطلبة تقديم تقرير بالحوادث والجروح والمواد المسكوبة جميعها أينما لزم.

وعلى الطالب أن يعرف:

- أساليب السلامة في العمل المختبري.
- كيفية تقديم تقرير بحادث، أو إصابة، أو جرح، أو مادة مسكوبة. ومتى يقدمه.
- مكان مواد الإسعافات الأولية ومستلزماتها، وإنذار الحريق، والهاتف، والمسؤول في إدارة المدرسة.

الموقف	الاستجابة الآمنة
الحروق	سكب الماء على الإصابة بشكل كثيف.
الجروح والكدمات	اتباع التعليمات والإرشادات الموجودة في صندوق الإسعافات الأولية.
الصدمة الكهربائية	تزويد المصاب بالهواء المنعش، ووضعه بشكل مائل بحيث يكون رأس المصاب منخفضاً عن باقي الجسم، وإجراء عملية التنفس الاصطناعي إذا كان ذلك ضرورياً، وتغطية المصاب ببطانية ليبقى دافئاً.
الإغماء أو الانهيار	استدعاء الإسعاف فوراً.
الحريق	إغلاق صناديق الغاز وإخماد ألسنة اللهب جميعها، ولف الشخص المحترق ببطانية الحريق، واستعمال طفاية الحريق لإخماد النار. واستدعاء رجال الإطفاء إن لزم. لا يجب استخدام الماء لإطفاء الحريق؛ لأن الماء ربما يتفاعل مع المواد المحترقة مما يتسبب في ازدياد الحريق.
وجود مادة مجهولة في العين	اغسلها بكمية كبيرة من الماء مدة 15 دقيقة على الأقل، وأرسل المصاب إلى المستشفى.
التسمم	ملاحظة العامل السام المشتبه فيه، والاتصال بمركز مراقبة السموم للحصول على مضاد التسمم (الترياق).
النزف الشديد	استخدام قفازات مطاوية خاصة، والضغط باليد أو بمادة ضاغطة مباشرة على الجرح، وطلب المساعدة الطبية في الحال.
الحروق الناتجة عن انسكاب مواد حامضية	غسل المنطقة المصابة بالحمض بكمية كبيرة من الماء، واستخدام رشاش ماء آمن، واستخدام كربونات الصوديوم، أو صودا الخبيز (بيكربونات الصوديوم $\text{NaHCO}_3$ )
الحروق الناتجة عن انسكاب مواد قاعدية	استخدام حمض البوريك $\text{H}_3\text{BO}_3$ ، وغسل المنطقة بكمية كافية من الماء.
أجسام حادة تخترق الجلد	لا تنزع الجسم المخترق، واحفظ المصاب ساكناً، وسيطر على النزف واطلب المساعدة الطبية.

# قائمة التجهيزات

هذه قوائم الأدوات التي يمكن أن تساعدك على إعداد مختبرات الفيزياء للسنة كاملة. والكميات المذكورة في الجدول أدناه لمختبر الفيزياء والتجربة والتجارب الصغيرة الإضافية، وهي الكميات القصوى اللازمة لمجموعة واحدة من الطلاب لعام كامل، والكميات الخاصة بالتجارب الاستهلاكية هي الكميات القصوى التي ستحتاج إليها لعمل كافة العروض. الأجزاء (البندود) التي يلزمك استخدامها الأداة فيها موضوعة بين قوسين في القائمة. ارجع إلى مخطط الفصل قبل الحصول على قائمة بالأجهزة والأدوات لكل نشاط مختبري في كل فصل.

## مواد غير مستهلكة

تجربة استهلاكية	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	مختبر الفيزياء	المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض
ف(3) ف(5)	ف(3) (3-1) ف(4) (4-1) ف(6) (6-2) ف(5) (5-2) ف(6) (6-2)	ف(2) ف(5)	أسلاك توصيل
ف(4) ف(5)	ف(2) (2-2) ف(3) (3-1) ف(4) (4-1) ف(6) (6-1) (6-2)	ف(3) ف(4) ف(6)	أسلاك توصيل مزودة بمشابك فم تمشاح عدد 5
	ف(3) (3-1) ف(4) (4-1) ف(6) (6-2)		أميتر
		ف(3)	أميتر (500 $\mu$ A)
		ف(4)	أميتر (O-500 mA)
		ف(1)	أنبوب فولاذي
		ف(1)	أنبوب نحاسي
		ف(1)	أنبوب PVC
	ف(2) (2-2)		ملف تسلا الحثي (ملف رومكورف)
	ف(3) (3-1)		خلية شمسية متصلة بقطبين كهربائيين
	ف(3) (3-1) ف(5) (5-2)		مكبر صوت مزود بأسلاك توصيل
ف(4)	ف(3) (3-2) ف(5) (5-2)	ف(2) ف(5)	بطارية 9 V
	ف(5) (5-2)	ف(5)	بطارية 6 V
ف(3)	ف(5) (5-2)	ف(3)	بطارية جافة 1.5 V نوع D عدد 4
	ف(2) (2-2)		لوحة بلاستيك أو بوليسترين 30 cm $\times$ 30 cm
ف(5)			بوصلة
ف(5) ف(6)	ف(6) (6-1)		جلفانومتران متماثلان

# قائمة التجهيزات

تجربة استهلاكية	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	مختبر الفيزياء	المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض
		ف(1)	حامل حلقي مع حلقة
	ف(6) (6-2)	ف(2)	ساعة إيقاف
	ف(1) (1-2)		صحن ألومنيوم أبيض له مقبض عازل (خاص بمولد فان دي جراف)
	ف(2) (2-2) ف(3) (3-1) ف(6) (6-2)	ف(2) ف(6)	فولتمتر
		ف(3)	قاعدة بطارية جافة نوع D عدد 4
		ف(1)	قضيب بلاستيكي
		ف(1)	قضيب زجاجي
		ف(1)	قضيب مطاطي
ف(5) ف(6)	ف(5) (5-1)		قضيب مغناطيسي عدد 6
		ف(1)	قطعة حرير
	ف(3) (3-1)		مقاومة $100 \Omega$ وقدرتها 2 W
	ف(3) (3-2)		مقاومة $1 M\Omega$
	ف(3) (3-2)		مكثف $1 \mu F$
		ف(2)	مكثفات $1000 \mu F$ و $500 \mu F$ و $240 \mu F$
ف(5) ف(6)	ف(5) (5-2)		ملف سلكي
	ف(2) (2-2)		مولد ذو ذراع تدوير يدوي
	ف(1) (1-2)		مولد فان دي جراف
	ف(2) (2-2)		جهاز توليد الكهرباء الساكنة بالحث (إلكتروفورس)
ف(4)			وعاء زجاجي صغير
	ف(2) (2-2)		صحن من رقائق الألومنيوم
		ف(6)	فولتمتر خاص بالتيار المتردد AC
	ف(6) (6-2)		أنبوب نحاس طوله 1m وقطره (1.25cm)

# قائمة التجهيزات

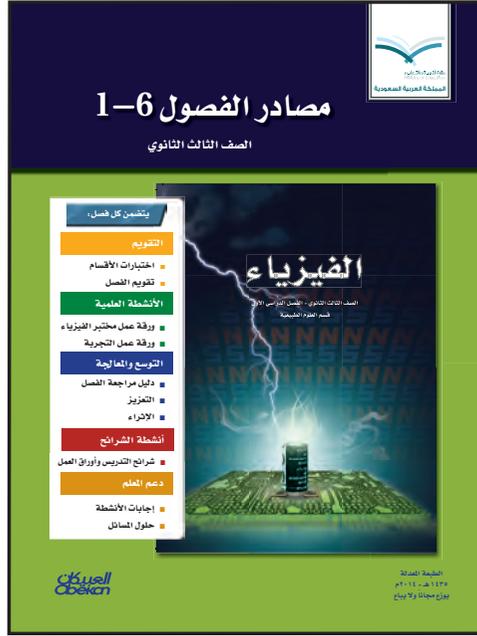
تجربة استهلاكية	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	مختبر الفيزياء	المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض
	ف(5) (5-2)		محرك كهربائي ذو مقبض يدوي
		ف(6)	مصباح كهربائي متصل بأسلاك
		ف(6)	ملفان ابتدائي وثنائي مختلفان في عدد اللفات
		ف(6)	مصدر جهد متناوب صغير AC
	ف(6) (6-2)		مغناطيسان من النيوديميوم
	ف(6) (6-2)		كرة زجاجية قطرها 9 mm

## مواد مستهلكة

تجربة استهلاكية	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	مختبر الفيزياء	المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض
		ف(1)	أكياس بلاستيكية
ف(2)	ف(1) (1-2)		بالون عدد 2
	ف(2) (2-2)	ف(1)	بلاستيك للتغليف
	ف(1) (1-2)		حبوب قمح جافة وهشة
	ف(3) (3-1)		قطع صغيرة أو أقراص من النحاس (أو الخارصين)
	ف(3) (3-1)		خلّ أو عصير ليمون
ف(2)	ف(2) (2-2)	ف(1)	خيوط
ف(4)			سلك مواعين
	ف(1) (1-2) ف(2) (2-2)		كأس بوليسترين عدد 2
ف(2)		ف(1)	شريط لاصق
	ف(2) (2-2)	ف(1)	لفافة من رقائق الألومنيوم

## قائمة التجهيزات

تجربة استهلاكية	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	مختبر الفيزياء	المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض
	ف(3) (3-1)		مناشف ورقية
		ف(1)	ورق زبدة
ف(1)			قصاصات ورق
	ف(2) (2-2)		ماصة عصير
	ف(5) (5-2)	ف(5)	مشابك ورق كبيرة
	ف(5) (5-2)		مشابك ورق صغيرة
	ف(5) (5-2)		قطع فولاذ صغيرة
		ف(1)	أقلام رصاص
		ف(1)	أقلام حبر
	ف(2) (2-2)		كرة نخاع البيلسان
	ف(2) (2-2)		كأس بلاستيكية



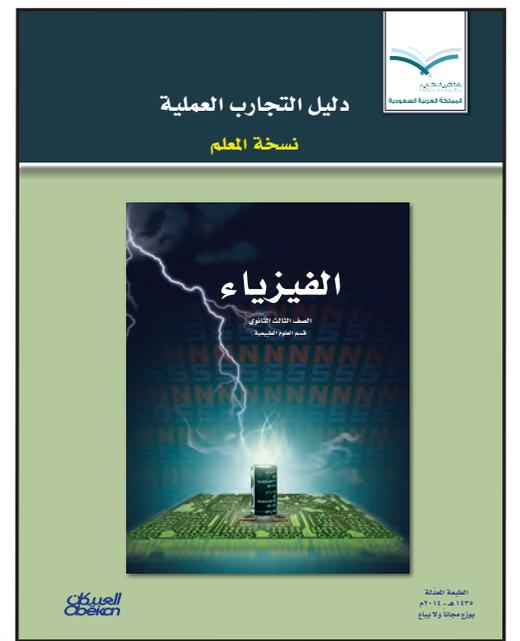
يقدم دليل المعلم للفيزياء مادة مساندة وغنية تمكّنه من إثراء المادة التعليمية أثناء شرحها.

الملف الخاص بمصادر الفصول يشتمل كل كتاب منها على ما يلي:

- ورقة عمل التجربة
- ورقة عمل مختبر الفيزياء
- دليل مراجعة الفصل
- اختبار قصير للقسم
- تعزيز الفهم
- الإثراء
- الشرائح وأوراق العمل
- تقويم الفصل متضمناً ثلاثة مستويات من الصعوبة

## دليل التجارب العملية

يشتمل دليل التجارب العملية على تجارب إضافية، حيث تُبرز نسخة المعلم قائمة المواد، ومعلومات حول احتياطات السلامة في المختبر، وثوابت وقواعد فيزيائية مفيدة، وإجابات التجارب.



# مواد إثرائية داعمة



## الحلول والمسائل

### الإجابات

يشتمل دليل حلول المسائل على الإجابات والحلول بالتفصيل لكل من المسائل التدريبية، ومسائل التحفيز، ومسائل التقييم، إضافة إلى مسائل إضافية في نهاية كل فصل من فصول الكتاب.

## اختبار مقنن تدريبي

اختبارات الفيزياء التحضيرية يشتمل على صفحتين من أسئلة الاختيار من متعدد لكل فصل من فصول الكتاب. وحلولها متضمنة في نهاية الكتاب.



## دعم الرياضيات

ربط الرياضيات مع الفيزياء يساعد الطلاب على تطبيق معلومات رياضية رئيسية، ومهارات في حل مسائل فيزيائية.



# قائمة المحتويات

## الفصل 1

- 8 ..... الكهرباء الساكنة
- 9 ..... تجربة استهلاكية  
أي القوى تؤثر عن بُعد؟
- 9 ..... 1-1 الشحنة الكهربائية
- 15 ..... 1-2 القوة الكهربائية
- 26 ..... مختبر الفيزياء  
الأجسام المشحونة

## الفصل 2

- 36 ..... المجالات الكهربائية
- 37 ..... تجربة استهلاكية  
كيف تتفاعل الأجسام المشحونة عن بُعد؟
- 37 ..... 2-1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها
- 45 ..... 2-2 تطبيقات المجالات الكهربائية
- 60 ..... مختبر الفيزياء  
شحن المكثفات

## الفصل 3

- 72 ..... الكهرباء التيارية
- 73 ..... تجربة استهلاكية  
هل يمكنك إنارة مصباح كهربائي؟
- 73 ..... 3-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية
- 85 ..... 3-2 استخدام الطاقة الكهربائية
- 92 ..... مختبر الفيزياء  
الجهد والتيار والمقاومة

### الفصل 4

102	دوائر التوالي والتوازي الكهربائية
103	تجربة استهلاكية كيف تحمي المنصهرات الكهربائية الدوائر الكهربائية؟
103	4-1 الدوائر الكهربائية البسيطة
114	4-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية
120	مختبر الفيزياء دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

### الفصل 5

132	المجالات المغناطيسية
133	تجربة استهلاكية في أي اتجاه تؤثر المجالات المغناطيسية؟
133	5-1 المغناطيس: الدائمة والمؤقتة
143	5-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية
154	مختبر الفيزياء صنع مغناطيس كهربائي

### الفصل 6

166	الحث الكهرومغناطيسي
167	تجربة استهلاكية ماذا يحدث في المجال المغناطيسي المتغير؟
167	6-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية
177	6-2 تغير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية
186	مختبر الفيزياء الحث والمحولات
199	الجداول
202	المصطلحات

المواد والأدوات	الأهداف
	<b>افتتاحية الفصل</b>
	<b>1-1 الشحنة الكهربائية</b>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>تجربة استهلاكية</b> مسطرة بلاستيكية، وقطعة صوف، و20-15 قصاصة ورق (التي تخرج من مثقب الورق).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. تثبت أن الأجسام المشحونة تؤثر بقوى تجاذب وتنافر.</li> <li>2. تثبت أن عملية الشحن هي فصل للشحنات الكهربائية وليس إنتاجها.</li> <li>3. تصف الاختلافات بين الموصلات والعوازل.</li> </ol>
	<b>1-2 القوة الكهربائية</b>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>تجربة</b> بالون، وقطعة صوف، وكشاف كهربائي.</p> <p><b>تجربة إضافية</b> مولد فان دي جراف، وصحون ألومنيوم خفيفة لها مقابض عازلة (خاصة بمولد فان دي جراف)، وحبوب قمح جافة.</p> <p><b>مختبر الفيزياء</b> مسطرة بلاستيكية 15 cm، وخيط، وحامل حلقي مع حلقة، وشريط لاصق، ومواد قابلة للشحن، مثل: قضيب مطاطي، وقضيب بلاستيكي، وقضيب زجاجي، وأنبوب PVC، وأنبوب نحاسي، وأنبوب فولاذي، وأقلام رصاص، وأقلام حبر، وقطعة صوف، وقطعة حرير، وغلاف طعام بلاستيكي، وأكياس بلاستيكية، وورق زبد، وورق ألومنيوم.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> كشاف كهربائي، وشاشة حاسوب (أو تلفاز) مَرَوَّدة بأنبوب أشعة مهبطية CRT.</p> <p><b>عرض سريع</b> كأس فلزية، وكأس بوليسترين جديدة، وكأس بوليسترين مجزأة إلى قطع صغيرة، ومولد فان دي جراف.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. تلخص العلاقات بين القوى الكهربائية والشحنات الكهربائية والبعد بينها.</li> <li>5. توضح كيفية شحن الأجسام بطريقتي التوصيل والحث.</li> <li>6. تطوّر نموذجًا يوضح كيف يمكن للأجسام المشحونة أن تجذب أجسامًا متعادلة.</li> <li>7. تطبق قانون كولوم في حل مسائل في بُعد واحد وفي بُعدين.</li> </ol>

### طرائق تدريس متنوعة

1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم. 2م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط. 3م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
<p>تتضمّن أعمال <b>المعلم</b>: نسخة المعلم التفاعليّة، تخطيط الدّرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.</p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 1.</p> <p>ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8  دليل مراجعة الفصل، ص 12  اختبار قصير 1-1، ص 18  شريحة التدريس 1-1 ص 23  شريحة التدريس 1-2 ص 25  شريحة التدريس 1-3 ص 27  ربط الرياضيات مع الفيزياء  دليل التجارب العمليّة، ص 17</p>
<p>مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني:  <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a></p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 1.</p> <p>دليل مراجعة الفصل، ص 12  اختبار قصير 1-2، ص 19  تعزيز الفهم ص 20  الإثراء، ص 21  شريحة التدريس 1-4 ص 29  ربط الرياضيات مع الفيزياء</p>

مصادر التقويم

<p>التقنية  الموقع الإلكتروني  <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a></p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 1  تقويم الفصل 1 ص 31  إختبارات الفيزياء التحضيرية</p>
---	---



#### ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- ملاحظة سلوك الشحنات الكهربائية، وتحليل طريقة تفاعلها مع المادة.
- اختبار القوى التي تؤثر بين الشحنات الكهربائية.

#### الأهمية

تتحكم الكهرباء الساكنة في عمل بعض الأجهزة، ومنها آلة الطباعة وآلة تصوير الأوراق، إلا أن لها آثاراً سلبية على بعض المكونات الإلكترونية للأجهزة، كما أن لها دوراً في تشكيل البرق والبرق مثلاً على تفريغ الكهرباء الساكنة، ومن ذلك أيضاً الشرارة الكهربائية الصغيرة التي تشعر بها عندما تلمس مقبض الباب الفلزي في يوم جاف. وتختلف عمليتا الشحن والتفريغ - في حالتي الشرارة الكهربائية الصغيرة والبرق - إلى حد كبير من حيث المقدار، إلا أنها متماثلتان في طبيعتهما الأساسية.

#### فكر

ما أسباب تراكم الشحنات على السحب الرعدية؟ وكيف يحدث تفريغها على شكل برق؟

القضايا عبر المواقع الإلكترونية  
www.obeikameducation.com

#### نظرة عامة إلى الفصل

يعرض هذا الفصل القوة الكهروستاتيكية من خلال تجارب بسيطة بمواد نستخدمها في حياتنا اليومية. ولأنه يمكن ملاحظة قوى التنافر وقوى التجاذب بين السطوح المشحونة فيمكن استنتاج وجود نوعين من الشحنات الكهربائية، شحنات سالبة وأخرى موجبة. ينص قانون كولوم على أن القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين نقطيتين تتناسب طردياً مع مقدار كل من الشحنتين، وعكسياً مع مربع المسافة التي تفصل بينهما.

#### فكر

لا تزال الآليات التي تُسبب حدوث البرق غير مفهومة تماماً حتى الآن، وتعدّ مجالاً نشطاً للبحث. ومن المعلوم أن ظاهرة البرق تؤدي دوراً حاسماً في المحافظة على الخصائص الكهربائية للأرض. وللحصول على مزيد من التفاصيل ارجع إلى صفحة 14 وإلى بند المناقشة في صفحة 17.

#### المفردات الرئيسية

- الكهرباء الساكنة (الكهروستاتيكية)
- الجسم المتعادل
- المادة العازلة
- المادة الموصلة
- الكشاف الكهربائي
- الشحن بالتوصيل
- الشحن بالحث
- التأريض
- قانون كولوم
- الكولوم
- الشحنة الأساسية

### تجربة استهلاكية

- لا تناقش نتائج النشاط حتى يأخذ الطلاب وقتاً كافياً لوضع الفرضيات الخاصة بهم.
- **النتائج المتوقعة** في بادئ الأمر ستقفز بعض قصاصات الورق إلى أعلى وتلتصق بالمسطرة؛ حيث تكتسب بعض هذه القصاصات شحنة مشابهة لشحنة المسطرة، ثم تتطاير مبتعدة عن المسطرة. ولا ينطبق هذا السلوك على القصاصات جميعها؛ فبعضها تلتصق ثم تسقط بيسر.
- **الهدف** تقديم قوى التجاذب وقوى التنافر بين الشحنات الساكنة.
- **المواد والأدوات** مسطرة بلاستيكية، وقطعة صوف، و20-15 قصاصة ورق (التي تخرج من مثقب الورق).
- **استراتيجيات التدريس تحذير؛ على الطلبة ارتداء النظارات الواقية للعين، ويتم التأكيد على عدم لمس الصوف من قبل الطلاب الذين لديهم حساسية تجاهه.**
- حتى يتم تنفيذ التجربة بنجاح على الطلاب شحن مساطرهم بشكل جيد.

## 1-1 الشحنة الكهربائية

### 1. التركيز

#### نشاط محفز

**الشريط المعلق والمتحرك كحركة ذيل السنجاب** قبل أن تبدأ التجربة لاحظ أن أغلب عروض الشحنات الكهربائية الساكنة تعمل بصورة أفضل كلما كان جو الغرفة أكثر جفافاً. حصل على لفافة شريط شفاف عريض، واقطع منها شريطاً طوله 25 cm، ألصق أحد طرفي الشريط بإصبعك، ثم دع الشريط يتدلل، بحيث يستطيع جميع الطلاب رؤية حركته. اسأل الطلاب عما يحدث عندما يقترب الشريط كثيراً من سطح ما. سينحني الشريط نحو السطح غير المشحون. وهذا يحدث لأنه اكتسب شحنة في أثناء فصله عن اللفافة، ويحث على تكوّن شحنة مخالفة عندما يقترب كثيراً من السطح غير المشحون. **14 بصري-مكاني**

#### الربط مع المعرفة السابقة

**القوة** يعدّ تسارع الشريط دليلاً على وجود قوة. وقد تعرف الطلاب سابقاً تأثير القوة المحصلة في حركة جسم ما. ويشير تسارع الجسم المشحون إلى أن الكهرباء الساكنة قادرة على توليد قوة محصلة.

### تجربة استهلالية

#### أي القوى تؤثر عن بُعد؟

**سؤال التجربة** ماذا يحدث عند ذلك مسطرة بلاستيكية بقطعة صوف ثم تقريبها إلى قصاصات ورقية؟

#### الخطوات

1. ضع 15-20 قصاصة ورق (مما ينتج عن استعمال الخراطة) على الطاولة.
2. خذ مسطرة بلاستيكية، وادلكها بقطعة صوف.
3. قرب المسطرة إلى القصاصات، ولاحظ تأثيرها فيها.

#### التحليل

ماذا حدث لقصاصات الورق عندما قربت المسطرة البلاستيكية إليها؟ وماذا حدث للقصاصات التي التصقت بالمسطرة؟ هل لاحظت نتائج غير متوقعة عندما قربت المسطرة إلى قصاصات الورق؟ إذا كان هناك نتائج غير متوقعة فصفها.

**التفكير الناقد** ما القوى المؤثرة في قصاصات الورق قبل تقريب المسطرة إليها؟ وماذا يمكنك أن تستنتج عن القوى المؤثرة في هذه القصاصات بعد تقريب المسطرة البلاستيكية إليها؟

ضع فرضيات توضّح التأثير الذي أحدثته المسطرة في القصاصات الورقية، مستعيناً بإجاباتك عن السؤالين السابقين.



### 1-1 الشحنة الكهربائية Electric Charge

#### الأهداف

- توضّح أن الأجسام المشحونة تؤثر بقوى تجاذب وتنافر.
- تثبت أن عملية الشحن هي فصل للشحنات الكهربائية، وليس إنتاجها.
- تصف الاختلافات بين الموصلات والعوازل.

#### المفردات

- الكهرباء الساكنة (الكهروسكونية)
- الجسم المتعادل
- مادة عازلة
- مادة موصلة

لعلك مشيت يوماً على سجادة، وقد احتكّ حذاؤك بنسيجها، مما وّد شرارة كهربائية ظهرت عندما لمست شخصاً آخر. هل هناك تشابه بين هذه الشرارة والبرق؟ لاختبار ذلك، أجرى بنيامين فرانكلين عام 1752م تجربة على طائرة ورقية؛ حيث طير الطائرة، وربط مفتاحاً في نهاية الحيط المتصل بها. وعندما اقتربت عاصفة رعدية من الطائرة لاحظ أن ألياف الحيط الرخوة قد انصبت وتنافر بعضها عن بعض. وعندما قرب فرانكلين إصبعه من المفتاح لاحظ حدوث شرارة كهربائية. وكانت هذه تجربة رائعة ولكنها مجازفة خطيرة، ومن حسن حظّه أنه نجا، فقد حاول أحد العلماء إعادة التجربة نفسها إلا أنه مات مصعوقاً. وقد انطلقت بعد ذلك سلسلة من البحوث في مجال الكهرباء، بعدما أظهرت تجربة فرانكلين أن البرق يشبه الشرر الناتج عن الاحتكاك، وتسمى التأثيرات الكهربائية التي تتولّد بهذه الطريقة الكهرباء الساكنة.

وفي هذا الفصل سنتستقصي الكهرباء الساكنة (الكهروسكونية)؛ وهي دراسة الشحنات الكهربائية التي تتجمع وتُحتجز في مكان ما. ويمكن ملاحظة آثار الكهرباء الساكنة على نطاق واسع؛ بدءاً بالبرق، ووصولاً إلى المستوى المجهرى للذرات والجزيئات. أما الكهرباء التيارية (المتحركة) المتولدة عن البطاريات والمولدات فستدرسها في الفصول اللاحقة.

**التحليل** عندما تصبح المسطرة المشحونة قريبة جداً من قصاصات الورق فإنها تجذبها، ثم تتنافر القصاصات التي التصقت بالمسطرة بعد ذلك. قد لا يتوقع بعض الطلاب انجذاب قصاصات الورق إلى المسطرة إلا بتقريب المسطرة وملاستها للقصاصات.

**التفكير الناقد** في البداية تتأثر قصاصات الورق بقوتين فقط، هما: قوة الجاذبية الأرضية إلى أسفل، والقوة العمودية المتمثلة في قوة دفع سطح الطاولة للقصاصات إلى أعلى. ولأن هاتين القوتين في حالة اتزان

فإن القصاصات لا تتحرك. وعند تقريب المسطرة المشحونة من القصاصات فإنها تؤثر فيها بقوة كهربائية تجعل القوى المؤثرة في القصاصات غير متزنة. ولأن الشحنات المختلفة تتجاذب فإن القصاصات تتحرك نحو المسطرة. وعندما تلامس قصاصة ورق المسطرة المشحونة تنتقل بعض الشحنات من المسطرة إلى هذه القصاصات، وعندها يُصبح لهما الشحنة نفسها، لذا تتنافر هذه القصاصات مع المسطرة البلاستيكية المشحونة وتبتعد عنها.

## 2. التدريس

### تطوير المفهوم

**المقارنة بقوة الجاذبية** ساعد الطلاب على تتبع مزيد من القوى الأساسية في الطبيعة، التي تؤثر عن بُعد، من دون الحاجة إلى حدوث تلامس أو اتصال. سيكون الطلاب الآن على دراية باثنتين من هذه القوى، هما: القوة الكهربائية، وقوة الجاذبية الأرضية. وهناك اختلافات مهمة بينهما؛ فالقوة الكهربائية المتبادلة بين جسمين مشحونين يمكن أن تكون أكبر كثيرًا من قوة التجاذب الكتلتي بينهما. وفي الواقع إن الأجسام الكبيرة جدًا فقط - ومنها الشمس والقمر والأرض - هي التي تكون قادرة على توليد قوة تجاذب كتلي واضحة بينها. وتكون قوة التجاذب الكتلتي بين الأجسام الصغيرة ذات الحجم العادية صغيرة جدًا، ولا يمكن تحديدها إلا من خلال أجهزة حساسة جدًا. ويمكن أن تكون القوة الكهربائية قوة تجاذب أو قوة تنافر. أما قوة التجاذب الكتلتي فتبدو للمراقب العادي دائمًا قوة تجاذب.

### المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**كيف تحدث عملية الشحن** إن فكرة وجوب حدوث احتكاك بين جسمين لكي يكتسب كل منهما شحنة كهربائية ساكنة غير صحيحة. أما ما يلزم فهو تلامس نوعين مختلفين من العوازل الكهربائية معًا ثم انفصالهما بعد ذلك. بعض المواد المستخدمة في هذا الفصل لا تحتاج إلى ذلك لكي تصبح مشحونة. فعلى سبيل المثال تنفصل شحنات عن الوجه اللاصق لشريط شفاف عند نزعها عن الوجه غير اللاصق للفاقة الشريط نفسه. وتبقى تفاصيل كيفية شحن الأجسام مجالاً للاستقصاء النشط والدراسة؛ حيث ما زالت معظم الإجابات غير معروفة حتى الآن.

### الأجسام المشحونة Charged Objects

هل لاحظت انجذاب شعرك نحو المشط عند تمشيطه في يوم جاف؟ لعلك لاحظت أيضًا التصاق الجوارب أحيانًا بعضها ببعض عند إخراجها من مجففة الملابس. ولعلك لاحظت كذلك انجذاب قصاصات الورق إلى المسطرة البلاستيكية الموضحة في التجربة الاستهلالية وفي الشكل 1-1. من المؤكد وجود قوة جديدة كبيرة نسبيًا سببت تسارع القصاصات إلى أعلى بمقدار أكبر من تسارعها إلى أسفل الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية.

وهناك اختلافات أخرى بين هذه القوة الجديدة وقوة الجاذبية الأرضية؛ فقصاصات الورق لا تنجذب إلى المسطرة إلا بعد ذلك المسطرة، كما أن المسطرة تفقد خاصية الجذب هذه بعد فترة قصيرة. أما قوة الجاذبية الأرضية فلا تحتاج إلى ذلك حتى تتولد، كما أنها لا تفقد خاصية الجذب. لقد لاحظ قدماء الإغريق آثارًا مماثلة للمسطرة المدلوكة عندما دلخوا العنبر (الكهرمان). (والكلمة اليونانية التي تكافئ عنبر هي "إلكترون")، وتُسمى خاصية الجذب هذه الآن الكهرباء. وتسمى الأجسام التي تبدي تفاعلًا كهربائيًا بعد ذلك الأجسام المشحونة.

**الشحنات المتماثلة** يمكنك استكشاف التفاعلات الكهربائية باستخدام أجسام بسيطة، مثل شريط لاصق. اطو 5 cm تقريبًا من الشريط حتى يتخذ ذلك الجزء مقيصًا، ثم ثبت الجزء المتبقي من الشريط 8-12 cm على سطح جاف وأمسك كسطح الطاولة. بالطريقة نفسها، ثبت شريطًا آخر مماثلًا للشريط الأول بالقرب منه، ثم اسحب الشريطين بسرعة عن سطح الطاولة، وقرب أحدهما إلى الآخر. ستلاحظ أن هناك خاصية جديدة تجعلها يتنافران؛ فلقد أصبحا مشحونين كهربائيًا. ولأنها أعدًا بالطريقة نفسها، فيجب أن يكون لهما النوع نفسه من الشحنات. وهكذا توصل إلى أن الجسمين اللذين لهما النوع نفسه من الشحنة يتنافران.



**الشكل 1-1** يوكد ذلك مسطرة بلاستيكية بقطعة صوف قوة تجاذب جديدة بين المسطرة وقصاصات الورق. وعند تقرب المسطرة أكثر إلى قصاصات الورق تعمل قوة الجذب الكهربائية على تسارع هذه القصاصات رأسًا إلى أعلى في اتجاه معاكس لتسارع قوة الجاذبية الأرضية.

### 1-1 إدارة المصادر

اختبار قصير 1-1، ص 18	<b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 6-1
شريحة التدريس 1-1 ص 23	تقويم الفصل 1، ص 31
شريحة التدريس 2-1 ص 25	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8
شريحة التدريس 3-1 ص 27	ربط الرياضيات مع الفيزياء



يمكنك معرفة المزيد عن هذه الشحنة بإجراء تجارب بسيطة. فلعلك لاحظت أن الشريط ينجذب إلى يدك، هل ينجذب كلا الجانبين أم أحدهما فقط؟ وإذا انتظرت فترة من الزمن، وخصوصاً في الطقس الرطب، فستلاحظ اختفاء الشحنة الكهربائية. ويمكنك إعادة شحن الشريط مرة أخرى بالصق بالطاولة وسحبه عنها. كما يمكنك إزالة الشحنة المتأصلة الشريط بذلك جانبيه بأصابعك بلطف.

**الشحنات المختلفة** ألصق الآن شريطاً على سطح الطاولة، ثم ضع الشريط الثاني فوق الأول. وكما هو موضح في الشكل 1-2a، استخدم مقبض الطرف السفلي لكلا الشريطين لسحبها معاً عن سطح الطاولة، ثم ادلكها بأصابعك حتى تختفي قوة التجاذب بينهما وبين يدك. لقد أزلت كل الشحنات الكهربائية عنها. أمسك مقبض كل شريط بيدك، وبسرعة اسحب الشريطين أحدهما بعيداً عن الآخر، ستجد أنهما قد شُجنا، وانجذبا ثانية إلى يدك، فهل سيتنافران؟ لا، سيتجاذبان الآن؛ لأن لهما شحنتين مختلفتين، إلا أنهما لن يبقيا مشحونين فترة طويلة؛ لأنهما سيلتصقان معاً.

هل الشريط هو الجسم الوحيد الذي يمكنك شحنه؟ للإجابة عن هذا السؤال ألصق مرة أخرى شريطاً لاصقاً على سطح الطاولة، وضع شريطاً آخر فوقه. علم الشريط السفلي بالرمز B، والشريط العلوي بالرمز T، ثم اسحب الشريطين معاً. فَرَّغها من الشحنات، ثم اسحب أحدهما بعيداً عن الآخر، وألصق طرف مقبض كل منهما في طرف طاولة أو أسفل غطاء مصباح أو أي جسم مماثل. ينبغي أن يعلقا بحيث يتدليان إلى أسفل، على أن تكون بينهما مسافة قصيرة. أخيراً ادلك مشطاً بلاستيكيًا أو قلم حبر بقطعة صوف، وقربه إلى أحد الشريطين، ثم قربه إلى الشريط الآخر. ستلاحظ أن أحد الشريطين ينجذب إلى المشط، بينما يتنافر الآخر معه، كما هو موضح في الشكل 1-2b. يمكنك الآن استكشاف تفاعلات الأجسام المشحونة مع الأشرطة اللاصقة.

حاول شحن أجسام أخرى، مثل كؤوس زجاجية، وأكياس بلاستيكية. ادلكها بمواد مختلفة مثل الحرير والصوف. وإذا كان الجو جافاً فحكك حذاءك بالسجاد وأنت تمشي، وقرب إصبعك إلى قطعتي الشريط اللاصق. ولاختبار الحرير أو الصوف ضع يدك في كيس بلاستيكي، وادلك الكيس بقطعة الصوف أو الحرير، ثم أخرج يدك من الكيس، وقربه هو والقطعة التي دلكتها إلى الشريطين اللاصقين.

ستجذب معظم الأجسام المشحونة أحد الشريطين، وتتنافر مع الآخر، ولن تجد أبداً جسماً يتنافر مع كلا الشريطين، إلا أنه يمكن أن تجد بعض الأجسام تجذب الشريطين؛ فمثلاً ستجد أن إصبعك يجذب كلا الشريطين، وستكتشف هذا التأثير لاحقاً في هذا الفصل.

## مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 1-1

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

## الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

**الشحنة الأساسية** كان رذرفورد أول من اقترح مفهوم التركيب الذري الذي نستخدمه اليوم، والذي ينص على أن الذرات لها تركيب مركزي صغير جداً (النواة) ذو شحنة موجبة، تدور حوله إلكترونات سالبة الشحنة في مدارات محددة. أما روبرت ميليكان الذي عاصر رذرفورد فقد أجرى تجربة ذكية على قطرات زيت وأثبت أن الشحنة تكون على شكل مضاعفات صحيحة لشحنة ما (الشحنة الأساسية) ولا تتجزأ؛ أي أن الشحنة مكبّاة. ومن التعريف يحمل الإلكترون شحنة  $-1$ ، بينما يحمل البروتون شحنة  $+1$ . وستجد في نهاية هذا الفصل أن مقدار الشحنة الأساسية بوحدة الكولوم C (الكولوم هو وحدة قياس الشحنة في نظام SI) يساوي  $1.60 \times 10^{-19}$  C، ولقد كان ميليكان أول من وجد هذه القيمة عملياً، ويتضمن الفصل الثاني مناقشة موسعة لتجربة ميليكان.

## تعزير الفهم

**جدول الخلاصة** اطلب إلى الطلاب إعداد جدول يلخص ملاحظاتهم حول الشريطين اللاصقين المشحونين. يجب أن يتضمن الجدول سلوك الشريط السفلي B والشريط العلوي T في كل الاختبارات التي أجريت، كما يجب أن يتضمن اتفاقاً حول نوعي الشحنات: الموجبة والسالبة. توضع علامة  $\sqrt{\quad}$  في العمود تحت أي من B أو T لأي جسم قد اختبر معتمداً على أي المواد قد تنافرت معها. يصبح المشط البلاستيكي سالب الشحنة عندما يُدلك. استخدم هذا المثال لتأسيس ووضع اتفاقية حول الإشارتين  $+/-$ . **2م لغوي**

## التفكير الناقد

**القوى المؤثرة في البروتونات** البروتونات جسيمات موجبة الشحنة موجودة في نواة ذرة العنصر، وهي تُعادل كهربائياً الإلكترونات ذات الشحنة السالبة التي تدور حول النواة، بحيث تبقى الذرة متعادلة كهربائياً. ولكن البروتونات توجد معاً داخل النواة، وقد رأينا أن الشحنات المتشابهة يتنافر بعضها مع بعض. اسأل الطلاب عن القوى الداخلية المحصلة التي تربط البروتونات معاً داخل نواة وتمنعها من الانفلات إلى خارج هذه النواة. **يجب أن** توجد داخل النواة قوة جذب (الربط النووي) قوية بما يكفي للتغلب على قوة التنافر بين البروتونات. وتؤثر قوة الجذب هذه فقط عندما تكون المسافات بين الجسيمات صغيرة جداً وتسمى قوة التجاذب هذه داخل النواة القوة النووية القوية. **2م**

**أنواع الشحنات** يمكنك من خلال تجاربك إعداد قائمة بالأجسام المألوفة بـ B، التي لها نفس شحنة الشريط الملصق على سطح الطاولة. كما يمكنك إعداد قائمة أخرى للأجسام المألوفة بـ T التي لها شحنة معاكسة لشحنة الشريط العلوي. ستلاحظ أن هناك قائمتين فقط؛ لأنه لا يوجد إلا نوعان من الشحنات، أطلق عليهما بنيامين فرانكلين الشحنة الموجبة والشحنة السالبة. ووفق تسمية فرانكلين فإن المطاط والبلاستيك يشحنان بشحنات سالبة عند دلكهما، أما الزجاج والصفوف فيشحنان بشحنات موجبة.

وكما لاحظت أن الشريطين غير المشحونين أصبحا مشحونين بشحنتين مختلفتين بعد سحب أحدهما بعيداً عن الآخر، لذا يمكنك توضيح أنه عند ذلك البلاستيك بالصفوف يصبح البلاستيك سالب الشحنة والصفوف موجب الشحنة. ولا يتكوّن نوعاً الشحنات بشكل منفصل، وإنما يتكوّنان على شكل أزواج. وتشير كل هذه التجارب إلى أن المادة بطبيعتها تحتوي على نوعين من الشحنة: موجبة وسالبة. وبطريقة معينة يمكن فصل نوعي الشحنة. ولاستكشاف ذلك أكثر يتعين عليك تعرّف الصورة المجهرية للمادة.

### النظرة المجهرية للشحنة A Microscopic View of Charge

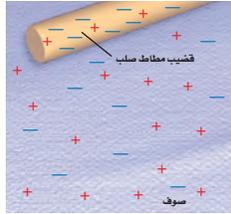
توجد الشحنات الكهربائية في الذرات. وقد اكتشف ج. ج. تومسون عام 1897م أن المواد جميعها تحتوي على جسيمات صغيرة جداً سالبة الشحنة تسمى الإلكترونات. وبين عامي 1909 و 1911م اكتشف أرنست رادرفورد - تلميذ تومسون من نيوزلندا - أن هناك جسماً مركزياً ذا شحنة موجبة تتركز فيه كتلة الذرة (النواة). وتكون الذرة متعادلة عندما تكون الشحنة الموجبة في النواة مساوية للشحنة السالبة للإلكترونات التي تدور حول النواة.

يمكن إزالة إلكترونات المدارات الخارجية للذرات المتعادلة بإضافة طاقة إليها، وعندما تصبح هذه الذرات التي تفقد إلكترونات موجبة الشحنة. وأي مادة تتكوّن من هذه الذرات الفاقدة للإلكترونات تكون موجبة الشحنة. ويمكن أن تبقى الإلكترونات المفقودة حرة غير مرتبطة، أو ترتبط مع ذرات أخرى مُنتجة جسيمات سالبة الشحنة. واكتساب الشحنة - من وجهة النظر المجهرية - ما هي إلا عملية انتقال للإلكترونات.

**فصل الشحنة** إذا ذلك جسيماً متعادلاً معاً فقد يصبح كل منها مشحوناً. ففي حالة ذلك المطاط بالصفوف - كما هو موضح في الشكل 3-1 - تنتقل الإلكترونات من ذرات الصفوف إلى ذرات المطاط. وتعمل الإلكترونات الإضافية التي اكتسبها المطاط على جعل شحنته الكلية سالبة، في حين تجعل الإلكترونات التي فقدها الصفوف شحنته الكلية



**الشكل 3-1** عند استعمال قطعة صوف لشحن قضيب مطاط تنتقل الإلكترونات من ذرات الصوف إلى ذرات المطاط. وبهذه الطريقة يُشحن الجسيان.



## استخدام التشابه

**فصل السطوح المطلية** اطلب إلى الطلاب تخيل قطعتين من الكرتون المقوى، إحداها عليها طبقة رقيقة من طلاء رطب، والأخرى من دون طلاء. افترض الآن أن السطح المطلي لامس السطح غير المطلي، ثم فصل السطحان، اسأل ماذا يحدث؟ **سيلتصق بعض الطلاء بالسطح غير المطلي، في حين يفقد السطح المطلي بعض الطلاء.** إذا اعتُبرت الأوضاع الابتدائية أنها تُمثّل حالة الاتزان لكلا السطحين فإن الأوضاع النهائية تكون قد تركت كلا السطحين في حالة عدم اتزان. وهذا شبيه بطريقة انتقال الإلكترونات الذي يُحدث حالة من عدم الاتزان للشحنات من خلال ملامسة وفصل سطحين معزولين مختلفين. **2م**

## استخدام الشكل 1-4

وصح أن التوزيع المنتظم للشحنات الكهربائية على سطح موصل سيضطرب ويختل عندما يُقرب إليه جسم آخر مشحون، وستنفصل الشحنات السالبة والموجبة على سطح الموصل عند تقريب المؤثر الخارجي المشحون إليه؛ ذلك لأن الإلكترونات تتحرك بسهولة كبيرة في الموصلات. أما على سطح عازل فإنه على الرغم من أن حرية حركة الشحنات تكون أقل كثيرًا إلا أنه يمكن أن تصبح الجزيئات القريبة من السطح مستقطبة. **2م**

## تطبيق الفيزياء

هناك أمثلة أخرى كثيرة على مواد تعمل موصلات أو عوازل كهربائية، وذلك وفق الظروف التي توجد فيها. فالهواء مثلاً رديء التوصيل في ظروف معينة، ويتحول في ظروف أخرى إلى موصل كهربائي جيد إذا تم تأيينه بمجال كهربائي قوي جداً، ليتحول بعد ذلك إلى حالة البلازما؛ التي تمثل الحالة الغازية المؤينة، حيث يكون لديها القدرة على التوصيل الكهربائي بسهولة كما تعلمت ذلك سابقاً. ومثال آخر، يؤدي إضافة المزيد من الملح إلى الماء وإذابته فيه إلى زيادة الموصلية الكهربائية للمحلول الناتج، رغم أن كلا منهما وحده ليس موصلاً جيداً للكهرباء. **▶**

## نشاط



**الموصلات والعوازل** أحضر قطعاً كهربائية صغيرة ومختلفة، مثل كيبل (سلك)، ومقبساً متعدد المخارج، ووصلات حاسوب، ولوح دائرة كهربائية مزودة بقطع سيراميك حتى يشاهدها الطلاب. اطلب إلى الطلاب تحديد أي أجزاء هذه القطع موصلة، وأيها عازلة. ثم اطلب إليهم التفكير في تطبيقات أخرى، مثل مقلاة فلزية ذات مقبض بلاستيك. **2م بصري - مكاني**

موجة. أما المجموع الكلي للشحنة على الجسمين فيبقى هو نفسه؛ أي أن الشحنة محفوظة؛ وهذا يعني أن الشحنات المفردة لا يمكن أن تفتى أو تستحدث، وكل ما يحدث هو أن الشحنات الموجبة والشحنات السالبة تنفصلان من خلال عملية انتقال الإلكترونات. العمليات المعقدة التي تؤثر في إطارات سيارة أو شاحنة متحركة يمكن أن تؤدي إلى أن تصبح الإطارات مشحونة. كما أن العمليات التي تحدث داخل السحب الرعدية تجعل أسفل السحابة سالبة الشحنة، وأعلىها موجب الشحنة. وفي كلتا الحالتين السابقتين لا تُستحدث الشحنة، بل تنفصل.

## الموصلات والعوازل Conductors and Insulators

أمسك قضيباً بلاستيكيًا أو مشطاً من منتصفه وادلك أحد طرفيه، ستجد أن الطرف المدلوك فقط أصبح مشحوناً؛ أي أن الشحنات التي انتقلت إلى البلاستيك بقيت في المكان الذي وضعت فيه ولم تتحرك. وتسمى المادة التي لا تنتقل خلالها الشحنة بسهولة مادة عازلة. فالزجاج والخشب الجاف ومعظم المواد البلاستيكية والملابس والجو الجاف جميعها عوازل جيدة.

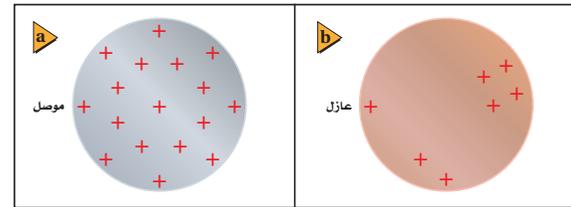
افترض أنك وضعت قضيباً فلزيًا فوق قضيب بلاستيكي معزول. فإذا لمست بعد ذلك أحد طرفي القضيب الفلزي بمشط مشحون فستجد أن الشحنة تنتشر بسرعة داخل القضيب الفلزي. وتسمى المادة التي تسمح بانتقال الشحنات خلالها بسهولة مادة موصلة. وتعمل الإلكترونات على نقل الشحنة الكهربائية أو توصيلها خلال الفلز. لذا تعد الفلزات موصلات جيدة؛ لأنه يوجد في كل ذرة إلكترون واحد على الأقل يمكن أن ينفصل عنها بسهولة. وتؤثر هذه الإلكترونات وكأنها تابعة لذرات الفلز جميعها وليس لذرة معينة؛ أي تتحرك هذه الإلكترونات بحرية خلال قطعة الفلز. والشكل 1-4 يقارن بين سلوك الشحنات عندما توضع على موصل، وسلوكها عندما توضع على عازل. فالنحاس والألومنيوم موصلان ممتازان؛ لذا فهما يستخدمان لنقل الكهرباء. وتعد البلازما - وهي غاز متأين بدرجة كبيرة - والجرافيت موصلين جيدين للشحنة الكهربائية.

## تطبيق الفيزياء

### موصل أم عازل؟

من المفيد تصنيف عنصر على أنه موصل فقط أو عازل فقط، إلا أن التصنيف قد يختلف اعتماداً على الشكل الذي يتخذه العنصر. فالكربون مثلاً يكون عازلاً في حالة الألماس، أما في الجرافيت فيوصل الشحنة؛ لأن ذرات الكربون في الألماس ترتبط بقوة مع أربع ذرات كربون أخرى، أما في حالة الجرافيت فتتكون ذرات الكربون ثلاث روابط قوية، ورابطة رابعة ضعيفة تسمح للإلكترونات بحركة محدودة. لذا يكون الجرافيت أكثر موصلية من الألماس، رغم أن كليهما يتركب من ذرات الكربون. **▶**

**الشكل 1-4** توزيع الشحنات التي توضع على موصل على كامل سطحه الخارجي (a)، بينما تبقى الشحنات على العازل في المكان الذي توضع فيه (b).



## طرائق تدريس متنوعة

## نشاط

**تحفيز فيزيائي** اطلب إلى الطلاب صنع فاحص الشحنة Charge Tester باستخدام بالونين منفوخين. بربط كل بالون بأحد طرفي خيط طوله 20-25 cm، وتثبيت الطرف الآخر الحر لكل خيط بعضاً أو قضيب، وجعل البالونين أحدهما بجانب الآخر على ألا يتلامسا. ثم شحن البالونين بدلكهما بقطعة تغليف بلاستيكية، وملاحظة تناثر البالونين أحدهما عن الآخر. ثم ملامسة كل بالون بجميع أجزائه لتفريغ شحناته. بعد ذلك يدلك الطالب أحد البالونين بقطعة تغليف بلاستيكية، ويدلك البالون الآخر بقطعة صوف، ويلاحظ تجاذب البالونين. **1م**

### 3. التقويم

#### التحقق من الفهم

**أنواع الشحنات** أسأل الطلاب هل يمكن أن يكتسب جسمان غير مشحونين الشحنة نفسها عند دلكهما معاً؟ وكيف يمكنك إجراء تجربة بسيطة للتحقق من إجابتك؟ **عند ذلك جسمين معاً** فإنها يكتسبان دائماً نوعين مختلفين من الشحنات؛ فيكتسب أحد الجسمين شحنات سالبة، في حين يفقدها الجسم الآخر. ويمكن اختبار الشحنات على كل من الجسمين باستخدام شريط لاصق شفاف منزوع حديثاً من لفافته؛ إذ ينبغي أن ينجذب إلى أحد الجسمين ويتنافر مع الجسم الآخر. **2م**

#### التوسع

**الموصلات والعوازل** تحت ظروف معينة قد تتحرك الشحنات وتنتقل خلال مادة عازلة. اذكر مثالاً على تلك المادة؟ **البرق**. ما الذي يجعل بقاءك داخل سيارة في أثناء عاصفة رعدية آمناً؟ لا تكمن الحماية في أثناء العاصفة الرعدية في عجلات السيارة المطاطية (العازلة)، ولكنها تكمن في حقيقة أن الشحنات المضافة إلى موصل تتوزع بسرعة على سطح ذلك الموصل؛ لذا لا تنتقل الشحنات إلى داخل جسم السيارة وإنما تستقر على سطحها الخارجي. **2م**

**عندما يصبح الهواء موصلًا** يعدّ الهواء عازلاً، إلا أنه تحت ظروف معينة تتحرك الشحنات خلاله كما لو كان موصلًا. فالشرارة الكهربائية التي تحدث بين إصبعك ومقبض الباب الفلزي بعد ذلك قديمك بالسجاد تُفَرِّغ الشحنات من جسمك؛ فيصبح متعادلاً؛ لأن الشحنات الزائدة الموجودة عليه قد انفصلت عنه. وبالمثل يَفْرُغ البرق شحنات السحب الرعدية. وفي كلتا الحالتين يصبح الهواء موصلًا للحظات فقط. ولكنك تعرف أنه يجب أن يحتوي الموصل على شحنات حرة الحركة، فمن أين تأتي هذه الشحنات في حالة الهواء العازل؟ لكي تحدث الشرارة أو البرق يجب أن تتكوّن جسيمات مشحونة حرة الحركة في الهواء المتعادل، وفي حالة البرق تكون الشحنات الزائدة في الغيمة وعلى الأرض كبيرة بشكل كافٍ لفصل الإلكترونات من جزيئات الهواء. وتتكوّن نتيجة ذلك البلازما؛ التي تتكوّن من الإلكترونات والذرات الموجبة الشحنة والذرات السالبة الشحنة، والتي تعدّ موصلًا. ويولّد تفريغ الشحنات الذي يحدث بين الأرض والسحب الرعدية - من خلال هذه الموصلات - شرراً لامعاً يسمى البرق. أما في حالة إصبعك ومقبض الباب الفلزي فيسمى تفريغ الشحنات شرارة كهربائية.

#### 1-1 مراجعة

1. **الأجسام المشحونة** بعد ذلك مشط بستره مصنوعة من الصوف يمكنه جذب قصاصات ورق صغيرة. لماذا يفقد المشط هذه القدرة بعد عدة دقائق؟
2. **أنواع الشحنات** من خلال التجارب التي مرت في هذا الجزء، كيف يمكنك أن تعرف أيّ الشريطين B أو T موجب الشحنة؟
3. **أنواع الشحنات** كرة البيلسان كرة صغيرة مصنوعة من مادة خفيفة، مثل البوليسترين، وتكون عادة مطليّة بطبقة من الجرافيت أو الألومنيوم. كيف يمكنك أن تحدّد ما إذا كانت كرة البيلسان المعلقة بخيط عازل متعادلة كهربائياً، أو ذات شحنة موجبة، أو ذات شحنة سالبة؟
4. **فصل الشحنات** يُشحن قضيب مطاط بشحنة سالبة عند دلكه بالصوف. ماذا يحدث لشحنة الصوف؟ ولماذا؟
5. **شحن الموصلات** افترض أنك علقت قضيباً فلزياً طويلاً بخيوط حرير بحيث أصبح القضيب معزولاً، ثم لامست أحد طرفي القضيب الفلزي بقضيب زجاجي مشحون. صف كيف يُشحن القضيب الفلزي، وحدد نوع الشحنات عليه.
6. **الشحن بالبدلك** يمكنك شحن قضيب مطاط بشحنة سالبة بدلكه بالصوف. ماذا يحدث عند ذلك قضيب نحاس بالصوف؟
7. **التفكير الناقد** يمكن أن يفترض أحدهم أن الشحنة الكهربائية نوع من الموائع تتدفق من أجسام لديها فائض في المائع إلى أجسام لديها نقص فيه. لماذا يكون نموذج التيار الثنائي الشحنة أفضل من نموذج المائع الأحادي؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 1-1 مراجعة

1. يفقد شحنته في الوسط المحيط به.
2. قَرَّب قضيباً زجاجياً مشحوناً بشحنة موجبة إلى كل من الشريطين، فيكون الشريط الذي يتنافر معه موجب الشحنة.
3. أحضر جسمًا مشحوناً بشحنة معلومة، ولتكن سالبة، وقربة إلى كرة البيلسان، وإذا تنافرت الكرة معه فإن شحنتها تكون مشابهة لشحنة الجسم المقرب، وإذا انجذبت إليه فإن شحنتها تكون مخالفة لشحنة الجسم أو متعادلة. بعد ذلك قَرَّب قضيباً زجاجياً مشحوناً بشحنة موجبة إلى كرة البيلسان فإذا تنافرا فإن شحنة الكرة تكون موجبة،
4. يصبح الصوف موجب الشحنة.
5. يجذب قضيب الزجاج الإلكترونات من القضيب الفلزي، لذا يصبح الفلز موجب الشحنة، وتوزع الشحنات عليه بانتظام.
6. النحاس مادة موصلة، لذا يبقى متعادلاً ما بقي ملامساً ليديك.
7. يمكن لنموذج التيار الثنائي الشحنة أن يوضح التنافر والتجاذب بطريقة أفضل، وهو يوضح أيضًا كيف يمكن أن تشحن الأجسام عند ذلك بعضها ببعض.

## 1. التركيز

### نشاط محفز

**العزم الكهربائي** علق مسطرة بلاستيكية بخيط، واركها حتى تسكن. قرب قضيباً متعادلاً الشحنة إلى المسطرة، ثم قرب إليها قضيباً آخر مشحوناً. سيلاحظ الطلاب أن القضيب المشحون يجعل المسطرة تدور، ولن يحدث هذا في حالة القضيب المتعادل. اطلب إلى الطلاب مناقشة لماذا يسبب القضيب المشحون دوران المسطرة المتعادلة، في حين لا يسبب القضيب المتعادل ذلك؟ **1٢ بصري-مكاني**

### الربط مع المعرفة السابقة

**القوة والجاذبية** تم وصف القوة الكهروسكونية سابقاً بأنها قوة مجال؛ فهي تؤثر عن بُعد دون الحاجة إلى حدوث تلامس أو اتصال مباشر. كما أن الأجسام التي تكون تحت تأثير قوة كهربائية تحقق قوانين نيوتن. ويشبه قانون كولوم الخاص بالقوى الكهروسكونية المتبادلة بين شحنات نقطية في صيغته الرياضية - قانون نيوتن في الجذب العام الذي درسته سابقاً؛ فكلاهما قانون تريبع عكسي؛ لأن مقدار القوة يتناسب عكسياً مع مربع المسافة الفاصلة.

## 2. التدريس

### تطوير المفهوم

- **القوة المحصلة** قوتا التجاذب والتنافر كميتان متجهتان، لذا عندما تؤثر أكثر من شحنة بقوة في شحنة أخرى فإن القوة المحصلة المؤثرة في هذه الشحنة تساوي المجموع الاتجاهي للقوى المفردة.
- **تخزين الشحنة** زجاجة (قارورة) ليدن؛ وهي أداة عُرِفَت قبل المكثف، يُمكن أن تكون مجالاً لبحوث الطلاب، حيث يمكن لهذه الأداة أن تُخزّن الشحنات الكهربائية، كما يمكن أن تستخدم أيضاً لنقل الشحنات من مادة إلى أخرى.

القوى الكهربائية قوى كبيرة؛ لأنها يمكن أن تنتج بسهولة تسارعاً أكبر من التسارع الذي ينتج بفعل قوة الجاذبية الأرضية. وتعلم أن القوة الكهربائية قد تكون قوة تجاذب أو قوة تنافر. أما قوة الجاذبية الأرضية فهي قوة تجاذب فقط. وعلى مر السنوات الماضية أجرى الكثير من العلماء محاولات عديدة لقياس القوة الكهربائية. فأجرى دانيال برنولي المعروف بأعماله المتعلقة بالموائع عدة قياسات بسيطة عام 1760م. وبين هنري كافندش في سبعينيات القرن الثامن عشر أن القوى الكهربائية يجب أن تخضع لقانون التربيع العكسي. إلا أن خجله الشديد دفعه إلى عدم نشر عمله. ولقد اكتشفت مخطوطاته لاحقاً بعد أكثر من قرن، بعد أن كرر عمله علماء آخرون.

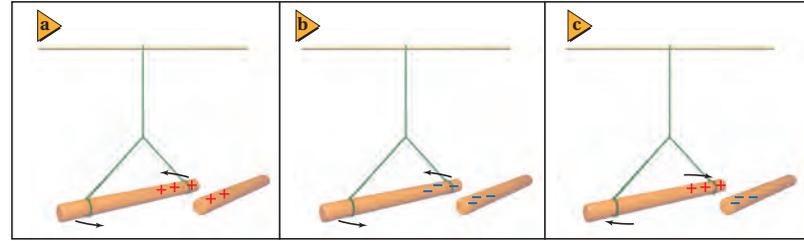
### القوى المؤثرة في الأجسام المشحونة

#### Forces on Charged Bodies

يمكن توضيح القوى التي سبق أن لاحظتها على الأشرطة اللاصقة من خلال تعليق قضيب مطاطي صلب ذي شحنة سالبة، بحيث يدور بسهولة، كما هو موضح في الشكل 5-1. إذا قربت قضيباً آخر ذا شحنة سالبة من القضيب المعلق فسوف يدور القضيب المعلق مبتعداً؛ حيث تنافر الشحنات السالبة على القضيبين. وليس من الضروري أن يحدث تلامس بين القضيبين حتى يظهر هذا التأثير؛ فالقوة التي تسمى القوة الكهربائية تؤثر عن بُعد. وإذا علق قضيباً زجاجياً مشحوناً بشحنة موجبة، ثم قربت إليه قضيباً زجاجياً آخر مشحوناً بشحنة موجبة أيضاً فستتنافر القضيبان. أما إذا قربت قضيباً مشحوناً بشحنة سالبة إلى قضيب آخر مشحون بشحنة موجبة فسيجذب كل منهما الآخر، وسيدور القضيب المعلق مقرباً من القضيب الآخر.

يمكن تليخيص ما توصلت إليه من تجارب الأشرطة اللاصقة وسلوك القضبان المشحونة كما يأتي:

- هناك نوعان من الشحنات الكهربائية: موجبة وسالبة.
- تؤثر الشحنات بعضها في بعض بقوى عن بُعد.
- تكون القوة أكبر عندما تكون الشحنات متقاربة.
- الشحنات المتشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.



■ الشكل 5-1 عند تقريب قضيب مشحون إلى آخر معلق ومشحون فإنها يتجاذبان أو يتنافران.

اختبار قصير 1-2، ص 19  
شريحة التدريس 1-4 ص 29  
ربط الرياضيات مع الفيزياء

**الملف الخاص** بمصادر الفصول 1-6  
تقويم الفصل 1، ص 31  
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8

## الكشاف الكهربائي وأنبوب الأشعة المهبطية CRT

الزمن المقدر 5 دقائق

**المواد والأدوات** كشاف كهربائي، وشاشة حاسوب (أو تلفاز) مزودة بأنبوب أشعة مهبطية CRT.

### الخطوات

1. لامس قرص كشاف كهربائي بقضيب مطاطي أو بلاستيكي؛ وذلك لنقل شحنة سالبة إليه، ستلاحظ انفراج الورقتين.
2. قَرِّب الكشاف الكهربائي المشحون من شاشة تلفاز شغال. ماذا يحدث؟
3. كرِّر الخطوات باستخدام قضيب زجاجي مشحون. ماذا يحدث؟ لماذا؟

في الخطوة الثانية يقل انفراج الورقتين قليلاً، وفي الخطوة الثالثة تبتعد إحداهما عن الأخرى أكثر. يكتسب سطح الشاشة شحنات موجبة لأن الطرف الأمامي لأنبوب الأشعة المهبطية يحمل شحنة موجبة؛ وذلك حتى يجذب الإلكترونات التي تُقذف نحوه.

لا يعد الشريط اللاصق ولا القضيب المعلق في الهواء طريقة دقيقة أو ملائمة لتحديد الشحنة. وعوضاً عن ذلك يستخدم جهاز يسمّى الكشاف الكهربائي، يتركب من قرص فلزي مثبت على ساق فلزية متصلة بقطعتين فلزيتين خفيفتين رقيقتين، تسميان الورقتين. وبين الشكل 1-6 كشافاً كهربائياً متعادلاً. لاحظ أن الورقتين معلقتان بصورة حرة داخل إناء زجاجي شفاف مغلق؛ وذلك للحد من تأثير تيارات الهواء.



■ الشكل 6-1 الكشاف الكهربائي؛ جهاز يستخدم للكشف عن الشحنات الكهربائية. في الكشاف الكهربائي المتعادل تكون الورقتان معلقتين رأسياً بحرية، وتلامس إحداهما الأخرى.

**الشحن بالتوصيل** عندما يلمس قضيب مشحون بشحنة سالبة قرص كشاف كهربائي تنتقل الإلكترونات منه إلى القرص، وتتنوع هذه الشحنات على جميع سطوح الفلز. وكما هو موضح في الشكل 7a-1، تشحن الورقتان بشحنات سالبة وتتنافران، لذا تنفرجان، ويصبح الكشاف الكهربائي مشحوناً. ويُسمّى شحن الجسم المتعادل بملامسته جسماً آخر مشحوناً الشحن بالتوصيل. كما تنفرج الورقتان أيضاً عند شحن الكشاف بشحنات موجبة، فكيف يمكنك إدراك معرفة ما إذا كان الكشاف الكهربائي مشحوناً بشحنة موجبة أم سالبة؟ يمكن تحديد نوع الشحنة بملاحظة ورقتي الكشاف الكهربائي المشحون عند تقريب قضيب مشحون بشحنة معلومة من قرصه؛ إذ يزداد انفراج الورقتين أكثر عند تقريب جسم شحنته مشابهة للشحنة الكشاف، كما في الشكل 7b-1، وسيفل انفراج الورقتين إذا كانت شحنة الكشاف مخالفة لشحنة الجسم المُقَرَّب، كما في الشكل 7c-1.

**فصل الشحنات على الأجسام المتعادلة** عرفت أن الشريط اللاصق المشحون المتجذب نحو إصبعك عندما قَرَّبته إليه. وبالطبع كان إصبعك متعادلاً كهربائياً؛ أي فيه عدد متساوٍ من الشحنات الموجبة والسالبة. وتعلم أيضاً أن الشحنات تتحرك بسهولة في الموصلات، كما أن القوى الكهربائية في حالة الشرارة الكهربائية حوّلت المادة العازلة إلى مادة موصلة. من كل هذه المعلومات يمكنك تطوير نموذج مناسب للقوة التي أثر بها إصبعك في الشريط.



■ الشكل 7-1 تكون ورقتا الكشاف الكهربائي المشحون بشحنة سالبة منفرجتين (a). يدفع القضيب ذو الشحنة السالبة الإلكترونات من القرص إلى الورقتين فيزداد انفراجهما (b). يجذب القضيب ذو الشحنة الموجبة بعض الإلكترونات من الورقتين إلى القرص فيقل انفراجهما (c).

## الفيزياء في الحياة

### معلومة للمعلم

**ضبط تفريغ الكهرباء الساكنة** إن المكونات الإلكترونية - وبخاصة تلك التي لها علاقة بالحاسوب - حساسة وعرضة للتلف نتيجة تفريغ الكهرباء الساكنة. وقد لا يدرك الناس أنهم يحملون شحنات كهربائية تكون كافية لإحداث أضرار بهذه المكونات، ومن ثم تلفها. ويستخدم الفنيون أو التقنيون الذين يعملون بالأجهزة الحساسة أو المواد القابلة للانفجار - سجّاداً مضاداً للكهرباء الساكنة، ويرتدون حول المعصم رباطاً فلزيّاً خاصاً مصمماً لتوفير مسار للشحنات، حتى تتدفق بسرعة إلى الأرض. وهذا يمنع تجمع الشحنات الكهربائية على الجسم. ولضمان أن الشخص الذي يتم تأريضه بوضع رباط فلزي حول معصمه لن يتعرض لصعقة كهربائية، يوصل مقاوم كهربائي مقداره كبير بين المعصم والأرض.

### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 1-2

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 1-3

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

## التفكير الناقد

**فصل الشحنات المقيدة** تكون الشحنات التي على سطح مادة عازلة مقيّدة. ذكّر الطلاب أن ذرات وجزيئات المواد العازلة تكون محاطة بشحنات سالبة، واطلب إليهم أن يقترحوا تفسيراً لكيفية فصل الشحنات بالقرب من سطح مثل هذه المادة. **إن التلميح في هذا السؤال هو أن للذرات والجزيئات شحنات تحيط بمواقعها الثابتة. وعلى الرغم من أن الإلكترونات في المواد العازلة لا يمكنها الحركة بسهولة وحرية خلال المادة، إلا أنه بالإمكان إزاحتها قليلاً عن مواقعها عند وجود شحنات خارجية قريبة منها، حيث يصبح جانب كل ذرة أو جزيء قريب إلى سطح المادة مشحوناً بشحنة سالبة أو موجبة أكبر مقارنة مع الجانب الآخر. وتكون النتيجة وجود شحنة محصلة فعّالة في المادة، وتعرف هذه الظاهرة بالاستقطاب.** **2م** **منطقي-رياضي**

## المناقشة

**سؤال** تعمل الأرض وغلافها الجوي المحيط بها كفاصل شحنات عملاق؛ فالأرض (سطح الأرض) تحمل شحنات سالبة، في حين تحمل الطبقة الموصلية في أعلى الغلاف الجوي شحنة موجبة. ما الآلية التي تحافظ على هذا الانفصال للشحنات بهذه الطريقة في الغلاف الجوي؟

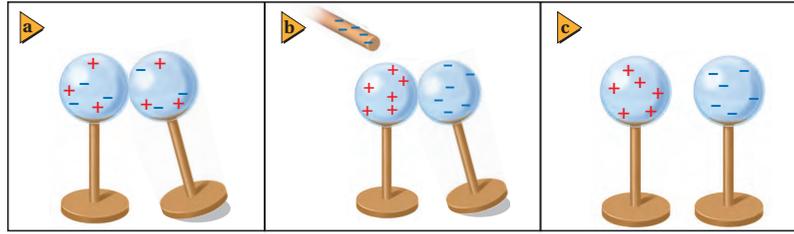
**الإجابة** الإجابة عن هذا السؤال غير مألوفة، حيث يبدو كأن البرق يعمل على تفريغ الشحنات الكهربائية من الغيوم التي فيها اختلال في توازن الشحنات المتراكمة عليها - في الأرض. ولكن في حقيقة الأمر فإن البرق هو السبب في المحافظة على هذا الانفصال للشحنات في الغلاف الجوي! حيث يعمل البرق - الذي يحدث يومياً في آلاف العواصف الرعدية في مختلف أنحاء العالم - على نقل شحنة محصلة سالبة إلى الأرض تاركاً شحنة محصلة موجبة في الغلاف الجوي. وبدون حدوث البرق فإن هذا الاختلال العالمي في توازن الشحنة لن يدوم طويلاً؛ فالهواء ليس عازلاً كهربائياً جيداً، لذا فإنه سيسمح بتدفق الشحنات تدريجياً وببطء. **2م**

افترض أنك قريت إصبعك أو أي جسم غير مشحون إلى جسم شحنته موجبة. ستنجذب الشحنات السالبة في إصبعك نحو الجسم ذي الشحنة الموجبة، وتتنافر الشحنات الموجبة في إصبعك معه. ويبقى إصبعك متعادلاً كهربائياً، إلا أن الشحنات الموجبة فيه تُفصل عن الشحنات السالبة. وتكون القوة الكهربائية كبيرة بين الشحنات المتقاربة، لذا فإن فصل الشحنات ناتج عن قوة التجاذب بين إصبعك والجسم المشحون. كما أن القوة التي أثرت بها المسطرة البلاستيكية المشحونة في قصاصات الورق المتعادلة هي نتيجة لعملية فصل الشحنات بعضها عن بعض على الجسم نفسه.

ويمكن للشحنات السالبة في أسفل الرعدية أن تؤدي أيضاً إلى فصل الشحنات على سطح الأرض؛ حيث تجذب الشحنات الموجبة على الأرض نحو سطح الأرض أسفل الغيمة. وتكون القوى الكهربائية المتبادلة بين الشحنات الموجودة على الغيوم والشحنات الموجودة على سطح الأرض قادرة على كسر الجزيئات إلى جسيمات موجبة وأخرى سالبة الشحنة. وتكون هذه الجسيمات المشحونة حرة الحركة، وتنشئ مساراً موصلاً من الأرض إلى الغيوم. ويحدث البرق الذي تلاحظه عندما تنتقل صاعقة بسرعة  $500,000 \text{ km/h}$  تقريباً على امتداد المسار الموصل بين الأرض والغيمة، فتؤدي إلى تفريغ شحنات الغيمة.

**الشحن بالحث** افترض أن كرتين فلزيين متماثلتين متعادلتين ومعزولتين قد تلامستا، كما في الشكل 1-8a. عند تقريب قضيب مشحون إلى إحدهما، كما في الشكل 1-8b، تنتقل الإلكترونات من الكرة الأولى إلى الكرة الثانية البعيدة عن القضيب؛ بسبب قوة التنافر مع الشحنات السالبة التي على القضيب، وتصبح سالبة الشحنة، في حين تصبح الكرة الأولى (القريبة من القضيب) موجبة الشحنة. وإذا فصلت الكرتان إحداهما عن الأخرى والقضيب قريب فإنها ستشحنان بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً، كما هو موضح في الشكل 1-8c. وتسمى عملية شحن الجسم دون ملامسته الشحن بالحث.

تستطيع شحن جسم مفرد بالحث عن طريق التأييض؛ وهو عملية توصيل جسم بالأرض للتخلص من الشحنات الفائضة، حيث تعدّ الأرض كرة كبيرة، ولها قدرة على استيعاب كمية كبيرة من الشحنة دون أن تظهر عليها آثار هذه الشحنة. فإذا لامس جسم مشحون الأرض فإن كل شحناته تنتقل غالباً إلى الأرض.



## الخلفية النظرية للمحتوى

### معلومة للمعلم

**تراكم الشحنات** يمكن أن يصبح جسمك مشحوناً كهربائياً نتيجة الاحتكاك بين حذائك والسجادة. فإذا مشيت على سجادة لاستقبال أحد الضيوف فقد ينتهي بك الحال إلى صدمة كهربائية صغيرة عند مصافحته. ويصبح تأثير الكهرباء الساكنة أشد في الفصول التي يكون فيها الهواء جافاً. وهناك عدة طرائق لتقليل تراكم الشحنات الكهربائية الساكنة، منها: تجنب ارتداء الملابس التي تتراكم الشحنات عليها بسهولة مثل الصوف والنايلون. وقبل ملامسة المقبض الفلزي لباب بيديك، اجعل المفتاح يلمس المقبض الفلزي للتخلص من الشحنات. ويمكنك أيضاً التقليل من الإحساس بالصدمة الكهربائية بالنقر على المقبض الفلزي بمفصل الأصبع أولاً، قد تتولد شرارة في هذه الحالة، ولكنها لن تسبب صدمة كهربائية كالتي تحدث عند تفريغ الشحنات بالمصافحة.

## استخدام النماذج

**نشاط التأريض يعدّ سطح الأرض مصدرًا هائلًا** للشحنات الكهربائية، ويتم توصيل هذه الشحنات عادة بالأرض بموصلات كهربائية. ومن الجدير بالذكر أنه من الصعب أن تفقد الأرض توازنها الكهربائي عند حدوث أي تدفق للشحنات؛ حيث تكون كمية الشحنات في هذا التدفق قليلة جدًا مقارنة مع شحنات المصدر (الأرض). استخدم صندوقًا مملوءًا بكرات البوليسترين المستخدمة في التغليف وقصبيًا مشحونًا؛ وذلك لتصوّر طبيعة الأرض الكهربائية. ينبغي أن يكون طول الصندوق 200 cm تقريبًا وعرضه 100 cm، ومملوءًا إلى قمته بعدة مئات من كرات البوليسترين، بحيث يكون عددها كافيًا لإجراء التجربة. عند تقريب الجسم المشحون من فتحة الصندوق. سوف تقفز بعض الكرات إلى أعلى، وتلتصق بالقصيب المشحون، ولكن عددها سيكون قليلًا جدًا مقارنة بالعدد الكلي للكرات الموجودة في الصندوق، فيبدو الصندوق كأنه ما زال ممتلئًا بكرات البوليسترين. كذلك فإن اهتزاز بعض كرات البوليسترين (التي تمثل الشحنات) والتي تعود إلى الصندوق تحدث تغييرًا مهملاً بالنسبة لعدد الكرات الكلي (الشحنة الكلية) في الصندوق. **1٢ بصري-مكاني**



**الشكل 9-1** بحث قضيب مشحون بشحنة سالبة إلى قرص كشاف كهربائي متعادل، كما في الشكل 9a-1، فإن الشحنات السالبة (الإلكترونات) تتنافر مع شحنات القضيب، وتتحرك مبتعدة نحو الورقتين. وإذا أرضنا (لامسنا) الطرف الآخر للقرص البعيد عن القضيب المشحون فإن الإلكترونات تنتقل من الكشاف إلى الأرض إلى أن تتعادل الورقتان؛ أي تنطبقا، كما في الشكل 9b-1. ويفصل التأريض قبل إبعاد القضيب المشحون مصدرًا للإلكترونات؛ فعند تقريب قضيب موجب موجب الشحنة إلى قرص كشاف كهربائي مع توصيل الطرف المقابل للقرص بالأرض فإن الإلكترونات تنجذب من الأرض نحو الكشاف الكهربائي، ويصبح سالب الشحنة. وفي هذه الخطوة تكون الشحنات المستحثة على الكشاف الكهربائي مخالفة لشحنة الجسم المؤثر. ولأن القضيب المشحون لم يلمس قرص الكشاف الكهربائي فإن شحنة القضيب لم تنتقل، ولذلك يمكن استخدامه أكثر من مرة لشحن الأجسام بالحث.

**الشكل 10-1** استعمل كولوم جهازًا مائلًا لقياس القوة بين كرتين، A وB. ولاحظ انحراف الكرة A مع تغير المسافة بين A وB.

**الشكل 10-1** استعمل كولوم جهازًا مائلًا لقياس القوة بين كرتين، A وB. ولاحظ انحراف الكرة A مع تغير المسافة بين A وB.



### قانون كولوم Coulomb's Law

عرفت أن القوة الكهربائية تؤثر بين جسمين مشحونين أو أكثر. ففي تجاربك التي أجريتها على الشريط اللاصق وجدت أن القوة تعتمد على البعد بين الجسمين المشحونين؛ فكلما قربت المشط المشحون أكثر إلى الشريط ازدادت القوة الكهربائية. ووجدت أيضًا أنه كلما زادت شحنة المشط زادت القوة الكهربائية. فكيف يمكنك تغيير كمية الشحنة بطريقة محكمة أو بطريقة مسيطر عليها؟ حلّ الفيزيائي الفرنسي شارل كولوم هذه المشكلة عام 1785م؛ حيث استخدم الأدوات الموضحة في الشكل 10-1، وهي قضيب عازل في طرفيه كرتان صغيرتان موصلتان A وA، ومعلق من منتصفه بسلك رفيع. ووضعت كرة مماثلة B بصورة متصلة مع الكرة A، وعند ملاسهما جسم مشحون لهاتين الكرتين تنتقل الشحنات من الجسم المشحون إلى الكرتين وتوزع عليهما بالتساوي، حيث تكتسبان الكمية نفسها من الشحنة؛ لأن لهما مساحة السطح الخارجي نفسها. ولأن رمز الشحنة هو  $q$  لذا يمكن تمييز مقادير الشحنات على الكرتين بالرمزين:  $q_A$  و  $q_B$ .

### مشروع فيزياء

#### نشاط

**الرطوبة وتفريغ الكهرباء الساكنة** ما الظروف الجوية الأسوأ بالنسبة للأجهزة الإلكترونية التي تكون فيها عرضة للتلف جراء تفريغ الكهرباء الساكنة؟ أولاً اطلب إلى الطلاب دراسة آليات تفريغ الكهرباء الساكنة التي تؤدي إلى تلف الأجهزة والمعدات. ثم اطلب إليهم اقتراح خطوات للتقليل من أثر تفريغ الكهرباء الساكنة على الأجهزة. يمكن أن تكمن إحدى تلك الطرائق في إبقاء كشاف كهربائي في مكان ما عند تنفيذ خطوات مناسبة لشحن جسم معين، ويتم بعد ذلك حمل هذا الجسم المشحون ليكون قريبًا من الكشاف الكهربائي غير المشحون. ومن ثم رصد مقدار انفراج ورقتي الكشاف وتصنيفها في كل يوم، بالإضافة إلى الرطوبة النسبية في ذلك اليوم. يمكن من خلال تقارير الطلاب، ومناقشة أي ارتباطات محتملة. **2٢ حسي-حركي**

## الحث والتوصيل

**تحذير: على الطلاب الذين يتحسسون من مادة اللاتكس أن يتوخوا الحذر عند تعاملهم مع بالونات مطاطية.**

**الهدف أن يستقصي الطلاب شحن جسم متعادل بالحث ونقل الشحنات بالتوصيل.**

**المواد والأدوات بالون، وقطعة صوف، وكشاف كهربائي.**

**النتائج المتوقعة** سيلاحظ الطلاب انفراج ورقتي الكشاف الكهربائي عند تقريب البالون المشحون من قرص الكشاف، وكذلك عند ملامسة البالون المشحون لقرص الكشاف. وبعد عملية ذلك سيسبب الصوف أيضًا انفراج ورقتي الكشاف.

## التحليل والاستنتاج

4. يجب أن يشير الطلاب إلى أن ورقتي الكشاف تنفرجان عند تقريب جسم مشحون إلى قرصه، وكذلك عند ملامسة قرص الكشاف للجسم المشحون. تحقق أن مخططات الطلاب ورسومهم تُعبر عن هذه الملاحظات.

5. في الجزء الأول (البالون بالقرب من الكشاف المتعادل) تتنافر الشحنات السالبة التي على البالون مع الإلكترونات التي على قرص الكشاف، فتدفعها نحو ورقتي الكشاف. وفي هذه الحالة لا يكتسب الكشاف شحنات أو يفقد شحنات، ولكن انتقلت الشحنات السالبة إلى الورقتين بالحث. أما عندما يلامس البالون قرص الكشاف فتنتقل شحنات سالبة من البالون إلى الكشاف، فيُشحن الكشاف بشحنة سالبة.

6. إذا استخدم الصوف المدلوك فإن الإلكترونات تنجذب من الورقتين إلى قرص الكشاف، لذا تُصبح شحنة ورقتي الكشاف موجبة بالحث، فتتفرجان. وعند ملامسة الصوف لقرص الكشاف تنتقل الإلكترونات من الكشاف إلى الصوف فتُصبح شحنة الكشاف موجبة.

## تجربة

### الحث والتوصيل

استعمل بالونًا وكشافًا كهربائيًا لاستقصاء الشحن بالحث وبالتوصيل.

1. توقع ماذا يحدث إذا شحنت بالونًا بدلًا من الصوف، ثم قربته إلى قرص كشاف كهربائي متعادل؟

2. توقع ماذا يحدث إذا لامس البالون قرص الكشاف الكهربائي؟

### التحليل والاستنتاج

4. صف نتائجك.

5. وضع حركة الورقتين في كل خطوة من خطوات التجربة، على أن تضمن الشرح رسوميًا توضيحية.

6. صف النتائج إذا استعملت الصوف لشحن الكشاف الكهربائي.

**تعتمد القوة الكهربائية على المسافة** درس كولوم كيفية اعتماد القوة الكهربائية بين كرتين مشحونتين على المسافة بينهما. ففي البداية قاس كولوم بدقة مقدار القوة اللازمة ليح (قُتل) سلك التعليق بزواوية معينة، ثم وضع شحنتين متساويتين على الكرتين A و B، وبدأ يغير المسافة r بينهما. عندها حرّكت القوة الكهربائية الكرة A، مما أدى إلى ليّ سلك التعليق، وبقياس انحراف الكرة A تمكن كولوم من حساب قوة التنافر بينهما، وأثبت كولوم أن القوة الكهربائية بين الكرتين تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

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

**تعتمد القوة الكهربائية على مقدار الشحنة** لاستقصاء كيفية اعتماد القوة الكهربائية على مقدار الشحنة، تعيّن على كولوم تغيير الشحنات على الكرات بطريقة مدروسة. فُشحن أولاً الكرتين A و B بالتساوي، كما فعل ذلك سابقًا، ثم اختار كرة غير مشحونة C، مساحة سطحها الخارجي مماثلة للكرة B. عند ملامسة الكرة C للكرة B تنقسم الكرتان الشحنة الموجودة على الكرة B فقط. ولأن للكرتين مساحة السطح الخارجي نفسها فإنها تنقسمان شحنة الكرة B؛ لذا تكون شحنة الكرة B مساوية لنصف شحنة الكرة A. وبعد أن ضبط كولوم موضع الكرة B بحيث أصبحت المسافة r بين الكرتين A و B كما كانت في السابق تمامًا لاحظ أن القوة بين الكرتين A و B أصبحت تساوي نصف قيمتها السابقة؛ أي أن القوة الكهربائية تتناسب طرديًا مع مقدار شحنتي الجسمين.

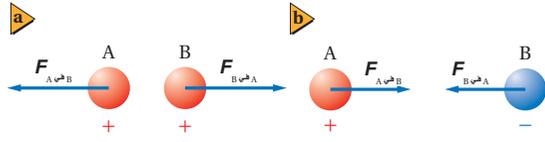
$$F \propto q_A q_B$$

وبعد قياسات كثيرة مماثلة لحُصّ كولوم النتائج في قانون عُرف بقانون كولوم؛ ينص على أن مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين  $q_A$  و  $q_B$  اللتين تفصلهما مسافة مقدارها r يتناسب طرديًا مع مقدار كل من الشحنتين، وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

$$F \propto \frac{q_A q_B}{r^2}$$

**وحدة الشحنة الكهربائية: الكولوم** يصعب قياس كمية الشحنة على جسم مباشرة. وقد بينت تجارب كولوم أنه يمكن ربط كمية الشحنة بالقوة الكهربائية، لذا تمكن كولوم من تعريف كمية معيارية أو قياسية للشحنة بدلالة مقدار القوة التي تولدها. وسميت هذه الوحدة المعيارية للشحنة الكهربائية في النظام العالمي للوحدات SI الكولوم C. والكولوم الواحد يساوي مقدار شحنة  $6.24 \times 10^{18}$  إلكترون أو بروتون، ومقدار شحنة الإلكترون المفرد تساوي  $1.6 \times 10^{-19}$  C، ويسمى مقدار شحنة الإلكترون الشحنة الأساسية. ويمكن للصاعقة أن تحمل شحنة مقدارها 5 C إلى 25 C. وحتى المواد الصغيرة - ومنها قطعة العملة المعدنية - تحتوي شحنة سالبة قد تصل إلى  $10^6$  C، وهذه المقادير الهائل من كمية الشحنة السالبة لا ينتج غالبًا أي تأثيرات خارجية؛ لأنه مُعَادَل ومُوازَن بكمية شحنة موجبة مساوية له. أما إذا كانت الشحنات غير متعادلة فستتولد قوى كهربائية، وحتى لو كانت الشحنة صغيرة،  $10^{-9}$  C، مثلًا، فإنها يمكن أن تولد قوى كهربائية كبيرة.

## استخدام الشكل 1-11



الشكل 1-11 قاعدة تحديد اتجاه القوة هي: الشحنات المتشابهة تتنافر؛ والشحنات المختلفة تتجاذب.

ووفق قانون كولوم يمكن كتابة مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة  $q_A$  والناجمة بفعل تأثير الشحنة  $q_B$  التي تقع على بعد  $r$  منها على الشكل التالي:

$$F = K \frac{q_A q_B}{r^2}$$

قانون كولوم  
القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين تساوي ثابت كولوم مضروباً في حاصل ضرب مقادري الشحنتين مقسوماً على مربع المسافة بينهما.

إذا قيست الشحنات بوحدة الكولوم، والمسافة بالمتر، والقوة بالنيوتن، فإن ثابت كولوم  $K$  يساوي  $9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ .

يُمكننا قانون كولوم من حساب مقدار القوة التي تؤثر بها الشحنة  $q_A$  في الشحنة  $q_B$ ، كما يُمكننا أيضاً من حساب مقدار القوة التي تؤثر بها الشحنة  $q_B$  في الشحنة  $q_A$ . وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. ويمكنك ملاحظة هذا التطبيق على القانون الثالث لنيوتن في الحركة عملياً عندما تقرب شريطين لاصقين مشحونين بشحنتين متماثلتين أحدهما إلى الآخر؛ حيث يؤثر كل منهما بقوة في الآخر.

القوة الكهربائية كمية متجهة، مثلها في ذلك مثل جميع القوى الأخرى في الطبيعة، لذا تحتاج متجهات القوة إلى تحديد المقدار والاتجاه. ولأن معادلة قانون كولوم تزودنا بمقدار القوة فقط، فإننا بحاجة إلى تحديد اتجاهها، ويتم ذلك برسم مخطط للشحنات وتفسير العلاقات بينها بدقة. فإذا قرب جسيما  $A$  و  $B$  مشحونان بشحنتين موجبتين أحدهما إلى الآخر فإن كلاً منهما سيؤثر في الآخر بقوة تنافر، كما في الشكل 1-11a. أما إذا كانت شحنة الجسم  $B$  مثلاً سالبة فستكون القوة التي يؤثر بها كل منهما في الآخر قوة تجاذب، كما كما موضح في الشكل 1-11b.

تؤثر قوة كولوم (القوة الكهربائية) دائماً على امتداد الخط الواصل بين شحنتين نقطيتين. لاحظ أن الرمز أسفل متجهات القوى يشير إلى أي الشحنتين تؤثر في الأخرى بقوة؛ فالقوة المؤثرة في الشحنة  $A$  يرمز لها بـ  $F_{A \text{ في } B}$ ، والقوة المؤثرة في الشحنة  $B$  يرمز لها بـ  $F_{B \text{ في } A}$ .

## تعزيز الفهم

**قانون التربيع العكسي** كيف تتغير القوة الكهروستاتيكية عندما تتغير المسافة؟ يزداد قانون كولوم بطريقة مباشرة للحسابات؛ فإذا لم يتغير مقدار الشحنتين فيمكن استخدام التناسب الرياضي لحساب القوة الكهربائية في مواقع جديدة لهما. اطلب إلى الطلاب إجراء سلسلة من هذه الحسابات السريعة، بطرح السؤال الآتي عليهم: إذا كانت القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين تساوي  $90.0 \text{ N}$  عندما تكون المسافة بينهما  $4.0 \text{ cm}$ ، فما مقدار القوة عندما تصبح المسافة بينها  $12.0 \text{ cm}$ ؟ **تضاعفت المسافة ثلاث مرات، لذا تقل القوة بالمعامل 9 لتصبح  $10 \text{ N}$ .** اسأل الطلاب: ما مقدار القوة عندما تصبح المسافة بين الشحنتين  $2.0 \text{ cm}$ ؟ **ستزداد القوة أربعة أضعاف؛ أي تصبح  $360 \text{ N}$ .**

## المناقشة

**سؤال** اسأل الطلاب: لماذا يبدو غالباً أن الأجسام الخفيفة، مثل قطع الورق والأشرطة اللاصقة الشفافة الصغيرة والبالونات، هي التي تتأثر بالقوة الكهروستاتيكية؟

**الإجابة** يقدم لنا قانون كولوم مفتاح الإجابة عن هذه السؤال. نعلم أن جزءاً صغيراً جداً وقريباً من سطح كل الذرات أو الجزيئات في جسم ما هو الذي يشارك في إحداث خلل في توازن الشحنات، والذي يُسبب بدوره القوة الكهروستاتيكية. وكلما زادت كتلة جسم بالنسبة إلى مساحة سطحه فإن تأثير القوة الكهروستاتيكية بالنسبة إلى الشحنة الكلية المحتملة على ذلك السطح تصبح ملحوظة بدرجة أقل.

## مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

### نشاط

**إعداد مقياس رسم** من أجل عمل تصور أفضل للقوة التي تؤثر بها شحنتان نقطيتان في شحنة نقطية ثالثة فإن على الطلاب إعداد مقياس الرسم، كما تم اقتراحه في بند استراتيجيات حل المسألة للمثال الأول. اطلب إلى الطلاب رسم خريطة موقع لكل شحنة في هذه المسألة على ورقة رسم بياني، ثم رسم خطوط عمل القوى المتبادلة لكل زوج من القوى، وذلك بتوصيلها معاً باستعمال مسطرة. أخيراً، اطلب إليهم إضافة أسهم إلى الرسم بدقة على أن يتناسب طول السهم مع مقدار القوة المحسوبة بقانون كولوم لكل زوج. راجع مع الطلاب متى يمكن استخدام نظرية فيثاغورس لإيجاد محصلة القوى المؤثرة في الشحنة الثالثة. **2 م - بصري- مكاني**

## مثال صفي

**سؤال** استخدم المعلومات الواردة في المثال 1، وافترض أن شحنة الكرة الثالثة C تساوي  $+2.0 \mu\text{C}$  ووضعت أسفل الكرة B مباشرة، على بُعد  $5.00 \text{ cm}$ ، ما القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B؟

### الجواب

احسب القوة التي تؤثر بها الكرة C في الكرة B.

$$F_{B \text{ في } C} = \frac{(K)(q_B q_C)}{r_{BC}^2}$$

$$= \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2)}{[(3.0 \times 10^{-6} \text{ C})(2.0 \times 10^{-6} \text{ C}) / (5.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2]}$$

$$= 2.2 \times 10^1 \text{ N}$$

للكرتان C و B شحنتان مختلفتان، لذا تتجاذبان. وتكون القوة التي تؤثر بها الكرة C في الكرة B قوة تجاذب إلى أسفل. والقوة المحصلة ( $F_{\text{محصلة}}$ ) المؤثرة في الكرة B تساوي المجموع الاتجاهي للقوتين  $F_{B \text{ في } A}$  و  $F_{B \text{ في } C}$ .

$$F_{\text{محصلة}} = \sqrt{(1.0 \times 10^2 \text{ N})^2 + (2.2 \times 10^1 \text{ N})^2}$$

$$= 1.0 \times 10^2 \text{ N}$$

ولإيجاد اتجاه القوة المحصلة نستخدم

$$\tan \theta = \frac{F_{B \text{ في } C}}{F_{B \text{ في } A}}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{2.2 \times 10^1 \text{ N}}{1.0 \times 10^2 \text{ N}} \right)$$

$$= 12^\circ$$

أسفل المحور x بـ  $12^\circ$ ،  $F_{\text{محصلة}} = 1.0 \times 10^2 \text{ N}$

## استراتيجيات حل المسألة

### مسائل القوة الكهربائية

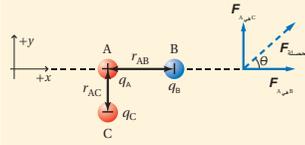
- استخدم هذه الخطوات لإيجاد مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتان، واتجاهها.
1. ارسم مخططاً للنظام مبيّناً فيه المسافات والزوايا جميعها بمقياس رسم مناسب.
  2. ارسم متجهات القوى في النظام.
  3. استخدم قانون كولوم لإيجاد مقدار القوة.
  4. استعمل مخطّطك والعلاقات المثلثية لإيجاد اتجاه القوة.
  5. نفذ العمليات الجبرية على كل من الأرقام والوحدات. وتحقّق من أن الوحدات متوافقة مع المتغيرات في السؤال.
  6. تأمل إجابتك جيداً. هل هي منطقية؟

## مثال 1

**قانون كولوم في بعدين** إذا كانت الكرة A مشحونة بشحنة مقدارها  $+6.0 \mu\text{C}$ ، وموضوعة على بُعد  $4.0 \text{ cm}$  عن يسار كرة أخرى B مشحونة بشحنة سالبة مقدارها  $3.0 \mu\text{C}$  فأجب عما يلي:

a. احسب مقدار واتجاه القوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A.

b. إذا وضعت كرة ثالثة C مشحونة بشحنة مقدارها  $+1.5 \mu\text{C}$  مباشرة أسفل الكرة A، وعلى بُعد  $3.0 \text{ cm}$  منها، فما مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها

- أنشئ المحاور الإحداثية، وارسم الكرات عليها.
- بيّن المسافات الفاصلة بين الكرات، وسمّها، ودوّنها على الرسم.
- ارسم متجهات القوة، وسمّها، ودوّنها على الرسم.

#### المجهول

$$F_{A \text{ في } B} = ? \quad q_A = +6.0 \mu\text{C} \quad r_{AB} = 4.0 \text{ cm}$$

$$F_{A \text{ في } C} = ? \quad q_B = -3.0 \mu\text{C} \quad r_{AC} = 3.0 \text{ cm}$$

$$F_{\text{محصلة}} = ? \quad q_C = +1.5 \mu\text{C}$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

a. احسب مقدار القوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A.

$$F_{A \text{ في } B} = K \frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$= (9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(6.0 \times 10^{-6} \text{ C})(3.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(4.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$= 1.0 \times 10^2 \text{ N}$$

#### بالتعويض عن

$$q_B = 3.0 \mu\text{C}, q_A = 6.0 \mu\text{C}$$

$$r_{AB} = 4.0 \text{ cm}$$

## متقدم

## نشاط

**حساب الشحنة** اطلب إلى الطلاب تعليق بالونين بنهاية خيطين وشحنتهما، كما موضح في نشاط طرائق التدريس المتنوعة في صفحة 13. اطلب إلى الطلاب إجراء قياسات دقيقة للمسافة الفاصلة بين البالونين والزوايا الفاصلة بين الخيطين. واطلب إليهم حساب مقدار الشحنة q على كل بالون على افتراض أن شحنتيهما متساويتان. إن مُرَكَّبتي قوة الشد في كل خيط  $F_T$  هما:

$$F_T \cos \left( \frac{\theta}{2} \right) = mg \quad \text{و} \quad F_T \sin \left( \frac{\theta}{2} \right) = \frac{Kq^2}{r^2}$$

لذا فإن مقدار الشحنة q يساوي:

$$q = \sqrt{\frac{mgr^2}{K}} \tan \left( \frac{\theta}{2} \right)$$

بالتعويض عن  $K = 9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ ، يمكن أن يكون مقدار الشحنة قريباً من

القيمة الحقيقية الدقيقة. **3 م حسي-حركي**

## المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**قانون كولوم** اطلب إلى الطلاب وصف الحالات التي يُطبَّق فيها قانون كولوم. يُطبَّق قانون كولوم الشحنتان على الشحنتان النقطية؛ حيث يكون حجم الشحنتان صغيراً جداً مقارنةً بالمسافة الفاصلة بينهما، ويطبَّق أيضاً لإيجاد القوة الكهربائية بين الشحنتان النقطية الساكنة فقط. وضح أنه إذا لم يكن توزيع الشحنة متماثلاً كروياً؛ أي ليس منتظماً، أو إذا كانت أبعاد الجسم المشحون أكبر من بُعد شحنة الاختبار، فإنه لا يتم تطبيق قانون كولوم؛ لأنه عندئذٍ سيعطي نتائج غير صحيحة.

لأن الكرتين A و B مختلفتان في نوع الشحنة فسيكون اتجاه القوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A إلى اليمين.  
b. احسب مقدار القوة التي تؤثر بها الكرة C في الكرة A.

$$F_{A \rightarrow C} = K \frac{q_A q_C}{r_{AC}^2}$$

$$= (9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) \frac{(6.0 \times 10^{-6} \text{ C})(1.5 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3.0 \times 10^{-2} \text{ m})^2}$$

$$= 9.0 \times 10^1 \text{ N}$$

بالتعويض عن  
 $q_A = 6.0 \mu\text{C}$ ,  $q_C = 1.5 \mu\text{C}$   
 $r_{AC} = 3.0 \text{ cm}$

للكرتين A و C شحنتان متماثلتان، لذلك ستتنافران. وسيكون اتجاه القوة التي تؤثر بها الكرة C في الكرة A إلى أعلى.

أوجد ناتج الجمع الاتجاهي لـ  $F_{A \rightarrow B}$  و  $F_{A \rightarrow C}$  لإيجاد المحصلة المؤثرة في الكرة A.

$$F_{\text{المحصلة}} = \sqrt{F_{A \rightarrow B}^2 + F_{A \rightarrow C}^2}$$

$$= \sqrt{(1.0 \times 10^2 \text{ N})^2 + (9.0 \times 10^1 \text{ N})^2}$$

$$= 130 \text{ N}$$

بالتعويض عن  
 $F_{A \rightarrow B} = 1.0 \times 10^2 \text{ N}$   
 $F_{A \rightarrow C} = 9.0 \times 10^1 \text{ N}$

$$\tan \theta = \frac{F_{A \rightarrow C}}{F_{A \rightarrow B}}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{F_{A \rightarrow C}}{F_{A \rightarrow B}} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left( \frac{9.0 \times 10^1 \text{ N}}{1.0 \times 10^2 \text{ N}} \right)$$

$$= 42^\circ$$

$F_{\text{المحصلة}} = 130 \text{ N}$ ,  $42^\circ$  فوق المحور x بزاوية مقدارها

### دليل الرياضيات

معكوس الجيب، ومعكوس جيب التمام، ومعكوس الظل ص 228

بالتعويض عن  
 $F_{A \rightarrow B} = 1.0 \times 10^2 \text{ N}$   
 $F_{A \rightarrow C} = 9.0 \times 10^1 \text{ N}$

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟  $(\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) (\text{C}) (\text{C}) / \text{m}^2 = \text{N}$ ، تُبسَّط الوحدات فتصبح نيوتن.
- هل للاتجاه معنى؟ الشحنتان المتشابهة تتنافران، والشحنتان المختلفة تتجاذبان.
- هل الجواب منطقي؟ يتفق مقدار القوة المحصلة مع مقادير القوتين.

## مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 1-4

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)



## كوب الشحنات

الزمن المقدر 5 دقائق

**المواد والأدوات** كأس فلزية، وكأس بوليسترين جديدة، وكأس بوليسترين مجرأة إلى قطع صغيرة، ومولد فان دي جراف.

**الخطوات** ضع كميات متساوية من قطع البوليسترين في كل كأس، واطلب إلى الطلاب أن يتوقعوا ما يحدث عند وضع الكأسين عند قبة مولد فان دي جراف، ثم يفسروا الاختلافات التي يلاحظونها. **ستبقى قطع البوليسترين في الكأس الفلزية، بينما ستتطاير إلى خارج كأس البوليسترين. في الكأس الفلزية التي تُعدّ موصلاً تتنافر الشحنات متباعدة. أما في حالة كأس البوليسترين العازلة فستكون شحنة على كلا سطحها: الداخلي والخارجي بالحث، لذا تسلك قطع البوليسترين كالشحنات ويتنافر بعضها عن بعض.**

## مسائل تدريبية

8. تفصل مسافة مقدارها 0.30 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة مقدارها  $2 \times 10^{-4} \text{ C}$ ، والثانية موجبة مقدارها  $8.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ . ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟
9. إذا أثرت الشحنة السالبة  $6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  بقوة جذب مقدارها 65 N في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة 0.050 m فما مقدار الشحنة الثانية؟
10. في المثال 1، إذا أصبحت شحنة الكرة B تساوي  $3.0 \mu\text{C}$  فارسم الحالة الجديدة للمثال، وأوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.
11. وضعت كرة A شحنتها  $2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  عند نقطة الأصل، في حين وضعت كرة B مشحونة بشحنة سالبة مقدارها  $3.6 \times 10^{-6} \text{ C}$  عند الموقع  $+0.60 \text{ m}$  على المحور x. أما الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها  $4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  فقد وضعت عند الموقع  $+0.80 \text{ m}$  على المحور x. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.
12. في المسألة السابقة، أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.

تذكر دائماً عند استخدام قانون كولوم أن هذا القانون يُطبّق فقط على الشحنات النقطية أو التوزيعات الكروية المنتظمة للشحنة. وهذا يعني أنه يمكن التعامل مع كرة مشحونة وكأن كل شحنتها مجمعة في مركزها، فقط إذا كانت الشحنة موزعة بالتساوي على سطحها أو على حجمها. فإذا كانت الكرة موصلة وقُربت إليها شحنة أخرى فإن الشحنات على الكرة ستتنجذب أو تتنافر مع هذه الشحنة؛ فلا تؤثر شحنة الكرة كما لو كانت مجمعة في مركزها. لذا يجب أخذ أبعاد الكرتين المشحونتين والبعد بين مركزيهما بعين الاعتبار قبل تطبيق قانون كولوم. والمسائل المطروحة في هذا الكتاب تفترض أن أبعاد الكرات المشحونة صغيرة، ويبعد بعضها عن بعض مسافات كافية، بحيث يمكن اعتبارها شحنات نقطية، ما لم يذكر خلاف ذلك. أما إذا كانت الأجسام المشحونة أسلاكاً طويلة أو ألواحاً مستوية فيجب تعديل قانون كولوم ليناسب توزيعات غير نقطية من الشحنات.

## مسائل تدريبية

8.  $1.6 \times 10^4 \text{ N}$
9.  $3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$
10. تبقى مقادير جميع القوى كما هي، ويتغير الاتجاه إلى الزاوية  $138^\circ$ ؛ أي  $42^\circ$  فوق محور x السالب.
11. 0.068 N في اتجاه اليمين.
12. 3.1 N في اتجاه اليمين.



■ الشكل 12-1 الرماد المتصاعد من المدخن نتيجة ثانوية لاحتراق الفحم. ويمكن استعمال مرشحات الترسيب الكهروستاتيكي لتقليل هذا الرماد.

### تطبيقات القوى الكهروستاتيكية

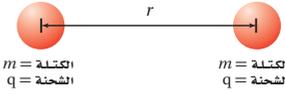
#### Applications of Electrostatic Forces

هناك العديد من تطبيقات القوى الكهربائية على الجسيمات. وتستطيع هذه القوى مثلاً تجميع السناج (السواد الناتج عن الدخان) من المدخن، ومن ثم تحمّل من تلوث الهواء، كما هو موضح في الشكل 12-1، كما يمكن شحن قطرات الغطاء الصغيرة جداً بالحث، واستعمالها لطلاء السيارات وأجسام أخرى بصورة منظمة وموحدة جداً. وتستخدم آلات التصوير الفوتوجرافي الكهربائية لوضع الحبر الأسود على الورق، بحيث يتم نسخ صورة طبق الأصل للوثيقة الأصلية. ويُعدّ تجمع شحنات ساكنة سبباً لحدوث التلف، فمثلاً تجمع شحنات الساكنة على فيلم قد يكون سبباً في جذب الغبار عليه مما يسبب تلفه، كما يمكن أن تعطل معدات إلكترونية عند تفريغ الشحنة الساكنة. لذا تصمّم التطبيقات في هذه الحالات لتجنّب تراكم الشحنة الساكنة، وإزالة أي شحنة قد تتراكم بطريقة آمنة.

#### مسألة تحفيز

يبين الشكل المجاور كرتين لهما الكتلة نفسها  $m$ ، وشحنة كل منهما  $+q$ ، والبعد بين مركزيهما  $r$ .

1. اشتق تعبيراً للشحنة  $q$  التي يجب أن تكون على كلتا الكرتين لتكونا في حالة اتزان. هذا يعني أن هناك اتزاناً بين قوتي التجاذب والتنافر.
2. إذا تضاعفت المسافة بين الكرتين كيف يؤثر هذا في قيمة الشحنة  $q$  التي حدّدتها في المسألة السابقة؟ وضح ذلك.
3. إذا كانت كتلة كل من الكرتين  $1.50 \text{ kg}$  فحدّد قيمة الشحنة التي ينبغي أن تكون موجودة على كل منهما للحفاظ على حالة الاتزان.



يبين الشكل المجاور كرتين لهما الكتلة نفسها  $m$ ، وشحنة كل منهما  $+q$ ، والبعد بين مركزيهما  $r$ .

### 3. التقويم

#### إعادة التدريس

**شحنة الاختبار** اطلب إلى الطلاب استخدام نسب الشحنة والمسافة لتحديد النقطة التي تكون عندها القوة المحصلة المؤثرة في شحنة اختبار مقدارها  $+1 \mu\text{C}$  تساوي صفراً، وذلك عند وضعها بين شحنتين؛ مقدار الأولى  $-2 \mu\text{C}$ ، ومقدار الثانية  $-8 \mu\text{C}$ ، والمسافة بينهما  $6.0 \text{ m}$ . قوة الجذب الناتجة عن الشحنة  $-2 \mu\text{C}$  التي تؤثر في شحنة الاختبار يجب أن تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه قوة الجذب الناتجة عن الشحنة  $-8 \mu\text{C}$ . وتأثر هاتان القوتان على امتداد الخط الواصل بين الشحنتين. ولأن نسبة الشحنة تساوي 4 فإن المسافة إلى الشحنة  $-2 \mu\text{C}$  ستساوي  $\frac{1}{2}$  المسافة إلى الشحنة  $-8 \mu\text{C}$ ؛ أي تكون هذه النقطة على بُعد  $2.0 \text{ m}$  من الشحنة  $-2 \mu\text{C}$ . **2م**

#### مسألة تحفيز

1. 
$$q = m \sqrt{G/K}$$
$$= m \sqrt{\left( \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2}{9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2} \right)}$$
$$= (8.61 \times 10^{-11} \text{ C/kg})m$$
2. لا تؤثر المسافة في مقدار الشحنة  $q$ ؛ لأن كلتا القوتين تتناسب عكسياً مع مربع المسافة، كما أن المسافة تُختصر.
3. 
$$q = (8.61 \times 10^{-11} \text{ C/kg})(1.50 \text{ kg})$$
$$= 1.29 \times 10^{-10} \text{ C}$$

## التوسع

**القوة الكهربائية وقانون نيوتن كتلة البروتون**  
أكبر 2000 مرة من كتلة الإلكترون. اسأل الطلاب ماذا يتوقعون أن يحدث إذا أمكن وضع بروتون حر وإلكترون حر في منطقة خالية من أي شحنات أخرى، وذلك بالاعتماد على قانون نيوتن وقانون كولوم. سيتأثر الجسيمان بقوتي جذب متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، ووفقاً لقانون كولوم فإن هذه القوة تساوي  $-Ke^2/r^2$ ، حيث  $e$  الشحنة الأساسية. ولأن تسارع الإلكترون أكبر 2000 مرة من تسارع البروتون فإن الجسيمين سيتصادمان عند نقطة قريبة جداً من الموقع الأصلي للبروتون. **م 3**

## 1-2 مراجعة

13. **القوة والشحنة** كيف ترتبط القوة الكهربائية بالشحنة؟ صف القوة عندما تكون الشحنات متشابهة، وعندما تكون مختلفة.
14. **القوة والمسافة** كيف ترتبط القوة الكهربائية مع المسافة؟ وكيف تتغير القوة إذا زادت المسافة بين شحنتين إلى ثلاثة أمثالها؟
15. **الكشاف الكهربائي** عند شحن كشاف كهربائي ترتفع ورقته الفلزياتان لتشكلاً زاوية معينة، وتبقى الورقتان محافظتين على تلك الزاوية. لماذا لا ترتفع الورقتان أكثر من ذلك؟
16. **شحن كشاف كهربائي** اشرح كيف يمكن شحن كشاف كهربائي بشحنة موجبة باستخدام:  
a. قضيب موجب.  
b. قضيب سالب.
17. **جذب الأجسام المتعادلة** ما الخاصيتان اللتان تفسران انجذاب جسم متعادل إلى كل من الأجسام المشحونة
18. **الشحن بالحث** ماذا يحدث عند شحن كشاف كهربائي بالحث، وإبعاد قضيب الشحن قبل فصل تأريض القرص؟
19. **القوى الكهربائية** كرتان A و B مشحونتان، المسافة بين مركزيهما 3. إذا كانت شحنة الكرة A تساوي  $+3 \mu C$  وشحنة الكرة B تساوي  $+9 \mu C$  ففارق بين القوة التي تؤثر بها الكرة A في الكرة B والقوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A.
20. **التفكير الناقد** افترض أنك تختبر صحة قانون كولوم باستخدام كرة بلاستيكية صغيرة موجبة الشحنة وكرة فلزية كبيرة موجبة الشحنة. فوفق قانون كولوم، تتناسب القوة مع  $\frac{1}{r^2}$ ؛ حيث تمثل  $r$  المسافة بين مركزي الكرتين. وعند تقريب الكرتين إحداهما إلى الأخرى ووجد أن القوة بينهما أصغر مما هو متوقع من قانون كولوم. وضح ذلك.

عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

## 1-2 مراجعة

13. تتناسب القوة الكهربائية طردياً مع مقدار كل شحنة. الشحنات المتشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.
14. تتناسب القوة عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين. القوة الجديدة ستساوي  $\frac{1}{9}$  القوة الأصلية.
15. في أثناء ابتعاد الورقتين إحداهما عن الأخرى تتناقص القوة الكهربائية بينهما إلى أن تتزن مع قوة الجاذبية.
16. a. لمس القضيب للكشاف الكهربائي.  
b. قرب القضيب إلى الكشاف الكهربائي، ثم اعمل على تأريض الكشاف الكهربائي ثم أزل التأريض وأبعد القضيب عن الكشاف الكهربائي.
17. قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة المتقاربة أكبر من قوة التنافر بين الشحنات المتشابهة المتباعدة.
18. يبقى الكشاف الكهربائي متعادلاً.
19. القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.
20. بعض الشحنات على الكرة الفلزية ستتنافر مع الشحنات على الكرة البلاستيكية، مما يؤدي إلى تحركها إلى الجهة البعيدة عن الكرة البلاستيكية، وهذا يجعل المسافة الفعلية بين الشحنات أكبر من المسافة بين مركزي الكرتين.

## مختبر الفيزياء

### الأجسام المشحونة

لاحظت في هذا الفصل ودرست ظواهر تنتج عن فصل الشحنات الكهربائية. وتعلمت أن كلاً من المطاط الصلب والبلاستيك يميل إلى أن تصبح شحنته سالبة بعد ذلك، في حين يميل كل من الصوف والزجاج إلى يصبح موجب الشحنة. ولكن ماذا يحدث إذا دلكت جسمين معاً يميل كل منهما إلى أن يصبح سالب الشحنة؟ هل تنتقل الإلكترونات؟ وإذا كان الأمر كذلك فأى المادتين ستكتسب إلكترونات، وأيهما ستفقداهما؟ ستصمّم في هذه التجربة إجراءات وخطوات لمزيد من الاستقصاءات حول الشحنات الموجبة والسالبة.

### سؤال التجربة

كيف يمكنك اختبار قدرة المواد على الاحتفاظ بالشحنات الموجبة والسالبة؟

### المواد والأدوات

مسطرة بلاستيكية طولها 15 cm  
خيط  
حامل  
شريط لاصق  
مواد قابلة للشحن، مثل: قضيب مطاطي، وقضيب بلاستيكي، وقضيب زجاجي، وأنبوب PVC، وأنبوب نحاسي، وأنبوب فولاذي، وأقلام رصاص، وأقلام حبر، وقطعة صوف، وقطعة حرير، وغلاف طعام بلاستيكي، وأكياس بلاستيكية، وورق زبد، وورق ألومنيوم.

### الأهداف

- تلاحظ أن المواد المختلفة تميل إلى أن تُشحن بشحنة موجبة أو تُشحن بشحنة سالبة.
- تقارن بين قدرة المواد على اكتساب الشحنات السالبة والشحنات الموجبة والاحتفاظ بها.
- تفسر البيانات لترتب قائمة بالمواد من الأكثر ميلاً لتصبح سالبة الشحنة إلى الأكثر ميلاً لتصبح موجبة الشحنة.

### احتياطات السلامة



### الخطوات

- انظر إلى الصورة المجاورة لتستفيد منها في تعليق المسطرة البلاستيكية. يُفضّل غسل المسطرة بالماء والصابون، وتجفيفها تمامًا قبل كل استعمال، وخصوصًا إذا كان الجو رطبًا. اربط الخيط بمنتصف المسطرة، على أن يفصل بينه وبين المسطرة لفة إلى ثلاث لفات من الشريط اللاصق.
- استخدم الحالتين التاليتين مرجعًا لأنواع الشحنات التي يمكن أن تكون للمواد: (1) عند ذلك مسطرة بلاستيكية بقطعة صوف تشحن المسطرة البلاستيكية بشحنة سالبة، أما قطعة الصوف فتشحن بشحنة موجبة. (2) عند ذلك مسطرة بلاستيكية بغلاف طعام بلاستيكي تشحن المسطرة البلاستيكية بشحنة موجبة، أما غلاف الطعام البلاستيكي فيشحن بشحنة سالبة.



### عيّنة بيانات ستختلف الإجابات اعتمادًا على المواد المستعملة.

المادة 1	المادة 2	الشحنة على المسطرة (0، -، +)	ملاحظات على حركة المسطرة	الشحنة على المادة 1 (0، -، +)	الشحنة على المادة 2 (0، -، +)
صوف	قضيب مطاطي	-	تتنافر مع قضيب المطاط	+	-
كيس بلاستيكي	قضيب مطاطي	-	تنجذب إلى قضيب المطاط	-	+
أنبوب PVC	صوف	-	تتنافر مع أنبوب PVC	-	+

### الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

**المهارات العملية** استخدام التفسيرات العلمية، والملاحظة والاستنتاج، والمقارنة، وصياغة النماذج، والتفكير الناقد، وجمع البيانات وتنظيمها، وتفسير البيانات، واستخلاص النتائج.

**احتياطات السلامة** ارتداء النظارات الواقية وملابس الحماية، وعلى الطلاب الذين يعانون من حساسية مفرطة من الصوف ألا يلمسوه بأيديهم.

**المواد والأدوات البديلة** شجّع الطلاب على اختبار مجموعة متنوعة من المواد الشائعة التي قد لا يفكرون في اختبارها مثل القطن والورق. قد يرغب الطلاب في مقارنة أنواع مختلفة من البلاستيك، منها البولي فينيل كلورايد PVC والبولي إيثيلين تيريفثالين PETE.

### استراتيجيات التدريس

- حافظ على الغرفة جافة قدر الإمكان. وإذا كانت رطبة فقد تحتاج إلى رفع درجة حرارتها للتقليل من تأثير الرطوبة في تسريب الشحنة عن المواد المدلوكة.
- اطلب إلى الطلاب اختيار موادهم، وأن يختبروا بمنهجية وانتظام التراكيب المحتملة.
- ذكر الطلاب أن يتنبهوا إلى أن الشحنة على المسطرة المعلقة ستبتد مع مرور الوقت، لذا سيحتاجون إلى إعادة شحنها بشكل دوري.

### التحليل

- نعم، إنها قوية بقدر كافٍ لتحريك المسطرة.
- يمكن أن يبين الرسم مسطرة معلقة مرسومًا عليها شحنة سالبة تتنافر مع قضيب مطاط مرسوم عليه شحنة سالبة أيضًا.
- تحتفظ العوازل الجيدة - ومنها البلاستيك والمطاط - بالشحنة، أما الموصلات الجيدة - ومنها معظم الفلزات - فلا تحتفظ بها.
- الصوف والزجاج والنايلون والحرير جميعها لها قابلية لتشحن بشحنة موجبة، أما البوليسترين والمطاط والبلاستيك فلها قابلية لتشحن بشحنة سالبة.

5. يمكن ترتيب عيّنة قائمة من السالب إلى الموجب وفق التصنيف التالي: أنبوب PVC، غلاف طعام بلاستيكي، مسطرة بلاستيكية، مطاط، قطن، حرير، صوف، زجاج.

### الاستنتاج والتطبيق

1. هناك جسيمات موجبة الشحنة في أجسام شحنتها الكلية سالبة، كما توجد جسيمات سالبة الشحنة في أجسام شحنتها الكلية موجبة. إذا كان لجسم أو مساحة معينة من جسم شحنة محصلة فهذا يعني أنه له أحد نوعي الشحنة بكمية أكبر من النوع الآخر.

2. على الرغم من أن الهواء عازل جيد للكهرباء إلا أن بخار الماء الموجود في الهواء يُساعد على تفريغ الشحنة الكهربائية من المادة، لذا فإن المواد في التجربة تفقد شحنتها مع مرور الوقت.

3. لا، فالمادة الموصلة، كالقضيب الفلزي، لا تحتفظ بالشحنة في موقع واحد. ولأن فصل الشحنات يحدث بسهولة بالحث في موصل متعادل فإن القضيب الفلزي سينجذب إلى أي جسم مشحون سواءً أكان موجب الشحنة أم سالب الشحنة.

4. عند سحب الغلاف البلاستيكي من لفافته، يحدث فيه عدم توازن للشحنة، وهذه العملية تشبه ما حدث عند سحبك شريطين لاصقين أحدهما عن الآخر. وهذا يؤدي إلى نشوء قوة تجاذب بين الأجزاء المختلفة للغلاف البلاستيكي.

### التوسع في البحث

يجب أن يعرف الطلاب كيف يشحنون كشافاً كهربائياً. وما إن يُشحن الكشاف الكهربائي بشحنة معلومة فإنه يتعين عليهم وصف حركة ورقته الناتجة عن تقريب أجسام مشحونة بشحنة مماثلة لشحنة الكشاف مقارنة مع حركتها الناتجة عن تقريب أجسام مشحونة بشحنة مخالفة لشحنة الكشاف.

### الفيزياء في الحياة

تساعد على تصريف الشحنات التي يمكن أن تتراكم عندما تندرج الإطارات على الطريق.

جدول البيانات					
المادة 1	المادة 2	الشحنة على المسطرة (+،-،0)	ملاحظات على حركة المسطرة	الشحنة على المادة 1 (+،-،0)	الشحنة على المادة 2 (+،-،0)

### الاستنتاج والتطبيق

- صمّم خطوات وإجراءات لمعرفة أي الأجسام تميل إلى أن تُشحن بشحنة سالبة، وأياها تميل إلى أن تُشحن بشحنة موجبة. جُزّب مجموعات مختلفة من المواد، ودوّن ملاحظتك في جدول البيانات.
- طوّر اختباراً لتكشف ما إذا كان جسم ما متعادلاً أم لا. وتذكر أن المسطرة المشحونة قد تنجذب إلى جسم متعادل إذا عملت على فصل شحنات هذا الجسم بالحث.
- تأكد من أن معلمك قد تفحص تجربتك، وعليك الحصول على موافقة قبل متابعة تنفيذ النشاط.

### التحليل

- لاحظ واستنتج عندما قرّبت مواد مشحونة بعضها إلى بعض، هل لاحظت وجود قوة بين هذه المواد المشحونة؟ صف هذه القوة.
- صياغة التماذج أنشئ رسماً لتوزيع الشحنة على المادتين في إحدى المحاولات. واستخدم الرسم لتوضيح لماذا أثرت المادتان إحداهما في الأخرى بتلك الطريقة خلال تجربتك؟
- استخلص النتائج أي المواد احتفظت بشحنة فائضة، وأياها لم تحتفظ بالشحنة جيداً؟
- استخلص النتائج أي المواد لها ميل لتشحن بشحنة سالبة، وأياها لها ميل لتشحن بشحنة موجبة؟
- فسّر البيانات استخدم جدول بياناتك لتعدّ قائمة بالميل النسبية للمواد لتصبح موجبة الشحنة أو سالبتها.

### التوسع في البحث

راجع المعلومات في كتابك حول الكشاف الكهربائي. وأعد تصميم النشاط على أن تستعمل الكشاف الكهربائي بدلاً من المسطرة البلاستيكية المعلقة؛ لتفحص نوع الشحنة التي على الجسم.

### الفيزياء في الحياة

للشاحنات غالباً حزام مطاطي أو سلسلة متدلية منها تتصل بسطح الطريق. لماذا؟



### تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية دع الطلاب يختاروا المواد التي سيقومون باختبارها، ثم يصمّموا خطوات التجربة الخاصة بهم التي سينفذونها. شجّعهم على إنشاء وتطوير طريقة لتحديد مقدار انحراف المسطرة المعلقة. فمثلاً يمكنهم أن يحدّدوا درجات على دائرة مرسومة على قطعة ورقية توضع أسفل المسطرة المعلقة.

#### الخلفية النظرية

يمكننا تفريغ شحنة الأجسام المشحونة التي على الأرض بتوصيلها مع سطح الأرض؛ لأن الأرض تعمل مصدرًا أو مصرفًا للشحنات الكهربائية. ومع أن سحابة البلازما حول المركبة الفضائية رقيقة جدًا إلا أنها تقوم بالمهمة نفسها؛ فهي مصدر للشحنات التي تتراكم على المركبة الفضائية. وتحدث الأقواس الكهربائية في الفضاء عند جهود كهربائية منخفضة مقارنة بالأقواس الكهربائية التي تحدث على الأرض، حيث يلزم جهد كبير مقداره  $20 \text{ kV/cm}$  لتكوين قوس كهربائي على الأرض؛ ذلك لأن جسيمات الهواء متقاربة جدًا فلا يستطيع إلكترون حر يتسارع تحت تأثير المجال الكهربائي اكتساب سرعة كبيرة كافية قبل أن يصطدم بجسيم في الهواء، ومن ثم يتوقف عن الحركة. أما في الفضاء فجسيمات الغاز متباعدة، لذا تكتسب الإلكترونات سرعات كبيرة. وعندما تصطدم هذه الإلكترونات بجسيمات الغاز الأخرى فإن هذا يؤدي إلى تحرر مزيد من الإلكترونات، والتي تتسارع بدورها بعد ذلك، وتحرر مزيدًا من الإلكترونات. وينتج عن هذا التدفق الهائل من الشحنات الكهربائية في النهاية قوس كهربائي.

#### استراتيجيات التدريس

- ذكّر الطلاب أن البلازما موصل بدرجة كبيرة.
- ناقش كيف يعمل التوصيل مع الأرض على تفريغ شحنة الأجسام السالبة الشحنة وشحنة الأجسام الموجبة الشحنة. أشر إلى أن التأريض الذي نعدّه بديهيًا وأمرًا مفروغًا منه على الأرض، يعدّ حدثه أمرًا مستحيلًا في الفضاء الخارجي.

#### نشاط

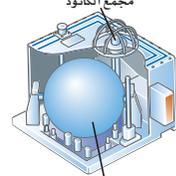
**نموذج قوس** اطلب إلى الطلاب توليد شرر كهربائي باستعمال ملف رومكورف. واطلب إليهم ملاحظة أي دليل على وجود حرارة أو تغيرات سريعة في فرق الجهد الكهربائي والتيار. وإذا استخدم الطلاب الكهرباء الساكنة لتوليد الشرر الكهربائي فاسألهم كيف يمكنهم تغيير المواد لتفريغ فرق الجهد.

بصورة خاصة لضرر القوس الكهربائي. وإضافة إلى الأضرار التي قد تلحق بمكوّنات المركبة الفضائية فإن تراكم الشحنة قد يعرّض طاقم المركبة إلى الخطر في أثناء سيرهم في الفضاء.

لتفريغ فرق الجهد وحماية المركبة والطاقم يجب أن يوصل السطح الخارجي لمحطة الفضاء بسحابة البلازما المحيطة به؛ وذلك بموصل كهربائي، يسمى قواطع البلازما. يبدأ التوصيل على متن المحطة في مكان تأين غاز الزينون - المتدفق من مستودع في وحدة قواطع البلازما PCU- بواسطة تيار كهربائي. ويحدث هذا التأين عند مجمّع الكاثود (القطب السالب). ويكون الزينون المتأين في حالة البلازما، ويخرج من المركبة عن طريق مجمّع الكاثود. ويعمل تيار البلازما الموصل على وصل المركبة بسحابة البلازما المحيطة بها، مما يؤدي إلى خفض فرق الجهد إلى مستويات آمنة.



وحدة قواطع البلازما



مستودع الزينون

نموذج PCU

تطبيقات مستقبلية قد تصمّم المركبة الفضائية المستقبلية بدمج قواطع البلازما في نظام الدفع. فسي صاروخ البلازما المغناطيسية ذي الدفع النوعي المتغير مثلاً قد

يستخدم عدم البلازما الناتج لتوفير الربط الكهربائي بين المركبة الفضائية والبلازما المحيطة بها. ويعتقد العلماء أن هذا النوع من الصواريخ سيستخدم في المستقبل للسفر بين الكواكب.

معظم الأجسام على الأرض لا تتراكم عليها شحنات كهربائية ساكنة كبيرة؛ وذلك بسبب ملامسة سطح هذه الأجسام لطبقة رطبة تعمل على نقل الشحنات من الأرض أو إليها؛ حيث يمكن للأرض استيعاب أي كمية من الشحنات، كما تعلّمت في هذا الفصل. أما في الفضاء فلا توجد رطوبة، كما أن الأرض بعيدة، لذا تصطدم الجسيمات المشحونة التي تنطلق خارجة من الشمس أو تلك الموجودة في طبقة الأيونوسفير بالمركبة الفضائية وتلتصق بها، فتشحن سطح المركبة الفضائية بألاف الفولتات.

البلازما والشحن البلازما إحدى حالات المادة، وتتكون من إلكترونات حرة وأيونات موجبة. تكون المركبة الفضائية في مدارها محاطة بسحابة رقيقة من هذه البلازما. وتتحرك الإلكترونات في البلازما بسهولة أكثر من الأيونات الموجبة الضخمة، لذا يعمل سطح المركبة الفضائية إلى جذب الإلكترونات، فيحدث تراكم للشحنة السالبة. ويجذب هذه الشحنة السالبة بعض الأيونات الموجبة الثقيلة، التي تصطدم بالمركبة الفضائية فتلحق الضرر بسطحها.

هناك صعوبة إضافية على متن محطة الفضاء الدولية؛ ناتجة عن صفّ الألواح الشمسية التي تحوّل الطاقة الشمسية إلى كهرباء. فعندما تزوّد هذه الألواح محطة الفضاء بالطاقة يصبح جهد سطح المركبة قريباً من جهد الألواح الشمسية. ونتيجة لذلك قد يحدث قوس كهربائي (تفريغ كهربائي مستمر في صورة شرر متكرر الحدوث) بين محطة الفضاء والبلازما المحيطة بها.

عواقب تكوّن القوس درجة حرارة الأقواس الكهربائية المتكوّنة كبيرة جداً، كما أنها تحمل تياراً كهربائياً كبيراً، لذا يمكنها أن تُشعل الصواريخ الرجعية قبل أوان تشغيلها، ويمكنها تفجير براغي التثبيت، وتتداخل مع المعدات الإلكترونية الخاصة بتشغيل المركبة الفضائية. كما أن الألواح الشمسية معرّضة

#### التوسع

1. طبق ما الغرض من استخدام قواطع البلازما؟ وإلى أي مدى تشبه استخدام إصبعك في تأريض الكشاف الكهربائي؟
2. ابحث كيف يمكن للعلماء معرفة مقدار الشحنة على سطح محطة الفضاء الدولية؟

#### التوسع

1. توفر قواطع البلازما مسارًا موصلًا للشحنات، ويمكن معادلة فرق الجهد من خلال تدفق الشحنات على امتداد هذا المسار. عندما تلمس قرص الكشاف الكهربائي بإصبعك فإنك بذلك تكوّن مسارًا للإلكترونات لكي تتدفق من الكشاف الكهربائي أو إليه.
2. ستختلف أبحاث الطلاب. إحدى الطرائق التي يستخدمها العلماء هي نشر مجس الجهد العائم FPP، حيث يستطيع هذا الجهاز تقدير فرق الجهد بين سطح المركبة الفضائية والبلازما المحيطة بها.

### المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



عبر المواقع الإلكترونية

الفيزياء

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 1-1 الشحنة الكهربائية Electric Charge

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• هناك نوعان من الشحنات الكهربائية: الشحنات الموجبة والشحنات السالبة، وتفاعلات هذه الشحنات معًا توضح التجاذب والتنافر الذي لوحظ في الأشرطة اللاصقة.</li> <li>• الشحنة الكهربائية لا تفنى ولا تستحدث؛ أي أنها محفوظة. والشحن ما هو إلا عملية فصل للشحنات، وليس إنتاج شحنات كهربائية جديدة.</li> <li>• يمكن شحن الأجسام عن طريق نقل الإلكترونات؛ فالمناطق التي فيها فائض في الإلكترونات يكون صافي شحنتها سالبًا، أما المناطق التي فيها نقص في الإلكترونات فيكون صافي شحنتها موجبًا.</li> <li>• الشحنات التي تضاف إلى جزء أو موقع ما من مادة عازلة تبقى على ذلك الموقع أو الجزء. ومن المواد العازلة الزجاج، والخشب الجاف، والمواد البلاستيكية، والهواء الجاف.</li> <li>• الشحنات التي تضاف إلى مادة موصلة تتوزع بسرعة على سطح الجسم كاملاً. ومن المواد الموصلة الجرافيت، والفلزات، والمادة عندما تكون في حالة البلازما.</li> <li>• تحت ظروف معينة، يمكن أن تنتقل شحنات خلال مادة معروفة على أنها مادة عازلة. ويعدّ البرق الذي يتحرك خلال الهواء أحد الأمثلة على ذلك.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• الكهرباء الساكنة (الكهروسكونية)</li> <li>• الجسم المتعادل</li> <li>• مادة عازلة</li> <li>• مادة موصلة</li> </ul>

#### 1-2 القوة الكهربائية Electric Force

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• عند شحن كشاف كهربائي تؤدي القوة الكهربائية إلى انفراج ورقته.</li> <li>• يمكن شحن جسم ما بالتوصيل بملامسته جسماً آخر مشحوناً.</li> <li>• يبحث جسم مشحون شحنات موصل متعادل على الانفصال عند تقريبه إليه، وتحدث هذه العملية نتيجة قوة التجاذب بين الجسم المشحون والموصل المتعادل.</li> <li>• لشحن جسم موصل بالحث يقرب إليه جسم مشحون، فيؤدي ذلك إلى انفصال شحنات الجسم الموصل المراد شحنته؛ أي تتجمع الشحنات الموجبة عند أحد الطرفين، والشحنات السالبة عند الطرف الآخر.</li> <li>• التأريض عملية التخلص من الشحنات الفائضة عن طريق ملامسة الجسم للأرض. ويستخدم التأريض في عمليات شحن كشاف كهربائي بالحث.</li> <li>• ينص قانون كولوم على أن القوة بين جسيمين مشحونين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقداري شحنتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.</li> </ul> $F = K \frac{q_A q_B}{r^2}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• لتحديد اتجاه القوة تذكر القاعدة التالية: الشحنات المشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.</li> <li>• وحدة الشحنة في النظام الدولي للوحدات SI هي الكولوم. والكولوم الواحد C هو مقدار شحنة <math>6.24 \times 10^{18}</math> إلكترون أو بروتون. والشحنة الأساسية هي شحنة البروتون أو الإلكترون، وتساوي <math>1.6 \times 10^{-19} \text{ C}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• الكشاف الكهربائي</li> <li>• الشحن بالتوصيل</li> <li>• الشحن بالحث</li> <li>• التأريض</li> <li>• قانون كولوم</li> <li>• الكولوم</li> <li>• الشحنة الأساسية</li> </ul>

### خريطة المفاهيم

21. انظر دليل حلول المسائل.

### إتقان المفاهيم

22. لا. فوفق مفهوم حفظ الشحنة فإن شعرك يجب أن يصبح سالب الشحنة.

23. ستختلف إجابات الطلاب، ولكنها قد تتضمن: العوازل: الهواء الجاف والخشب والبلاستيك والزجاج والملابس والماء المنزوع الأيونات. والموصلات: الفلزات وماء الصنبور وجسمك.

24. تحتوي الفلزات على إلكترونات حرة، أما المطاط فيحتوي على إلكترونات مرتبطة.

25. سُحنت بالدلك مع الملابس الأخرى، لذا تنجذب إلى الملابس المتعادلة أو التي لها شحنة مخالفة.

26. إن عملية ذلك القرص المدمج CD تؤدي إلى شحنه، فيجذب جسيمات متعادلة، كجسيمات الغبار.

27. لا، إن صافي الشحنة هو الفرق بين الشحنات الموجبة والسالبة. فيبقى صافي الشحنة على قطعة النقد صفرًا.

28. تتناسب القوة الكهربائية عكسيًا مع مربع المسافة بين الشحنتين. فعندما تقل المسافة ويبقى مقدار الشحنتين كما هو دون تغيير تزداد القوة بما يتناسب مع مربع المسافة.

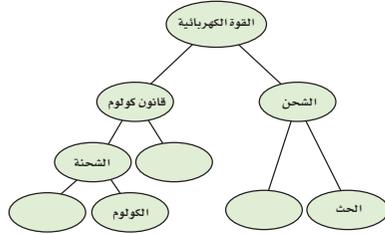
29. حرك الموصل بحيث يصبح قريبًا من القضيب، ولكن دون أن يلامسه. صل الموصل بالأرض في وجود القضيب المشحون، ثم أزل التأريض قبل إزالة القضيب المشحون، فيكتسب الموصل شحنة سالبة.

### تطبيق المفاهيم

30. شحنة البروتون تساوي تمامًا مقدار شحنة الإلكترون، ولكنها مختلفة عنها في النوع.

### خريطة المفاهيم

21. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: التوصيل، المسافة، الشحنة الأساسية.



### إتقان المفاهيم

22. إذا مسطت شعرك في يوم جاف فسوف يُشحن المسط بشحنة موجبة. هل يمكن أن يبقى شعرك متعادلاً؟ وضح إجابتك.

23. أعد قائمة ببعض المواد العازلة والمواد الموصلة.

24. ما الخاصية التي تجعل الفلز موصلًا جيدًا، والمطاط عازلًا جيدًا؟

25. غسالة الملابس عندما نخرج الجوارب من مجففة الملابس تكون أحيانًا ملتصقة بملابس أخرى. لماذا؟

26. الأقراص المدمجة لماذا يجذب قرص مدمج الغبار إذا مسحته بقطعة قماش نظيفة؟

27. عملات معدنية مجموع شحنة جميع إلكترونات عملة مصنوعة من النيكل يساوي مئات الآلاف من الكولومات. هل نجتربنا هذا شيء عن صافي الشحنة على هذه العملة؟ وضح إجابتك.

28. كيف تؤثر المسافة بين شحنتين في القوة المتبادلة بينهما؟ وإذا قلت المسافة وبقي مقدار الشحنتين كما هو فماذا يحدث للقوة؟

29. اشرح كيف يمكنك شحن موصل بشحنة سالبة إذا كان لديك قضيب موجب الشحنة فقط.

### تطبيق المفاهيم

30. فيم تختلف شحنة الإلكترون عن شحنة البروتون؟ وفيما تشابهان؟

31. كيف يمكنك أن تحدد ما إذا كان جسم ما موصلًا أم لا، باستخدام قضيب مشحون وكشاف كهربائي؟

32. قُرب قضيب مشحون إلى مجموعة كرات بلاستيكية صغيرة جدًا، فانجذبت بعض الكرات إلى القضيب، إلا أنها لحظة ملاستها للقضيب اندفعت مبتعدة عنه في اتجاهات مختلفة. فسر ذلك.

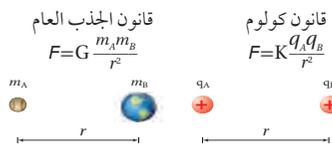
33. البرق يحدث البرق عادة عندما تنتقل الشحنات السالبة في الغيوم إلى الأرض. فإذا كان سطح الأرض متعادلاً فما الذي يوفر قوة الجذب المسؤولة عن سحب الإلكترونات نحو الأرض؟

34. وضح ما يحدث لورقتي كشاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة عند تقريب قضيب مشحون بالشحنات التالية إليه، مع مراعاة عدم لمس القضيب للكشاف الكهربائي:

a. شحنة موجبة.

b. شحنة سالبة.

35. يبدو أن قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب العام متشابهان، كما هو موضح في الشكل 13-1. فيم تشابه القوة الكهربائية وقوة الجاذبية؟ وفيما تختلفان؟



الشكل 13-1 (الرسم ليس وفق مقياس رسم)

شحنة هذه المنطقة القريبة من الغيمة موجبة، مما يؤدي إلى ظهور قوة تجاذب.

34. a. يزداد انفراج ورقتي الكشاف. b. يقل انفراج ورقتي الكشاف.

35. التشابه: يعتمد التربيع العكسي على المسافة، وتتناسب القوة طرديًا مع حاصل ضرب كتلتين أو شحنتين. الاختلاف: هناك إشارة واحدة فقط للكتلة، لذا فإن قوة الجاذبية دائمًا قوة تجاذب، أما الشحنة فلها إشارتان، لذا فإن القوة الكهربائية يمكن أن تكون قوة تجاذب أو قوة تنافر.

31. استخدم عازلاً معروفًا لتمسك إحدى

نهايتي الجسم بالقرب من الكشاف الكهربائي. المس النهائية الأخرى للجسم بالقضيب المشحون، إذا انفرجت ورقتا الكشاف الكهربائي يكون الجسم موصلًا.

32. بدايةً، تنجذب الكرات المتعادلة إلى القضيب المشحون، وعندما تلامسه تكتسب شحنة مشابهة لشحنته، لذا تتنافر معه.

33. الشحنة في الغيمة تتنافر مع الإلكترونات على الأرض في المنطقة المقابلة لها، مما يؤدي إلى فصل الشحنة، فتصبح

## تقويم الفصل 1

## تقويم الفصل 1

- 36. القوة الكهربائية أكبر كثيراً.**
- 37. بعد شحن الكرتين A و B بشحنتين متساويتين اجعل الكرة B تلامس كرتين أخريين مماثلتين لها في الحجم وغير مشحونتين، وتلامس كل منهما الأخرى. ستتوزع الآن شحنة الكرة B بالتساوي على الكرات الثلاث، بحيث تحمل كل منها ثلث الشحنة الكلية.**
- 38. لنحصل على القوة نفسها بثلاث مقدار الشحنة الأصلية يجب تقليل المسافة بين الشحنتين بحيث تكون  $d^2 = \frac{1}{3}$ ، أو تساوي 0.58 مرة ضعف المسافة الابتدائية بينهما.**
- 39. أكبر من القوة الأصلية 16 مرة.**
- 40. قوى الجاذبية قوى جذب فقط. أما القوى الكهربائية فهي إما قوى جذب وإما قوى تنافر، وبإمكاننا الشعور فقط بالمجموع المتجهي لها، والذي يكون عادة صغيراً، ونشعر بقوة الجاذبية بسبب كتلة الأرض الكبيرة.**

### إتقان حل المسائل

#### 1-2 القوة الكهربائية

- 41. a.  $2F$  b.  $\frac{1}{4}F$  c.  $\frac{1}{9}F$  d.  $4F$  e.  $\frac{3}{4}F$**

**42.  $1.6 \times 10^{20}$  إلكترون.**

**43.  $1.0 \times 10^{-8} \text{ N}$  مبتعد أحدهما عن الآخر.**

**44.  $2.5 \times 10^2 \text{ N}$  في اتجاه الشحنة الأخرى.**

**45. 0.30 m**

**46.  $3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$**

**47. 98 N، في اتجاه الشرق.**

**36. قيمة الثابت K في قانون كولوم أكبر كثيراً من قيمة الثابت G في قانون الجذب العام. علام يدل ذلك؟**

**37. وُصِف هذا الفصل طريقة كولوم للشحن كرتين A و B، بحيث تكون الشحنة على الكرة B نصف الشحنة على الكرة A تماماً. اقترح طريقة تطبيقها لتصبح شحنة الكرة B مساوية لثالث شحنة الكرة A.**

**38. قاس كولوم انحراف الكرة A عندما كان للكرتين A و B الشحنة نفسها، وتبعد إحدهما عن الأخرى مسافة مقدارها r. ثم جعل شحنة الكرة B تساوي ثلث شحنة الكرة A. كم يجب أن تكون المسافة الجديدة بين الكرتين بحيث تنحرف الكرة A بمقدار مساوٍ لانحرافها السابق؟**

**39. يؤثر جسيان مشحونان أحدهما في الآخر بقوة مقدارها 0.145 N عندما كانا على بُعد معين أحدهما من الآخر. فإذا قُرب أحدهما إلى الآخر بحيث أصبحت المسافة بينهما رُبع المسافة السابقة فما مقدار القوة المؤثرة في كل منهما؟**

**40. القوى الكهربائية بين الشحنتين كبيرة جداً عند مقارنتها بقوى الجاذبية بينها، ومع ذلك لا نشعر عادة بالقوى الكهربائية بيننا وبين المحيط من حولنا، إلا أننا نشعر بتأثيرات قوى الجاذبية مع الأرض. فسّر ذلك.**

#### إتقان حل المسائل

#### 1-2 القوة الكهربائية

**41. شحنتان كهربائيتان،  $q_A$  و  $q_B$ ، تفصل بينهما مسافة r، ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة مقدارها F. حلّل قانون كولوم، وحدد القوة الجديدة التي تنتج تحت الظروف التالية:**

**a. مضاعفة الشحنة  $q_A$  مرتين.**

- b. تقليل الشحنتين  $q_A$  و  $q_B$  إلى النصف.**  
**c. مضاعفة r ثلاث أمثالها.**  
**d. تقليل r إلى النصف.**  
**e. مضاعفة  $q_A$  ثلاث أمثالها و r إلى المثلين.**

**42. السبرق إذا نقلت صاعقة برق قوية شحنة مقدارها 25 C إلى الأرض فما عدد الإلكترونات المنقولة؟**

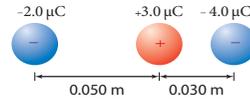
**43. الذرات إذا كانت المسافة بين إلكترونين في ذرة  $1.5 \times 10^{-10} \text{ m}$  فما مقدار القوة الكهربائية بينهما؟**

**44. شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما  $2.5 \times 10^{-5} \text{ C}$  والمسافة بينهما 15 cm. أوجد القوة التي تؤثر في كل منهما؟**

**45. إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين  $8.0 \times 10^{-5} \text{ C}$  و  $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$  تساوي  $2.4 \times 10^2 \text{ N}$  فاحسب مقدار المسافة بينهما.**

**46. إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الأخرى بقوة تنافر مقدارها  $6.4 \times 10^{-9} \text{ N}$ ، عندما كانت إحدهما تبعد عن الأخرى مسافة  $3.8 \times 10^{-10} \text{ m}$  فاحسب مقدار شحنة كل منهما.**

**47. تُسحب شحنة موجبة مقدارها  $3.0 \mu\text{C}$  بشحنتين سالبتين، كما هو موضح في الشكل 1-14. فإذا كانت إحدى الشحنتين  $2.0 \mu\text{C}$  - تبعد مسافة 0.050 m إلى الغرب، وتبعد الشحنة الأخرى  $4.0 \mu\text{C}$  - مسافة 0.030 m إلى الشرق فما مقدار واتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الموجبة؟**



الشكل 1-14

## تقويم الفصل 1

### تقويم الفصل 1

$$q_A = q = 5.2 \times 10^{-7} \text{ C} \quad .48$$

$$q_B = 3q = 1.5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$.a \quad 5 \times 10^{22} \text{ ذرة}$$

$$.b \quad 1 \times 10^{24} \text{ إلكترون}$$

$$.c \quad 2 \times 10^5 \text{ C}$$

### مراجعة عامة

$$.50 \quad 14 \text{ N}$$

$$.51 \quad 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$.52 \quad 5.0 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$.53 \quad 6.7 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$.54 \quad 1.6 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$.55 \quad 8.1 \times 10^{-10} \text{ m}$$

### التفكير الناقد

$$.56 \quad 2.3 \times 10^{39}$$

$$.a \quad 2.00 \text{ m على المحور } x$$

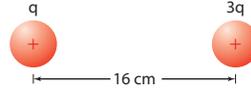
.b الشحنة الثالثة  $q_c$ ، تُختصر من المعادلة، لذا

لا يكون مقدارها ونوعها مهمين.

.c كما في الفرع b، يكون مقدار الشحنة الثالثة  $q_c$

ونوعها غير مهمين أيضاً.

.48. يوضح الشكل 1-15 كرتين مشحونتين بشحنتين موجبتين، شحنة إحداهما تساوي ثلاثة أمثال شحنة الأخرى، والمسافة بين مركزيهما 16 cm. إذا كانت القوة المتبادلة بينهما 0.28 N فما مقدار الشحنة على كل منهما؟



الشكل 1-15

.49. الشحنة على عملة نقدية ما مقدار الشحنة المقيسة بالكولوم للإلكترونات الموجودة في قطعة نقدية مصنوعة من النيكل؟ استخدم الطريقة التالية لتجد الإجابة:

- a. أوجد عدد الذرات في قطعة النقد إذا كانت كتلة القطعة 5g، منها 75% نحاس، أما الـ 25% المتبقية فمن النيكل، لذا تكون كتلة كل مول من ذرات القطعة 62 g.
- b. أوجد عدد الإلكترونات في قطعة النقد، علماً أن متوسط عدد الإلكترونات لكل ذرة يساوي 28.75.
- c. أوجد شحنة الإلكترونات بالكولوم.

### مراجعة عامة

.50. إذا لامست كرة فلزية صغيرة شحنتها  $1.2 \times 10^{-6} \text{ C}$  كرة مائلة متعادلة، ثم وُضعت على بُعد 0.15 m منها فما القوة الكهربائية بين الكرتين؟

.51. الذرات ما القوة الكهربائية بين إلكترون وبروتون يبعد أحدهما عن الآخر  $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$  (هذه المسافة تساوي نصف القطر التقريبي لذرة الهيدروجين).

.52. تؤثر قوة مقدارها 0.36 N في كرة صغيرة شحنتها  $2.4 \mu\text{C}$ ، وذلك عند وضعها على بُعد 5.5 cm من مركز كرة ثانية مشحونة بشحنة غير معروفة. ما مقدار شحنة الكرة الثانية؟

.53. كرتان متماثلتان مشحونتان، المسافة بين مركزيهما 12 cm. إذا كانت القوة الكهربائية بينهما 0.28 N فما شحنة كل كرة؟

.54. في التجربة المستخدم فيها جهاز كولوم، يبعد مركز كرة شحنتها  $3.6 \times 10^{-8} \text{ C}$  مسافة 1.4 cm عن مركز كرة ثانية غير معلومة الشحنة. إذا كانت القوة بين الكرتين  $2.7 \times 10^{-2} \text{ N}$  فما شحنة الكرة الثانية؟

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

### التفكير الناقد

.56. تطبيق المفاهيم احسب نسبة القوة الكهربائية إلى قوة الجاذبية بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين.

.57. حلل واستنتج وضعت الكرة A التي تحمل شحنة مقدارها  $64 \mu\text{C}$  عند نقطة الأصل، ووضعت كرة ثانية B تحمل شحنة سالبة مقدارها  $16 \mu\text{C}$  عند النقطة  $1.00 \text{ m}$  على محور x. أجب عن الأسئلة التالية:

- a. أين يجب وضع كرة ثالثة C شحنتها  $12 \mu\text{C}$  بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفراً؟
- b. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة C تساوي  $6 \mu\text{C}$  فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً؟
- c. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة سالبة ومقدارها  $12 \mu\text{C}$ ، فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً؟

## تقويم الفصل 1

58.  $F = 3.7 \times 10^2 \text{ N}$ ، في اتجاه يصنع زاوية  $197^\circ$

مع محور  $x$  الموجب.

59. a.  $9.8 \times 10^{-3} \text{ N}$

b.  $5.7 \times 10^{-3} \text{ N}$

c.  $2.4 \times 10^{-8} \text{ C}$

60. a.  $F_A = 3.7 \times 10^2 \text{ N}$ ، في اتجاه  $q_T$ ،

و  $F_B = 92 \text{ N}$ ، بعيداً عن  $q_T$ .

b. انظر دليل حلول المسائل.

c. انظر دليل حلول المسائل.

### الكتابة في الفيزياء

61. يجب أن تتضمن الإجابات المعلومات التالية:

اخترعت فارورة ليدن في منتصف أربعينيات القرن الثامن عشر، وكانت أول مكثف يتم استخدامه، وذلك خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر لتخزين الشحنات للكهرباء المتعلقة بالتجارب والعروض. أما آلة ويمشورت The Wimshurst فاستخدمت في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لتوليد وتفريغ الشحنات الكهربائية الساكنة. واستُبدل بها مولد فان دي جراف في القرن العشرين.

62. يجب أن يصف الطلاب التفاعل بين الشحنات

الموجبة والسالبة على المستوى الجزيئي. وعليهم ملاحظة أن مقادير هذه القوى هي المسؤولة عن الاختلافات في درجتي الانصهار والغليان، وعن خصوصية تمدد الماء بين  $0^\circ \text{C}$  و  $4^\circ \text{C}$ .

### مراجعة تراكمية

63.  $0.40 \text{ m}$

## تقويم الفصل 1

إذا كانت الشحنة الأولى  $q_A$  موجبة وتساوي  $3.6 \mu\text{C}$  وتقع على بُعد  $2.5 \text{ cm}$  من شحنة الاختبار  $q_T$  عند زاوية  $35^\circ$ ، والشحنة الثانية  $q_B$  سالبة ومقدارها  $6.6 \mu\text{C}$  وتقع على بُعد  $6.8 \text{ cm}$  من شحنة الاختبار عند زاوية  $125^\circ$ :

a. فحّد مقدار كل قوة من القوتين اللتين تؤثران في شحنة الاختبار  $q_T$ .

b. ارسم مخطّط القوة.

c. حدّد بالرسم القوة المحصلة المؤثرة في شحنة الاختبار  $q_T$ .

### الكتابة في الفيزياء

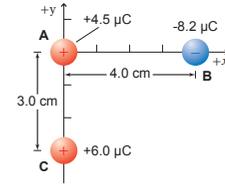
61. تاريخ العلم ابحث في الأجهزة المختلفة التي كانت تستخدم في القرنين السابع عشر والثامن عشر في دراسة الكهرباء الساكنة. قد تنطبق مثلاً إلى فارورة ليدن وآلة ويمشورست. ناقش كيف تم بناؤهما، ومبدأ عمل كل منهما.

62. هناك قوى بين جزيئات الماء تؤدي إلى أن يكون الماء أكبر كثافة عندما يكون سائلاً بين  $0^\circ \text{C}$  و  $4^\circ \text{C}$  مقارنة بحالته عندما يكون صلباً عند  $0^\circ \text{C}$ . هذه القوى في طبيعتها ما هي إلا قوى كهروستاتيكية. ابحث في القوى الكهروستاتيكية بين الجزيئات، ومنها قوى فان درفال وقوى الاستقطاب، ووصف أثرها في المادة.

### مراجعة تراكمية

63. إذا أثرت شحنتان  $2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$  و  $8.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  إحداهما في الأخرى بقوة مقدارها  $9.0 \text{ N}$  فاحسب مقدار البعد بينهما.

58. وضعت ثلاث كرات مشحونة، كما هو موضح في الشكل 1-16. أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.



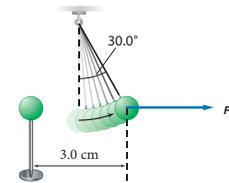
الشكل 1-16

59. يوضح الشكل 1-17 كرتي بيلسان، كتلة كل منهما  $1.0 \text{ g}$ ، وشحنتاهما متساويتان؛ إحداهما معلقة بخيط عازل، والأخرى قريبة منها ومثبتة على حامل عازل، والبعد بين مركزيهما  $3.0 \text{ cm}$ . إذا انزنت الكرة المعلقة عندما شكّل الخيط العازل الذي يحملها زاوية مقدارها  $30.0^\circ$  مع الرأسي فاحسب كلا مما يأتي:

a.  $F_g$  المؤثرة في الكرة المعلقة.

b.  $F_e$  المؤثرة في الكرة المعلقة.

c. الشحنة على كل من الكرتين.



الشكل 1-17

60. وضعت شحنتان نقطيتان ساكنتان  $q_A$  و  $q_B$  بالقرب من شحنة اختبار موجبة،  $q_T$ ، مقدارها  $+7.2 \mu\text{C}$ .

سلم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، ويمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعوق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتُظهر فهمًا أساسيًا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلًا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلًا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

5. القوة الكهربائية المتبادلة بين جسمين مشحونين تساوي 86 N. إذا حُرِّك الجسمان بحيث أصبحا على بُعد يساوي ستة أمثال البعد الذي كانا عليه سابقًا فما القوة الجديدة التي يؤثر بها كل منهما في الآخر؟

- (A) 2.4 N  
(B) 14 N  
(C) 86 N  
(D)  $5.2 \times 10^2$  N

6. جسيان مشحونان بالمقدار نفسه من الشحنة، ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة مقدارها 90 N، فإذا استبدلنا بأحدهما جسيمًا آخر له الحجم نفسه إلا أن شحنته أكبر من الجسم السابق ثلاث مرات فما القوة الجديدة التي يؤثر بها كل منهما في الآخر؟

- (A) 10 N  
(B) 30 N  
(C)  $2.7 \times 10^2$  N  
(D)  $8.1 \times 10^2$  N

7. إذا كانت كتلة جسيم ألفا  $6.68 \times 10^{-27}$  kg وشحنته  $3.2 \times 10^{-19}$  C فما النسبة بين القوة الكهروستاتيكية وقوة الجاذبية بين جسيمين من جسيمات ألفا؟

- (A) 1  
(B)  $4.8 \times 10^7$   
(C)  $2.3 \times 10^{15}$   
(D)  $3.1 \times 10^{35}$

8. تسمى عملية شحن جسم متعادل عن طريق ملامسته بجسم مشحون .....

- (A) التوصيل  
(B) الحث  
(C) التأريض  
(D) التفريغ

1. ما عدد الإلكترونات المنتقلة من كشاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة إذا كان صافي شحنته  $7.5 \times 10^{-11}$  C؟

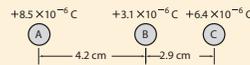
- (A)  $7.5 \times 10^{-11}$  إلكترون  
(B)  $2.1 \times 10^{-9}$  إلكترون  
(C)  $1.2 \times 10^8$  إلكترون  
(D)  $4.7 \times 10^8$  إلكترون

2. إذا كانت القوة المؤثرة في جسيم شحنته  $5.0 \times 10^{-9}$  C نتيجة تأثير جسيم آخر يبعد عنه 4 cm تساوي  $8.4 \times 10^{-5}$  N فما شحنة الجسيم الثاني؟

- (A)  $4.2 \times 10^{-13}$  C  
(B)  $2.0 \times 10^{-9}$  C  
(C)  $3.0 \times 10^{-9}$  C  
(D)  $6.0 \times 10^{-5}$  C

3. إذا وُضعت ثلاث شحنات A و B و C، على خط واحد، كما هو موضح أدناه، فما القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة B؟

- (A) 78 N في اتجاه A  
(B) 78 N في اتجاه C  
(C) 130 N في اتجاه A  
(D) 210 N في اتجاه D



4. ما شحنة كشاف كهربائي إذا كان عدد الإلكترونات الفائضة عليه  $4.8 \times 10^{10}$  إلكترون؟

- (A)  $3.3 \times 10^{-30}$  C  
(B)  $4.8 \times 10^{-10}$  C  
(C)  $7.7 \times 10^{-9}$  C  
(D)  $4.8 \times 10^{10}$  C

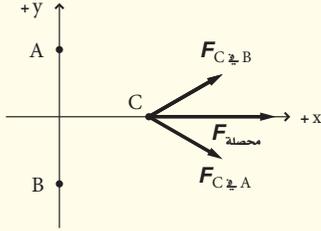
أسئلة الاختيار من متعدد

1. D  
2. C  
3. A  
4. C  
5. A  
6. C  
7. D  
8. A  
9. B

اختبار مقنن

الأسئلة الممتدة

10.  $0.46 \text{ N}$  = المحصلة  $F$  في اتجاه المحور  $x$  الموجب.



9. ذلك أحد بالوناً بقطعة صوف، فُشِّجَ البالون بشحنة سالبة ومقدارها  $8.9 \times 10^{-14} \text{ C}$ . ما القوة المتبادلة بين البالون وكرة فلزية مشحونة بـ  $25 \text{ C}$  وتبعد  $2 \text{ km}$  عنه؟

$8.9 \times 10^{-15} \text{ N}$  (A)

$5.0 \times 10^{-9} \text{ N}$  (B)

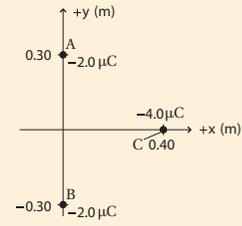
$2.2 \times 10^{-12} \text{ N}$  (C)

$5.6 \times 10^4 \text{ N}$  (D)

الأسئلة الممتدة

10. بالرجوع إلى الرسم أدناه، ما القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة C من قبل الشحنتين A وB؟ ضمّن إجابتك رسماً بيانياً يوضح متجهات القوى.

$F_{C \oplus A}$  و  $F_{C \oplus B}$  و المحصلة  $F$



إرشاد  
أجب بتأنٍ

تأكد من أنك أجبت عن السؤال الذي تطرحه المسألة. اقرأ الأسئلة والخيارات بروية وتأن. وتذكر أن حل معظم المسائل بصورة صحيحة أفضل من أن تحلها جميعها ويكون معظمها غير صحيح.

المواد والأدوات	الأهداف
	<b>افتتاحية الفصل</b>
	<b>2-1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها</b>
تجارب الطالب <b>تجربة استهلاكية</b> بالونان، وخيطان طول كل منها $\frac{1}{2}m$ ، وشريط لاصق.	1. تُعرّف المجال الكهربائي. 2. تحلّ مسائل متعلقة بالشحنة والمجالات والقوى الكهربائية. 3. ترسم خطوط المجال الكهربائي.
	<b>2-2 تطبيقات المجالات الكهربائية</b>
تجارب الطالب <b>تجربة</b> لوح بلاستيكي (أو بوليسترين) مربع الشكل طول ضلعه 30 cm، وماصة عصير، وخيط، وكرة بيلسان. <b>تجربة إضافية</b> مولّد كهربائي تعليمي ذو ذراع تدوير يدوي، وفولتметр، وأسلاك توصيل مزوّدة بمشابك فم التمساح، ورقائق الألومنيوم، وغلاف طعام بلاستيكي. <b>مختبر الفيزياء</b> بطارية 9 V، ومشابك أو مرابط خاصة ببطارية 9 V، وأسلاك توصيل، ومفتاح كهربائي، وفولتметр، ومقاوم كهربائي مقداره 47 k $\Omega$ ، وساعة إيقاف، ومكثّفات 240 $\mu F$ و 500 $\mu F$ و 1000 $\mu F$ . <b>عرض المعلم</b> <b>عرض سريع</b> جهاز توليد الكهرباء الساكنة بالحثّ (إلكتروفورس) مصنوع من البوليسترين (أو البلاستيك)، وصحن مصنوع من رقائق الألومنيوم، وصوف، وكأس بوليسترين، أو كأس بلاستيكية، وكرة بيلسان. <b>عرض سريع</b> ملف تسلا الحثي (ملف رومكورف)، ونظارات واقية.	4. تُعرّف فرق الجهد الكهربائي. 5. تحسب فرق الجهد من خلال الشغل اللازم لتحريك شحنة. 6. تصف كيفية توزيع الشحنة على الموصلات المصمتة والجوفاء. 7. تحلّ بعض المسائل على السعة الكهربائية.

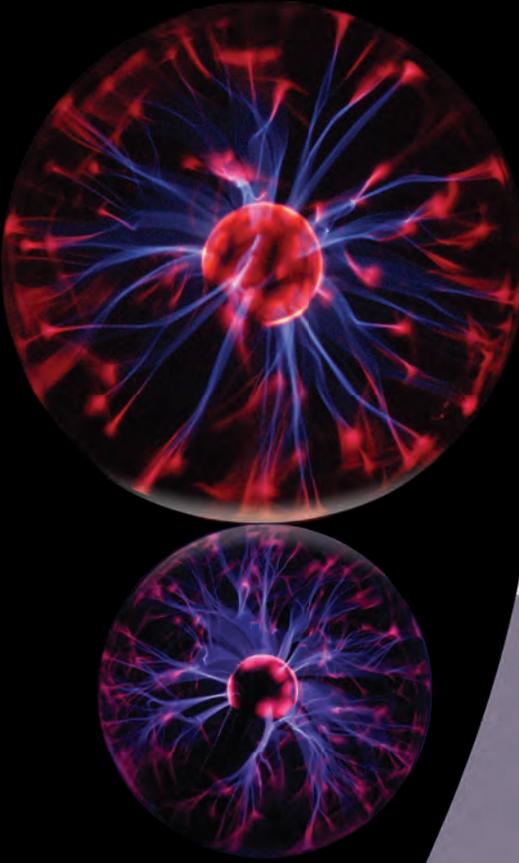
### طرائق تدريس متنوعة

1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلّم. 2م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط. 3م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
<p>تتضمّن أعمال <b>المعلم</b>: نسخة المعلم التفاعليّة، تخطيط الدّرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.</p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 2. ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39 دليل مراجعة الفصل، ص 43 اختبار قصير 1-2، ص 49 شريحة التدريس 1-2 ص 54 ربط الرياضيات مع الفيزياء</p>
<p>مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a></p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 2. دليل مراجعة الفصل، ص 43 اختبار قصير 2-2، ص 50 تعزيز الفهم ص 51 الإثراء، ص 52 شريحة التدريس 2-2 ص 56 شريحة التدريس 3-2 ص 58 شريحة التدريس 4-2 ص 60 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العمليّة، ص 22</p>

مصادر التقويم

<p>التقنية الموقع الإلكتروني <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a></p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 2 تقويم الفصل 2 ص 62 إختبارات الفيزياء التحضيرية</p>
---	---



### ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- ربط المجالات الكهربائية مع القوى الكهربائية، والتميز بينهما.
- ربط فرق الجهد الكهربائي مع الطاقة والشغل.
- وصف كيفية توزيع الشحنات على الموصلات.
- توضيح كيف تُخزّن المكثفات الشحنات الكهربائية.

### الأهمية

تعّد الكهرباء الشكل الرئيس للطاقة بالنسبة للمجتمعات الحديثة. تفرغ الطاقة الكبيرة تُحدث مولّد جهد عالٍ التوهج الذي تشاهده داخل كرات التفرغ المجاورة.

### فكر

لماذا لا يتوهج مصباح كهربائي عادي بالطريقة نفسها التي تتوهج بها كرات التفرغ الموضحة في الصورة المجاورة عند وصلها بمولّد جهد عالٍ؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية  
www.obeikameducation.com

### نظرة عامة إلى الفصل

طوال هذا الفصل سيتم مقارنة القوة الكهربائية مع قوة الجاذبية. سيتعلم الطلاب في البند 1-2 أن المجالات الكهربائية يمكنها أن تبذل شغلاً، وأن التفاعل بين شحنة الاختبار والمجال عند موقع شحنة الاختبار هو المسؤول عن نقل الطاقة، حيث يُخزّن المجال الكهربائي هذه الطاقة. ويستخدم قانون كولوم لحساب قوة المجال الكهربائي، عند أي نقطة. ويساعد رسم خطوط المجال الكهربائي الطلاب على تصوّر شدة المجال الكهربائي واتجاهه. وسيتعلم الطلاب في البند 2-2 الفروق في الجهد الكهربائي، ثم يستكشفون كيف تتوزع الشحنات في الموصلات، وكيف تُخزّن المكثفات الشحنات الكهربائية.

### فكر

ينتج التوهج في كرة البلازما عن تصادم الإلكترونات مع ذرات الغاز الموجود في الكرة عند حدوث التفرغ الكهربائي. وتحتوي كرة البلازما على غاز ذي ضغط منخفض وقطب كهربائي مركزي، وتغذي دائرة مهتزة القطب المركزي بجهد مقداره 10000 فولت تقريباً. والبلازما عبارة عن غاز مؤيّن بدرجة كبيرة تتحرك أيوناته نتيجة تأثير قوة كهربائية فيها من المجال الكهربائي في الكرة. وتؤدي حركتها هذه إلى حدوث تصادمات، ومن ثم تبادل للطاقة، حيث تُطلق الذرات أو الجزيئات المُستثارة الطاقة الزائدة المتبادلة في هذه التصادمات على شكل موجات كهرومغناطيسية، نراها في الصورة على شكل توهج.

### المفردات الرئيسية

- المجال الكهربائي
- خطوط المجال الكهربائي
- فرق الجهد الكهربائي
- السعة الكهربائية
- الفولت

### تجربة استهلاكية



#### الهدف يستكشف الطالب كيف تتفاعل

الأجسام المشحونة معاً عن بُعد.

4. سيتنافر البالونان المشحونان.  
5. سينجذب البالونان نحو اليد.

**التحليل** عند تقريب أحد البالونين إلى الآخر فإن البالون الثاني سيتحرك مبتعداً. وعند تقريب اليد إلى البالون سيتحرك البالون في اتجاه اليد.

**التفكير الناقد** يجب أن يفهم الطلاب التشابه بين المجال الكهربائي وقوة التجاذب بين الأجسام كفعل يؤثر عن بُعد.

**المواد والأدوات** بالونان، وخيطان طول كل منهما  $\frac{1}{2}m$ ، وشريط لاصق.

#### استراتيجيات التدريس

• تجنّب إجراء هذه التجربة في ظروف الرطوبة المرتفعة.

• ذكّر الطلاب أنهم عندما يشحنون البالونات، فإن عليهم أن يمسكوا الخيط فقط وأن يتجنبوا لمس البالون.

## 2-1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

### 1. التركيز

#### نشاط محفز

**القوى لإنجاز شغل** اشحن أنبوباً بلاستيكيًا طوله 1 m، كالذي يستخدم لتغطية عصا المضرب في نوادي الجولف، عن طريق دلكه بقطعة تغليف بلاستيكية كتلك المستخدمة في المطابخ. ضع علبة ألومنيوم فارغة على سطح طاولة على ألا تتركز على إحدى قاعدتيها، ولاحظ ما يحدث عند تحريك الأنبوب البلاستيكي المشحون أفقيًا فوقها. سيلاحظ الطلاب أنه يمكن دحرجة العلبة في أي اتجاه باستعمال الأنبوب دون أن تلمسها، وهذا نتيجة للقوى الكهروستاتيكية. سيتعلم الطلاب في هذا الفصل أن المجالات الكهربائية تؤثر بقوى يمكنها أن تنجز شغلاً. **14 بصري-مكاني**

#### الربط مع المعرفة السابقة

**القوى والقوانين** تُقدّم القوة الكهربائية كقوة مماثلة لقوة الجاذبية الأرضية. وسيُطبّق الطلاب قانون كولوم ومعادلة شدة المجال الكهربائي؛ لإيجاد القوة ومقدار شحنة الاختبار.

### تجربة استهلاكية

#### 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 كلاً منهما بخيط طوله  $\frac{1}{2}$  m.
2. ادلك أحد البالونين بثوبك 5-8 مرات حتى تشحنه، ثم علّقه في خزانة أو طاولة أو غيرها من وسائل التعليق، مستعملاً شريطاً لاصقاً لتثبيت طرف الخيط.
3. ادلك البالون الثاني بالطريقة نفسها، ثم علّقه.
4. **لاحظ** قُرب البالون الثاني إلى البالون الأول ببطء، ووصف سلوك البالونين. ألصق طرف خيط البالون الثاني بحيث يصبح معلقاً بجانب البالون الأول.
5. **لاحظ** قُرب يدك من البالونين المشحونين. ماذا يحدث؟



### 2-1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها Creating and Measuring Electric Fields

#### الأهداف

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

#### المفردات

- المجال الكهربائي
- خط المجال الكهربائي

تشبه القوة الكهربائية قوة التجاذب الكتلي التي درستها سابقاً؛ حيث تناسب القوة الكهربائية عكسياً مع مربع المسافة بين جسمين نقطيين مشحونين، كما تؤثر القوتان عن بُعد من مسافات كبيرة نسبياً، فكيف يمكن لقوة ما التأثير خلال ما يبدو أنه حيز فارغ؟ لأن الجسم A المشحون كهربائياً يؤثر بقوة في جسم آخر B مشحون كهربائياً عندما يكون موضوعاً في أي مكان في الفراغ أو الوسط، فقد اقترح مايكل فاراداي تفسيراً لذلك أن الجسم A يجب أن يعرّف بطريقة ما من خصائص ذلك الوسط. وسيشعر الجسم B بذلك التعرّف في الفراغ أو الوسط، وسيتأثر بقوة ناجمة عن التعرّف 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 شغلاً، فننتقل الطاقة من المجال إلى جسم آخر مشحون. وأنت تستخدم هذه الطاقة يومياً؛ سواء وصلت جهازاً كهربائياً بمقبس، أو استعملت جهازاً كهربائياً منتقلاً يعمل بطارية.

### 2-1 إدارة المصادر

**الملف الخاص** بمصادر الفصول 1-6

اختبار قصير 1-2، ص 49

شريحة التدريس 1-2، ص 54

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 2، ص 62

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39

## 2. التدريس

### استخدام التشابه

**القوة لكل وحدة أكد على التشابه بين مجال الجاذبية والمجال الكهربائي، ثم اكتب على السبورة**  
علاقة  $g = F/m$  و  $E = F/q'$ ، ووضح أن مجال الجاذبية عبارة عن قوة لكل وحدة كتلة، بينما المجال الكهربائي عبارة عن قوة لكل وحدة شحنة.

### تطوير المفهوم

**قياس شدة المجال** تعرّف شدة المجال الكهربائي عند أي نقطة بأنها القوة المؤثرة في شحنة اختبار موضوعة عند تلك النقطة. فمثلاً إذا أثرت قوة 10 N في شحنة اختبار مقدارها 1 C فإن المجال الكهربائي يساوي 10 N/C عند النقطة الموضوع فيها شحنة الاختبار. اسأل الطلاب: ما مقدار القوة المؤثرة في جسم شحنته 5 C موضوع عند النقطة نفسها؟ 50 N **2م**

### التفكير الناقد

**شدة المجال الكهربائي** اطلب إلى الطلاب إجراء المزيد من الاستقصاءات من خلال التجربة الاستهلاكية. واسألهم إذا كان من الممكن شحن بالون معزول بالحث. لا، ثم اطلب إليهم أن يوضحوا ماذا يحدث لبالون مشحون عند تقريب إحدى يديك للمسه. عندما يُقرب الطالب يده إلى البالون المشحون، تشحن يده بالحث، ويخضع البالون لقوتين من اليد؛ قوة تجاذب مع الشحنات المقيدة، وقوة تنافر مع الشحنات الحرة وتكون محصلتها تأثره بقوة تجاذب، وعند ملامسة اليد للبالون تفرغ شحنته. **2م**

### تطوير المفهوم

**تحديد الشحنة** اطلب إلى الطلاب اقتراح طريقة أخرى لتحديد ما إذا كان مولّد فان دي جراف مشحوناً بشحنة موجبة أو شحنة سالبة. قد تختلف الإجابات. فمثلاً إذا وضعوا الكاثود لأنبوب تفريغ بالقرب من قبة المولّد الفلزية المشحونة وتوهّج الأنبوب فإن المولّد يكون مشحوناً بشحنة سالبة. أما إذا كان المولّد مشحوناً بشحنة موجبة فإن على الطلاب الإمساك بالأنود بالقرب من القبة الفلزية للمولّد للحصول على التوهّج نفسه.

### المجال الكهربائي The Electric Field

كيف يمكن قياس المجال الكهربائي؟ ضع جسيماً صغيراً مشحوناً 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 1-2 الذي يوضح جسيماً مشحوناً بشحنة مقدارها  $q$ ، وافترض أنك وضعت شحنة الاختبار الموجبة في نقطة معينة، ولكن النقطة A مثلاً، ثم حسبت القوة  $F$ . ستتناسب هذه القوة طردياً مع مقدار شحنة الاختبار  $q'$ ، وذلك وفق قانون كولوم؛ أي أنه إذا تضاعفت الشحنة ستضاعف القوة كذلك، لذا تبقى النسبة بين القوة والشحنة ثابتة. وإذا قسمت القوة  $F$  على شحنة الاختبار  $q'$  فستحصل على كمية متجهة  $F/q'$ . وهذه الكمية لا تعتمد على شحنة الاختبار، وإنما تعتمد فقط على كل من القوة  $F$  والمسافة بين الشحنة وشحنة الاختبار A. ويعرّف عن المجال الكهربائي عند النقطة A؛ أي النقطة التي تمثل موقع شحنة الاختبار بالمعادلة التالية:

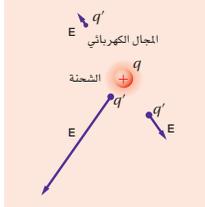
$$E = \frac{F}{q'}$$

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

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

يمكن تكوين صورة للمجال الكهربائي باستخدام الأسهم لتمثيل متجهات المجال عند مواقع مختلفة، كما هو موضح في الشكل 1-2؛ حيث يستخدم طول السهم لبيان شدة المجال، أما اتجاه السهم فيمثل اتجاه المجال. ولإيجاد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنتين عند نقطة يتم إيجاد المجال الكهربائي الناشئ عن كل شحنة على انفراد عند تلك النقطة، ثم يُجمع هذان المجالان جمعاً متجهياً. وتستخدم شحنة اختبار لرسم المجال الناشئ عن أي تجمع للشحنات. ويوضح الجدول 1-2 قيم المجالات الكهربائية المثالية الناتجة عن تجمعات معينة للشحنات.

يجب قياس المجال الكهربائي باستخدام شحنة اختبار صغيرة جداً فقط؛ وذلك لأن شحنة الاختبار تؤثر أيضاً بقوة في الشحنة  $q$ . ومن المهم ألا تؤدي القوة التي تؤثر بها شحنة الاختبار إلى إعادة توزيع شحنات الموصل، مما يسبب تحريك الشحنة  $q$  إلى موقع آخر عليه، فيؤدي ذلك إلى تغيير القوة المؤثرة في  $q$ ، ومن ثمّ تغير شدة المجال الكهربائي الذي يتم قياسه. لذا يجب أن تكون شحنة الاختبار صغيرة جداً، بحيث يمكن إهمال تأثيرها في الشحنة  $q$ .



الشكل 1-2 تُستخدم الأسهم لتمثيل مقدار المجال الكهربائي المتولد حول شحنة كهربائية عند مواقع مختلفة، واتجاهه.

### الخلفية النظرية للمحتوى

### معلومة للمعلم

**المجالات الكهربائية والصحة** في جامعة بريستول في بريطانيا أجرى فريق تأثيرات الإشعاع في الإنسان مجموعة من التجارب على خط قدرة كهربائية 400 kV، و 50 Hz، حيث تكون شدة المجال الكهربائي على بُعد 1 m فوق مستوى سطح الأرض 4000 N/C تقريباً. واكتشف فريق البحث أن ملوثات الهواء تُسحب نحو منطقة المجال الكهربائي، وتتركز بعد ذلك تحت خطوط القدرة الكبيرة، وتصبح مُستقطبة. وتتحرك الأقطاب حركة تذبذبية تؤدي إلى جعل الجسيمات لزجة، لذا تكون احتمالية التصاقها بأنسجة الرئة أكبر. ولأن جهاز المناعة البشري يعتاد التعامل مع الملوثات الموجودة في الهواء فإن تواجد هذه الملوثات يمثل تلك التراكمات بالإضافة إلى خصائص التصاقها المتزايدة، سيكون له تأثيرات خطيرة في الصحة.

## المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**القوة مقابل المجال** قد يخلط بعض الطلاب وتشوش أفكارهم عند دراسة المجال الكهربائي حول شحنة اختبار معتقدين أن المجال الكهربائي هو القوة المؤثرة في شحنة الاختبار. وضح لهم أن المجال الكهربائي عبارة عن نسبة تقيس القوة لكل وحدة شحنة؛  $E = \frac{F}{q}$ . استخدم المثال 1، والمثال الصفي لاستكشاف ما يحدث لمقدار شدة المجال الكهربائي عند مضاعفة القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة.

### مثال صفي

**سؤال** قيس مجال كهربائي باستخدام شحنة اختبار موجبة مقدارها  $3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  فتأثرت بقوة مقدارها  $0.24 \text{ N}$  بزاوية  $15^\circ$  في اتجاه شمال الشرق. ما مقدار شدة المجال الكهربائي واتجاهه عند موقع شحنة الاختبار؟

### الجواب

استخدم العلاقة  $E = F/q'$ ، حيث  $q' = 3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  و  $F = 0.24 \text{ N}$  وحل بالنسبة لشدة المجال  $E = (0.24 \text{ N}) / (+3.0 \times 10^{-6} \text{ C}) = 8.0 \times 10^4 \text{ N/C}$

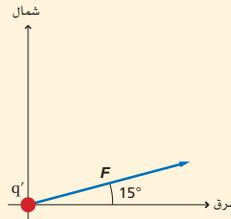
شحنة الاختبار موجبة، لذا سيكون القوة المؤثرة فيها والمجال الكهربائي في الاتجاه نفسه؛ أي بزاوية مقدارها  $15^\circ$  في اتجاه شمال الشرق. وإذا تضاعفت القوة المؤثرة في الشحنة ستتضاعف شدة المجال الكهربائي.

### الجدول 2-1

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

### مثال 1

**شدة المجال الكهربائي** قيس مجال كهربائي في الهواء باستخدام شحنة اختبار موجبة مقدارها  $3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ، فتأثرت هذه الشحنة بقوة مقدارها  $0.12 \text{ N}$  في اتجاه يميل بزاوية  $15^\circ$  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  $15^\circ$  شمال الشرق.

#### المجهول

$E = ?$

#### المعلوم

$q' = +3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$

بزاوية  $15^\circ$  شمال الشرق،  $F = 0.12 \text{ N}$

#### 2 إيجاد الكمية المجهولة

بالتعويض عن  $F = 0.12 \text{ N}$ ،  $q' = 3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$

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

ويميل بزاوية  $15^\circ$  شمال الشرق،  $E = 4.0 \times 10^4 \text{ N/C}$

#### دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية ص 202 و 203

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{0.12 \text{ N}}{3.0 \times 10^{-6} \text{ C}} = 4.0 \times 10^4 \text{ N/C}$$

#### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ وحدة قياس شدة المجال الكهربائي  $\text{N/C}$ .
- 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 2-1.

### طرائق تدريس متنوعة

### نشاط

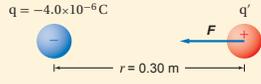
**إعاقة بصرية** يصعب غالباً على الطلاب الذين يعانون من ضعف البصر إدراك أن بعض الظواهر تحدث في الفضاء الثلاثي الأبعاد عندما تعرض كصورة ثنائية الأبعاد في الكتاب. ساعد الطلاب على إدراك أن المجال الكهربائي في الحقيقة ثلاثي الأبعاد. اطلب إليهم عمل نموذج للمجال الكهربائي المحيط بشحنة موجبة، حيث يمكنهم استخدام الصلصال وأعواد الأسنان، أو منظفات الأنابيب، أو أي مواد أخرى مناسبة. وتحقق في أثناء عمل الطلاب للنموذج من أن خطوط المجال الكهربائي موجهة إلى المحاور  $x, y, z$ . ثم اطلب إليهم أن يوضحوا اتجاه خطوط المجال الكهربائي عند عرض نموذجهم. **2م حسي-حركي**

مثال 2

شدة المجال الكهربائي ما شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 0.30 m تقع عن يمين كرة صغيرة مشحونة بشحنة مقدارها  $-4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ؟

1 تحليل المسألة ورسمها

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



المعلوم  
 $q = -4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$   
 $r = 0.30 \text{ m}$   
 المجهول  
 $E = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

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

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

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

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

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

بالتعويض عن

$$= (9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(-4.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.30 \text{ m})^2}$$

$$= -4.0 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$q = -4.0 \times 10^{-6} \text{ C}, d = 0.30 \text{ m}$$

$$K = 9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

في اتجاه الكرة أو في اتجاه اليسار  $E = 4.0 \times 10^5 \text{ N/C}$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟  $(\text{N.m}^2/\text{C}^2)(\text{C})/\text{m}^2 = \text{N/C}$ . تكون الوحدات الناتجة  $\text{N/C}$  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 1-2.

مسائل تدريبية

1. يؤثر مجال كهربائي بقوة مقدارها  $2.0 \times 10^{-4} \text{ N}$  في شحنة اختبار موجبة مقدارها  $5.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ . ما مقدار المجال الكهربائي عند موقع شحنة الاختبار؟
2. وُضعت شحنة سالبة مقدارها  $2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$  في مجال كهربائي، فتأثرت بقوة مقدارها  $0.060 \text{ N}$  في اتجاه اليمين. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند موقع الشحنة؟
3. وُضعت شحنة موجبة مقدارها  $3.0 \times 10^{-7} \text{ C}$  في مجال كهربائي شدته  $27 \text{ N/C}$  يتجه إلى الجنوب. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة؟

سؤال ماذا يحدث للمجال الكهربائي عندما تقل المسافة بين شحنتين إلى النصف؟ قارن النتيجة التي تحصل عليها مع نتيجة المثال 2، ثم أوجد شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 0.15 m إلى اليمين من كرة شحنتها  $-4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ .

الجواب

في هذه الحالة يصير المجال أربعة أمثاله، وهذا مثال على التربيع العكسي. استخدم العلاقة

$E = F/q'$  مع قانون كولوم، وعوّض في مايلي:

$$F = K(qq'/d^2) \text{ حيث}$$

$$K = 9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

$$d = 0.15 \text{ m} \text{ و } q = -4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$E = K(qq'/d^2)/q'$$

$$= K(q/d^2)$$

$$= (9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2)(-4.0 \times 10^{-6} \text{ C})$$

$$/(0.15 \text{ m})^2$$

$$= -1.6 \times 10^6 \text{ N/C}$$

تشير الإشارة السالبة إلى أن شحنة الاختبار الموجبة ( $q'$ ) تنجذب في اتجاه الشحنة النقطية السالبة  $q$ .

## مسائل تدريبية

1.  $4.0 \times 10^1 \text{ N/C}$
2.  $3.0 \times 10^6 \text{ N/C}$  في اتجاه اليسار.
3.  $8.1 \times 10^{-6} \text{ N}$
4.  $-3.2 \times 10^{-8} \text{ C}$
5. a. لا. ستكون القوة المؤثرة في الشحنة  $2.0 \mu\text{C}$  ضعفي القوة المؤثرة في الشحنة  $1.0 \mu\text{C}$ .
- b. نعم؛ لأنك ستقسم القوة على مقدار شحنة الاختبار.
6.  $2.6 \times 10^4 \text{ N/C}$
7. لأن شدة المجال تناسب مع مربع البعد عن الشحنة النقطية فإن شدة المجال الجديدة تساوي  $\frac{1}{4}$  شدة المجال الأصلي؛ أي  $6.5 \times 10^3 \text{ N/C}$
8.  $2.5 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، وسيكون اتجاه المجال في اتجاه الشرق؛ أي بعيداً عن الشحنة النقطية الموجبة.
9.  $-3.1 \times 10^{-9} \text{ C}$ ، وستكون الشحنة سالبة؛ لأن المجال يتجه نحوها.
10.  $7.7 \text{ m}$

4. وُضعت كرة بيلسان وزنها  $2.1 \times 10^{-3} \text{ N}$  في مجال كهربائي شدته  $6.5 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، يتجه رأسيًا إلى أسفل. ما مقدار الشحنة التي يجب أن توضع على الكرة ونوعها، بحيث توازن القوى الكهربائية المؤثرة فيها قوة الجاذبية الأرضية، وتبقى الكرة معلقة في المجال؟
5. يفحص زيد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة مجهولة المقدار والنوع. في رسم أولاً للمجال بشحنة اختبار مقدارها  $1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ، ثم يكرر عمله بشحنة اختبار أخرى مقدارها  $2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ .
- a. هل يحصل زيد على القوى نفسها في الموقع نفسه عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضح إجابتك.
- b. هل يجد زيد أن شدة المجال هي نفسها عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضح إجابتك.
6. ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد  $1.2 \text{ m}$  عن شحنة نقطية مقدارها  $4.2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ؟
7. ما مقدار 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  $1.6 \text{ m}$  إلى الشرق من شحنة نقطية مقدارها  $7.2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ؟
9. إذا كانت شدة المجال الكهربائي الناشئ على بُعد  $0.25 \text{ m}$  من كرة صغيرة مشحونة يساوي  $450 \text{ N/C}$  وينتجه نحو الكرة فما مقدار ونوع شحنة الكرة؟
10. على أي بُعد من شحنة نقطية مقدارها  $2.4 \times 10^{-6} \text{ C}$  يجب وضع شحنة اختبار للحصول على مجال كهربائي شدته  $360 \text{ N/C}$ ؟

حسبت حتى الآن المجال الكهربائي عند نقطة مفردة. تخيل أنك حرّكت شحنة الاختبار إلى موقع آخر. احسب مرة أخرى القوة المؤثرة فيها، ثم احسب المجال الكهربائي. كرّر هذه العملية عدة مرات إلى أن تقيس الكمية المتجهة لشدة المجال الكهربائي وتعيّنه في كل موقع من الوسط أو الفراغ المحيط بالشحنة. سيكون المجال الكهربائي موجوداً عند أي نقطة حتى لو لم يكن عندها شحنة اختبار. وستأثر أي شحنة توضع في مجال كهربائي بقوة ناتجة عن المجال الكهربائي في ذلك الموقع، حيث يعتمد مقدار هذه القوة على مقدار كل من المجال الكهربائي  $E$  والشحنة  $q$  الموضوعية في تلك النقطة؛ أي أن  $F = Eq$ . ويعتمد اتجاه هذه القوة على اتجاه المجال وعلى نوع الشحنة المتأثرة  $q$ .

## متقدم

## نشاط

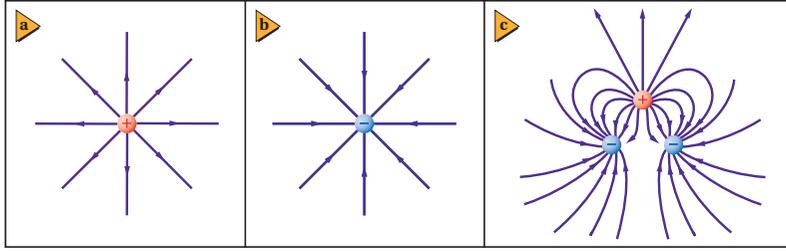
**طواحين المجال الكهربائي** لتجنب احتمال ضرب المركبة الفضائية بصاعقة كهربائية عند إطلاقها يستخدم المهندسون في وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) نوعاً من المجسات يسمى طاحونة المجال الكهربائي؛ وذلك لقياس شدة المجالات الكهربائية في الغيوم والمنطقة المحيطة بها على امتداد مسار المركبة الفضائية. شجّع الطلاب على أن يبحثوا حول طواحين المجال الكهربائي، ومن ثم يصمّموا واحدة خاصة بهم من موارد البيئة المحيطة، حيث يمكنهم استخدامها أو عية القمامة، وقوالب عمل الكعك، ومحرك كهربائي، وأجهزة أخرى. تأكد من توضيح الطلاب كيفية استخدام (ناسا) طواحين المجال الكهربائي لتحديد مقدار وقطبية المجال الكهربائي المحيط (من خلال قياس سعة وطور التيار الذي يتدفق من الأجزاء الثابتة في المولد أو المحرك وإليها). يعرض الطلاب طواحين المجال الكهربائي الخاصة بهم لزملائهم في الصف. **2م حسي-حركي**

## المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**اتجاه القوة** قد لا يدرك الطلاب أن خطوط المجال أو خطوط القوة تتجه من الشحنات الموجبة إلى الشحنات السالبة. أكد أن اتجاه المجال الكهربائي يكون في اتجاه القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة. أما لشحنة اختبار سالبة فيكون اتجاه المجال الكهربائي في عكس اتجاه القوة المؤثرة فيها.

## استخدام التشابه

**الخطوط الكنتورية** تستخدم الخطوط الكنتورية في الخرائط لبيان الارتفاع عن سطح الأرض، وهذه الخطوط ليس لها وجود في الواقع؛ أي أنه لا يمكن لأحد أن يجد خطوطاً كنتورية عند سفره وتجوّاله. وبالمثل فإن خطوط المجال الكهربائي لا وجود لها في الواقع. وتفيدنا خطوط القوة أو خطوط المجال في تمثيل شدة المجال الكهربائي فقط. ويمكن للطلاب تفسير تقارب خطوط المجال الكهربائي بعضها إلى بعض، كما فسروا تقارب الخطوط الكنتورية؛ فالمناطق التي تكون فيها الخطوط الكنتورية قريبة بعضها إلى بعض يكون ميلها حاداً، والمناطق التي تكون فيها خطوط المجال الكهربائي قريبة بعضها إلى بعض يكون المجال الكهربائي فيها أقوى مقارنة بالمواقع التي تكون فيها خطوط المجال أكثر تباعدًا.



### تمثيل المجال الكهربائي Picturing the Electric Field

يُظهر الرسم في الشكل 2-2 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 مُثِّلت 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 المتباعد عن الشحنة الموجبة؛ أي في اتجاه الخط الخارج منها. لذا تنتشر خطوط المجال شعاعياً إلى الخارج كما هو موضح في الشكل 2-2a مثل أسلاك عجلات الدراجة الهوائية. أما اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة موضوعة بالقرب من شحنة سالبة فهو في اتجاه الخط المتقرب من الشحنة السالبة؛ أي في اتجاه الخط الداخل إليها، كما هو موضح في الشكل 2-2b. وفي حالة وجود شحنتين أو أكثر يكون المجال الناتج عبارة عن الجمع الاتجاهي للمجالات الناتجة عن هذه الشحنات، وعندها تصبح خطوط المجال منحنية وأنهاطها أكثر تعقيداً، كما هو موضح في الشكل 2-2c. لاحظ أن خطوط المجال الكهربائي تخرج دائماً من الشحنة الموجبة وتدخل إلى الشحنة السالبة، ولا يمكن أن تتقاطع مطلقاً.

هناك طريقة أخرى لتمثيل خطوط المجال الكهربائي تلتخص 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 نمطاً لخطوط المجال الكهربائي، كما هو موضح في الشكل 2-3. وخطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية لا وجود لها في الواقع، وهي وسيلة لتقديم نموذج للمجال الكهربائي. أما المجالات الكهربائية فهي موجودة،

■ الشكل 2-2 رُسمت خطوط القوى بصورة متعامدة خارجة من جسم شحنته موجبة (a)، ورُسمت بصورة متعامدة داخلية إلى جسم شحنته سالبة (b). ورُسمت خطوط المجال الكهربائي بين جسمين سالبين الشحنة وآخر شحنته موجبة (c).

### مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

#### نشاط

**رسم خطوط المجال الكهربائي** اطلب إلى الطلاب رسم مخططات توضيحية يوضحون من خلالها خطوط المجال الكهربائي لشحنات نقطية مختلفة. فمثلاً تتدفق خطوط المجال الكهربائي خارجة من شحنة نقطية موجبة، في حين تتدفق نحو الشحنة النقطية السالبة، أما لشحنتين نقطيتين موجبتين فإن خطوط المجال تتدفق مبتعدة عن كلتا الشحنتين؛ لأن الشحنات المتشابهة تتنافر. ولشحنة نقطية موجبة وأخرى سالبة، تتدفق خطوط المجال خارجة من الشحنة الموجبة وداخلية إلى الشحنة السالبة. وفي جميع الحالات لا تتقاطع خطوط المجال معاً أبداً. **1٦ بصري-مكاني**

## تعزير الفهم

**شحنة الأرض** يوجد على سطح الأرض مجال كهربائي مقداره  $150 \text{ N/C}$  تقريباً، ويتجه إلى أسفل. أسأل الطلاب: ما نوع شحنة الأرض حتى تسبب مثل هذا الاتجاه للمجال؟ **يجب أن تكون الأرض مشحونة بشحنة سالبة. 2م**

### استخدام الشكل 4-2

يربط معظم الطلاب المجال الكهربائي مع السطح المستوي. اطلب إلى الطلاب تحليل الصورة الفوتوجرافية للتلميذة التي تلمس مولد فان دي جراف الموضح في الشكل 4b-2، حيث يمكنهم مشاهدة جبهة رأس التلميذة، ولكن كيف تبدو مؤخره رأس التلميذة كما يتخيلها الطلاب؟ **الشعر منتصب.** أسأل الطلاب ما الذي يستنتجونه من هذه الصورة عن المجال الكهربائي؟ **ينتشر المجال الكهربائي في ثلاثة أبعاد. 2م**

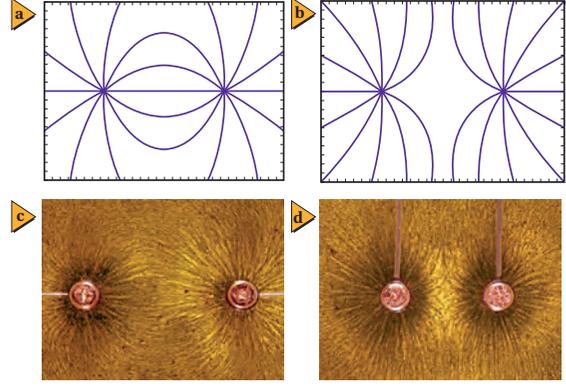
### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 1-2

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)



■ الشكل 3-2 تصف خطوط القوة بين الشحنات المختلفة (a و c)، وبين الشحنات المشابهة (b و d) سلوك جسم مشحون بشحنة موجبة في مجال كهربائي. والصورتان في الأعلى (a و b) رسم تصويري لخطوط المجال الكهربائي للصورتين السفليتين تم تنفيذها بالحاسوب.



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

ابتكر روبرت فان دي جراف في ثلاثينيات القرن العشرين مولد الكهرباء الساكنة ذا الفولتية الكبيرة الموضح في الشكل 4a-2. وهو جهاز يعمل على نقل كميات كبيرة من الشحنة الكهربائية من جزء محدد 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. ويبدل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي. ويُشحن الشخص كهربائياً عندما يلمس قبة مولد فان دي جراف الفلزية؛ حيث تؤدي هذه الشحنات إلى تناثر شعر الشخص بعضه عن بعض، مسبباً تغير اتجاهه، فيصبح اتجاه الشعر في اتجاه خطوط المجال الكهربائي، كما هو موضح في الشكل 4b-2.

■ الشكل 4-2 في مولد فان دي جراف (a)، تنتقل الشحنات إلى الحزام المتحرك عند النقطة A، ثم تنتقل من الحزام المتحرك إلى القبة الفلزية عند B. ويبدل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي. وعندما يلمس شخص قبة مولد فان دي جراف تكون النتائج ماثرة (b).



### 3. التقويم

#### التحقق من الفهم

خطوط المجال الكهربائي اطلب إلى الطلاب رسم خطوط المجال الكهربائي للوح كبير مشحون بشحنة موجبة. تتدفق خطوط المجال خارجة من اللوح من كلا جانبيه. **14 بصري-مكاني**

#### التوسع

شدة المجال الكهربائي أسأل الطلاب عما إذا كان هناك حدود لمدى قوة المجال الكهربائي. نعم، هناك حد؛ لأن توليد المجال يعتمد على تراكم الشحنات، وعندما تصل الشحنات إلى كثافة معينة تبدأ في التنافر متباعدة بعضها عن بعض. **24**

#### 2-1 مراجعة

11. 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 تحدد مقدار المجال؟ وكيف تختار مقدار شحنة الاختبار؟ وكيف تحدد اتجاه المجال؟
12. شدة المجال واتجاهه تؤثر قوة كهربائية مقدارها  $1.50 \times 10^{-3} \text{ N}$  في اتجاه الشرق في شحنة اختبار موجبة مقدارها  $2.40 \times 10^{-8} \text{ C}$ ، أوجد المجال الكهربائي في موقع شحنة الاختبار.
13. خطوط المجال الكهربائي في الشكل 2-3، هل يمكنك تحديد أيّ الشحنتين موجبة، وأيها سالبة؟ ماذا تضيف لإكمال خطوط المجال؟
14. المجال مقابل القوة كيف يختلف تأثير المجال الكهربائي  $E$  في شحنة اختبار عن تأثير القوة  $F$  في شحنة الاختبار نفسها؟
15. التفكير الناقد افترض أن الشحنة العلوية في الشكل 2-2c هي شحنة اختبار موضوعة في ذلك المكان؛ لقياس محصلة المجال الناشئ عن الشحنتين السالبتين. هل الشحنة صغيرة بدرجة كافية للقيام بعملية القياس بدقة؟ وضح إجابتك.

#### 2-1 مراجعة

11. يمكنك استكشاف المجال بوضع شحنة اختبار عند تلك النقطة، ثم تحدد ما إذا كانت هناك قوة تؤثر فيها. ولحساب مقدار المجال اقسّم مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار على مقدار شحنة الاختبار. أما عن اختيار مقدار شحنة الاختبار فعليك مراعاة أن يكون مقدارها صغيراً جداً مقارنة بمقادير الشحنات التي تولّد المجال. بعد ذلك حدّد اتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار؛ وذلك لتحديد اتجاه المجال.
12.  $6.25 \times 10^4 \text{ N/C}$  في اتجاه الشرق.
13. لا يجب أن يكون لخطوط المجال رؤوس أسهم تشير إلى اتجاهها؛ حيث تكون خارجة من الشحنة الموجبة وداخلية إلى الشحنة السالبة.
14. يعدّ المجال خاصية لتلك المنطقة من الفضاء، ولا يعتمد على شحنة الاختبار المستخدمة في قياسه. بينما تعتمد القوة الكهربائية على مقدار شحنة الاختبار ونوعها.
15. لا. هذه الشحنة كبيرة بمقدار كافٍ لتوليد مجال كهربائي قادر على تشويه المجال الناتج عن الشحنتين الأخريين.

## 2-2 تطبيقات المجالات الكهربائية

## 2-2 تطبيقات المجالات الكهربائية Applications of Electric Fields

### 1. التركيز

#### نشاط محفز

**استقرار الشحنة** ضع علبه فلزية فارغة على لوح عازل، كقطعة فلين مثلاً، ثم اشحنها. دع موصلًا معزولاً يلمس العلبة من الداخل، ثم حركه في اتجاه كشاف كهربائي ليلمس قرصه، ثم أشر إلى أن ورقتي الكشاف الكهربائي لا تنفرجان. كرر هذه الخطوة مع جعل الموصل يلمس السطح الخارجي للعلبة، ثم أشر للطلاب إلى أن ورقتي الكشاف الكهربائي ستنفرجان في هذه المرة. واسألهم: مادلالة ذلك حول كيفية استقرار الشحنة الكهربائية وتوزيعها؟ **تتوزع الشحنات على السطح الخارجي للجسم، وليس على سطحه الداخلي. 1٢ بصري-مكاني**

#### الربط مع المعرفة السابقة

**طاقة الوضع** كما في البند 1-2، يمكن أن يستمر الطلاب في عقد تشابهات مع قوة الجاذبية الأرضية وطاقة الوضع. إن مراجعة قانون حفظ الطاقة ستساعد الطلاب على فهم الجهد الكهربائي.

### 2. التدريس

#### المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**الجهد مقابل الفولت** الجهد كمية فيزيائية يعبر عنها بوحدة الفولت. لمساعدة الطلاب على فهم الجهد اقترح عليهم التفكير في الكولوم باعتباره كمية من الكهرباء، عندها يكون الفولت مقياساً لمقدار الطاقة المعبر عنها بوحدة الجول، لذا فإن فولتاً واحداً يصف جولاً واحداً من الطاقة لكل كولوم. والفولت وحدة لقياس فرق الجهد، ونستخدم عادة مصطلح الجهد ليحل محل مصطلح فرق الجهد الكهربائي.

#### الأهداف

- تعرف 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
- السعة الكهربائية

إن مفهوم الطاقة مفيد جداً في الميكانيكا، كما تعلمت من قبل. ويُمكننا 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.

#### الطاقة والجهد الكهربائيان Energy and Electric Potential

تذكر التغير في طاقة وضع الجاذبية لكرة عند رفعها، كما هو موضح في الشكل 5-2. إن كلاً من قوة الجاذبية  $F$  ومجال الجاذبية  $\vec{g} = \frac{F}{m}$  يتجه نحو الأرض. فإذا رفعت كرة في اتجاه معاكس لاتجاه قوة الجاذبية فإنك تبذل شغلاً عليها، مما يؤدي إلى زيادة طاقة وضعها.

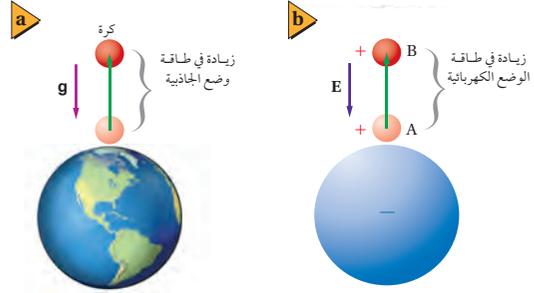
وهذه الحالة ماثلة لحالة شحنتين مختلفتين في النوع؛ حيث تجذب كل منهما الأخرى، لذا يجب أن تبذل شغلاً لسحب إحدى الشحنتين وإبعادها عن الأخرى. وعندما تبذل ذلك الشغل تكون قد نقلت طاقة إلى الشحنة، حيث تحتزن هذه الطاقة فيها على شكل طاقة وضع كهربائية، وكلما زاد مقدار الشحنة كانت الزيادة في طاقة وضعها الكهربائية  $\Delta PE$  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  $\vec{E} = \frac{F}{q'}$  هو القوة لكل وحدة شحنة. وبطريقة مشابهة يُعرّف فرق الجهد الكهربائي  $\Delta V$  بين نقطتين بأنه الشغل المبذول لتحريك شحنة اختبار موجبة بين نقطتين داخل مجال كهربائي مقسوماً على مقدار تلك الشحنة.

$$\Delta V = \frac{W_{\text{عل}}}{q'}$$

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

■ الشكل 5-2 هناك حاجة إلى بذل شغل لتحريك جسم في اتجاه معاكس لاتجاه قوة الجاذبية الأرضية ( $g$ )، وفي اتجاه معاكس لاتجاه القوة الكهربائية ( $E$ ). وفي كلتا الحالتين ستزداد طاقة وضع الجسم.



#### 2-2 إدارة المصادر

**الملف الخاص** بمصادر الفصول 1-6

- اختبار قصير 2-2، ص 50
- شريحة التدريس 2-2 ص 56
- شريحة التدريس 2-3 ص 58
- شريحة التدريس 2-4 ص 60
- ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 2، ص 62

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39

## تطبيق الفيزياء

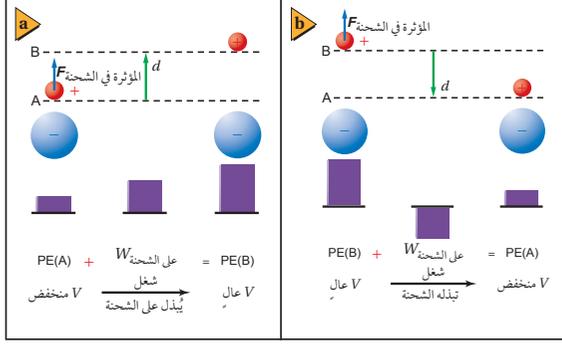
ذكر الطلاب أنه إضافة إلى أن الأجهزة الإلكترونية سهلة التلف فإنه يمكنها أيضاً أن تلحق الضرر بالإنسان. سألتهم إذا كانوا قد شاهدوا أي نوع من علامات التحذير على أجهزة الحاسوب والمذياع والتلفاز والفيديو. أخبر طلاب الصف أنهم قد يتعرضون لصدمة كهربائية حتى عندما يكون مصدر القدرة في وضع الإطفاء (غير شغال)؛ وذلك لأن المكثفات قد تكون ما زالت مشحونة، فإذا لمسوا قطباً مشحوناً فإنهم قد يتعرضون لصدمة كهربائية كبيرة. لأنه ليست جميع الأقطاب مؤرّضة.

## استخدام التشابه

الجهد والارتفاع الفولت في الكهرباء يشبه الارتفاع في حسابات طاقة وضع الجاذبية الأرضية. ففي حالة الكهرباء تتحرك الإلكترونات من الجهد الأقل موجبية إلى الجهد الأكثر موجبية. وهذا ما يفسر استخدامنا للتيار الاصطلاحي؛ حيث تتحرك الشحنات الموجبة من الجهد الأعلى موجبية إلى الجهد الأقل موجبية. وفي حالة الجاذبية الأرضية تسقط الأجسام من الارتفاع الأكبر إلى الارتفاع الأقل. عمّم هذا التماثل بالإشارة إلى أن الشحنات الموجبة تتحرك في اتجاه المناطق ذات الجهد الكهربائي الأقل، تماماً كما يتدحرج حجر كبير على منحدر في اتجاه تكون فيه طاقة وضع الجاذبية الأرضية أقل.

## تطوير المفهوم

فرق الجهد أسأل الطلاب: هل يمكنهم قياس الجهد عند نقطة مفردة عملياً؟ لا؛ لأن الجهد هو فرق الجهد بين نقطتين، وهو مقياس لمقدار الطاقة اللازمة لنقل شحنة من نقطة إلى أخرى. ويتناسب فرق الجهد طردياً مع الشغل اللازم لنقل شحنة، أو مع التغير في طاقة شحنة عند نقلها بين نقطتين. 2م



الشكل 6-2 يُحسب فرق الجهد الكهربائي من خلال قياس الشغل المبذول لكل وحدة شحنة. يزداد فرق الجهد الكهربائي عند إبعاد الشحنات المختلفة بعضها عن بعض (a). ويقال فرق الجهد الكهربائي عند تقريب الشحنات المختلفة بعضها إلى بعض (b).

ويُقاس فرق الجهد الكهربائي بوحدة جول لكل كولوم، ويسمى الجول الواحد لكل كولوم الفولت، ويعبر عنه بالرموز  $V = J/C$ .

ادرس الحالة الموضحة في الشكل 6-2، حيث تولّد الشحنة السالبة مجالاً كهربائياً متجهاً نحوها. افترض أنك وضعت شحنة اختبار صغيرة موجبة عند النقطة A، ستأثر عندها الشحنة بقوة في اتجاه المجال. وإذا حرّكت الآن شحنة الاختبار الموجبة بعيداً عن الشحنة السالبة إلى النقطة B، كما هو موضح في الشكل 6a-2، 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 موجباً. وسيكون التغير في فرق الجهد الكهربائي موجباً أيضاً، 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 موضح في الشكل 6b-2، فسيكون اتجاه القوة التي تؤثر بها في عكس اتجاه الإزاحة، لذا يكون الشغل الذي بذلته سالباً. وسيكون فرق الجهد الكهربائي سالباً أيضاً ومساوياً ومعاكساً 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 دائماً فرق جهد كهربائي بين نقطتين؟ افترض أنك حرّكت شحنة الاختبار في مسار دائري حول الشحنة السالبة. وتُحدث المجال الكهربائي قوة تؤثر بها في شحنة الاختبار ويكون المجال دائماً عمودياً على اتجاه حركة القوة، ولذلك لا تبدل 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 متصلاً بسلك، وأن يتصل الطرف الآخر للسلك بقطعة فلزية مؤرّضة؛ حيث يعمل السوار الفلزي على تفريغ الشحنات الزائدة على الفني في الأرض، ويزيل أي فرق جهد كهربائي قد يتكون مع المعدات المؤرّضة.

## الفيزياء في الحياة

### معلومة للمعلم

**الفصل الكهربائي للهلام Gel Electrophoresis** تعمل هذه التقنية على فصل أجزاء الحمض النووي DNA وفق حجمها. حيث تقوم إنزيمات خاصة بقطع الحمض النووي DNA أينما وجد تسلسل معين من الأحماض الأمينية. وتكون النتيجة عبارة عن مجموعة أجزاء مشحونة كهربائياً ذات أطوال مختلفة. ويتم ذلك بوضع الحمض النووي DNA على أحد طرفي مادة كالجيلاتين، فيحدث فرق الجهد عندئذٍ مجالاً كهربائياً خلال هذه المادة (الهلام)، مما يؤدي إلى تحريك أجزاء الحمض النووي إلى الطرف الموجب. وكلما كانت القطعة أكبر كانت حركتها أبطأ. بعد ذلك يصبغ الحمض النووي، لتصبح القطع واضحة عند تعريضها للأشعة فوق البنفسجية؛ لإظهار مدى انتقال كل جزء. أسأل الطلاب. "افترض أنك استخلصت الحمض النووي DNA من 15 حلزوناً، ووجدت أن أجزاء الحمض لحمسة حلازين عند الموقع نفسه، فماذا تستنتج؟ خمسة حلازين لها حمض نووي DNA متشابه، ومن المرجح وجود صلة بينها. 1م

## نشاط

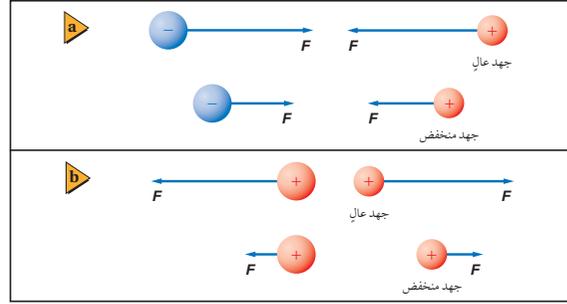


### ■ الالتصاق الكهربائي لاحظ معظم

الطلاب الالتصاق الكهربائي عند سحب بعض المواد فوق بعض، مثل جوارب مصنوعة من النايلون، وقميص من البوليستر، عند تفريغ مجففة الملابس. حيث تُشحن الألياف الاصطناعية الحديثة كهربائياً بسهولة خلال عملية التجفيف الآلي. اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات صغيرة؛ لاستقصاء مواد مختلفة تكون متوافرة لتقليل الشحنة الكهربائية الساكنة المتراكمة أو إزالتها، مثل: مطريات النسيج، والمواد المضافة إلى مجففات الملابس، وبعض التطبيقات مثل مضخة المرشحات أو البخاخات. اطلب إلى الطلاب تجميع وتصنيف وعرض فاعلية كل عنصر، مع توضيح مبدأ عمله. **1**

حسي - حركي

■ الشكل 7-2 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).



صفرًا. وعندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين أو أكثر يساوي صفرًا نسمي هذه النقاط سطح تساوي الجهد.

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. ويُسمى فرق الجهد الكهربائي أحيانًا الجهد الكهربائي أو الفولتية؛ وذلك على سبيل التبسيط. ويجب التفريق بين فرق الجهد الكهربائي  $\Delta V$  ووحدة القياس 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 7-2.

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.

## استخدام الشكل 8-2

يكون المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين منتظمًا فقط إذا كان طول كل من اللوحين وعرضهما أكبر كثيرًا من المسافة التي تفصل بينهما. أشر إلى أن المجال يكون غير منتظم بالقرب من حواف (أطراف) اللوحين. 1م

### مثال صفي

**سؤال** لوحان متوازيان مشحونان، البعد بينهما 4.0 cm. إذا كان مقدار المجال الكهربائي بين اللوحين 2400 N/C فما مقدار فرق الجهد الكهربائي بينهما؟ (قد يكون من الضروري تذكير الطلاب أن يحولوا 4.0 cm إلى 0.040 m).

### الجواب

حل بالنسبة للمجهول

$$\begin{aligned}\Delta V &= Ed \\ E &= 2400 \text{ N/C} \\ d &= 4.0 \text{ cm} = 0.040 \text{ m} \\ \Delta V &= (2400 \text{ N/C})(0.040 \text{ m}) \\ &= 96 \text{ volts}\end{aligned}$$

**سؤال** ما مقدار الشغل اللازم لنقل بروتون من اللوح السالب إلى اللوح الموجب؟

### الجواب

$$\text{بما أن } \Delta V = W/q, \text{ فإن } \Delta V = W/q.$$

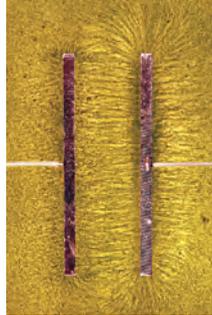
عوّض عن  $q$  و  $\Delta V$

$$\begin{aligned}q &= 1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \\ W &= (1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(96 \text{ V}) \\ &= 1.5 \times 10^{-17} \text{ J}\end{aligned}$$

### الجهد الكهربائي في مجال كهربائي منتظم

#### The Electric Potential in a Uniform Field

يمكننا الحصول على قوة كهربائية ثابتة ومجال كهربائي منتظم بوضع لوحين موصلين مستويين أحدهما مواز للآخر، على أن يُشحن أحدهما بشحنة موجبة، ويُشحن الآخر بشحنة سالبة. يكون المجال الكهربائي بين اللوحين ثابتًا مقدارًا واتجاهًا عند النقاط جميعها ما عدا النقاط التي تكون عند حواف اللوحين، ويكون اتجاه المجال الكهربائي من اللوح الموجب إلى اللوح السالب. ويُمثل النمط المُشكّل من بذور الأعشاب الموضّح في الشكل 8-2 المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين.



الشكل 8-2 تمثيل لمجال كهربائي بين لوحين متوازيين.

إذا حُرّكت شحنة اختبار موجبة  $q$  مسافة  $d$  في عكس اتجاه المجال الكهربائي فإنه يمكننا حساب الشغل المبذول عليها بالعلاقة التالية:  $W = qEd$ . لذا يكون فرق الجهد الكهربائي؛ أي الشغل المبذول لكل وحدة شحنة، مساويًا  $\Delta V = \frac{Fd}{q} = \frac{F}{q}d$ . ولكن شدة المجال الكهربائي هي القوة لكل وحدة شحنة  $E = \frac{F}{q}$ ، لذا يُعبّر عن فرق الجهد الكهربائي ( $\Delta V$ ) بين نقطتين المسافة بينهما  $d$  في مجال كهربائي منتظم  $E$  بالمعادلة التالية:

$$\Delta V = Ed$$

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 يكون أكبر بالقرب من اللوح الموجب. وباستخدام تحليل الوحدات يكون حاصل ضرب وحدة  $E$  في وحدة  $d$  هو (N/C)(m)، وهذا يكافئ 1 J/C، الذي يُعدّ تعريفًا لـ 1 V.

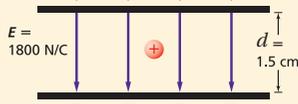
### مثال 3

**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:

- فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين.
- 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.
- مبّز اللوحين بوضع شحنات موجبة على أحدهما، وشحنات سالبة على الآخر.
- ارسم خطوط المجال الكهربائي، على أن تكون المسافات 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.



### مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

#### نشاط

**الصيغة الرياضية** اكتب على السبورة: الشغل = الشحنة × فرق الجهد، وأشر إلى أن هذه الصيغة الرياضية تربط الشغل المبذول بالشحنة وفرق الجهد. اسأل الطلاب: ما الوحدات التي سيستخدمونها في هذه الصيغة الرياضية؟ **وحدة قياس الشغل هي الجول، ووحدة قياس الشحنة هي الكولوم، ووحدة فرق الجهد هي الفولت.** اطلب إليهم إعادة كتابة الصيغة الرياضية باستخدام الوحدات الصحيحة.

$$1 \text{ جول} = (1 \text{ كولوم}) \times (1 \text{ فولت}). \quad \text{2م} \quad \text{منطقي-رياضي}$$

## مسائل تدريبية

16.  $3.0 \times 10^2 \text{ V}$

17.  $2 \times 10^4 \text{ N/C}$

18.  $2.94 \times 10^{-2} \text{ m}$

19.  $4.5 \text{ J}$

20.  $1.7 \times 10^7 \text{ J}$

21.  $2.9 \times 10^{-15} \text{ J}$

22.  $1.8 \times 10^{-14} \text{ J}$

### دليل الرياضيات

إجراء العمليات الرياضية بدلا منها  
العلمية من 210 و 211

### المجهول

$\Delta V = ?$

$W = ?$

### المعلوم

$E = 1800 \text{ N/C}$

$d = 1.5 \text{ cm}$

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

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

a. أوجد فرق الجهد بين اللوحين.

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

b. استخدم معادلة فرق الجهد لحساب الشغل.

بالتعويض عن  $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ،  $\Delta V = 27 \text{ V}$

### 3 تقويم الجواب

• هل الوحدات صحيحة؟  $\Delta V = N \cdot m / C = J / C = V$ ، ستكون الوحدة الناتجة هي الفولت، ووحدة الشغل هي  $C \cdot V = C(J / C) = J$ .

• هل للإشارات معنى؟ يجب أن يبذل شغل موجب لنقل شحنة موجبة إلى اللوح الموجب.

• هل الجواب منطقي؟ سيكون الشغل المبذول قليلاً 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 بينها  $0.05 \text{ m}$ . احسب فرق الجهد الكهربائي بينهما.

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

18. عندما طُبِّق فرق جهد كهربائي مقداره  $125 \text{ V}$  على لوحين متوازيين تولّد بينهما مجال كهربائي مقداره  $4.25 \times 10^3 \text{ N/C}$ . 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 تحتزن شحنة مقدارها  $1.44 \times 10^6 \text{ C}$ . ما مقدار الشغل الذي يمكن أن تبذله البطارية قبل أن تحتاج إلى إعادة شحنها؟

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

22. إذا كان مقدار المجال الكهربائي في مسارع جسيمات يساوي  $4.5 \times 10^6 \text{ N/C}$ ، فما مقدار الشغل المبذول لتحريك بروتون مسافة  $25 \text{ cm}$  خلال هذا المجال؟

## الخلفية النظرية للمحتوى

### معلومة للمعلم

**الجهد الكهربائي لثعبان البحر (الأنقليس)** يعيش ثعبان البحر الكهربائي في المياه العذبة في أمريكا الجنوبية، وله أداة صعق كهربائي - مجموعة من النهايات العصبية المترابطة - في ذيله. وكلما كان ثعبان البحر أكبر كانت له خلايا نهايات عصبية أكبر، لذا يكون جهد الصعقة الكهربائية أكبر. ويمكن لثعبان بحر طوله ثلاثة أمتار أن يولّد فرق جهد مقداره  $650 \text{ V}$ ، وهو كافٍ لصعق إنسان أو حيوان كبير. وبعد حدوث العديد من التفريغات الكهربائية يجب على ثعبان البحر أن يستريح؛ حتى يُراكم شحنات أكثر تمكّنه من صعق فريسته.

## المجالات الكهربائية

**الهدف** أن يلاحظ الطلاب تأثيرات المجال الكهربائي.  
**المواد والأدوات** لوح بلاستيكي مربع الشكل طول ضلعه 30 cm، وماصة عصير بلاستيكية، وخيط، وكرة بيلسان.

**النتائج المتوقعة** تكون كرة البيلسان معلقة رأسياً في حال عدم وجود مجال كهربائي. وعند زيادة شدة المجال الكهربائي تصبح كرة البيلسان معلقة بزوايا معينة.

## التحليل والاستنتاج

- الشحنات المختلفة تتجاذب.
- تكون شدة المجال الكهربائي أكبر بالقرب من مركز اللوح البلاستيكي، وتزداد قيمته بنقصان البعد عن اللوح.
- كلما زادت شدة المجال الكهربائي زادت زاوية ميل الخيط. وتضع الكرة لقوة التنافر، لذا يتحرك الخيط في اتجاه المجال الكهربائي.

## عرض سريع

## الألواح المتوازية المشحونة

الزمن المقدر 5 دقائق

**المواد والأدوات** جهاز توليد الكهرباء الساكنة بالحث (إلكتروفورس) يتكون من البولسترين أو البلاستيك، وصحن مصنوع من رقائق الألومنيوم، وصوف، وكأس بولسترين أو كأس بلاستيكية، وكرة بيلسان.  
**الإجراءات** ثبت الكأس بصحن الألومنيوم؛ ستستخدم الكأس مقبضاً. اشحن قطعة البلاستيك بذلكها بقطعة صوف، واستخدم كرة البيلسان لإظهار المجال المتكوّن بالقرب من منطقة الدلك. بعد ذلك ضع صحن الألومنيوم فوق قطعة البلاستيك دون أن يلمسها ثم امسها بإصبعك. سيكتسب الصحن شحنة مخالفة. استخدم كرة البيلسان لتوضّح أن هناك مجالاً متكوّنًا حوله. احمل الصحن بحيث يكون موازياً لقطعة البلاستيك. ستظهر كرة البيلسان المجال المتكوّن بين اللوحين.

## تجربة

## المجالات الكهربائية

اربط كرة بيلسان بخيط نايلون طوله 20 cm، واربط الطرف الآخر في منتصف ماصة عصير بلاستيكية. أمسك الماصة أفقياً، وتحقق من أن الكرة معلقة ومتدلية رأسياً إلى أسفل. ثم استخدم قطعة صوف لتشحن كل من الكرة ولوح بلاستيكي مربع الشكل أبعاده 30 cm × 30 cm. وثبت اللوح البلاستيكي رأسياً، ثم أمسك الماصة ولامس الكرة لقطعة الصوف.

- توقع ماذا يحدث عند تقريب الكرة من اللوح البلاستيكي؟
- اختر توقعك بتقريب الكرة ببضع إلى اللوح البلاستيكي.
- توقع سلوك الكرة في مواقع مختلفة حول اللوح، واختبر توقعاتك.
- لاحظ زاوية ميلان الخيط عند تحريك الكرة إلى مناطق مختلفة حول اللوح.

## التحليل والاستنتاج

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

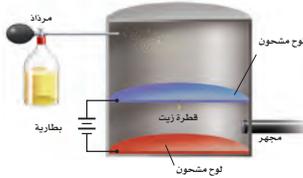
## تجربة قطرة الزيت لمليكان

## 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 مليكان عام 1909م. ويبين الشكل 9-2 الطريقة التي استخدمها مليكان لقياس الشحنة التي يحملها إلكترون مفرد. في البداية يُرش في الهواء قطرات زيت دقيقة بمرذاذ، فتشحن هذه القطرات بسبب احتكاكها بالمرذاذ عند رشها، وتؤثر الجاذبية الأرضية في هذه القطرات مسببة سقوطها إلى أسفل، فيدخل بعض هذه القطرات في الفتحة الموجودة في اللوح العلوي داخل الجهاز. ومن ثم يطبق فرق جهد كهربائي بين اللوحين، ليؤثر المجال الكهربائي الناشئ بين اللوحين بقوة في القطرات المشحونة. وعندما يصبح اللوح العلوي موجباً بدرجة كافية تُسبب 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 صغيراً جداً بحيث لا يمكن قياسه بالطرائق العادية. ولإجراء هذا القياس تم تعليق القطرة أولاً ثم إيقاف المجال الكهربائي بين اللوحين، وقيس 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 المقاسة لحساب المقدار mg، وبمعرفة مقدار المجال الكهربائي E.

**شحنة الإلكترون** وجد مليكان 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  $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ . وكان سبب التغيرات إضافة إلكترون واحد أو أكثر إلى القطرات، أو إزالته منها. ومن هنا استنتج أن أقل تغير يحدث في مقدار الشحنة كان يساوي مقدار شحنة إلكترون واحد، لذا افترض أن كل إلكترون له دائمًا الشحنة نفسها وهي  $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ . وقد بيّنت تجربة مليكان أن الشحنة كمّية؛ وهذا يعني أن شحنة أي جسم هي فقط مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون.



الشكل 9-2 يوضح هذا الشكل مقطّعاً عرضياً للجهاز الذي استخدمه مليكان في حساب شحنة الإلكترون.

## مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 2-2

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

## مثال صفي

**سؤال** قطرة زيت وزنها  $1.5 \times 10^{-14} \text{ N}$ ، معلّقة دون حركة بين لوحين متوازيين. إذا كانت المسافة الفاصلة بين اللوحين  $2.4 \text{ cm}$ ، وفرق الجهد بينهما  $450 \text{ V}$ ، فما مقدار الشحنة على قطرة الزيت؟

المعلوم:

$$\Delta V = 450 \text{ V}$$

$$F_g = 1.5 \times 10^{-14} \text{ N}$$

$$d = 2.4 \text{ cm} = 0.024 \text{ m}$$

$$F_e = F_g$$

المجهول:

مقدار الشحنة على القطرة  $q = ?$

عدد الإلكترونات  $n = ?$

**الجواب**

استخدم أولاً  $F_e = qE$ ، و  $E = \Delta V / d$ ؛  
لحل المعادلة بالنسبة للشحنة  $q$ .

$$F_g = qE = q\Delta V / d$$

$$q = F_g d / \Delta V$$

$$= (1.5 \times 10^{-14} \text{ N})(0.024 \text{ m}) / 450 \text{ V}$$

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

**سؤال** إذا كان اللوح العلوي موجب الشحنة، فما عدد الإلكترونات الفائضة على قطرة الزيت؟

**الجواب** حل باستخدام  $n = q / e$

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

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

$$n = 8.0 \times 10^{-19} \text{ C} / 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

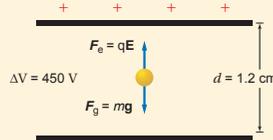
$$= 5 e$$

## مثال 4

**إيجاد شحنة قطرة زيت** في تجربة قطرة الزيت لمليكان، وُجد أن وزن قطرة زيت  $2.4 \times 10^{-14} \text{ N}$ ، والمسافة بين اللوحين  $1.2 \text{ cm}$ ، وعندما أصبح فرق الجهد بين اللوحين  $450 \text{ V}$  تعلقت 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؟



المجهول

شحنة قطرة الزيت  $q = ?$

عدد الإلكترونات  $n = ?$

**1 تحليل المسألة ورسمها**

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

المعلوم

$$\Delta V = 450 \text{ V}$$

$$F_g = 2.4 \times 10^{-14} \text{ N}$$

$$d = 1.2 \text{ cm}$$

**2 إيجاد الكمية المجهولة**

a. لتعليق قطرة الزيت في الهواء يجب أن تُوازن القوة الكهربائية قوة الجاذبية الأرضية.

$$F_e = F_g$$

$$qE = F_g$$

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

**دليل الرياضيات**

فصل المتغير ص 213

$$\text{بالتعويض من } F_e = qE$$

$$\text{بالتعويض من } E = \frac{\Delta V}{d}$$

حل لإيجاد  $q$ :

بالتعويض من

$$\Delta V = 450 \text{ V}, d = 0.012 \text{ m}, F_g = 2.4 \times 10^{-14} \text{ N}$$

$$q = \frac{F_g d}{\Delta V} = \frac{(2.4 \times 10^{-14} \text{ N})(0.012 \text{ m})}{450 \text{ V}} = 6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$$

b. لإيجاد عدد الإلكترونات على القطرة:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{(6.4 \times 10^{-19} \text{ C})}{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})} = 4$$

$$\text{بالتعويض من } e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, q = 6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$$

**3 تقويم الجواب**

• هل الوحدات صحيحة؟ وحدة الشحنة  $C = J / (V / C) = N \cdot m / V = J / (J / C) = C$ .

• هل الجواب منطقي؟ النتيجة عدد صحيح وصغير من مضاعفات الشحنة الأساسية.

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

24.  $3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ , 2 إلكترون.

25.  $4.0 \times 10^4 \text{ N/C}$

26.  $3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ , 2 إلكترون

## مسائل تدريبية

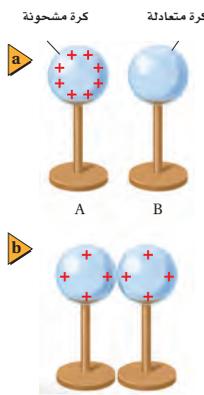
23. تسقط قطرة زيت في جهاز ملبكان مع عدم وجود مجال كهربائي. ما القوى المؤثرة فيها؟ وإذا سقطت القطرة بسرعة متجهة ثابتة نصف القوى المؤثرة فيها.
24. إذا علقت قطرة زيت وزنها  $1.9 \times 10^{-15} \text{ N}$  في مجال كهربائي مقداره  $6.0 \times 10^3 \text{ N/C}$  فما مقدار شحنة القطرة؟ وما عدد فائض الإلكترونات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

## توزيع الشحنات Sharing of Charges

يؤول أي 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 موضح في الشكل 2-10.

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 حركت 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 شغلتها 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 التالية لنقلها من A إلى B، وهذا لا يحدث تلقائيًا، 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.

الشكل 2-10 عندما تلمس كرة فلزية مشحونة كرة فلزية أخرى متعادلة مساوية لها في الحجم تتوزع الشحنات على الكرتين بالتساوي.



## استخدام النماذج

توزيع الشحنات اطلب إلى الطلاب تصميم وبناء نماذج خاصة بهم؛ وذلك من أجل اختبار المفاهيم الموضحة في الشكلين 2-10 و 2-11. راع أن يناقش الطلاب مواد مناسبة وطرائق الاستقصاء. بناء على خبرتهم التي اكتسبوها من التجربة الاستهلالية، وأنشطة استكشاف الشحنة الكهربائية، يجب أن يمتلك الطلاب معرفة كافية لبناء نماذج فعالة قابلة للتطبيق. 2م حسي-حركي

## المناقشة

سؤال تتطلب مناقشة هذا السؤال المعرفة بقانون جاوس. أشر للطلاب إلى أن المجال الكهربائي على أي بُعد من نقطة معينة يتناسب طرديًا مع الشحنة المحصورة داخل كرة نصف قطرها يساوي ذلك البعد؛ حيث تتناسب الشحنة مع  $r^3$ ، ويتناسب المجال عكسيًا مع مربع البعد عن مركز هذه الكرة ( $1/r^2$ ). اسأل الطلاب: كيف يتغير المجال الكهربائي مع تغير البعد عن مركز كرة مشحونة بشحنة منتظمة؟

الإجابة الكرة المشحونة بشحنة منتظمة كرة عازلة. يتناسب المجال الكهربائي داخل الكرة طرديًا مع البعد عن مركزها، في حين يتناسب المجال الكهربائي خارجها عكسيًا مع مربع البعد عن مركزها. 2م

## متقدم

## نشاط

تطبيقات فرق الجهد يمكن للطلاب المهتمين أن يبحثوا في كيفية التخطيط الكهربائي لكل من: القلب، وشبكية العين، والعضلات، والدماغ. اطلب إلى الطلاب البحث حول أحد هذه الإجراءات الطبية، ثم وصف كيفية تطبيق فرق الجهد على الجهاز أو الإجراء الذي اختاروا دراسته عند عرضهم للمعلومات التي حصلوا عليها أمام زملائهم في الصف. 3م لغوي



## الهواء المُؤيّن

الزمن المقدّر 5 دقائق

المواد والأدوات ملف تسلا (ملف

رومكورف)، ونظارات واقية.

**الخطوات** شغل ملف رومكورف أو اضبطه

يدويًا على أكبر جهد خارج يمكن أن يُنتجه،

وعمّم الغرفة. لاحظ طرفي الملف بعد تشغيله،

حيث يجب أن يظهر توهج أزرق صغير.

اسأل الطلاب: "ما سبب التوهج الأزرق؟"

**مجال كهربائي قوي يعمل على تأيين جزيئات**

الهواء. اسأل الطلاب عما إذا ميّزوا أيّ رائحة.

إنها رائحة غاز الأوزون الناتج عند تكوّن

جزيئات  $O_3$  في الهواء.

## المناقشة

**سؤال** لماذا يعدّ لمس قضيب فلزي، أو أي موصل

مشابه، فكرة جيدة قبل ملء خزان مركبتك بالوقود؟

**الإجابة** لأنه يعمل على تأريض أي شحنة متراكمة

على جسمك، ومن ثم يمنع حدوث الشرارة التي قد

تؤدي إلى اشتعال أبخرة البنزين وتسبب الانفجار.

وضّح للطلاب أن عليهم تجنّب الدخول أو الخروج

من المركبة في أثناء تعبئتها بالوقود؛ لأن انزلاقهم على

مقاعد المركبة سيؤدي إلى تكوّن شحنة كهربائية على

أجسامهم، قد تُطلق شرارة تؤدي إلى حدوث حريق. **2م**

## مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 2-3

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)



## الخلفية النظرية للمحتوى

### معلومة للمعلم

**الكُرات والشحنات القبة الفلزية** لمولّد فان دي جراف المشحونة بشحنة موجبة تجذب الجسيمات السالبة الشحنة. فعندما يتحرك جسيم سالب الشحنة مبتعدًا عن الكرة فإنه يتباطأ؛ أي تتناقص طاقته الحركية؛ وذلك لأن طاقته تُخترن في المجال الكهربائي المحيط. وعندما يتحرك هذا الجسيم المشحون مقتربًا من الكرة فإنه يتسارع؛ أي تزايد طاقته الحركية نتيجة تحرر الطاقة المخترنة في المجال الكهربائي. أما الجسيمات الموجبة الشحنة فتتنافر مع الكرة الموجبة الشحنة. فعندما يتحرك جسيم موجب الشحنة في اتجاه الكرة فإنه يتباطأ وتتناقص طاقته الحركية؛ لأن طاقته تُخترن في المجال الكهربائي المحيط. وعندما يتحرك هذا الجسيم مبتعدًا عن الكرة فإنه يتسارع؛ أي تزايد طاقته الحركية نتيجة تحرر الطاقة.

كرات فلزية مختلفة الحجم

جهد عال جهد منخفض



الشحنة Q متساوية

جهد متساو



الشحنة Q مختلفة

الشكل 11-2 تنتقل الشحنات

من الكرة ذات الجهد الأعلى إلى الكرة

ذات الجهد الأدنى عند تلامسهما،

ويستمر انتقال الشحنات إلى أن يتعادل

فرق الجهد بينهما.

**كرات بأحجام مختلفة** افترض أن الكرتين الموصلتين مختلفتان في الحجم، كما هو موضّح في الشكل 11-2. 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 يتعادل 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 مركبة له موازية لسطح هذا الموصل، لذا لا يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين أي نقطتين على سطحه، ولذلك يكون 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 مثلاً أن تُشحن صهاريج نقل البنزين عن طريق الاحتكاك، وإذا انتقلت الشحنات الزائدة الموجودة على صهريج بنزين إلى الأرض من خلال بخار البنزين فستحدث انفجارًا. ولنفاذي حدوث ذلك يوصل سلك فلزي بالصهريج حتى يوصل الشحنات ويُفرغها في الأرض بطريقة آمنة، كما يوضح الشكل 12-2. وبالمثل إذا لم يتم تأريض جهاز حاسوب بوصله بالأرض فستتولد 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 12-2 سلك التأريض

المتصل بصهريج نفض يمنع اشتعال

بخار البنزين.

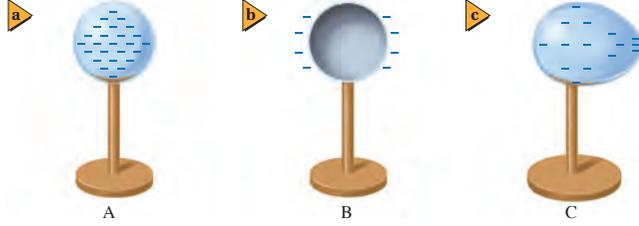
## المجالات الكهربائية بالقرب من الموصلات

### Electric Fields Near Conductors

تتوزع الشحنات الكهربائية على موصل مشحون متباعدًا بعضها عن بعض أقصى ما يمكن، بحيث تكون طاقة النظام أقل ما يمكن، مما يؤدي إلى توزيع الشحنات الفائضة على سطح الموصل المصمت، وكذا الحال مع الموصل الأجوف. فإذا سُحِن وعاء فلزي مصمت 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 جدًا، ولا توجد شحنات بالقرب من قاعدة العلبة، حتى وإن كان السطح الداخلي لجسم ما مُنقَّرًا أو خشنًا، مما يجعل مساحة سطحه الداخلي أكبر من مساحة سطحه الخارجي، إلا أن الشحنات ستتوزع كلها 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 المدببة من سطح الموصل، وتكون كثافتها كبيرة، كما هو موضح في الشكل 13-2؛ 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 أوتيار 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 13-2 تتوزع الشحنات على سطح الكرة الموصلة بانتظام (A)، أما الكرة الجوفاء (B) فتستقر الشحنات دائمًا على سطحها الخارجي، وأما في الأشكال غير المنتظمة (C) فتتقرب الشحنات بعضها من بعض عند الأطراف المدببة.



## الفيزياء في الحياة

### معلومة للمعلم

الأعصاب والعضلات لإزالة الاستقطاب عن غشاء الخلايا العصبية والعضلية يتم تطبيق التحفيز الكهربائي على هذه الخلايا لإحداث سلسلة من التغيرات في الجهد الغشائي (الكُمون الغشائي) RMP. ويؤدي هذا التحفيز المُطبَّق على نقطة واحدة من الخلية إلى جعل منطقة صغيرة في الخلية غير مُستقطبة، ويسمى هذا الجهد الموضعي. وإذا كان الجهد الموضعي كبيرًا بقدر كافٍ فيمكن أن يسبب حدوث الجهد المؤثر؛ وهو إزالة استقطاب بدرجة أكبر عن الجهد الغشائي، وينتشر دون أن يتغير مقداره خلال غشاء الخلية كاملاً.

## تطوير المفهوم

**الشحنة الكلية** وضح أن كلمة شحنة في تعريف السعة الكهربائية مكثف تشير إلى القيمة المطلقة للشحنة على أيّ من لوحيه. والشحنة الكلية للمكثف المشحون تساوي صفرًا؛ لأن لوحيه مشحونان بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع، لذا تلغي كل منهما الأخرى. **1م**

## التفكير الناقد

**المجال الكهربائي الأرضي** ذكّر الطلاب أن للأرض مجالاً كهربائياً، واقترح أنه يمكن فهم عاصفة البرق على أنها نظام مكثف عملاق. اطلب إلى الطلاب توضيح أجزاء هذا المكثف. **تعمل** الأرض كأحد اللوحين المشحونين، وتكوّن الغيوم اللوح الآخر المشحون، أما الهواء الذي يملأ الفراغ بينهما فيعدّ هو العازل الكهربائي. **2م**

أما في مانعة الصواعق فثبتت قضيب بطريفة تجعل المجال الكهربائي كبيراً بالقرب من طرفه، ومع استمرار تسريع المجال الكهربائي للإلكترونات والأيونات، يبدأ تشكّل مسار موصل من طرف القضيب إلى الغيوم أو العكس. ونتيجة لشكل القضيب المدب جداً تُفرغ 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 لتتفرغ بصورة آمنة في الأرض.

يتطلب حدوث البرق عادة فرق جهد كبيراً 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 كافياً لإحداث مثل هذا التفريغ الكهربائي.

### تخزين الشحنات: المكثف

#### 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 بيتر فان مسجنبروك جهازاً صغيراً يمكنه تخزين كمية كبيرة من الشحنات الكهربائية. وتكريماً للمدينة ليدن التي عمل بها هذا العالم سُمي هذا الجهاز زجاجة (فارورة) 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 حجماً، ويسمى المكثف الكهربائي.

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  $C$  قليلة. أما الكرة الكبيرة فيمكنها أن تخزن كمية شحنات أكبر عند فرق الجهد نفسه، وبذلك تكون سعتها الكهربائية أكبر.

**تجربة عملية**  
هل يمكن تخزين كميات كبيرة من الشحنات؟  
ارجع إلى دليل التجارب العملية

## مشروع فيزياء

### نشاط

**المجالات الكهربائية المحيطة بالأجسام** يمكن للطلاب استخدام كرات بيلسان لاستكشاف المجالات الكهربائية حول أجسام ذات أشكال مختلفة. حيث يقومون أولاً بشحن قطعة بوليسترين بدلكها بقطعة صوف، ثم يُعلّقون كرةً فلزيّةً بخيط عازل، ويجعلون الكرة تلامس قطعة البوليسترين المشحونة. اطلب إلى الطلاب تقريب كرة البيلسان. سيجد الطلاب أن الكرة الفلزية تتناثر مع كرة البيلسان بالتساوي في الاتجاهات جميعها. ثم اطلب إليهم تعليق قضيب فلزي بخيط عازل، ثم يجعلون القضيب الفلزي يلامس قطعة البوليسترين المشحونة. واسألهم: ماذا يلاحظون؟ يجب أن تتناثر كرة البيلسان بالتساوي على امتداد القضيب من الجانبين الأيسر والأيمن، وكذلك من أعلى إلى أسفل. **1م حسي-حركي**

## بناء مكثف

الهدف يصمم الطالب مكثفًا.

المواد والأدوات مولد ذو ذراع تدوير يدوي، وفولتметр، وأسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح، ورقائق من الألومنيوم، وغلاف طعام بلاستيكي.

## الخطوات

1. استعمل رقائق ألومنيوم مفصولة بغلاف بلاستيكي لبناء مكثف. رتب رقاقتي الألومنيوم والغلاف البلاستيكي بصورة متعاقبة. اجعل رقاقتي الألومنيوم بارزتين من أحد الجوانب. اضغط الطبقات معًا، ثم ثبت سلك توصيل بكل رقيقة من رقاقتي الألومنيوم من جهة بروزهما.

2. صل المولد مع المكثف، ثم صل المكثف مع الفولتметр.

3. عندما تبدأ تدوير ذراع المولد حافظ على أن يكون الجهد أقل من 4 V.

4. راقب الجهد، وصل جهاز فولتметр بطرفي المكثف وراقبه جيدًا. تأكد من أنه موجب وأقل من 4 V.

التقويم عندما يشحن الطلاب مكثفاتهم باستخدام المولد ذي ذراع التدوير اليدوي، يمكنهم فعلاً ملاحظة أن المكثف قد شحن تمامًا. اسألهم: ماذا يمكن أن يعملوا لزيادة السعة الكهربائية؟ زيادة مساحة رقائق الألومنيوم وتقليل سمك العازل.



الشكل 14-2 تبين الصورة المجاورة أنواعًا مختلفة من المكثفات.

صُممت المكثفات ليكون لها سعات كهربائية محددة. 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. ويوضح الشكل 14-2 مجموعة من المكثفات التجارية التي تحوي عادة شرائط من الألومنيوم مفصولة بطبقة رقيقة من البلاستيك، ثم تلف بصورة أسطوانية حتى يقل حجمها ولا تشغل حيزًا 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  $\Delta V$ ، ثم نحسب السعة الكهربائية من خلال العلاقة أدناه، وتكون وحدة قياس السعة الكهربائية هي الفاراد F.

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

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

**الفاراد وحدة قياس** 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 جدًا لقياس الشحنة، فإن 1 F وحدة كبيرة جدًا أيضًا لقياس السعة الكهربائية؛ فأغلب المكثفات المستخدمة في الإلكترونيات الحديثة لها سعات كهربائية تتراوح بين 10 بيكوفاراد ( $10 \times 10^{-12}$  F) و 500 ميكروفاراد ( $500 \times 10^{-6}$  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.

## مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 2-4

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

## تعزير الفهم

المكثفات عرّف المكثف الكهربائي على أنه يتكوّن من موصلين منفصلين ومشحونين بشحنتين مختلفتين  $q_1$  و  $q_2$ . اسأل الطلاب: كيف يكون المكثف الكهربائي قادرًا على تخزين الطاقة؟ لأن جزأي المكثف الموصلين مشحونان بشحنتين مختلفتين  $q_1$  و  $q_2$  لذا يجب أن يكون بينهما مجال كهربائي، وهذا هو المجال الكهربائي الذي يخزن الطاقة. وعادة تكون كل من الشحنتين  $q_1$  و  $q_2$  لها القيمة المطلقة نفسها إلا أنها تختلفان في النوع. **24**

### مثال صفي

**سؤال** إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين كرة ما و سطح الأرض  $76.0\text{ V}$ ، عندما كانت الكرة مشحونة بشحنة مقدارها  $3.8 \times 10^{-4}\text{ C}$ ، فما مقدار السعة الكهربائية للكرة؟

#### الجواب

استخدم المعادلة  $C = q / \Delta V$ ، وحل بالنسبة للسعة الكهربائية  $C$ .

$$\begin{aligned}\Delta V &= 76.0\text{ V} \\ q &= 3.8 \times 10^{-4}\text{ C} \\ C &= 3.8 \times 10^{-4}\text{ C} / 76.0\text{ V} \\ &= 5.0 \times 10^{-6}\text{ F} \\ &= 5.0\ \mu\text{F}\end{aligned}$$

### مسائل تدريبية

27.  $1.2 \times 10^{-3}\text{ C}$

28. المكثف  $6.8\ \mu\text{F}$ ،  $1.6 \times 10^{-4}\text{ C}$

29.  $\Delta V = q / C'$ ، ولذلك فإن المكثف

الأصغر له فرق جهد أكبر.

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

30.  $2.0 \times 10^{-5}\text{ C}$

31.  $1.0 \times 10^{-5}\text{ F}$

### مثال 5

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

$$\begin{aligned}q &= 2.4 \times 10^{-6}\text{ C} \\ \Delta V &= 40.0\text{ V}\end{aligned}$$

#### 1 تحليل المسألة ورسمها

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

#### المجهول

$$C = ?$$

$$\Delta V = 40.0\text{ V}$$

$$q = 2.4 \times 10^{-6}\text{ C}$$

#### 2 إيجاد الكمية المجهولة

$$q = 2.4 \times 10^{-6}\text{ C}, \Delta V = 40.0\text{ V}$$

#### دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية ص 202 و 203

$$\begin{aligned}C &= q / \Delta V \\ C &= \frac{2.4 \times 10^{-6}\text{ C}}{40.0\text{ V}} \\ &= 6.0 \times 10^{-8}\text{ F} \\ &= 0.060\ \mu\text{F}\end{aligned}$$

#### 3 تقويم الجواب

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

### مسائل تدريبية

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

مسألة تحفيز



يجذب لوحا مكثف كهربائي أحدهما الآخر لأنها يحملان شحنتين مختلفتين، فإذا كانت المسافة بين لוחي مكثف متوازيين  $d$ ، وسعته الكهربائية  $C$  فأجب عما يلي:

- اشتق علاقة للقوة الكهربائية بين اللوحين عندما يكون للمكثف شحنة مقدارها  $q$ .
- ما مقدار الشحنة التي يجب أن تخزن في مكثف سعته  $22 \mu F$ ، والمسافة بين لوحيه  $1.5 \text{ mm}$  لتكون القوة بين لوحيه  $2.0 \text{ N}$ ؟

**أنواع المكثفات المختلفة** تصنع المكثفات بأشكال وأحجام مختلفة، كما يوضح الشكل 14-2؛ فبعض المكثفات كبيرة وضخمة جداً حتى إنها تملأ غرفة كاملة، ويمكنها تخزين شحنات تكفي لإحداث بصر اصطناعي، أو تشغيل ليزرات عملاقة قادرة على إطلاق آلاف الجولت 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 جداً إذا لمسست. 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 بينها. وتسمى 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 لוחي المكثف بفاعلية وكفاءة، بحيث تسمح بتخزين كمية أكبر من الشحنة.

1. باستخدام المعادلات التالية:

$$\Delta V = q/C, F = Eq, E = \Delta V/d$$

نحصل على المعادلة:

$$F = Eq = (\Delta V/d)q \\ = ((q/C)/d)q \\ = q^2/Cd$$

$$F = \frac{q^2}{Cd} \quad 2.$$

$$q = \sqrt{FCd}$$

لذا فإن

$$= \sqrt{(2.0 \text{ N})(2.2 \times 10^{-5} \text{ F})(1.5 \times 10^{-3} \text{ m})} \\ = 2.6 \times 10^{-4} \text{ C}$$

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

**المكثف الفائق** تقنية جديدة إلى حد ما تجعل من الممكن صناعة مكثف ذي سعة كهربائية كبيرة جداً، أو "المكثف الفائق"؛ وهو المكثف الذي له سعة كهربائية مقدارها بين  $1 \text{ F}$  و  $5 \text{ F}$ . ويمكن للطاقة المخزنة في مثل هذا النوع من المكثفات أن تضيء مصباحاً كهربائياً يدوياً بضع ثوان. المكثف الفائق المتاح في العديد من محال التجهيزات المنزلية يبين بفاعلية أنه يمكنه تخزين كمية كبيرة من الطاقة والاحتفاظ بها عدة أيام. يمكنك إجراء عرض لشحن مجموعة مكثفات موصولة على التوازي لتشغل جهاز مذياع عدة دقائق. في نهاية العرض تحقق من أن المكثفات قد فرغت تماماً من الشحنات، وحذر الطلاب من لمس المكثف في أثناء استعماله.

### 3. التقويم

#### التحقق من الفهم

المجال الكهربائي اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا كيف يمكنهم استخدام شحنة موجبة لقياس مقدار مجال كهربائي. ثم اسألهم: ما الذي يحتاجون إلى عمله من أجل قياس فرق الجهد بين نقطتين في هذا المجال الكهربائي؟ عليهم قياس الشغل المبذول في نقل الشحنة بين هاتين النقطتين. **2 م**

#### التوسع

المكتشف أخبر الطلاب أنه يكتب على المكثف رقم يُعبّر عن جهد القطع. اسأل الطلاب: هل يؤدي وضع شحنة كبيرة جداً على المكثف إلى إتلافه؟ نعم، يؤدي وجود شحنة إضافية فائضة إلى تكوّن فرق جهد  $\Delta V$  بين جزأي المكثف الموصلين. وإذا كان فرق الجهد هذا أكبر من جهد القطع فإن التفريغ الكهربائي الناتج بين لوحي المكثف يتلف المادة العازلة في المكثف، ومن ثم يُلغى عملها ووظيفتها. **3 م**

#### 2-2 مراجعة

32. فرق الجهد الكهربائي ما الفرق بين طاقة الوضع الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي؟
33. المجال الكهربائي وفرق الجهد بين أن الفولت لكل متر هو نفسه نيوتن لكل كولوم.
34. تجربة مليكان عندما تتغير شحنة قطرة الزيت المعلقة داخل جهاز مليكان تبدأ القطرة في السقوط. كيف يجب تغيير فرق الجهد بين اللوحين لجعل القطرة تعود إلى الاتزان من جديد؟
35. الشحنة و فرق الجهد إذا كان التغير في فرق الجهد الكهربائي في المسألة السابقة لا يؤثر في القطرة الساقطة فعلاّم يدل ذلك بشأن الشحنة الجديدة على القطرة؟
36. السعة الكهربائية ما مقدار الشحنة المختزنة في مكثف سعته  $0.47 \mu\text{F}$  عندما يُطبّق عليه فرق جهد مقداره  $12 \text{ V}$ ؟
37. توزيع الشحنات عند ملائمة كرة موصلية صغيرة مشحونة بشحنة سالبة لكرة موصلية 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-2، وضح كيف تستمر الشحنات في التراكم على القبة الفلزية لمولد فان دي جراف، ولماذا لا تتناثر الشحنات لتعود إلى الحزام عند النقطة B؟

#### 2-2 مراجعة

32. تتغير طاقة الوضع الكهربائية عندما يُبذل 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، ولا يعتمد على كمية الشحنة المنقولة.
33.  $V/m = J/C.m = N.m/C.m = N/C$
34. يجب زيادة فرق الجهد.
35. القطرة متعادلة.
36.  $5.6 \times 10^{-6} \text{ C}$
37. a. سيكون جهدا الكرتين متساويين.  
b. 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.
38. لا تولّد الشحنات الموجودة على القبة الفلزية مجالاً كهربائياً داخلها وتنتقل الشحنات فوراً من الحزام إلى السطح الخارجي للقبة، حيث لا يكون لها تأثير في الشحنات الجديدة التي تصل إلى النقطة B.

## مختبر الفيزياء

### شحن المكثفات

المكثف 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 الكهربائي)، والأبعاد الهندسية للموصلين والعازل. وفي الرسم التخطيطي للدائرة الكهربائية يبدو المكثف أنه ينشئ دائرة مفتوحة، حتى عندما يكون المفتاح الكهربائي مغلقاً. 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

كيف يتغير الزمن اللازم لشحن مكثفات مختلفة بتغير سعاهما؟

### الأهداف

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

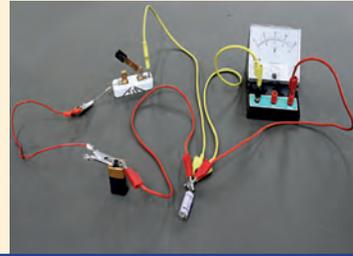
### احتياطات السلامة

### المواد والأدوات

بطارية 9V، وفولتметр، ومشابك أو مرابط خاصة ببطارية 9V، ومقاومة كهربائية 47 kΩ، وأسلاك توصيل، وساعة إيقاف، ومفتاح كهربائي، ومكثفات 1000 μF و 500 μF و 240 μF.

### الخطوات

- قبل بدء تنفيذ التجربة دع المفتاح الكهربائي مفتوحاً، ولا تصل البطارية. تحذير، كن حذراً وتجنّب تكون دائرة قصر كهربائية، وخصوصاً عند تلامس السلكين الموصلين بقطبي



البطارية معاً. ركب الدائرة كما هو موضّح في الصورة، وذلك بتوصيل أحد طرفي المقاومة بطرف المفتاح الكهربائي، حيث تستخدم المقاومة لتقليل شحن المكثف إلى معدل يكون فيه قابلاً للقياس، ثم يصل الطرف الآخر للمقاومة مع القطب السالب للبطارية 9V. ثم تفحص المكثف 1000 μF؛ لتحديد أيّ طرفيه قد علّم بإشارة سالبة، أو سَهْم مع إشارة سالبة عليه، حيث يُشير ذلك إلى الطرف الذي سيوصل مع القطب السالب للبطارية، ثم يصل هذا القطب بالطرف الآخر للمفتاح الكهربائي. وصل الطرف الموجب للمكثف مع الطرف الموجب للبطارية.

2. وصل الطرف الموجب للفولتметр مع الطرف الموجب للمكثف، والطرف السالب للفولتметр مع الطرف السالب للمكثف، ثم قارن بين الدائرة التي ركبها 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 تخصص أعمدة للزمن وأخرى لفرق الجهد لكل من المكثفات الثلاثة المختلفة.

4. يراقب أحد الطلاب الزمن الذي تقيسه ساعة إيقاف، بينما يُسجّل طالب آخر فرق الجهد عند الوقت المناسب. أغلق المفتاح الكهربائي، ثم قس فرق الجهد خلال فترات زمنية مقدارها 5 s. افصح المفتاح الكهربائي بعد جمع البيانات.

5. عند الانتهاء من المحاولة، خذ سلكاً معزولاً وصله بطرفي المكثف. سيعمل هذا على تفريغ المكثف.

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

المهارات العملية جمع البيانات وتنظيمها، والاستنتاج، والمقارنة، وإنشاء الرسوم البيانية واستخدامها.

احتياطات السلامة لا تسمح بتلامس أقطاب

البطارية أو أن يحدث فيها دائرة قصر؛ لأن طاقة

البطارية ستستنفد داخلياً وتصبح البطارية ساخنة جداً.

المواد والأدوات البديلة قد يكون لبعض أجهزة

الفولتметр القديمة مقاومة داخلية صغيرة، مما يؤدي

إلى تصريف الشحنة واستنزافها من المكثف، مما

يعطي قراءات منخفضة. ولقياس الجهود الكهربائية

يمكن استعمال فولتметр رقمي، أو جهاز الفولتметр

الموجود في الجهاز الإلكتروني المتعدد القياسات، أو

فولتметр CBL، ومصدر قدرة DC صغير. ولتسهيل

توصيل الأسلاك الكهربائية استخدم الأسلاك

المزوّدة بمشابك فم التماس.

استراتيجيات التدريس

• امنح الطلاب الوقت الكافي لدراسة الأشكال

التي تبين كيفية تركيب الدائرة. قد تكون

هذه تجربتهم الأولى في تركيب دائرة

كهربائية، وبقليل من الصبر سوف ينجحون.

• ستُعطي التجربة نتائج أفضل عند استخدام

CBL، وعندما تؤخذ القراءات كل ثانية أو

ثانيتين.

### عيّنة بيانات

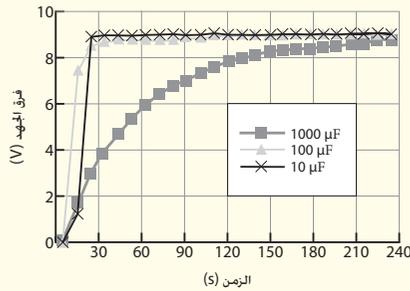
الزمن (s)	فرق الجهد عبر (V) 10 μF	فرق الجهد عبر (V) 100 μF	فرق الجهد عبر (V) 1000 μF
60	9	8.8	5.9
70	9	8.8	6.4
80	9	8.8	6.7
90	9	8.9	7.0
100	9	8.9	7.3
110	9	9	7.6
120	9	9	7.8

الزمن (s)	فرق الجهد عبر (V) 10 μF	فرق الجهد عبر (V) 100 μF	فرق الجهد عبر (V) 1000 μF
0	0	0	0
10	1.3	7.5	1.7
20	8.9	8.6	2.9
30	9	8.7	3.8
40	9	8.8	4.7
50	9	8.8	5.3

## التحليل

1. ستختلف الإجابات. قد لا يشحن كثير من المكثفات إلى 9V، فقد تصل إلى حالة الاتزان عند جهد قليل مع فقدان للطاقة بمعدل تدفقها إلى داخل المكثف، خصوصاً مع رطوبة كبيرة، أو إذا كان فيها عيوب.
2. ستختلف الرسوم البيانية بناءً على البيانات التي حصل عليها الطالب.



## الاستنتاج والتطبيق

1. لا؛ لأن تراكم الشحنات على المكثف يستغرق فترة زمنية اعتماداً على سعته الكهربائية. الزيادة غير خطية. الجهد يساوي الشحنة/ السعة الكهربائية.
2. المكثف الأكبر يحتاج زمناً أطول حتى يصبح مشحوناً تماماً.

ملاحظة: يسمّى الكثير من المكثفات الكبيرة مكثفات إلكترونية؛ حيث لها تباين كبير جداً في سعتها الكهربائية المحددة قد يصل إلى 100%. لذا قد تعطي بعض المكثفات التي يستعملها الطلاب نتائج مختلفة لقيمة السعة الكهربائية نفسها المحددة عليها.

## التوسع في البحث

المكثف (μF)	ثابت الزمن (s)
1000	47
100	4.7
10	0.47

1. ستختلف الإجابات بسبب تغير قيمة السعة الكهربائية الحقيقية. ثوابت الزمن لعيّة البيانات ترتبط معاً بصورة جيدة.
2. ستختلف الإجابات بسبب تغير قيمة السعة الكهربائية الحقيقية. ثوابت الزمن لعيّة البيانات ترتبط معاً بصورة جيدة.

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			

التجربة صُيِّمَت مقاومة تدفق الشحنات عن طريق توصيل مقاومة مقدارها 47 kΩ في الدائرة. في الدوائر الكهربائية التي تتضمن مكثفاً ومقاومة مثل الدائرة الواردة في هذه التجربة فإن الزمن -مقيساً بالثانية- اللازم لشحن المكثف بنسبة 63.3% من الجهد المطبق يساوي حاصل ضرب السعة في المقاومة، ويسمى 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.

## الفيزياء في الحياة

وضّح آلات التصوير (الكاميرات) الصغيرة المزوّدة بواضع (فلاش) مخصّص للاستعمال مرة واحدة فقط، ووحدات الفلاش الإلكترونية العادية تحتاج إلى مرور زمن معين حتى يصبح الفلاش جاهزاً 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.



6. ضع المكثف 500 μF بدلاً من المكثف 1000 μF، وكزّر الخطوتين 4 و5، ودوّن البيانات في الجدول في العمود الخاص بالمكثف 500 μF.
7. ضع المكثف 240 μF بدلاً من المكثف 500 μF، وكزّر الخطوتين 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 9V؟ اقترح تفسيراً للسلوك الملاحظ.
2. أنشئ الرسوم البيانية واستخدمها أعد رسماً بيانياً على أن يكون الزمن على المحور الأفقي (x)، وفرق الجهد على المحور الرأسي (y). ارسم خطاً بيانياً منفصلاً خاصاً بكل مكثف.

## الاستنتاج والتطبيق

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

## الفيزياء في الحياة

يجب أن يشحن المكثف لقيمة محدّدة قبل أن يصبح الفلاش جاهزاً للعمل. العوامل المؤثرة في الزمن الذي تحتاج إليه لشحن الفلاش هي السعة الكهربائية للمكثف، والتيار المتاح. لاحظ أن الفلاش يميل إلى أن يشحن بسرعة عند استعمال بطاريات جديدة مقارنة مع استعمال بطاريات قديمة.

## تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية للمساعدة على تطوير المهارات العلمية ومهارات التفكير الناقد، غير السؤال إلى "كيف يؤثر الزمن في شحن مكثف؟" من الضروري استعمال مقاوم للتحكم في معدل شحن المكثف، بحيث يمكن قياسه. زوّد الطلاب بدائرة كهربائية ومقاومات مختلفة، ثم اطلب إليهم أن يقترحوا طريقة لقياس فرق الجهد.

# كيف تعمل

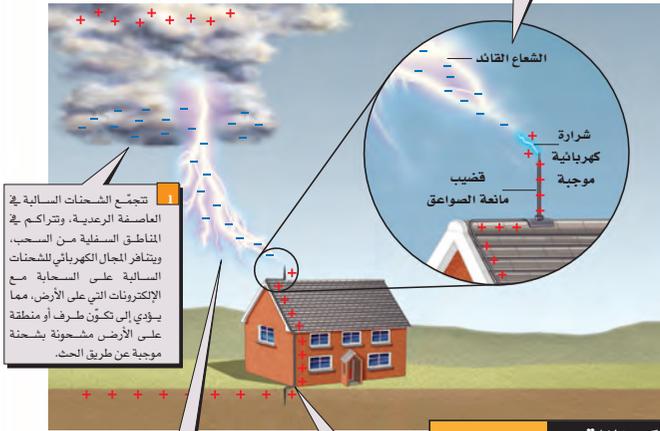
## كيف تعمل

### How it Works

مانعة الصواعق؟ lightning Rods?

قد يكون البرق مدمرًا بصورة كبيرة؛ إذ ينتج عنه تيارات كهربائية كبيرة جدًا في مواد رديئة التوصيل؛ مما يؤدي إلى توليد كمية كبيرة من الحرارة. لذا تستخدم مانعة الصواعق لحماية الأبنية عن طريق تبديد بعض الشحنات قبل حدوث ضربة الصاعقة؛ حيث توَقَّر قصبان مانعة الصواعق مسارًا آمنًا للتيار الكهربائي؛ وذلك لأنها موصلات جيدة. وقد اخترع مانعة 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. تتجمع الشحنات السالبة في العاصفة الرعدية، وتراكم في المناطق السفلية من السحب، ويتناثر 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 الاحت.

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

4. ينتقل التيار الكهربائي بأمان خلال الموصل إلى سطح الأرض.

#### التفكير الناقد

1. كَوْنُ فرضية ما المسار الذي يسلكه التيار الكهربائي ليصل إلى الأرض إذا لم يكن المنزل مزودًا بمانعة صواعق في أثناء ضربة الصاعقة؟
2. قَوِّم 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؟

#### الهدف

أن يتعرف الطلاب دور قضبان مانعة الصواعق في حماية المباني.

#### الخلفية النظرية

غالبًا ما يتم مقارنة غيوم عاصفة رعدية بمكثفات عملاقة، حيث تكون هذه الغيوم مشحونة. إلا أن العلماء غير متفقين تمامًا على الآلية التي تسبب الفصل الأولي للشحنات داخل الغيمة. وعلى عكس المجال الكهربائي المنتظم المتكوّن بين لوحين، فإن المجالات الكهربائية المتكوّنة في الطبيعة لا تكون منتظمة. وهذا أحد الأسباب التي تجعل الصواعق غير مستقيمة؛ فالمجال الكهربائي غير المنتظم يسبب انتشار الشعاع القائد في مسارات ملتوية. وعندما يصبح الشعاع القائد على بُعد 10 m إلى 100 m من سطح الأرض تكوّن الشحنات الموجبة قوسًا إلى أعلى، وتكمل مسار التوصيل.

#### التعليم البصري

استعمل مولّد فان دي جراف لإظهار ضربة الصاعقة. صلّ علبة فلزية بالأرض، وضعها على طاولة عازلة. بيّن للطلاب الشرارة التي تتكوّن بين المولّد والعلبة. ثم اعمل مانعة صواعق بالصاق سلك بالعلبة، ثم احمّل المولّد إلى الموقع السابق نفسه. يجب ألا يتولّد في هذه الحالة شرارة كهربائية؛ حيث يعمل السلك على تبديد الشحنات ويمنع تكوّن الشرارة. ستُظهر هذه العملية للطلاب أحد جوانب قدرة مانعة الصواعق في حماية المباني، إلا أن غيوم العاصفة الرعدية تحتوي على شحنة كهربائية كبيرة جدًا وأكبر من الشحنة التي يمكن أن يبددها قضيب مانعة الصواعق، لذا لا يمكن لقضيب مانعة الصواعق منع حدوث الصاعقة.

#### التوسع

اطلب إلى الطلاب تقدير أقصى قيمة للمجال الكهربائي بالقرب من قمة قضيب مانعة الصواعق.

#### التفكير الناقد

1. إذا تعرض منزل غير مزود بمانعة صواعق لصاعقة فإن التيار سينتقل إلى الأرض من خلال المسار الأقل مقاومة. وقد يتضمّن هذا المسار الأنابيب، والأسلاك أو الدعامات الفلزية.
2. إن المقاومة بين نهاية سلك مانعة الصواعق المتصل بالأرض (قطب التأريض) والأرض يجب أن تكون قليلة؛ لكيلا يسلك التيار مسارًا آخر، ممّا قد يسبب حدوث ضرر أكبر.
3. ستبقى مانعة الصواعق معرضة للصاعقة، ولكن يمكن أن يتضرّر المبنى إذا كان الموصل أو قطب التأريض لا يوصل التيار إلى الأرض بطريقة آمنة.

### المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



#### 2-1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها Creating and Measuring Electric Fields

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> <li>يوجد مجال كهربائي حول أي جسم مشحون، ويؤثر هذا المجال بقوى في الأجسام المشحونة الأخرى.</li> <li>المجال الكهربائي يساوي القوة مقسومة على وحدة الشحنات.</li> </ul> $E = \frac{F}{q'}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>اتجاه المجال الكهربائي هو اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة صغيرة.</li> <li>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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>المجال الكهربائي</li> <li>خط المجال الكهربائي</li> </ul>

#### 2-2 تطبيقات المجالات الكهربائية Applications of Electric Fields

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> <li>فرق الجهد الكهربائي يساوي التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات الكهربائية في المجال الكهربائي.</li> <li>يُقاس فرق الجهد الكهربائي بوحدة الفولت.</li> <li>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 التالية:</li> </ul> $\Delta V = Ed$ <ul style="list-style-type: none"> <li>بيّنت تجربة ميليكان أن الشحنة الكهربائية مكّانة.</li> <li>بيّن ميليكان أيضًا أن مقدار الشحنة السالبة التي يحملها الإلكترون تساوي <math>1.6 \times 10^{-19} \text{ C}</math>.</li> <li>تتحرك الشحنات على سطح موصل حتى يصبح الجهد الكهربائي متساويًا في جميع النقاط على سطحه.</li> <li>يعمل التأريض على جعل فرق الجهد بين الجسم والأرض صفرًا.</li> <li>يمنع التأريض حدوث الشرارة الكهربائية الناتجة عن ملائمة الجسم المتعاقد لأجسام أخرى تراكم عليها كمية كبيرة من الشحنات.</li> <li>يكون المجال الكهربائي أكبر ما يمكن عند المناطق المدببة أو الحادة من سطح الموصل.</li> <li>السعة الكهربائية هي النسبة بين شحنة جسم وفرق الجهد الكهربائي عليه.</li> </ul> $C = \frac{q}{\Delta V}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>لا تعتمد السعة الكهربائية على شحنة الجسم ولا على فرق الجهد عليه.</li> <li>يستخدم المكثف الكهربائي في تخزين الشحنات الكهربائية.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>فرق الجهد الكهربائي</li> <li>الفولت</li> <li>سطوح تساوي الجهد</li> <li>المكثف</li> <li>السعة الكهربائية</li> </ul>

خريطة المفاهيم

39. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

40. يجب أن يكون مقدار شحنة الاختبار صغيراً جداً مقارنة مع مقادير الشحنات التي تولد المجال الكهربائي، كما يجب أن تكون موجبة.

41. 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. خطوط القوى الكهربائية.

43. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. انظر دليل حلول المسائل.

c. انظر دليل حلول المسائل.

d. انظر دليل حلول المسائل.

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

45. كلما تقاربت خطوط المجال الكهربائي بعضها من بعض زادت شدة المجال الكهربائي.

46. تُقاس طاقة الوضع الكهربائية بالجول ويُقاس الجهد الكهربائي بالفولت.

47. الفولت هو التغير في طاقة الوضع الكهربائية  $\Delta PE$  الناتج عن انتقال وحدة شحنة اختبار  $q$  مسافة  $d$  مقدارها  $1\text{ m}$  في مجال كهربائي  $E$  مقداره  $1\text{ N/C}$ .

$$\Delta V = \Delta PE / q = Ed$$

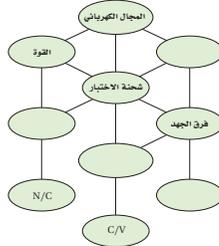
48. لأن الجسم المشحون يشارك شحنته مع سطح الأرض التي تعدّ جسمًا ضخماً جداً.

49. الطاولة مادة عازلة، أو على الأقل موصل رديء جداً لتوصيل الكهرباء.

50. تركيز الشحنة على الزوايا أكبر.

خريطة المفاهيم

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



إتقان المفاهيم

40. ما الخاصيتان اللتان يجب أن تكونا لشحنة الاختبار؟

41. كيف يحدّد اتجاه المجال الكهربائي؟

42. ما المقصود بخطوط المجال الكهربائي؟

43. ارسم بعض خطوط المجال الكهربائي لكل من الحالات التالية:

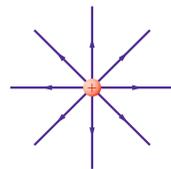
a. شحنتين متساويتين في المقدار ومتماثلتين في النوع.

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 15-2، أين تنتهي خطوط المجال الكهربائي الخارجة من الشحنة الموجبة؟



الشكل 15-2

45. كيف يتم الإشارة لشدة المجال الكهربائي من خلال خطوط المجال الكهربائي؟

46. ما وحدة قياس طاقة الوضع الكهربائية؟ وما وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي، وفق النظام الدولي للوحدات SI؟

47. عرّف الفولت بدلالة التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة تتحرك في مجال كهربائي.

48. لماذا يفقد الجسم المشحون شحنته عند وصله بالأرض؟

49. وضع قضيب مطاطي مشحون على طاولة فحافظ على شحنته بعض الوقت. لماذا لا تُفترغ شحنة القضيب المشحون مباشرة؟

50. شُحن صندوق فلزي. قارن بين تركيز الشحنة على زوايا الصندوق وتركيزها على جوانب الصندوق.

51. أجهزة الحاسوب لماذا توضع الأجزاء الدقيقة في الأجهزة الإلكترونية - كتلك الموضحة في الشكل 16-2 داخل صندوق فلزي موضوع داخل صندوق آخر بلاستيكي؟



الشكل 16-2

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؟

51. يحمي الصندوق الفلزي هذه الأجزاء من المجالات الكهربائية الخارجية التي لا تنتقل إلى داخل الموصل الأجوف.

تطبيق المفاهيم

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

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

54. ستتحول طاقة الوضع الكهربائية التي للجسيم إلى طاقة حركية له.

## تقويم الفصل 2

55. ستسلك الكرة x المسار C؛ لأنها ستأثر بالقوتين الموضحتين بالمتجهين D و B، ومحصلتهما هي المتجه C.

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

57. تكون متوازية، وتفصلها مسافات متساوية.

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

59. a. لا. قد تكون كتلتها مختلفتين.

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

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

61. للكرة التي قطرها 10 cm سعة كهربائية أكبر؛ لأن الشحنات يمكن أن يتعد بعضها عن بعض بصورة أكبر، وهذا يقلل من ارتفاع جهدها عندما تُشحن.

62. بتغيير الجهد بين طرفي المكثف.

### إتقان حل المسائل

1-2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

$$63. 2.8 \times 10^{-5} C$$

64.  $3.0 \times 10^4 N/C$  في اتجاه القوة نفسه (إلى أعلى).

## تقويم الفصل 2

من الشحنات، أم سيكون لها المقدار نفسه منها؟



الشكل 2-18

61. إذا كان قطرا كرتي ألومنيوم 1 cm و 10 cm فأتي الكرتين لها سعة أكبر؟

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

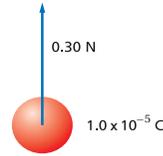
### إتقان حل المسائل

1-2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

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

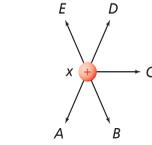
63. ما مقدار شحنة اختبار إذا تعرضت لقوة مقدارها  $1.4 \times 10^{-8} N$  عند نقطة شدة المجال الكهربائي فيها  $5.0 \times 10^{-4} N/C$ ؟

64. يوضح الشكل 2-19 شحنة موجبة مقدارها  $1.0 \times 10^{-5} C$ ، تتعرض لقوة  $0.30 N$ ، عند وضعها عند نقطة معينة. ما شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة؟



الشكل 2-19

55. يبيّن الشكل 2-17 ثلاث كرات مشحونة بالمقدار نفسه. بالشحنات الموضحة في الشكل. الكرتان Y و Z ثابتتان في مكانيهما، والكرة X حرة الحركة. والمسافة بين الكرة X وكل من الكرتين Y و Z في البداية متساوية. حدّد المسار الذي ستبداً الكرة X في سلوكه، مفترضاً أنه لا يوجد أي قوى أخرى تؤثر في الكرات.



الشكل 2-17

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

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 سريعاً أو تلك التي تتحرك ببطء عندما يتم تشغيل المجال الكهربائي؟ وضح إجابتك.

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

a. هل يمكنك استنتاج أن شحنتيهما متماثلتان؟

b. أي خصائص قطرتي الزيت نسبتهما متساوية؟

60. يقف زيد وأخيه يوسف على سطح مستوي معزول متلامسين بالأيدي عندما تم إكسابهما شحنة، كما هو موضح في الشكل 2-18. إذا كانت المساحة السطحية لجسم زيد أكبر من أخيه فمن منهما يكون له كمية أكبر

## تقويم الفصل 2

## تقويم الفصل 2

65. a. إلى أعلى.

b.  $2.4 \times 10^{-17} \text{ N}$  إلى أعلى.

c.  $8.9 \times 10^{-30} \text{ N}$  إلى أسفل، أقل بكثير من تريليون مرة.

66. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. انظر دليل حلول المسائل.

67.  $3.0 \times 10^{-4} \text{ N}$

68. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. انظر دليل حلول المسائل.

69. a.  $-1.60 \times 10^{-14} \text{ N}$

b.  $-1.76 \times 10^{16} \text{ m/s}^2$

70.  $1.8 \times 10^5 \text{ N/C}$

71. a.  $1.2 \times 10^{13} \text{ N/C}$ ، إلى الخارج.

b.  $-1.9 \times 10^{-6} \text{ N}$ ، في اتجاه النواة.

2-2 تطبيقات المجالات الكهربائية

72.  $5.0 \times 10^1 \text{ V}$

73.  $1.4 \text{ J}$

74.  $1.0 \times 10^2 \text{ C}$

75.  $9.0 \times 10^1 \text{ V}$

69. تتسارع الإلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية في تلفاز نتيجة مجال كهربائي مقداره  $1.00 \times 10^5 \text{ N/C}$ . احسب ما يلي:

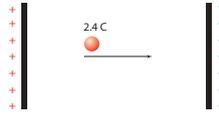
a. القوة المؤثرة في الإلكترون.  
b. تسارع الإلكترون إذا كان المجال منتظماً. افترض أن كتلة الإلكترون  $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .

70. أوجد شدة المجال الكهربائي على بُعد  $20.0 \text{ cm}$  من شحنة نقطية مقدارها  $8.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ .

71. شحنة نواة ذرة رصاص تساوي شحنة 82 بروتوناً.  
a. أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي على بُعد  $1.0 \times 10^{-10} \text{ m}$  من النواة.  
b. أوجد مقدار واتجاه القوة المؤثرة في إلكترون موضوع على البعد السابق من النواة.

### 2-2 تطبيقات المجالات الكهربائية

72. إذا بُذل شغل مقداره  $120 \text{ J}$  لتحريك شحنة مقدارها  $2.4 \text{ C}$  من اللوح الموجب إلى اللوح السالب، كما هو موضح في الشكل 2-21، فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين؟



الشكل 2-21

73. ما مقدار الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها  $0.15 \text{ C}$  خلال فرق جهد كهربائي مقداره  $9.0 \text{ V}$ ؟

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

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

65. إذا كان المجال الكهربائي في الغلاف الجوي يساوي  $150 \text{ N/C}$  تقريباً، ويتجه إلى أسفل، فأجب عما يلي:

a. ما اتجاه القوة المؤثرة في جسم مشحون بشحنة سالبة؟  
b. أوجد القوة الكهربائية التي يؤثر بها هذا المجال في إلكترون.

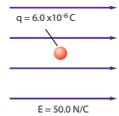
c. قارن بين القوة في الفرع b وقوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في الإلكترون نفسه. (كتلة الإلكترون تساوي  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ )

66. ارسم بدقة الحالات التالية:

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

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

67. وضعت شحنة اختبار موجبة مقدارها  $6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  في مجال كهربائي شدته  $50.0 \text{ N/C}$ ، كما هو موضح في الشكل 2-20. ما مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار؟



الشكل 2-20

68. ثلاث شحنات: X و Y و Z يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية. إذا كان مقدار الشحنة X

يساوي  $+1.0 \mu\text{C}$ ، ومقدار الشحنة Y يساوي  $+2.0 \mu\text{C}$ ، والشحنة Z صغيرة وسالبة:

a. فارسم سهماً يُمثل القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة Z.

b. إذا كانت الشحنة Z موجبة وصغيرة فارسم سهماً يُمثل القوة المحصلة المؤثرة فيها.

## تقويم الفصل 2

## تقويم الفصل 2

76.  $3500 \text{ N/C}$

77.  $2.00 \mu\text{F}$

78. a.  $8.0 \times 10^{-19} \text{ C}$

b. 5 إلكترونات.

79.  $6.75 \times 10^{-10} \text{ C}$

80.  $4.4 \times 10^2 \text{ V}$

81.  $0.45 \text{ J}$

82. a.  $1.8 \times 10^{-2} \text{ W}$

b.  $4.5 \times 10^3 \text{ W}$

c. تتناسب القدرة عكسياً مع الزمن؛ فكلما قلّ زمن استهلاك كمية محدّدة من الطاقة زادت القدرة الناتجة.

83. a.  $3.1 \times 10^6 \text{ J}$

b.  $3.1 \times 10^{14} \text{ W}$

c.  $3.1 \times 10^3 \text{ s}$

سعته  $10.0 \mu\text{F}$ ، إلى أن أصبح فرق الجهد عليه  $3.0 \times 10^2 \text{ V}$ ، فما مقدار الطاقة المخزنة في المكثف؟



الشكل 2-24

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

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  $1.0 \times 10^{-4} \text{ s}$ . 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 الليزرزات نبضات صغيرة من الطاقة تُخزّن في غرف كبيرة مملوءة بالمكثفات. وتقدر السعة الكهربائية لغرفة واحدة بـ  $61 \times 10^{-3} \text{ F}$  تشحن حتى يبلغ فرق الجهد عليها  $10.0 \text{ kV}$ .

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

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

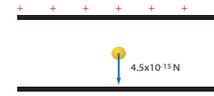
c. إذا تم شحن المكثفات بمولّد قدرته  $1.0 \text{ kW}$ ، فما الزمن بالثواني اللازم لشحن المكثفات؟

76. تبيّن قراءة فولتметр أن فرق الجهد الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين  $70.0 \text{ V}$ . إذا كان البعد بين اللوحين  $0.020 \text{ m}$  فما شدة المجال الكهربائي بينهما؟

77. يخزن مكثف موصل بمصدر جهد  $45.0 \text{ V}$  شحنة مقدارها  $90.0 \mu\text{C}$ . ما مقدار سعة المكثف؟

78. تم تثبيت قطرة الزيت الموضحة في الشكل 2-22 والمشحونة بشحنة سالبة في مجال كهربائي شدته  $5.6 \times 10^3 \text{ N/C}$ . إذا كان وزن القطرة  $4.5 \times 10^{-15} \text{ N}$ :

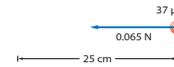
a. فما مقدار الشحنة التي تحملها القطرة؟  
b. وما عدد الإلكترونات الفائضة التي تحملها القطرة؟



الشكل 2-22

79. ما شحنة مكثف سعته  $15.0 \text{ pF}$  عند توصيله بمصدر جهد  $45.0 \text{ V}$ ؟

80. إذا لزم قوة مقدارها  $0.065 \text{ N}$  لتحريك شحنة مقدارها  $37 \mu\text{C}$  مسافة  $25 \text{ cm}$  في مجال كهربائي منتظم، كما يوضّح الشكل 2-23، فما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين؟



الشكل 2-23

81. آلة التصوير يعبر عن الطاقة المخزنة في مكثف سعته  $C$ ، و فرق الجهد الكهربائي بين طرفيه  $\Delta V$  كما يلي:  $W = \frac{1}{2} C \Delta V^2$ . ومن التطبيقات على ذلك آلة التصوير الإلكترونية ذات الفلاش الضوئي، كالتي تظهر في الشكل 2-24. إذا سُحِن مكثف في آلة تصوير مماثلة

### مراجعة عامة

84.  $6.4 \times 10^{-6} \text{ J}$

85.  $6.3 \mu\text{C}$

86.  $2 \times 10^{-10} \text{ F}$

87.  $5.6 \mu\text{C}$

88.  $4.8 \times 10^4 \text{ V/m}$

89.  $7.7 \times 10^{-15} \text{ N}$

90.  $1.2 \times 10^{-6} \text{ J}$

91. السعة الكهربائية للمكثف.

92.  $0.50 \mu\text{F} = \text{الميل} = C$

93. الشغل المبذول لشحن المكثف.

94.  $160 \mu\text{J}$

95. لا يكون فرق الجهد ثابتاً في أثناء شحن

المكثف، لذا يجب حساب المساحة تحت

المنحنى البياني لإيجاد الشغل، وليس فقط

حسابات ضرب بسيطة.

96. انظر دليل حلول المسائل.

97. لا يوجد مكان، أو عند مسافة لا نهائية من

الشحنة النقطية.

98. لا نهائي. لا.

### التفكير الناقد

99. إن النقطة الحادة عند نهاية القضيب تُسرّب

شحنات إلى الغلاف الجوي قبل أن ينتج عن

تراكمها فرق جهد كبير يكون كافياً لحدوث

ضربة صاعقة البرق.

### مراجعة عامة

84. ما مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة

مقدارها  $0.25 \mu\text{C}$  بين لوحين متوازيين، البعد بينهما

$0.40 \text{ cm}$ ، إذا كان المجال بين اللوحين  $6400 \text{ N/C}$ ؟

85. ما مقدار الشحنات المختزنة في مكثف ذي لوحين

متوازيين سعته  $0.22 \mu\text{F}$ ، إذا كان البعد بين لوحيه

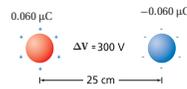
$1.2 \text{ cm}$ ، والمجال الكهربائي بينها  $2400 \text{ N/C}$ ؟

86. بين الشكل 2-25 كرتين فلزييتين صغيرتين متماثلتين،

البعد بينهما  $25 \text{ cm}$ ، وتحمّلان شحنتين مختلفتين في

النوع، مقدار كل منهما  $0.060 \mu\text{C}$ . إذا كان فرق الجهد

بينها  $300 \text{ V}$  فما مقدار السعة الكهربائية للنظام؟



الشكل 2-25

ارجع إلى المكثف الموضح في الشكل 2-26 عند حل

المسائل 87-90.

87. إذا شُحن هذا المكثف حتى أصبح فرق الجهد بين

لوحيه  $120 \text{ V}$  فما مقدار الشحنة المختزنة فيه؟

88. ما مقدار شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف؟

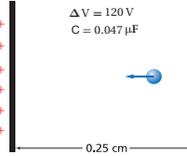
89. إذا وضع إلكترون بين لوحي المكثف فما مقدار القوة

المؤثرة فيه؟

90. ما مقدار الشغل اللازم لتحريك شحنة إضافية مقدارها

$0.010 \mu\text{C}$  بين لوحي المكثف عندما يكون فرق الجهد

بينها  $120 \text{ V}$ ؟



الشكل 2-26

ارجع إلى الرسم البياني الموضح في الشكل 2-27، الذي

يمثل الشحنة المختزنة في مكثف في أثناء زيادة فرق

الجهد عليه، عند حل المسائل 91-95.

91. ماذا يمثل ميل الخط الموضح على الرسم البياني؟

92. ما سعة المكثف الممثل في هذا الشكل؟

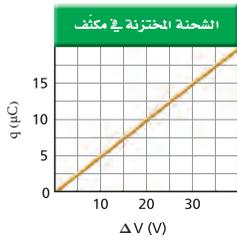
93. ماذا تمثل المساحة تحت الخط البياني؟

94. ما مقدار الشغل اللازم لشحن هذا المكثف ليصبح

فرق الجهد بين لوحيه  $25 \text{ V}$ ؟

95. لماذا لا يساوي الشغل الناتج في المسألة السابقة المقدار

$q\Delta V$ ؟



الشكل 2-27

96. مثل بيانياً 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

صغراً؟

98. ما شدة المجال الكهربائي على بُعد  $0 \text{ m}$  من شحنة

نقطية؟ هل هناك شيء يشبه الشحنة النقطية تماماً؟

### 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؟

## تقويم الفصل 2

## تقويم الفصل 2

100. انظر دليل حلول المسائل؛

$$E = 6.14 \times 10^4 \text{ N/C} \text{ بزواوية مقدارها } -23.4^\circ$$

101. a.  $1.2 \times 10^{-10} \text{ N}$

b.  $1.2 \times 10^3 \text{ m/s}^2$

c.  $1.0 \times 10^{-3} \text{ s}$

d.  $0.60 \text{ mm}$

102.  $q = 1.8 \times 10^{13} \text{ C}$

### الكتابة في الفيزياء

103. ستختلف إجابات الطلاب اعتماداً على العالم

الذي تم اختياره.

### مراجعة تراكمية

104. a.  $F/9$

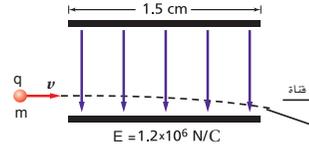
b.  $3F$

c.  $F/3$

d.  $F/2$

e.  $F$

c. ما الزمن الذي بقيت فيه القطرات بين اللوحين؟  
d. ما إزاحة القطرات؟



الشكل 2-29

102. تطبيق المفاهيم افترض أن القمر يحمل شحنة فائضة

تساوي  $-q$ ، وأن الأرض تحمل شحنة فائضة تساوي  $+10q$ ، ما مقدار الشحنة  $q$  التي تنتج مقدار القوة نفسه الناتج عن قوة الجاذبية بين كتلتيهما؟

### الكتابة في الفيزياء

103. اختر اسماً لوحدة كهربائية، مثل: الكولوم، أو

الفولت، أو الفاراد، وابتحث عن حياة وعمل العالم الذي سُميت باسمه. واكتب مقالة موجزة عن هذا العالم على أن تتضمن مناقشة العمل الذي برز لإطلاق اسمه على تلك الوحدة.

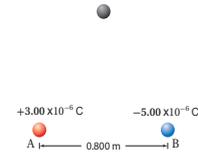
### مراجعة تراكمية

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 التالية:

- مضاعفة  $r$  ثلاث مرات.
- مضاعفة  $Q$  ثلاث مرات.
- مضاعفة كل من  $r$ ، و  $Q$  ثلاث مرات.
- مضاعفة كل من  $r$ ، و  $Q$  مرتين.
- مضاعفة كل من  $r$ ، و  $Q$ ، و  $q$  ثلاث مرات.

100. حلل واستنتج وُضعت الكرتان الصغيرتان A

و B على محور  $x$ ، كما هو موضح في الشكل 2-28. فإذا كانت شحنة الكرة A تساوي  $3.00 \times 10^{-6} \text{ C}$ ، والكرة B تبعد مسافة مقدارها  $0.800 \text{ m}$  عن يمين الكرة A، وتحمل شحنة مقدارها  $-5.00 \times 10^{-6} \text{ C}$ ، فإشدة المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة فوق المحور  $x$ ، بحيث تشكل هذه النقطة رأس مثلث متساوي الأضلاع مع الكرتين A و B؟



الشكل 2-28

101. حلل واستنتج في طباعة نفث الحبر، تُعطى قطرات الحبر

كمية معينة من الشحنة قبل أن تتحرك بين لوحين كبيرين متوازيين، الهدف منها توجيه الشحنات بحيث يتم إيقافها لتتحرك في قناة؛ لكي لا تصل إلى الورقة، كما هو موضح في الشكل 2-29. ويبلغ طول كل لوح  $1.5 \text{ cm}$ ، ويتولد بينها مجال كهربائي مقدار  $1.2 \times 10^6 \text{ N/C}$ . فإذا تحركت قطرات حبر، كتلة كل منها  $0.10 \text{ ng}$ ، وشحنتها  $1.0 \times 10^{-16} \text{ C}$ ، أفقيًا بسرعة  $15 \text{ m/s}$  في اتجاه مواز للوحين، كما في الشكل، فما مقدار الإزاحة الرأسية للقطرات لحظة مغادرتها اللوحين؟

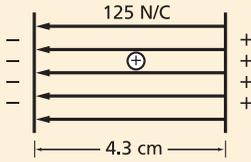
لمساعدتك على إجابة السؤال أجب عن الأسئلة التالية:  
a. ما القوة الرأسية المؤثرة في القطرات؟  
b. ما مقدار التسارع الراسي للقطرات؟

## اختبار مقنن

### أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

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  $125 \text{ N/C}$  ؟
- (A)  $5.5 \times 10^{-23} \text{ J}$   
 (B)  $8.6 \times 10^{-19} \text{ J}$   
 (C)  $1.1 \times 10^{-16} \text{ J}$   
 (D)  $5.4 \text{ J}$



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  $1.9 \times 10^{-14} \text{ N}$  عندما كان فرق الجهد بين اللوحين  $0.78 \text{ kV}$ ، والبعد بينهما  $63 \text{ mm}$ ، كما هو موضح في الشكل في الصفحة التالية. ما مقدار الشحنة على القطرة؟
- (A)  $-1.5 \times 10^{-18} \text{ C}$   
 (B)  $-3.9 \times 10^{-16} \text{ C}$   
 (C)  $-1.2 \times 10^{-15} \text{ C}$   
 (D)  $-9.3 \times 10^{-13} \text{ C}$

1. لماذا يقاس المجال الكهربائي بشحنة اختبار صغيرة فقط؟
- (A) حتى لا تُشوّت 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  $2.1 \times 10^{-9} \text{ C}$  بقوة مقدارها  $14 \text{ N}$ ، فما مقدار المجال الكهربائي المؤثر؟
- (A)  $0.15 \times 10^{-9} \text{ N/C}$   
 (B)  $6.7 \times 10^{-9} \text{ N/C}$   
 (C)  $29 \times 10^{-9} \text{ N/C}$   
 (D)  $6.7 \times 10^9 \text{ N/C}$
3. تتأثر شحنة اختبار موجبة مقدارها  $8.7 \mu\text{C}$  بقوة  $8.1 \times 10^{-6} \text{ N}$  في اتجاه يصنع زاوية  $24^\circ$  شمال الشرق. ما مقدار شدة المجال الكهربائي واتجاهه في موقع شحنة الاختبار؟
- (A)  $7.0 \times 10^{-8} \text{ N/C}$ ،  $24^\circ$  شمال الشرق.  
 (B)  $1.7 \times 10^{-6} \text{ N/C}$ ،  $24^\circ$  جنوب الغرب.  
 (C)  $1.1 \times 10^{-3} \text{ N/C}$ ،  $24^\circ$  غرب الجنوب.  
 (D)  $9.3 \times 10^{-1} \text{ N/C}$ ،  $24^\circ$  شمال الشرق.
4. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين لوحين يبعد أحدهما عن الآخر  $18 \text{ cm}$ ، والمجال الكهربائي بينهما  $4.8 \times 10^3 \text{ N/C}$  ؟
- (A)  $27 \text{ V}$   
 (B)  $86 \text{ V}$   
 (C)  $0.86 \text{ kV}$   
 (D)  $27 \text{ kV}$

### أسئلة الاختيار من متعدد

1. A  
 2. D  
 3. D  
 4. C  
 5. B  
 6. B  
 7. A  
 8. C

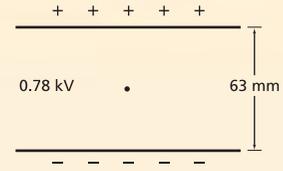
## اختبار مقنن الفصل 2-

### سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

الوصف	العلامات
يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، ويمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعوق إظهار الفهم الكامل.	4
يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتُظهر فهمًا أساسيًا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.	3
يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلًا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.	2
يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.	1
يقدم الطالب حلًا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.	0

## اختبار مقنن



8. مكثف سعته  $0.093 \mu\text{F}$ . إذا كانت شحنته  $58 \mu\text{C}$  فما مقدار فرق الجهد الكهربائي عليه؟
- (A)  $5.4 \times 10^{-12} \text{ V}$
- (B)  $1.6 \times 10^{-6} \text{ V}$
- (C)  $6.2 \times 10^2 \text{ V}$
- (D)  $5.4 \times 10^3 \text{ V}$

### الأسئلة الممتدة

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

### إرشاد

#### استعمل نظام الأصدقاء

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

### الأسئلة الممتدة

9. شحنة قطرة الزيت:  $C = 2.88 \times 10^{-18} = (18)(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})$

$$\text{فرق الجهد الكهربائي اللازم: } (6.12 \times 10^{-4} \text{ N}) \left( \frac{1.41 \times 10^2 \text{ m}}{2.88 \times 10^{-18} \text{ C}} \right) = 3.00 \times 10^2 \text{ V}$$

المواد والأدوات	الأهداف
	<b>افتتاحية الفصل</b>
	<b>3-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية</b>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>تجربة استهلاكية</b> بطارية من نوع D جهدها 1.5 V، وسلك توصيل معزول، ومصباح كهربائي صغير.</p> <p><b>تجربة إضافية</b> خلّ أو عصير ليمون، وقطع صغيرة أو أقراص من النحاس والخصارصين، وأسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح (0-50mm)، وفولتметр، ومنشفة ورقية.</p> <p><b>تجربة إضافية</b> أميتر أو جهاز قياس كهربائي متعدّد الأغراض (ملتي متر)، ومصدر قدرة DC قابل للضبط، ومصباحان كهربائيان.</p> <p><b>تجربة</b> مصدر قدرة DC (0-6 V)، وأسلاك توصيل، ومصباحان كهربائيان صغيران كلّ منهما مزود بقاعدة، وأميتر.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> مصدر قدرة DC قابل للضبط، وجهازا ملتي متر، ومصباح كهربائي 12 V، وقاعدة مصباح كهربائي، ومقاومة <math>100 \Omega</math> وقدرتها 2 W، وأسلاك توصيل.</p> <p><b>عرض سريع</b> خلية شمسية، ومضخّم، وساعة، وستروبوسكوب (جهاز ومّاض).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. تصف الشروط اللازمة لسريان تيار كهربائي في دائرة كهربائية.</li> <li>2. توضّح قانون أوم.</li> <li>3. تصمّم دوائر كهربائية مغلقة.</li> <li>4. تفرّق بين القدرة والطاقة في دائرة كهربائية.</li> </ol>
	<b>3-2 استخدام الطاقة الكهربائية</b>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>مختبر الفيزياء</b> أربع بطاريات من نوع D جهدها 1.5 V، وأربع حوامل للبطارية D، وأميتر <math>500 \mu A</math>، وخمسة أسلاك مُزوّدة بمشابك فم التمساح، ومقاومات <math>10 k\Omega</math> و <math>20 k\Omega</math> و <math>30 k\Omega</math> و <math>40 k\Omega</math>.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> مكثف <math>1 \mu F</math>، وبطارية 9 V، وجهاز قياس كهربائي رقمي متعدّد الأغراض (DMV)، ومقاومة <math>1 M\Omega</math>.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. توضّح كيف تُحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.</li> <li>6. تستكشف طرائق نقل الطاقة الكهربائية.</li> <li>7. تُعرّف الكيلوواط. ساعة.</li> </ol>

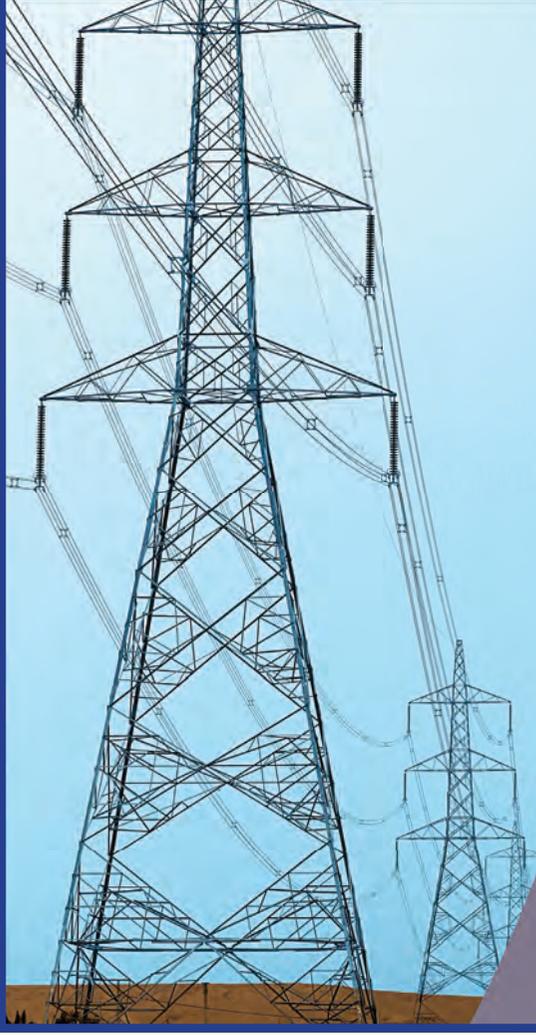
### طرائق تدريس متنوعة

- 1 م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلّم.  
2 م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.  
3 م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
<p>تتضمّن أعمال <b>المعلم</b>: نسخة المعلم التفاعليّة، تخطيط الدّرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.</p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 3.</p> <p>ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 71  دليل مراجعة الفصل، ص 74  اختبار قصير 1-3، ص 80  شريحة التدريس 1-3 ص 85  شريحة التدريس 2-3 ص 87  شريحة التدريس 3-3 ص 89  ربط الرياضيات مع الفيزياء</p>
<p>مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني:  <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a></p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 3.</p> <p>دليل مراجعة الفصل، ص 74  اختبار قصير 2-3، ص 81  تعزيز الفهم ص 82  الإثراء، ص 83  شريحة التدريس 4-3 ص 91  ربط الرياضيات مع الفيزياء  دليل التجارب العمليّة، ص 28</p>

مصادر التقويم

<p>التقنية  الموقع الإلكتروني  <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a></p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 3  تقويم الفصل 3 ص 93  إختبارات الفيزياء التحضيرية</p>
---	---



#### ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- توضيح تحولات الطاقة في الدوائر الكهربائية.
- حل مسائل تتضمن التيار الكهربائي وفرق الجهد والمقاومة.
- رسم دوائر كهربائية بسيطة.

#### الأهمية

يعتمد مبدأ عمل الأدوات والأجهزة الكهربائية التي تستعملها على مقدرة الدوائر الكهربائية فيها على نقل الطاقة الناتجة عن فرق الجهد، ومن ثم إنجاز شغل.

أسلاك نقل القدرة تنتشر شبكة أسلاك نقل الطاقة الكهربائية في طول البلاد وعرضها لنقل الطاقة إلى الأماكن التي تحتاج إليها. وتتم عملية النقل هذه عند فروق جهد كبيرة، تصل غالباً إلى 500,000 V.

#### فكر

تكون فروق الجهد (الفولتيات) في أسلاك نقل الطاقة الكهربائية كبيرة جداً، بحيث لا يمكن استخدامها بصورة آمنة في المنازل والشركات. فلماذا تستخدم مثل هذه الفولتيات الكبيرة في أسلاك نقل الطاقة؟

القيزيلة عبر المواقع الإلكترونية  
www.abeikaneducation.com

#### نظرة عامة إلى الفصل

في هذا الفصل ستتم مناقشة التيار الكهربائي المار في الدوائر الكهربائية. مع عرض مكونات الدائرة الأساسية ورموزها، ويستخدمها الطالب في الرسوم التخطيطية. كما يتم توضيح قانون أوم، بالإضافة إلى القدرة الكهربائية، وتكلفة استخدام الطاقة الكهربائية.

#### فكر

يتيح نقل الطاقة عند جهود كبيرة جداً توصيل القدرة الكهربائية مع فقدان كميات قليلة منها، ويسمح باستخدام أسلاك نقل ذات سمك مناسب مما يتيح التحكم فيها. وللمزيد من المعلومات حول نقل الطاقة الكهربائية انظر الصفحة 88.

#### المفردات الرئيسية

- التيار الكهربائي
- التيار الاصطلاحي
- البطارية
- الدائرة الكهربائية
- الأمبير
- المقاومة الكهربائية
- التوصيل على التوازي
- التوصيل على التوالي
- الموصل الفائق التوصيل
- الكيلو واط. ساعة

#### تجربة استهلاكية

من الطريقة العلمية؛ فقد صنع العالم توماس أديسون الكثير من المصابيح الكهربائية التي لم تعمل قبل أن يجد أخيراً مادة الفتيلة، التي مكنته من صناعة مصباح كهربائي يعمل جيداً. وتوضّح عملية جمع البيانات والمعلومات عن المحاولات جميعها أهمية النتائج السلبية في العلم. فقد تعلّم العلماء كثيراً من تلك العمليات التي كان يُطلق عليها الآخرون الإخفاقات. فلو لم يتابع أديسون حالات الفشل ويتعقبها عندما كرّر محاولاته لصناعة مصباح كهربائي لكان من

**الهدف** يجب أن يكتشف الطلاب أنه لا يسري تيار كهربائي إلا في حالة وجود دائرة كهربائية مغلقة.

**المواد والأدوات** بطارية من نوع D جهدها 1.5 V، وسلك توصيل معزول، ومصباح كهربائي صغير، ونظارة واقية.

**استراتيجيات التدريس** تحذير: يمكن أن يسبب السلك خدش الجلد أو جرحه. شجّع الطلاب على تدوين جميع محاولاتهم، وإنشاء رسم تخطيطي لكل دائرة كهربائية. يُعدّ تسجيل نتائج عملية "التجربة والخطأ" جزءاً

## 3-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية

### 1. التركيز

#### نشاط محفز

**القدرة** صل مصدر قدرة قابل للضبط بمصباح كهربائي قدرته 60 W. ثم استعمل المقياس المثبت في مصدر القدرة أو أجهزة القياس المتعددة الأغراض (ملتي متر) المنفصلة عن مصدر القدرة لمراقبة الجهد والتيار. اطلب إلى الطلاب زيادة الجهد المطبق على المصباح الكهربائي تدريجياً وحساب القدرة لعدة جهود مختلفة. ثم اطلب إليهم استخلاص نتيجة حول العلاقة بين توهج المصباح والقدرة P. **يزداد سطوع أو توهج المصباح عند زيادة القدرة. فعند زيادة الجهد، تبقى المقاومة ثابتة تقريباً، وتزداد القدرة. 24 بصري-مكاني**

#### الربط مع المعرفة السابقة

**الطاقة** سيُطبق الطلاب ما تعلموه فيما يتعلق بمفهوم تحويل الطاقة. وسيُطبقون أيضاً تعريف القدرة الذي عرفوه من خلال دراستهم للميكانيكا على الأجهزة الكهربائية.

### تجربة استهلالية

#### هل يمكنك إنارة مصباح كهربائي؟

**سؤال التجربة** إذا أعطيت سلكاً وبطارية ومصباحاً، فهل يمكنك إنارة المصباح؟

#### الخطوات

1. احصل من معلمك على مصباح كهربائي وسلك وبطارية، ثم حاول إيجاد الطرائق الممكنة لإنارة المصباح. **تحذير، السلك حاد، وقد يجرح الجلد، كما أنه يسخن إذا وصلت نهاياته بقطبي بطارية.**
2. أنشئ رسماً تخطيطياً لطريقتين يُمكنك بهما إنارة المصباح. تأكد من كتابة أسماء الأجزاء؛ البطارية والسلك والمصباح على الرسم.
3. أنشئ رسماً تخطيطياً لثلاث طرائق على الأقل لا يُمكنك استعمالها في إنارة المصباح.



### 3-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية Current and Circuits

#### الأهداف

- تصف الشروط اللازمة لسريان تيار كهربائي في دائرة كهربائية.
- توضح قانون أوم.
- تُصمم دوائر كهربائية مغلقة.
- تُفحص بين القدرة والطاقة في دائرة كهربائية.

#### المفردات

التيار الاصطلاحي	التيار الكهربائي
الدائرة الكهربائية	البطارية
المقاومة الكهربائية	الأمبير
التوصيل على التوالي	التوصيل على التوازي

لا يمكن الاستغناء عن الطاقة الكهربائية في حياتنا اليومية؛ وهي لا تفتنى بل تتحول إلى أشكال أخرى بسهولة. فهناك أمثلة كثيرة على ذلك؛ ففي منزلك تساعدك الأنوار على القراءة، كما يعتمد عمل الحواسيب على الكهرباء. أما خارج المنزل فمصباح إنارة الشوارع والإشارات الضوئية تستخدم تدفق الشحنات الكهربائية. وستتعلم في هذا الفصل كيف يرتبط فرق الجهد، والمقاومة، والتيار معاً، وستتعرف أيضاً القدرة الكهربائية وتحولات الطاقة.

تعلم أن للماء المتدفق من أعلى شلال طاقة وضع وطاقة حركية. ورغم توافر كمية كبيرة من طاقتي الوضع والحركة الطبيعيين في بعض المصادر الطبيعية كما في الشلالات وموجات البحر مثلاً، وبسبب بُعد هذه المصادر عن مناطق السكن والمصانع فنضطر إلى نقلها بكفاءة. وتعدّ الطاقة الكهربائية الوسيلة الأمثل لنقل كميات كبيرة من الطاقة مسافات كبيرة دون فقد جزء كبير منها. وتتم عملية النقل هذه عادة عند فروق جهد كبيرة عبر أسلاك نقل القدرة، كتلك الموضحة في الصفحة السابقة. وعندما تصل هذه الطاقة إلى المستهلك يُمكن تحويلها بسهولة إلى شكل آخر، أو مجموعة أشكال أخرى، منها: الطاقة الصوتية، والطاقة الضوئية، والطاقة الحرارية، والطاقة الحركية.

الممكن أن تصبح هدرًا ومضيعة للوقت. **النتائج المتوقعة** يجب أن يجد الطلاب طريقتين أساسيتين لإضاءة المصباح الكهربائي. إحدهما أن تلامس البطارية أسفل قاعدة المصباح. وفي الطريقة الأخرى تلامس البطارية جانب قاعدة المصباح. ويجب أن تكون ملامسة البطارية عند قطبها، ويتم توصيل سلك موصل يكمل الدائرة الكهربائية من نقطة توصيل أخرى على قاعدة المصباح إلى القطب الآخر للبطارية. **التحليل** يجب أن تكون الدائرة الكهربائية مغلقة مع وجود مصدر للطاقة فيها لكي تتدفق الشحنة الكهربائية. وتمثل البطارية مصدر

## 2. التدريس

### المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اللغة إن استخدام عبارة مثل "الجهد خلال هذه الدائرة" فكرة غير جيدة؛ لأنه يجب أن يدرك الطلاب أن الجهد يقاس دائماً على أنه فرق جهد بين نقطتين. ولا ينتقل الجهد أو التيار خلال الدائرة الكهربائية، وإنما الذي ينتقل هو الشحنات. ومن الجيد مناقشة الجهد في الدائرة عندما تكون النقاط المرجعية التي يقاس فرق الجهد بالنسبة لها واضحة ومعروفة.

### استخدام التشابه

التيار اطلب إلى الطلاب أن يصفوا التشابه بين التيارات الكهربائية والتيارات المائية. التيار نفسه لا يتدفق، ولكن الذي يتدفق هو الماء أو الشحنات. اطلب إلى الطلاب تقديم تشبيههم الخاص لوصف دائرة كهربائية أو تيار كهربائي (كنموذج سكة القطار مثلاً). 2م

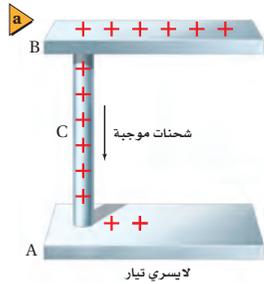
### التفكير الناقد

شواحن البطارية استخدم ما تعلّمه الطلاب عن فرق الجهد الكهربائي وتدفق الشحنات، واطلب إليهم توضيح كيف يُعاد شحن بطارية الهاتف الخليوي بوصلها بمخرج الكهرباء. واسألهم: هل يختلف الأمر عند وصلها بمنفذ جهد البطارية في السيارة أم لا؟ ستتضمن المناقشة المبدئية لهذا الموضوع تدفق الإلكترونات من بطارية السيارة أو من نظام القدرة المنزلي إلى الجسم الذي يتم شحنه. ويمكن مراجعة هذا الموضوع والتوسع في دراسته لاحقاً عندما يناقش الطلاب البطاريات والطاقة الكيميائية، ومرة أخرى عند تقديم موضوع تحويل القدرة AC/DC. 3م

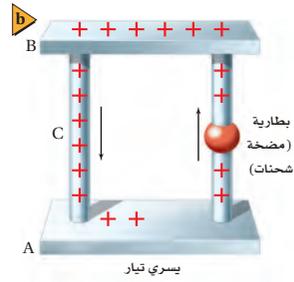
### توليد التيار الكهربائي Producing Electric Current

تعلمت سابقاً أنه عند تلامس كرتين موصلتين تتدفق الشحنات من الكرة ذات الجهد الأعلى إلى الكرة ذات الجهد المنخفض، ويستمر التدفق حتى يتلاشى فرق الجهد بينهما.

ويستمر المعدل الزمني لتدفق الشحنة الكهربائية التيسار الكهربائي. ويوضح الشكل 3-1a لوحين موصلين A و B، تم توصيلهما بسلك موصل C. ولأن جهد B أكبر من جهد A فإن الشحنات تتدفق من B إلى A عبر السلك C. ويستمر تدفق الشحنات الموجبة التيار الاصطلاحي. ويتوقف التدفق عندما يصبح فرق الجهد بين A و B و C صفراً. ويمكنك المحافظة أو الإبقاء على وجود فرق جهد كهربائي بين A و B عن طريق ضخ جسيمات مشحونة من اللوح A لتعود إلى اللوح B، كما هو موضح في الشكل 3-1b. ولأن المضخة (مصدر الجهد) تعمل على زيادة طاقة الوضع الكهربائية للشحنات فإنها تحتاج إلى مصدر طاقة خارجي حتى تعمل. ولهذه الطاقة مصادر متنوعة؛ فمثلاً تعد الخلية الفولتية، أو الخلية الجلفانية (البطارية الجافة الشائعة)، أحد هذه المصادر المألوفة؛ إذ تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية. وعند وصل عدة خلايا جلفانية معاً يتشكل ما يسمى البطارية. وهناك مصدر آخر للطاقة الكهربائية، وهو خلية الفولتية الضوئية أو الخلية الشمسية، حيث تعمل هذه الخلية على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.



الشكل 3-1 يُعرّف التيار الاصطلاحي بأنه تدفق الشحنات الموجبة من اللوح الموجب إلى اللوح السالب (a). ويضع المؤد الشحنات الموجبة لتعود إلى اللوح الموجب، مما يؤدي إلى استمرار سريان التيار (b). وفي أغلب الفلزات تتدفق الإلكترونات ذات الشحنة السالبة من اللوح السالب إلى اللوح الموجب، مما يجعل الشحنات الموجبة تبدو وكأنها تتحرك في الاتجاه العاكس.



### 3-1 إدارة المصادر

اختبار قصير 1-3، ص 80	الملف الخاص بمصادر الفصول 6-1
شريحة التدريس 1-3 ص 85	تقويم الفصل 3، ص 93
شريحة التدريس 2-3 ص 87	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 71
شريحة التدريس 3-3 ص 89	
ربط الرياضيات مع الفيزياء	

## تطوير المفهوم

**التيار** سيساعد التشبيه التالي الطلاب على تصوّر تدفق الشحنة الكهربائية المعروف بالتيار. في منتج شاطئ ما يُستخدم خزان ماء لتزويد المنتج باحتياجاته من الماء. فالكثير من نزلاء المنتج يستحمون في وقت متأخر من المساء، وقد يشكو بعضهم من ضعف تدفق الماء. اطلب إلى الطلاب أن يشاركون القائمين على إدارة المنتج في وضع حلول لهذه المشكلة أو التخفيف من حدتها. **زيادة ارتفاع الخزان يزيد طاقة وضع الماء، واستعمال أنابيب ذات أقطار كبيرة يُقلّل مقاومة تدفق الماء.** والآن اطلب إلى الطلاب التفكير في تدفق الشحنات الكهربائية (التيار) تمامًا كحركة السيارات على طريق سريع في ساعة الازدحام، وأسألهم: كيف يمكنهم زيادة مرور السيارات؟ **يمكنهم التقليل من المقاومة بزيادة عرض الطريق وتوسيعه وإضافة المزيد من المسارب، وإزالة العوائق مثل إشارات المرور، أو إضافة المزيد من مسارب الخروج.** كما يمكنهم زيادة الطاقة برفع الحد الأقصى للسرعة. **2 م**

### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 1-3

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

### الدوائر الكهربائية Electric Circuits

تتحرك الشحنات الموضحة في الشكل 1b-3 في مسار مغلق، بحيث تتحرك في دورة تبدأ من البطارية (المضخة)، ثم تصل إلى اللوح B من خلال الموصل C، وتصل بعد ذلك إلى اللوح A لتعود إلى المضخة مرة أخرى. وتسمى أي حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية الدائرية الكهربية. وتحتوي الدائرة على بطارية (مضخة للشحنات)، تعمل على زيادة طاقة الوضع الكهربائية للشحنات المتدفقة من A إلى B، كما تحتوي أيضًا على أداة تقلل من طاقة الوضع الكهربائية للشحنات المتدفقة من B إلى A. وتتحول عادة طاقة الوضع التي تفقدها الشحنات المتحركة ( $qV$ ) بهذه الأداة إلى أشكال أخرى للطاقة. فمثلًا يعمل المحرك على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية، ويحوّل المصباح الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية، وتحوّل المدفأة الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.

فدور البطارية هو تزويد الشحنات الكهربائية بطاقة تمكّنها من التدفق في الدائرة مشكلة تيارًا كهربائيًا.

**حفظ الشحنة** الشحنات لا تفنى ولا تستحدث، ولكن يمكن فصلها؛ لذا فإن الكمية الكلية للشحنة - عدد الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة - في الدائرة لا تتغير. فإذا تدفق كولوم واحد من الشحنات الكهربائية خلال ثانية واحدة في جزء من الدائرة الكهربائية المغلقة فسيتدفق المقدار نفسه من الشحنات في جميع أجزاء الدائرة نفسها، لذا تكون كمية الشحنة محفوظة. كما تكون الطاقة محفوظة أيضًا؛ حيث إن التغير في الطاقة الكهربائية  $\Delta E$  يساوي  $qV$ . ولأن  $q$  محفوظة فإن التغير الكلي في طاقة الوضع للشحنات التي تحركت دورة كاملة في الدائرة الكهربائية يساوي صفرًا. وتكون الزيادة في فرق الجهد في جزء من دائرة كهربائية مساوية للنقصان في فرق الجهد خلال الأجزاء الأخرى منها.

### معدل تدفق الشحنة ومعدل تحول الطاقة

#### Rates of Charge Flow and Energy Transfers

تمثّل القدرة المعدل الزمني لتحوّل الطاقة، وتُقاس بوحدة الواط W،. فإذا حوّل مولّد كهربائي  $IJ$  من الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية في كل ثانية فعندئذ يمكننا القول إن المولد يحول الطاقة بمعدل  $IJ/s$  أو  $IW$ . وتعتمد الطاقة التي يحملها التيار الكهربائي على كمية الشحنات المنقولة  $q$ ، كما تعتمد أيضًا على فرق الجهد  $V$  بين طرفي المسار الذي يتحرك فيه التيار؛ أي أن  $E = qV$ . ويسمى معدل تدفق الشحنة الكهربائية  $q/t$  شدة التيار الكهربائي، ويقاس بوحدة كولوم لكل ثانية؛ حيث وحدة قياس كمية الشحنة الكهربائية هي الكولوم، كما درست سابقًا. ويُرمز إلى التيار الكهربائي بالرمز  $I$ ، لذا فإن  $I = q/t$ . ويسمى تدفق  $I C/s$  الأمبير، ويرمز له بالرمز  $A$ .

### مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

#### نشاط

**مساعدة الطلاب زملاءهم** بعض الطلاب لديهم طرائق معيّنة يجدها زملاؤهم جذابة وسهلة لتوضيح المفاهيم الصعبة. إذا بدا لك أن بعض الطلاب يجدون صعوبة في فهم مفهوم ما، فحاول تشكيل مجموعات نقاش صغيرة، وإثارة المناقشات بطرح مجموعة من الأسئلة، مثل: لماذا تعدّ الدائرة المغلقة ضرورية لتدفق الشحنات؟ لماذا يعدّ مصدر الطاقة ضروريًا لتدفق الشحنات؟ صف المقاومة والجهد مستخدمًا المصطلحات اليومية. ما وجه الشبه بين الجهد والضغط عمومًا؟ **1 م متفاعل**

## مثال صفي

**سؤال** يعمل محرك على فرق جهد 120 V، وتيار 13 A. احس القدرة والطاقة المستهلكة إذا تم تشغيله لمدة ساعة واحدة.

**الجواب**

$$P=IV$$

$$=120\text{ V} \times 13\text{ A}$$

$$=1.6\text{ kW}$$

$$E=Pt$$

$$=1.6\text{ kJ/s} \times 60\text{ min} \times \frac{60\text{ sec}}{\text{min}}$$

$$=5.8\text{ MJ}$$

ترتبط الطاقة التي يحملها التيار الكهربائي مع الجهد الكهربائي من خلال العلاقة  $E = qV$ . وحيث إن التيار  $I = q/t$  يمثل المعدل الزمني لتدفق الشحنة فإنه يمكن تحديد القدرة،  $P = E/t$ ، لجهاز كهربائي بضرب الجهد في التيار. ولاشتقاق هذه الصورة المألوفة لمعادلة القدرة الكهربائية الواصلة إلى جهاز كهربائي يمكنك استخدام العلاقة  $P = E/t$ ، ثم تعويض فيها العلاقتين التاليتين  $E = qV$  و  $I = q/t$ .

$$P = IV$$

القدرة  
القدرة تساوي شدة التيار مضروباً في فرق الجهد.

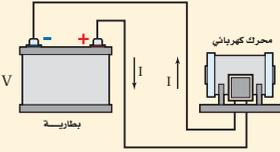
إذا كان التيار المار في المحرك الموضح في الشكل 2a-3 يساوي 3.0 A، وفرق الجهد 120 V فإن قدرة المحرك تحسب كما يأتي:  $P = (3.0\text{ C/s})(120\text{ J/C}) = 360\text{ J/s}$  والتي تساوي 360 W.

## مثال 1

**القدرة الكهربائية والطاقة** ولدت بطارية جهدها 6.0 V تياراً مقداره 0.50 A في محرك كهربائي عند وصله ببطريتها. احس مقدار:

a. القدرة الواصلة إلى المحرك.  
b. الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المحرك، إذا تم تشغيله مدة 5.0 min.

### 1 تحليل المسألة ورسمها



• ارسم دائرة تبين فيها الطرف الموجب لبطارية موصول بمحرك، والسلك الراجع من المحرك موصول بالطرف السالب للبطارية.  
• وضح اتجاه التيار الاصطلاحي.

**المجهول**

$$P = ?$$

$$E = ?$$

**المعلوم**

$$V = 6.0\text{ V}$$

$$I = 0.50\text{ A}$$

$$t = 5.0\text{ min}$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

a. استخدم المعادلة  $P = IV$  لإيجاد القدرة.

$$\text{بالتعويض عن } V = 6.0\text{ V}, I = 0.50\text{ A}$$

### دليل الرياضيات

الأرقام المعنوية من 199 و200

$$P = IV$$

$$= (0.50\text{ A})(6.0\text{ V})$$

$$= 3.0\text{ W}$$

## نشاط



### الطاقة والبيئة اطلب إلى الطلاب

استقصاء لماذا يكون للطاقة الكهربائية المهذرة أثر سلبي في البيئة. اقترح عليهم أن يعدّوا قائمة تتضمن بعض الأمثلة على أنشطة شخصية، ووطنية، ومدرسية يمكن أن تؤدي إلى إهدار الطاقة الكهربائية، ومن ثم يُقدّمون حلولاً للحد أو التقليل من هذا الهدر.

**1م لغوي**

## طرائق تدريس متنوعة

### نشاط

**إعاقة سمعية** يمكنك أيضاً تنفيذ النشاط المحفّز الذي استعملت فيه البطارية والمصباح الكهربائي، باستعمال بطارية وجرس كهربائي. كما يمكنك أيضاً عرض كيفية استعمال ضوء ومّاض بدلاً من جرس الباب، والذي يُستعمل للأفراد الذين يعانون من إعاقة سمعية، أو في الأماكن المعزولة صوتياً، ومنها أستوديو التسجيل. ملاحظة: العديد من الأجهزة الإلكترونية الشخصية موجودة لمساعدة الأفراد الذين يعانون من إعاقة بصرية. قد يمتلك بعض الطلاب في صفك أجهزة قادرة على إجراء مسح لنصّ مكتوب وترجمته إلى لغة بربيل، أو تلك الأجهزة التي يمكنها تحويل النصوص إلى كلام مسموع. **1م**

## المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**المقاومة مقابل المقاومة** عند استعمال سلك نحاس في دائرة كهربائية فإننا نهتم عادة بمعرفة مقاومة هذا السلك أكثر من اهتمامنا بمعرفة المقاومة النوعية له (مقاوميته)؛ ذلك لأن المقاومة تتغيّر مع تغير كلّ من طول السلك ومساحة مقطعه العرضي. ولأن المقاومة تتناسب عكسياً مع مساحة المقطع العرضي وطردياً مع الطول فإنه يمكن حساب المقاومة النوعية (المقاومية) بضرب مقاومة السلك في مساحة مقطعه العرضي وقسمة الناتج على طول السلك:  $\Omega \cdot m = \Omega \cdot (m^2 / m)$ .

## تجربة إضافية



### إنتاج الطاقة الكهربائية

**الهدف** يستنتج الطلاب كيفية توليد الطاقة الكهربائية من سلسلة من الخلايا أو البطاريات. **المواد والأدوات** خلّ أو عصير ليمون، وقطع صغيرة أو أقراص من النحاس والخارصين، وأسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح (0 - 50 mm)، وفولتметр، ومنشفة ورقية.

### الخطوات

**تحذير:** ارتد نظارة واقية لحماية العين.

1. اطوِ قطعة صغيرة من المنشفة الورقية، وبلّها بالخلّ، وضعها بين قطعة من النحاس وقطعة أخرى من الخارصين.
2. صلّ الفولتметр بقطعتي النحاس والخارصين، ثم قس فرق الجهد.
3. حضّر العديد من الخلايا المكوّنة من النحاس، وقطعة منشفة ورقية مبلّلة بالخلّ والخارصين، ثم كوّن بحذر دائرة توالٍ من خلال وضع قطعة نحاس مقابل قطعة خارصين، ثم قس مرة أخرى فرق الجهد بين قطعة النحاس العلوية وقطعة الخارصين السفلية في المنظومة التي كوّنتها.
4. صلّ الأميتر على التوالي مع الخلايا، وبيّن هل تولّد تيار كهربائي؟ يكون فرق جهد كل خلية 0.1 V تقريباً.

**التقويم** اسأل الطلاب كيف تعدّ طريقة توليد الكهرباء هذه أهم من طريقة توليد الكهرباء باستخدام الصوف وقضيب المطاط (البلاستيك). تولّد الخلايا تياراً كهربائياً، في حين أن ذلك قضيب المطاط بالصوف يولّد كهرباء ساكنة وليس تياراً كهربائياً. اطلب إلى الطلاب تحديد الحمل في الدائرة (لم يُستعمل مقاومة في العرض). يعمل الأميتر في الدائرة الكهربائية بوصفه حملاً.

b. تعلمت سابقاً أن  $P = E/t$ . حل هذه المعادلة بالنسبة لـ E لإيجاد الطاقة الكهربائية الوصلة إلى المحرك.

$$E = Pt$$

$$= (3.0 \text{ J/s})(5.0 \text{ min})\left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right)$$

$$= 9.0 \times 10^2 \text{ J}$$

بالتعويض عن  $t = 5.0 \text{ min}$ ,  $P = 3.0 \text{ W}$

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ تم قياس القدرة بالواط، والطاقة بالجول.
- هل الجواب منطقي؟ مقدار التيار والجهد قليلان نسبياً، لذا يكون المقدار القليل للقدرة منطقيّاً.

### مسائل تدريبية

1. إذا مرّ تيار كهربائي مقداره 0.50 A في مصباح كهربائي فرق الجهد بين طرفيه 125 V، فما المعدل الزمني لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية؟ افترض أن كفاءة المصباح 100%.
2. تولّد تيار مقداره 2.0 A في مصباح متصل ببطارية سيارة. ما مقدار القدرة المستهلكة في المصباح إذا كان فرق الجهد عليه 12 V؟
3. ما مقدار التيار الكهربائي المار في مصباح قدرته 75 W متصل بمصدر جهد مقداره 125 V؟
4. يمرّ تيار كهربائي مقداره 210 A في جهاز بدء التشغيل في محرك سيارة. فإذا كان فرق الجهد بين قطبي البطارية 12 V فما مقدار الطاقة الكهربائية التي تصل إلى جهاز بدء التشغيل خلال 10.0 s؟
5. مصباح كهربائي كُتب عليه 0.90 W. إذا كان فرق الجهد بين طرفيه 3.0 V فما مقدار شدة التيار المار فيه؟

### مسائل تدريبية

1. 63 W
2. 24 W
3. 0.60 A
4.  $2.5 \times 10^4 \text{ J}$
5. 0.30 A

## المناقشة

سؤال لكي تبدأ المناقشة، اعرض على الطلاب بطارية من نوع D وبطارية أخرى من نوع AAA، ووضح لهم أن جهد كلتا البطارتين يساوي 1.5 V، ثم اطلب إلى الطلاب وصف الفرق المهم بينهما.

**الإجابة** يستمر عمل البطارية من نوع D فترة أطول في وجود حمل معين؛ لأن هذا النوع من البطاريات له كتلة أكبر (ومن ثم كمية أكبر من المواد الكيميائية)، لذا فإنه قادر على إعطاء تيار معين لفترة زمنية أطول قبل أن تستنفد الطاقة الكيميائية فيه. **1م**

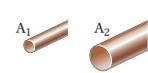
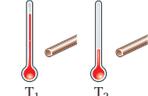
### المقاومة الكهربائية وقانون أوم Resistance and Ohm's Law

درس العالم أوم (1787-1854) Georg Simon Ohm العلاقة بين التيار وفرق الجهد، وتوصل إلى أن التيار الكهربائي يتناسب طردياً مع فرق الجهد، وعُرفت هذه النتيجة باسم قانون أوم. افترض أن هناك فرق جهد كهربائي بين موصلين، فإذا وصلنا بقضيب نحاسي، فسينتج عن ذلك تيار كهربائي كبير. أما عند وضع قضيب زجاجي بينها فغالبا لن يسري تيار كهربائي. وتسمى الخاصية التي تحدد مقدار التيار الذي سيمر المقاومة الكهربائية. يحتوي الجدول 3-1 على قائمة لبعض العوامل التي تؤثر في المقاومة، حيث يتم قياس المقاومة بتطبيق فرق جهد على طرفي الموصل، ثم قسمة الجهد على التيار المتولد. وتعرف المقاومة R بأنها نسبة فرق الجهد الكهربائي V إلى التيار الكهربائي I.

$$R = \frac{V}{I}$$

المقاومة تساوي فرق الجهد الكهربائي مقسوماً على شدة التيار.

تُقاس مقاومة موصل R بوحدة الأوم، ويعرف الأوم الواحد (1 Ω) بأنه مقاومة موصل

الجدول 3-1		
تغير المقاومة		
العامل	كيفية تغير المقاومة	مثال
الطول	تزداد المقاومة الكهربائية بزيادة الطول.	
مساحة المقطع العرضي	تزداد المقاومة الكهربائية بتقصان مساحة المقطع العرضي.	
درجة الحرارة	تزداد المقاومة بزيادة درجة الحرارة.	
نوع المادة	عند تثبيت كل من الطول ومساحة المقطع العرضي ودرجة الحرارة، تتغير المقاومة الكهربائية وفق نوع المادة المستخدمة.	↑ البلاتين الحديد الألومنيوم الذهب النحاس الفضة

**مصادر الفصول 1-6**

شريحة التدريس 2-3

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

### الخلفية النظرية للمحتوى

#### معلومة للمعلم

**المقاومات** تُصنع المقاومات لإيجاد مقدار محدد من الممانعة تواجه تدفق الشحنات في الدوائر الكهربائية، وتتكوّن عادة من سلك فلزي أو من الكربون، وتُصنع بحيث تحافظ على قيمة ثابتة للممانعة أو المقاومة ضمن مدى واسع من الظروف المحيطة. وعلى عكس المصابيح الكهربائية فإن المقاومات لا تنتج ضوءاً، إلا أنها تولّد حرارة عند تبديدها للقدرة الكهربائية في أثناء تشغيل الدائرة الكهربائية. وعادة لا يكون الغرض من وجود المقاومة إنتاج الحرارة القابلة للاستخدام، بل توفير كمية محددة من المقاومة الكهربائية. ولأن المقاومات تبثّ الطاقة الحرارية عندما تتغلب التيارات المارة فيها على ممانعتها لمروها، فإن المقاومات تصنّف أيضاً بدلالة مقدار الطاقة الحرارية التي تبثّها دون حدوث فَرْط في التسخين أو تلف نهائي لها.

## استخدام التشابه

**المقاومة والمشي** لجعل مفهوم المقاومة أكثر واقعية قارن المقاومة الكهربائية مع المقاومة التي قد يعاني منها شخص عند سيره فوق سطوح مختلفة. المشي على طريق أسفلتي سهل جداً (مقاومة قليلة)، أما المشي في حقل موحل فأصعب قليلاً، وأما المشي في ممرات مزدحمة، أو على رمل شاطئ البحر، فصعب جداً (مقاومة كبيرة).

## تطبيق الفيزياء

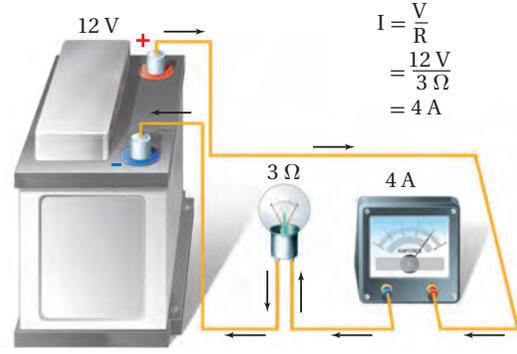
احسب التيار والقدرة في اللحظة التي يُضاء فيها مصباح كهربائي قدرته  $100\text{ W}$  في تشغيله عند درجة حرارة الغرفة.

$$I = V/R = 120\text{ V} / 10\ \Omega = 10\text{ A}$$

$$P = IV = (10\text{ A})(120\text{ V}) = 1\text{ kW}$$

وهذا يمثل في الواقع تأثير تسخين ابتدائي كبير. إذا كان ممكناً، احصل على مصباح كهربائي شفاف قدرته  $100\text{ W}$ ، حتى يتمكن الطلاب من رؤية حجم الفتيل.

الشكل 2-3 يشرح الأوم الواحد (1  $\Omega$ ) بأنه  $1\text{ V/A}$ . يمر تيار كهربائي مقداره  $4\text{ A}$  في دائرة كهربائية تحوي مقاومة كهربائية مقدارها  $3\ \Omega$  عند وصلها ببطارية فرق الجهد بين قطبيها  $12\text{ V}$ .



يُمر فيه تيار شدته  $4\text{ A}$  عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه  $12\text{ V}$ . ويوضح الشكل 2-3 دائرة كهربائية بسيطة تربط بين المقاومة والتيار والجهد. وقد أكملت الدائرة الكهربائية بتوصيل أميتر بها؛ وهو جهاز يقيس شدة التيار الكهربائي.

وقد سُميت وحدة المقاومة الأوم نسبة إلى العالم الألماني جورج سيمون أوم، الذي وجد أن النسبة بين فرق الجهد بين طرفي موصل وشدة التيار المار فيه ثابتة للموصل الواحد. ولا تتغير مقاومة معظم الموصلات بتغير مقدار أو اتجاه الجهد المطبق عليها. ويُقال عن الموصل إنه يُحقق قانون أوم إذا كانت مقاومته ثابتة لا تعتمد على فرق الجهد بين طرفيه.

وتُحقق معظم الموصلات الفلزية قانون أوم ضمن حدود معينة لفروق الجهد، وتعتمد مقاومة تلك الموصلات على طول الموصل ومساحة مقطعه العرضي ونوع مادته إضافة إلى درجة حرارته. إلا أن هناك العديد من الأجهزة المهمة لا تُحقق قانون أوم. فاللزبوع والآلة الحاسبة يحتويان عدداً من الترانزستورات والصمامات الثنائية (الدايودات)، وحتى المصباح الكهربائي له أيضاً مقاومة تعتمد على درجة حرارته، كما أنه لا يُحقق قانون أوم.

إن مقاومة الأسلاك المستخدمة في توصيل الأجهزة الكهربائية قليلة. فمقاومة سلك مثالي طوله  $1\text{ m}$  من النوع المستخدم في مختبرات الفيزياء تساوي  $0.03\ \Omega$ ، أما الأسلاك المستخدمة في التمديدات المنزلية فتكون مقاومتها صغيرة وتساوي  $0.004\ \Omega$  تقريباً لكل متر من طولها. ولأن مقاومة هذه الأسلاك قليلة جداً فإنه لا يحدث - غالباً - نقصان أو هبوط للجهد خلالها. ولإنتاج هبوط أكبر في الجهد يلزم وجود مقاومة كبيرة مُتركزة في حجم صغير. ويمكن صنع المقاومات من الجرافيت أو أشباه الموصلات أو باستعمال أسلاك طويلة ورفيعة.

وهناك طريقتان للتحكم في شدة التيار المار في دائرة كهربائية؛ حيث يمكن التحكم في

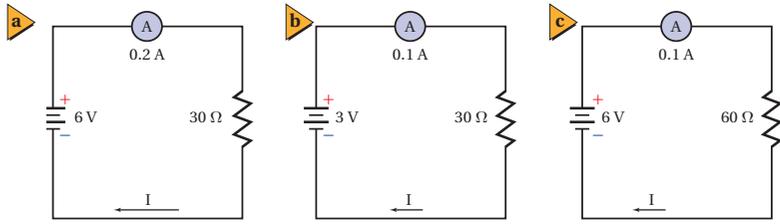
## تطبيق الفيزياء

المقاومة الكهربائية تبلغ مقاومة مصباح كهربائي مُضاء قدرته الكهربائية  $100\text{ W}$  حوالي  $140\ \Omega$ . أما عند إطفائه وتركه حتى تصبح درجة حرارته مساوية لدرجة حرارة الغرفة فتنخفض مقاومته إلى  $10\ \Omega$  فقط. ويرجع سبب هذا الاختلاف في المقاومة إلى الاختلاف الكبير بين درجة حرارة الغرفة ودرجة حرارة المصباح المُضاء.

## تعزير الفهم

إكمال الدائرة اطلب إلى الطلاب اختيار المصطلح المناسب لوصف ما يلي: (1) تسبب تدفق الشحنات (التيار) في الأسلاك. (2) مضخة كيميائية للشحنة الكهربائية. (3) تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. (4) تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية. (5) تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. (6) قانون ينص على أن العلاقة بين فرق الجهد والتيار ثابت لموصل مُعيّن. (7) معدل تحويل الطاقة.

(1) الإلكترونات، (2) البطارية أو الخلية، (3) المقاومة، (4) المحرّك، (5) المولد، (6) قانون أوم، (7) القدرة. **12** لغوي

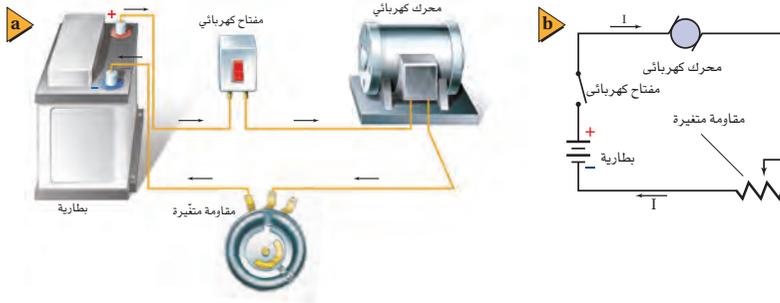


شدة التيار الكهربائي  $I$  عن طريق تغيير  $V$  أو  $R$  أو كليهما؛ وذلك لأن  $I = V/R$ . ويوضّح الشكل 3-3a دائرة بسيطة؛ فعندما تكون  $V$  تساوي  $6V$ ، و  $R$  تساوي  $30\Omega$  يكون مقدار التيار  $0.2A$ . فكيف يمكن تقليل مقدار التيار ليصبح  $0.1A$ ؟ بالرجوع إلى قانون أوم، تلاحظ أنه كلما زاد فرق الجهد المطبق على مقاومة زادت شدة التيار الكهربائي المار فيه، أما إذا قلّ فرق الجهد المطبق على المقاومة إلى النصف فسوف تقل شدة التيار المار فيه إلى النصف أيضًا. ويوضح الشكل 3-3b أن الجهد المطبق على طرفي المقاومة قلّ من  $6V$  إلى  $3V$ ؛ وذلك لتقليل التيار ليصبح  $0.1A$ . وهناك طريقة أخرى لتقليل التيار حتى يصبح  $0.1A$ ، وذلك بوضع مقاومة  $60\Omega$  بدلاً من المقاومة  $30\Omega$ ، كما هو موضّح في الشكل 3-3c.

وتُستخدم المقاومات عادة للتحكم في التيار المار في الدائرة الكهربائية، أو في أجزاء منها. ونحتاج أحيانًا في بعض التطبيقات إلى تغيير سلسل ومستم للتيار. فمثلًا تسمح أدوات التحكم في السرعة في بعض المحركات الكهربائية بتغيير دوران المحرك على مدى واسع ومستمر بدلاً من تلك التغييرات التي تكون محدّدة في صورة خطوة-خطوة. ولتحقيق هذا النوع من التحكم تُستخدم مقاومة متغيرة. ويوضح الشكل 4-3 دائرة كهربائية تحتوي على مقاومة متغيرة. وتتكون بعض المقاومات المتغيرة من ملف مصنوع من سلك فلزي ونقطة اتصال منزلقة (متحركة). وبتحريك نقطة الاتصال إلى مواقع مختلفة على

الشكل 3-3 يمكن التحكم في التيار المار في الدائرة البسيطة الموضحة في الشكل (a) عن طريق إزالة بعض الخلايا الجافة (b) أو بزيادة مقاومة الدائرة (c).

الشكل 4-3 يمكن استعمال مقاومة متغيرة للتحكم في التيار المار في دائرة كهربائية.



## الفيزياء في الحياة

### معلومة للمعلم

**المقاومة والمقاومية (المقاومة النوعية)** يستخدم المهندسون مصطلح المقاومة لتوقع مقدار المقاومة. افترض أن تيارًا يسري في سلك نحاس طوله  $2.0\text{ m}$ ، وقطره  $2.0\text{ mm}$ . لكي تتوقع مقدار مقاومة السلك يمكنك أن تستخدم الصيغة الرياضية  $R = \rho L/A$ ؛ حيث تمثّل  $R$  المقاومة بوحدة الأوم، و  $\rho$  مقاومة النحاس بوحدة  $\Omega \cdot \text{m}$ ، و  $L$  طول السلك بوحدة  $\text{m}$ ، و  $A$  مساحة المقطع العرضي بوحدة  $\text{m}^2$ . بتعويض القيم المناسبة نحصل على:

$$R = \rho L/A = \frac{(1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m})(2.0 \text{ m})}{\pi(1.0 \times 10^{-3} \text{ m})^2}$$

$$= 1.1 \times 10^{-2} \Omega$$



## مثال صفي

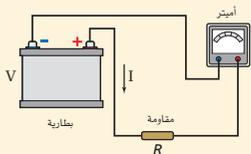
**سؤال** وصلت بطارية جهدها  $9.0\text{ V}$  مع مقاومة  $15\text{ k}\Omega$  ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

**الجواب**

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9.0\text{ V}}{15\text{ k}\Omega} = 0.60\text{ mA}$$

## مثال 2

**التيار المار في مقاومة** وصلت بطارية فرق الجهد بين قطبيها  $30.0\text{ V}$  بمقاومة مقدارها  $10.0\ \Omega$ . ما مقدار التيار المار في الدائرة؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم دائرة تحتوي على بطارية وأميتر ومقاوم.
- وضح اتجاه التيار الاصطلاحي.

**المعلوم**  $R = 10.0\ \Omega$   $V = 30.0\text{ V}$   
**المجهول**  $I = ?$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم المعادلة  $I = V/R$  لإيجاد التيار:

$$R = 10.0\ \Omega, V = 30.0\text{ V}$$

### 3 تقويم الجواب

#### دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية ص 202 و 203

$$I = \frac{V}{R} = \frac{30.0\text{ V}}{10.0\ \Omega} = 3.00\text{ A}$$

- هل الوحدات صحيحة؟ يُقاس التيار بوحدة الأمبير A.
- هل الجواب منطقي؟ الجهد كبير والمقاومة قليلة، لذا يكون مقدار التيار  $3.00\text{ A}$  منطقيًا.

## مسائل تدريبية

افترض في هذه المسائل جميعها أن جهد البطارية ومقاومات المصابيح ثابتة، بغض النظر عن مقدار التيار.

- إذا وُصل محرك بمصدر جهد، وكانت مقاومة المحرك في أثناء تشغيله  $33\ \Omega$ ، ومقدار التيار المار في تلك الدائرة  $3.8\text{ A}$ ، فما مقدار جهد المصدر؟
- يمر تيار مقداره  $2.0 \times 10^{-4}\text{ A}$  في مجس عند تشغيله ببطارية جهدها  $3.0\text{ V}$ . ما مقدار مقاومة دائرة جهاز المجس؟
- يسحب مصباح تيارًا مقداره  $0.50\text{ A}$  عند توصيله بمصدر جهد مقداره  $120\text{ V}$ . احسب مقدار:
  - مقاومة المصباح.
  - القدرة الكهربائية المستهلكة في المصباح.
- وصل مصباح كُتب عليه  $75\text{ W}$  بمصدر جهد  $125\text{ V}$ ، احسب مقدار:
  - التيار المار في المصباح.
  - مقاومة المصباح.
- في المسألة السابقة، إذا أُضيفت مقاومة للمصباح لتقليل التيار المار فيه إلى نصف قيمته الأصلية، فما مقدار:
  - فرق الجهد بين طرفي المصباح؟
  - المقاومة التي أُضيفت إلى الدائرة؟
  - القدرة الكهربائية التي يستهلكها المصباح الآن؟

## تجربة إضافية

### قياس التيار الكهربائي

**الهدف** أن يوصل الطالب جهاز أميتر و يقيس التيار عند أي نقطة في دائرة توالٍ كهربائية.

**المواد والأدوات** أميتر أو ملتي متر، ومصدر قدرة DC قابل للضبط، ومصباحان كهربائيان.

**الخطوات** صل مصدر القدرة والمصباحين الكهربائيين على التوالي. استعمل الأميتر أو جهاز القياس الكهربائي متعدد الأغراض (المليتيتر) لقياس التيار عند كل نقطة يمكن عندها فتح الدائرة وتوصيله فيها.

**التقويم** ما الطريقة الصحيحة لتوصيل الأميتر؟ **على التوالي** استخلص نتيجة بالنسبة لقيمة التيار الكهربائي عند نقاط مختلفة في الدائرة. **متساوية** عند جميع النقاط.

## عرض سريع

### التيار المتردد والرنين

**الزمن المقدر** 15 دقيقة

**المواد والأدوات** خلية شمسية، ومُضخّم، وساعة، وستروبوسكوب (جهاز وقّاض).

**الخطوات** يمكن للعرض التالي أن يظهر إنتاج الضربة نتيجة التداخل البناء. صل الخلية الشمسية مع المضخّم والساعة. عرّض الدائرة إلى ضوء فلورسنتي. سيسمع الطلاب طنينًا

تردده  $60\text{ Hz}$ ، ثم شغل الأنوار وأطفئها، واطلب إلى الطلاب أن يُصغوا إلى الفرق. يمكنك التوسّع في العرض وإثراؤه، وذلك بتعريض الدائرة إلى ضوء ومّاض بتردد  $59\text{ Hz}$  أو  $61\text{ Hz}$ ، ثم ملاحظة الضربات الناتجة. أشر إلى الأدوات البصرية المساعدة التي تظهر الموجات والتداخل البناء.

## مسائل تدريبية

6.  $1.2 \times 10^2\text{ V}$

7.  $1.5 \times 10^4\ \Omega$

8. a.  $2.4 \times 10^2\ \Omega$

b.  $6.0 \times 10^1\text{ W}$

9. a.  $0.60\text{ A}$

b.  $2.1 \times 10^2\ \Omega$

10. a.  $6.3 \times 10^1\text{ V}$

b.  $2.1 \times 10^2\ \Omega$

c.  $19\text{ W}$

## استخدم النماذج

بطارية السيارة يمكن للطلاب استخدام مفهوم المقاومة لنمذجة بطارية مستهلكة جزئياً. فمثلاً قد تلزم بطارية سيارة جهدها 12 V لتزويد تيار مقداره 200 A في أثناء تشغيل المحرك، وإذا كانت مقاومة المحرك الدوّار  $0.060 \Omega$  فسنحصل على التيار المطلوب:

$$200 A = \frac{12 V}{0.060 \Omega}$$

يمكن نمذجة بطارية مستهلكة بوصل مقاومة مقدارها  $1 \Omega$  مع مقاومة المحرك الدوّار، فتكون المقاومة الجديدة  $1.060 \Omega$ ، وسيكون مقدار التيار في هذه الحالة 11 A تقريباً، وهو غير كافٍ تماماً لتشغيل المحرك. أشر إلى أن هذا النموذج يبين أن قياس جهد بطارية بجهاز قياس لا يسحب تياراً منها، لذا فإنه لا يشير إلى ما إذا كانت البطارية قادرة على إنجاز مهمتها. ولهذا السبب يستخدم الميكانيكيون اختبار الحمل (المقاومة) لفحص بطارية السيارة.

## تجربة

### تأثيرات التيار الكهربائي

**تحذير: السلك حاد، وقد يجرح الجلد.**

**الهدف** أن يرسم الطالب ويركّب دوائر كهربائية بسيطة لاستقصاء مقدار التيار عند نقاط مختلفة في دائرة توالي كهربائية.

**المواد والأدوات** مصدر قدرة DC (6 V - 0)، وأمير، وأسلاك توصيل، ومصباحان كهربائيان صغيران كلّ منهما مزوّد بقاعدة.

**النتائج المتوقعة** يجب أن يجد الطلاب أن التيار متساوٍ عند نقاط مختلفة في دائرة التوالي الكهربائية.

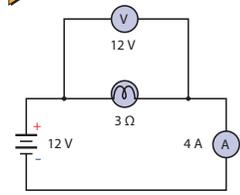
### التحليل والاستنتاج

4. ستختلف توقعات الطلاب.
5. سيجد الطلاب أن التيار متساوٍ عند جميع النقاط في الدائرة.

a



b



الشكل 6-3 تمثيل تصويري لدائرة بسيطة (a)، وتمثيل آخر تخطيطي (b).

يوضح الشكلان 3-6a و 3-6b الدائرة نفسها بالرسم التصويري والرسم التخطيطي. ولعلك تلاحظ أن الشحنة الكهربائية في كلا الشكلين تندفق خارجة من القطب الموجب للبطارية. ولإنشاء الرسوم التخطيطية للدوائر الكهربائية استخدم استراتيجيات حل المسألة أدناه، وحدد دائماً اتجاه التيار الاصطلاحي.

تعلمت أن الأميتر يقيس التيار، والفولتметр يقيس فرق الجهد. ولكل جهاز طرفان يميّزان عادة بـ + و - لأجهزة قياس التيار المستمر. يقيس الفولتметр فرق الجهد على أيّ من أجزاء الدائرة أو عناصرها. ولقياس فرق الجهد الكهربائي على أيّ عنصر في الدائرة، يوصل دائماً طرف الفولتметр الموجب + بطرف العنصر الأقرب إلى القطب الموجب للبطارية، ويوصل الطرف الآخر للفولتметр بالطرف الآخر للعنصر.

### استراتيجيات حل المسألة

#### إنشاء الرسوم التخطيطية

اتبع هذه الخطوات عند إعداد الرسوم التخطيطية:

1. ارسم رمز البطارية أو رمز أي مصدر آخر للطاقة الكهربائية، مثل البطارية الموضحة في الجانب الأيسر من أعلى الصفحة، واجعل الطرف الموجب، وهو الخط الأكبر، في الأعلى.
2. ارسم سلكاً خارجاً من الطرف الموجب للبطارية، وعند الوصول إلى مقاومة أو أيّ مكون (عنصر) آخر، ارسم الرمز الخاص به.
3. عند الوصول إلى نقطة يكون عندها مساران للتيار الكهربائي، كتلك النقطة الموصول عندها الفولتметр، نرسم الرمز  $\text{—}$  في الرسم التخطيطي. اتبع أحد المسارين إلى أن يتجمع مسارا التيار مرة أخرى، ثم ارسم بعد ذلك المسار الثاني.
4. اتبع مسار التيار حتى تصل إلى الطرف السالب للبطارية، والذي يرسم على شكل خط موازٍ للطرف الموجب، ولكنه أقصر.
5. تتحقّق من صحة عملك، وأنه تضمن كل الأجزاء، وأن المسارات مكتملة ليمر التيار.

## تجربة

### تأثيرات التيار الكهربائي



هل تعتقد أن التيار يقل عند مروره خلال عناصر مختلفة في الدائرة؟ اصنع كالمعلماء لكي تتمكن من اختبار هذا السؤال عملياً.

1. ارسم دائرة كهربائية تتضمن مصدر قدرة ومصباحين كهربائيين صغيرين.

2. ارسم الدائرة مرة أخرى، وضمن رسمك أميترًا؛ حتى تتمكن من قياس التيار بين مصدر القدرة والمصباحين.

3. ارسم رسماً تخطيطياً ثالثاً للدائرة الكهربائية، على أن توضح فيه الأميتر في موقع يُمكنك من قياس التيار الكهربائي المار بين المصباحين.

### التحليل والاستنتاج

4. توقع هل يكون التيار بين المصباحين أكبر من التيار الذي يكون قبلهما، أو أقل منه، أو يبقى ثابتاً؟ وضع إجابتك.
5. اختبر توقعك عن طريق تركيب الدوائر الكهربائية. تحذير: السلك حاد، وقد يجرح الجلد.

11. انظر دليل حلول المسائل؛  $I = 4.80 \text{ A}$

12. انظر دليل حلول المسائل؛  $60.0 \text{ V}$

13. انظر دليل حلول المسائل.

### 3. التقويم

#### التحقق من الفهم

**الدوائر الكهربائية** ارسم رسماً تخطيطياً لدائرة كهربائية كاملة على السبورة. اسأل الطلاب: هل الدائرة كاملة أم لا؟ وما معنى الرموز في الدائرة؟ وما مصدر الطاقة في الدائرة؟ وما الجزء (الجهاز) الذي يحوّل الطاقة؟ وما اتجاه التيار الكهربائي؟ وهل تحقق قانون أوم؟ وكيف يمكن حساب القدرة؟ وكيف يمكن حساب الطاقة؟ **1م بصري-مكاني**

#### التوسع

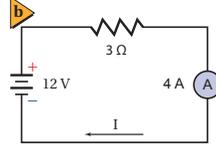
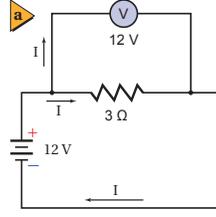
**البطاريات** اطلب إلى الطلاب توضيح مبدأ عمل البطاريات القابلة لإعادة الشحن باستخدام مفهوم الطاقة، ومقارنتها مع المكثفات. **تخزن البطارية الطاقة على شكل طاقة كيميائية، أما المكثف فيخزن الطاقة على شكل مجال كهربائي.** وعند تفريغ البطارية يتدفق التيار المتولد نتيجة التفاعل الكيميائي خلال المحلول الإلكتروليتي، فمثلاً عند تفريغ بطارية السيارة تحدث تفاعلات كيميائية فيها بين بيروكسيد الرصاص وحمض الكبريتيك، وينتج كبريتات الرصاص وماء. أما عند تفريغ المكثف فلا توجد تغيرات كيميائية، وبدلاً من ذلك يتبدد المجال الكهروستاتيكي الناتج من اختلال توازن الشحنة على لوحي المكثف. **2م**

#### مسائل تدريبية

11. ارسم رسماً تخطيطياً لدائرة توالي تحتوي على بطارية فرق الجهد بين طرفيها  $60.0 \text{ V}$ ، وأمير، ومقاومة مقدارها  $12.5 \Omega$ ، وأوجد قراءة الأميتر، وحدد اتجاه التيار.

12. أضف فولتمتر إلى الرسم التخطيطي للدائرة الكهربائية في المسألة السابقة لقياس فرق الجهد بين طرفي المقاومتين، ثم أعد حلها.

13. ارسم دائرة على أن تستخدم بطارية ومصباحاً ومفتاحاً كهربائياً ومقاومة متغيرة لتعديل سطوع المصباح.



الشكل 3-7 يبين هذان الرسمان التخطيطيان دائرة توال (a) ودائرة توال (b) كهربائيتين.

عند توصيل فولتمتر بين طرفي عنصر في دائرة كهربائية فإن هذا التوصيل يسمّى التوصيل على التوازي، كما هو موضح في الشكل 3-7a. ويُسمّى أيّ توصيل كهربائي يتفرّع فيه التيار إلى مسارين أو أكثر التوصيل على التوازي. ويكون فرق الجهد بين طرفي الفولتمتر مساوياً لفرق الجهد بين طرفي العنصر في الدائرة، لذا يرافق حالة التوصيل على التوازي دائماً العبارة الآتية: "الجهد متساو".

يقيس الأميتر التيار المار في عنصر في الدائرة. والتيار نفسه الذي يمر في العنصر يجب أن يمر في الأميتر، لذا يكون هناك مسار واحد فقط للتيار. ويسمّى التوصيل في حالة وجود مسار واحد فقط للتيار في الدائرة التوصيل على التوالي، كما هو موضح في الشكل 3-7b. ولإضافة أميتر إلى دائرة كهربائية يجب فصل أحد السلكين الموصلين بعنصر الدائرة، ومن ثم يوصل ذلك السلك بالأميتر، ثم يتم توصيل سلك آخر من الطرف الثاني للأميتر بعنصر الدائرة. ويكون هناك مسار واحد فقط للتيار في دائرة التوالي، لذا يرافق حالة التوصيل على التوالي دائماً العبارة الآتية: "التيار متساو".

#### 3-1 مراجعة

14. رسم تخطيطي ارسم رسماً تخطيطياً لدائرة كهربائية تحتوي على بطارية ومصباح كهربائي، وتأكد من أن المصباح الكهربائي سيضيء في هذه الدائرة.
15. المقاومة الكهربائية يدعى طارق أن المقاومة ستزداد بزيادة فرق الجهد؛ وذلك لأن  $R = V/I$ . فهل ما يدعيه طارق صحيح؟ فسر ذلك.
16. المقاومة الكهربائية إذا أردت قياس مقاومة سلك طويل فيبين كيف تركيب دائرة كهربائية باستخدام بطارية وفولتمتر وأميتر والسلك الذي تريد قياس مقاومته. حدّد ما الذي ستقيسه؟ وبين كيف تحسب المقاومة؟
17. القدرة تتصل دائرة كهربائية مقاومتها  $12 \Omega$  ببطارية جهدها  $12 \text{ V}$ . حدّد التغير في القدرة إذا قلت المقاومة إلى  $9.0 \Omega$ ؟
18. الطاقة تحوّل دائرة كهربائية طاقة مقدارها  $2.2 \times 10^3 \text{ J}$  عندما تُشغّل ثلاث دقائق. حدّد مقدار الطاقة التي ستحوّلها عندما تشغل مدة ساعة واحدة.
19. التفكير الناقد نقول إن القدرة تستهلك وتُستهلك في مقاومة. والاستنفاد يعني الاستخدام، أو الضياع. فما الاستخدام (عند مرور شحنات في مقاومة كهربائية؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 3-1 مراجعة

14. انظر دليل حلول المسائل.
15. لا، تعتمد المقاومة على الجهاز، فعند زيادة الجهد  $V$  يزداد التيار أيضاً.
16. قس التيار المار في السلك وفرق الجهد بين طرفيه، ثم اقسم فرق الجهد على التيار لتحصل على مقاومة السلك.
17. تزداد  $4.0 \text{ W}$ .
18.  $44 \times 10^3 \text{ J}$ .
19. تتناقص طاقة الوضع الكهربائية للشحنات عند مرورها خلال المقاومة، ويستخدم هذا النقص في طاقة الوضع في توليد حرارة فيه.

## 1. التركيز

### نشاط محفز

**معدل التغير** اغمر مقاومةً مقدارها  $47 \Omega$  وقدرتها  $10 \text{ W}$  في كأس من البوليسترين مملوءة إلى نصفها بالماء، واستعمل مقياس درجة حرارة لقياس درجة حرارة الماء. إذا كان الوقت يسمح فأجر محاولتين، على أن تكون المحاولة الأولى بتطبيق جهد مقداره  $10 \text{ V}$ ، والأخرى بتطبيق جهد مقداره  $20 \text{ V}$ . لاحظ المعدل الزمني لزيادة درجة الحرارة. اطلب إلى الطلاب أن يعلنوا عن توقيت رصد قراءات درجة الحرارة، ويُدوّنوا القراءات، ويرسموا علاقة بيانية على السبورة. **14 بصري-مكاني**

### الربط مع المعرفة السابقة

**الطاقة الكهربائية** سيربط الطلاب خلال هذا البند المفاهيم المتعلقة بالتيار الكهربائي والقدرة الكهربائية مع الاستعمالات اليومية للطاقة الكهربائية، وسيستمرّون أيضًا في استكشاف طبيعة قانون حفظ الطاقة.

#### الأهداف

- توضح كيف تُحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.
- تستكشف طرائق نقل الطاقة الكهربائية.
- تُعزف الكيلوواط. ساعة.

#### المفردات

- الموصل الفائق التوصيل
- الكيلوواط. ساعة

تعمل العديد من الأجهزة الكهربائية المنزلية المألوفة على تحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى للطاقة؛ مثل الضوء أو الطاقة الحركية أو الصوت أو الطاقة الحرارية. فعند تشغيل أحد هذه الأجهزة تُغلق الدائرة الكهربائية ويبدأ تحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى. سنتعلم في هذا البند كيفية تحديد معدل تحويل الطاقة وكمية الطاقة المُحوّلة.

### تحويلات الطاقة في الدوائر الكهربائية

#### Energy Transfers in Electric Circuits

يمكن استخدام الطاقة التي تدخل دائرة كهربائية بطرائق مختلفة؛ فالمحرك الكهربائي يُحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (حركية ووضع)، ويحوّل المصباح الكهربائي إلى ضوء. ولا تُحوّل جميع الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المحرك أو المصباح إلى شكل مفيد للطاقة؛ فالمصابيح الكهربائية - وبخاصة المتوهجة منها - تسخن، كما ترتفع غالبًا درجة حرارة المحركات إلى درجة يتعدّر معها لمسها، وفي كلتا الحالتين يتحول جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. وستنصّب الآن بعض الأدوات التي صُمّمت لتحويل أكبر كمية ممكنة من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.

**تسخين مقاومة** عند مرور تيار كهربائي في مقاومة فإنه يسخن؛ وذلك بسبب تصادم الإلكترونات مع ذرات المقاومة؛ حيث تعمل هذه التصادمات على زيادة الطاقة الحركية للذرات، ونتيجة لذلك ترتفع درجة حرارة المقاومة. لقد صُمّمت كل من المدفأة الحرارية وصفيحة التسخين وعنصر التسخين في مجفّف الشعر لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. هذه التطبيقات وغيرها من التطبيقات المنزلية - كتلك الموضحة في الشكل 8-3 - تعمل عمل مقاومات عند وصلها بدائرة كهربائية. فعندما تتحرك شحنة  $q$  خلال مقاومة يقل فرق جهدها بمقدار  $V$ . وكما تعلمت سابقًا، فإن التغير في الطاقة يعبر عنه بالعلاقة  $qV$ . كما تعبر القدرة ( $P = E/t$ ) عن المعدل الزمني لتحويل الطاقة، وهي ذات أهمية كبيرة في التطبيقات العملية. وتعلمت أيضًا أن التيار الكهربائي هو المعدل الزمني لتدفق الشحنات ( $I = q/t$ )، وأن القدرة المستنفدة في مقاومة تُعبر عنه بالعلاقة  $P = IV$ ، وأن فرق جهدها المقاومة يُعبر عنه بالعلاقة  $V = IR$ . لذا، إذا علمت مقدار كل من  $I$  و  $R$

عملية تحويل  
هل الطاقة محفوظة في عملية تسخين الماء؟  
ارجع إلى دليل التجارب العملية

الشكل 8-3 صُمّمت هذه الأجهزة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.



**الملف الخاص** بمصادر الفصول 1-6

اختبار قصير 2-3، ص 81  
شريحة التدريس 2-3 ص 91  
ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 3، ص 93  
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 71

## 2. التدريس

### مثال صفي

**سؤال** يعمل سخان ماء كهربائي على فرق جهد  $240\text{ V}$ . إذا كانت مقاومة عنصر التسخين للسخان  $12\ \Omega$  فما مقدار التيار الكهربائي المار فيه؟ وما مقدار الطاقة الحرارية التي تنتج خلال  $30\text{ min}$ ؟

**الجواب**

$$\begin{aligned} I &= V/R \\ &= 240\text{ V}/12\ \Omega \\ &= 2.0 \times 10^1\text{ A} \\ E &= I^2 R t \\ &= (2.0 \times 10^1\text{ A})^2 \times 12\ \Omega \times 30\text{ min} \\ &\quad \times 60\text{ s}/1\text{ min} \\ &= 8.6\text{ MJ} \end{aligned}$$

أمكنك تعويض  $V = IR$  في معادلة القدرة الكهربائية للحصول على المعادلة التالية:

$$P = I^2 R$$

القدرة تساوي مربع التيار مضروباً في المقاومة.

لذا تتناسب القدرة المستهلكة في مقاومة مع كل من مربع التيار المار فيه ومقدار مقاومته. فإذا علمت مقداري كل من  $V$  و  $R$ ، ولم تعلم مقدار  $I$  أمكنك عندئذ تعويض المعادلة  $I = V/R$  في المعادلة  $P = IV$  للحصول على المعادلة التالية:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

القدرة تساوي مربع الجهد مقسوماً على المقاومة.

القدرة الكهربائية عبارة عن المعدل الزمني لتحويل الطاقة من شكل إلى آخر، حيث تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية، ومن ثم ترتفع درجة حرارة المقاومة. فإذا كانت المقاومة مُسخَّناً مغموراً أو صفيحة تسخين في قبة موقد كهربائي مثلاً فسوف تدفئ الحرارة إلى الماء البارد بسرعة تكون كافية لإيصاله إلى درجة الغليان في دقائق قليلة.

وإذا استمر استهلاك القدرة بمعدل منتظم فإن الطاقة المتحوّلة إلى طاقة حرارية بعد فترة زمنية  $t$  متساوي  $E = Pt$ . ولأن  $P = I^2 R$  و  $P = V^2/R$  فإن الطاقة الكلية التي سيتم تحويلها إلى طاقة حرارية يمكن التعبير عنها، كما في المعادلات التالية:

$$E = Pt$$

$$E = I^2 R t$$

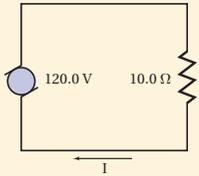
$$E = \left(\frac{V^2}{R}\right)t$$

الطاقة الحرارية تساوي القدرة المستهلكة مضروبة في الزمن، كما أنها تساوي مربع التيار مضروباً في المقاومة والزمن، وتساوي مربع الجهد مقسوماً على المقاومة، ومضروباً في الزمن.

### مثال 3

**التسخين الكهربائي** يعمل سخان كهربائي مقاومته  $10.0\ \Omega$  على فرق جهد مقداره  $120.0\text{ V}$ . احسب مقدار: **a.** القدرة التي يستهلكها السخان الكهربائي. **b.** الطاقة الحرارية التي ينتجها السخان خلال  $10.0\text{ s}$ .

#### 1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم الحالة.
- عيّن عناصر الدائرة المعروفة، وهي مصدر فرق جهد مقداره  $120.0\text{ V}$ ، ومقاومة  $10.0\ \Omega$ .

المجهول	المعلوم
$P = ?$	$R = 10.0\ \Omega$
$E = ?$	$V = 120.0\text{ V}$
	$t = 10.0\text{ s}$

### متقدم

### نشاط

**السعة الكهربائية** استخدم مكثفاً إلكترونياً  $1000\ \mu\text{F}$  جهده  $25\text{ V}$ ، ومصدر قدرة DC ( $12\text{ V}$ )، ومصباحاً كهربائياً  $12\text{ V}$  لتعرض عملية تخزين الشحنة/ الطاقة. **تحذير:** لاحظ القطبية. اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا سبب وجود تيار كافٍ في هذه الدائرة لإضاءة المصباح الكهربائي عندما يكون للمكثف مقاومة في حدود  $10^6\ \Omega$ . **تحذير:** لا تحاول قياس مقاومة المكثف عندما يكون مشحوناً. لامس سلكي قطبي المكثف معاً مدة دقيقة تقريباً قبل إجراء مثل هذا القياس. **3 م - بصري- مكاني**

## التفكير الناقد

التلوث كثيراً ما تُروّج شركات إنتاج الكهرباء لنظافة الطاقة الكهربائية. أسأل الطلاب: لماذا يعدّ هذا الأمر مضللاً. يُعدّ استخدام الطاقة الكهربائية عمومًا عملية لا تسبب التلوث إلا أن عملية إنتاج الطاقة الكهربائية نفسها تعد من مصادر التلوث عمومًا. إن جميع طرائق إنتاج الطاقة تشتمل على مخلفات، حتى التقنيات الصديقة للبيئة المستعملة لإنتاج الطاقة، كالرياح والطاقة الشمسية، لديها جوانب سلبية؛ فعلى الرغم من أن هذه الطرائق لا تُطلق ملوثات كيميائية إلى البيئة، إلا أنها تُصدر ضجيجًا وتسبب مشاكل للحياة البرية. وإضافة إلى ذلك فإن البطاريات التي تستعمل لتخزين الطاقة المُتولّدة تُعدّ مصدرًا للتلوث. **م 2**

### مسائل تدريبية

20. a.  $8.0 \text{ A}$

b.  $2.9 \times 10^4 \text{ J}$

c.  $2.9 \times 10^4 \text{ J}$

21. a.  $1.2 \text{ A}$

b.  $1.6 \times 10^4 \text{ J}$

22. a.  $1.3 \times 10^3 \text{ J}$

b.  $4.7 \times 10^3 \text{ J}$

23. a.  $2.0 \times 10^1 \text{ J}$

b.  $1.3 \times 10^5 \text{ J}$

c.  $17^\circ \text{C}$

24. مضاعفة الجهد سيقلّل الزمن إلى النصف؛

$t = 1.1 \text{ h}$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

a. لأن مقدار  $R$  و  $V$  معلومان فإننا نستخدم المعادلة  $P = V^2 / R$ .

$$P = \frac{(120.0 \text{ V})^2}{10.0 \Omega}$$

$$= 1.44 \text{ kW}$$

دليل الرياضيات

الأسس ص 206

بالتعويض عن  $V = 120.0 \text{ V}$ ،  $R = 10.0 \Omega$

b. حل لإيجاد الطاقة:

$$E = Pt$$

$$= (1.44 \text{ kW})(10.0 \text{ s})$$

$$= 14.4 \text{ kJ}$$

بالتعويض عن  $t = 10.0 \text{ s}$ ،  $P = 1.44 \text{ kW}$

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس القدرة بوحدة الواط، والطاقة بوحدة الجول.
- هل الجواب منطقي؟ للقدرة:  $10^3 \times 10^2 \times 10^{-1} = 10^4$ ، لذلك فإن مقدار القدرة منطقي. أما للطاقة:  $10^3 \times 10^1 = 10^4$ ، لذا فإن المقدار 10000 جول منطقي.

### مسائل تدريبية

20. يعمل سخّان كهربائي مقاومته  $15 \Omega$  على فرق جهد مقداره  $120 \text{ V}$ . احسب مقدار:

a. التيار المار في مقاومة السخان.

b. الطاقة المستهلكة في مقاومة السخان خلال  $30.0 \text{ s}$ .

c. الطاقة الحرارية الناتجة في هذه المدة.

21. إذا وُصلت مقاومة مقدارها  $39 \Omega$  بطارية جهدها  $45 \text{ V}$  فاحسب مقدار:

a. التيار المار في الدائرة.

b. الطاقة المستهلكة في المقاومة خلال  $5.0 \text{ min}$ .

22. مصباح كهربائي قدرته  $100.0 \text{ W}$ ، وكفاءته  $22\%$ ؛ أي أن  $22\%$  فقط من الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة صوتية.

a. ما مقدار الطاقة الحرارية التي ينتجها المصباح الكهربائي كل دقيقة؟

b. ما مقدار الطاقة التي يحوّلها المصباح إلى ضوء كل دقيقة في أثناء إضاءته؟

23. تبلغ مقاومة عنصر التسخين في طبّاخ كهربائي عند درجة حرارة تشغيله  $11 \Omega$ .

a. إذا تم توصيل الطبّاخ بمصدر جهد مقداره  $220 \text{ V}$  فما مقدار التيار الكهربائي المار في عنصر التسخين؟

b. ما مقدار الطاقة التي يحوّلها هذا العنصر إلى طاقة حرارية خلال  $30.0 \text{ s}$ ؟

c. استخدم العنصر في تسخين غلاية تحتوي على  $1.20 \text{ kg}$  من الماء. افترض أن الماء امتص  $65\%$  من الحرارة الناتجة،

فما مقدار الارتفاع في درجة حرارته خلال  $30.0 \text{ s}$ ؟

24. استغرق سخّان ماء كهربائي جهده  $120 \text{ V}$  زمناً مقداره  $2.2 \text{ h}$  لتسخين حجم معين من الماء إلى درجة الحرارة

المطلوبة. احسب المدة اللازمة لإنجاز المهمة نفسها، وذلك باستخدام سخّان آخر جهده  $240 \text{ V}$  مع بقاء التيار نفسه.



## تخزين الطاقة



الزمن المقدر 10 دقائق

**المواد والأدوات** مكثف  $1 \mu F$ ، وبطارية 9 V، وملتيمتر رقمي (DMM)، ومقاومة  $1 M\Omega$ .

**الخطوات** استخدم هذا العرض لتوضيح تخزين الطاقة الكهربائية في مكثف. ركب الدائرة الكهربائية، وتأكد من قطبية المكثف، ودون زمن تفريغ المكثف. للملتيتر الرقمي المثالي DMM مقاومة مقدارها  $10 M\Omega$  والزمن اللازم لتفريغ المكثف يساوي  $RC = 5(10 M\Omega)(1 \mu F) = 50 s$  تقريباً. أعد العرض باستعمال مقاومة مقدارها  $1 M\Omega$  موصولة على التوازي مع وصلات المقياس، حيث سيظهر نقصان في زمن التفريغ.

**الموصلات الفائقة التوصيل** الموصل الفائق التوصيل مادة مقاومتها صفر، حيث لا يوجد تقييد للتيار في تلك المواد، لذا ليس هناك فرق في الجهد  $V$  خلالها. ولأن القدرة المستفيدة في موصل تعطي من ناتج  $IV$  فإنه يمكن للموصل الفائق التوصيل توصيل الكهرباء دون حدوث ضياع في الطاقة. ولكن لكي تصبح هذه الموصلات فائقة التوصيل يجب تبريدها إلى درجات حرارة منخفضة أقل من  $100 K$ ؛ أي أن الاستفادة من هذه الظاهرة تتطلب حتى الآن وجوب بقاء درجة حرارة جميع هذه المواد أقل من  $100 K$ . ومن الاستعمالات العملية للموصلات الفائقة التوصيل صناعة المغناط المستخدمة في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي MRI، وفي السنكروترون (مسرّع الجسيمات)؛ حيث تستخدم تيارات كهربائية ضخمة، كما يمكن المحافظة عليها عند درجات حرارة قريبة من  $0 K$ .

## نقل الطاقة الكهربائية Transmission of Electric Energy

إن المنشآت الكهرومائية - كالسد العالي في مصر الموضح في الشكل 9-3، ومحطات التوليد الكهربائية في كافة الدول - قادرة على إنتاج كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية. حيث تُنقل هذه الطاقة غالباً إلى مسافات كبيرة حتى تصل إلى المنازل والمصانع. فكيف يمكن أن تحدث عملية النقل هذه بأقل خسارة ممكنة للطاقة على شكل طاقة حرارية؟

تعلم أن الطاقة الحرارية تنتج في الأسلاك بمعدل يمكن تمثيله بالمعادلة  $P = I^2 R$ . ويسمى المهندس الكهربائيون هذه الطاقة الحرارية المتولدة غير المرغوب فيها القدرة الضائعة "I<sup>2</sup>R". ولتقليل مقدار هذه القدرة الضائعة يتم تقليل التيار  $I$  أو المقاومة  $R$ .

■ الشكل 9-3 يُزود السد العالي مصر بجزء من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية.



## مشروع فيزياء

## نشاط

**الموصلات الفائقة التوصيل** اطلب إلى الطلاب إعداد تقرير يوضحون فيه الأسباب التي تجعل بعض الموصلات فائقة التوصيلية عند درجات حرارة منخفضة جداً. يجب أن يكتشف الطلاب أن ارتباط الإلكترونات في الموصلات ضعيف، لذا فإن الإلكترونات المتحركة تفقد طاقتها على شكل حرارة عندما تصطدم مع ذرات الموصل. أما الإلكترونات التي تنتقل في الموصلات الفائقة التوصيل فتفقد طاقة أقل؛ لأنها تنتقل على شكل أزواج. وفي حين أن هذا الاقتراح الإيجابي يحدث عند درجات حرارة كبيرة فإن الموصلات الفائقة التوصيل ذات درجات الحرارة المنخفضة تمكّن الإلكترونات بسهولة من تكوين أزواج والتحرك بسرعة بين الذرات دون فقدان طاقة. **2م لغوي**

## المناقشة

سؤال لماذا تثبت خطوط الجهد المرتفع على الأبراج العالية؟

**الإجابة** توضع خطوط الجهد المرتفع على الأبراج العالية لأسباب الأمان، حيث تعدّ الجهود التي مقاديرها تساوي مئات الآلاف من الفولتات خطيرة بشكلٍ كبير جداً. وستكون المواد العازلة التي تستعمل عند وضع الكابلات بالقرب من سطح الأرض أو تحت الأرض غير مجدية عملياً. وتسمح الأبراج العالية للهواء بأن يكون بمثابة مادة عازلة رئيسة. **2 م**

### استخدام الشكل 10-3

اطلب إلى الطلاب افتراض أن لديك مقياس قدرة. ساعة رقمياً، وافترض أيضاً عدم وجود تيار في هذه اللحظة (كل شيء في البناية مُطفأ). اسأل الطلاب: هل ستصبح قراءة المقياس صفراً؟ لا، ستثبت قراءته عند القراءة النهائية لحظة إطفاء الأجهزة الكهربائية في البناية؛ وذلك لأن المقياس يشير إلى الطاقة الكلية المستهلكة. **2 م**

## تطوير المفهوم

**أجهزة الاستيريو (مضخمات الصوت) والقدرة**  
يرغب بعض الأشخاص أن يكون الصوت في مركباتهم مرتفعاً. وهذا أمر يصعب تحقيقه مع نظام 12V؛ حيث مقاومة مكبرات الصوت عادة  $4.0 \Omega$ ، فتكون القدرة  $\left(\frac{V^2}{R}\right)$  المعطاة لمكبر صوت واحد محدّدة لغاية 36 W. ويتمثل أحد الحلول في استعمال مضخمّ يضاعف جهد مكبر الصوت على نحو فعّال (يضاعف القدرة أربع مرات).

لجميع أسلاك التوصيل مقاومة، إلا أن مقاومتها صغيرة؛ فمقاومة السلك المستعمل لنقل التيار الكهربائي إلى بيت تساوي  $0.20 \Omega$  لكل 1 km من طوله. افترض أنه تم ربط بيت ريفي مباشرة بمحطة كهرباء تبعد عنه مسافة 3.5 km. إن مقاومة الأسلاك المستخدمة لنقل التيار في دائرة كهربائية إلى البيت ثم عودته إلى المحطة تُمثل بالمعادلة التالية:

$$R = 2(3.5 \text{ km})(0.20 \Omega / \text{km}) = 1.4 \Omega$$

وإذا استعملت هذه الأسلاك في طيّاح كهربائي فإنه سيمر فيه تيار مقداره 41 A، ويُعبّر عن القدرة الضائعة في الأسلاك بالعلاقة التالية:  $P = I^2R = (41 \text{ A})^2 (1.4 \Omega) = 2400 \text{ W}$ .

ويتم تحويل كل هذه القدرة إلى طاقة حرارية، لذا فإنها تُفقد. ويمكن تقليل هذا الفقد إلى أقل كمية ممكنة بتقليل المقاومة. ويتم ذلك باستعمال أسلاك ذات موصلية كبيرة وقطر كبير، فتكون مقاومتها قليلة. إلا أن مثل هذه الأسلاك تكون باهظة الثمن وثقيلة. كما يمكن أيضاً تقليل القدرة الضائعة في أسلاك نقل الكهرباء من خلال جعل مقدار التيار المار فيها قليلاً؛ لأن فقد الطاقة يتناسب أيضاً مع مربع التيار المار في الموصلات.

كيف يمكن تقليل قيمة التيار المار في أسلاك نقل الكهرباء؟ يمكن تحديد الطاقة الكهربائية المنقولة في الثانية الواحدة (القدرة) في سلك (خط) نقل الكهرباء لمسافة طويلة باستخدام العلاقة  $P = IV$ . وتلاحظ من هذه العلاقة أنه يمكن تقليل التيار دون تقليل القدرة من خلال رفع الجهد. ولنقل القدرة الكهربائية مسافات طويلة تستخدم بعض خطوط نقل القدرة الكهربائية جهوداً تزيد على 500,000 V؛ حيث يقلل التيار المنخفض المار في الأسلاك من ضياع  $I^2R$  فيها، وذلك بالإبقاء على قيمة المعامل  $I^2$  قليلة. تكون الجهود المطبقة على النقل في الأسلاك الطويلة دائماً أكبر كثيراً من الجهود المطبقة على أسلاك التمديدات المنزلية؛ وذلك لتقليل ضياع  $I^2R$ . ويتم تقليل الجهد الخارج من محطة التوليد عند وصوله إلى المحطات الكهربائية الفرعية؛ ليصبح مقداره 2400 V، ثم يقلل الجهد مرة أخرى إلى 240 V أو إلى 120 V وفق النظام المعتمد في الدولة قبل أن يستخدم في المنازل.

### الكيلوواط.ساعة The Kilowatt-Hour

تسمّى شركات الكهرباء غالباً شركات القدرة، إلا أنها في الواقع تُزودنا بالطاقة بدلاً من القدرة. فالقدرة هي المعدل الزمني لتوصيل الطاقة. فعندما يُسدّد المستهلكون فواتير منازلهم الكهربائية - ومنها الفاتورة الموضحة في الشكل 10-3 - فهم يُسدّدون ثمن الطاقة الكهربائية المستهلكة، وليس القدرة.

إن كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في جهاز تساوي معدل استهلاكه للطاقة، بوحدة جول لكل ثانية (W) مضروباً في زمن تشغيل الجهاز بوحدة ثانية. إن الجول لكل ثانية مضروباً في ثانية s (J/s) يساوي الكمية الكلية للطاقة المستهلكة بوحدة الجول. إن الجول - الذي يُعرف أيضاً على أنه واط.ثانية (Watt.second) - يُعبّر عن كمية قليلة نسبياً من الطاقة، وهو وحدة قياس صغيرة جداً للطاقة المستهلكة في الاستخدامات

الشكل 10-3 يستخدم مقياس الواط. ساعة في قياس مقدار الطاقة الكهربائية التي يستهلكها المستخدم. وتستخدم قراءة المقياس لحساب تكلفة الطاقة المستهلكة.

المستهلك رقم قريته		منازل	
الرقم القري	الرقم المنزلي	الرقم القري	الرقم المنزلي
1000	1000	1000	1000
1001	1001	1001	1001
1002	1002	1002	1002
1003	1003	1003	1003
1004	1004	1004	1004
1005	1005	1005	1005
1006	1006	1006	1006
1007	1007	1007	1007
1008	1008	1008	1008
1009	1009	1009	1009
1010	1010	1010	1010

## تعزير الفهم

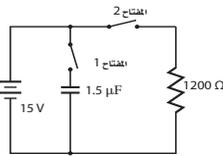
**استخدام الطاقة** اعرض مسخن ماء من النوع الذي يُغمَر في الماء، واعرض عنصر التسخين في سخان ماء كهربائي، ثم اسأل الطلاب: ما الاختلافات بين هذين الجهازين؟ يمكن أن تتضمن المناقشة: الحجم، التكلفة، المقاومة، جهد التشغيل، الدقة والأمان.

### 2م منطقي-رياضي

العملية. لهذا السبب تقيس شركات الكهرباء استهلاك الطاقة بوحدة تساوي عددًا كبيرًا من الجولات، وتسمى هذه الوحدة كيلوواط. ساعة (kWh). والكيلوواط ساعة يساوي قدرة مقدارها 1000 Watt تصل بشكل مستمر لمدة 3600 s (1 h) أو يساوي  $3.6 \times 10^6$  J. ولا يوجد الكثير من الأجهزة المنزلية التي تلزمها قدرة أكبر من 1000 W ما عدا سخانات المياه والمكيفات الكهربائية والطباخات ومجففات الملابس وأفران الميكروويف والمدافئ ومجففات الشعر. فتشغيل عشرة مصابيح ضوئية قدرة كل منها 100 W في الوقت نفسه يستهلك فقط 1 kWh من الطاقة إذا تركت مضاءة مدة ساعة كاملة.

تعلمت طرائق متعددة تستخدمها شركات الكهرباء لحل المشكلات التي يواجهها نقل التيار الكهربائي مسافات طويلة، وتعلمت أيضًا كيف تحسب هذه الشركات فواتير الكهرباء، وكيف توقع تكلفة تشغيل أجهزة مختلفة في المنزل. إن عملية توزيع الطاقة الكهربائية إلى جميع المناطق على الأرض يُعد من أعظم الإنجازات الهندسية في القرن العشرين.

### مسألة تحفيز



استخدم الشكل المجاور للإجابة عن الأسئلة التالية:

1. في البداية، المكثف غير مشحون، والمفتاح 1 مغلق، والمفتاح 2 بقي مفتوحًا. احسب فرق الجهد بين طرفي المكثف.
2. إذا فُتح المفتاح 1 الآن، وبقي المفتاح 2 مفتوحًا فما فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ لماذا؟
3. بعد ذلك، أُغلق المفتاح 2، وبقي المفتاح 1 مفتوحًا. ما فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ وما مقدار التيار المار في المقاومة بعد إغلاق المفتاح 2 مباشرة؟
4. مع مرور الوقت، ماذا يحدث لجهد المكثف والتيار المار في المقاومة؟

### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 3-4

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

### مسألة تحفيز

1. 15 V لأن جهد البطارية ثابت عند 15 V.
  2. سيبقى فرق الجهد 15 V؛ لأنه لا يوجد مسار لتفريغ الشحنة.
  3. 15 V و 13 mA
  4. يبقى جهد المكثف 15 V؛ لأنه لا يوجد مسار لتفريغ شحنات المكثف، ويبقى مقدار التيار المار في الدائرة 13 mA؛
- لكن إذا كان كل من البطارية والمكثف عناصر حقيقية بدلاً من عناصر الدائرة المثالية فإن جهد المكثف في النهاية يصبح صفرًا؛ وذلك بسبب تفريغ الشحنات وتحولات الطاقة الكهربائية، وسيصبح التيار في النهاية صفرًا كذلك؛ بسبب استنفاد البطارية.

### مسائل تدريبية

25. **a.** 1.8 kW **b.** 270 kWh  
**c.** 32.40 ريال
26. **a.**  $9.6 \times 10^{-3}$  A **b.** 1.1 W  
**c.** 0.10 ريال
27. 9.5 h

### 3. التقويم

#### التحقق من الفهم

الاستهلاك والتكلفة لمساعدة الطلاب على فهم استهلاك الطاقة الكهربائية وحساب تكلفة استهلاكها اطلب إليهم مقارنة تكلفة تشغيل أجهزة كهربائية منزلية مختلفة؛ وذلك بتوضيح العلاقات بين القدرة، والتيار المسحوب، وتكلفة تشغيل أجهزة منزلية قدرتها 1000 W و 250 W و 50 W على فرق الجهد المستخدم في المنزل. مع افتراض أن جميع المتغيرات الأخرى متساوية وأن القدرة هي التي تتغير فقط فإنه عند زيادة القدرة يزداد كل من التيار المسحوب وتكلفة التشغيل. **2م**

#### التوسع

إنتاج الطاقة في المستقبل اختر طلبة لإجراء مشروع بحث يتعلق بالاستعمال المستقبلي المحتمل للاندماج النووي لتوليد الطاقة الكهربائية. على الطلبة المقارنة بين عمليات الانشطار، والاندماج والاحتراق. **2م** لغوي

### مسائل تدريبية

25. يمر تيار كهربائي مقداره 15.0 A في مدفأة كهربائية عند وصلها بمصدر فرق جهد 120 V. فإذا تم تشغيل المدفأة بمتوسط 5.0 h يومياً فاحسب:  
**a.** مقدار القدرة التي تستهلكها المدفأة.  
**b.** مقدار الطاقة المستهلكة في 30 يوماً بوحدة kWh.  
**c.** تكلفة تشغيلها مدة 30 يوماً، إذا كان ثمن الكيلوواط ساعة 0.12 ريال.
26. تبلغ مقاومة ساعة رقمية  $12,000 \Omega$ ، وهي موصولة بمصدر فرق جهد مقداره 115 V. احسب:  
**a.** مقدار التيار الذي يمر فيها.  
**b.** مقدار القدرة الكهربائية التي تستهلكها الساعة.  
**c.** تكلفة تشغيل الساعة 30 يوماً، إذا كان ثمن الكيلوواط ساعة 0.12 ريال.
27. تنتج بطارية سيارة تياراً مقداره 55 A لمدة 1.0 h، وذلك عندما يكون فرق جهدها 12 V. ويتطلب إعادة شحنها طاقة أكبر 1.3 مرة من الطاقة التي تزودنا بها؛ لأن كفاءتها أقل من الكفاءة المثالية. ما الزمن اللازم لشحن البطارية باستخدام تيار مقداره 7.5 A؟ افترض أن فرق جهد الشحن هو نفسه فرق جهد التفريغ.

### 3-2 مراجعة

28. الطاقة تُشغّل محرك السيارة المولّد الكهربائي، الذي يولّد بدوره التيار الكهربائي اللازم لعمل السيارة، ويُخزّن شحنات كهربائية في بطارية السيارة. وتستخدم المصابيح الرئيسية في السيارة الشحنة الكهربائية المخزنة في بطارية السيارة. جهّز قائمة بأشكال الطاقة في العمليات السابقة.
29. المقاومة الكهربائية يتم تشغيل مجفّف الشعر بوصله بمصدر جهد 120 V، ويكون فيه خياران: حار ودافئ. في أيّ الخيارين تكون المقاومة أصغر؟ ولماذا؟
30. القدرة حدّد مقدار التغير في القدرة في دائرة كهربائية إذا قل الجهد المُطبّق إلى النصف.
31. القضاء فوّم أثر البحث لتحسين خطوط نقل القدرة الكهربائية في المجتمع والبيئة.
32. الجهد لماذا يتم توصيل الطباخ الكهربائي وسخّان الماء الكهربائي بدائرة جهدها 240 V بدلاً من دائرة جهدها 120 V؟
33. التفكير الناقد عندما يرتفع معدل استهلاك القدرة الكهربائية تقوم شركات الكهرباء أحياناً بتقليل الجهد، مما يؤدي إلى خفوت الأضواء. ما الذي يبقى محفوظاً ولا يتغير؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

### 3-2 مراجعة

28. تتحوّل الطاقة الميكانيكية من المحرك إلى طاقة كهربائية في المولّد؛ وتُخزّن الطاقة الكهربائية على شكل طاقة كيميائية في البطارية، وتتحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية في البطارية، وتتحوّل هذه الطاقة الكهربائية إلى ضوء و طاقة حرارية في المصابيح الرئيسية.
29. يستهلك مجفّف الشعر عند ضبطه على الساخن قدرة أكبر. وحيث إن  $P = IV$ ، والجهد ثابت لذا يكون التيار المار فيه أكبر، ولأن  $I = V/R$  فإن المقاومة تكون أقل.
30. ستخفض إلى ربع القيمة الأصلية.
31. بعض الفوائد المحتملة: تقليل تكلفة الكهرباء المستهلكة، وكلما قلت القدرة المفقودة خلال خطوط النقل قل استهلاك الفحم وغيره من المصادر الأخرى المستخدمة لتوليد القدرة الكهربائية، والذي من شأنه تحسين بيئتنا.
32. للقدرة نفسها، عند مضاعفة الجهد، سيقل التيار إلى النصف. وستقل خسارة  $I^2R$  في شبكة أسلاك الدائرة الكهربائية بشكل كبير؛ لأنها تتناسب طردياً مع مربع التيار.
33. القدرة، وليست الطاقة، ستعمل معظم الأجهزة لفترة زمنية أطول.

## مختبر الفيزياء

### مختبر الفيزياء

#### الجهد والتيار والمقاومة

درست في هذا الفصل العلاقات بين الجهد والتيار والمقاومة في دوائر كهربائية بسيطة. فالجهد هو فرق الجهد الذي يدفع التيار خلال الدائرة، في حين تحدّد المقاومة والتيار الذي يمر عند تطبيق فرق جهد. وستجمع في هذه التجربة البيانات، وتعد رسوماً بيانية لاستقصاء العلاقات الرياضية بين الجهد والتيار، وكذلك بين المقاومة والتيار.

#### سؤال التجربة

ما العلاقة بين الجهد والتيار؟ وما العلاقة بين المقاومة والتيار؟

#### المواد والأدوات

أربع بطاريات من نوع D جهد كل منها 1.5 V، وأربع حوامل للبطاريات، وأميتّر 500  $\mu\text{A}$ ، ومقاومة 10 k $\Omega$ ، ومقاومة 20 k $\Omega$ ، ومقاومة 30 k $\Omega$ ، ومقاومة 40 k $\Omega$ ، وخمسة أسلاك مزوّدة بمشابك فم التمساح.

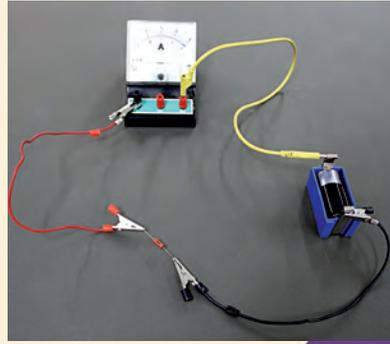
#### الخطوات

##### الجزء A

1. ضع البطارية في حاملها.
2. ركّب دائرة تحتوي على بطارية، ومقاومة 10 k $\Omega$ ، وأميتّر 500  $\mu\text{A}$ .
3. دوّن مقادري المقاومة والتيار في جدول البيانات 1، على أن تدوّن مقدار المقاومة في عمود المقاومة، أما لعمود التيار فاستخدم قراءة الأميتّر.
4. ضع المقاومة 20 k $\Omega$  بدلاً من المقاومة 10 k $\Omega$ .
5. دوّن مقادري المقاومة والتيار في جدول البيانات 1.
6. كرّر الخطوتين 4 و5، على أن تضع المقاومة 30 k $\Omega$  بدلاً من المقاومة 20 k $\Omega$ .
7. كرّر الخطوتين 4 و5، على أن تضع المقاومة 40 k $\Omega$  بدلاً من المقاومة 30 k $\Omega$ .

##### الجزء B

8. أعد تركيب الدائرة التي ركبتها في الخطوة 2، ثم تحقق من مرور التيار في الدائرة، ودوّن مقادري الجهد والتيار في جدول البيانات 2.



#### الأهداف

- تقيس التيار وفقاً للنظام الدولي SI.
- تصف العلاقة بين مقاومة دائرة كهربائية والتيار الكهربائي الكلي المار فيها.
- تصف العلاقة بين الجهد والتيار الكلي المار في الدائرة الكهربائية.
- تنشئ رسوماً بيانية وتستخدمها لتبين العلاقة بين التيار والمقاومة، وبين التيار والجهد.

#### احتياطات السلامة



■ تحذير، قد تسخن الدوائر الكهربائية والمقاومات.

■ تحذير، الأسلاك حادة، وقد تجرح الجلد.

الزمن المقدر من المحتمل أن يستغرق تنفيذ هذه التجربة حصتي مختبر لتركيب الدوائر الكهربائية وجمع البيانات وتحليلها. ويمكن أيضاً أن تجمع البيانات في حصة مختبر واحدة وأن تحدّد التحليل واجباً منزلياً.

**المهارات العملية** الوصف، والقياس باستخدام وحدات النظام الدولي SI، وإنشاء الرسوم البيانية واستخدامها.

**احتياطات السلامة** قد تصبح الدوائر الكهربائية ساخنة. ارتد دائماً نظارة واقية وملابس وقاية في المختبر. قد يجرح السلك الجلد أو يخدشه.

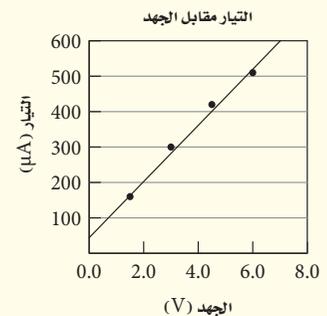
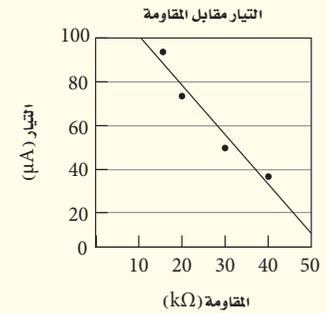
**المواد والأدوات البديلة** يمكن أن تستخدم مصادر قدرة، وأجهزة أميتّر، ومقاومات بمقادير مختلفة. المقاومات المتساوية الموصولة على التوالي يكون لها التأثير نفسه لاستعمال مقاومات ذات مقادير أكبر؛ والتي سيتم تناولها في الفصل اللاحق.

#### استراتيجيات التدريس

● إذا غيّرت المواد فمن المهم أن تختبر التركيب الجديد لتتأكد من أن التيار المار في الدائرة ليس كبيراً جداً أو قليلاً جداً.

● إذا ساعدت الطلاب على التوصل إلى العلاقة بين  $I = k/R$  و  $V = kI$  (حيث يمثل الرمز k مقدراً ثابتاً)، فإنهم سيكونون قادرين على التوصل إلى العلاقة  $V = IR$

#### التحليل



#### عيّنة بيانات

##### جدول البيانات 1

التيار ( $\mu\text{A}$ )	المقاومة (k $\Omega$ )	الجهد (V)
94	16	1.5
75	20	1.5
50	30	1.5
38	40	1.5

##### جدول البيانات 2

التيار ( $\mu\text{A}$ )	المقاومة (k $\Omega$ )	الجهد (V)
160	10	1.5
300	10	3.0
420	10	4.5
510	10	6.0

3. في البطاريات الحقيقية، يقل الجهد بين طرفي البطارية مع مرور الزمن، وأي تغيير في الجهد يؤثر في التيار.
4. مرة أخرى، أي تغيير في الجهد بين طرفي البطاريات يؤثر في التيار.

### الاستنتاج والتطبيق

1. هناك علاقة عكسية بين المقاومة والتيار. كلما ازدادت المقاومة يقل التيار، والعكس صحيح.
2. توجد هذه العلاقة لأن التيار يتناسب عكسيًا مع المقاومة ( $I \propto 1/R$ ).
3. هناك علاقة خطية بين التيار والجهد (عندما تكون المقاومة أومية). كلما ازداد الجهد ازداد التيار.
4. توجد هذه العلاقة لأن الجهد يزيد طاقة وضع الشحنات.

### التوسع في البحث

1. ستكون قيمة التيار  $160 \mu A$  تقريبًا. إن مضاعفة الجهد تعوّض مضاعفة المقاومة.
2.  $V = IR$
3. يجب أن تتفق البيانات بشكل جيد، ولكنها قد تصبح غير متوافقة عندما يزداد التيار.

### الفيزياء في الحياة

1. تتضمن الإجابات أفران الكهرباء، ومسحّنات الماء، والمجفّفات، والثلاجات.
2. لأن  $P = IV$  وبقاء  $P$  ثابتة فإن التيار يزداد إذا قلّ الجهد. ونتيجة لذلك فإن مقدارًا أكبر من الطاقة سيبدد على شكل حرارة.

جدول البيانات 2		
الجهد (V)	المقاومة (kΩ)	التيار (μA)
	10	
	10	
	10	
	10	

جدول البيانات 1		
الجهد (V)	المقاومة (kΩ)	التيار (μA)
1.5		
1.5		
1.5		
1.5		

4. لماذا افترضت وجود هذه العلاقة بين الجهد والتيار؟
9. أضف بطارية ثانية جهدها  $1.5 V$  إلى الدائرة، ودون مقداري الجهد والتيار في جدول البيانات 2. عندما تستعمل أكثر من بطارية واحدة دون مجموع جهود البطاريات بوصفها قيمة للجهد في جدول البيانات 2.
10. كرر الخطوة 9 مع ثلاث بطاريات جهد كل منها  $1.5 V$ .
11. كرر الخطوة 9 مع أربع بطاريات جهد كل منها  $1.5 V$ .

#### التوسع في البحث

1. ما مقدار التيار الكهربائي الذي يمر في دائرة كهربائية إذا كان الجهد  $3.0 V$  والمقاومة  $20 k\Omega$ ؟ كيف حدّدت هذا التيار؟
2. بالاستعانة ببياناتك التي حصلت عليها في التجربة، هل يمكنك اشتقاق علاقة بين الجهد والتيار والمقاومة؟ مساعدة: انظر إلى العلاقة البيانية بين التيار وفرق الجهد، وافترض أنها خط مستقيم يمر في نقطة الأصل.
3. كيف تتفق بياناتك مع هذه العلاقة؟ وضح إجابتك.

#### الفيزياء في الحياة

1. اذكر بعض التطبيقات الشائعة التي تستخدم فرق جهد  $240 V$ ، بدلاً من  $120 V$ .
2. لماذا تحتاج التطبيقات التي ذكرتها إلى  $240 V$  وما العواقب التي تترتب على تشغيل مثل هذه التطبيقات على جهد  $120 V$ ؟

#### التحليل

1. أنشئ رسوماً بيانيةً واستخدمهما لرسم التيار بوصفه متغيرًا مقابل المقاومة، على أن تضع المقاومة على المحور  $x$ ، والتيار على المحور  $y$ .
2. أنشئ رسوماً بيانيةً واستخدمهما لرسم التيار بوصفه متغيرًا مقابل الجهد، على أن تضع الجهد على المحور  $x$ ، والتيار على المحور  $y$ .
3. حلّ الخطأ ما العوامل التي تؤثر في التيار في الجزء A إضافة إلى قيم المقاومات؟ وكيف يمكن التقليل من تأثير هذه العوامل؟
4. حلّ الخطأ ما العوامل التي تؤثر في التيار في الجزء B إضافة إلى البطاريات المضافة؟ وكيف يمكن التقليل من تأثير هذه العوامل؟

#### الاستنتاج والتطبيق

1. صف العلاقة بين المقاومة والتيار بالنظر إلى الرسم البياني الأول الذي أنشأته؟
2. لماذا افترضت وجود هذه العلاقة بين المقاومة والتيار؟
3. كيف يمكنك وصف العلاقة بين الجهد والتيار بالنظر إلى الرسم البياني الثاني الذي أنشأته؟

**الفيزياء**

عبر المواقع الإلكترونية

تزيد من المعلومات عن التيار الكهربائي ارجع إلى شبكة الإنترنت

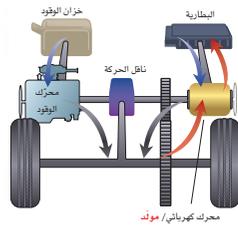
أو قم بزيارة الموقع الإلكتروني [www.obelkaneeducation.com](http://www.obelkaneeducation.com)

### تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اطلب إلى الطلاب تصميم تجربة لإيجاد العلاقة بين التيار، والجهد، والمقاومة. أكد على أن يغيروا متغيرًا واحدًا فقط في المحاولة الواحدة، واحرص على أن تعلّمهم أدوات قياس كل من هذه الكميات. حدّر الطلاب من إمكانية حدوث احتراق أو دائرة قصر في الدائرة الكهربائية.

## التقنية والمجتمع

### السيارات المهجنة Hybrid Cars



تعمل الطاقة الحركية للسيارة في عملية الكبح المتجدد على إعادة شحن البطاريات.

- طاقة وضع من الوقود والبطارية
- يدور محرك الوقود والمحرك الكهربائي العجلات
- تعمل الطاقة الحركية على إعادة شحن البطاريات

البطاريات بعملية تسمى الكبح المتجدد، كما هو موضح في الرسم التخطيطي. حيث يعمل المحرك الكهربائي فيها مولدًا. فعندما يعمل المحرك الكهربائي على إعطاء حركة السيارة يتم تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية، تعمل بدورها على إعادة شحن البطاريات.

**هل تفيد السيارات المهجنة المجتمع؟** زادت السيارات المهجنة من المسافات التي تقطعها السيارات بكمية معينة من الوقود، لذا قللت من تكلفة تشغيل السيارة ومن الغازات المنبعثة من العوادم، ومنها غازا ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون، إضافة إلى مختلف الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين. حيث تسهم هذه الانبعاثات في حدوث بعض المشكلات البيئية كالضبخن (الضباب الدخاني). ولأن السيارات المهجنة تزيد المسافات المقطوعة وتقلل الغازات المنبعثة من العوادم، فإن الكثير من الناس يشعرون أن استخدام هذه السيارات من الطرائق الفعالة للمساعدة على حماية الهواء من التلوث، بالإضافة إلى المحافظة على مصادر الوقود.

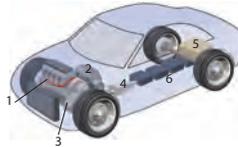
#### التوسع

1. **حلل واستنتج** ما الكبح المتجدد؟
2. **توقع** هل يفيد زيادة مبيعات السيارات المهجنة المجتمع؟ ادم إجابتك.

**السيارات المهجنة** ذات كفاءة عالية في استهلاك الوقود ومرحبة وأمنة وهادئة وغير ملوثة للبيئة، وتتسارع بصورة جيدة. لذا فإن مبيعات السيارات المهجنة أخذت في الازدياد.

**لماذا تسمى المهجنة؟** يطلق على السيارة اسم مهجنة إذا كانت تستخدم مصدرين أو أكثر من مصادر الطاقة. فممثلًا يُطلق على قاطرات الديزل الكهربائية اسم العربات المهجنة. ولكن مصطلح السيارة المهجنة يُطلق عادة على السيارة التي تستخدم الوقود والكهرباء.

للسيارات التقليدية محركات كبيرة تمكّنها من التسارع جيدًا وصعود التلال الحادة، إلا أن حجم محركها يجعلها تستهلك في الغالب كميات كبيرة من الوقود، إضافة إلى تدني كفاءة استهلاكها من الوقود مقارنة بالسيارات المهجنة التي يكون وزن محرك البنزين فيها قليلًا وأكثر فاعلية، مما يجعله يلبى معظم احتياجات القيادة وضرواتها. وعند الحاجة إلى مزيد من الطاقة يمكن الحصول عليها من الكهرباء المخزنة في البطاريات القابلة لإعادة الشحن.



**كيف تعمل السيارات المهجنة؟** يبين الرسم التوضيحي أعلاه أحد أنواع السيارات المهجنة، الذي يسمى التهجين المتوازي. حيث يُشغل محرك الاحتراق الداخلي الصغير (1) السيارة خلال معظم أوضاع القيادة. ويتصل محرك الوقود والمحرك الكهربائي (2) مع العجلات (3) على جهاز ناقل الحركة نفسه. وتعمل الأدوات الإلكترونية المبرمجة (4) على تحديد وقت استعمال محرك الكهرباء، ووقت استعمال محرك الوقود، ووقت استعمالها معًا.

ولا يحتاج هذا النوع من التهجين إلى مصدر قدرة خارجي إلى جانب الوقود في خزان الوقود (5)؛ فأنت لا تحتاج إلى توصيل السيارة المهجنة بمصدر كهربائي لإعادة شحن البطاريات (6)، بخلاف السيارة الكهربائية. وبدلاً من ذلك يتم إعادة شحن

#### نشاط

**تغيير الاتجاه (الموقف)** اطلب إلى الطلاب إجراء مقابلة مع بعض الأشخاص كالأباء أو الأجداد، وأن يطرحوا عليهم الأسئلة الآتية: هل تغيرت مواقفهم تجاه استخدام الوقود الأحفوري خلال فترة حياتهم؟ وهل سيشترون السيارات المهجنة في المستقبل؟ ولماذا سيقبلون على شرائها؟ أمن أجل كفاءتها، أم من أجل أدائها، أم لأنها اقتصادية، أم لشكلها؟

#### التوسع

1. **الكبح المتجدد عملية تحدث في السيارات المهجنة، يتم من خلالها تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية عند استعمال الكوابح.**
2. **تقبّل الإجابات المنطقية جميعها. هناك فائدتان مهمتان، وهما: تقليل الانبعاثات من العادم، واقتصادية أكثر في استهلاك الوقود.**

### الخلفية النظرية

هناك نوعان أساسيان من السيارات المهجنة؛ السيارات التي تعمل بتقنية التهجين المتوالي، والسيارات التي تعمل بتقنية التهجين المتوازي. يصف النصّ في كتاب الطالب النوع الثاني بصورة مبسطة؛ حيث يُعدّ هذا النوع الأكثر شيوعاً منذ عام 2003م. في السيارات التي تعمل بتقنية التهجين المتوازي، يتصل كل من المحرك الذي يعمل على الوقود والمحرك الكهربائي مباشرة مع ناقل الحركة. أما السيارات التي تعمل بتقنية التهجين المتوالي فإن محرك الوقود موصول مباشرة مع المولد، الذي يعمل بدوره على تزويد البطاريات بالطاقة، أو يعمل على تزويد المحرك الكهربائي بالطاقة التي تحرك السيارة بعد ذلك. والسيارة التي تعمل على تقنية التهجين المتوالي لا تتوقف عن العمل؛ حيث يتوقف محرك الوقود عن العمل كلياً عندما تتوقف السيارة.

### استراتيجيات التدريس

- في الوقت الحاضر، تستورد كثير من الدول معظم أو جميع احتياجاتها من الوقود من الدول المنتجة له. اطلب إلى الطلاب كتابة فقرة يجلّون في خلالها مزايا وسلبيات استيراد النفط. فمثلاً شراء النفط من الدول المنتجة تزود تلك الدول بالدخل والاستقرار المطلوب، ومع ذلك فإن ضمان استمرار التزود قد يكون مكلفاً أو مستحيلًا، إضافة إلى أن استخدام الوقود الأحفوري يزيد من تلوث البيئة.
- ناقش التكلفة المحتملة والفوائد لبعض مصادر الطاقة البديلة، كخلايا وقود الهيدروجين. (ملاحظة: إن عملية فصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين تتطلب طاقة، والطاقة لا تنشأ من العدم، لذا فإن هناك تكلفة لإيجاد أي مصدر للطاقة).

### المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



عبر المواقع الإلكترونية

الفيزياء

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:

[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 3-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية Current and Circuits

المفاهيم الرئيسية	المضردات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• يعرف التيار الاصطلاحي بأنه التيار الذي يكون في اتجاه حركة الشحنات الموجبة.</li> <li>• تحوّل المولدات الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.</li> <li>• تحوّل الدائرة الكهربائية الطاقة الكهربائية إلى حرارة أو ضوء أو إلى أشكال أخرى مفيدة للطاقة.</li> <li>• عندما تتحرك شحنة في دائرة كهربائية تُسبب المقاومات نقصاً في طاقة وضعها الكهربائية.</li> <li>• الأمبير يساوي واحد كولوم لكل ثانية 1 C/s.</li> <li>• يمكن حساب القدرة بضرب الجهد في التيار. <math>P = IV</math></li> <li>• تُعطى مقاومة جهاز ما من خلال النسبة بين جهد الجهاز والتيار المار فيه. <math>R = \frac{V}{I}</math></li> <li>• ينص قانون أوم على أن النسبة بين فرق الجهد بين طرفي موصل وشدة التيار المار فيه ثابتة لهذا الموصل، وأيّ مقاومة لا تتغير بتغير درجة حرارتها أو الجهد المطبق عليها أو اتجاه حركة الشحنة فيها- تتحقّق قانون أوم.</li> <li>• يمكن التحكم في تيار دائرة كهربائية بتغيير الجهد أو المقاومة أو كليهما.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• التيار الكهربائي</li> <li>• التيار الاصطلاحي</li> <li>• البطارية</li> <li>• الدائرة الكهربائية</li> <li>• الأمبير</li> <li>• المقاومة الكهربائية</li> <li>• التوصيل على التوازي</li> <li>• التوصيل على التوالي</li> </ul>

#### 3-2 استخدام الطاقة الكهربائية Using Electric Energy

المفاهيم الرئيسية	المضردات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• القدرة في دائرة كهربائية تساوي مربع التيار مضروباً في المقاومة، أو تساوي مربع الجهد مقسوماً على المقاومة. <math>P = \frac{V^2}{R}</math> أو <math>P = I^2R</math></li> <li>• إذا استُخدمت القدرة بمعدل منتظم فإن الطاقة الحرارية الناتجة تساوي القدرة مضروبة في الزمن، كما يمكن أيضاً التعبير عن القدرة بـ <math>I^2R</math> و <math>V^2/R</math> كما يلي:</li> </ul> $E = Pt$ $= I^2Rt$ $= \frac{V^2}{R} t$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• الموصلات العائقة التوصيل مواد مقاومتها صفر، ولا زالت استخداماتها العملية حتى وقتنا الحاضر محدودة.</li> <li>• الطاقة الحرارية غير المرغوب فيها الناتجة عن نقل الطاقة الكهربائية تسمى القدرة الضائعة <math>I^2R</math>. وأفضل طريقة لتقليل ضياع أو فقد <math>I^2R</math> إلى أقل حدّ هي تقليل قيمة التيار المار في أسلاك التوصيل. ويمكن تقليل قيمة التيار المار في أسلاك التوصيل دون تقليل القدرة من خلال نقل الكهرباء عند جهود عالية.</li> <li>• الكيلوواط. ساعة (kWh) وحدة طاقة تساوي <math>3.6 \times 10^6</math> J.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• الموصل العائق التوصيل</li> <li>• الكيلوواط. ساعة</li> </ul>

خريطة المفاهيم

34. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

35.  $1A = 1C / 1s$

36. يوصل القطب الموجب للفولتметр مع قطب الذراع اليسرى للمحرك، ويوصل القطب السالب للفولتметр مع قطب الذراع اليمنى للمحرك؛ أي يوصل على التوازي مع المحرك.

37. افتح الدائرة بين البطارية والمحرك، ثم صل القطب الموجب للأميتر مع الطرف الموجب القطب الموجب الدائرة (الطرف الموصل مع القطب الموجب للبطارية) وصل القطب السالب للأميتر مع الطرف السالب (الطرف الأقرب إلى المحرك)؛ أي يوصل على التوالي.

38. من اليسار إلى اليمين خلال المحرك.

39. a. 4

b. 1

c. 2

d. 3

40. a. الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وضوء.

b. الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وطاقة حركية.

c. الطاقة الكهربائية إلى صوت وضوء.

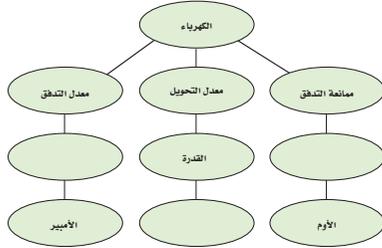
41. للسلك ذي المقطع العرضي الأكبر مقاومة أقل؛ لأن هناك عددًا أكبر من الإلكترونات لحمل الشحنة.

42. تسمح المقاومة القليلة للفتيلة الباردة بمرور تيار كبير في البداية، ومن ثم تغير كبير في درجة حرارتها مما يؤدي إلى تعرض الفتيلة لإجهاد كبير.

43. تولّد دائرة القصر تيارًا كبيرًا مما يسبب تصادم عدد أكبر من الإلكترونات مع ذرات السلك

خريطة المفاهيم

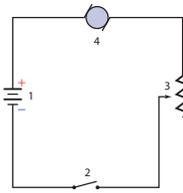
34. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الواط، التيار، المقاومة.



إتقان المفاهيم

35. عرّف وحدة قياس التيار الكهربائي بدلالة الوحدات الأساسية MKS.

ارجع إلى الشكل 11-3 للإجابة عن الأسئلة 39-36.



الشكل 11-3

36. كيف يجب وصل فولتметр في الشكل لقياس جهد المحرك؟

37. كيف يجب وصل أميتر في الشكل لقياس تيار المحرك؟

38. ما اتجاه التيار الاصطلاحي في المحرك؟

39. ما رقم الأداة التي:

a. تحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية؟

b. تحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية؟

c. تعمل على فتح الدائرة وإغلاقها؟

d. تحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية؟

40. صف تحولات الطاقة التي تحدث في الأدوات التالية:

a. مصباح كهربائي متوهج.

b. مجفّف ملابس.

c. مذياع رقمي مزوّد بساعة.

41. أي السلكين يوصل الكهرباء بمقاومة أقل: سلك مساحة مقطعه العرضي كبيرة، أم سلك مساحة مقطعه العرضي صغيرة؟

42. لماذا يكون عدد المصابيح التي تحترق لحظة إضاءتها أكبر كثيرًا من عدد المصابيح التي تحترق وهي مُضاءة؟

43. عند عمل دائرة قصر لبطارية يوصل طرفي سلك نحاسي بقطبي البطارية ترتفع درجة حرارة السلك. فسّر لماذا يحدث ذلك؟

44. ما الكمّيّات الكهربائيّة التي يجب المحافظة على مقاديرها قليلة عند نقل الطاقة الكهربائيّة مسافات طويلة بصورة اقتصادية؟

45. عرف وحدة القدرة الكهربائيّة بدلالة الوحدات الأساسية MKS.

تطبيق المفاهيم

46. خطوط القدرة لماذا تستطيع الطيور الوقوف على خطوط الجهد المرتفع دون أن تتعرض لصدمة كهربائية؟

47. صف طريقتين لزيادة التيار في دائرة كهربائية.

48. المصابيح الكهربائيّة يعمل مصباحان كهربائيان في دائرة كهربائيّة جهدها 120 V. إذا كانت قدرة أحدهما 50 W والآخر 100 W، فأَيّ المصباحين مقاومته أكبر؟ وضح إجابتك.

49. إذا بُنيت فرق الجهد في دائرة كهربائية، وتم مضاعفة مقدار المقاومة، فما تأثير ذلك في تيار الدائرة؟

السلك، لذا لا يمر تيار كهربائي خلال جسم الطائر (لا يشكّل السلك الواحد دائرة مغلقة).

47. إما بزيادة الجهد أو بتقليل المقاومة.

48. المصباح الكهربائي 50 W؛  $P = \frac{V^2}{R}$ ،

لذا فإن  $R = \frac{V^2}{P}$ ، فالمقاومة الكبيرة تسبّب قدرة أقل.

49. إذا تضاعفت المقاومة فإن التيار سيقبل إلى النصف.

وهذا يؤدي إلى رفع الطاقة الحركية للذرات ودرجة حرارة السلك.

44. مقاومة السلك والتيار المار فيه.

$$W = \frac{C}{s} \cdot \frac{J}{C}$$

$$= \frac{J}{s} = \frac{kg \cdot \frac{m^2}{s^2}}{s}$$

$$= \frac{kg \cdot m^2}{s^3}$$

تطبيق المفاهيم

46. ليس هناك فرق جهد على امتداد

## تقويم الفصل 3

**50.** لا تأثير،  $V = IR$ ، لذا فإن  $I = V/R$ ، فإذا تضاعف كل من الجهد والمقاومة فإن التيار لا يتغير.

**51.** لا؛ لأنه عند  $1.5\text{ V}$  تكون المقاومة  $3.3 \times 10^4 \Omega$ ، وعند  $3.0\text{ V}$  تكون المقاومة  $120 \Omega$ . فالجهاز الذي يحقق قانون أوم له مقاومة لا تعتمد على الجهد المطبق (مقاومته ثابتة).

**52.** نعم؛ لأن قيمة التيار متساوية عند كل النقاط في الدائرة.

**53.** السلك الذي له أقل مقاومة؛ لأن  $P = \frac{V^2}{R}$ ، فالمقاومة  $R$  الأقل تولد قدرة  $P$  أكبر تتبدد في السلك، حيث يولد طاقة حرارية بمعدل أكبر.

### إتقان حل المسائل

#### 3-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية

**54.a.**  $18\text{ W}$

**54.b.**  $1.6 \times 10^4\text{ J}$

**55.a.**  $6.0 \times 10^1\text{ W}$

**55.b.**  $1.8 \times 10^4\text{ J}$

**56.**  $19\text{ A}$

**57.a.**  $1.5\text{ A}$

**57.b.**  $27\text{ V}$

**57.c.**  $41\text{ W}$

**57.d.**  $1.5 \times 10^5\text{ J}$

**58.a.**  $4.5\text{ W}$

**58.b.**  $3.0 \times 10^3\text{ J}$

**59.**  $V = 28\text{ V}$ ، انظر دليل حلول المسائل.

**60.a.** لا، يزداد الجهد بمعامل مقداره  $1.5 = \frac{9.0}{6.0}$ ،

بينما يزداد التيار بمعامل مقداره  $1.1 = \frac{75}{66}$

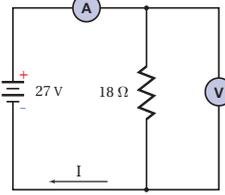
**60.b.**  $0.40\text{ W}$

**60.c.**  $0.68\text{ W}$

## تقويم الفصل 3

**56.** مجففات الملابس وُصلت بمجففة ملابس قدرتها  $4200\text{ W}$  بدائرة كهربائية جهدها  $220\text{ V}$ ، احسب مقدار التيار المار فيها.

**57.** ارجع إلى الشكل 3-13 للإجابة عن الأسئلة التالية:  
**a.** ما قراءة الأميتر؟  
**b.** ما قراءة الفولتميتر؟  
**c.** ما مقدار القدرة الواصلة إلى المقاومة؟  
**d.** ما مقدار الطاقة التي تصل إلى المقاومة كل ساعة؟



الشكل 3-13

**58.** المصابيح اليدوية إذا وصل مصباح يدوي بفرق جهد  $3.0\text{ V}$ ، فمرّ فيه تيار مقداره  $1.5\text{ A}$ ؛

**a.** فما معدل الطاقة الكهربائية المستهلكة في المصباح؟  
**b.** ما مقدار الطاقة الكهربائية التي يحولها المصباح خلال  $11\text{ min}$ ؟

**59.** ارسم رسمًا تخطيطيًا لدائرة توال كهربائية تحوي مقاومة مقدارها  $16\Omega$ ، وبطارية، مع أميتر قراءته  $1.75\text{ A}$ ، حدّد كلاً من الطرف الموجب للبطارية وجهداها، والطرف الموجب للأميتر، واتجاه التيار الاصطلاحي.

**60.** يمر تيار كهربائي مقداره  $66\text{ mA}$  في مصباح عند توصيله ببطارية جهدها  $6.0\text{ V}$ ، ويمر فيه تيار مقداره  $75\text{ mA}$  عند استخدام بطارية جهدها  $9.0\text{ V}$ ، أجب عن الأسئلة التالية:

**a.** هل يحقق المصباح قانون أوم؟  
**b.** ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح عند توصيله ببطارية  $6.0\text{ V}$ ؟

**50.** ما تأثير مضاعفة كل من الجهد والمقاومة في تيار دائرة كهربائية؟ وضح إجابتك.

**51.** قانون أوم وجدت سارة أداة تُشبه مقاومة. عندما وُصلت هذه الأداة ببطارية جهدها  $1.5\text{ V}$  مرّ فيها تيار مقداره  $45 \times 10^{-6}\text{ A}$  فقط، ولكن عندما استخدمت بطارية جهدها  $3.0\text{ V}$  مرّ فيها تيار مقداره  $25 \times 10^{-3}\text{ A}$ ، فهل تحقّق هذه الأداة قانون أوم؟

**52.** إذا عُيّر موقع الأميتر المبين في الشكل 3-4a ليُصبح أسفل الشكل، فهل تبقى قراءة الأميتر هي نفسها؟ وضح ذلك.

**53.** سلكتان أحدهما مقاومة كبيرة والآخر مقاومته صغيرة. إذا وُصل كل منهما بقطبي بطارية جهدها  $6.0\text{ V}$ ، فأَي السلكين ينتج طاقة بمعدل أكبر؟ ولماذا؟

إتقان حل المسائل

#### 3-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية

**54.** وصل محرك بطارية جهدها  $12\text{ V}$  كما هو موضح في الشكل 3-12. احسب مقدار:

**a.** القدرة التي تصل إلى المحرك.  
**b.** الطاقة المحوّلَة إذا تم تشغيل المحرك  $15\text{ min}$ .



الشكل 3-12

**55.** يمر تيار كهربائي مقداره  $0.50\text{ A}$  في مصباح متصل بمصدر جهده  $120\text{ V}$ ، احسب مقدار:

**a.** القدرة الواصلة.  
**b.** الطاقة التي يتم تحوّلها خلال  $5.0\text{ min}$ .

61. a.  $3.0 \times 10^2 \Omega$

b.  $6.0 \times 10^1 \Omega$

c.  $2.0 \text{ A}$

62.  $1.08 \times 10^5 \text{ J}; 9.5 \times 10^4 \text{ J}$

63. a.  $35 \Omega$

b.  $1.2 \times 10^2 \Omega$

c. لا؛ لأن المقاومة تتغير وفقاً للجهد.

3-2 استخدام الطاقة الكهربائية

64.  $1700 \text{ kWh}$  ريال

65.  $0.15 \text{ A}$

66.  $1.2 \times 10^6 \text{ J}$

67. a.  $1.1 \text{ A}$

b.  $45 \text{ V}$

68.  $216 \text{ ريال}$

### 3-2 استخدام الطاقة الكهربائية

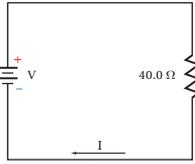
64. البطاريات يبلغ ثمن بطارية جهدها  $9.0 \text{ V}$  تقريباً  $10.00$  ريالاً، وتولد هذه البطارية تياراً مقداره  $0.0250 \text{ A}$  مدة  $26.0 \text{ h}$  قبل أن يتم تغييرها. احسب تكلفة كل  $\text{kWh}$  تُرَوِّدنا به هذه البطارية.

65. ما مقدار أكبر تيار ينتج عن قدرة كهربائية مقدارها  $5.0 \text{ W}$  في مقاومة مقدارها  $220 \Omega$ ؟

66. يمر تيار مقداره  $3.0 \text{ A}$  في مكواة كهربائية جهدها  $110 \text{ V}$ . ما مقدار الطاقة الحرارية الناتجة عن المكواة خلال ساعة؟

67. في الدائرة الموضحة في الشكل 3-15 تبلغ أكبر قدرة كهربائية آمنة  $50.0 \text{ W}$ . استخدم الشكل لإيجاد كل مما يلي:

- a. أكبر تيار آمن. b. أكبر جهد آمن.



الشكل 3-15

68. يمثل الشكل 3-16 دائرة فرن كهربائي. احسب قيمة الفاتورة الشهرية (30 يوماً) إذا كان ثمن الكيلوواط ساعة  $0.10$  ريال، وتم ضبط منظم الحرارة ليشتغل الفرن ربع الفترة الزمنية.



الشكل 3-16

c. ما مقدار القدرة المستفدة في المصباح عند توصيله ببطارية  $9.0 \text{ V}$ ؟

61. يمر تيار مقداره  $0.40 \text{ A}$  في مصباح موصول بمصدر جهد  $120 \text{ V}$ ، أجب عما يلي:

a. ما مقدار مقاومة المصباح في أثناء إضاءته؟  
b. تُصبح مقاومة المصباح عندما يبرد  $1/5$  مقاومته عندما يكون ساخناً. ما مقدار مقاومة المصباح وهو بارد؟

c. ما مقدار التيار المار في المصباح لحظة إضاءته من خلال وصله بفرق جهد مقداره  $120 \text{ V}$ ؟

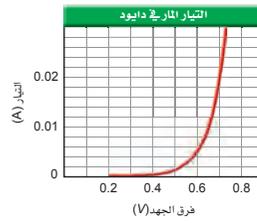
62. المصابيح الكهربائية ما مقدار الطاقة المستفدة في مصباح قدرته  $60.0 \text{ W}$  خلال نصف ساعة؟ وإذا حوّل المصباح  $12\%$  من الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية فما مقدار الطاقة الحرارية التي يولدها خلال نصف ساعة؟

63. يمثل الرسم البياني في الشكل 3-14 العلاقة بين فرق الجهد والتيار المار في جهاز يسمى الصمام الثنائي (الدايود) وهو مصنوع من السليكون. أجب عن الأسئلة التالية:

a. إذا وصل الدايود بفرق جهد مقداره  $0.70 \text{ V}$  فما مقدار مقاومته؟

b. ما مقدار مقاومة الدايود عند استخدام فرق جهد مقداره  $0.60 \text{ V}$ ؟

c. هل يُحقّق الدايود قانون أوم؟



الشكل 3-14

## تقويم الفصل 3

69. A 12.9

70. a. 74/kWh ريالاً

b. 0.02 ريال

مراجعة عامة

71. J  $2.2 \times 10^4$

72. a. A 2.5

b. J  $2.3 \times 10^4$

73. a. A 3.0

b. A 12

c. في اللحظة التي يُشغَّل فيها.

74. المدى من  $1.0 \times 10^1 \Omega$  إلى  $600 \Omega$

75. a. A 5.0

b. 40%

76. a. A  $3.0 \times 10^1$

b. J  $1.1 \times 10^6$

c.  $13^\circ\text{C}$

d. 4.40 ريالات

77. a. J  $9 \times 10^5$

b.  $8^\circ\text{C}$

c. 7 ريالات

## تقويم الفصل 3

69. التطبيقات يُكَلَّف تشغيل مُكَيَّف هواء 50 ريالاً خلال 30 يوماً، وذلك على اعتبار أن المُكَيَّف يعمل نصف الفترة الزمنية، وثمان كل kWh هو 0.090 ريال. احسب التيار الذي يمر في المُكَيَّف عند تشغيله على فرق جهد مقداره 120 V؟

70. المذياع يتم تشغيل مذياع بطارية جهدها 9.0 V، بحيث تسرُّوُّده بتيار مقداره 50.0 mA.

a. إذا كان ثمن البطارية 10.00 ريالات، وتعمل لمدة 300.0 h فاحسب تكلفة كل kWh تُرَوِّدنا به هذه البطارية عند تشغيل المذياع هذه الفترة.

b. إذا تم تشغيل المذياع نفسه بمحوِّل موصول بدائرة المنزل، وكان ثمن الكيلوواط ساعة 0.12 ريال، فاحسب تكلفة تشغيل المذياع مدة 300.0 h.

مراجعة عامة

71. يمر تيار مقداره 1.2 A في مقاومة مقدارها  $50.0 \Omega$  لمدة 5.0 min، احسب مقدار الحرارة المتولدة في المقاومة خلال هذه الفترة.

72. وصلت مقاومة مقدارها  $6.0 \Omega$  بطارية جهدها 15V

a. ما مقدار التيار المار في الدائرة؟

b. ما مقدار الطاقة الحرارية الناتجة خلال 10.0 min؟

73. المصابيح الكهربائية تبلغ مقاومة مصباح كهربائي متوهج  $10.0 \Omega$  قبل إنارته، وتُصبح  $40.0 \Omega$  عند إنارته بتوصيله بمصدر جهد 120 V. أجب عن الأسئلة التالية:

a. ما مقدار التيار الذي يمر في المصباح عند إنارته؟

b. ما مقدار التيار الذي يمر في المصباح لحظة إنارته (التيار اللحظي)؟

c. متى يستهلك المصباح أكبر قدرة كهربائية؟

74. تستخدم مقاومة مُتَغَيَّرَة للتحكم في سرعة محرك كهربائي جهده 12 V. عند ضبط المقاومة ليتحرك المحرك بأقل سرعة يمر فيه تيار مقداره 0.02 A،

### التفكير الناقد

78. انظر دليل حلول المسائل. الجهد:

$$V = \frac{q}{C} = \frac{5.0 \text{ C}}{1.0 \text{ F}} = 5.0 \text{ V}$$

الطاقة (المساحة تحت المنحنى):

$$E = \frac{1}{2} (5.0 \text{ V})(5.0 \text{ C}) = 13 \text{ J}$$

لا. بيانياً، الشحنة الكلية مضروبة في فرق الجهد النهائي تساوي ضعف المساحة تحت المنحنى تماماً. وفيزيائياً هذا يعني أن كل كولوم يحتاج إلى كمية الطاقة القصوى نفسها لتخزينها في المكثف. وفي الواقع تزداد كمية الطاقة اللازمة لإضافة كل شحنة كلما تراكمت الشحنة في المكثف.

79. a. انظر دليل حلول المسائل.

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{mC} \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{b.}$$

$$0.78 \text{ } ^\circ\text{C/s} \quad \text{c.}$$

d. تختصر وحدة kg ووحدة J، لينتج  $^\circ\text{C/s}$

e. من المحتمل إيجاد طريقة أخرى مختلفة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى إشعاع تكون أكثر فاعلية. ومن المحتمل تحسين عملية تحويل أشعة الميكروويف إلى طاقة حرارية عند استخدام ترددات مختلفة للإشعاع الكهرومغناطيسي.

f. الفرن الفارغ يعني أن طاقة الميكروويف

ستتبدد في الفرن. وهذا قد يؤدي إلى مزيد من السخونة لأجزاء الفرن، ومن ثم تلفها.

80. يُحدّد الحجم الفيزيائي للمقاومة حسب قدرتها. فالمقاومات المقدّرة عند 100 W أكبر كثيراً من تلك المقدّرة عند 1 W.

81. المنحنى البياني فولت - أمبير للمقاومة التي تحقّق قانون أوم عبارة عن خط مستقيم ونادراً ما يكون ضرورياً.

### التفكير الناقد

78. تصميم النموذج ما مقدار الطاقة المختزنة في مكثف؟ يُعبّر عن الطاقة اللازمة لزيادة فرق الجهد للشحنة  $q$  بالعلاقة:  $E = qV$ ، وبحسب فرق الجهد في مكثف بالعلاقة:  $V = q/C$ . لذا كلما زادت الشحنة على المكثف ازداد فرق الجهد، ومن ثم فإن الطاقة اللازمة لإضافة شحنة عليه تزداد. إذا استخدم مكثف سعته الكهربائية 1.0 F بوضفه جهازاً لتخزين الطاقة في حاسوب شخصي فمثلاً بيانياً فرق الجهد  $V$  عند شحن المكثف بإضافة شحنة مقدارها 5.0 C إليه. وما مقدار فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ وإذا كانت المساحة تحت المنحنى تمثل الطاقة المختزنة في المكثف فأوجد هذه الطاقة بوحدة الجول، وتحقق بما إذا كانت تساوي الشحنة الكلية مضروبة في فرق الجهد النهائي أم لا. وضح إجابتك.

79. تطبيق المفاهيم يعمل فرن ميكروويف على فرق جهد 120 V، ويمر فيه تيار مقداره 12 A. إذا كانت كفاءته الكهربائية (تحويل تيار AC إلى أشعة ميكروويف) 75%، وكفاءة تحويله أشعة الميكروويف إلى حرارة تستخدم في تسخين الماء أيضاً 75% فأجب عما يلي:

a. ارسم نموذجاً تحطيطياً للقدرة الكهربائية مشابهاً لنموذج الطاقة الموضح في الشكل 2b-3. مبرّ وظيفة كل جزء منه وفقاً للجولات الكلية لكل ثانية.

b. اشتق معادلة المعدل الزيادة في درجة الحرارة  $(\Delta T/s)$  لمادة موضوعة في الميكروويف مستعيناً بالمعادلة  $\Delta Q = m C \Delta T$ ، حيث  $\Delta Q$  التغير في الطاقة الحرارية للمادة، و  $m$  كتلتها، و  $C$  حرارتها النوعية، و  $\Delta T$  التغير في درجة حرارتها.

c. استخدم المعادلة التي توصلت إليها لإيجاد معدل الارتفاع في درجة الحرارة بوحدة سلسيوس لكل ثانية، وذلك عند استخدام هذا

الفرن لتسخين 250 g من الماء إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة.

d. راجع حساباتك جيداً وانتبه إلى الوحدات المستخدمة، وبين ما إذا كانت إجابتك صحيحة.

e. ناقش بصورة عامة الطرائق المختلفة التي يمكنك بها زيادة كفاءة تسخين الميكروويف.

f. ناقش لماذا يجب عدم تشغيل أفران الميكروويف وهي فارغة؟

80. تطبيق المفاهيم تتراوح أحجام مقاومة مقدارها 10  $\Omega$  بين رأس دبوس إلى وعاء حساء. وضح ذلك.

81. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها الرسم البياني للصلام الثاني (الدايود) الموضح في الشكل 15-3 أكثر فائدة من رسم بياني مشابه للمقاومة تحقّق قانون أوم. وضح ذلك.

### الكتابة في الفيزياء

82. هناك ثلاثة أنواع من المعادلات التي تواجهها في العلوم: (1) التعريفات، (2) القوانين، (3) الاشتقاقات. ومن الأمثلة عليها: (1) الأمبير الواحد يساوي كولوم واحد لكل ثانية. (2) القوة تساوي الكتلة مضروبة في التسارع. (3) القدرة الكهربائية تساوي مربع الجهد مقسوماً على المقاومة. اكتب صفحة واحدة توضح فيها متى تكون العلاقة "المقاومة تساوي الجهد مقسوماً على التيار" صحيحة. قبل أن تبدأ ابحث في التصنيفات الثلاثة للمعادلات المعطاة أعلاه.

83. تتمدد المادة عند تسخينها. ابحث في العلاقة بين التمدد الحراري وأسلاك التوصيل المستخدمة لنقل الجهد العالي.

### مراجعة تراكمية

84. تبعد شحنة مقدارها  $+3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  مسافة 2.0 m عن شحنة أخرى مقدارها  $+6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ ، احسب مقدار القوة المتبادلة بينهما.

### الكتابة في الفيزياء

82. يجب أن تتضمن إجابات الطلاب فكرة أن الأجهزة التي تحقّق قانون أوم يتناسب هبوط الجهد فيها طردياً مع التيار المارّ في الجهاز، وأن الصيغة الرياضية  $R = V/I$ ، وهي تعريف المقاومة، مشتقة من قانون أوم.

83. ستختلف الإجابات، لكن على الطلاب أن يوضحوا أن أسلاك (خطوط) نقل

القدرة الكهربائية تصبح ساخنة بمقدار كافٍ لكي تتمدد وترتخي عندما يمر فيها تيارات كبيرة. وتصبح هذه الأسلاك المرشحة خطيرة إذا لامست أجساماً أسفل منها، كالأشجار أو خطوط قدرة أخرى.

### مراجعة تراكمية

84. 0.41 N

## اختبار مقنن الفصل 3-

### سَلْم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

الوصف	العلامات
يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعوق إظهار الفهم الكامل.	4
يُظهر الطالب فهماً للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتُظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.	3
يُظهر الطالب فهماً جزئياً للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.	2
يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتُظهر أخطاءً كثيرة.	1
يقدم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب على الإطلاق.	0

## اختبار مقنن

### أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي،

1. إذا وصل مصباح كهربائي قدرته 100 W بسلك كهربائي فرق الجهد بين طرفيه 120 V فما مقدار التيار المار في المصباح؟

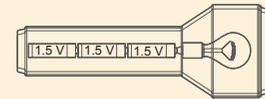
- 0.8 A (A)  
1.2 A (C)  
1 A (B)  
2 A (D)

2. إذا وصلت مقاومة مقدارها 5.0 Ω بطارية جهدها 9.0 V فما مقدار الطاقة الحرارية الناتجة خلال 7.5 min؟

- 1.2 × 10<sup>3</sup> J (A)  
3.0 × 10<sup>3</sup> J (C)  
1.3 × 10<sup>3</sup> J (B)  
7.3 × 10<sup>3</sup> J (D)

3. يمر تيار كهربائي مقداره 0.50 A في المصباح اليدوي الموضح أدناه. فإذا كان الجهد عبارة عن مجموع جهود البطاريات المتصلة فما مقدار القدرة الواصلة إلى المصباح؟

- 0.11 W (A)  
2.3 W (C)  
1.1 W (B)  
4.5 W (D)



4. إذا أضيء المصباح اليدوي الموضح أعلاه مدة 3.0 min فما مقدار الطاقة الكهربائية التي تصل إليه؟

- 6.9 J (A)  
2.0 × 10<sup>2</sup> J (C)  
14 J (B)  
4.1 × 10<sup>2</sup> J (D)

5. يمر تيار مقداره 2.0 A في دائرة تحتوي على محرك مقاومته 12 Ω، ما مقدار الطاقة المحولة إذا تم تشغيل المحرك دقيقة واحدة؟

- 4.8 × 10<sup>4</sup> J (A)  
2.9 × 10<sup>3</sup> J (C)  
2.0 × 10<sup>4</sup> J (B)  
1.7 × 10<sup>3</sup> J (D)

6. إذا مرَّ تيار مقداره 5.00 mA في مقاومة مقدارها 50.0 Ω في دائرة كهربائية موصولة مع بطارية فما مقدار القدرة الكهربائية المستفدة في الدائرة؟

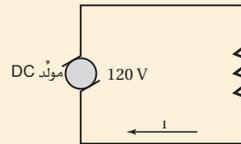
- 1.00 × 10<sup>-2</sup> W (A)  
1.25 × 10<sup>-3</sup> W (C)  
1.00 × 10<sup>-3</sup> W (B)  
2.50 × 10<sup>-3</sup> W (D)

7. ما مقدار الطاقة الكهربائية الواصلة إلى مصباح قدرته 60.0 W، إذا تم تشغيله مدة 2.5 h؟

- 4.2 × 10<sup>-2</sup> J (A)  
1.5 × 10<sup>2</sup> J (C)  
2.4 × 10<sup>4</sup> J (B)  
5.4 × 10<sup>5</sup> J (D)

### الأسئلة الممتدة

8. بين الرسم أدناه دائرة كهربائية بسيطة تحتوي على مولد DC، ومقاومة. فإذا كانت المقاومة في الرسم تمثل مُجْتَف شعْر مقاومته 8.5 Ω فما مقدار التيار المار في الدائرة؟ وما مقدار الطاقة التي يستهلكها مجفف الشعر إذا تم تشغيله 2.5 min؟



### إرشاد

أكثر من رسم بياني

إذا تضمن سؤال اختبار أكثر من جدول، أو أكثر من رسم بياني أو تخطيطي أو مرفق فعليك استخدامها جميعاً. وإذا اعتمدت في إجابتك على رسم واحد فقط فمن المحتمل أن تفقد جزءاً مهماً من المعلومات.

### أسئلة الاختيار من متعدد

1. A  
2. D  
3. C  
4. D  
5. C  
6. C  
7. D

### الأسئلة الممتدة

8. I = 14 A; E = 2.5 × 10<sup>5</sup> J

المواد والأدوات	الأهداف
	<b>افتتاحية الفصل</b>
	<b>4-1 الدوائر الكهربائية البسيطة</b>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>تجربة استهلاكية</b> بطارية 9 V، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدة، وأربعة أسلاك نحاسية معزولة (طول 20 - 25 cm)، وسلك مواعين، ومفتاح كهربائي، ووعاء زجاجي صغير.</p> <p><b>تجربة</b> مصدر قدرة، وأميتير، وأسلاك توصيل، وأربع مقاومات <math>330 \Omega</math> وقدرة كل منها 0.5 W، أو أربع مقاومات <math>470 \Omega</math> وقدرة كل منها 0.5 W (يمكن استخدام مقاومات ذات مقاومة قليلة).</p> <p><b>تجربة إضافية</b> مصدر قدرة مستمر (12 V) DC، وثلاثة مصابيح كهربائية 12 V، وملتيمتر، أو أميتير وفولتيمتر.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> مصدر قدرة DC قابل للضبط، وملتيمتر، وثلاث مقاومات <math>100 \Omega</math> وقدرة كل منها 1 W، وأسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. تصف دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.</li> <li>2. تحسب كلاً من التيارات، والهبوط في الجهد، والمقاومة المكافئة في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.</li> </ol>
	<b>4-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية</b>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>مختبر الفيزياء</b> مصدر قدرة منخفض الجهد، وقاعدتا مصباح كهربائي، ومصباحان كهربائيان صغيران، وأميتير أو ملتيتر ذو مدى تدريج 0 - 500 mA، وفولتيمتر أو ملتيتر ذو مدى تدريج (0 - 30 V)، وعشرة أسلاك نحاسية مزودة بمشابك فم التمساح.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> مصدر قدرة، ومقاومات أو مصابيح، وملتيتر.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. توضح كيف تعمل المنصهرات، وقواطع الدوائر الكهربائية، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ على حماية أسلاك التوصيلات الكهربائية في المنازل.</li> <li>4. تحلل وتحلل مسائل تتضمن دوائر كهربائية مركبة.</li> <li>5. توضح كيفية توصيل كل من الفولتيمتر والأميتير في الدوائر الكهربائية.</li> </ol>

### طرائق تدريس متنوعة

1 م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم. 2 م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط. 3 م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	<b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 4. ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 101 دليل مراجعة الفصل، ص 105 اختبار قصير 1-4، ص 111 شريحة التدريس 1-4 ص 116 شريحة التدريس 2-4 ص 118 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a>	<b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 4. دليل مراجعة الفصل، ص 105 اختبار قصير 2-4، ص 112 تعزيز الفهم ص 113 الإثراء، ص 114 شريحة التدريس 3-4 ص 120 شريحة التدريس 4-4 ص 122 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العملية، ص 34

مصادر التقويم

التقنية	<b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 4
الموقع الإلكتروني	تقويم الفصل 4 ص 124 إختبارات الفيزياء التحضيرية
<a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a>	

### ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- التمييز بين دوائر التوالي ودوائر التوازي والدوائر المركبة، وتحل مسائل عليها.
- توضيح وظيفة كل من المنصهر الكهربائي، والقواطع الكهربائية، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطيء، وتصنف كيفية استعمال الأميتر والفولتметр في الدوائر الكهربائية.

### الأهمية

تعّد الدوائر الكهربائية أساس عمل الأجهزة الكهربائية جميعها. وستساعدك معرفة كيفية عمل الدوائر الكهربائية على فهم وظيفة العدد الذي لا يحصى من الأجهزة الكهربائية. مراكز الحمل الكهربائي تُشكّل مراكز الحمل الكهربائي نقاط الوصل بين الأسلاك الرئيسة الواصلة من شركة الكهرباء والدوائر الكهربائية في المبنى. ويحتوي مركز الحمل الكهربائي على مجموعة من القواطع الكهربائية يحمي كل منها دائرة مفردة خاصة به تحتوي على أحمال مختلفة موصولة على التوالي.

### فكر

لماذا توصل الأحمال الكهربائية في المباني على التوالي؟ وكيف توصل القواطع الكهربائية؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية  
www.obeikameducation.com

### نظرة عامة إلى الفصل

تُناقش في هذا الفصل مبادئ دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية. يوضّح الجزء الأول المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوالي وعلى التوازي، والتيارات في الدوائر الكهربائية، والهبوط في الجهد، ودوائر التوالي والتوازي (المركبة). ويصف البند الثاني كيفية استخدام الدوائر الكهربائية، ويوضّح مبدأ عمل كل من: قواطع الدوائر الكهربائية، والمنصهرات، والفولتترات، والأميترات، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطيء.

### فكر

توصّل كافة الأجهزة المنزلية على التوالي؛ لأنها صُمّمت لتعمل على الجهد نفسه. أما قاطع الدائرة الكهربائية فيوصّل على التوالي في الدائرة الكهربائية بحيث تفتح الدائرة في حالة وجود تيار كهربائي كبير يشكّل خطرًا على الدائرة.

### المفردات الرئيسية

- دائرة التوالي
- المقاومة المكافئة
- مجزئ الجهد
- دائرة التوازي
- دائرة القصر
- المنصهر الكهربائي
- قاطع الدائرة الكهربائية
- قاطع التفريغ الأرضي الخاطيء
- دائرة كهربائية مُركّبة
- الأميتر
- الفولتتمر



### تجربة استهلاكية

- **الهدف** يوضح الطالب كيف يعمل المنصهر الكهربائي على حماية الدائرة الكهربائية من الارتفاع الكبير في درجة الحرارة.
  - **المواد والأدوات** بطارية 9V، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدة، وأربعة أسلاك نحاسية معزولة (طول 20 - 25 cm)، وسلك مواعين، ومفتاح كهربائي، ووعاء زجاجي صغير.
  - **استراتيجيات التدريس** اطلب إلى الطلاب عدم محاولة إجراء هذه التجربة في المنزل؛ لأن الجهد الكبير في المنزل يولّد تيارًا كبيرًا وقاتلاً.
- يمكن استخدام أسلاك مزوّدة بمشابك فم التماسح لتسهيل توصيل الأسلاك الكهربائية.
- ذكّر الطلاب بالإبقاء على سلك المواعين فوق الوعاء الصغير لالتقاط أي قطع فلزيّة ساخنة قد تنتج عن اشتعال الفلزّ. وحدّر الطلاب من الدخان والأبخرة التي قد تنتج بعد ذلك.
- النتائج المتوقعة** عندما يسري التيار في سلك المواعين تأخذ درجة حرارته في الارتفاع، ثم يحمرّ ويحترق.

## 1. التركيز

### نشاط محفز

**دوائر التوالي** صل مصدر قدرة قابلاً للضبط بمصباح قدرته 12 W، واستعمل ملتيمتر لمراقبة الجهد والتيار. اضبط مصدر القدرة على 10 V، ولاحظ مقدار التيار المار في الدائرة. أطفئ مصدر القدرة، ثم أضف مصباحاً آخر قدرته 12 W على التوالي مع المصباح الأول. شغل مصدر القدرة، ولاحظ مقدار التيار وسطوع إضاءة المصباحين، وقس فرق الجهد بين طرفي كل مصباح. اضبط مصدر القدرة على 20 V، ولاحظ مقدار التيار، وسطوع الإضاءة، والهبوط في الجهد، وناقش النتائج.

### 1٢ بصري-مكاني

### الربط مع المعرفة السابقة

**طاقة الوضع** ينطبق قانون حفظ الطاقة على الدوائر الكهربائية. فمصدر طاقة، مثل البطارية، يزيد طاقة وضع الشحنات الكهربائية المارة فيه. وتقل طاقة الوضع هذه عندما تتحوّل الطاقة إلى حرارة أو ضوء في المصابيح أو المقاومات، فتعود طاقة الشحنات إلى قيمتها الأصلية عندما تعود وتدخل إلى البطارية؛ لذا فإن مجموع الهبوط في طاقة الوضع التي تزودها البطارية للشحنات. الزيادة في طاقة الوضع التي تزودها البطارية للشحنات.

## تجربة استهلاكية

### كيف تحمي المنصهرات الكهربائية الدوائر الكهربائية؟

**سؤال التجربة** كيف يحمي منصهر كهربائي دائرة كهربائية عند مرور تيار كهربائي كبير فيها؟

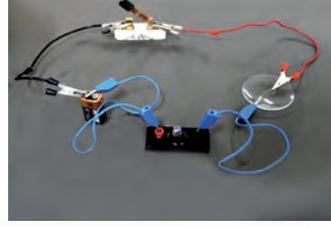
#### الخطوات

1. صل القطب السالب للبطارية لجهدها 9 V بأحد طرفي قاعدة مصباح باستخدام سلك نحاسي. تحذير: قد تكون نهايتا السلك النحاسي حادتين، وقد يجرح الجلد.
2. صل الطرف الآخر لقاعدة المصباح بسلك مواعين باستخدام سلك نحاسي، وتأكد من تعليق سلك المواعين فوق وعاء زجاجي صغير.
3. صل الطرف الثاني لسلك المواعين بمفتاح كهربائي باستخدام سلك نحاسي آخر، وتأكد من أن المفتاح الكهربائي مفتوح.
4. صل الطرف الثاني للمفتاح الكهربائي بالقطب الموجب للبطارية.
5. **كون فرضية** توقع ما يحدث عند إغلاق المفتاح الكهربائي.
6. **لاحظ** أغلق المفتاح الكهربائي، ولاحظ ما يحدث.

لسلك المواعين. تحذير: لا تلمس سلك المواعين بعد إغلاق المفتاح.  
7. كرر الخطوات 6-1 باستخدام سلك مواعين أكثر سمكاً أو لف عدة أسلاك من سلك المواعين معاً لتصبح سلكاً واحداً سمكياً، ولاحظ ما يحدث.

#### التحليل

وضّح العلاقة بين سمك سلك المواعين وسرعة تسخينه وانقطاعه. لماذا تُستخدم القواطع الكهربائية بدل المنصهرات الكهربائية في صناديق الدوائر الكهربائية في المنازل الحديثة؟  
**التفكير الناقد** ما أهمية أن يجل منصهر جديد محل المنصهر الكهربائي التالف في دوائر المنازل والسيارات، بحيث يكون له مقدار التيار نفسه؟



### 4-1 الدوائر الكهربائية البسيطة Simple Circuits

#### الأهداف

- تصف دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.
- تحسب كلاً من التيار، والهبوط في الجهد، والمقاومة المكافئة في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.

#### المفردات

- دائرة التوالي
- جزئ الجهد
- المقاومة المكافئة
- دائرة التوازي

يمكن اعتبار النهر الجبلي نموذجاً لتوضيح التوصيلات الكهربائية لدائرة كهربائية، حيث ينحدر ماء النهر من أعلى الجبل إلى سفحه، ويكون التغير في الارتفاع عند جريان الماء من قمة الجبل حتى وصوله إلى السفح هو نفسه بغض النظر عن المسار الذي يسلكه ماء النهر. وتنحدر المياه في بعض الأنهار الجبلية في صورة جدول مفرد، وفي أنهار أخرى تنفرج المياه إلى فرعين أو أكثر عند تدفقها من فوق شلال أو من فوق سلسلة من المنحدرات المتتالية، حيث يتدفق جزء من ماء النهر في مسار، في حين تتدفق أجزاء أخرى في مسارات مختلفة. وبغض النظر عن عدد المسارات التي يسلكها ماء النهر فإن الكمية الكلية للماء المتدفق إلى أسفل الجبل تبقى ثابتة؛ أي أن كمية الماء المتدفق لا تتأثر بالمسار الذي تسلكه.

**التحليل** كلما كان السلك أرفع ارتفعت حرارته أسرع، واحترق بسرعة. أما السلك السميك فيمرّر كمية أكبر من التيار قبل أن يسخن. وسبب استعمال القواطع الكهربائية في المنازل الحديثة هو أنه يُعاد استخدامها، في حين يتعيّن استبدال المنصهرات الكهربائية كل مرة بعد احتراقها. ويعمل كلاهما على وقف تدفق الشحنات الكهربائية في الدائرة الكهربائية.

**التفكير الناقد** يجب استخدام منصهر كهربائي له قيمة التيار نفسه. فاستخدام منصهرات كهربائية لها قيمة تيار كبير يكون أمراً خطيراً. فعلى سبيل المثال، عند استخدام منصهر كهربائي مكتوب عليه 20 A بدلاً من منصهر آخر موصى باستخدامه في دائرة كهربائية معينة في البيت أو السيارة وكان مكتوباً عليه 10 A، فإن أسلاك الدائرة الكهربائية تسخن، وقد تسبّب حريقاً.



### نشاط

■ **دوائر التوالي** اطلب إلى الطلاب أن يفكروا ويوضحوا كيفية إضاءة مصباح كهربائي. وفر بطاريات بأحجام مختلفة لكي يستقصيها الطلاب ويستعملوها بشكل مفرد، ثم بوصلها معاً. (تأكد أن البطاريات تعمل بصورة جيدة). عند توصيل البطاريات معاً، صل القطب الأول (الموجب) للبطارية الأولى مع القطب الثاني (السالب) للبطارية الثانية... وهكذا. سيمر التيار الكهربائي الذي تولده البطارية الأولى خلال البطارية الثانية، أو البطاريات الموصولة على التوالي. ناقش أثر زيادة عدد البطاريات (ومن ثم الجهود) الموصولة على التوالي في سطوع إضاءة المصباح. **24 بصري - مكاني**



■ الشكل 1-4 تبيض كمية الماء ومقدار الانحدار في الارتفاع هي نفسها، بغض النظر عن المسار الذي يسلكه النهر عند انحداره من قمة الجبل.

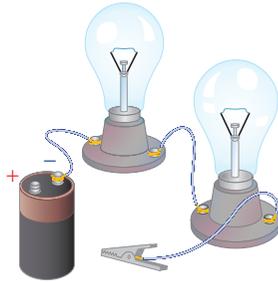
كيف يشكل مسار ماء النهر في الشكل 1-4 نموذجاً لدائرة كهربائية؟ إن المسافة التي ينحدرها النهر مشابهة لفرق الجهد في دائرة كهربائية، وكمية الماء المتدفق مشابهة للتيار الكهربائي المار في الدائرة، والمنحدرات الضيقة التي تعوق حركة الماء مشابهة للمقاومات الكهربائية. أي أجزاء النهر تشبه بطارية أو مولدًا كهربائيًا في دائرة كهربائية؟ تعد الشمس مصدر الطاقة اللازمة لرفع الماء إلى قمة الجبل؛ إذ يتبخر الماء من البحيرات والبحار بفعل الطاقة الشمسية، وعند تشكّل الغيوم يهطل منها مطر أو ثلج على قمم الجبال. وأصل التفكير في نموذج النهر الجبلي في أثناء دراستك التيار الكهربائي في الدوائر الكهربائية.

### دوائر التوالي الكهربائية Series Circuits

وصل ثلاثة طلاب مصباحين متماثلين ببطارية، كما هو موضح في الشكل 2-4. وقبل إغلاقهم الدائرة الكهربائية طلب إليهم المعلم توقع سطوع المصباحين.

يعلم كل طالب منهم أن سطوع مصباح ما يعتمد على مقدار التيار المار فيه، فتوقع الطالب الأول أن المصباح الأقرب إلى القطب الموجب (+) للبطارية هو فقط الذي سيضيء؛ وذلك لأن التيار سيستهلك جميعه على شكل طاقة حرارية وضوئية. وتوقع الطالب الثاني أن المصباح الأول سيستهلك جزءاً من التيار، وأن المصباح الثاني سيتوهج، ولكن بسطوع أقل من المصباح الأول. أما الطالب الثالث فتوقع أن يكون سطوعاً المصباحين متساويين؛ لأن التيار عبارة عن تدفق للشحنات، والشحنات التي تخرج من المصباح الأول لا تجد لها أي منفذ آخر للحركة في الدائرة الكهربائية إلا من خلال المصباح الثاني. وأضاف الطالب الثالث: لأن التيار نفسه سيمر في كل من المصباحين فإن سطوعيهما سيكونان متساويين. كيف تتوقع أنت أن يكون سطوع المصباحين؟

إذا فكرت في نموذج النهر الجبلي وقارنته بهذه الدائرة الكهربائية فستدرك أن توقع الطالب الثالث هو التوقع الصحيح. تذكر مما تعلمته سابقاً أن الشحنة لا تفنى ولا تستحدث. ولأن للشحنة مساراً واحداً فقط تسلكه في هذه الدائرة الكهربائية، وهي لا تفنى، فإنه يجب أن تكون كمية الشحنة التي تدخل الدائرة الكهربائية مساوية للكمية التي تخرج منها؛ وهذا يعني أن التيار يكون هو نفسه في أي جزء من أجزاء الدائرة. فإذا وصلت ثلاثة أجهزة أميتر



■ الشكل 2-4 ما توقعك بشأن سطوع المصباحين بعد إغلاق الدائرة الكهربائية؟

### 1-4 إدارة المصادر

اختبار قصير 1-4، ص 111

شريحة التدريس 1-4 ص 116

شريحة التدريس 2-4 ص 118

ربط الرياضيات مع الفيزياء

الملف الخاص بمصادر الفصول 6-1

تقويم الفصل 4، ص 124

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 101

### المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**المقاومة المكافئة** يعتقد الطلاب أحياناً أن ترتيب الأحمال على التوالي يمكنه التأثير في سلوك دائرة توالٍ كهربائية. وضح أن التغيير في ترتيب الأحمال لا يؤثر في التيار أو مجموع القدرة المبذولة في الدائرة. في حالة عدم تساوي المقاومات المتصلة على التوالي فإن موقع كل هبوط في الجهد يعتمد على موقع كل مقاومة، ولكن يبقى مجموع الهبوط في الجهد مساوياً دائماً للجهد المطبق. يمكن للطلاب إدراك ذلك بشكل أفضل عند تركيب دائرة توالٍ وقياس التيار وحساب القدرة، ومن ثم تغيير ترتيب الأحمال، وقياسون التيار والقدرة مرة أخرى.

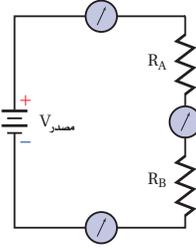
## تطوير المفهوم

**التيار والمقاومة والجهد** لمساعدة الطلاب على فهم المعادلة:  $V = IR$ ، صِف دائرة توالٍ كهربائية تستخدم لتوصيل مصباح متوهج، والتي تعمل عادة عند مستويات تيار كبيرة نسبياً، وتولد قدرًا كبيرًا نسبيًا من الحرارة. يكون عمر الخدمة لفتيلة المصباح التي تنتج الضوء محددًا عادة. ومن أسباب ذلك زيادة التيار بنسبة تساوي 10% أكبر من قيمة التيار الابتدائي. وسبب آخر تناقص سطوع الإضاءة بنسبة تساوي 20% أقل من سطوع الإضاءة الابتدائية للمصباح، وهذا من شأنه زيادة مقاومة المصباح. وزيادة التيار أو زيادة المقاومة أو كلاهما يؤدي إلى زيادة كبيرة في فرق الجهد بين طرفي الفتيلة، مما يؤدي إلى تقليل عمر المصباح.

## المناقشة

**السؤال** اسأل الطلاب عن المقاومة المكافئة لمقاومتين موصولتين معًا على التوالي، بحيث تكون إحداها صغيرة جدًا والأخرى كبيرة جدًا.

**الإجابة** في حالة التوالي تكون المقاومة المكافئة مساوية لمجموع المقاومات في الدائرة، بصرف النظر عن كبر المقاومات المفردة أو صغرها؛ لذا ستجمع المقاومتين لإيجاد المقاومة المكافئة. **1م** منطقي-رياضي



الشكل 3-4 تبين قراءة أجهزة الأميتر أن التيار يكون متساويًا في جميع أجزاء دائرة التوالي.

في الدائرة، كما هو موضح في الشكل 3-4، فإن قراءات الأجهزة جميعها ستكون متساوية. وتسمى مثل هذه الدائرة التي يمر التيار نفسه في كل جزء من أجزائها دائرة التوالي.

إذا كان التيار متساويًا في أجزاء الدائرة جميعها فما الذي يستهلكه المصباح لإنتاج الطاقة الحرارية والضوئية؟ تذكر أن القدرة الكهربائية هي المعدل الزمني لنحوّل الطاقة الكهربائية، وتُمثّل بالعلاقة  $P = IV$ . لذا إذا كان هناك فرق في الجهد أو هبوط في الجهد عبر المصباح فإن الطاقة الكهربائية ستتحوّل من شكل إلى آخر من أشكال الطاقة. ولأن مقاومة المصباح تعرّف بالعلاقة  $R = V/I$ ، لذا يكون هناك فرق في الجهد على هذه المقاومة، ويسمى أيضًا الهبوط في الجهد  $V = IR$ .

**التيار والمقاومة في دائرة التوالي** تعلمت من نموذج النهر الجبلي أن مجموع الانحدارات في الارتفاع يساوي الانحدار الكلي من قمة الجبل حتى الوصول إلى سفحه. وكذلك الأمر في الدائرة الكهربائية؛ حيث تكون الزيادة في الجهد الذي يوفره المولد أو أي مصدر طاقة مصدر  $V_صدر$ ، مساوية مجموع الهبوط (النقصان) في فرق الجهد في كلا المصباحين A و B، ويمكن تمثيلها بالمعادلة:

$$V_صدر = V_A + V_B$$

ولإيجاد الهبوط في الجهد عبر مقاومة، اضرب مقدار التيار المار في الدائرة الكهربائية في مقدار تلك المقاومة. ولأن التيار المار في كلا المصباحين هو نفسه فإن  $V_B = IR_B$  و  $V_A = IR_A$ ، لذا يكون  $V_صدر = IR_A + IR_B$  أو  $V_صدر = I(R_A + R_B)$ . ويمكن إيجاد التيار من خلال

$$I = \frac{V_صدر}{R_A + R_B} \quad \text{المعادلة:}$$

يمكن استخدام الفكرة نفسها لتشمل أي عدد من المقاومات المتصلة على التوالي، وليس مقاومتين فقط. وسيمر التيار نفسه في هذه الدائرة الكهربائية إذا وضعنا فيها مقاومة واحدة R تساوي مجموع مقاومتي المصباحين، وتسمى مثل هذه المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية. إذا المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوالي هي مجموع المقاومات المفردة، ويُعبّر عنها بالمعادلة التالية:

$$R = R_A + R_B + \dots \quad \text{المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوالي}$$

المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوالي تساوي مجموع المقاومات المفردة.

لاحظ أن المقاومة المكافئة في حالة التوصيل على التوالي تكون أكبر من أي مقاومة مفردة، لذا إذا لم يتغير جهد البطارية فإن إضافة أجهزة جديدة على التوالي ستقلل التيار المار في الدائرة. ولحساب التيار في دائرة توالٍ نحسب المقاومة المكافئة أولاً، ثم نستخدم المعادلة التالية:

$$I = \frac{V_صدر}{R} \quad \text{التيار الكهربائي}$$

التيار الكهربائي في دائرة التوالي يساوي فرق جهد المصدر مقسومًا على المقاومة المكافئة.

## مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

### نشاط

**خصائص دوائر التوالي الكهربائية والمقاومة المكافئة** اطلب إلى الطلاب تشكيل مجموعات نقاش صغيرة. واطلب إلى كل مجموعة إعداد قائمة بخصائص دوائر التوالي، ووصف المقاومة المكافئة لدائرة توالٍ تحتوي ثلاث مقاومات. اطلب إليهم تضمين نقاشهم جميع المعادلات المناسبة، وإنشاء الرسوم التخطيطية، ولاحظ مدى قدرتهم على التفكير في تطبيقات معينة لدوائر التوالي. ثم اطلب إلى كل مجموعة تبادل القائمة التي أعدوها بقائمة أعدتها مجموعة أخرى لمناقشتها. بعد ذلك ادمج المجموعات لإثراء النقاش. **1م** ذاتي

## استخدام الشكل 4-4

اسأل الطلاب: كيف تُطبَّق مفهوم الهبوط في الجهد في مجزئ الجهد بوصفه ضابطاً لمستوى الصوت في المذياع أو مشغّل الأقرص المُدبَّجة؟ **تعمل دائرة مجزئ الجهد في الجهاز بوصفها مقياساً للصوت، حيث ترفع أو تخفض الجهد لإنتاج مصدر جهد لمستوى الصوت المطلوب، أي يُتحكَّم في شدة الصوت من خلال التحكم في مقدار الجهد. 2م منطقي-رياضي**

## التفكير الناقد

**الهبوط في الجهد في دائرة توالٍ كهربائية** إن تكلفة صناعة بعض أسلاك مصابيح الزينة تكون أقل عند توصيل المصابيح الكهربائية على التوالي، إلا أن أسلاك الزينة هذه غير مرغوبة عند كثير من المستهلكين؛ وذلك لأنه عندما يتعطل أحد هذه المصابيح تتوقف سائر المصابيح عن العمل. وعلى الرغم من معرفة المستهلكين بكيفية إصلاح هذا الوضع - بنقل مصباح صالح من مكانٍ إلى آخر مثلاً حتى تعود المصابيح إلى العمل مجدداً - إلا أنهم لا يريدون تبديد الوقت بإجراء ذلك. اطلب إلى الطلاب استقصاء وتوضيح نوع تصميم مصابيح الاحتفالات الذي يجب أن يأخذه المصمِّمون في الاعتبار للتعامل مع مثل هذا الوضع. بتطبيق المبدأ الفيزيائي الذي ينص على أن الجهد الكلي لسلك النقل سيهبط عبر المصباح الذي توقف عن الإنارة، طوّر المصمِّمون مصباحاً كهربائياً خاصاً يُشكّل دائرة قصر عندما يُطبَّق جهد مقداره 120 V بين طرفيه. وهذا النوع من المصابيح الكهربائية لا يُعدّ مضاعفاً، لذا تعمل سائر المصابيح عند جهد أكبر قليلاً. وإذا توقف عدد كبير من المصابيح الكهربائية عن العمل فإن المنصهر الموصل بالدائرة على التوالي يحترق. 2م منطقي-رياضي

### مسائل تدريجية

1. وصلت المقاومات  $5\ \Omega$  و  $15\ \Omega$  و  $10\ \Omega$  في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها 90 V. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟ وما مقدار التيار المار فيها؟
2. وصلت بطارية جهدها 9 V بثلاث مقاومات موصولة على التوالي في دائرة كهربائية. إذا زاد مقدار إحدى المقاومات فأجب عما يلي:
  - a. كيف تتغير المقاومة المكافئة؟
  - b. ماذا يحدث للتيار؟
  - c. هل يكون هناك أي تغير في جهد البطارية؟
3. وصل طرفا سلك زينة فيه عشرة مصابيح ذات مقاومات متساوية ومتصلة على التوالي بمصدر جهد 120 V، فإذا كان التيار المار في المصباح 0.06 A فاحسب مقدار:
  - a. المقاومة المكافئة للدائرة.
  - b. مقاومة كل مصباح.
4. احسب الهبوط في الجهد خلال المقاومات الثلاث الواردة في المسألة 1، ثم تحقق من أن مجموع الهبوط في الجهد عبر المصابيح الثلاثة يساوي جهد البطارية.

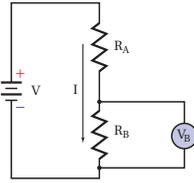
**الهبوط (النقصان) في فرق الجهد في دائرة التوالٍ** عند مرور تيار كهربائي في أي دائرة كهربائية يجب أن يكون مجموع التغيرات في الجهد عبر كل عناصر الدائرة صفراً؛ وذلك لأن مصدر الطاقة الكهربائية للدائرة؛ أي البطارية أو المولد الكهربائي، يعمل على رفع الجهد بمقدار يساوي مجموع الهبوط في الجهد الناتج عن مرور التيار في جميع مقاومات الدائرة الكهربائية، لذا يكون المجموع الكلي للتغيرات في الجهد صفراً.

ومن التطبيقات المهمة على دوائر التوالٍ دائرة تسمى مجزئ الجهد، وهو دائرة توالٍ تُستخدم لإنتاج مصدر جهد بالقيمة المطلوبة من بطارية ذات جهد كبير. افترض مثلاً أن لديك بطارية جهدها 9 V، إلا أنك تحتاج إلى مصدر فرق جهد 5 V. انظر الدائرة الموضحة في الشكل 4-4 ولاحظ أن المقاومتين  $R_A$  و  $R_B$  متصلتان على التوالي ببطارية جهدها V، لذا تكون المقاومة المكافئة للدائرة  $R = R_A + R_B$ . أما التيار فيحسب بالمعادلة التالية:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_A + R_B}$$

القيمة المطلوبة للجهد 5 V، وهي هنا تساوي الهبوط في الجهد  $V_B$  عبر المقاومة  $R_B$ ،  $V_B = IR_B$  وباستخدام هذه المعادلة، وقيمة التيار (المعادلة السابقة) نحصل على:

$$\begin{aligned} V_B &= I R_B \\ &= \left( \frac{V}{R_A + R_B} \right) R_B \\ &= \left( \frac{V R_B}{R_A + R_B} \right) \end{aligned}$$



الشكل 4-4 في دائرة مجزئ الجهد هذه اختبرت قيمتا المقاومتين  $R_A$  و  $R_B$  بحيث يكون الهبوط في الجهد خلال المقاومة  $R_B$  مساوياً للجهد المطلوب.

### مسائل تدريجية

1.  $3\ A$ ،  $30\ \Omega$
2. **a.** ستزداد.  
**b.** سيقبل.  
**c.** لا. لا تعتمد على المقاومة.
3. **a.**  $2 \times 10^3\ \Omega$   
**b.**  $2 \times 10^2\ \Omega$
4.  $V_1 = 30\ V$   
 $V_2 = 45\ V$   
 $V_3 = 15\ V$   
 $V_1 + V_2 + V_3 = 90\ V$  وهو يساوي جهد البطارية.

## مثال صفي

**سؤال** طُبِّق فرق جهد  $15\text{ V}$  على ثلاث مقاومات مقاديرها  $15.0\ \Omega$  و  $22.0\ \Omega$  و  $47.0\ \Omega$  موصولة على التوالي. احسب مقدار التيار المار في الدائرة، وفرق الجهد بين طرفي المقاومة  $47.0\ \Omega$ . ما مقدار التغير في التيار عند استعمال مقاومة  $60.0\ \Omega$  بدلاً من المقاومة  $47.0\ \Omega$ ؟ وضح كيف أن القدرة الكلية تساوي مجموع القدرات المفردة المستفيدة في كل مقاومة باستعمال المقاومات  $15.0\ \Omega$  و  $22.0\ \Omega$  و  $47.0\ \Omega$ ، ثم اشتق العلاقة الآتية:

$$V_A = (V)(R_A)/(R_A + R_B + R_C)$$

### الجواب

$$I = V/R$$

$$= 15\text{ V}/(15.0\ \Omega + 22.0\ \Omega + 47.0\ \Omega)$$

$$= 0.18\text{ A}$$

$$V = IR = (0.18\text{ A})(47.0\ \Omega)$$

$$= 8.5\text{ V}$$

$$I = V/R$$

$$= 15\text{ V}/(15.0\ \Omega + 22.0\ \Omega + 60.0\ \Omega)$$

$$= 0.15\text{ A}$$

يقل التيار الكلي عندما تزداد المقاومة

$$P = IV = (0.18\text{ A})(15.0\text{ V}) = 2.7\text{ W}$$

$$P_{(15)} = I^2R = (0.18\text{ A})^2(15.0\ \Omega)$$

$$= 0.49\text{ W}$$

$$P_{(22)} = I^2R = (0.18\text{ A})^2(22.0\ \Omega)$$

$$= 0.71\text{ W}$$

$$P_{(47)} = I^2R = (0.18\text{ A})^2(47.0\ \Omega)$$

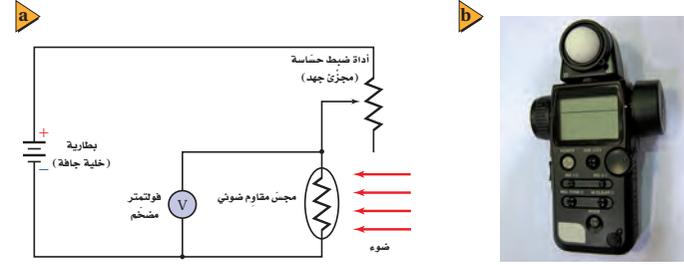
$$= 1.5\text{ W}$$

$$P = 0.49\text{ W} + 0.71\text{ W} + 1.5\text{ W}$$

$$= 2.7\text{ W}$$

## تعريف الفهم

**تركيب دائرة التوالي** اطلب إلى الطلاب أن يقارنوا دائرة التوالي بسلسلة. ينبغي أن يذكروا أن نهاية كل جزء موصولة مع نهاية الجزء الآخر، واحدة تلو الأخرى وبالتتابع. وأيضاً أن السلسلة ستقطع إذا انكسرت إحدى الوصلات. **1م**



تُستخدم عادة مجزئات الجهد مع المجسات؛ مثل المقاومات الضوئية؛ حيث تعتمد المقاومة الضوئية على كمية الضوء التي تسقط عليه، وهو يُصنع عادة من مواد شبه موصلة؛ مثل السليكون أو السيلينيوم أو كبريتيد الكادميوم. وتتغير مقاومة ضوئية مثالية من  $400\ \Omega$  عند سقوط ضوء عليه إلى  $400,000\ \Omega$  عندما تكون المقاومة في مكان معتم. ويعتمد الجهد الناتج عن مجزئ الجهد المستخدم في المقاومة الضوئية على كمية الضوء التي تسقط على مجس المقاومة، ويمكن استعمال هذه الدائرة مقياساً لكمية الضوء، كما هو موضح في الشكل 5-4؛ حيث تكشف دائرة إلكترونية في هذا الجهاز فرق الجهد وتحوّله إلى قياس للاستضاءة يمكن قراءته على شاشة رقمية. وستقل قراءة الفولتمتر المضخم عند زيادة الاستضاءة.

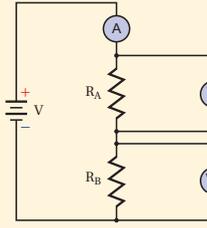
## مثال I

**الهبوط في الجهد في دائرة التوالي** وصلت مقاومتان كلٌّ منها  $47.0\ \Omega$  و  $82.0\ \Omega$  على التوالي بقطبي بطارية جهدها  $45.0\text{ V}$ ، أجب عما يلي:

- ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟
- ما مقدار الهبوط في الجهد في كل مقاومة؟
- إذا وضعت مقاومة مقدارها  $39.0\ \Omega$  بدلاً من المقاومة  $47.0\ \Omega$  فهل تزداد شدة التيار أم تقل أم تبقى ثابتة؟
- ما مقدار الهبوط الجديد في الجهد في المقاومة  $82.0\ \Omega$ ؟

### 1 تحليل المسألة ورسمها

• ارسم رسماً تخطيطياً للدائرة الكهربائية.



**المجهول**

$$I = ?$$

$$V_A = ?$$

$$V_B = ?$$

**المعلوم**

$$V_{\text{مصدر}} = 45.0\text{ V}$$

$$R_A = 47.0\ \Omega$$

$$R_B = 82.0\ \Omega$$

## مشروع فيزياء

### نشاط

**المقاومات الضوئية** إضافة إلى استخدام المقاومات الضوئية في أجهزة قياس كمية الضوء المستخدمة في التصوير الفوتوغرافي، تستخدم هذه الأجهزة عادة بوصفها مجسات ضوئية في المصابيح الاحتياطية التي تعمل تلقائياً عند حلول الظلام. تكون المقاومة في هذه الأجهزة كبيرة جداً - في حدود الميجا أوم - في الليل أو في الطقس العاصف في أثناء النهار. أما خلال النهار فيقلل سقوط الضوء على المجس عادةً من مقدار المقاومة لتصبح بضع مئات من الأوم. اطلب إلى الطلاب إجراء بحث حول تطور المقاومات الضوئية واستعمالها في أنظمة الإضاءة الاحتياطية، أو في أجهزة أخرى، ثم اطلب إليهم أن يرسموا رسماً تخطيطياً يوضحون من خلاله كيفية تركيب هذه المقاومات وتشغيلها. **2م حسي-حركي، بصري-مكاني**

**سؤال** وصل مجزئ جهد يتكون من مقاومتين مقدار كل منهما  $1.5 \text{ M}\Omega$  مع مصدر جهد  $12.0 \text{ V}$ . حدّد مقدار فرق الجهد بين طرفي إحدى المقاومتين قبل وبعد توصيل فولتметр، بافتراض أن مقاومة الفولتметр تساوي  $1.0 \times 10^7 \Omega$ .

**الجواب** قبل توصيل الفولتметр يكون فرق الجهد بين طرفي أيّ مقاومة من المقاومتين مساوياً لنصف فرق جهد المصدر؛ أو  $6.0 \text{ V}$ . أما عند وصل الفولتметр فإنه سيؤثر كمقاومة

موصولة على التوازي (انظر الصفحة 110)

$$\frac{1}{R} = \left( \frac{1}{1.5 \text{ M}\Omega} + \frac{1}{1.0 \times 10^7 \Omega} \right)$$

$$= \left( \frac{1}{1.5 \times 10^6 \Omega} + \frac{1}{1.0 \times 10^7 \Omega} \right)$$

$$R = 1.3 \text{ M}\Omega$$

وسيكون الهبوط في الجهد خلال شبكة التوازي:

$$V = \frac{(12.0 \text{ V})(1.3 \text{ M}\Omega)}{(1.3 \text{ M}\Omega + 1.5 \text{ M}\Omega)}$$

$$= 5.6 \text{ V}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. لحساب التيار نجد أولاً المقاومة المكافئة.

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R}, R = R_A + R_B$$

$$= \frac{V_{\text{مصدر}}}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{45.0 \text{ V}}{47.0 \Omega + 82.0 \Omega} = 0.349 \text{ A}$$

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية من 202 و 203

$$R = R_A + R_B$$

بالتعويض عن

$$V_{\text{مصدر}} = 45.0 \text{ V}, R_A = 47.0 \Omega, R_B = 82.0 \Omega$$

b. استخدم المعادلة  $V = IR$  لكل مقاومة.

$$V_A = IR_A = (0.349 \text{ A})(47.0 \Omega) = 16.4 \text{ V}$$

$$I = 0.349 \text{ A}, R_A = 47.0 \Omega$$

$$V_B = IR_B = (0.349 \text{ A})(82.0 \Omega) = 28.6 \text{ V}$$

$$R_B = 82.0 \Omega, I = 0.349 \text{ A}$$

c. احسب التيار المار في الدائرة باستخدام المقاومة  $39.0 \Omega$  بوصفها قيمة جديدة لـ  $R_A$ .

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{45.0 \text{ V}}{39.0 \Omega + 82.0 \Omega} = 0.372 \text{ A}$$

$$R_A = 39.0 \Omega, R_B = 82.0 \Omega, V_{\text{مصدر}} = 45.0 \text{ V}$$

d. أوجد الهبوط الجديد في الجهد في  $R_B$ .

$$V_B = IR_B = (0.372 \text{ A})(82.0 \Omega) = 30.5 \text{ V}$$

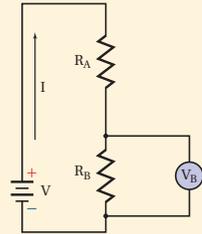
$$R_B = 82.0 \Omega, I = 0.372 \text{ A}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ وحدة التيار الكهربائي عبارة عن  $A = V/\Omega$ ، ووحدة الجهد  $A \cdot \Omega$ .
- هل الجواب منطقي؟ بالنسبة للتيار إذا كان  $R > V$  فإن  $I < 1$ . كذلك فإن الهبوط في الجهد عبر أي مقاومة يجب أن يكون أقل من جهد الدائرة (المصدر)، ومقدار  $V_B$  في الحالتين أقل من  $V_{\text{مصدر}}$  التي تساوي  $45.0 \text{ V}$ .

2 مثال

**مجزئ الجهد** وصلت بطارية جهدها  $9.0 \text{ V}$  بمقاومتين:  $390 \Omega$  و  $470 \Omega$ ، على شكل مجزئ جهد. ما مقدار جهد المقاومة  $470 \Omega$ ؟



1 تحليل المسألة ورسمها

• ارسم البطارية والمقاومتين في دائرة توالٍ كهربائية.

**المجهول**

$$V_B = ?$$

**العلوم**

$$V_{\text{مصدر}} = 9.0 \text{ V}$$

$$R_A = 390 \Omega$$

$$R_B = 470 \Omega$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

لحساب التيار نجد أولاً المقاومة المكافئة للدائرة.

$$R = R_A + R_B$$

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

**الهبوط في الجهد في أسلاك التمديدات الكهربائية يُعدّ الهبوط في الجهد أحد المخاوف الرئيسية عند تمديد الأسلاك الطويلة؛ حيث يمكن أن يُفقد جزء كبير من الجهد بين مصدر القدرة الكهربائية والجهاز الذي يحتاج إلى القدرة إذا لم تُستخدم الأسلاك المناسبة. فعند تصميم الأنظمة الكهربائية للمباني يتعيّن على المهندسين الكهربائيين تحديد الأسلاك المناسبة لكل تركيب وتوصيله؛ للتأكد من وصول ما يكفي من الجهد للحمل الداخلي المقصود. وللقيام بذلك عليهم أن يأخذوا في الاعتبار طول السلك من مصدر القدرة الكهربائية حتى الجهاز، بالإضافة إلى طول السلك من الجهاز حتى مصدر القدرة، ومقدار الجهد المفقود في كل متر لكل نوع من الأسلاك، بالإضافة إلى تيار الحمل. **24 لغوي****

## مسائل تدريبية

5. فُصِّلت المقاومة  $R_B$

6. a.  $66.7 \text{ mA}$

b.  $36.5 \text{ V}$

c.  $P = 2.43 \text{ W}$ ,  $P_A = 1.13 \text{ W}$

$P_B = 1.30 \text{ W}$

d. نعم. القدرة الكلية المستفدة في الدائرة تساوي مجموع القدرة المستفدة في كل المقاومات.

7. إذا لم تكن آلية تكوين دائرة القصر موجودة فإنه عند احتراق أحد المصابيح ستوقف سائر المصابيح عن العمل. بعد احتراق أكثر من مصباح ستقل المقاومة الكلية ومن ثم يزداد التيار بدرجة كافية لصهر فتيل المنصهر الكهربائي.

8.  $7.46 \text{ V}$

9. a.  $55 \Omega$

b.  $2.2 \text{ A}$

c.  $48 \text{ V}$ ,  $72 \text{ V}$

d.  $1.20 \times 10^2 \text{ V}$

10.  $15 \text{ V}$

11.  $5.3 \text{ k}\Omega$

## المناقشة

سؤال ارسـم مخطط دائرة مجزئ جهد تتكوّن من مقاومتين. هل من الممكن جعل الجهد المجرّأ ثابتاً عند توصيل مقاومات مختلفة؟

الإجابة نعم، ولكن ليس باستعمال المقاومتين فقط. فعند توصيل مقاومة بمجزئ الجهد يهبط الجهد، ومن الممكن استعمال دائرة منظم جهد متكاملة؛ التي يمكنها جعل الجهد المجرّأ أكثر ثباتاً، بدلاً من إحدى مقاومتي مجزئ الجهد. ويمكن لترانزستور أن يغيّر مقاومته، ومن ثم يؤثر بوصفه منظمًا يجعل الجهد الناتج أكثر ثباتاً. 24 بصري-مكاني

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R}$$

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R_A + R_B}$$

$$V_B = IR_B$$

$$= \frac{V_{\text{مصدر}} R_B}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{(9.0 \text{ V})(470 \Omega)}{390 \Omega + 470 \Omega}$$

$$= 4.9 \text{ V}$$

### دليل الرياضيات

ترتيب العمليات ص 211

بالتعويض عن  $R = R_A + R_B$

احسب جهد المقاومة  $R_B$

بالتعويض عن

$$R_B = 470 \Omega, V_{\text{مصدر}} = 9.0 \text{ V}, R_A = 390 \Omega$$

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ وحدة الجهد  $V = V\Omega/\Omega$ ، ونختصر  $\Omega$  فيبقى  $V$ .
- هل الجواب منطقي؟ الهبوط في الجهد أقل من جهد البطارية. ولأن  $470 \Omega$  أكبر من نصف المقاومة المكافئة، لذلك يكون الهبوط في الجهد أكبر من نصف جهد البطارية.

## مسائل تدريبية

- إذا أظهرت الدائرة الموضحة في المثال 1 النتائج التالية: قراءة الأميتر  $0 \text{ A}$ ، وقراءة  $V_A$  تساوي  $0 \text{ V}$ ، وقراءة  $V_B$  تساوي  $45 \text{ V}$ ، فما الذي حدث؟
- افترض أن قيس عناصر الدائرة الكهربائية الموضحة في المثال 1 هي:  $R_A = 255 \Omega$  و  $R_B = 292 \Omega$  و  $V_A = 17.0 \text{ V}$ ، وليس هناك أي معلومات أخرى، فأجب عما يلي:
  - ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟
  - ما مقدار جهد البطارية؟
  - ما مقدار القدرة الكهربائية الكلية المستفدة؟ وما مقدار القدرة المستفدة في كل مقاومة؟
  - هل مجموع القدرة المستفدة في كل مقاومة يساوي القدرة الكلية المستفدة في الدائرة؟ وضح ذلك.
- توصل مصابيح أسلاك الزينة غالباً على التوالي، وضح لماذا تستخدم مصابيح خاصة تشكّل دائرة قصر عندما يحترق فتيلها إذا ازداد جهد المصباح ليصل إلى جهد الخط؟ ولماذا تحترق المنصهرات الكهربائية الخاصة بمجموعات المصابيح تلك بعد احتراق عدد من هذه المصابيح؟
- تتكوّن دائرة توالٍ كهربائية من بطارية جهدها  $12.0 \text{ V}$  وثلاث مقاومات. فإذا كان جهد إحدى المقاومات  $1.21 \text{ V}$ ، وجهد مقاومة ثانية  $3.33 \text{ V}$ ، فما مقدار جهد المقاومة الثالثة؟
- وصلت المقاومتان  $22 \Omega$  و  $33 \Omega$  في دائرة توالٍ كهربائية بفرق جهد مقداره  $120 \text{ V}$ . احسب مقدار:
  - المقاومة المكافئة للدائرة.
  - التيار المار في الدائرة.
  - الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة.
  - الهبوط في الجهد عبر المقاومتين معاً.
- قام طالب بعمل مجزئ جهد يتكوّن من بطارية جهدها  $45 \text{ V}$  ومقاومتين قيمتهما  $475 \text{ k}\Omega$  و  $235 \text{ k}\Omega$ . إذا قيس الجهد الناتج عبر المقاومة الصغرى فما مقدار هذا الجهد؟
- ما مقدار المقاومة التي يمكن استخدامها عنصراً في دائرة مجزئ جهد مع مقاومة أخرى مقدارها  $1.2 \text{ k}\Omega$ ، بحيث يكون الهبوط في الجهد عبر المقاومة  $1.2 \text{ k}\Omega$  مساوياً  $2.2 \text{ V}$  عندما يكون جهد المصدر  $12 \text{ V}$ ؟

## عرض سريع

مجزئات جهد موصولة



بمقاومات وأخرى غير موصولة

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات مصدر قدرة DC قابل

للضبط، ومليمتري، وثلاث مقاومات مقدار كل منها  $100 \Omega$  وقدرة كل منها  $1 \text{ W}$ ، وأسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح. الخطوات صلّ مقاومتين من هذه المقاومات

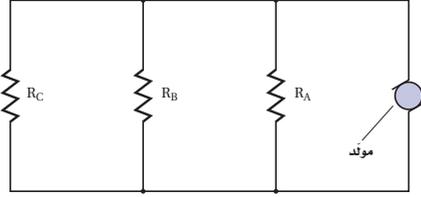
على التوالي، ثم صلها بمصدر القدرة. شغل مصدر القدرة واضبطه على جهد  $6 \text{ V}$ ، وقس فرق الجهد بين طرفي إحدى المقاومتين. ثم اضبط مصدر القدرة على جهد  $12 \text{ V}$ ، وقس فرق الجهد مرة أخرى. ثم ابدأ بمناقشة دوائر التوازي بتوصيل المقاومة الثالثة على التوازي مع المقاومة التي قست الجهد عبرها، ثم قس الجهد مرة أخرى.

## استخدام التشابه

التدفق الكلي لدائرة التوازي استخدم الطرق المتوازية لتوضّح كيف أن العدد الكلي للسيارات التي تغادر مدينة ما يمكن تحديده بجمع أعداد السيارات المغادرة من المدينة على جميع الطرق الفرعية الخارجة منها.

## تعزيز الفهم

التمييز بين توصيلات دائرة توالٍ ودائرة توازٍ كهربائية اطلب إلى الطلاب أن يوضّحوا كيف يُميّزون بين الأسلاك الموصولة على التوالي والأسلاك الموصولة على التوازي في مصابيح الزينة من خلال تفحصها ومعاينتها والتجريب أيضًا. **2م** حسي-حركي



الشكل 4-6 تكون المسارات المتوازية للتيار الكهربائي في هذا المخطط مماثلة للمسارات المتعددة التي يمكن أن يسلكها الماء في أثناء انحداره من قمة جبل.

### دوائر التوازي الكهربائية Parallel Circuits

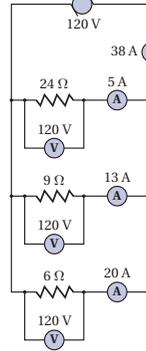
انظر إلى الدائرة الكهربائية الموضّحة في الشكل 4-6. ما عدد مسارات التيار فيها؟ يمكن أن يمر التيار الخارج من المولد في أي من المقاومات الثلاث. وتسمى مثل هذه الدائرة التي تحتوي على مسارات متعددة للتيار الكهربائي دائرة التوازي. فالمقاومات الثلاثة في الشكل موصولة على التوازي؛ حيث يتصل طرفا كل مسار بطرفي المسار الآخر. بالرجوع إلى نموذج النهر الجبلي، تلاحظ أن مثل هذه الدائرة الكهربائية موضحة بعدة مسارات مختلفة لتدفق الماء في صورة جداول، بعد تدفقه من أعلى الجبل أو سلسلة منحدرات متتالية، حيث يمكن أن يكون تدفق الماء في بعض المسارات كبيرًا، وفي بعضها الآخر أقل، ولكن يظل التدفق الكلي مساويًا لمجموع التدفقات في كل المسارات. إضافة إلى ذلك يكون مقدار الانحدار في الارتفاع هو نفسه بغض النظر عن المسار الذي يتدفق فيه الماء. وبالمثل يكون التيار الكلي في دائرة التوازي الكهربائية مساويًا لمجموع التيارات التي تمر في كل المسارات. أما فرق الجهد فيكون هو نفسه في كل مسار؛ أي أن الجهد متساوي في كل المسارات.

ما مقدار التيار المار في كل مقاومة في دائرة توازٍ كهربائية؟ يعتمد مقدار التيار المار في كل مقاومة على مقدار مقاومتها. ففي الشكل 4-7 مثلًا يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة 120 V، ويعطى التيار المار في كل مقاومة بالعلاقة  $I = V/R$ ، لذا يمكنك حساب التيار المار في المقاومة  $24 \Omega$  كما يلي:  $I = (120 V) / (24 \Omega) = 5.0 A$ ، ثم تحسب التيار المار في كل من المقاومتين الأخرين. ويكون التيار الكلي المار في المولد مساويًا لمجموع التيارات في المسارات الثلاثة، ويساوي في هذه الحالة 38 A.

ماذا يحدث عند فصل المقاومة  $6 \Omega$  من الدائرة؟ وهل تتغير قيمة التيار المار في المقاومة  $24 \Omega$ ؟ تعتمد قيمة هذا التيار فقط على فرق الجهد بين طرفي المقاومة وعلى مقدارها. ولأن أيًا منها لم يتغير فإن التيار يبقى ثابتًا ولا يتغير. وينطبق الشيء نفسه أيضًا على التيار الذي يمر في المقاومة  $9 \Omega$ ؛ أي أن فروع دائرة التوازي الكهربائية لا يعتمد بعضها على بعض. أما التيار الكلي المار في المولد فيتغير عند فصل أي من المقاومات الثلاث، وعند فصل المقاومة  $6 \Omega$  يصبح مجموع التيارين في المسارين 18 A.

صورة عملية كيف تعمل المقاومات الموصولة مما على التوازي؟ ارجع إلى دليل التجارب العملية

الشكل 4-7 التيار الكلي في دائرة توازٍ كهربائية يساوي مجموع التيارات في المسارات المضمرة.



## مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 4-1

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

## متقدم

## نشاط

دوائر التوازي الكهربائية في المركبات يمكن للطلاب المهتمين استقصاء سبب توصيل الأجهزة المختلفة في السيارة على التوازي، ولماذا يكون جهدها 12 V. اطلب إلى الطلاب تقويم مصدر القدرة (البطارية التي جهدها 12 V) وكل الأجهزة التي تحتاج إلى القدرة الكهربائية في الوقت نفسه، مثل: المصابيح الأمامية والخلفية، والولاعة، ومشغل أقراص CD. ويمكنهم أيضًا توقع ما يحدث للتيار والمقاومة المكافئة لدائرة التوازي عند إضافة حملٍ آخر. ويكون من المفيد البحث حول لوحة تشخيص أعطال الدوائر الكهربائية في السيارات (لوحة المنصهرات الكهربائية)، والأحمال الزائدة، والمنصهرات الكهربائية. ثم اطلب إليهم أن يرسموا رسمًا تخطيطيًا لدوائر كهربائية لسيارة افتراضية.

## تطبيق الفيزياء

- المقاومة التي يقيسها الأوميتير هي مقاومة السلك، حيث يُمرّر تياراً كهربائياً في السلك، ثم يُقاس الهبوط في الجهد فيه. ومن التطبيقات العملية على الأوميتير اختبار المقاومة الكهربائية للمحركات، والمحولات، وتوصيلات الأسلاك بالفلزات، والمجسات البيئية، وقواطع دوائر الجهد المرتفع، ومفاتيح الفصل أو القطع الأخرى. ناقش تطبيقات عملية أخرى لأداة الاختبار الكهربائية هذه.

## تجربة

### مقاومة التوازي

الهدف أن يرّكب الطالب دائرة توازي بسيطة، ويراقب تأثير إضافة مقاومات إلى الدائرة.

**المواد والأدوات** مصدر قدرة، وأميتر، وأسلاك توصيل، وأربع مقاومات  $330 \Omega$  قدرة كل منها  $0.5 W$ ، أو أربع مقاومات  $470 \Omega$  قدرة كل منها  $0.5 W$  (يمكن استخدام مقاومات ذات مقاومة قليلة).

**النتائج المتوقعة** سيزداد التيار في الدائرة كلما أضفنا لها مقاومات على التوازي. عند توصيل ثلاث مقاومات على التوازي يكون مقدار التيار ثلاثة أضعاف قيمته الأصلية.

### التحليل والاستنتاج

- ستختلف جداول الطلاب.
- ستقل المقاومة بإضافة المزيد من المقاومات الموصولة على التوازي.

### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 2-4

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

## تطبيق الفيزياء

### اختبار قياس المقاومة

تعمل الأوميتيرات المستخدمة في قياس مقدار المقاومة عن طريق تمرير جهد معلوم عبر المقاومة فتقيس التيار، ثم يُظهر الجهاز مقدار المقاومة. وتستخدم بعض الأوميتيرات جهوناً أقل من 1V لتجنب إتلاف المكونات الإلكترونية الحساسة، في حين قد يستخدم بعضها الآخر مئات الفولتات للتحقق من سلامة الواد العازلة.

## تجربة

### مقاومة التوازي

رّكب دائرة كهربائية تتكون من مصدر قدرة، ومقاومة، وأميتر.

1. توقع ماذا يحدث للتيار في الدائرة الكهربائية عند توصيل مقاومة أخرى مماثلة للمقاومة الأولى على التوازي معه؟

2. اختبر توقعك.

3. توقع مصدري التيارين إذا تضمنت الدائرة ثلاث أو أربع مقاومات متماثلة موصولة على التوازي.

4. اختبر توقعك.

### التحليل والاستنتاج

- أنشئ جدول بيانات لتوضيح النتائج.
- فسّر نتائجك بتضمينها كيفية تغير المقاومة.

**المقاومة في دائرة التوازي** كيف يمكن إيجاد المقاومة المكافئة لدائرة توازي كهربائية؟ مقدار التيار الكلي المار في الموصل الموضح في الشكل 4-7 يساوي 38 A، لذا فإن قيمة المقاومة المفردة التي يمر فيها تيار مقداره 38 A عند توصيلها بفرق جهد مقداره 120 V هي:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120 V}{38 A} = 3.2 \Omega$$

لاحظ أن هذه المقاومة تكون أقل من أي مقاومة من المقاومات الثلاث الموصولة على التوازي. فتوصيل مقاومتين أو أكثر على التوازي يقلل دائماً من المقاومة المكافئة للدائرة؛ وذلك لأن كل مقاومة جديدة توصل على التوازي تُضيف مساراً جديداً للتيار، وهذا يزيد من قيمة التيار الكلي مع بقاء فرق الجهد ثابتاً.

لحساب المقاومة المكافئة لدائرة توازي، لاحظ أولاً أن التيار الكلي في الدائرة هو مجموع التيارات في كل الفروع، فإذا كانت التيارات  $I_A$  و  $I_B$  و  $I_C$  هي التيارات المارة في الفروع  $I$  هو التيار الكلي فإن  $I = I_A + I_B + I_C$ . أما فرق الجهد بين طرفي أي مقاومة فسيكون هو نفسه في كل المقاومات، لذا يمكن إيجاد التيار المار في المقاومة  $R_A$  بالعلاقة  $I_A = V/R_A$ . وبناءً على ذلك يمكن إعادة كتابة معادلة مجموع التيارات في الدائرة كما يلي:

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_A} + \frac{V}{R_B} + \frac{V}{R_C}$$

وبقسمة طرفي المعادلة على  $V$ ، نجد المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث المتصلة على التوازي.

المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة معاً على التوازي

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} \dots$$

مقلوب المقاومة المكافئة يساوي مجموع مقلوب المقاومات المفردة.

ويمكن استخدام هذه المعادلة لإيجاد المقاومة المكافئة لأي عدد من المقاومات الموصولة على التوازي.

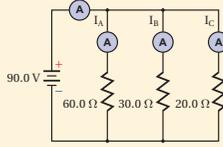
## طرائق تدريس متنوعة

### نشاط

**إعاقة بصرية** حضّر حبال إنارة بأطوال مختلفة، واعمل في كل منها عدّة عقد، على أن تكون المسافات بينها ثابتة (5 cm تقريباً). ثم حضّر حبالاً أخرى واربطها على التوازي؛ لتمثيل تشكيلة دائرة التوازي، وأضف عقداً حيثما يلزم ذلك. ثم اطلب إلى الطلاب تحديد أي الحبال موصولة على التوالي، وأيها مثال على دوائر التوازي. استخدم لوح عرض يحتوي على مصفوفة من الثقوب، وأسافين (قطع خشبية على شكل أوتاد صغيرة يمكن تثبيتها في ثقوب اللوح)، وحبل إنارة أو خيطاً، واطلب إلى الطلاب عمل تشكيلات أو ترتيبات تمثل دوائر التوالي ودوائر التوازي، واطلب إليهم توضيح كل تشكيلة يكونونه على أن يحدّدوا مواقع المقاومات ومصدر القدرة واتجاه سريان التيار. **2م حسي-حركي**

مثال 3

**المقاومة المكافئة والتيار في دائرة توازي كهربائية** وصلت المقاومات الثلاث التالية:  $60.0 \Omega$  و  $30.0 \Omega$  و  $20.0 \Omega$  على التوازي ببطارية جهدها  $90.0 \text{ V}$ ، احسب مقدار:  
**a.** التيار المار في كل فرع في الدائرة الكهربائية.  
**b.** المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية.  
**c.** التيار المار في البطارية.



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم رسماً تخطيطياً للدائرة الكهربائية.
- ضمّن رسماً مجموعة من الأميترات لتبين أين توصلها لتقيس التيارات جميعها.

المجهول

$$\begin{array}{ll} I_A = ? & I = ? \\ I_B = ? & R = ? \\ I_C = ? & \end{array} \quad \begin{array}{ll} R_A = 60.0 \Omega & R_C = 20.0 \Omega \\ R_B = 30.0 \Omega & V = 90.0 \text{ V} \end{array}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

**a.** لأن الجهد على كل مقاومة يكون هو نفسه لجميع المقاومات، لذا نستخدم العلاقة  $I = \frac{V}{R}$  في كل فرع.

$$\begin{aligned} I_A &= \frac{V}{R_A} = \frac{90.0 \text{ V}}{60.0 \Omega} = 1.50 \text{ A} \\ I_B &= \frac{V}{R_B} = \frac{90.0 \text{ V}}{30.0 \Omega} = 3.00 \text{ A} \\ I_C &= \frac{V}{R_C} = \frac{90.0 \text{ V}}{20.0 \Omega} = 4.50 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{بالتعويض عن } V &= 90.0 \text{ V}, R_A = 60.0 \Omega \\ \text{بالتعويض عن } V &= 90.0 \text{ V}, R_B = 30.0 \Omega \\ \text{بالتعويض عن } V &= 90.0 \text{ V}, R_C = 20.0 \Omega \end{aligned}$$

دليل الرياضيات

الكسور ص 204

$$\begin{aligned} \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} \\ &= \frac{1}{60.0 \Omega} + \frac{1}{30.0 \Omega} + \frac{1}{20.0 \Omega} = \frac{1}{10.0 \Omega} \end{aligned}$$

$$R_A = 60.0 \Omega, R_B = 30.0 \Omega, R_C = 20.0 \Omega$$

$$R = 10.0 \Omega$$

**c.** استخدم  $I = \frac{V}{R}$  لإيجاد التيار الكلي.

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{90.0 \text{ V}}{10.0 \Omega} = 9.00 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{بالتعويض عن } V = 90.0 \text{ V}, R = 10.0 \Omega$$

3 تقييم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ تم قياس التيار بوحدّة الأمبير، والمقاومة بوحدّة الأوم.
- هل الجواب منطقي؟ المقاومة المكافئة أقل من أي مقاومة مفردة، والتيار في الدائرة I يساوي مجموع التيارات المارة في كل المقاومات  $I = I_A + I_B + I_C$ .

**سؤال** وُصِلت أربعة مقاومات مقاديرها  $20.0 \Omega$  و  $30.0 \Omega$  و  $40.0 \Omega$  و  $50.0 \Omega$  على التوازي في دائرة مع بطارية جهدها  $120 \text{ V}$ . احسب مقدار التيار المار في كل فرع من فروع الدائرة، واحسب المقاومة المكافئة للدائرة، والتيار المار في البطارية.

الجواب

$$\begin{aligned} I_A &= V/R_A = 120 \text{ V}/50.0 \Omega = 2.4 \text{ A} \\ I_B &= V/R_B = 120 \text{ V}/40.0 \Omega = 3.0 \text{ A} \\ I_C &= V/R_C = 120 \text{ V}/30.0 \Omega = 4.0 \text{ A} \\ I_D &= V/R_D = 120 \text{ V}/20.0 \Omega = 6.0 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_D}\right)} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{1}{50 \Omega} + \frac{1}{40 \Omega} + \frac{1}{30 \Omega} + \frac{1}{20 \Omega}\right)} \\ &= 7.8 \Omega \end{aligned}$$

$$I = V/R = \frac{120 \text{ V}}{7.8 \Omega} = 15 \text{ A}$$

تجربة إضافية

قياس التيار وفرق الجهد في دائرة توازي



**الهدف** أن يبيّن الطالب أن فرق الجهد يبقى ثابتاً عبّر المقاومات المتصلة معاً على التوازي.  
**المواد والأدوات** مصدر قدرة مستمر  $12 \text{ V DC}$ ، وثلاثة مصابيح كهربائية  $12 \text{ V}$ ، وملتيمتر أو أميتر وفولتيمتر.

**الخطوات** صلّ المصابيح الثلاثة على التوازي، ثم صلها مع مصدر القدرة. قس فرق الجهد بين طرفي كل مصباح باستعمال الفولتيمتر، واستعمل الأميتر لقياس مقدار التيار المار في كل مصباح، ومقدار التيار القادم من مصدر القدرة.

**التقويم** ما الطريقة الصحيحة لتوصيل الأميتر من أجل قياس أحد تيارات الأحمال (المقاومات)؟ **على التوالي مع ذلك الحمل.** ما الطريقة الصحيحة لتوصيل الأميتر من أجل قياس التيار الكلي؟ **على التوالي مع مصدر القدرة.** ما الطريقة الصحيحة لتوصيل الفولتيمتر في هذه الدائرة؟ **بين طرفي مصدر القدرة أو بين طرفي أي من هذه الأحمال.**

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

**دائرة توصيل التوازي للحماية من التيار الخاطئ** يمكن لخطأ ينتج داخل جهاز كهربائي أن يُنشّط المواد الفلزية المتصلة الداخلة في بناء المنزل، ممّا يؤدي إلى إصابة الشخص المستخدم للجهاز بصعقة كهربائية خطيرة. وقد تضعف المادة العازلة المُعلّفة للسلك، ممّا يسمح له بملامسة المواد الفلزية الداخلة في بناء المنزل. توفر أسلاك نقل القدرة التي تحتوي ثلاثة خطوط (أسلاك) الحماية للمستخدم؛ وذلك لأن السلك الثالث يصل المواد الفلزية الداخلة في بناء المنزل بالأرض. فعندما تضعف المادة العازلة المُعلّفة للسلك يصل الخط الثالث التيار الخاطئ مباشرة بالأرض عبر مسار ذي مقاومة قليلة، فيمنع وصول أي تيار كبير إلى جسم المستخدم. وتفسر خصائص دوائر التوازي سبب ذلك؛ إذ يمرّ معظم التيار في المسار ذي المقاومة الأقل (الخط الثالث في هذه الحالة).

## مسائل تدريبية

12. a.  $20.0 \Omega$

b.  $0.600 \text{ A}$

c.  $0.100 \text{ A}$ ،  $0.200 \text{ A}$ ،  $0.300 \text{ A}$

13.  $2.4 \times 10^2 \Omega$  على التوازي مع المقاومة التي مقدارها  $150 \Omega$ .

14. لا هذه ولا تلك، وستصل كل منهما إلى القيمة العظمى لاستهلاك الطاقة عند الجهد نفسه.

## 3. التقويم

### التحقق من الفهم

**نشاط مقارنة دوائر التوالي ودوائر التوازي**  
ارسم كلاً من دائرتي التوالي والتوازي على السبورة، واطلب إلى الطلاب تحديد كل منهما، وأن يقارنوا بينهما. اطلب إليهم تحديد الكمية الكهربائية التي تبقى ثابتة في كل دائرة، واسألهم عن كيفية حساب المقاومة المكافئة لكل منهما. في النهاية اسألهم عن العلاقة بين التيار، والجهد، والمقاومة، والقدرة الكلية المستهلكة، والقدرة المستهلكة في كل مقاومة. **2٦ بصري - مكاني**

### إعادة التدريس

**عرض عناصر دوائر التوالي ودوائر التوازي راجع**  
عناصر الدائرة الكهربائية بعرض أسلاك التوصيل، ومفاتيح كهربائية، ومصباح، ومقاومات، ومصادر قدرة، وأجهزة قياس، ومنصهرات. ثم صل مقاومتين على التوالي، وقيس المقاومة الكلية، ثم صل المقاومتين نفسيهما على التوازي، وقيس المقاومة الكلية لهما مرة أخرى.

## مسائل تدريبية

12. وصلت ثلاث مقاومات مقاديرها  $120.0 \Omega$  و  $60.0 \Omega$  و  $40.0 \Omega$  على التوازي مع بطارية جهدها  $12.0 \text{ V}$ ، احسب مقدار كل من:

- a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.  
b. التيار الكهربائي الكلي المار في الدائرة.  
c. التيار المار في كل مقاومة.

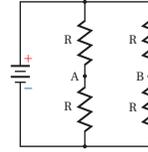
13. إذا أردنا تغيير مقاومة فرع في دائرة كهربائية من  $150 \Omega$  إلى  $93 \Omega$  فيجب إضافة مقاومة إلى هذا الفرع. ما مقدار المقاومة التي يجب إضافتها؟ وكيف يتم توصيلها؟

14. وصلت مقاومة مقدارها  $12 \Omega$  وقدرتها  $2 \text{ W}$  على التوازي بمقاومة أخرى مقدارها  $6.0 \Omega$  وقدرتها  $4 \text{ W}$ . أيهما يستحق أكثر إذا زاد فرق الجهد بين طرفيها باستمرار؟

تختلف توصيلات التوالي والتوازي في كيفية تأثيرها في دوائر الإضاءة. تخيل مصباحين كهربائيين قدرة الأول  $60 \text{ W}$ ، و قدرة الثاني  $100 \text{ W}$  استخدمنا في دائرة إضاءة. تذكر أن سطوع إضاءة المصباح يتناسب طردياً مع القدرة المستغدة، وأن  $P=I^2R$ . عند وصل المصباحين على التوازي بجهد  $120 \text{ V}$  يكون سطوع المصباح الذي قدرته  $100 \text{ W}$  أكبر. وعند وصلها على التوالي يكون التيار المار في كل منهما متساوياً. ولأن مقاومة المصباح الذي قدرته  $60 \text{ W}$  أكبر من مقاومة المصباح الذي قدرته  $100 \text{ W}$  لذا تكون القدرة المستغدة فيه أكبر؛ أي أن سطوع المصباح الذي قدرته  $60 \text{ W}$  سيكون أكبر.

## 4-1 مراجعة

15. أنواع الدوائر الكهربائية فارق بين الجهود والتيارات في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.  
16. التيار الكلي دائرة توازي فيها أربعة أفرع للتيار، قيم التيارات فيها:  $120 \text{ mA}$  و  $250 \text{ mA}$  و  $380 \text{ mA}$  و  $2.1 \text{ A}$ ، ما مقدار التيار الذي يُولد المصدر؟  
17. التيار الكلي تحتوي دائرة توال على أربع مقاومات. إذا كان التيار المار في إحدى المقاومات يساوي  $810 \text{ mA}$  فاحسب مقدار التيار الذي يُولد المصدر.  
18. التفكير الناقد تحتوي الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل 4-8 على أربع مقاومات متماثلة. افترض أن



الشكل 4-8

www.obeikaneducation.com عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني

## 4-1 مراجعة

15. يجب أن تتضمن إجابات الطلاب الأفكار الآتية: (1) في دوائر التوالي تكون التيارات المارة في كل جهاز متساوية، ويكون مجموع الهبوط في الجهد مساوياً لجهد المصدر. (2) في دوائر التوازي يكون الهبوط في الجهد عبر كل جهاز هو نفسه، ويكون مجموع التيارات المارة في حلقات الدائرة جميعها مساوياً لتيار المصدر.
16.  $2.9 \text{ A}$
17.  $810 \text{ mA}$
18. a.  $0 \text{ A}$ ؛ جهد النقطة A يساوي جهد النقطة B.  
b. لا شيء  
c. لا شيء  
d. لا شيء

### 4-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية Applications of Circuits

تعلمت سابقاً عن بعض العناصر المستخدمة في الدوائر الكهربائية، ومن المهم تعرّف وفهم متطلبات هذه الأنظمة وحدودها. وقبل كل شيء يجب أن تكون مدركاً لتدابير السلامة التي يجب اتباعها؛ لتجنب وقوع الحوادث والإصابات.

#### أدوات السلامة Safety Devices

تعمل المنصهرات وقواطع الدوائر الكهربائية أدوات حماية وسلامة، تمنع حدوث حمل زائد في الدائرة قد ينتج عن تشغيل عدة أجهزة كهربائية في الوقت نفسه، أو عند حدوث دائرة قصر في أحد الأجهزة الكهربائية. تحدث دائرة القصر عند تكوّن دائرة كهربائية مقاومتها صغيرة جداً؛ مما يجعل التيار المار فيها كبيراً جداً. فعند توصيل مجموعة من الأجهزة الكهربائية على التوازي تقل المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية أكثر كلما شغلنا جهازاً منها، مما يؤدي إلى زيادة التيار المار في الأسلاك. وقد يُنتج هذا التيار الإضافي طاقة حرارية كافية لصهر المادة العازلة للأسلاك، فيؤدي ذلك إلى تلامس الأسلاك وحدوث دائرة قصر قد تُحدث حريقاً.

أما المنصهر الكهربائي فهو قطعة قصيرة من فلز تنصهر عندما يمرّ فيها تيار كبير. ويجدد سمك هذه القطعة مقدار التيار اللازم لعمل الدائرة الكهربائية، بحيث يمرّ فيها التيار الكهربائي بأمان دون أن يؤدي إلى تلفها. وإذا مرّ تيار أكبر من التيار الذي تتحمّله الدائرة تنصهر هذه القطعة وتقطع التيار الكهربائي عن الدائرة، وهذا يؤدي إلى حماية الدائرة من التلف. يوضّح الشكل 9-4 قاطع الدائرة الكهربائية، وهو مفتاح كهربائي آلي يعمل على فتح الدائرة الكهربائية عندما يتجاوز مقدار التيار المار فيها القيمة المسموح بها؛ لأن مرور مثل هذا التيار يُحدث حملاً زائداً في الدائرة، لذا يعمل القاطع على فتح الدائرة الكهربائية وإيقاف التيار.

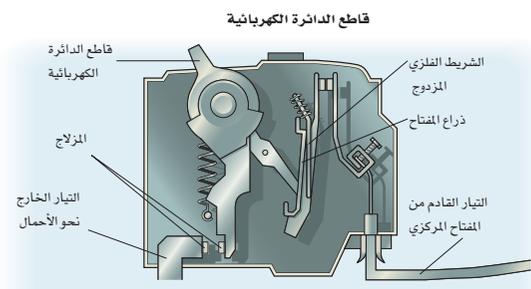
يسلك التيار مساراً مفرداً عند خروجه من مصدر الطاقة، ومروره بجهاز كهربائي ليعود إلى المصدر مرة أخرى. ويؤدي وجود عيب أو خلل في الجهاز أو سقوطه في الماء إلى تكوّن مسار آخر للتيار. وإذا كان الشخص المستخدم للجهاز جزءاً من هذا المسار فإن مرور التيار فيه يُسبب إصابة خطيرة له؛ فقد يؤدي مرور تيار صغير مقداره 5 mA خلال شخص إلى موته بالصدمة أو بالصعقة الكهربائية. ووجود قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ في مقبس

#### الأهداف

- توضيح كيف تعمل المنصهرات، وقواطع الدوائر الكهربائية، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ على حماية أسلاك التوصيلات الكهربائية في المنازل.
- تحلّل وتحلّ مسائل تتضمن دوائر كهربائية مُركّبة.
- توضيح كيفية توصيل كلّ من الفولتمتر والأميتر في الدوائر الكهربائية.

#### المفردات

- دائرة القصر
- المنصهر الكهربائي
- قاطع الدائرة الكهربائية
- قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ
- دائرة كهربائية مُركّبة
- الأميتر
- الفولتمتر



الشكل 9-4 عند مرور تيار كبير

خلال الشريط الفلزي المزدوج يسخن الشريط ويتقوس؛ لأنه مصنوع من فلزين مختلفين، فيتحرر المزلاج، ويتحرك ذراع المفاتيح إلى وضع فتح الدائرة الكهربائية، فتُفتح.

## 1. التركيز

### نشاط محفّز

**مقارنة تشكيلات دوائر مركّبة كَوْن دائرتين كهربائيتين مركّبتين، على أن تحتوي كل منهما على مصدر قدرة 12V وثلاثة مصابيح 12V. ستحتوي إحدى الدائرتين على مصباحين موصولين معاً على التوالي، وموصول معهما مصباح ثالث على التوازي. وتحتوي الدائرة الأخرى على مصباحين موصولين معاً على التوازي، وموصول معهما مصباح ثالث على التوالي. زوّد الدائرتين بالطاقة في آن واحد لجعل المقارنة أسهل. <sup>24</sup> بصري-مكاني**

### الربط مع المعرفة السابقة

**حفظ الطاقة** راجع موضوع حفظ الطاقة، واربطه مع موضوع الدوائر المُركّبة. حلّ دائرة مركّبة، واحسب القدرة المُستهلكة الكلية والقدرة المُستهلكة في كلّ مقاومة. أثبت أن القدرة المُستهلكة الكلية تساوي مجموع القدرة المُستهلكة في كل المقاومات.

## 2. التدريس

### المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**مبدأ عمل قاطع الدائرة الكهربائية** هناك عدّة أنواع من قواطع الدوائر الكهربائية؛ حيث يعمل بعضها آلياً عندما يبرد إلى درجة كافية. ناقش كيف تقود قلة المعرفة بهذا المفهوم إلى استخلاص نتائج غير صحيحة حول أمان وجود هذا النوع من القواطع ومدى فعاليته.

### 4-2 إدارة المصادر

اختبار قصير 2-4، ص 112	<b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 6-1
شريحة التدريس 3-4 ص 120	تقويم الفصل 4، ص 124
شريحة التدريس 4-4 ص 122	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 101
ربط الرياضيات مع الفيزياء	



مصادر الفصول 6-1

شريحة التدريس 3-4

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

## ■ استخدام الشكل 10-4

عادة تتم حماية دوائر الأجهزة الكهربائية المنزلية بمنصهرات أو قواطع 15 A، اطلب إلى الطلاب تحديد العدد الأقصى من الأجهزة الكهربائية المحددة بـ 120 V و 400 W التي يمكن أن تعمل معاً في مثل هذه الدائرة.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{400 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 3.3 \text{ A}$$

(لكل جهاز)

لذلك أقصى عدد ممكن من الأجهزة يساوي  $4 = \frac{15.0 \text{ A}}{3.3 \text{ A}}$

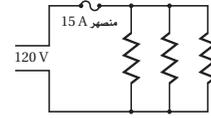
2م منطقي-رياضي

## تطوير المفهوم

قواطع الدوائر الكهربائية التي تكوّن شرراً على شكل قوس يستعمل قاطع الدائرة التي تكوّن شرراً على شكل قوس كهربائي أجهزة استشعار إلكترونية؛ لكي تستجيب للإشارات الكهربائية المرافقة للشرر الكهربائي، ويمكنها أن تغلق الدائرة في عدة حالات عندما لا يعمل قاطع الدائرة العادي. فإذا كانت دائرة كهربائية تعمل على جهد مقداره 120 V، وكانت هذه الدائرة محمية بقواطع 15.0 A فإن القدرة العظمى تساوي  $P = IV = (15.0 \text{ A})(120 \text{ V}) = 1.80 \text{ kW}$ . ويكون للشرر الكهربائي عند هذا المستوى من القدرة الكهربائية درجة حرارة كبيرة وكافية لتشعل الستائر، وأغطية الفراش، والسجاد... إلخ، واهتراء أسلاك الكهرباء، وهذا الشرر يمكن أن يسبب الحريق.

## تعزيز الفهم

أدوات السلامة اطلب إلى الطلاب إعداد قائمة بأنواع أدوات حماية الدوائر الكهربائية المستعملة في التمديدات الكهربائية في المباني، وكيف يعمل كل منها على حماية التمديدات الكهربائية في المنزل. واسألهم: أيّ هذه الأدوات أسهل في الاستعمال؟ واذكر تدابير السلامة التي يتعين اتباعها لتجنب تلف هذه الأدوات، ومنع وقوع الحوادث والإصابات عند استعمال الأجهزة الكهربائية. 2م منطقي-رياضي



■ الشكل 10-4 يسمح توصيل التوازي في المنزل بتزامن توصيل أكثر من جهاز؛ أي استعمال أكثر من جهاز في الوقت نفسه، وإذا استعمل عدد كبير من الأجهزة في الوقت نفسه فقد يؤدي ذلك إلى انصهار المنصهر الكهربائي.

يمنع حدوث مثل هذه الإصابات؛ لأنه يحتوي على دائرة إلكترونية تكشف الفروق البسيطة في التيار الكهربائي الناجمة عن مسار إضافي للتيار، فتعمل تلك القواطع على فتح الدائرة الكهربائية. وغالباً فإن القوانين والشرائع المتعلقة بكهرباء المباني تُلزم بتركيب هذا النوع من القواطع في كل من الحمام والمطبخ والمقابس الكهربائية الخارجية.

■ التطبيقات المنزلية يوضح الشكل 10-4 دائرة توازي كهربائية تستخدم في التمديدات المنزلية، ويوضح الشكل أيضاً بعض الأجهزة التي توصل على التوازي؛ حيث لا يعتمد التيار المار في أي منها على التيارات المارة في الجهاز الآخر عند وصلها معاً. افترض مثلاً أنه تم وصل تلفاز قدرته 240 W بمصدر جهد 120 V. فبحسب العلاقة  $I = P/V$  يكون التيار المار في التلفاز  $I = \frac{240 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 2.0 \text{ A}$ . وعند وصل مكواة كهربائية قدرتها 720 W بمصدر الجهد نفسه يكون التيار المار فيها  $I = \frac{720 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 6.0 \text{ A}$ . وأخيراً، إذا وصل مجفّف شعر قدرته 1440 W بمصدر الجهد نفسه أيضاً فسوف يمر فيه تيار مقداره  $I = \frac{1440 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 12 \text{ A}$ . ويمكن حساب مقاومة كل جهاز بالعلاقة  $R = V/I$ . وتحسب المقاومة المكافئة للأجهزة الثلاثة كما يلي:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{60 \Omega} + \frac{1}{20 \Omega} + \frac{1}{10 \Omega} = \frac{1}{6 \Omega}$$

$$R = 6 \Omega$$

الحماية الأجهزة الكهربائية يوصل منصهر كهربائي على التوالي بمصدر الجهد، بحيث يمر التيار الكهربائي الكلي فيه. وبحسب التيار الكلي المار في المنصهر باستخدام المقاومة المكافئة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120 \text{ V}}{6 \Omega} = 20 \text{ A}$$

فإذا كان أكبر تيار يتحمّله المنصهر هو 15 A فإن التيار 20 A يكون أكبر من قدرة تحمل المنصهر الكهربائي، مما يؤدي إلى صهره أو احتراقه، فتفتح الدائرة الكهربائية.

توفّر المنصهرات والقواطع الكهربائية الحماية من التيارات الكهربائية الكبيرة، وبخاصة تلك التيارات الناتجة عن حدوث دوائر القصر. وفي حال عدم استعمال منصهر أو قاطع فإنه يمكن للتيار الناتج عن حدوث دائرة قصر أن يحدث حريقاً. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تحدث دائرة قصر إذا أصبحت الطبقة العازلة للسلكين الموصلين بمصباح كهربائي هشّة وتالفة؛ لأنه قد يتلامس السلكان، فيتسبب عن ذلك مقاومة مقدارها  $0.010 \Omega$  تقريباً، مما يؤدي إلى مرور تيار كهربائي كبير جداً.

$$I = V/R = \frac{120 \text{ V}}{0.010 \Omega} = 12000 \text{ A}$$

سيؤدي مرور مثل هذا التيار إلى صهر المنصهر الكهربائي أو فتح القاطع الكهربائي، ومن ثم فتح الدائرة الكهربائية، مما يمنع ارتفاع درجة حرارة الأسلاك إلى حد إشعال الحريق.

## المناقشة

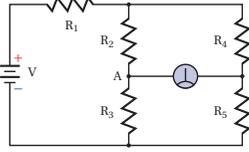
**سؤال** تُستخدم طريقة التوازي في التمديدات الكهربائية المنزلية. لماذا يجب فهم التوصيلات الكهربائية المركبة من أجل فهم تمديدات الأسلاك في المنازل بصورة كاملة؟

**الإجابة** تؤثر مقاومة أسلاك التمديدات المنزلية كمقاومة على التوالي مع الأحمال الموصولة على التوازي، وهذا ما يجعل إضاءة المصابيح تُخفّف عند تشغيل حمل زائد. كما تتصل قواطع ومنصهرات الدوائر على التوالي، بحيث يمكنها تعطيل الأحمال الموصولة على التوازي.

**2م** منطقي-رياضي

### مسألة تحفيز

الجلفانومتر جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية وفروق الجهد الصغيرة جداً. وعندما تكون قراءة الجلفانومتر الموضح في الدائرة المجاورة صفراً نقول إن الدائرة مُتزنة.

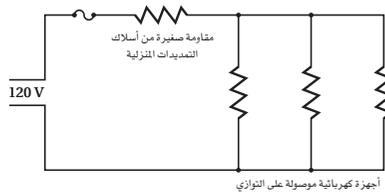


- يقول زميلك في المختبر إن الطريقة الوحيدة لجعل الدائرة مُتزنة هي جعل جميع المقاومات متساوية. فهل هذا يجعل الدائرة مُتزنة؟ وهل هناك أكثر من طريقة لجعل الدائرة مُتزنة؟ وضح إجابتك.
- اشتق معادلة عامة لدائرة مُتزنة مستخدماً التسميات المعطاة. تنبيه: تعامل مع الدائرة على أنها مجزئ جهد.
- أي المقاومات يمكن أن نضع مكانها مقاومة متغيرة لكي تستخدم أداة في ضبط الدائرة وموازنتها؟
- أي المقاومات يمكن أن نضع مكانها مقاومة متغيرة لكي تستخدم أداة تحكّم وضبط حسّاسة؟ ولماذا يكون ذلك ضرورياً؟ وكيف يمكن استخدامه عملياً؟

### الدوائر الكهربائية المركبة

#### Combined Series-Parallel Circuits

هل لاحظت حدوث ضعف في إضاءة مصباح الحمام أو غرفة النوم عند تشغيل مجفّف الشعر؟ يوصل كل من المصباح ومجفّف الشعر على التوازي عبر مصدر جهد مقداره 120 V. ولا يجب أن يتغير التيار المار في المصباح عند تشغيل مجفّف الشعر؛ بسبب توصيلها على التوازي، لكن ضعف إضاءة المصباح يعني أن التيار قد تغير. ويحدث مثل هذا الضعف في الإضاءة لأن أسلاك التمديدات المنزلية لها مقاومة صغيرة. وكما هو موضح في الشكل 11-4 فإن هذه المقاومة موصولة على التوالي مع دائرة التوازي. وتسمى الدائرة التي تحتوي على نوعي التوصيل التوازي والتوازي معاً دائرة كهربائية مُركبة. وتستخدم الاستراتيجية التالية لتحليل مثل هذه الدوائر.



■ الشكل 11-4 تتصل المقاومة الصغيرة لأسلاك التمديدات الكهربائية على التوالي بالأجهزة الكهربائية الموصولة على التوازي في التوصيلات المنزلية.



### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 4-4

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

### مسألة تحفيز

- نعم. جعل جميع المقاومات متساوية يجعل الدائرة متزنة، ويمكن أيضاً جعل الدائرة متزنة عن طريق تعديل قيم المقاومات بحيث تكون  $\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5}{R_4}$ ، مثلاً  $R_3 = 22.5 \Omega$ ،  $R_4 = 40.0 \Omega$ ،  $R_5 = 45.0 \Omega$ ،  $R_2 = 20.0 \Omega$
- $\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5}{R_4}$
- أي مقاومة ما عدا  $R_1$ .
- $R_1$ . يمكن أن يتلف الجلفانومتر إذا مرّ فيه تيار كبير؛ لذا إذا كانت  $R_1$  قابلة للتعديل والضغط وجب جعل قيمتها كبيرة قبل تشغيل الدائرة، وهذا من شأنه أن يحدّ من قيمة التيار المار في الجلفانومتر. عند تعديل المقاومة الموازنة (الضابطة) ومع اقتراب قراءة الجلفانومتر من الصفر تزداد الحساسية بنقصان مقدار المقاومة  $R_1$ .

## التفكير الناقد

### استعمال مفاتيح SPDT (المفاتيح المزدوجة)

عبارة عن مفاتيح تتكون من قطب واحد ومخرجين يمكن استعمالها للتحكم في التيار المار في حمل ما من موقعين. فمثلاً يمكن التحكم في إضاءة الدرج من خلال مفتاح أعلى الدرج ومفتاح آخر أسفل الدرج. ارسم شكلاً تخطيطياً يوضح مفتاح SPDT على السبورة مع حمل ومصدر قدرة، ووضح طريقتي عمله. اطلب إلى الطلاب التفكير في تطبيقات أخرى يستعمل فيها هذا النوع من الدوائر، مثل جرس الباب الذي له مفتاحان على بابين مختلفين. **2م منطقي-رياضي**

### استخدام النماذج

**تحليل قيم التيار في الدائرة التي تم التطرق إليها في بند استراتيجيات حل المسألة، افترض أن هناك 12 قيمة مختلفة للتيار المار في المقاومة  $R_C$  يجب تحليلها. يوفر استخدام النموذج في مثل هذه الحالات وقتاً كبيراً. احسب فرق الجهد بين نقطتي اتصال  $R_C$  في الدائرة، على اعتبار أنها غير موصولة في الدائرة.**

$$V_{R_B} = \frac{(60 \text{ V})(25 \Omega)}{(8.0 \Omega + 25 \Omega)} = 45.5 \text{ V}$$

ثم احسب بعد ذلك المقاومة المكافئة للمقاومتين الموصولتين معاً على التوازي  $R_A$  و  $R_B$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} = \frac{1}{8.0 \Omega} + \frac{1}{25 \Omega}$$

$$R_p = 6.1 \Omega$$

في هذه الحالة، يكون النموذج: بطارية 45.5 V موصولة على التوالي مع مقاومة 6.1 Ω. إذا وصلت  $R_C$  الآن مع النموذج أمكن إيجاد التيار المار فيها باستخدام العلاقة  $I = \frac{V}{R} = \frac{45.5 \text{ V}}{(6.1 \Omega + 15 \Omega)} = 2.2 \text{ A}$  وهي القيمة نفسها التي يمكن الحصول عليها من خلال حساب  $I_C$  في الشكل.

$$R = R_C + R_p = 15 \Omega + 6.1 \Omega = 21.1 \Omega$$

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} = \frac{45.5 \text{ V}}{21.1 \Omega} = 2.2 \text{ A}$$

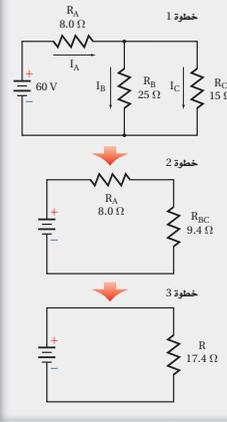
$$V_C = IR_C = (2.2 \text{ A})(25 \Omega) = 55 \text{ V}$$

$$I_C = \frac{V_C}{R_C} = \frac{55 \text{ V}}{25 \Omega} = 2.2 \text{ A}$$

### استراتيجيات حل المسألة

#### الدوائر الكهربائية المركبة

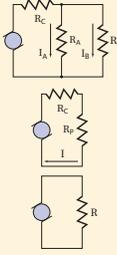
#### مخططات اختزال دائرة كهربائية



- عند تحليل دائرة كهربائية مركبة نستخدم الخطوات التالية لتبسيط المسألة:
1. ارسم رسماً تخطيطياً للدائرة الكهربائية.
  2. حدّد المقاومات الموصولة معاً على التوازي. تعمل مقاومات التوازي على تجزئة التيار، ويكون لها فرق الجهد نفسه. احسب المقاومة المكافئة لهذه المقاومات. ثم ارسم رسماً تخطيطياً جديداً يحتوي على المقاومة المكافئة لمقاومات التوازي.
  3. هل المقاومات الآن -ومنها المقاومة المكافئة لمقاومات التوازي- موصولة على التوالي؟ في مقاومات التوالي يكون هناك مسار واحد فقط للتيار. أوجد المقاومة المكافئة الجديدة التي يمكن أن تحمل محل هذه المقاومات. ثم ارسم رسماً تخطيطياً جديداً يحتوي على هذه المقاومة.
  4. كرّر الخطوتين 2 و3 حتى تختصر مقاومات الدائرة كلها في مقاومة واحدة. أوجد تيار الدائرة الكلي، ثم ارجع في المسألة عكسياً لحساب التيار وفرق الجهد لكل مقاومة.

### مثال 4

**الدوائر الكهربائية المركبة** وُصل جُفّف شعر مقاومته  $12.0 \Omega$ ، ومصباح كهربائي مقاومته  $125 \Omega$  معاً على التوازي بمصدر جهد  $125 \text{ V}$  موصول معه مقاومة  $1.5 \Omega$  على التوالي، كما هو موضح في الشكل. أوجد التيار المار في المصباح عند تشغيل جُفّف الشعر.



#### 1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم الدائرة متضمنة جُفّف الشعر والمصباح.
- ضع المقاومة المكافئة  $R_p$  بدلاً من المقاومتين  $R_A$  و  $R_B$ .

المجهول		المعلوم	
$I = ?$	$I_A = ?$	$R_C = 1.50 \Omega$	$R_A = 125 \Omega$
$R = ?$	$R_p = ?$	$V_{\text{مصدر}} = 125 \text{ V}$	$R_B = 12.0 \Omega$

#### 2 إيجاد الكمية المجهولة

احسب المقاومة المكافئة لدائرة التوازي، ثم أوجد المقاومة المكافئة للدائرة كاملة، ثم احسب التيار.

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} = \frac{1}{125 \Omega} + \frac{1}{12.0 \Omega}$$

$$\text{بالتعويض عن } R_B = 12.0 \Omega, R_A = 125 \Omega$$

$$R_p = 10.9 \Omega$$

$$R = R_C + R_p = 1.50 \Omega + 10.9 \Omega = 12.4 \Omega$$

$$\text{بالتعويض } R_C = 1.50 \Omega, R_p = 10.9 \Omega$$

### متقدم

### نشاط

**دوائر الموازنة** أحد نماذج الدائرة الموضحة في بند استراتيجيات حل المسألة تكون مناسبة عندما تأخذ المقاومة  $R_C$  قيمًا مختلفة، وتكون هناك حاجة إلى نموذج آخر مختلف عندما تأخذ المقاومة  $R_B$  قيمًا مختلفة. اطلب إلى الطلاب البحث عن النموذج الذي يمكن استخدامه لحساب قيمة  $R_B$ . احسب الجهد بين نقطتي اتصال  $R_B$  في الدائرة، إذا كانت  $R_B$  غير موصولة فيها.  $V_{RC} = \frac{(60 \text{ V})(15 \Omega)}{(15 \Omega + 8 \Omega)} = 39 \text{ V}$ . ثم احسب المقاومة المكافئة للمقاومتين الموصولتين معاً على التوازي  $R_A$  و  $R_C$ ،  $R_p = 5.2 \Omega$ ،  $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_C} = \frac{1}{8.0 \Omega} + \frac{1}{15 \Omega} \Rightarrow R_p = 5.2 \Omega$ . في هذه الحالة يكون النموذج: بطارية 39 V موصولة على التوالي مع مقاومة  $5.2 \Omega$ . إذا وصلت  $R_B$

مع النموذج فيمكن إيجاد مقدار التيار المار فيها باستخدام المعادلة

$$\frac{V}{R} = \frac{39 \text{ V}}{5.2 \Omega + 25 \Omega} = 1.4 \text{ A} \quad \text{3م منطقي-رياضي}$$

**سؤال** وُصِّل مُكَيِّف هواء مقاومته  $R_A$  تساوي  $50.0 \Omega$ ، وجهاز كهربائي مقاومته  $R_B$  تساوي  $20.0 \Omega$  على التوازي مع مصدر جهد  $120.0 \text{ V}$ ، وذلك من خلال مقاومة  $R_C$  مقدارها  $2.00 \Omega$  موصولة مع مصدر الجهد على التوالي. احسب مقدار التيار المارّ في الجهاز الكهربائي في حالة تشغيل المكيف، وفي حالة عدم تشغيله.

### الجواب

التيار المارّ في الحاسوب في حالة تشغيل المكيف.

$$R_P = 1 / \left( \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right) \\ = 1 / \left( \frac{1}{50.0 \Omega} + \frac{1}{20.0 \Omega} \right) = 14.3 \Omega$$

$$R = R_C + R_P \\ = 2.00 \Omega + 14.3 \Omega = 16.3 \Omega$$

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} \\ = 120.0 \text{ V} / 16.3 \Omega = 7.36 \text{ A} \\ V_C = (2.00 \Omega)(7.36 \text{ A}) = 14.7 \text{ V} \\ V_A = 120.0 \text{ V} - 14.7 \text{ V} = 105.3 \text{ V} \\ V_B = V_A = 105.3 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{V_B}{R_B} = \frac{105.3 \text{ V}}{20.0 \Omega} = 5.26 \text{ A}$$

التيار المارّ في الجهاز في حالة عدم تشغيل المكيف

$$R_B = 20.0 \Omega \\ R = R_C + R_B = 2.0 \Omega + 20.0 \Omega = 22.0 \Omega$$

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} = \frac{120.0 \text{ V}}{22.0 \Omega} = 5.45 \text{ A} \\ V_C = (2.00 \Omega)(5.45 \text{ A}) = 10.9 \text{ V} \\ V_B = 120.0 \text{ V} - 10.9 \text{ V} = 109.1 \text{ V} \\ I_B = \frac{V_B}{R_B} = \frac{109.1 \text{ V}}{20.0 \Omega} = 5.45 \text{ A}$$

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} \\ = \frac{125 \text{ V}}{12.4 \Omega} \\ = 10.1 \text{ A}$$

### دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية من 202 و203

$$\text{بالتعويض } V_{\text{مصدر}} = 125 \text{ V}, R = 12.4 \Omega$$

$$V_C = IR_C \\ = (10.1 \text{ A})(1.50 \Omega) \\ = 15.2 \text{ V}$$

$$\text{بالتعويض } I = 10.1 \text{ A}, R_C = 1.50 \Omega$$

$$V_A = V_{\text{مصدر}} - V_C \\ = 125 \text{ V} - 15.2 \text{ V} \\ = 1.10 \times 10^2 \text{ V}$$

$$\text{بالتعويض } V_{\text{مصدر}} = 125 \text{ V}, V_C = 15.2 \text{ V}$$

$$I_A = \frac{V_A}{R_A} \\ = \frac{1.10 \times 10^2 \text{ V}}{125 \Omega} \\ = 0.880 \text{ A}$$

$$\text{بالتعويض } V_A = 1.10 \times 10^2 \text{ V}, R_A = 125 \Omega$$

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ يقاس التيار بوحدة الأمبير، ويقاس الهبوط في الجهد بوحدة الفولت.
- هل الجواب منطقي؟ المقاومة أكبر من الجهد، لذا يكون التيار أقل من 1 A.

### مسائل تدريبية

- تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاثة مقاومات. تستنفد المقاومة الأولى قدرة مقدارها 2.0 W، وتستنفد الثانية قدرة مقدارها 3.0 W، وتستنفد الثالثة قدرة مقدارها 1.5 W. ما مقدار التيار الذي تسحبه الدائرة من بطارية جهدها 12.0 V؟
- يتصل 11 مصباحاً كهربائياً معاً على التوالي، وتتصل المجموعة على التوالي بمصباحين كهربائيين يتصلان على التوازي. فإذا كانت المصابيح جميعها متماثلة، فأياها يكون سطوعه أكبر؟
- ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة السابقة، إذا احترق أحد المصباحين المتصلين على التوازي؟
- ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة 20 إذا حدث قصر لأحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

### الفيزياء في الحياة

#### معلومة للمعلم

**موازنة مستويات الحمل** يتعيّن على شركات توليد الطاقة الكهربائية عمل استثمارات في توليد الطاقة وسعة نقلها لتلبية زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية وقت الذروة. ولأن حاجات المستهلكين من الطاقة الكهربائية لا تصل دائماً إلى حد الذروة، فإن أجهزة التوليد لا تعمل بالحد الأقصى طول الوقت، وهذا يجعل الأمر صعباً على الشركات لتحقيق الربح ودفع ثمن المعدات. لهذا تعمل شركات الكهرباء على رفع قيمة التكلفة على المستهلكين بمعدل معين خلال فترة الذروة. وهذا من شأنه تشجيع المستهلكين على تحديد استخدامهم للقدرة الكهربائية وتقليل قيمة فاتورة استهلاكها. وتستخدم موازنات أحمال محوسبة لضبط تشغيل أحمال التسخين والتبريد في البنايات الكبيرة لتجنب التكلفة المالية الكبيرة. فمثلاً يمكن تسخين الماء بعد منتصف الليل عندما يكون سعر التكلفة في الحدود الدنيا.

### عرض سريع

#### الدوائر الكهربائية المركّبة

الزمن المقدر 10 دقائق

**المواد والأدوات** مصدر قدرة، ومقاومات أو مصابيح، وملتيمتر.

**الخطوات** كوّن دائرة مركّبة. استخدم الملتيمتر لقياس فروق الجهد والتيارات جميعها. بيّن للطلاب أنه في حالة التوصيل على التوالي تُجمع فروق الجهد، وفي حالة التوصيل على التوازي تُجمع التيارات.

## مسائل تدريبية

19. 0.54 A

20. المصباح الـ (11) الموصولة على التوالي.

21. عندئذ تصبح جميع المصابيح العاملة

موصولة على التوالي، ويتوهج الـ (12) مصباحًا بالشدة نفسها.

22. سيجعل المصباح الذي حدث فيه دائرة

قصر فرق الجهد خلاله وخلال المصباح المتصل معه على التوازي صفرًا. أما

المصابيح الـ (11) المتصلة على التوالي فستساوي في شدة توهجها ولكنه

يزداد مقارنة بوضعها السابق، أما المصباحان المتوازيان فلن يضيئا.

## 3. التقويم

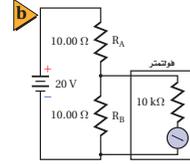
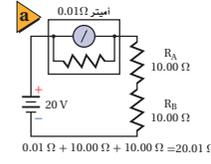
### التحقق من الفهم

- المقاومة المكافئة اطلب إلى الطلاب أن يحسبوا المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة في الشكل 4-12b. (بإهمال الأرقام المعنوية)  $19.99 \Omega$  أسألهم: كيف تتغير الإجابة إذا كانت مقاومة الفولتметр  $100 \Omega$ ؟  $19.09 \Omega$  ثم اطلب إليهم توضيح فائدة المقاومة الكبيرة للفولتметр. حتى لا تتغير المقاومة المكافئة للدائرة. **2م**

### التوسع

تصميم دائرة كهربائية اطلب إلى مجموعات الطلاب أن يصمموا دائرة فيها مفاتيح تشغل مصباحًا وتطفئه من ثلاثة مواقع أو أكثر. زود كل مجموعة بمفتاح ثلاثي المخرج وثنائي القطبية، ومفتاح ثنائي المخرج، وأوميتير حتى يبدؤوا العمل. **2م بصري-مكاني**

الشكل 4-12- يتصل أميتر على التوالي بمقاومتين (A). غيرت المقاومة الصغيرة للأميتر التيار بمقدار صغير جدًا، ويتصل الفولتметр بمقاومة على التوازي (b). سيكون التغيير في تيار الدائرة وجهدها مهملاً بسبب المقاومة الكبيرة للفولتметр.



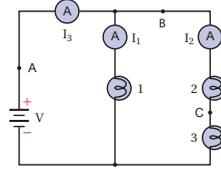
### الأميترات والفولتترات Ammeters and Voltmeters

الأميتر جهاز يستخدم لقياس التيار الكهربائي في أي فرع أو جزء من دائرة كهربائية. فإذا أردت قياس التيار الكهربائي المار في مقاومة فعليك أن تصل جهاز الأميتر على التوالي بهذه المقاومة، وهذا يتطلب قطع مسار التيار وإدخال الأميتر. وفي الحالات المثالية يجب ألا يؤثر استخدام الأميتر في قيمة التيار المار في المقاومة. لذا يصمم الأميتر بحيث تكون مقاومته أقل ما يمكن؛ وذلك لأن التيار سيقبل إذا عمل الأميتر على زيادة مقاومة الدائرة الكهربائية. لذا يوصل مع ملفه مقاومة صغيرة على التوازي، ويوصل الأميتر على التوالي في الدوائر الكهربائية، لاحظ الشكل 4-12a.

وهناك جهاز آخر يسمى الفولتметр يُستخدم لقياس الهبوط في الجهد عبر جزء من دائرة كهربائية. ولقياس الهبوط في الجهد عبر مقاومة يتم وصل الفولتметр مع هذه المقاومة على التوازي. ويُصمم الفولتметр بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًا؛ وذلك حتى يكون التغيير في التيارات و فروق الجهد في الدائرة الكهربائية أقل ما يمكن. لذا يوصل مع ملفه مقاومة كبيرة على التوالي، ويوصل الفولتметр على التوازي في الدوائر الكهربائية، لاحظ الشكل 4-12b.

### 4-2 مراجعة

ارجع إلى الشكل 4-13 للإجابة عن الأسئلة 23 - 28، افترض أن جميع المصابيح في الدائرة الكهربائية متماثلة.



الشكل 4-13

25. دوائر التوالي الكهربائية إذا فصل السلك عند النقطة C، ووُصلت مقاومة صغيرة على التوالي بالمصباحين 2 و 3 فإذا يحدث لسطوع كل منهما؟
26. جهد البطارية عند وصل فولتметр بين طرفي المصباح 2 كانت قراءته 3.8 V، وعند وصل فولتметр آخر بين طرفي المصباح 3 كانت قراءته 4.2 V. ما مقدار جهد البطارية؟
27. الدوائر الكهربائية بالرجوع إلى المعلومات الواردة في السؤال السابق، هل المصباحان 2 و 3 متماثلان؟
28. التفكير الناقد هل هناك طريقة لجعل المصابيح الثلاثة في الشكل تُضيء بالشدة نفسها دون استخدام أي مقاومات إضافية؟ وضح إجابتك.

23. السطوع قارن بين سطوع المصابيح.
24. التيار إذا كان  $I_1 = 1.1 A$  و  $I_2 = 1.7 A$  فما مقدار التيار المار في المصباح 2؟

عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

### 4-2 مراجعة

23. المصباحان 2 و 3 متساويان في سطوعهما، ولكن سطوعهما أقل من سطوع المصباح 1.
24. 0.6 A
25. تُخفَّتْ إضاءةُهما بالتساوي، ويقلَّ التيار في كلِّ منهما بالمقدار نفسه.
26. 8.0 V
27. لا. في المصابيح المتماثلة الموصولة على التوالي سيكون الهبوط في الجهد
- عبرها متساويًا؛ لأن التيارات المارة فيها متساوية.
28. نعم. لأن شدة الإضاءة تتناسب طرديًا مع القدرة فسيكون من الضروري استخدام مصباح في الموقع 1 مقاومته تساوي أربعة أضعاف مقاومتي المصباحين الموجودين في الموقعين 2 و 3 وهما مضاعفين.
- $$\frac{V^2}{4R} = \frac{\left(\frac{V}{2}\right)^2}{R}$$

## مختبر الفيزياء

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

**المهارات العملية** استخدام التفسيرات العلمية، والملاحظة والاستنتاج، والمقارنة، وصياغة النماذج، والتفكير الناقد، والقياس، وجمع البيانات وتنظيمها، واستخلاص النتائج.

**احتياطات السلامة** إن خطورة الإصابة بصدمة كهربائية قليلة؛ ذلك لأن التيارات المستخدمة في هذه التجربة صغيرة. نَبِّه الطلاب إلى عدم محاولة إجراء هذه التجربة باستخدام دائرة المنزل الكهربائية؛ لأن الجهد الكبير من مخارج التيار في المنزل يُسبب نشوء تيار كبير قاتل.

**المواد والأدوات البديلة** يمكن استخدام بطارية جهدها 6 V بدلاً من مصدر القدرة قليل الجهد.

### استراتيجيات التدريس

- قد تحتاج إلى تفحص الدوائر الكهربائية التي ركبها الطلاب قبل أن يوصلوها بمصدر القدرة.
- تحقق أن الطلاب يستخدمون القطبية الصحيحة عند توصيل أجهزة القياس؛ فالقطبية غير الصحيحة قد تتلف الأجهزة.

## مختبر الفيزياء

### دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

يوجد في كل دائرة كهربائية علاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة. سوف تستقصي في هذه التجربة العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دوائر التوالي الكهربائية، وتقارنها بالعلاقة الخاصة بها في دوائر التوازي الكهربائية.

### سؤال التجربة

ما العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دوائر التوالي مقارنة بالعلاقة بينها في دوائر التوازي؟

#### المواد والأدوات

- مصدر قدرة قليل الجهد
- قاعدتا مصباح
- مصباحان كهربائيان صغيران
- أميتر ذو مدى تدريج 0-500 mA
- فولتمتر ذو مدى تدريج 0-30 V
- عشرة أسلاك نحاسية مزودة بمشابك فم التمساح

#### الخطوات

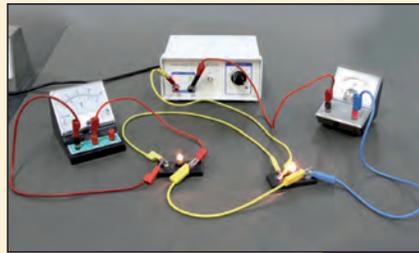
1. صل قاعدتي المصباح على التوالي بالأميتر ومصدر القدرة. راع التوصيل الصحيح للأقطاب عند وصل الأميتر.
2. ركب المصباحين في القاعدتين، وشغل مصدر القدرة. ثم اضبط مصدر القدرة حتى تصبح إضاءة المصباحين خافتة.
3. افصل أحد المصباحين، ودون ملاحظاتك في جدول البيانات.
4. ركب المصباح مرة ثانية، وأوجد فرق الجهد بين طرفي النظام المكوّن من المصباحين، وذلك بتوصيل الطرف الموجب للفولتمتر بالطرف الموجب للدائرة، والطرف السالب له بالطرف السالب للدائرة، ثم دون قياساتك في جدول البيانات.
5. أوجد فرق الجهد بين طرفي كل مصباح بتوصيل الطرف الموجب للفولتمتر بالطرف الموجب للمصباح، والطرف السالب للفولتمتر بالطرف السالب للمصباح، ثم دون قياساتك في جدول البيانات. وكرّر تجربتك لمصباحين آخرين على التوالي.

#### الأهداف

- تصف العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دائرة التوالي الكهربائية.
- تلخص العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دائرة التوازي الكهربائية.
- تجمع بيانات حول التيار وفرق الجهد باستخدام أجهزة القياس الكهربائية.
- تحسب مقاومة مصباح كهربائي من خلال بيانات فرق الجهد والتيار.

#### احتياطات السلامة

- الخطورة الناجمة عن الصدمة الكهربائية قليلة؛ لأن التيارات الكهربائية المستخدمة في هذه التجربة صغيرة. يجب ألا تنفذ هذه التجربة باستخدام تيار متناوب؛ لأن هذا التيار قاتل.
- أمسك أطراف الأسلاك بحذر؛ لأنها قد تكون حادة، فتجرح جلدك.



**عيّنة بيانات** ستختلف البيانات وفق نوع المصباح المستخدمة، وهذه البيانات خاصة بمصباحين يعملان على جهد 3 V 6.3

الملاحظات	الخطوة
300 mA	8
في أيّ مكان 2.76 V	9
سيتموهج المصباح الموصول في الدائرة بدرجة أكبر، 2.76 V، 170 mA	10
سيتموهج المصباح الموصول في الدائرة بدرجة أكبر، 2.76 V، 170 mA	11

الملاحظات	الخطوة
ينطفئ المصباحان	3
5.20 V	4
2.60 V، و 2.60 V	5
في أيّ مكان 150 mA	6

## التحليل

1. (ملاحظة: ستعتمد جميع الإجابات على البيانات

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{(الفردية للطالب)}$$

$$= 5.20 \text{ V} / 0.150 \text{ A} = 34.7 \Omega$$

$$R = V/I = 2.60 \text{ V} / 0.150 \text{ A} = 17.3 \Omega \quad \text{2.}$$

3. مجموع مقاومتي المصباحين وهما منفردان  
يساوي المقاومة الكلية لهما عند وصلهما على  
التوالي في الدائرة.

4. فرق الجهد الكلي للنظام المكوّن من المصباحين

يساوي مجموع فروق الجهد للمصباحين وهما  
منفردان.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{2.76 \text{ V}}{0.170 \text{ A}} = 16.2 \Omega \quad \text{5.}$$

هذه القيمة قريبة من المقاومة التي حُسبت  
للمصباح في دائرة التوالي.

## الاستنتاج والتطبيق

1. في دائرة التوالي: التيار متساوٍ، وجهد المصدر

يساوي المجموع الكلي للهبوط في الجهد  
خلال المصباحين جميعها، والمقاومة الكلية  
تساوي مجموع المقاومات الموصولة على  
التوالي.

2. في دائرة التوازي: فرق الجهد متساوٍ بين

طرفي أي عنصر، والتيار الكلي يساوي  
مجموع التيارات المارة في كل المقاومات.

## التوسع في البحث

ستؤكد البيانات النتائج التي تم التوصل إليها في بند  
الاستنتاج والتطبيق.

## الفيزياء في الحياة

1. تكون التوصيلات في المنازل على التوازي.

كما هو موضح في الخطوة 9 يكون الجهد في  
كل فرع من دائرة توازي مساوياً لجهد المصدر.

2. الأسلاك المستخدمة في توصيلات المنازل

تعمل كمقاومات حمل موصولة على التوالي  
مع دوائر التوازي في المنزل. فعند تشغيل  
الجهاز يكون هناك حاجة إلى تيار أكبر لبدء  
تشغيل محرّكه، وهذا يُضعف التيار المار في  
الأجهزة الأخرى لحظياً.

جدول البيانات			
الملاحظات	فرق الجهد (V)	التيار الكهربائي (mA)	الخطوة
			3
			4
			5
			6
			8
			9
			10
			11

6. صِل الأميتر بمواقع مختلفة في دائرة التوالي، ودوّن قيم هذه  
التيارات في جدول البيانات.

7. صِل قاعدتي المصباحين على أن تكونا متصلتين على  
التوازي مع مصدر الجهد نفسه، وأن تكونا متصلتين على  
التوالي مع الأميتر.

8. ركب المصباحين في القاعدتين، وشغّل مصدر القدرة.  
ثم اضبط مصدر القدرة حتى تصح إضاءة المصباحين  
خافتة. ودوّن قراءة التيار من الأميتر في جدول البيانات.

9. أوجد فرق الجهد عبر الدائرة كلها، ثم عبّر كل مصباح،  
ودوّن القيم في جدول البيانات.

10. صِل طرفي الفولتметр بطرفي أحد المصباحين، ثم افصل  
أحد المصباحين، ودوّن ملاحظتك حول المصباحين،  
ودوّن قراءة الأميتر والفولتметр في جدول البيانات.

11. أعد تركيب المصباح الذي فصلته في قاعدته، وافصل  
المصباح الآخر، ودوّن ملاحظتك حول المصباحين،  
ودوّن قراءة الأميتر والفولتметр في جدول البيانات.

## التحليل

1. احسب المقاومة المكافئة للمصباحين في دائرة التوالي.

2. احسب مقاومة كل مصباح في دائرة التوالي.

3. ما العلاقة بين المقاومة المكافئة للمصباحين ومقدار مقاومة  
كل منهما؟

4. ما العلاقة بين فرق الجهد على طرفي كل مصباح وفرق  
الجهد على طرفي النظام المكوّن منها عندما يكونان  
موصولين على التوالي؟

## الفيزياء

عبّر المواقع الإلكترونية  
لزيد من المعلومات عن دوائر التوالي والتوازي الكهربائية ارجع إلى شبكة  
الإنترنت أو قم بزيارة الموقع الإلكتروني [www.obcikaneducation.com](http://www.obcikaneducation.com)

## تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية قبل تركيب أي دائرة، أسأل الطلاب  
ماذا يحدث لكل من التيار، وفرق الجهد، والمقاومة عند إضافة مزيد من المصباحين إلى دائرة  
مُرَكَّبة؟ تغيير التجربة بهذه الطريقة يحفز الطلاب على تطوير تفكير ناقد حول كيفية تركيب  
الدوائر، ولماذا تُركَّب بهذه الطريقة. اجعل الطلاب يطرحوا أسئلة عصف ذهني حول  
هذه الدوائر الكهربائية، واسمح لهم باستقصاء هذه الأسئلة إذا سمح الوقت بذلك.

# كيف تعمل

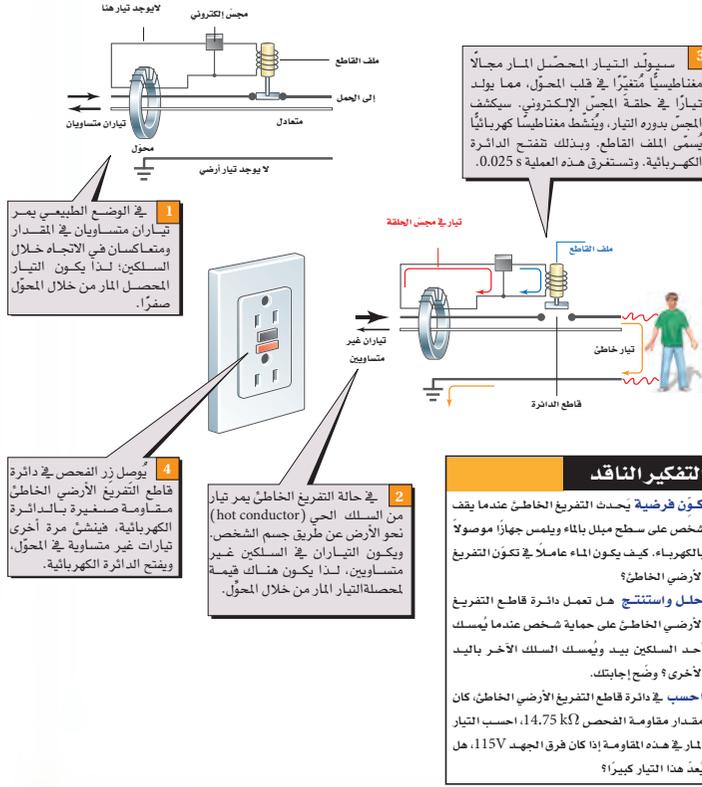
## كيف تعمل

### How it Works

دائرة قاطع التفرغ الأرضي الخاطئ؟

Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI)?

يحدث التفرغ الأرضي الخاطئ عندما يسلك التيار مسارًا خاطئًا نحو الأرض، كأن يمر التيار الكهربائي من خلال جسم شخص. كان شارل دالزيل أستاذ الهندسة في جامعة كاليفورنيا خبيرًا في تأثيرات الصدمات الكهربائية. وعندما أدرك أن التفرغ الأرضي الخاطئ كان سببًا لحدوث العديد من الصعقات الكهربائية اخترع جهازًا يمنع وقوع مثل هذه الحوادث. فما مبدأ عمل دائرة قاطع التفرغ الأرضي الخاطئ (GFCI)?



### الهدف

سيُطبّق الطلاب مفاهيم: الدوائر الكهربائية، والتيار المتردّد (المتناوب)، والحثّ الكهرومغناطيسي لتعرّف مبدأ عمل دائرة قاطع التفرغ الأرضي الخاطئ.

### الخلفية النظرية

قبل الحرب العالمية الثانية درس شارل دالزيل بعناية تأثيرات الصدمات الكهربائية في الرجال والنساء، وتوصّل إلى أنه إذا أمسك شخص سلكًا كهربائيًا وتدفق في جسده تيار مقداره  $11 \text{ mA}$  فإنه لا يمكنه الانفصال عن السلك.

ثم سعى دالزيل بوصفه خبيرًا إلى مراجعة الوفيات الناجمة عن الصدمات الكهربائية المميتة، وتوصّل إلى أن العديد من الوفيات حدثت عندما يُكمل شخص عن غير قصد مسارًا بين السلك الحامل للتيار (السلك الحي أو الحامي) والأرض؛ أو التفرغ الأرضي الخاطئ. ثم بدأ في تصميم جهاز يعمل على فتح الدائرة الكهربائية بسرعة كبيرة عندما يحدث تفرغ خاطئ للتيار في الأرض، ولو كان التيار صغيرًا جدًا.

في عام 1961م نجح دالزيل في ذلك، وتسلم براءة الاختراع في عام 1965. أما الآن فتشترط قوانين الكهرباء الوطنية وجود مخارج لدائرة قاطع التفرغ الأرضي الخاطئ في الإنشاءات الجديدة في المطابخ والحمامات ومواقف السيارات والمستودعات وبرك السباحة.

### التعليم البصري

اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا في المنزل والمدرسة عن مخارج دائرة قاطع التفرغ الأرضي الخاطئ، واطلب إليهم تحديد مواقع تلك المخارج، ثم الضغط على زر الفحص الخاص بكلّ منها، وأن يكتبوا تقريرًا حول ما يجدونه. ذكّر الطلاب أن دائرة واحدة لقاطع التفرغ الأرضي الخاطئ كافية لحماية عدة مخارج.

### التوسع

اطلب إلى أحد الطلاب الوقوف حافي القدمين على صفيحة فلزيّة، ثم قس المقاومة بين الصفيحة وإحدى يدي الطالب باستخدام جهاز قياس المقاومة (الأوميتر) الذي يعمل على البطارية. كرّر المحاولة على أن تضع ماء فوق الصفيحة. احسب التيار الذي ينتج عن فرق جهد مقداره  $115 \text{ V}$ .

### التفكير الناقد

1. عندما يحتوي الماء على أملاح مذابة فإنه يعمل موصلًا جيّدًا ذا مقاومة صغيرة، فيؤقّر مسارًا نحو الأرض ذا مقاومة قليلة.
2. لن تحمي دائرة قاطع التفرغ
3.  $I = \frac{V}{R} = \frac{115 \text{ V}}{14750 \Omega} = 7.80 \text{ mA}$  وهذا التيار صغير جدًا.

### المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



#### 4-1 الدوائر الكهربائية البسيطة Simple Circuits

##### المفاهيم الرئيسية

- التيار متساوٍ في جميع أجزاء دائرة التوالي الكهربائية البسيطة.
- المقاومة المكافئة لدائرة التوالي هي مجموع مقاومات أجزائها.

$$R = R_A + R_B + R_C + \dots$$

- التيار الكهربائي المسار في دائرة التوالي يساوي حاصل قسمة فرق الجهد على المقاومة المكافئة.

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R}$$

- مجموع الهبوط في الجهد خلال مقاومات دائرة التوالي يساوي فرق الجهد المُطبَّق على طرفي مجموعة المقاومات.
- مجزئ الجهد يمثل دائرة توالٍ كهربائية تستخدم في عمل مصدر جهد بقيمة معينة من بطارية ذات جهد كبير.
- الهبوط في الجهد خلال جميع أفرع دائرة التوازي الكهربائية متساوٍ.
- التيار الكلي في دائرة التوازي الكهربائية مساوٍ لمجموع تيارات أفرع الدائرة.
- مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوازي مساوٍ لمجموع مقلوب كل مقاومة.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} + \dots$$

- إذا فُتح أي فرع من أفرع دائرة التوازي الكهربائية فلن يمر تيار في هذا الفرع، ولن تتغير قيمة التيارات المارة في الأفرع الأخرى.

##### المفردات

- دائرة التوالي
- المقاومة المكافئة
- مجزئ الجهد
- دائرة التوازي

#### 4-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية Applications of Circuits

##### المفاهيم الرئيسية

- يعمل المنصهر الكهربائي أو قاطع الدائرة الكهربائية الموصول بالجهاز على التوالي على فتح الدائرة عند مرور تيارات كهربائية كبيرة فيها خطر على الجهاز.
- تتكون الدائرة المركبة من توصيلات التوالي والتوازي معاً. في البداية يُختزل أي تفرع توازي إلى مقاومة مكافئة واحدة ثم يُختزل أيّ مقاومات أخرى موصولة على التوالي في مقاومة مكافئة واحدة.
- يستخدم الأميتر في قياس التيار المار في الدائرة أو في أي فرع فيها. وتكون مقاومة الأميتر دائماً صغيرة جداً، كما أنه يوصل دائماً على التوالي في الدائرة الكهربائية.
- يقيس الفولتميتر فرق الجهد بين طرفي أي جزء أو مجموعة أجزاء في الدائرة. وتكون مقاومته دائماً كبيرة جداً، كما أنه يوصل دائماً على التوازي بين طرفي الجزء المراد قياس جهده في الدائرة الكهربائية.

##### المفردات

- دائرة القصر
- المنصهر الكهربائي
- قاطع الدائرة الكهربائية
- قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ
- دائرة كهربائية مُركَّبة
- الأميتر
- الفولتميتر

خريطة المفاهيم

29. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

30. عندما يحترق أحد المصابيح تفتح الدائرة فتتطفئ المصابيح الأخرى.

31. ستؤثر كل مقاومة إضافية مسارًا إضافيًا للتيار.

32. تكون المقاومة المكافئة أقل من قيمة أي مقاومة.

33. تعمل الأجهزة الموصولة على التوازي كل منها على حدة دون أن يؤثر بعضها في بعض.

34. مجموع التيارات الداخلة إلى نقطة التفرع يساوي مجموع التيارات الخارجة منها.

35. وظيفة المنصهر هي حماية الأجهزة والأسلاك الكهربائية من مرور تيار كهربائي كبير فيها يسبب الحرائق نتيجة التسخين الزائد.

36. دائرة القصر هي الدائرة ذات المقاومة القليلة جدًا. ودائرة القصر خطيرة جدًا إذا طبقت عليها أي فرق جهد؛ لأنها تسبب مرور تيار كهربائي كبير، والأثر الحراري للتيار يمكنه أن يسبب حريقًا.

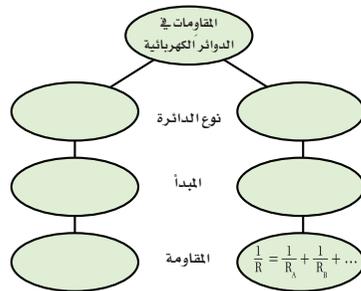
37. يجب أن تكون مقاومة الأميتر صغيرة جدًا؛ لأنه يوصل على التوالي في الدائرة الكهربائية، فإذا كانت مقاومته كبيرة فستتغير مقاومة الدائرة بشكل واضح.

38. يجب أن تكون مقاومة الفولتметр كبيرة جدًا حتى يكون التيار الكهربائي المار فيه صغيرًا جدًا، فلا يسبب ذلك هبوطًا كبيرًا في الجهد خلال الجزء المتصل معه الفولتметр في الدائرة، مما يغير الجهد المقيس.

39. يوصل الأميتر على التوالي، أما الفولتметр فيوصل على التوازي.

خريطة المفاهيم

29. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: دائرة التوالي،  $R = R_1 + R_2 + R_3$ ، تيار ثابت، دائرة التوازي، جهد ثابت.



إتقان المفاهيم

30. لماذا تنطفئ جميع المصابيح الموصولة على التوالي إذا احترق أحدها؟

31. لماذا تقل المقاومة المكافئة في دائرة التوازي كلما أضيف المزيد من المقاومات؟

32. إذا وصلت مجموعة مقاومات مختلفة في قيمها على التوازي، فكيف تُقارن قيمة كل منها بالمقاومة المكافئة للمجموعة؟

33. لماذا تكون تمديدات أسلاك الكهرباء في المنازل على التوازي، وليس على التوالي؟

34. قارن بين مقدار التيار الداخل إلى نقطة تفرع في دائرة توازي ومقدار التيار الخارج منها (نقطة التفرع نقطة تتصل بها ثلاثة موصلات أو أكثر).

35. وضح كيف يعمل منصهر كهربائي على حماية دائرة كهربائية ما؟

تطبيق المفاهيم

40. إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح فإن التيار يتوقف وستتطفئ المصابيح الأخرى.

41.  $V_B = VR_B / (R_A + R_B)$ ، لذا عندما تزداد  $R_A$  تقل  $V_B$ .

42. في الدائرة A لن يمر تيار في المقاومة. أما في الدائرة B فسيبقى التيار في المقاومة كما هو.

43. إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح فإن

36. ما المقصود بدائرة القصر؟ ولماذا تكون خطيرة؟

37. لماذا يُصمّم الأميتر بحيث تكون مقاومته صغيرة جدًا؟

38. لماذا يُصمّم الفولتметр بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًا؟

39. كيف تختلف طريقة توصيل الأميتر في دائرة كهربائية عن طريقة توصيل الفولتметр في الدائرة نفسها؟

تطبيق المفاهيم

40. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوالي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

41. افترض أن المقاومة  $R_x$  في مجزئ الجهد الموضح في الشكل 4-4 صُممت لتكون مقاومة متغيرة، فإذا يحدث للجهد الناتج  $V_B$  في مجزئ الجهد إذا زاد مقدار المقاومة المتغيرة؟

42. تحتوي الدائرة A على ثلاث مقاومات مقدار كل منها  $60 \Omega$  موصولة على التوالي، أما الدائرة B فتحتوي على ثلاث مقاومات مقدار كل منها  $60 \Omega$  موصولة على التوازي. كيف يتغير التيار المار في المقاومة الثانية في كل دائرة منها إذا قطع مفتاح كهربائي التيار عن المقاومة الأولى؟

43. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوازي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

44. إذا كان لديك بطارية جهدها 6V وعدد من المصابيح جهد كل منها 1.5V، فكيف تصل المصابيح بحيث تضيء، على ألا يزيد فرق الجهد بين طرفي كل منها على 1.5V؟

المقاومة وفرق الجهد خلال المصابيح الأخرى لا تتغير، لذا تبقى تيارات المصابيح الأخرى كما هي.

44. صل أربعة من المصابيح على التوالي.

45. a. المصباح ذو المقاومة الأقل.

## تقويم الفصل 4

**b.** المصباح ذو المقاومة الأكبر.

**46. a.** على التوالي **b.** على التوالي **c.** على التوازي

**d.** على التوالي **e.** على التوازي **f.** على التوالي

**g.** على التوالي **h.** على التوازي **i.** على التوازي

**47.** يسمح المنصهر  $30\text{ A}$  بمرور تيار أكبر في

الدائرة، فتتولد حرارة أكبر في الأسلاك، مما يجعل ذلك خطيراً.

### إتقان حلّ المسائل

#### 4-1 الدوائر الكهربائية البسيطة

**48.**  $12\text{ k}\Omega$

**49.**  $0.40\text{ k}\Omega$

**50. a.**  $0.20\text{ A}$

**b.**  $0.20\text{ A}$

**51.**  $12.4\text{ V}$

**52.**  $4.45\text{ A}$

**53. a.**  $37\ \Omega$

**b.**  $7.4\text{ V}$

**c.**  $0.88\text{ W}$

**d.**  $1.5\text{ W}$

**54. a.**  $11\text{ V}$

**b.**  $7.5\text{ V}$

**c.**  $19\text{ V}$

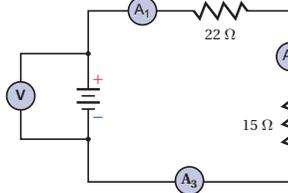
## تقويم الفصل 4

**49.** احسب المقاومة المكافئة للمقاومات التالية:  $680\ \Omega$  و  $1.1\text{ k}\Omega$  و  $10.0\text{ k}\Omega$  إذا وصلت على التوالي.

**50.** إذا كانت قراءة الأميتر 1 الموضح في الشكل 4-14 تساوي  $0.20\text{ A}$ ، فما مقدار:

**a.** قراءة الأميتر 2؟

**b.** قراءة الأميتر 3؟



الشكل 4-14

**51.** إذا احتوت دائرة توال على هبوطين في الجهد  $6.90\text{ V}$  و  $5.50\text{ V}$  فما مقدار جهد المصدر؟

**52.** يمر تياران في دائرة توازي، فإذا كان تيار الفرع الأول  $3.45\text{ A}$  وتيار الفرع الثاني  $1.00\text{ A}$  فما مقدار التيار المار في مصدر الجهد؟

**53.** إذا كانت قراءة الأميتر 1 في الشكل 4-14 تساوي  $0.20\text{ A}$  فما مقدار:

**a.** المقاومة المكافئة للدائرة؟

**b.** جهد البطارية؟

**c.** القدرة المستفيدة في المقاومة  $22\ \Omega$ ؟

**d.** القدرة الناتجة عن البطارية؟

**54.** إذا كانت قراءة الأميتر 2 الموضح في الشكل 4-14 تساوي  $0.50\text{ A}$  فاحسب مقدار:

**a.** فرق الجهد بين طرفي المقاومة  $22\ \Omega$ .

**b.** فرق الجهد بين طرفي المقاومة  $15\ \Omega$ .

**c.** جهد البطارية.

**45.** مصباحان كهربائيان مقاومة أحدهما أكبر من مقاومة الآخر. أجب عما يلي:

**a.** إذا وصل المصباحان على التوازي فأيهما يكون سطوعه أكبر (أي أيهما يستنفد قدرة أكبر)؟

**b.** إذا وصل المصباحان على التوالي فأيهما يكون سطوعه أكبر؟

**46.** اكتب نوع الدائرة المستخدمة (توال أم توازي) فيما يلي:

**a.** التيار متساوي في جميع أجزاء الدائرة الكهربائية.

**b.** المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات المفردة.

**c.** الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة في الدائرة الكهربائية متساوي.

**d.** الهبوط في الجهد في الدائرة الكهربائية يتناسب طردياً مع المقاومة.

**e.** إضافة مقاومة إلى الدائرة تُقلّل المقاومة المكافئة.

**f.** إضافة مقاومة إلى الدائرة يزيد المقاومة المكافئة.

**g.** إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفراً، ولم يمر تيار في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.

**h.** إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفراً، ولم تتغير مقادير التيارات الموجودة في الدائرة.

**i.** هذا النوع من التوصيل مناسب لتمديدات الأسلاك في المنزل.

**47.** منصهرات المنزل لماذا يكون خطيراً استعمال منصهر  $30\text{ A}$  بدلاً من المنصهر  $15\text{ A}$  المستخدم في حماية دائرة المنزل؟

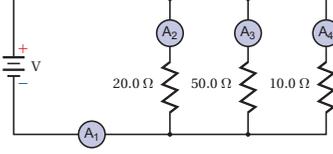
### إتقان حلّ المسائل

#### 4-1 الدوائر الكهربائية البسيطة

**48.** احسب المقاومة المكافئة للمقاومات التالية:  $680\ \Omega$  و  $1.1\text{ k}\Omega$  و  $10\text{ k}\Omega$  إذا وصلت على التوالي.

## تقويم الفصل 4

## تقويم الفصل 4



الشكل 4-17

58. إذا كانت قراءة الأميتر 3 الموضح في الشكل 4-17 تساوي 0.40 A فما مقدار:

- جهد البطارية؟
- قراءة الأميتر 1؟
- قراءة الأميتر 2؟
- قراءة الأميتر 4؟

59. ما اتجاه التيار الاصطلاحي المار في المقاومة  $50.0 \Omega$  الموضح في الشكل 4-17؟

60. إذا كان الحمل الموصول بطرفي بطارية يتكون من مقاومتين  $15 \Omega$  و  $47 \Omega$  موصولتين على التوالي فما مقدار:

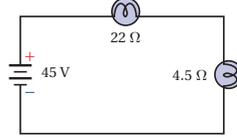
- المقاومة الكلية للحمل؟
- جهد البطارية إذا كان مقدار التيار المار في الدائرة 97 mA؟

61. أنوار الاحتفالات يتكون أحد أسلاك الزينة من 18 مصباحاً صغيراً متماثلاً، موصولة على التوالي بمصدر جهد مقداره 120 V. فإذا كان السلك يستنفد قدرة مقدارها 64 W، فما مقدار:

- المقاومة المكافئة لسلك المصابيح؟
- مقاومة كل مصباح؟
- القدرة المستنفدة في كل مصباح؟

55. وصل مصباحان مقاومة الأول  $22 \Omega$  ومقاومة الثاني  $4.5 \Omega$  على التوالي بمصدر فرق جهد مقداره 45 V، كما هو موضح في الشكل 4-15. احسب مقدار:

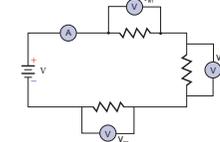
- المقاومة المكافئة للدائرة.
- التيار المار في الدائرة.
- المهبط في الجهد في كل مصباح.
- القدرة المستهلكة في كل مصباح.



الشكل 4-15

56. إذا كانت قراءة الفولتمتر الموضح في الشكل 4-16 تساوي 70.0 V فأجب عن الأسئلة التالية:

- ما مقدار قراءة الأميتر؟
- أي المقاومات أسخن؟
- أي المقاومات أبرد؟
- ما مقدار القدرة المؤددة بواسطة البطارية؟



الشكل 4-16

57. إذا كان جهد البطارية الموضحة في الشكل 4-17 يساوي 110 V، فأجب عن الأسئلة التالية:

- ما مقدار قراءة الأميتر 1؟
- ما مقدار قراءة الأميتر 2؟
- ما مقدار قراءة الأميتر 3؟
- ما مقدار قراءة الأميتر 4؟
- أي المقاومات أسخن؟
- أي المقاومات أبرد؟

55. a.  $26 \Omega$

b. 1.7 A

c. 37 V, 7.7 V

d. 13 W, 63 W

56. a. 2.0 A

b.  $50 \Omega$

c. 15 Ω

d.  $4 \times 10^2 \text{ W}$

57. a. 19 A

b. 5.5 A

c. 2.2 A

d. 11 A

e.  $10.0 \Omega$

f.  $50.0 \Omega$

58. a.  $2.0 \times 10^1 \text{ V}$

b. 3.4 A

c. 1.0 A

d. 2.0 A

59. إلى أسفل.

60. a.  $62 \Omega$

b. 6.0 V

61. a.  $2.3 \times 10^2 \Omega$  أو  $0.23 \text{ k}\Omega$

b. 13 Ω

c. 3.6 W

## تقويم الفصل 4

62. a.  $2.2 \times 10^2 \Omega$

b. 65 W

c. تزداد

63. a.  $8.89 \Omega$

b. 4.50 A

c. 2.50 A

64.  $1.6 \times 10^2 \Omega$

65. a.  $52 \Omega$

b. 110 V

c.  $9.8 \Omega$

d. 96 V

### 4-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

66.  $45.0 \Omega$

67. 360 mW

68. 11 mA

69. 15 mA

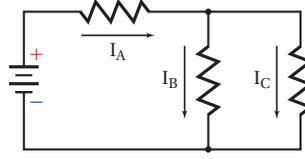
70. a.  $50.0 \Omega$

b. 0.50 A

c. المقاومة  $25.0 \Omega$  هي الأسخن،

والمقاومة  $10.0 \Omega$  هي الأبرد.

## تقويم الفصل 4



الشكل 4-18

67. إذا استغدت كل مقاومة 120 mW فاحسب القدرة الكلية المستغدة.

68. إذا كان  $I_A = 13 \text{ mA}$  و  $I_B = 1.7 \text{ mA}$  فما مقدار  $I_C$ ؟

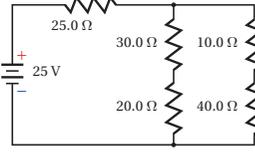
69. بافتراض أن  $I_C = 1.7 \text{ mA}$  و  $I_B = 13 \text{ mA}$ ، فما مقدار  $I_A$ ؟

70. بالرجوع إلى الشكل 4-19 أجب عما يلي:

a. ما مقدار المقاومة المكافئة؟

b. احسب مقدار التيار المار في المقاومة  $25 \Omega$ .

c. أي المقاومات يكون أسخن، وأيها يكون أبرد؟



الشكل 4-19

71. تتكوّن دائرة كهربائية من ستة مصابيح ومدفأة كهربائية موصولة جميعها على التوازي. فإذا كانت قدرة كل مصباح 60 W ومقاومته  $240 \Omega$ ، ومقاومة المدفأة  $10.0 \Omega$ ، وفرق الجهد في الدائرة 120 V فاحسب مقدار التيار المار في الدائرة في الحالات التالية:

a. أربعة مصابيح فقط مضاءة.

b. جميع المصابيح مضاءة.

c. المصابيح الستة والمدفأة جميعها تعمل.

62. إذا احترق فتيل أحد المصابيح في المسألة السابقة، وحدث فيه دائرة قصر، بحيث أصبحت مقاومته صفرًا فأجب عما يلي:

a. ما مقدار مقاومة السلك في هذه الحالة؟

b. احسب القدرة المستغدة في السلك.

c. هل زادت القدرة المستغدة أم نقصت بعد احتراق المصباح؟

63. وصلت مقاومتان  $16.0 \Omega$  و  $20.0 \Omega$ ، على التوازي بمصدر جهد مقداره 40.0 V، احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

b. التيار الكلي المار في الدائرة.

c. التيار المار في المقاومة  $16.0 \Omega$ .

64. صمّم فيصل مجزئ جهد باستخدام بطارية جهدها 12 V ومقاومتين. فإذا كان مقدار المقاومة  $R_B$  يساوي  $82 \Omega$ ، فكم يجب أن يكون مقدار المقاومة  $R_A$  حتى يكون الجهد الناتج عبر المقاومة  $R_B$  يساوي 4.0 V؟

65. انتفاخ يستهلك تلفاز قدرة تساوي 275 W عند وصله بمقبس 120 V.

a. احسب مقاومة التلفاز.

b. إذا شكّل التلفاز وأسلاك توصيل مقاومتها  $2.5 \Omega$  ومنصهر كهربائي دائرة توالي تعمل بوصفها مجزئ جهد، فاحسب الهبوط في الجهد عبر التلفاز.

c. إذا وصل مجفّف شعر مقاومته  $12 \Omega$  بالمقبس نفسه الذي يتصل به التلفاز، فاحسب المقاومة المكافئة للجهازين.

d. احسب الهبوط في الجهد عبر كل من التلفاز، ومجفّف الشعر.

### 4-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

ارجع إلى الشكل 4-18 للإجابة عن الأسئلة 69-66.

66. إذا كان مقدار كل مقاومة من المقاومات الموضحة في الشكل يساوي  $30.0 \Omega$  فاحسب المقاومة المكافئة.

71. a. 2.0 A

b. 3.0 A

c. 15 A

72. نعم. التيار 15 A سيصهر المنصهر 12 A

73. انظر دليل حلول المسائل.

74.  $1.1 \times 10^3$  s

75. a. 0.24 k $\Omega$

b. 0.50 A

c.  $6.0 \times 10^1$  W

مراجعة عامة

76. 8.40 V

77. 13.45 W

78. 15 W

79. 15 W

مراجعة عامة

76. إذا وُجد هبوطان في الجهد في دائرة توالٍ كهربائية مقدارهما: 3.50 V و 4.90 V فما مقدار جهد المصدر؟

77. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاث مقاومات. فإذا كانت القدرة المستنفدة في المقاومات: 5.50 W و 6.90 W و 1.05 W على الترتيب فما مقدار قدرة المصدر الذي يُغذي الدائرة؟

78. وصّلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها  $150 \Omega$ ، على التوالي. فإذا كانت قدرة كل مقاومة 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

79. وصّلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها  $92 \Omega$  على التوازي. فإذا كانت قدرة كل منها 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

80. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاث الموصولة على التوالي، والموضحة في الشكل 4-21، إذا كانت قدرة كل منها 5.0 W



الشكل 4-21

81. احسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة في الدائرة الموضحة في المسألة السابقة.

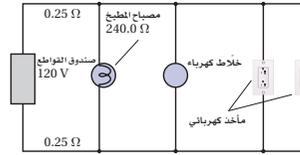
72. إذا احتوت الدائرة الكهربائية في المسألة السابقة على منصهر كهربائي كُتِبَ عليه 12 A فهل ينصهر هذا المنصهر إذا شُغِلت المصابيح الستة والمدفأة؟

73. إذا وُذت خلال اختبار عملي بالأدوات التالية: بطارية جهدها V، وعنصري تسخين مقاومتهما صغيرة يُمكن وضعهما داخل ماء، وأميتر ذي مقاومة صغيرة جداً، وفولتميتر مقاومته كبيرة جداً، وأسلاك توصيل مقاومتهما مهملة، ودورق معزول جيداً سعته الحرارية مهملة، و 0.10 kg ماء درجة حرارته  $25^\circ\text{C}$ ، فوضح بالرسم والرموز كيفية وصل هذه الأدوات معاً لتسخين الماء في أسرع وقت ممكن.

74. إذا تُبِتت قراءة الفولتميتر المستعمل في المسألة السابقة عند 45V، وقراءة الأميتر عند 5.0 A فاحسب الزمن (بالثواني) اللازم لتبخير الماء الموجود في الدورق. (استخدم الحرارة النوعية للماء  $4.2 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ، والحرارة الكامنة لتبخيره  $2.3 \times 10^6 \text{ J/kg}$ )

75. دائرة كهربائية منزلية يوضح الشكل 4-20 دائرة كهربائية منزلية، مقاومة كل سلك من السلكين الواصلين إلى مصباح المطبخ  $0.25 \Omega$ ، ومقاومة المصباح  $0.24 \text{ k}\Omega$ . على الرغم من أن الدائرة هي دائرة توازي إلا أن مقاومة الأسلاك تتصل على التوالي بجميع عناصر الدائرة. أجب عما يلي:

- احسب المقاومة المكافئة للدائرة المتكونة من المصباح وخطي التوصيل من المصباح وإليه.
- أوجد التيار المار في المصباح.
- أوجد القدرة المستنفدة في المصباح.



الشكل 4-20

## تقويم الفصل 4

80.  $7.0 \times 10^1 \text{ V}$

81.  $11 \text{ W}$

82.  $21 \text{ V}$

### التفكير الناقد

83. a.  $R_{eq2} = \frac{R}{2}$

b.  $R_{eq3} = \frac{R}{3}$

c.  $R_{eqN} = \frac{R}{N}$

84. انظر دليل حلول المسائل.

85. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. انظر دليل حلول المسائل.

c. انظر دليل حلول المسائل.

d. انظر دليل حلول المسائل.

86. a.  $0.134 \text{ A}$

b.  $0.395 \text{ W}$

c.  $0.014 \text{ W}$

## تقويم الفصل 4

85. تطبيق المفاهيم صمم دائرة كهربائية يمكنها إضاءة

12 مصباحاً متماثلاً، بكامل شدتها الضوئية الصحيحة بواسطة بطارية جهدتها  $48 \text{ V}$ ، لكل حالة مما يلي:

a. يقتضي التصميم A أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح تبقى المصابيح الأخرى مضيئة.

b. يقتضي التصميم B أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح تضيء المصابيح الأخرى التي بقيت تعمل بكامل شدتها الضوئية الصحيحة.

c. يقتضي التصميم C أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح ينطفئ مصباح آخر.

d. يقتضي التصميم D أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح فيما أن ينطفئ مصباحان أو لا ينطفئ أي مصباح في الدائرة.

86. تطبيق المفاهيم تتكوّن بطارية من مصدر فرق

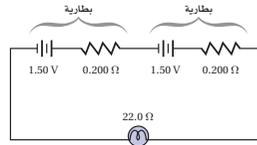
جهد مثالي يتصل بمقاومة صغيرة على التوالي. تنتج الطاقة الكهربائية للبطارية عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث فيها، وينتج أيضًا عن هذه التفاعلات مقاومة صغيرة لا يمكن إلغاؤها بالكامل أو تجاهلها.

فإذا علمت أن مصباحًا كهربائيًا يدويًا يحتوي على بطاريتين موصولتين على التوالي كما هو موضح في الشكل 4-24، وفرق جهد كل منهما يساوي  $1.50 \text{ V}$ ، ومقاومتها الداخلية  $0.200 \Omega$ ، ومقاومة المصباح  $22.0 \Omega$ ، فأجب عمّا يلي:

a. ما مقدار التيار المار في المصباح؟

b. ما مقدار القدرة المستفدة في المصباح؟

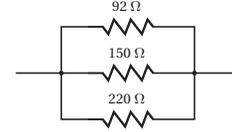
c. إذا أهملت المقاومة الداخلية للبطاريتين فما مقدار الزيادة في القدرة المستفدة؟



الشكل 4-24

82. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن

تطبيقه على المقاومات الثلاث الموصولة على التوازي، والموضحة في الشكل 4-22 إذا كانت قدرة كل منها  $5.0 \text{ W}$



الشكل 4-22

### التفكير الناقد

83. تطبيق الرياضيات اشتق علاقة لحساب المقاومة المكافئة في كل من الحالات التالية:

a. مقاومتان متساويتان موصولتان معًا على التوازي.

b. ثلاث مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي.

c. عدد  $N$  من مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي.

84. تطبيق المفاهيم إذا كان لديك ثلاثة مصابيح كتلك

الموضحة في الشكل 4-23، وكانت قدرتها كما يلي:  $50 \text{ W}$  و  $100 \text{ W}$  و  $150 \text{ W}$ ، فارسم أربعة رسوم تخطيطية جزئية تبين من خلالها فتائل المصابيح، وأوضاع المفاتيح الكهربائية لكل مستوى سطوح، بالإضافة إلى بيان وضع الإطفاء. عنون كل رسم تخطيطي. (ليس هناك حاجة إلى رسم مصدر طاقة).



الشكل 4-23

87. a.  $6.0 \text{ k}\Omega$

b.  $1. 6.0 \text{ k}\Omega$

2.  $18 \text{ k}\Omega$

3.  $2.0 \text{ k}\Omega$

c. لا. يكون المقدار صفر أوم عند أقصى تدرّيج، و  $6 \text{ k}\Omega$  عند منتصف التدرّيج، وما لانهاية  $\Omega$  (أو دائرة مفتوحة) عند صفر التدرّيج.

### الكتابة في الفيزياء

88. يجب أن تتضمن إجابات الطلاب قانون كيرتشفوف الثاني في الجهد؛ الذي يمثل حفظ الطاقة في الدوائر الكهربائية، وقانون كيرتشفوف الأول في التيار؛ الذي يمثل حفظ الشحنة في الدوائر الكهربائية. وينصّ قانون الجهد على أن المجموع الجبري لتغيرات الجهد في مسار مغلق يساوي صفرًا. وينصّ قانون التيار على أن المجموع الجبري للتيارات عند نقطة تفرّع يساوي صفرًا.

### مراجعة تراكمية

89. a.  $\frac{E}{9}$

b.  $3E$

c.  $E/3$

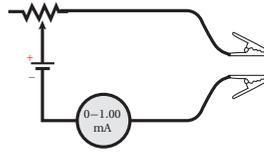
d.  $E$

e.  $E/3$

90.  $5.5 \Omega$

### مراجعة تراكمية

87. تطبيق المفاهيم صُنع أوميتّر بتوصيل بطارية جهدها  $6.0 \text{ V}$  على التوالي بمقاومة متغيرة وأميتّر مثالي، كما هو موضّح في الشكل 4-25، بحيث ينحرف مؤشر الأميتّر إلى أقصى تدرّيج عندما يمرّ فيه تيار مقداره  $1.0 \text{ mA}$ . فإذا وصل المشبكان الموضّحان في الشكل معًا، وضبطت المقاومة المتغيرة بحيث يمرّ تيار مقداره  $1.0 \text{ mA}$ ، فأجب عمّا يلي:
- ما مقدار المقاومة المتغيرة؟
  - إذا وصل المشبكان الموضّحان في الشكل بمقاومة مجهولة فما مقدار المقاومة التي تجعل قراءة الأميتّر تساوي:
    - $0.50 \text{ mA}$
    - $0.25 \text{ mA}$
    - $0.75 \text{ mA}$
  - هل تدرّيج الأميتّر خطّي؟ وضح إجابتك.



الشكل 4-25

### الكتابة في الفيزياء

88. ابحث في قوانين جوستاف كيرتشفوف، واكتب ملخصًا من صفحة واحدة حول كيفية تطبيقها على الأنواع الثلاثة للدوائر الكهربائية الواردة في الفصل.

89. إذا كانت شدة المجال الكهربائي على بُعد  $d$  من شحنة نقطية  $Q$  يساوي  $E$ ، فماذا يحدث لمقدار المجال الكهربائي في الحالات التالية:
- مضاعفة  $d$  ثلاث مرات.
  - مضاعفة  $Q$  ثلاث مرات.
  - مضاعفة كل من  $d$  و  $Q$  ثلاث مرات.
  - مضاعفة شحنة الاختبار  $q$  ثلاث مرات.
  - مضاعفة كل من  $d$  و  $q$  ثلاث مرات.
90. إذا نقص التيار المار في دائرة كهربائية فرق الجهد فيها  $12 \text{ V}$  من  $0.55 \text{ A}$  إلى  $0.44 \text{ A}$ ، فاحسب مقدار التغير في المقاومة.

## اختبار مقنن الفصل 4-

### سَلْم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

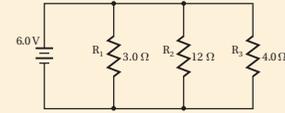
الوصف	العلامات
يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعوق إظهار الفهم الكامل.	4
يُظهر الطالب فهماً للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.	3
يُظهر الطالب فهماً جزئياً للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.	2
يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.	1
يقدم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب على الإطلاق.	0

## اختبار مقنن

### أسئلة الاختيار من متعدد

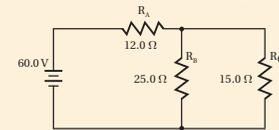
اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي،

استخدم الرسم التخطيطي أدناه الذي يمثل دائرة كهربائية للإجابة عن الأسئلة 1-4.



1. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟  
 (A)  $\frac{1}{19} \Omega$   
 (B)  $1.0 \Omega$   
 (C)  $1.5 \Omega$   
 (D)  $19 \Omega$
2. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟  
 (A)  $0.32 \text{ A}$   
 (B)  $0.80 \text{ A}$   
 (C)  $1.2 \text{ A}$   
 (D)  $4.0 \text{ A}$
3. ما مقدار التيار الكهربائي المار في المقاومة  $R_3$ ؟  
 (A)  $0.32 \text{ A}$   
 (B)  $1.5 \text{ A}$   
 (C)  $2.0 \text{ A}$   
 (D)  $4.0 \text{ A}$
4. ما مقدار قراءة فولتметр يوصل بين طرفي المقاومة  $R_2$ ؟  
 (A)  $0.32 \text{ V}$   
 (B)  $1.5 \text{ V}$   
 (C)  $3.8 \text{ V}$   
 (D)  $6.0 \text{ V}$

استخدم الرسم التخطيطي أدناه الذي يمثل دائرة كهربائية للإجابة عن السؤالين 5 و6.



5. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟  
 (A)  $8.42 \Omega$   
 (B)  $10.7 \Omega$   
 (C)  $21.4 \Omega$   
 (D)  $52.0 \Omega$

### أسئلة الاختيار من متعدد

- |      |      |      |
|------|------|------|
| 3. B | 2. D | 1. C |
| 6. C | 5. C | 4. D |
|      | 8. D | 7. D |

### الأسئلة الممتدة

9. يتعين على حامد فصل 5 مصابيح.

10.  $P = 1.6 \text{ W}, I = 0.20 \text{ A}$

6. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

- (A)  $1.15 \text{ A}$   
 (B)  $2.35 \text{ A}$   
 (C)  $2.80 \text{ A}$   
 (D)  $5.61 \text{ A}$

7. إذا وصل محمود ثمانية مصابيح مقاومة كل منها  $12 \Omega$

على التوالي فما مقدار المقاومة الكلية للدائرة؟

- (A)  $0.67 \Omega$   
 (B)  $1.5 \Omega$   
 (C)  $12 \Omega$   
 (D)  $96 \Omega$

8. أي العبارات التالية صحيحة؟

- (A) مقاومة الأميتر المثالي كبيرة جداً.  
 (B) مقاومة الفولتметр المثالي صغيرة جداً.  
 (C) مقاومة الأميترات تساوي صفراً.  
 (D) تُسبب الفولتترات تغيرات صغيرة في التيار.

### الأسئلة الممتدة

9. يقيم حامد حفلاً ليلياً، ولإضاءة الحفل وصل 15

مصباحاً كهربائياً كبيراً ببطارية سيارة جهدها  $12.0 \text{ V}$ ،

وعند وصل هذه المصابيح بالبطارية لم تُضيء، وأظهرت

قراءة الأميتر أن التيار المار في المصابيح  $0.350 \text{ A}$ ، فإذا

احتاجت المصابيح إلى تيار مقداره  $0.500 \text{ A}$  لكي

تُضيء، فكم مصباحاً عليه أن يفصل من الدائرة؟

10. تحتوي دائرة توالٍ كهربائية على بطارية جهدها  $8.0 \text{ V}$  وأربع

مقاومات:  $R_1 = 4.0 \Omega$  و  $R_2 = 8.0 \Omega$  و  $R_3 = 13.0 \Omega$  و

$R_4 = 15.0 \Omega$ . احسب مقدار التيار الكهربائي المار في

الدائرة، والقدرة المستنفدة في المقاومات؟

### إرشاد

#### خذ قسطاً من الراحة

إذا كان لديك فرصة لأخذ قسط من الراحة في أثناء الاختبار أو كان يمكنك الوقوف فلا تتحرج من ذلك، وانهض من مقعدك وتحرك؛ فإن ذلك يعطيك طاقة إضافية، ويساعدك على عملية تفكيرك. وخلال فترة الاستراحة فكر في شيء آخر غير الاختبار، وبذلك تكون قادراً على أن تبدأ من جديد.

المواد والأدوات	الأهداف
	<b>افتتاحية الفصل</b>
	<b>5-1 المغناط، الدائمة والمؤقتة</b>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>تجربة استهلاكية</b> قضبان مغناطيسيان، وبوصلة.</p> <p><b>تجربة إضافية</b> مغناطيس دائم، وأنبوب اختبار، وبرادة حديد.</p> <p><b>تجربة</b> مصدر قدرة متصل مع ملف، ومسار متوسط الحجم، وخيط طوله 30 cm، وشريط لاصق، ومغناط ذات أشكال مختلفة.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> قلم رصاص، وقرصان مغناطيسيان.</p> <p><b>عرض سريع</b> بوصلة، ومغناطيس دائم محدد القطبين، ومساران.</p>	<p>1. <b>تصف</b> خصائص المغناط ومنشأ المغناطيسية في المواد.</p> <p>2. <b>تقارن</b> بين المجالات المغناطيسية المختلفة.</p>
	<b>5-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية</b>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>مختبر الفيزياء</b> مشابك ورق كبيرة، ومشابك ورق صغيرة، وقطع فولاذية صغيرة، وسلك، ومسار فولاذي، وبطارية 6 V، وبطارية 9 V، ومصدر قدرة مستمر DC.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> بطارية 1.5 V، وسلك، وساعة.</p>	<p>3. <b>تربط</b> بين الحث المغناطيسي واتجاه القوى المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي.</p> <p>4. <b>تحلّ</b> مسائل على القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي في أسلاك يسري فيها تيارات كهربائية أو في جسيمات مشحونة متحركة في مجال مغناطيسي.</p> <p>5. <b>تصف</b> تصميم المحرك الكهربائي ومبدأ عمله.</p>

### طرائق تدريس متنوعة

- 1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم. 2م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط. 3م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	
	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 5.</p> <p>ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133  دليل مراجعة الفصل، ص 136  اختبار قصير 1-5، ص 142  شريحة التدريس 1-5 ص 148  شريحة التدريس 2-5 ص 150  شريحة التدريس 3-5 ص 152  ربط الرياضيات مع الفيزياء  دليل التجارب العملية، ص 41</p>
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 5.</p> <p>دليل مراجعة الفصل، ص 136  اختبار قصير 2-5، ص 143  تعزيز الفهم ص 144  الإثراء، ص 146  شريحة التدريس 4-5 ص 154  ربط الرياضيات مع الفيزياء</p>

#### مصادر التقويم

التقنية	<b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 5
الموقع الإلكتروني	تقويم الفصل 5 ص 156
<a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a>	إختبارات الفيزياء التحضيرية



#### ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تحديد قوى التنافر والتجاذب بين الأقطاب المغناطيسية.
- الربط بين المغناطيسية وكل من الشحنة الكهربائية والتيار الكهربائي.
- وصف كيفية توظيف الكهر ومغناطيسية في التطبيقات العملية.

#### الأهمية

تعَدُّ المغناطيسية أساساً للعديد من التطبيقات التقنية. فالمعلومات على قرص الحاسوب الصلب تخزن بنمط مغناطيسي. قاذف الذرة أنبوب المسارع النووي كالموضَّح في الصورة محاط بمغانط فائقة التوصيل، والجسيمات ذات الطاقة الكبيرة تنتقل في مركز الأنبوب حيث لا يوجد مجال مغناطيسي. وإذا ابتعدت هذه الجسيمات عن مركز الأنبوب فإنها تتلقى دفعةً مغناطيسياً لإبقائها في المركز.

#### فكر

كيف تسبب القوى التي تبذلها المغناط تسارعاً للجسيمات؟ وهل يمكن لأي جسيم أن يتسارع؟

القبر يا  
عبر المواقع الإلكترونية  
www.obekameducation.com

#### نظرة عامة إلى الفصل

في هذا الفصل تمّ تعريف وتوضيح كل من الأقطاب المغناطيسية، والمجالات المغناطيسية، والقوى المغناطيسية. كما تمّ تعزيز فهم العلاقة بين التيار الكهربائي والمجالات المغناطيسية، وكيفية استعمال قواعد اليد اليمنى. وطُرح في البند الثاني موضوع القوى المؤثرة في الأسلاك التي يسري فيها تيارات كهربائية موضوعة في مجال مغناطيسي. كما نوقش أيضاً موضوع القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون متحرك داخل مجال مغناطيسي، ونوقشت كذلك بعض التطبيقات، ومنها مكبرات الصوت، ووسائط التخزين في الحاسوب، ومبدأ عمل المحركات.

#### فكر

للحصول على تصادمات لجسيمات ذرية متحركة بسرعات كبيرة تُسارع الجسيمات المشحونة خلال مُسارع الجسيمات، ويتم ذلك باستخدام مغناط كهربائية تعمل مجالاتها على حَرَف وتركيز حُرْم الجسيمات المشحونة؛ لأن مقادير مجالاتها تتغير في الأوقات المناسبة. وبدراسة مسارات تصادماتها يمكن للفيزيائيين تعرّف طبيعة الجسيمات المكونة لمادة ما.

#### المفردات الرئيسية

- المستقطب
- القاعدة الثانية لليد اليمنى
- المجالات المغناطيسية
- المنطقة المغناطيسية
- التدفق المغناطيسي
- القاعدة الثالثة لليد اليمنى
- الجلفانومتر
- الملف اللولبي
- المحرك الكهربائي
- المغناطيس الكهربائي
- الملف ذو القلب الحديدي

### تجربة استهلاكية

- **الهدف** يعرف الطالب أن المغناطيس يولد مجالاً مغناطيسياً حوله.
- **المواد والأدوات** قضيبان مغناطيسيان، وبوصلة.
- **استراتيجيات التدريس**
- تحقّق أن الأقطاب المغناطيسية واضحة التسمية ومحدّدة بصورة صحيحة؛ لأنه إذا أسقط المغناطيس مرات عديدة يمكن أن تنعكس أقطابه أو يفقد مغنطته.
- شجّع الطلاب على مقارنة ما شاهدوه بما تعلموه عندما درسوا المجالات الكهربائية.
- **النتائج المتوقعة** يولّد المجال المغناطيسي قوة تؤثر في المغناط الأخرى، فتتجاذب الأقطاب المغناطيسية المختلفة، وتتنافر الأقطاب المغناطيسية المتشابهة. وتعتمد شدّة المجال المغناطيسي للمغناطيس على البعد عنه.

## 1. التركيز

### نشاط محفز

**صناعة مغناطيس** استخدم مسدس لحام كهربائياً مزوداً بمفتاح تشغيل لتوضيح إزالة المغناطيسية بواسطة الحرارة. مغنط الجزء الفلزي ملفك براغي بذلك بمغناطيس دائم، ودع الطلاب يشاهدوا قدرته على جذب قطع فلزية صغيرة كالدبابيس. أزل مغنطة الملف كالاتي: شغل مسدس اللحام وأدخل الجزء الفلزي للمفك داخل ملف التسخين. وبعد فترة مناسبة اسحبه قبل فصل مسدس اللحام. سيصبح الملف الآن غير قادر على جذب الأجسام الفلزية؛ لأن مناطق المغناطيسية أصبحت ذات ترتيب عشوائي.

### 1أ بصري-مكاني

### الربط مع المعرفة السابقة

**المجالات والكهرباء التيارية** تعرّف سابقاً على مفهوم المجالات لفهم الجاذبية، واستخدم أيضاً سمة للشحنات الكهربائية الساكنة. ويُناقش في هذا الفصل المجالات المغناطيسية؛ لمساعدتك على توضيح: التجاذب والتنافر، وتوليد التيار الكهربائي، والمحركات، وكذلك يُناقش الكهرباء التيارية أو المتحركة التي نوقشت في الفصلين السابقين.

### تجربة استهلالية

#### في أي اتجاه تؤثر المجالات المغناطيسية؟

**سؤال التجربة** ما اتجاه القوة التي تؤثر في جسم ممغنط موضوع في مجال مغناطيسي؟

#### الخطوات

1. ضع أمامك قضيباً مغناطيسياً أفقياً على أن يكون قطبه الشمالي نحو اليسار.
2. ضع قضيباً مغناطيسياً آخر أفقياً أيضاً عن يسار القضيب الأول وعلى بُعد 5.0 cm منه بحيث يكون متاحاً وضع بوصلة بين القضيبين المغناطيسيين - على أن يكون قطبه الشمالي نحو اليسار أيضاً.
3. ارسم شكلاً توضيحياً لما قمت به على ورقة، وتحقق من تحديد الأقطاب عليه.
4. ضع البوصلة بالقرب من أحد القطبين وارسم الاتجاه الذي يشير إليه سهمها.
5. استمر في تغيير موضع البوصلة نحو القطب الآخر عدة مرات، وفي كل مرة ارسم الاتجاه الذي يشير إليه السهم حتى تحصل على 15-20 سهماً.

6. كرّر الخطوات 5-3 على أن يكون القطبان الشماليان متقابلين في هذه المرة.

#### التحليل

ما الاتجاه الذي يشير إليه الطرف الأحمر لإبرة البوصلة عادة؟ وما الاتجاه الذي يتعد عنه؟ ولماذا قد لا تشير بعض الأسهم إلى أي الموقعين في السؤالين؟

**التفكير الناقد** يسمى المخطط الذي حصلت عليه بعد رسمك للأسهم، المجال المغناطيسي. تذكر المقصود بكل من مجال الجاذبية الأرضية، والمجال الكهربائي، وعرف المجال المغناطيسي.



### 5-1 المغناط: الدائمة والمؤقتة Magnets: Permanent and Temporary

#### الأهداف

- تصف خصائص المغناط ومنشأ المغناطيسية في المواد.
- تقارن بين المجالات المغناطيسية المختلفة.

#### المفردات

- المستقطب
- التدفق المغناطيسي
- الملف اللولبي
- القاعدة الثانية لليد اليمنى
- المجالات المغناطيسية
- القاعدة الأولى لليد اليمنى
- المغناطيس الكهربائي
- المنطقة المغناطيسية

عُرفت المغناط والمجالات المغناطيسية منذ أكثر من 2000 سنة مضت. واستخدم البحارة الصينيون المغناط في صورة بوصلات ملاحية قبل 900 سنة تقريباً. ودرس العلماء منذ القدم وفي أنحاء العالم كافة الصخور المغناطيسية التي تسمى مغناط طبيعية. وللمغناط اليوم أهمية متنامية في حياتنا اليومية؛ فالمولدات الكهربائية، والمحركات الكهربائية البسيطة، وأجهزة التلفاز، وأجهزة العرض التي تعمل بالأشعة المهبطية، وأشرطة التسجيل، ومشغلات الأقراص الصلبة الموجودة داخل أجهزة الحاسوب، جميعها تعتمد على الآثار المغناطيسية للتيارات الكهربائية.

وإذا كنت قد استخدمت البوصلة يوماً ما، أو التقطت الدبابيس أو مشابك الورق بالمغناطيس فقد لاحظت بعض الآثار المغناطيسية. ولربما صنعت مغناطيساً كهربائياً أيضاً، وذلك بلف سلك معزول حول مسبار، ثم وصلت طرفي السلك بطارية. وستكون خصائص المغناط أكثر وضوحاً إذا استخدمت في تجربتك مغناطيسين. ولدراسة المغناطيسية بصورة أفضل يمكنك التجريب بالمغناط، كتلك الموضحة في الشكل 5-1.

**التحليل** يتجه الطرف الشمالي لإبرة البوصلة نحو القطب الجنوبي، وابتعداً عن القطب الشمالي. ويظهر هذا الانحراف بوضوح عندما تكون البوصلة أقرب إلى أحد القطبين من الآخر. أما بين القطبين المتشابهين فقوة التنافر بينهما تولد مجالاً مغناطيسياً عمودياً. التنافر بينهما تولد مجالاً مغناطيسياً عمودياً.

**التفكير الناقد** المجال المغناطيسي كمية متجهة، يظهر في المنطقة التي تؤثر فيها القوة المغناطيسية. وكما كان ممكناً وصف القوى الكهربائية وقوى الجاذبية بواسطة المجال الكهربائي، ومجال الجاذبية على الترتيب، فإنه يمكن تحديد القوى المغناطيسية بواسطة المجالات المغناطيسية الموجودة حول المغناط.

## 2. التدريس

### المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**الفولاذ الممغنط** قد يعتقد الطلاب أن السبائك الفولاذية جميعها يمكنها أن تتمغنط. ضع قطعة فولاذ مقاوم للصدأ أو برغيًا بصورة ملائمة للقطب الشمالي لمغناطيس دائم، واعرض ذلك أمام الطلاب، وافحص لترى ما إذا كان الطرف الآخر للقطعة يعمل بوصفه قطبًا مغناطيسيًا بمحاولة جعله يجذب برادة حديد. افحص أولاً، ستجد أن بعض السبائك المقاومة للصدأ قد تتمغنط، وأن أكثرها أضعف مغناطيسية من سبائك الفولاذ الأخرى.

### الخصائص العامة للمغناطيس

#### General Properties of Magnets

علّق مغناطيسًا بخيط، كما هو موضح في الشكل 2a-5. إذا استخدمت قضيبًا مغناطيسيًا فعليك تعليقه بسلك ينتهي بخطافين لتجعله أفقيًا. عندما يستقر المغناطيس يتخذ اتجاهًا معينًا. حرّك المغناطيس بحيث يشير إلى اتجاه مختلف ثم اتركه. هل استقر القضيب المغناطيسي عند الاتجاه الأول نفسه؟ إذا حدث ذلك فإلى أي اتجاه يشير؟

ستجد أن القضيب المغناطيسي قد استقر في اتجاه شمال - جنوب. اكتب الحرف N عند الطرف الذي يشير إلى اتجاه الشمال بوصفه مرجعًا. يمكنك أن تستنتج من خلال هذه التجربة البسيطة أن المغناطيس مستقطب، أي له قطبان متميزان متعاكسان، أحدهما القطب الباحث عن الشمال، ويسمى القطب الشمالي. والآخر القطب الباحث عن الجنوب، ويسمى القطب الجنوبي. والبوصلة ليست أكثر من مغناطيس صغير حر الدوران.

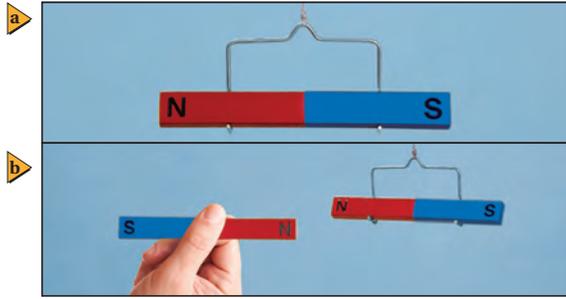
علّق مغناطيسًا آخر بالطريقة نفسها، وحدد القطب الشمالي له كما فعلت مع المغناطيس الأول. ولاحظ تفاعل المغناطيسين؛ وذلك بتقريب أحدهما إلى الآخر، كما هو موضح في الشكل 2b-5. ماذا يحدث عند تقريب القطبين الشماليين أحدهما إلى الآخر؟ حاول ذلك مع الأقطاب الجنوبية. وأخيرًا ماذا يحدث عند تقريب القطبين المختلفين أحدهما إلى الآخر؟

لعلك لاحظت أن القطبين الشماليين يتنافران وكذلك الجنوبيين. ولعلك لاحظت كذلك أن القطب الجنوبي لأحدهما يجذب نحو القطب الشمالي للآخر. أي أن الأقطاب المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب. ولجميع المغناطيس قطبان مختلفان. وإذا قسمت المغناطيس نصفين فسينتج مغناطيسان جديداً، كل منهما له قطبان. وقد حاول العلماء كسر المغناطيس ليفصلوا القطبين أحدهما عن الآخر للحصول على قطب مغناطيسي منفرد، إلا أن أحداً لم ينجح في ذلك حتى على المستوى المجهرى.

وإذا علمنا أن المغناطيس تنظم دائريًا في اتجاه شمال - جنوب فسوف يظهر لنا أن الأرض نفسها مغناطيس عملاق. ولأن الأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب، والقطب المغناطيسي الشمالي لإبرة البوصلة يشير نحو الشمال، لذا يجب أن يكون القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي لها.



الشكل 1-5 المغناطيس الشائعة التي تباع في معظم محال الأدوات المنزلية والمكتبات.



الشكل 2-5 إذا علقت مغناطيسًا بخيط فإن المغناطيس سيخذ اتجاهًا يتناسب مع الخصائص المغناطيسية للأرض (a). سيشير القطب الشمالي للمغناطيس نحو الشمال. وإذا قربت القطب الشمالي للمغناطيس الآخر نحو القطب الشمالي للمغناطيس المعلق سوف يبتعد المغناطيس المعلق (b).

### عرض سريع

#### التنافر المغناطيسي

الزمن المقدر 5 دقائق

**المواد والأدوات** قلم رصاص، وقرصان مغناطيسيان.

**الخطوات** احمِل قلم الرصاص رأسياً، وأدخل القرصين المغناطيسيين في قلم الرصاص بحيث تكون الأقطاب المتشابهة متقابلة، عندها سيطفو المغناطيس العلوي فوق المغناطيس السفلي. اسأل الطلاب: ما الذي يجعل المغناطيس العلوي يطفو؟ تؤثر قوة التنافر بين القطبين المتشابهين كقوة في اتجاهين متعاكسين، ويطفو المغناطيس العلوي في الموقع الذي تكون فيه القوتان في حالة اتزان. اسأل الطلاب: ما الذي يتحكّم في حجم الفجوة بين القرصين؟ قوة الجاذبية وقوة التنافر بين الأقطاب المغناطيسية.

### 1-5 إدارة المصادر

اختبار قصير 1-5، ص 142  
شريحة التدريس 1-5 ص 148  
شريحة التدريس 2-5 ص 150  
شريحة التدريس 3-5 ص 152  
ربط الرياضيات مع الفيزياء

**الملف الخاص** بمصادر الفصول 6-1  
تقويم الفصل 5، ص 156  
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133

## تطوير المفهوم

**القوى المتبادلة** ذكّر الطلاب أن التفاعلات تأتي دائماً في أزواج، فمثلاً إذا أثر قطب مغناطيسي في آخر بقوة فإن القطب الثاني يؤثر في الأول بقوة مساوية للقوة الأولى مقداراً ومعاكسة لها اتجاهًا، ويعدّ هذا مثالاً آخر على القانون الثالث لنيوتن.

## استخدام التشابه

**الممانعة في الدوائر المغناطيسية الدائرة المغناطيسية** هي المسار المغلق الذي يوصف بواسطة التدفق المغناطيسي. الممانعة (في المغناطيسية) تشبه المقاومة (في الكهرباء)، حيث تعدّ الممانعة مقياساً لمقاومة التدفق المغناطيسي الناتج عن دائرة مغناطيسية. والدائرة المغناطيسية تشبه الدائرة الكهربائية المحتوية على مقاومة كهربائية: فالتدفق المغناطيسي والممانعة والقوة الدافعة المغناطيسية في دائرة مغناطيسية تقابل التيار الكهربائي والمقاومة الكهربائية والقوة الدافعة الكهربائية في الدائرة الكهربائية. استخدم المقاومة في دائرة كهربائية لمساعدة الطلاب على فهم الممانعة في الدائرة المغناطيسية. بزيادة المقاومة يقلّ التيار، وعندما تزداد الممانعة فإن شدة المجال المغناطيسي تقلّ.

■ الشكل 3-5 ينجذب المسمار نحو المغناطيس، وفي هذه العملية يصبح المسمار نفسه مغنطاً، ويمكنك أن ترى أنه عندما يحدث تلامس بين المغناطيس والمسما فإن المسما يصبح قادراً على جذب أجسام فلزية أخرى. وعند فصل المسما عن المغناطيس تسقط بعض الأجسام الفلزية؛ وذلك لأن المسما يفقد جزءاً من مغناطيسيته.



**كيف تؤثر المغناطيس في المواد الأخرى** عرفت منذ طفولتك أن المغناطيس تجذب مغناطيس أخرى وبعض الأجسام القريبة، ومنها المسامير والدبابيس ومشابك الورق، والعديد من الأجسام الفلزية الأخرى. وخلافاً للتفاعل بين مغناطيسين فإن أي طرف للمغناطيس يجذب أي طرف لقطعة حديد. فكيف تفسر هذا السلوك؟ أولاً، إذا لامس المغناطيس مساميراً، ثم لامس المسما قطع حديد صغيرة فسيصبح المسما نفسه مغناطيساً، كما هو موضح في الشكل 3-5. فالمغناطيس يجذب المسما ليصبح مستقطباً. ويعتمد اتجاه قطبية المسما على قطبية المغناطيس، وإذا أبعدت المغناطيس فسيقتطع المسما بعضاً من مغناطيسيته، ولن يطول جذبه للأجسام الفلزية الأخرى.

وإذا كررت التجربة الموضحة في الشكل 3-5، ووضعت قطعة من الحديد المطاوع (حديد يحتوي على القليل من الكربون) بدلاً من المسما فستلاحظ أن الحديد المطاوع يفقد كل جاذبيته للأجسام الفلزية الأخرى مباشرة عند إبعاد المغناطيس؛ وذلك لأن الحديد المطاوع مغناطيس مؤقت. أما المسما فيحتوي على معادن أخرى تتيح له الاحتفاظ ببعض مغناطيسيته عند إبعاد المغناطيس الدائم.

**المغناطيس الدائم** تتولد مغناطيسية المغناطيس الدائم بالطريقة نفسها التي تولدت بها مغناطيسية المسما. وبسبب التركيب المجهري للمادة التي يتكون منها المغناطيس فإن المغناطيسية المستحثة تصبح دائمة. يُصنع العديد من المغناطيس الدائمة من سبيكة حديد تحتوي على خليط من الألومنيوم والنيكل والكوبالت. وهناك مجموعة متنوعة من العناصر الترابية النادرة - ومنها النيوديميوم والجادولينيوم - تنتج مغناطيساً دائمة قوية جداً مقارنة بأحجامها.

## المجالات المغناطيسية حول المغناطيس الدائمة

### Magnetic Fields Around Permanent Magnets

عندما تجري تجربة باستخدام مغناطيسين تلاحظ أن القوى بينهما - سواء أكانت قوة تجاذب أو تنافر - تحدث حتى قبل تلامسها.

وبالطريقة نفسها التي وصفت بها قوة الجاذبية والقوة الكهربائية من خلال مجال الجاذبية الأرضية والمجال الكهربائي، يمكن وصف القوى المغناطيسية من خلال المجالات

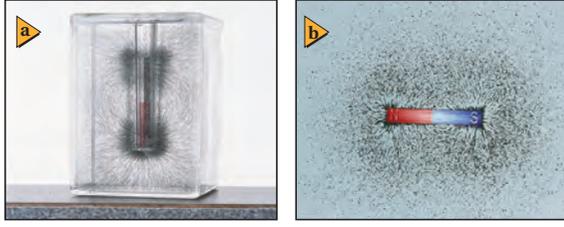
## طرائق تدريس متنوعة

### نشاط

**إعاقة بصرية** اطلب إلى الطلاب حمل مغناطيسين خزينين، ثم تحريكهما معاً أحدهما نحو الآخر، وأن يلاحظوا ما إذا كان هناك قوة تجاذب أم قوة تنافر. إذا كان هناك تنافر فاطلب إليهم أن يصفوا أي تغيير يحدث عند اقتراب المغناطيسين أحدهما إلى الآخر، ثم عكس أحد المغناطيسين ليصبح الوجهان المتقابلان مختلفين، ثم يكرروا ما عملوه. وينبغي أن يلاحظ الطلاب أن القوة ستكون معاكسة للقوة التي لاحظوها في الحالة الأولى، وأسألهم عن إمكانية اعتبار طرف المغناطيس قطباً. **2 م حركي**

## تعزير الفهم

**القطبية الحثية** اطلب إلى الطلاب أن يتذكروا ما يعرفونه عن الشحنات الحثية، ودعهم يرجعوا إلى الفصل الأول "الكهرباء الساكنة"، واطلب إليهم توقع القطبية الحثية لجسم فلزيّ عند تقريبه إلى القطب الشمالي لمغناطيس دائم. **يجب أن يذكروا أن طرف الجسم الفلزيّ القريب إلى القطب الشمالي لمغناطيس دائم سيصبح قطبًا جنوبيًا؛ لأن الأقطاب المختلفة تتجاذب.** 2م



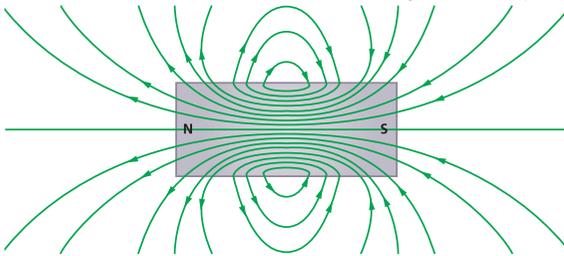
الشكل 4-5 يظهر المجال المغناطيسي لتقطيب مغناطيسي بوضوح في الأبعاد الثلاثة، وذلك عند تعليق المغناطيس في الجليسرول مع برادة الحديد (H)، إلا أنه من الأسهل وضع المغناطيس أسفل ورقة، ثم رش برادة الحديد فوقها لمشاهدة نمط المجال المغناطيسي في بعدين (b).

المغناطيسية المتولدة حول المغناطيس. وهذه المجالات المغناطيسية كميات متجهة توجد في المنطقة التي تؤثر فيها القوة المغناطيسية.

يمكن تمثيل المجال المغناطيسي الموجود حول المغناطيس باستخدام برادة الحديد؛ فكل قطعة صغيرة من برادة الحديد تصبح مغناطيسًا بالحث. وتدور برادة الحديد حتى تصبح موازية للمجال المغناطيسي، مثل إبرة البوصلة تمامًا. ويوضح الشكل 4a-5 برادة الحديد في محلول الجليسرول، وهي تحيط بالتقطيب المغناطيسي. ويمكن ملاحظة صورة ثلاثية الأبعاد للمجال. وفي الشكل 4b-5 ترتب برادة الحديد، وأعطت رسمًا ثنائي الأبعاد للمجال المغناطيسي، ويساعدك ذلك على تصور خطوط المجال المغناطيسي. ويمكن لبرادة الحديد كذلك أن تظهر كيف يتشوّه المجال المغناطيسي بواسطة جسم ما.

**خطوط المجال المغناطيسي** لاحظ أن خطوط المجال المغناطيسي تشبه خطوط المجال الكهربائي في أنها وهمية، وهي تستخدم لتساعدنا على تصور المجال، وتزوّدنا بمقياس لشدة المجال المغناطيسي. ويسمى عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق السطح التدفق المغناطيسي. والتدفق عبر وحدة المساحة يتناسب طرديًا مع شدة المجال المغناطيسي. وكما تلاحظ من الشكل 4-5 فإن معظم التدفق المغناطيسي مركز عند القطبين؛ حيث يكون المجال المغناطيسي عندهما أكبر ما يمكن.

يُعرّف اتجاه خط المجال المغناطيسي بأنه الاتجاه الذي يشير إليه القطب الشمالي لإبرة البوصلة عند وضعها في المجال المغناطيسي. ويحدد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي بحيث تكون خارجة من القطب الشمالي للمغناطيس وداخلية إلى القطب الجنوبي له، كما هو موضح في الشكل 5-5. ماذا يحدث داخل المغناطيس؟ لا توجد أقطاب مفردة تنتهي فيها أو تبدأ منها خطوط المجال المغناطيسي، لذا فهي تكمل دورتها داخل المغناطيس دائريًا من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لتشكّل حلقات مغلقة.



الشكل 5-5 يمكن تصوّر خطوط المجال المغناطيسي على شكل حلقات مغلقة تخرج من القطب الشمالي وتدخل إلى القطب الجنوبي للمغناطيس نفسه لتكمل دورتها إلى القطب الشمالي.

## عرض سريع

### القطبية الحثية

#### الزمن المقدر دقيقتان

#### المواد والأدوات بوصلة، ومغناطيس دائم

محدد القطبين، ومسماران.

#### الخطوات اجعل الرأس المدبب للمسار

المسارين ملامسًا للقطب الشمالي للمغناطيس الدائم، ثم اجعل الطرف غير المدبب للمسار الثاني ملامسًا للقطب الشمالي للمغناطيس.

افحص قطبية المسارين باستخدام البوصلة، وناقش القطبية الحثية. ثم اسأل الطلاب: هل يبقى المسار ممغنطًا بعد فصله عن المغناطيس الدائم؟ سيكون المسار ممغنطًا عندما يكون ملامسًا للمغناطيس الدائم فقط.

## الفيزياء في الحياة

### معلومة للمعلم

**كيف يعمل جهاز الكشف عن الفلزات؟** قبل بدء ترميم المنزل، أو عند تعليق اللوحات الثقيلة، من المهم العثور على المكان المناسب لثبيت المسار في الجدار دون الإضرار بالجدار. من أجل ذلك يستعمل جهاز الكشف عن الفلزات؛ وهو جهاز له القدرة على التمييز بين كثافات مواد البناء المختلفة، ومنها الجدران ودعامات البناء. فلكل مادة منها ثابت عازلية مختلف، لذلك يمكن تحديد المادة التي في الجدار باختلاف السعة. أما الطرز القديمة لجهاز البحث عن الفلزات المغناطيسي فكانت تستخدم مغناطيسًا صغيرًا يمكنه أن يدور، حيث يتجه المغناطيس إلى أعلى عندما يكون فوق فلز (مسار).

## مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 1-5

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

## استخدام الشكل 5-7

أسأل الطلاب كيف تطبق فكرة التنافر في أنظمة النقل لتحسين كفاءة الطاقة؟ تُستخدم في القطارات المغناطيسية مغناط قوية (مغناط كهربائية) لتوليد تنافر مغناطيسي بين القطار والسكة الحديدية، وبذلك نتخلص من التلامس الذي يسبب الاحتكاك بينها. **2م**

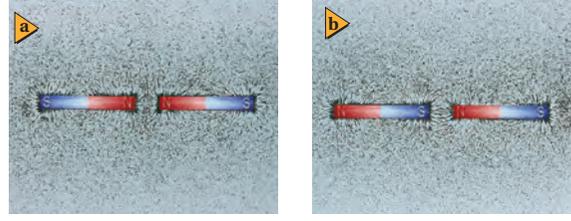
### مسائل تدريبية

1. **a. تنافر**  
**b. تجاذب**
2. جنوبي، شمالي، جنوبي، شمالي
3. الطرف السفلي (الرأس المدب)
4. يُشوّه المجال المغناطيسي الأرضي بواسطة الأجسام المصنوعة من الحديد والنيكل والكوبالت الموجودة على مقربة من البوصلة، ومن خلال خامات هذه الفلزات نفسها.

### المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الفلزات التي تستخدم في العمليات الجراحية ليست ممغنطة تُستخدم الصفائح الفلزية أحياناً لملء عيب في الجمجمة قد ينتج عن الصدمات أو العمليات الجراحية أو أي سبب آخر. قد يعتقد الطلاب - بتأثير بعض كُتّاب القصص الخيالية - أنه يمكن استخدام المجال المغناطيسي لجذب هذه الصفائح، إلا أن هذه الصفائح - مثلها مثل سائر الفلزات الأخرى المستخدمة في الزراعات الجراحية - تكون مصنوعة من التيتانيوم، وهو عنصر غير مغناطيسي.

الشكل 5-6 تبين خطوط المجال المغناطيسي الممثلة ببرادة الحديد أن الأقطاب المتشابهة تتنافر (a)، والأقطاب المختلفة تتجاذب (b). ولا تشكل برادة الحديد خطوطاً متصلة بين الأقطاب المتشابهة. لكنها تبين أن خطوط المجال المغناطيسي تنقل مباشرة بين القطبين الشمالي والجنوبي لمغناطيسين.



ما نوع المجالات المغناطيسية المتكونة بواسطة أزواج من القضبان المغناطيسية؟ يمكن مشاهدة هذه المجالات بوضع مغناطيسين أسفل ورقة، ورش برادة حديد عليها. يبين الشكل 5-6a خطوط المجال بين قطبين متشابهين. وفي المقابل إذا وضع قطبان مختلفان متقاربان فإنهما يكوّنان مجالاً، كما هو موضح في الشكل 5-6b. وتبين برادة الحديد أن خطوط المجال بين قطبين مختلفين تتجه مباشرة من أحد المغناطيسين لتصل إلى الآخر.

**القوى المؤثرة في الأجسام الموضوعة في مجالات مغناطيسية** تؤثر المجالات المغناطيسية بقوى في مغناط أخرى؛ فالمجال المغناطيسي الناتج عن القطب الشمالي لمغناطيس يدفع القطب الشمالي لمغناطيس آخر بعيداً في اتجاه خط المجال، والقوى الناتجة عن المجال نفسه والمؤثرة في قطب جنوبي لمغناطيس آخر تجذبه في عكس اتجاه خطوط المجال. وفي الوقت نفسه فإن المغناطيس الثاني يحاول أن يصطف أو يترتب مع المجال، كما في إبرة البوصلة.

عندما توضع عينة مصنوعة من الحديد أو الكوبالت أو النيكل في المجال المغناطيسي لمغناطيس دائم تصبح خطوط المجال أكثر كثافة خلال هذه العينة، وتمغنط بالحث وتبدو خطوط المجال كأنها تخرج من القطب الشمالي للمغناطيس وتدخل أحد طرفي العينة، وتخرج من الطرف الآخر للعينة، ولذلك يكون طرف العينة القريب من القطب الشمالي للمغناطيس قطباً جنوبياً، فتتجذب العينة نحو المغناطيس.

### مسائل تدريبية

1. إذا حملت قضيبين مغناطيسيين على راحتي يديك، ثم قربت يديك إحداهما إلى الأخرى فهل ستكون القوة تنافراً أم تجاذباً في كل من الحالتين الآتيتين؟  
**a.** تقرب القطبين الشماليين أحدهما إلى الآخر.  
**b.** تقرب القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي.
2. يبين الشكل 5-7 خمسة مغناط في صورة أقراص مثقوبة بعضها فوق بعض. فإذا كان القطب الشمالي للقرص العلوي متجهاً إلى أعلى فما نوع القطب الذي يكون نحو الأعلى لكل من المغناط الأخرى؟
3. يجذب مغناطيس مساسراً، ويجذب المسار بدوره قطعاً صغيرة، كما هو موضح في الشكل 5-3. فإذا كان القطب الشمالي للمغناطيس الدائم عن اليسار كما هو موضح فأأي طرفي المسار يمثل قطباً جنوبياً؟
4. لماذا تكون قراءة البوصلة المغناطيسية غير صحيحة أحياناً؟



الشكل 5-7

### مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

### نشاط

**استخدام جهاز عرض الشفافيات** اسمح للطلاب بمراقبة وتقديم عروض وتجارب بالمغناطيسية والكهر ومغناطيسية باستعمال جهاز عرض الشفافيات. لحماية الجهاز من التلف ضع فوق شاشته ورقة شفافة، وذلك قبل وضع المغناط أو برادة حديد أو أسلاك عليه. اثن جزءاً من السلك الخاص بجهاز عرض الشفافيات، ومرره على شاشة الجهاز. استخدم بوصة حافظتها شفافة، ثم اطلب إلى الطلاب توقع ما يحدث لإبرة البوصلة، وكيف تتحرك عند تمريرها فوق سلك الجهاز الذي يسري فيه تيار كهربائي. **ستتحرك الإبرة.** دعهم يمرّروا البوصلة فوق الأسلاك الكهربائية الأخرى الموصولة بالتيار، وأخرى غير موصولة بالتيار، ليشاهدوا اختلاف حركة الإبرة الممغنطة. **1م بصري-مكاني**

## المناقشة

**سؤال** لاحظ أورشند انحراف إبرة البوصلة استجابة لمرور تيار كهربائي في سلك مجاور لها. كيف يمكن أن تتغير ملاحظة أورشند إذا استخدم مقاومة متغيرة موصولة على التوالي مع السلك ومصدر القدرة؟

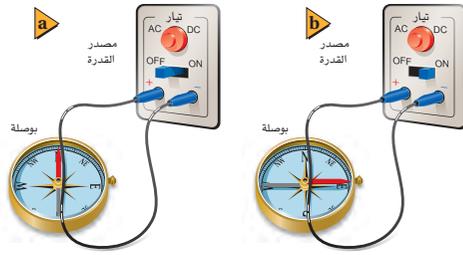
**الإجابة** يمكن أن يلاحظ وجود علاقة بين مقاومة الدائرة ومقدار انحراف الإبرة، وقد يستنتج أن هناك علاقة غير مباشرة بين مقدار المقاومة ومقدار الانحراف ووجود علاقة مباشرة بين مقدار التيار والانحراف. **2م**

## التفكير الناقد

**المجالات المتغيرة بانتظام** اطلب إلى الطلاب توقع ما يحدث لقضيب من الحديد عند وضعه في مجال مغناطيسي متغير القطبية بانتظام، ثم اطلب إليهم أن يتوسّعوا، بأن يفترضوا أن المناطق المغناطيسية تقاوم إعادة التوجيه.

سيعاد ترتيب المناطق المغناطيسية بانتظام باستخدام المجال المتغير. ولأن المناطق المغناطيسية تقاوم هذا التغير فسترى أن حرارة تنتج بسبب الاحتكاك، تمامًا كما تنتج الحرارة في الأنظمة الميكانيكية. وتسمى الحرارة الناتجة عن إعادة ترتيب المناطق المغناطيسية التخلف المغناطيسي.

يستخدم مصممو المحركات والمحولات سبيكة السليكون والفولاذ للتقليل من تأثير التخلف المغناطيسي، ولأن المناطق المغناطيسية في الفولاذ والسليكون تسهل إعادة توجيهها فإنها لا تصلح أن تكون مغناط دائمة. **2م** منطقي-رياضي



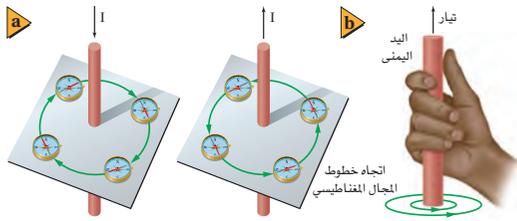
**الشكل 8-5** باستخدام أدوات مماثلة لتلك الموضحة في الشكل (a) تمكن أورشند من توضيح العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية، وذلك بتمرير تيار كهربائي في السلك (b).

## الكهرومغناطيسية Electromagnetism

أجرى الفيزيائي الدنماركي هانز كريستيان أورشند عام 1820م تجارب على التيارات الكهربائية المارة في الأسلاك، فوضع سلكًا فوق محور بوصلة صغيرة، وأوصل نهايتي السلك بدائرة كهربائية مغلقة، كما هو موضح في الشكل 8a-5. وكان يتوقع أن تشير البوصلة إلى اتجاه السلك أو اتجاه سريان التيار، لكن بدلاً من ذلك تعجب لرؤية إبرة البوصلة تدور لتصبح في اتجاه عمودي على السلك، كما هو موضح في الشكل 8b-5. أي أن القوى المؤثرة في قطبي مغناطيس البوصلة كانت متعامدة مع اتجاه التيار داخل السلك. ووجد أورشند أيضًا أنه لو لم يكن هناك تيار في السلك لما كان هناك قوى مغناطيسية.

إذا انحرفت إبرة البوصلة عند وضعها بالقرب من سلك يحمل تيارًا وجب أن يكون ذلك ناتجًا عن مجال مغناطيسي ولده التيار الكهربائي. ويمكنك بسهولة ملاحظة المجال المغناطيسي حول سلك يحمل تيارًا عن طريق إنفاذ سلك رأسيًا خلال قطعة كرتون أفقية، ورش برادة حديد عليها. فعند مرور التيار في السلك ستلاحظ أن برادة الحديد تترتب وتشكل نمطًا في صورة دوائر متحدة المركز حول السلك، كما هو موضح في الشكل 9-5.

تشير الخطوط الدائرية إلى أن خطوط المجال المغناطيسي حول السلك الطويل (لانهاضي) الذي يسري فيه تيار كهربائي تشكل حلقات مغلقة بالطريقة نفسها التي تشكل بها خطوط المجال المغناطيسي حلقات مغلقة حول المغناط الدائمة. وتتناسب شدة المجال المغناطيسي المتولد حول سلك مستقيم وطول تردّيًا مع مقدار التيار المار في السلك، وعكسيًا مع البعد عنه. وتبين البوصلة اتجاه خطوط المجال. وإذا عكس اتجاه التيار فستعكس إبرة البوصلة اتجاهها أيضًا، كما هو موضح في الشكل 10a-5.



**الشكل 10-5** ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك موصل مستقيم عندما ينعكس اتجاه التيار المار فيه (a). ويُحدد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن سلك مستقيم يحمل تيارًا باستخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى (b).

## الفيزياء في الحياة

### معلومة للمعلم

**قانون أمبير** يمكن حساب شدة المجال المغناطيسي الناتج عن سلك يمر فيه تيار باستخدام قانون أمبير. ولتحقيق ذلك، فكّر في سطح تخيّل يمرّ خلاله تيار. إن حاصل ضرب مقدار المجال المغناطيسي في طول حافة السطح (بدقة أكبر، مجموع  $B \Delta l \cos \theta$  حول حافة السطح) سيساوي مقدار التيار المار في السلك. ويعدّ قانون أمبير مفيدًا في حالة الموصلات ذات التماثل الهندسي فقط. ويمكن استخدامه لحساب المجال الناتج عن سلك طويل ( $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ، حيث تمثل  $r$  البعد عن السلك)، أو المجال المغناطيسي في مركز حلقة دائرية ( $B = \frac{\mu_0 I}{2a}$ ، حيث تمثل  $a$  نصف قطر الحلقة)، أو المجال داخل ملفّ لولبي طويل جدًا ( $B = \mu_0 IN$ ، حيث تمثل  $N$  عدد اللّفات لكل متر).

## تطبيق الفيزياء

يمكن السيطرة على الرفع والإفلات في الروافع الكهرومغناطيسية. وتستخدم هذه الروافع لرفع السيارات والشاحنات المحطمة في مكاب النفايات من بين كثير من الأشياء. حفّز الطلاب على بناء رافعة كهرومغناطيسية تعمل على رفع سيارات ألعاب - بعض أجزائها مصنوع من الحديد- وإفلاتها.

### تعزير الفهم

شدة المجال المغناطيسي اطلب إلى الطلاب تحديد العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي بالقرب من ملف لولبي. ينبغي أن يحدّدوا العوامل الآتية: مقدار التيار المار في الملف، وعدد لفّات الملف، ونوع مادة قلب الملف، والبعد عنه. 2م

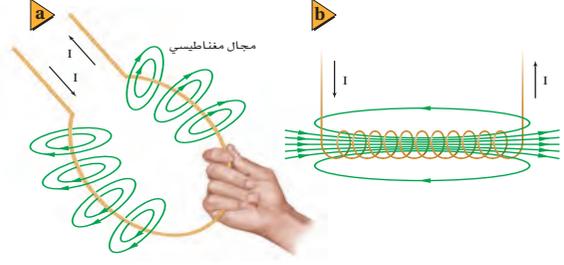
### تجربة إضافية

#### المناطق المغناطيسية

الهدف يوضح الطالب أن الأجسام الممغنطة تكون مناطقها المغناطيسية مرتبة بانتظام، أمّا الأجسام غير الممغنطة فتحتوي على مناطق عشوائية الترتيب. المواد والأدوات مغناطيس دائم، وأنبوب اختبار، وبرادة حديد.

الخطوات مغنط برادة الحديد في أنبوب الاختبار عن طريق ذلك أنبوب الاختبار بالمغناطيس، واستخدم البوصلة لتبيّن أن الأنبوب أصبح ممغنطاً. رجّ الأنبوب واستخدم البوصلة لتبيّن أن الأنبوب أصبح غير ممغنط.

التقويم اطلب إلى الطلاب توقّع ما يحدث إذا قلبوا المغناطيس الدائم قبل الدلك. ستتحرف البوصلة في اتجاه معاكس.



الشكل 11-5 يمكن تمثيل المجال المغناطيسي حول حلقة سلكية تحمل تياراً باستخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى (a). يولد التيار المار في الملف اللولبي مجالاً مغناطيسياً، بحيث يضاف مجال كل لفّة إلى مجالات اللفّات الأخرى (b).

تستخدم القاعدة الأولى لليد اليمنى في تحديد اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي. تخيل أنك تمسك بيدك اليمنى قطعة من سلك معزول. اجعل إبهامك في اتجاه التيار الاصطلاحي. ستشير أصابعك التي تدور حول السلك إلى اتجاه المجال المغناطيسي، كما هو موضح في الشكل 10b-5.

### تطبيق الفيزياء

الكهرومغناطيسية تستخدم الكهرومغناطيسية غالباً في روافع نقل الحديد والفولاذ في مواقع الصناعات. والمغناطيس الذي يعمل بفرق جهد 230 V وتيار 156 A يمكن أن يرفع كتلة مقدارها 11300 kg.

تجربة عملية  
كيف يولد التيار الكهربائي مجالاً مغناطيسياً قوياً؟  
ارجع إلى دليل التجارب العملية

**المجال المغناطيسي بالقرب من ملف** يولد التيار الكهربائي المار في حلقة سلكية مجالاً مغناطيسياً حول جميع أجزاء الحلقة. وعند تطبيق القاعدة الأولى لليد اليمنى على أي جزء من أجزاء الحلقة السلكية ستجد أن اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقة يكون دائرياً في الاتجاه نفسه. ففي الشكل 11a-5 يكون اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقة خارجاً من الصفحة، أما اتجاه المجال المغناطيسي خارج الحلقة فيكون دائرياً داخلياً إلى الصفحة. وعند لفّ السلك عدة لفّات لتكوين ملف لولبي، ثم تمرير تيار في الملف، يكون اتجاه المجال حول جميع اللفّات في الاتجاه نفسه، كما هو موضح في الشكل 11b-5. ويسمى الملف اللولبي المكوّن من عدة لفّات الملف اللولبي (المحث)، ويكون المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي مساوياً لمجموع المجالات الناتجة عن لفّاته. وعندما يسري تيار في ملف سلكي يصبح هذا الملف مجال مغناطيسي يشبه المجال الناتج عن مغناطيس دائم. وعند تقريب الملف الذي يسري فيه تيار من مغناطيس معلق فإن أحد طرفي الملف سيتنافر مع القطب المائل له من المغناطيس، وهذا يعني أن الملف الذي يسري فيه تيار يمثل مغناطيساً له قطبان، شمالي وجنوبي. ويسمى المغناطيس الذي ينشأ عن سريان تيار كهربائي في ملف المغناطيس الكهربائي. وتتناسب شدة المجال المغناطيسي الناتج في ملف طردياً مع مقدار التيار المار فيه ومع عدد لفّاته؛ ذلك لأن المجالات المغناطيسية لللفّات متساوية، وتكون هذه المجالات في الاتجاه نفسه.

يمكن زيادة قوة المغناطيس الكهربائي أيضاً عن طريق وضع قضيب حديدي (قلب) داخل الملف؛ حيث يدعم هذا القلب المجال المغناطيسي ويقويه. فيعمل القلب على زيادة المجال المغناطيسي؛ لأن مجال الملف اللولبي يولّد مجالاً مغناطيسياً مؤقتاً في القلب، تماماً كما يعمل المغناطيس الدائم عند تقريبه إلى قطعة حديد.

### الخلفية النظرية للمحتوى

#### معلومة للمعلم

تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي يمكن استخدام تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي لدراسة تشريح جسم الإنسان. ولتوضيح هذا يوضع المريض في مجال مغناطيس كبير ومرکز (مقداره I T تقريباً)، حيث يعمل هذا المجال على ترتيب نوى الهيدروجين في الجسم، ثم توجّه إلى الجسم نبضة بسيطة ذات تردد راديوي تعمل على إمالة النوى، وتجعلها تسلك سلوك البلبل الدوّار. يعدّل المجال المغناطيسي الرئيس لتصبح فقط النوى الموجودة في جزء معين من الجسم في المجال الصحيح لتمتصّ طاقة النبضة. وتطلق هذه النوى موجات ذات تردد راديوي يتمّ التقاطها بمستقبلات حساسة، ثم يعدّل المجال بحيث يصبح جزء آخر من الجسم في المجال الصحيح، وتتوالى التعديلات حتى تصبح المنطقة المستهدفة مغطاة بالكامل.

5. a. من الجنوب إلى الشمال  
b. غرباً

6. a. المجال المغناطيسي على بُعد 1 cm سيكون أقوى مرتين.

- b. المجال المغناطيسي على بُعد 1 cm سيكون أقوى ثلاث مرات.

7. الرأس المدب.

8. استخدام قضيب الحديد. سينجذب الحديد نحو المغناطيس الدائم، وسيكتسب خصائص المغناطيس، بينما لا يكتسبها كل من الزجاج والألومنيوم.

9. نعم، نصل المقاومة المتغيرة على التوالي مع مصدر القدرة والملف، ثم نضبط المقاومة المتغيرة ونعدّلها؛ فالمقاومة الأكبر ستقلل مقدار المجال.

### تجربة

#### المجالات المغناطيسية ثلاثية الأبعاد

الهدف يحدد الطالب شكل المجال المغناطيسي ويخطّطه في الأبعاد الثلاثة.

المواد والأدوات مصدر قدرة متّصل مع ملف، ومسمار متوسط الحجم، وخيط طوله 30 cm، وشريط لاصق، ومغانط ذات أشكال مختلفة.

النتائج المتوقعة سيلاحظ الطلاب أن الرأس المدبّ سيّتجه نحو أحد قطبي المغناطيس الدائم ويتعد عن القطب الآخر.

#### التحليل والاستنتاج

3. يتّجه المسمار باستمرار نحو القطب نفسه لكل مغناطيس.

4. ستختلف الرسوم، ولكن يجب أن تتّجه خطوط المجال جميعها من أحد القطبين (الشمال) إلى الآخر (الجنوبي).



الشكل 12-5 تستخدم القاعدة الثانية لليد اليمنى في تحديد قطبية المغناطيس الكهربائي.

وتستخدم القاعدة الثانية لليد اليمنى في تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن مغناطيس كهربائي بالنسبة إلى اتجاه سريان التيار الاصطلاحي. تخيل أنك تمسك بيدك اليمنى ملفاً معزولاً، فإذا دوّرت أصابعك حول الحلقات في اتجاه سريان التيار الاصطلاحي، كما هو موضح في الشكل 12-5، فسيشير إبهامك نحو القطب الشمالي للمغناطيس الكهربائي.

### مسائل تدريبية

5. يسري تيار كهربائي في سلك مستقيم طويل من الشمال إلى الجنوب. أجب عما يأتي:

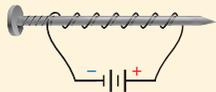
a. عند وضع بوصلة فوق السلك لوحظ أن قطبها الشمالي اتجه شرقاً. ما اتجاه التيار في السلك؟

b. إلى أي اتجاه تشير إبرة البوصلة إذا وضعت أسفل السلك؟

6. ما شدة المجال المغناطيسي على بعد 1 cm من سلك يسري فيه تيار، مقارنة بما يأتي:

a. شدة المجال المغناطيسي على بعد 2 cm من السلك.

b. شدة المجال المغناطيسي على بعد 3 cm من السلك.



الشكل 13-5

7. صنع طالب مغناطيساً بلف سلك حول مسمار، ثم وصل طرفي السلك بطارية، كما هو موضح في الشكل 13-5. أيّ طرفي المسمار (المدب أم المسطح) سيكون قطباً شمالياً؟

8. إذا كان لديك بكرة سلك وقضيب زجاجي وقضيب حديدي وآخر من الألومنيوم، فأى قضيب تستخدم لعمل مغناطيس كهربائي يجذب قطعاً فولاذية؟ وضح إجابتك.

9. يعمل المغناطيس الكهربائي الوارد في المسألة السابقة جيداً، فإذا أردت أن تجعل قوته قابلة للتعديل والضبط باستخدام مقاومة متغيرة فهل ذلك ممكن؟ وضح إجابتك.

### الصورة المجهرية للمواد المغناطيسية

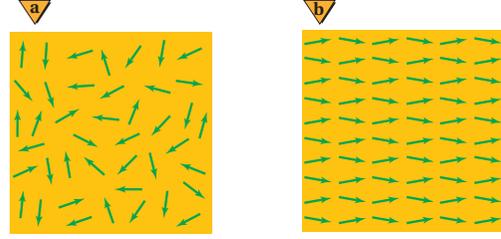
#### A Microscopic Picture of Magnetic Materials

تعلمت أنه عند وضع قطعة حديد أو كوبالت أو نيكل بالقرب من مغناطيس فإن العنصر يصبح مغناطيساً أيضاً، وسيكون له قطبان، شمالي وجنوبي، إلا أن هذه المغنطة تكون مؤقتة. ويعتمد توليد هذه القطبية المؤقتة على اتجاه المجال الخارجي. ويفقد العنصر مغناطيسيته عند إبعاد المجال الخارجي. وتسلك العناصر الثلاثة (الحديد والنيكل والكوبالت) سلوك مغناطيس كهربائي بطرائق عديدة؛ إذ لها خاصية تسمى الفرومغناطيسية.

### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 2-5

الموقع الإلكتروني www.obekaneducation.com.sa



الشكل 14-5 قطعة الحديد (a) تصبح مغناطيسياً فقط عندما تترتب مناطقها المغناطيسية في اتجاه واحد (b).

**المناطق المغناطيسية** على الرغم من أن التفصيلات التي اقترحها أمبير حول منشأ مغناطيسية المغناطيس كانت غير صحيحة إلا أن فكرته الأساسية كانت صائبة؛ فكل إلكترون في الذرة يشبه مغناطيساً كهربائياً صغيراً. وعندما تترتب مجموعة المجالات المغناطيسية الخاصة بالكثرتوات الذرات المتجاورة في الاتجاه نفسه تسمى هذه المجموعة المنطقية المغناطيسية. وعلى الرغم من أن هذه المجموعة قد تحتوي  $10^{20}$  ذرة مفردة، إلا أن المناطق المغناطيسية تبقى صغيرة جداً ومحدودة (غالباً من 10 إلى 1000 ميكرون)، لذا فإن عينة صغيرة من الحديد تحتوي على عدد هائل من المناطق المغناطيسية.

عندما لا تكون قطعة الحديد داخل مجال مغناطيسي فإن المناطق المغناطيسية تكون في اتجاهات عشوائية، وتلغي مجالاتها المغناطيسية بعضها بعضاً، كما في الشكل 14a-5. أما عندما توضع قطعة الحديد داخل مجال مغناطيسي فإن هذه المناطق المغناطيسية تترتب بفعل المجال الخارجي لتصبح متفقة معه في الاتجاه، كما هو موضح في الشكل 14b-5. وفي حالة المغناطيس المؤقت تعود المناطق إلى عشوائيتها بعد إزالة المجال المغناطيسي الخارجي. وللحصول على مغناطيس دائم يتم خلط الحديد مع مواد أخرى لإنتاج سبائك تحافظ على المناطق المغناطيسية مرتبة بعد إزالة تأثير المجال المغناطيسي الخارجي.

**التسجيل في الوسانط** تتكون رؤوس التسجيل في المسجلات الصوتية وأجهزة الفيديو من مغناطيس كهربائية. وهذه المسجلات تولد نبضات وإشارات كهربائية تنتج تيارات كهربائية في رأس التسجيل، فيعمل على توليد مجالات مغناطيسية تمثل الصوت والصورة المراد تسجيلها. وعندما يمر شريط التسجيل المغناطيسي الذي يحتوي على قطع صغيرة جداً من مواد مغناطيسية فوق رأس التسجيل، تترتب المناطق المغناطيسية لهذه القطع بواسطة المجالات المغناطيسية لرأس التسجيل، وتعتمد اتجاهات ترتيبها واصطفاف المناطق المغناطيسية على اتجاه التيار المار برأس التسجيل، وبذلك تصبح تلك المناطق المغناطيسية تسجيلاً مغناطيسياً للصوت والصورة المسجلين. وتسمح المادة المغناطيسية الموجودة على الشريط البلاستيكي للمناطق المغناطيسية بالمحافظة على ترتيبها، إلى أن يتم تطبيق مجال مغناطيسي قوي يكفي لتغييرها مرة أخرى. وعند تشغيل الشريط وإعادة قراءته تنتج إشارة بواسطة التيارات المتولدة عند مرور رأس التسجيل فوق الجسيمات المغناطيسية على

## مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 3-5

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

### متقدم

### نشاط

**تمييز قطعة حديد ممغنطة دون استخدام مغناطيس** أسأل الطلاب: كيف يمكنهم تمييز قطع الحديد الممغنطة من القطع غير الممغنطة باستخدام قطع الحديد فقط؟ قطع الحديد الممغنطة فقط ستظهر قوة تنافر، وقد تبدأ العملية باختيار أيّ قطعتين عشوائياً، ثم تقرب طرفي القطعتين إحداها نحو الأخرى، ثم تعكس طرفي إحداها، فإذا حدث تنافر بين القطعتين فذلك يشير إلى أن القطعتين مغناطيسان دائماً. ثم تختبر سائر القطع بتقريب طرفي كل منها إلى أحد طرفي القطعة الممغنطة (إحدى القطعتين السابقتين). ستظهر القطعة غير الممغنطة تجاذباً عند كلا طرفيها. وإذا كانت القطعتان المختارتان غير ممغنطتين فلن يحدث أي تجاذب أو تنافر عند التقريب بين أي من أطرافها. **3م حركي**

### 3. التقويم

#### التحقق من المفهم

الأقطاب المغناطيسية للأرض يُسمّى طرف إبرة البوصلة المتجه نحو الشمال الجغرافي القطب الباحث عن الشمال أو القطب الشمالي، ويتم تمييزه عادة باللون الأحمر. اطلب إلى الطلاب استخلاص النتائج حول مطابقة موقع الأقطاب المغناطيسية للأرض، ثم اسألهم كيف يستخدمون البوصلة للتحقق من صحّة القاعدة الثانية لليد اليمنى. 2م

#### التوسع

مسببات فقدان المغناطيسية اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا لماذا يمكن أن تؤدّي الحرارة والطّرق إلى نقصان المغنطة؟ سيؤدّي الطّرق وكذلك درجات الحرارة الكبيرة إلى فقدان ترتيب المناطق المغناطيسية. وتُسمّى درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة الفرومغناطيسية في فقدان مغناطيسيتها الدائمة "درجة حرارة كوري". 2م

الشريط، وترسل هذه الإشارة إلى مضخم وإلى زوج من مكبرات الصوت أو ساعات الأذن. وعند استعمال شريط مسجّل عليه سابقاً لتسجيل أصوات جديدة ينتج رأس المحور مجالاً مغناطيسياً متناوباً بصورة سريعة يعمل على بعثرة اتجاهات المناطق المغناطيسية على الشريط.

**التاريخ المغناطيسي للأرض** تسجل الصخور التي تحتوي على الحديد تاريخ اختلاف اتجاهات المجال المغناطيسي الأرضي؛ فصخور قاع البحر نتجت عن اندفاع صخور منصهرة من شقوق في قاع المحيط، وعندما بردت تمغنطت في اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي في ذلك الزمن. ونتيجة للتوسع في قاع البحر فإن الصخور الأبعد عن الشقوق تعد أقدم من الصخور القريبة من الشقوق. وقد تفاجأ العلماء الأوائل الذين فحصوا صخور قاع البحر عندما وجدوا أن اتجاه المغنطة في الصخور المختلفة متغير ومتنوع، وخلصوا من خلال بياناتهم إلى أن القطبين المغناطيسيين للأرض قد تبادلا موقعيهما عدة مرات على مر العصور في تاريخ الأرض. وأصل المجال المغناطيسي للأرض ومنشؤه غير مفهوم بصورة جيدة حتى الآن، كما تعدّ كيفية انعكاس اتجاه هذا المجال لغزاً حتى يومنا هذا.

#### 1-5 مراجعة

10. المجالات المغناطيسية هل المجال المغناطيسي حقيقي أم مجرد وسيلة من النمذجة العلمية؟
11. القوى المغناطيسية اذكر بعض القوى المغناطيسية الموجودة حولك. كيف يمكنك عرض تأثيرات هذه القوى؟
12. اتجاه المجال المغناطيسي صف قاعدة اليد اليمنى المستخدمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يمر فيه تيار كهربائي.
13. المغناطيس الكهربائي وضعت قطعة زجاج رقيقة وشفافة فوق مغناطيس كهربائي نشط، ورش فوقها برادة الحديد فترتبت بنمط معين. إذا أعيدت التجربة بعد عكس قطبية مصدر الجهد فما الاختلافات التي ستلاحظها؟ وضّح إجابتك.
14. التفكير الناقد تخيل لعبة داخلها قضيبان فلزيان متوازيان وضعا بصورة أفقية أحدهما فوق الآخر، وكان القضيب العلوي حر الحركة إلى أعلى وإلى أسفل.
  - a. إذا كان القضيب العلوي يطغو فوق السفلي، وعكس اتجاهه فإنه يسقط نحو القضيب السفلي. وضّح لماذا قد يسلك القضيبان هذا السلوك؟
  - b. افترض أن القضيب العلوي قد فُقد وحل محله قضيب آخر. في هذه الحالة يسقط القضيب العلوي نحو القضيب السفلي مهما كان اتجاهه. فما نوع القضيب الذي استعمل؟

الفيزياء  عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 1-5 مراجعة

10. خطوط المجال ليست حقيقية. أمّا المجال فهو حقيقي.
11. قد تختلف إجابات الطلاب، ويجب أن تتضمن الإجابات المغناطيسية الموجودة على أبواب الثلاجة، والمجال المغناطيسي الأرضي. ويمكن عرض تأثير هذه القوى عن طريق إحضار مغناطيس آخر أو مادة يمكن مغنطتها بالقرب منها.
12. إذا قبضت على السلك بيدك اليمنى وجعلت إبهامك يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحيّ فسوف يشير انحناء أصابعك إلى اتجاه المجال المغناطيسي.
13. لا شيء. برادة الحديد ستبين شكل المجال نفسه، ولكن البوصلة
14. a. سيصبح القضيبان الفلزيّان مغناطيسين لهما محاور متوازية، وإذا وضع القضيب العلوي بحيث يكون قطباه الشماليّ N والجنوبيّ S فوق القطبين الشماليّ N والجنوبيّ S للقضيب السفليّ، فسيبتافر القضيب العلوي وسيكون معلقاً أو طافياً فوق السفليّ، وإذا عكس طرفا المغناطيس العلويّ فسيحدث تجاذب مع المغناطيس السفليّ.
  - b. إذا وضع قضيب من الحديد العاديّ في الأعلى، فسينجذب إلى المغناطيس السفليّ مهما كان اتجاهه.

## 5-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

### 1. التركيز

#### نشاط محفّز

الإلكترونيات والمجالات المغناطيسية يحتوي أنبوب الأشعة المهبطية (CRT) في شاشة الحاسوب على أنابيب ترسل جسيمات مشحونة إلى الشاشة، أمّا شاشات البلّورات السائلة (LCD) فتعمل عن طريق تغيير التركيب البلوري، وليس بشحنات متحركة. استخدم مغناطيسًا خفيفًا صغيرًا مع شاشة أنبوب الأشعة المهبطية لعرض التفاعل بين المجال المغناطيسي والإلكترونات، ثم كرّر العرض نفسه مع شاشة البلورات السائلة حتى يتبين أنه لا يحدث تفاعل، ثم اشرح على الطلاب السؤال الآتي: لماذا تُحاط الشاشات غالبًا بملفات غير ممغنطة؟ لأنها تحمي الشاشة من المجالات المغناطيسية المتغيرة التي يمكن أن تتولد بواسطة أجهزة أخرى قريبة. **2م** بصري-مكاني

#### الربط مع المعرفة السابقة

المجالات المغناطيسية راجع مع الطلاب كيف تولّد شحنة كهربائية ساكنة مجالاً كهربائياً يؤثر بقوة في شحنة كهربائية ساكنة أخرى قريبة منها. وناقش كيف يمكن أن تتولّد المجالات المغناطيسية بواسطة مغناطيس دائم أو بواسطة التيار الكهربائي. تولّد الشحنة المتحركة مجالاً مغناطيسياً، وهذا المجال يولّد قوة تؤثر في شحنة أخرى متحركة. ساعد الطلاب على استخلاص تشابه بين الشحنات الساكنة مع المجال الكهروستاتيكي من جهة والشحنات المتحركة مع المجال المغناطيسي من جهة أخرى. **2م**

## 5-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

### Forces Caused by Magnetic Fields

#### الأهداف

- تربط بين الحث المغناطيسي واتجاه القوى المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي.
- تحلّ مسائل على القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي في أسلاك يسري فيها تيارات كهربائية أو في جسيمات مشحونة متحركة في مجال مغناطيسي.
- تصف تصميم المحرك الكهربائي ومبدأ عمله.

#### المفردات

- القاعدة الثالثة لليد اليمنى
- الجلفانومتر
- المحرك الكهربائي
- الملف ذو القلب الحديدي

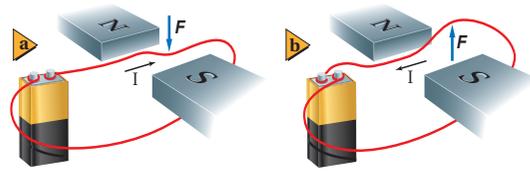
بينما كان أمبير يدرس سلوك المغناطيس لاحظ أن التيار الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسياً مشابهاً للمجال المغناطيسي الناتج عن مغناطيس دائم. ولأن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة في المغناطيس الدائمة فقد افترض أمبير أنه توجد قوة تؤثر في السلك الذي يسري فيه تيار عند وضعه في المجال المغناطيسي.

#### القوى المؤثرة في التيارات الكهربائية المارة في مجالات مغناطيسية

##### Forces on Currents in Magnetic Fields

يمكن توضيح القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار وضع في مجال مغناطيسي باستعمال الترتيب الموضح في الشكل 15-5. فالبطارية تولّد تياراً كهربائياً يسري في السلك الموضوع بين قضيبين مغناطيسيين. تذكر أن اتجاه المجال المغناطيسي بين المغناطيسين يكون من القطب الشمالي لأحدهما إلى القطب الجنوبي للآخر. وعندما يسري تيار كهربائي في السلك تتولد قوة تؤثر فيه، ويكون اتجاه تلك القوة نحو الأسفل، كما هو موضح في الشكل 15a-5، أو نحو الأعلى، كما في الشكل 15b-5، وذلك يعتمد على اتجاه التيار المار في السلك. اكتشف مايكل فاراداي أن القوة المؤثرة في السلك تكون عمودية على اتجاه كل من التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي. **تحديد اتجاه القوة** لم يكن وصف فاراداي لاتجاه القوة المؤثرة في السلك الذي يسري فيه تيار وصفاً كافياً؛ لأن القوة قد تكون إلى أعلى أو إلى أسفل. ويمكن تحديد

■ الشكل 15-5 تتأثر الأسلاك التي يسري فيها تيارات كهربائية بقوى عند وضعها في مجالات مغناطيسية. وفي هذه الحالة يمكن أن تكون القوة إلى أسفل (a) أو إلى أعلى (b)، وهذا يعتمد على اتجاه التيار الكهربائي.



## 5-2 إدارة المصادر

اختبار قصير 5-2، ص 143  
شريحة التدريس 4-5 ص 154  
ربط الرياضيات مع الفيزياء

الملف الخاص بمصادر الفصول 1-6  
تقويم الفصل 5، ص 156  
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133

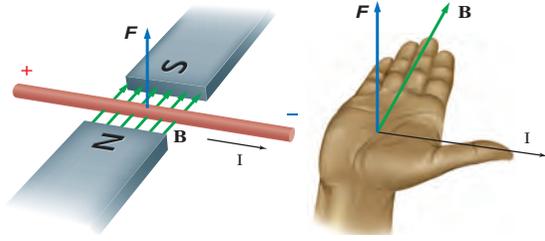
## 2. التدريس

### تطوير المفهوم

قاعدة اليد اليمنى وقاعدة اليد اليسرى تصلح قاعدة اليد اليمنى للتيار الاصطلاحي. وعلى الأشخاص الذين يستخدمون التيار الإلكتروني استخدام قاعدة اليد اليسرى. اعرض قاعدة اليد اليسرى على الطلاب باستخدام قبضة اليد (اليسرى طبعاً). ولأنك تعرف أن المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي يكون متعامداً دائماً مع اتجاه مرور التيار، لذلك ووفق قاعدة اليد اليسرى سيشير الإبهام إلى اتجاه مرور التيار، وسيشير اتجاه دوران الأصابع إلى اتجاه خطوط المجال المغناطيسي الناتج عن مرور التيار الكهربائي في السلك.

### تعزيز الفهم

تغيير الاتجاهات باستخدام الشكل 16-5 اطلب إلى الطلاب أن يبينوا ما يحدث للقوة عندما ينعكس اتجاه التيار الكهربائي، وعندما ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي، أو عندما ينعكس كلاهما، في الحالتين الأولى والثانية سينعكس اتجاه القوة، أما في الحالة الثالثة فسيبقى اتجاه القوة كما هو.

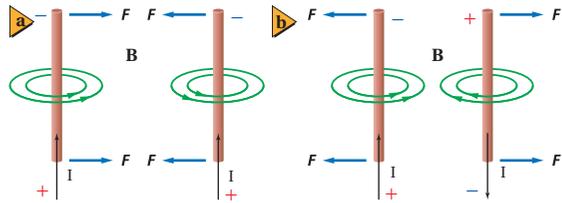


الشكل 16-5 يمكن استعمال القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة عند معرفة اتجاه كل من التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي.

اتجاه القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار وموضوع في مجال مغناطيسي باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى، الموضحة في الشكل 16-5؛ حيث يمثل الرمز  $B$  المجال المغناطيسي، ويحدد اتجاهه بواسطة مجموعة أسهم. ولاستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى اجعل أصابع يدك اليمنى في اتجاه المجال المغناطيسي، واجعل إبهامك يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، فيكون اتجاه القوة المؤثرة في السلك في اتجاه العمودي على باطن الكف نحو الخارج. ولرسم الأسهم المتجهة إلى داخل الورقة أو خارجها يستخدم الرمز  $(x)$  للإشارة إلى أن السهم داخل في الورقة، والرمز  $(\bullet)$  للإشارة إلى أنه خارج من الورقة.

بعد فترة وجيزة من إعلان أورستد عن اكتشافه الذي ينص على أن اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في سلك يكون متعامداً مع اتجاه سريان التيار فيه، استطاع أمبير أن يبين أن الأسلاك التي يسري فيها تيارات كهربائية يؤثر بعضها في بعض بقوى. يوضح الشكل 17a-5 اتجاه المجال المغناطيسي حول كلٍّ من السلكين، حيث يحدد هذا الاتجاه بالقاعدة الأولى لليد اليمنى. وتطبيق القاعدة الثالثة لليد اليمنى على كلٍّ من السلكين يمكن أن تبين لماذا يجذب السلكان كل منهما الآخر. ويبين الشكل 17b-5 الحالة المعاكسة؛ فعندما يكون التياران في اتجاهين متعاكسين تنشأ قوة تنافر بينهما.

القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في سلك يمكن تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار عند وضعه عمودياً على مجال مغناطيسي؛ حيث دلت التجارب على



الشكل 17-5 يتجاذب الموصلان عندما يسري التياران فيهما في الاتجاه نفسه (a)، ويتنافران عندما يسري التياران فيهما في اتجاهين متعاكسين (b).

### عرض سريع

السماعات (مكبرات الصوت) صوتية. لامس السلك مع أحد طرفي البطارية لإحداث صوت خشخشة. اطلب إلى الطلاب الزمن المقدر 10 دقائق ملاحظة اتجاه حركة الغشاء المخروطي مع مرور التيار الثابت. ثم اعكس قطبي البطارية ودع الطلاب يلاحظوا حركة الغشاء في الاتجاه المعاكس. ضع مغناطيساً على الجانب الخلفي للسماعة حتى تبين أن الفلز ممغنط.

السماعات (مكبرات الصوت) سماعات (مكبرات الصوت)، وسلك كهربائي، وبطارية 1.5 V. الخطوات اعرض على الطلاب كيف تحول السماعة الطاقة الكهربائية إلى طاقة

## مثال صفي

**سؤال** ما مقدار القوة المؤثرة في سلك مستقيم طوله 12 cm يسري فيه تيار مقداره 25 A موضوع في مجال مغناطيسي مقداره 1.9 T؟

**الجواب**

$$F = ILB$$

$$= (25 \text{ A})(0.12 \text{ m})(1.9 \text{ T})$$

$$= 5.7 \text{ N}$$

## التفكير الناقد

اعمل تجربة ذهنية باستعمال سماعة أسأل الطلاب: ماذا يحدث عند توصيل سماعة قوية مباشرة بقباس التيار الكهربائي المنزلي؟ ونفذ التجربة على أنها تجربة ذهنية فقط. إذا كانت السماعة غير قوية بدرجة كافية فإنها قد تنفجر. عندما يبذل التيار المتردد (المتناوب) اتجاهه سيندفع الغشاء المخروطي إلى الداخل والخارج مع كل تغير للتيار. ولأن تردد كهرباء المنزل 60 Hz لذا يجب أن يسمع الطلاب نغمة ضعيفة. **2م سمعي**

أن مقدار القوة المؤثرة في السلك  $F$  تتناسب طردياً مع كلٍّ من مقدار المجال المغناطيسي  $B$ ، ومقدار التيار  $I$ ، وطول السلك  $L$  الموضوع داخل المجال المغناطيسي. وتكون العلاقة بين هذه المتغيرات الأربعة على النحو الآتي:

$$F = ILB$$

القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي  $F = ILB$  القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي تساوي حاصل ضرب شدة المجال المغناطيسي في مقدار التيار وطول السلك.

يُقاس مقدار المجال المغناطيسي  $B$  بوحدة تسلا  $T$ ؛ وهي تساوي  $1 \text{ N/A.m}$ .

لاحظ أنه إذا كان المجال المغناطيسي غير متعامد مع السلك فسيظهر المعامل  $\sin \theta$  في المعادلة السابقة لتصبح كما يأتي:  $F = ILB \sin \theta$ . فإذا أصبح السلك موازياً للمجال المغناطيسي تصبح  $\theta = 0^\circ$ ، وستؤول القوة إلى الصفر. أما عندما تكون الزاوية  $\theta = 90^\circ$  فستصبح المعادلة مرة أخرى على الصورة الآتية:  $F = ILB$ .

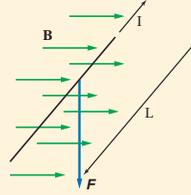
## مكبرات الصوت Loudspeakers

تعدّ مكبرات الصوت إحدى التطبيقات العملية على القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي. تعمل السماعة على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية باستخدام ملف من سلك رفيع مثبت فوق مخروط ورقي، وهذا المخروط موضوع في مجال مغناطيسي. يرسل المضخم الذي يشغل السماعة تياراً كهربائياً خلال الملف، ويتغير اتجاه هذا التيار بين 20 و 20000 مرة في الثانية، وذلك وفقاً لحدة الصوت التي يمثلها. وعندها يتأثر الملف الخفيف بقوة تدفعه نحو الداخل أو الخارج؛ لأنه موجود في مجال مغناطيسي، وذلك اعتماداً على اتجاه التيار المرسل من المضخم. وحركة الملف هذه تجعل المخروط الورقي يهتز محدثاً موجات صوتية في الهواء.

## مثال I

**حساب شدة المجال المغناطيسي** يسري تيار كهربائي مقداره 5.0 A في سلك مستقيم موضوع عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم، فإذا كانت القوة المؤثرة في جزء طوله 0.10 m من السلك تساوي 0.20 N فاحسب شدة المجال المغناطيسي  $B$ .

### 1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم رسماً تخطيطياً للسلك، مبيّناً اتجاه التيار الكهربائي بواسطة سهم، وارسم خطوط المجال المغناطيسي  $B$  والقوة المؤثرة في السلك  $F$ .
- حدّد اتجاه القوة المؤثرة في السلك باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى. واعلم أن السلك والمجال والقوة جميعها متعامدة بعضها على بعض.

**المجهول**

$$B = ?$$

**المعلوم**

$$I = 5.0 \text{ A}$$

$$L = 0.10 \text{ m}$$

$$F = 0.20 \text{ N}$$

## مشروع فيزياء

### نشاط

**استخدامات المغناط فائقة التوصيل** اطلب إلى الطلاب البحث حول تطبيقات المغناط فائقة التوصيل، وإعداد وصف من صفحتين لكيفية استخدام أحد هذه التطبيقات، بحيث تكون تطبيقاته الحالية والمستقبلية مقبولة. تتضمن بعض الاحتمالات الرفع المغناطيسي، ومفاعلات الاندماج النووي، ومطياف الرنين المغناطيسي النووي، وMRI، ومسارعات الجسيمات المشحونة، وأنظمة الدفع ذات الكفاءة الكبيرة. **2م لغوي**

15. القاعدة الثالثة لليد اليمنى، يجب أن يكون كل من اتجاه التيار الكهربائي واتجاه المجال المغناطيسي معلومين.

1.6 N .16

0.13 T .17

0.15 T .18

7.8 A .19

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

#### دليل الرياضيات

إن المجال المغناطيسي B منتظم، ولأن I و B متعامدان إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية من 202 و 203

$$F = ILB$$

$$B = \frac{F}{IL}$$

$$B = \frac{0.20 \text{ N}}{(5.0 \text{ A})(0.10 \text{ m})}$$

$$= 0.40 \text{ N/A.m}$$

$$= 0.40 \text{ T}$$

$$F = 0.20 \text{ N}, I = 5.0 \text{ A}, L = 0.10 \text{ m}$$

B تساوي 0.40 T من اليسار إلى اليمين عمودياً على كل من I و F

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ نعم، المجال مقيس بوحدة تسلا T، وهي الوحدة الصحيحة للمجال المغناطيسي.
- هل الجواب منطقي؟ نعم، مقدار التيار والطول يجعلان مقدار المجال المغناطيسي كبيراً، وهذا منطقي.

### مسائل تدريبية

- ما اسم القاعدة المستخدمة لتحديد اتجاه القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي متعامد مع المجال المغناطيسي؟ حدّد ما يجب معرفته لاستخدام هذه القاعدة.
- يسري تيار مقداره 8.0 A في سلك طوله 0.50 m، موضوع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.40 T. ما مقدار القوة المؤثرة في السلك؟
- سلك طوله 75 cm يسري فيه تيار مقداره 6.0 A موضوع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم، فتأثر بقوة مقدارها 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟
- سلك نحاسي طوله 40.0 cm، ووزنه 0.35 N. فإذا كان السلك يمر فيه تيار مقداره 6.0 A فما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يؤثر فيه رأسياً بحيث يكون كافياً لموازنة قوة الجاذبية المؤثرة في السلك (وزن السلك)؟
- ما مقدار التيار الذي يجب أن يسري في سلك طوله 10.0 cm وموضوع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.49 T ليتأثر بقوة مقدارها 0.38 N؟

### مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

#### نشاط

التفكير بمزيد من العمق في المغناطيسية كَوّن مجموعات صغيرة من الطلاب، واطلب إلى كل مجموعة تحديد العديد من التطبيقات المغناطيسية. ثم اطلب إلى كل مجموعة إعطاء قائمتها لمجموعة أخرى، حيث ينبغي لكل مجموعة اختيار عنصر من القائمة التي أعطيت لهم، وتحديد الوحدات والمعادلات ذات الصلة بهذا العنصر. اطلب إلى كل مجموعة تبادل عناصرهم مع سائر الطلاب في الصف. **16 متفاعل**

## المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

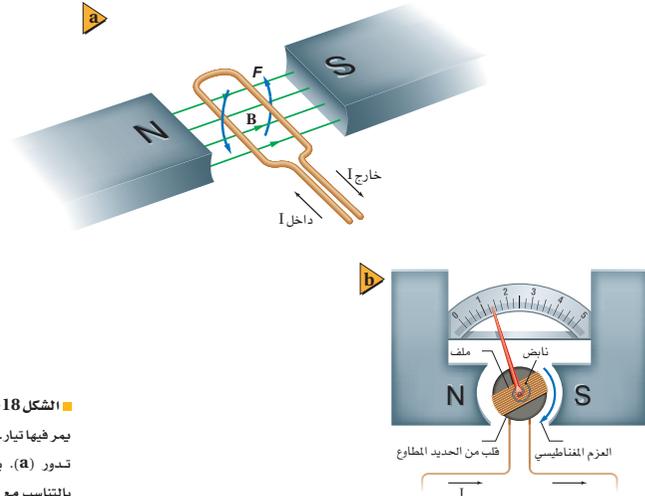
القوى المؤثرة في نهايتي الحلقة قد يتساءل الطلاب عن القوى التي يعتقدون أنها تؤثر في نهايتي الحلقة الموضحة في الشكل 18-5. مع افتراض أن نهايتي الحلقة موجودتان داخل المجال المغناطيسي، حيث يكون التيار المار في كل منهما؛ إما في نفس اتجاه المجال المغناطيسي أو في اتجاه معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي. وفي كلتا الحالتين لن تكون هناك قوى مؤثرة؛ لأن المجال المغناطيسي لا يؤثر بقوة في السلك الذي يسري فيه تيار مواز للمجال المغناطيسي. وتتولد القوة في حال كان التيار يقطع خطوط المجال المغناطيسي فقط.

## مناقشة

**سؤال** لماذا تنتشر الآن أجهزة القياس الرقمية أكثر من أجهزة القياس العادية؟

**الإجابة** هناك عدة أسباب:

1. المقاييس الرقمية أسهل للاستخدام والتفسير.
2. المقاييس العادية أجهزة ميكانيكية دقيقة ذات أجزاء عديدة متحركة، ولذلك فهي أكثر هشاشة وسريعة التلف.
3. تقنية الدوائر المتكاملة غالباً ما تجعل الحلول الإلكترونية أقل تكلفة.
4. المقاييس الرقمية قراءتها أكثر دقة. **2م**



■ الشكل 18-5 إذا وضعت حلقة سلكية يمر فيها تيار في مجال مغناطيسي فسوف تدور (a). يدور ملف الجلفانومتر بالتناسب مع مقدار التيار (b).

## الجلفانومترات Galvanometers

يمكن استخدام القوة المؤثرة في حلقة سلكية موضوعة في مجال مغناطيسي لقياس شدة التيار. فإذا وضعت حلقة سلكية صغيرة يسري فيها تيار كهربائي في مجال مغناطيسي قوي لمغناطيس دائم، كما في الشكل 18a-5 فإنه يمكن استخدامها لقياس تيارات كهربائية صغيرة جداً، حيث يدخل التيار المار خلال الحلقة من أحد طرفيها، ويخرج من طرفها الآخر. وتطبيق القاعدة الثالثة لليد اليمنى على جانبي الحلقة ستلاحظ أن أحد جانبيها يتأثر بقوة إلى أعلى، بينما يتأثر الجانب الآخر بقوة إلى أسفل. لذا تستعمل محصلة العزم على تدوير الحلقة؛ حيث يتناسب العزم المؤثر في الحلقة طردياً مع مقدار التيار. وهذا هو المبدأ المستخدم في الجلفانومتر. والجلفانومتر جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية الصغيرة جداً، ويمكن تحويله إلى أمبير أو فولتметр.

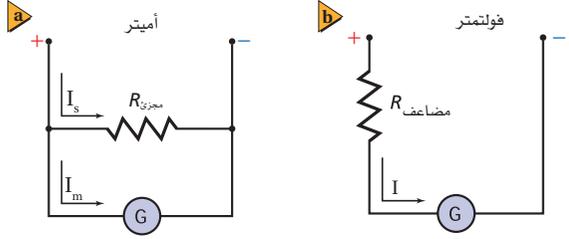
يؤثر النابض الصغير في الجلفانومتر بعزم في اتجاه معاكس لاتجاه العزم الناتج عن سريان التيار في الحلقة السلكية، لذا فإن مقدار دوراتها يتناسب طردياً مع التيار. يُدرج الجلفانومتر وبعبار معرفة مقدار الدوران عند مرور تيار معلوم فيه، كما هو موضح في الشكل 18b-5. ويمكن بعد ذلك استخدام الجلفانومتر لقياس تيارات غير معلومة.

## الخلفية النظرية للمحتوى

### معلومة للمعلم

**عجلة البيليا المغناطيسية** تقلل عجلة البيليا (بيرنج) المغناطيسية من الاحتكاك، وتجعل سرعة الدوران كبيرة. فهي تعمل عن طريق تعليق عمود حديدي دوّار في مجال مغناطيسي. ينجذب العمود الدوّار بفعل مجال مغناطيسي، على ألا يُسمح له بملامسة قطبي المغناطيس الكهربائي الجاذب له. وهذا يتم باستشعار موقع العمود الحديدي الدوّار، واستخدام تلك المعلومات لضبط التيار المار في المغناطيس الكهربائي. فعند اقتراب العمود الدوّار من المغناطيس الكهربائي يقلُّ التيار لتقليل المجال. وعند ابتعاد العمود الدوّار عن المغناطيس يزداد التيار لزيادة شدة المجال. وهذا مثال على رد الفعل السلبي للنظام، حيث يتم حصر الحركة بين نقطتين عن طريق التحكم في التيار المار بالمغناطيس الكهربائي. وتستخدم مثل هذه العجلات في القطار المغناطيسي وأجهزة الطرد المركزي.

## استخدام الشكل 20-5



الشكل 19-5 تم توصيل الجلفانومتر بهذه الطريقة لاستخدامه كأميتر (a)، وتم توصيل الجلفانومتر بهذه الطريقة لاستخدامه كفولتметр (b).

تنحرف مؤشرات العديد من الجلفانومترات إلى أقصى تدريج عند مرور تيارات صغيرة مثل  $50 \mu A (50 \times 10^{-6} A)$ . ومقاومة ملف الجلفانومتر الحساس تساوي  $1000 \Omega$  تقريبًا. ولقياس تيارات أكبر يمكن تحويل الجلفانومتر إلى أميتر بتوصيل مقاومة على التوازي مع الجلفانومتر، على أن تكون مقاومتها أقل من مقاومة الجلفانومتر كما في الشكل 19a-5. وبهذا يمر معظم التيار  $I_s$  خلال المقاومة التي تسمى مجزئ التيار؛ لأن مرور التيار يتناسب عكسيًا مع المقاومة، في حين يمر تيار  $I_m$  صغير (بضعة ميكروأمبيرات) في الجلفانومتر. ويمكن اختيار مقاومة مجزئ التيار وفق تدريج الانحراف المطلوب.

ويمكن تحويل الجلفانومتر إلى فولتметр بتوصيله بمقاومة كبيرة على التوالي يسمى مجزئ الجهد (المضاعف)، كما في الشكل 19b-5. حيث يقيس الجلفانومتر التيار المار في المقاومة الكبيرة الذي تمت إضافته. وبحسب التيار بالعلاقة  $I = V/R$ ؛ حيث  $V$  فرق الجهد الكهربائي خلال الفولتметр، بينما  $R$  المقاومة الكلية للجلفانومتر وللمقاومة التي أضيفت. افترض الآن أنك تريد جعل مؤشر الفولتметр ينحرف إلى أقصى تدريج عند تطبيق فرق جهد مقداره  $10 V$  بين طرفيه، فعليك أن تختار مقاومة مناسبة؛ بحيث يتحقق ذلك الانحراف عندما يمر تيار في الجلفانومتر والمقاومة.

**الحركات الكهربائية** تبيّن لك أن الحلقة السلكية المستخدمة في الجلفانومتر لا يمكن أن تدور أكثر من  $180^\circ$ ؛ حيث تدفع القوى الجانب الأيمن من الحلقة إلى أعلى، بينما تدفع جانبها الأيسر إلى أسفل، حتى تصبح الحلقة في وضع رأسي. ولن تتمكن الحلقة من الاستمرار في الدوران؛ لأن القوى تبقى إلى أعلى وإلى أسفل، أي موازية لمستوى الحلقة، فلا تعود قادرة على إحداث أي دوران فيها.

كيف يمكنك السماح للحلقة بمواصلة دورانها؟ يجب أن يعكس اتجاه التيار المار في الحلقة عندما تصبح في وضع رأسي. وهذا الانعكاس يسمح للحلقة بمواصلة دورانها، كما هو موضح في الشكل 20-5. ولعكس اتجاه التيار يجب المحافظة على استمرار التوصيلات الكهربائية بين نقطتي تلامس تسميان الفرشاتين، وحلقة مقسومة إلى نصفين تسمى عاكس التيار. وتصنع الفرشتان في العادة من الجرافيت، وتثبتان بطريقة ما بحيث تلامسان عاكس التيار لتسمحا للتيار بالمرور خلال الحلقة السلكية. عند دوران الحلقة السلكية يدور عاكس التيار أيضًا، ويترتب نصفًا عاكس التيار بحيث تتغير الفرشاة الملامسة لكل نصف منها

ستبيّن القاعدة الثالثة لليد اليمنى أن العزم المؤثر في الملف الدوّار يكون في اتجاه حركة عقارب الساعة، فعندما تلامس نصف الحلقة الفرشاة الأخرى سينعكس مرور التيار، ويبقى العزم في اتجاه حركة عقارب الساعة. اسأل الطلاب: لماذا تكون هذه الآلة البسيطة غير عملية؟ لأنه إذا كانت الحلقة رأسية عند تشغيل المحرك فلن يبدأ العمل. 2م

## التفكير الناقد

**تطوير المحرك** اسأل الطلاب: كيف يمكن تطوير المحرك الموضح في الشكل 20-5؟ بإضافة حلقة أخرى متعامدة مع الأولى، وتبديل عاكس التيار ذي القطعتين فيحل محل عاكس تيار آخر ذي أربع قطع سيعمل هذا المحرك المطوّر دائمًا. 2م

## تطوير المفهوم

**القواطع المغناطيسية للدوائر الكهربائية** تعمل القواطع المغناطيسية للدوائر الكهربائية عندما يكون التيار في الملف كبيرًا بدرجة كافية لتحريك الذراع الحديدي الذي يعمل على فتح الدائرة. ومن المشاكل المرافقة لقواطع الدائرة الكهربائية ذات الطاقة الكبيرة تكوّن قوس كهربائي عند فصل نقاط التلامس. ويمكن استخدام المجال المغناطيسي لإزالة القوس الكهربائي. ويمكن تسمية ذلك بالإخماد المغناطيسي.

## استخدام النماذج

**المجال الجيومغناطيسي المرجعي الدولي IGRF** تستخدم النماذج المغناطيسية لكوكنا على الأغلب في أبحاث الاستقصاء والملاحة ومسوحات الأراضي. ومن هذه النماذج نموذج المجال الجيومغناطيسي المرجعي الدولي. وعلى مستخدم هذا النموذج أن يعوا التحديدات؛ فالمجال المغناطيسي الأرضي معقد في كل من الزمان والمكان. ولا يأخذ نموذج IGRF في حسابات المغناطيسية المحلية؛ فالعديد من التكوينات الجيولوجية والصخور تكون ممغنطة جزئيًا.

## مسألة تحفيز

1. يبيّن موضع الملف ذي القلب الحديدي للمحرك أن ذراع الرافعة يساوي نصف عرض الملف، وطول السلك المتأثر بالمجال المغناطيسي يساوي طول الملف. ويزداد هذا الطول بزيادة عدد لفات الملف  $n$ . يتضاعف العزم لأنه عندما يدفع المجال المغناطيسي أحد الجانبين إلى أعلى، فإن الجانب الآخر يُدفع إلى أسفل وفق القاعدة الثالثة لليد اليمنى.

$$\tau = 2nBI \left(\frac{l}{2}\right) \text{ (الطول) (العرض)}$$

$$\text{لكن (الطول) (العرض) = المساحة (A)}$$

$$\tau = nBIA$$

العزم الناتج بواسطة ملف المحرك يساوي عدد لفات الملف مضروبة في مقدار المجال المغناطيسي مضروباً في تيار الملف مضروباً في مساحة الملف.

$$\tau = nBIA \quad \text{بتطبيق العلاقة}$$

$$\tau = 6.0 \text{ N.m} \quad \text{فإن}$$

وبما أن المحور لا يمكنه الدوران، فالنظام في حالة اتزان. احسب القوة المؤثرة في الميزان النابضي (قراءة الميزان النابض) على أن تأخذ في الاعتبار نصف قطر البكرة:

$$F = 170 \text{ N} \quad \text{الميزان النابضي}$$

3. كلا المحركين ينتجان عزمًا في اتجاه معاكس لحركة عقارب الساعة:

$$\tau_1 = 6.0 \text{ N.m}, \tau_2 = 1.7 \text{ N.m}$$

$$\tau_{\text{محصلة}} = 7.7 \text{ N.m}$$

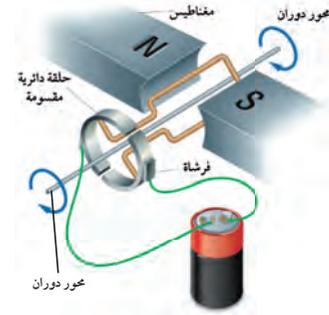
في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة

$$F = 210 \text{ N} \quad \text{الميزان النابضي}$$

4. يقلّ العزم عندما يكون هناك أي دوران للملف عن الوضع المبيّن في الشكل لأن ذراع الرافعة يقصر. وعند الدوران بزاوية  $90^\circ$  فإن القوة المؤثرة في الملف إلى أعلى وإلى أسفل تلغى، كما يكون ذراع الرافعة الفعّال صفرًا. وضمن الوضع المبيّن في الشكل  $\theta = 0^\circ$

$$\tau = nBIA \cos \theta$$

الشكل 20-5 يسمح عاكس التيار (حلقة فلزية مشقوفة) في المحرك الكهربائي بتغيير اتجاه التيار المار في الحلقات السلكية، وبذلك تتمكن الحلقات في المحرك من الدوران  $360^\circ$ .

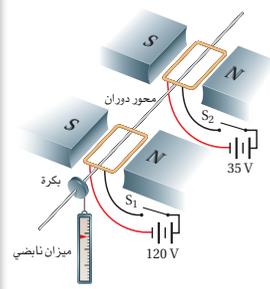


عندما تصل الحلقة السلكية إلى وضعها الرأسي، ويؤدي تغير تلامس الفرشاتين إلى عكس اتجاه التيار المار في الحلقة السلكية، مما يؤدي إلى عكس اتجاه القوة المؤثرة في جانبي الحلقة السلكية، فتواصل دورانها. ويتكرر ذلك كل نصف دورة، مما يجعل الحلقة تستمر في دورانها في المجال المغناطيسي. والناتج هو المحرك الكهربائي، وهو جهاز يستخدم لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية دورانية.

على الرغم من أن الشكل 20-5 يحدد بحلقة سلكية واحدة إلا أن المحرك الكهربائي يتكون من لفات عديدة تثبت على محور دوران وتسمى الملف ذي القلب الحديدي. والقوة الكلية المؤثرة فيه تتناسب طرديًا مع  $nIBL$ ؛ حيث تمثل  $n$  عدد لفات الملف، و  $B$  المجال المغناطيسي، و  $I$  التيار الكهربائي، بينما تمثل  $L$  طول السلك في كل لفة تتحرك في المجال المغناطيسي. ويتم إنتاج المجال المغناطيسي إما بمغناطيس دائم، أو بمغناطيس كهربائي. ويتم التحكم في العزم المؤثر في الملف، ومن ثم التحكم في سرعة المحرك، بتغيير التيار المار في المحرك.

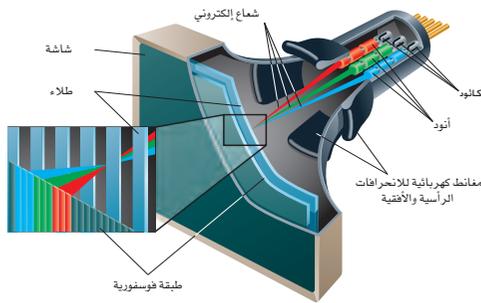
## مسألة تحفيز

يبين الشكل المجاور محركين كهربائيين متماثلين مستطلي الشكل طول كل منهما 35 cm وعرضه 17 cm، ومقاومته



$12 \Omega$ ، وعدد لفاته 48 لفة، على محور دوران واحد في مجال مغناطيسي شدته  $0.21 \text{ T}$ . (لتبسيط الرسم لم يرسم عاكس التيار). وُصل السلك الأحمر بأقصى يسار الضلع الذي يمثل عرض الملف، ثم عاد إلى مؤخره المحرك على الضلع الذي يمثل طول الملف. ولتعمل جاذبية الأرض على منع محور المحرك من الدوران تم تثبيت بكرة قطرها 7.2 cm على المحور، ومُرّر عليها حبل كما في الشكل.

- اشتق علاقة للعزم المؤثر في الملف وفق الوضع المبيّن باستخدام  $F = ILB$ .
- أوجد مقدار العزم المؤثر في المحور عند إغلاق المفتاح  $S_1$  وفتح المفتاح  $S_2$ ، وأوجد مقدار القوة المؤثرة في الميزان النابضي.
- أوجد مقدار العزم المؤثر في المحور عند إغلاق المفتاحين، ومقدار القوة المؤثرة في الميزان النابضي.
- ماذا يحدث للعزم عند دوران الملف؟



■ الشكل 21-5 تعمل أزواج من المغناطد على انحراف حزمة الإلكترونات رأسياً وأفقياً لتشكيل صور للعرض.

### القوة المؤثرة في جسيم مشحون

#### The Force on a Single Charged Particle

لا يقتصر وجود الجسيمات المشحونة في الأسلاك فقط، لكنها قد تتحرك في الفراغ أيضاً؛ حيث يتم إزالة جزيئات الهواء لمنع حدوث التصادمات. ففي أنبوب الأشعة المهبطية المستخدم في شاشات الحاسوب القديمة، وشاشات التلفاز القديمة يستخدم انحراف الإلكترونات بواسطة المجالات المغناطيسية لتشكيل صورة على الشاشة، كما في الشكل 21-5.

تعمل المجالات الكهربائية على انتزاع الإلكترونات من الذرات في القطب السالب (الكاثود)، وتعمل مجالات كهربائية أخرى على تجميع هذه الإلكترونات وتسريعها وتركيزها في حزمة ضيقة. ثم تعمل مجالات مغناطيسية على التحكم في حركة هذه الحزمة إلى الأمام وإلى الخلف، وأفقياً ورأسياً على الشاشة. وتُطلى الشاشة بطبقة فوسفورية تشع عندما تصطدم الإلكترونات بها، فنتج الصورة.

تعتمد القوة الناتجة عن المجال المغناطيسي المؤثرة في الإلكترون على كل من سرعة الإلكترون، وشدة المجال المغناطيسي، والزوايا المحصورة بين متجه السرعة واتجاه المجال المغناطيسي. افترض أن إلكترونًا مفردًا يتحرك داخل سلك طوله  $L$ ، وأن حركة هذا الإلكترون عمودية على اتجاه مجال مغناطيسي؛ لأن التيار  $I$  يساوي الشحنة المارة في السلك لكل وحدة زمن، فإن  $I = q/t$ ، حيث  $q$  شحنة الإلكترون، و  $t$  الزمن الذي يحتاج إليه الإلكترون لقطع المسافة  $L$ . وحيث إن الزمن الذي يستغرقه جسيم ما لقطع مسافة مقدارها  $L$  بسرعة تساوي  $v$  يحسب من معادلة الحركة  $d = vt$  أو  $t = L/v$ ؛ حيث تعد  $d$  هي نفسها  $L$ ، وبتعويض



### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 4-5

الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com.sa](http://www.obeikaneducation.com.sa)

### مهن في الحياة اليومية

#### معلومة للمعلم

مهندسو الكهرباء يستخدم مهندسو الكهرباء المبادئ العلمية للمغناطيسية والكهر ومغناطيسية لتصميم المحركات والمحولات والمولدات ووحدات وسائط تخزين المعلومات ومؤقتات الكهرباء وقواطع الدوائر الكهربائية، بالإضافة إلى تشكيلة واسعة من الأجهزة الأخرى. وهم غالباً ما يعملون بالاشتراك مع الفيزيائيين، والمهندسين الميكانيكيين، كما يستخدمون الحاسوب أحياناً في تصميم نماذج الدوائر المغناطيسية والأجهزة. ويستعمل بعض أصحاب المهن والوظائف المتنوعة مثل ميكانيكي السيارات وفيزيائي الجسيمات هذه المبادئ العلمية.

## مثال صفي

**سؤال** يصمم مهندس أداة تستخدم لحرف حزمة إلكترونات، ويحتاج النظام الذي صممه إلى قوة مقدارها  $2.8 \times 10^{-14} \text{ N}$  تؤثر في كل إلكترون في الحزمة. إذا كانت سرعة الحزمة  $1.7 \times 10^6 \text{ m/s}$  فما مقدار المجال المغناطيسي اللازم؟

$$B = F/qv$$

**الجواب**

$$= \frac{2.8 \times 10^{-14} \text{ N}}{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(1.7 \times 10^6 \text{ m/s})}$$

$$= 0.10 \text{ T}$$

قيمة  $t = L/v$  في معادلة التيار  $I = q/t$ ، نجد أن  $I = qv/L$ ، لذا يمكن حساب القوة المؤثرة في الإلكترون المتحرك عمودياً على المجال المغناطيسي B عن طريق المعادلة الآتية:

$$F = qvB$$

القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في جسيم مشحون متحرك  
القوة المؤثرة في جسيم مشحون متحرك عمودياً على مجال مغناطيسي تساوي حاصل ضرب شدة المجال المغناطيسي في كل من سرعة الجسيم وشحنته.

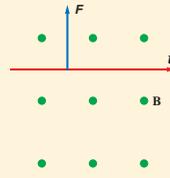
حيث شحنة الجسيم مقبسة بوحدة الكولوم C، والسرعة مقبسة بوحدة m/s، وشدة المغناطيس مقبسة بوحدة التسلا T.

ويكون اتجاه القوة دائماً عمودياً على كل من اتجاه سرعة الجسيم واتجاه المجال المغناطيسي. والاتجاه الذي يحدد باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى يكون خاصاً بالجسيمات ذات الشحنة الموجبة. أما اتجاه القوة المؤثرة في الإلكترونات فيكون معاكساً للاتجاه الناتج.

## مثال 2

**القوة المؤثرة في جسيم مشحون متحرك في مجال مغناطيسي** تتحرك حزمة إلكترونات بسرعة  $3.0 \times 10^6 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم مقداره  $4.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ . ما مقدار القوة المؤثرة في كل إلكترون؟

### 1 تحليل المسألة ورسمها



• ارسم حزمة الإلكترونات واتجاه حركتها، وخطوط المجال المغناطيسي B والقوة المؤثرة في حزمة الإلكترونات F. تذكر أن اتجاه القوة سيكون معاكساً للاتجاه الناتج بواسطة القاعدة الثالثة لليد اليمنى؛ لأن شحنة الإلكترون سالبة.

**المجهول**

$$F = ?$$

**المعلوم**

$$v = 3.0 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$B = 4.0 \times 10^{-2} \text{ T}$$

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

### 2 إيجاد الكمية المجهولة

بالتعويض

$$F = qvB$$

$$v = 3.0 \times 10^6 \text{ m/s}, B = 4.0 \times 10^{-2} \text{ T}, q = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$= (-1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(3.0 \times 10^6 \text{ m/s})(4.0 \times 10^{-2} \text{ T})$$

$$= -1.9 \times 10^{-14} \text{ N}$$

### دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية ص 202 و 203

### 3 تقويم الجواب

• هل الوحدات صحيحة؟  $T = \text{N}/(\text{A}\cdot\text{m})$  و  $A = \text{C}/\text{s}$  و  $T = \text{N}\cdot\text{s}/(\text{C}\cdot\text{m})$  وهي وحدة القوة.

• هل الاتجاه صحيح؟ استخدم القاعدة الثالثة لليد اليمنى للتأكد من أن اتجاهات القوى صحيحة. وتذكر أن القوة المؤثرة في الإلكترون تكون معاكسة للقوة الناتجة بواسطة القاعدة الثالثة لليد اليمنى.

• هل الجواب منطقي؟ القوى المؤثرة في البروتونات والإلكترونات دائماً تشكل جزءاً صغيراً من النيوتن.

20. في اتجاه معاكس لاتجاه حركة الإلكترونات.

21.  $3.2 \times 10^{-13} \text{ N}$

22.  $8.6 \times 10^{-16} \text{ N}$

23.  $1.7 \times 10^{-13} \text{ N}$

24.  $6.4 \times 10^{-16} \text{ N}$

### تعزيز الفهم

المصباح المغناطيسي ذو الإنارة المتأرجحة حصل على مصباح مغناطيسي ذي إنارة متأرجحة، واسأل عن كيفية عمله. يحتوي هذا النوع من المصابيح على فتيل قابل للحركة ومغناطيس دائم، وعند مرور التيار خلال الفتيل يتفاعل المجال المغناطيسي الناتج مع مجال المغناطيس الدائم مما يولد قوة تؤثر في فتيل المصباح.

2 م - بصري - مكاني

### مسائل تدريبية

20. إلى أي اتجاه يشير الإبهام عند استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لإلكترون يتحرك عمودياً على مجال مغناطيسي؟

21. يتحرك إلكترون عمودياً على مجال مغناطيسي شدته  $0.50 \text{ T}$  بسرعة  $4.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ ، ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟

22. تتحرك حزمة من الجسيمات الشاثية التأين (فقد كل جسيم إلكترونين، لذا أصبح كل جسيم يحمل شحنتين أساسيتين) بسرعة  $3.0 \times 10^4 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي شدته  $9.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، ما مقدار القوة المؤثرة في كل أيون؟

23. دخلت حزمة من الجسيمات الثلاثية التأين (يحمل كل منها ثلاث شحنات أساسية موجبة) عمودياً على مجال مغناطيسي شدته  $4.0 \times 10^{-2} \text{ T}$  بسرعة  $4.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ ، احسب مقدار القوة المؤثرة في كل أيون.

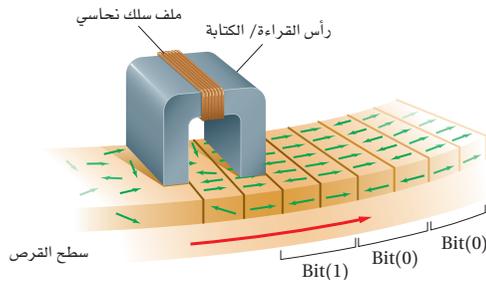
24. تتحرك ذرات هيليوم ثنائية التأين (جسيمات ألفا) بسرعة  $4.0 \times 10^4 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $5.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، ما مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم؟

### تخزين المعلومات عن طريق الوسائط المغناطيسية

#### Storing Information with Magnetic Media

يتم تخزين البيانات وأوامر برمجيات أجهزة الحاسوب رقمياً في صورة وحدات صغيرة (bits)، وكل وحدة (bit) حددت إما بـ 0 أو بـ 1. فكيف تُخزن هذه الوحدات؟ يكون سطح قرص التخزين في الحاسوب مغطى بجسيمات مغناطيسية موزعة بصورة متساوية على شريحة. ويتغير اتجاه المناطق المغناطيسية للجسيمات تبعاً للتغير في المجال المغناطيسي. وفي أثناء التسجيل على القرص يُرسل تيار كهربائي إلى رأس القراءة/الكتابة والذي يعدّ مغناطيساً كهربائياً مكوناً من سلك ملفوف على قلب حديدي، حيث يولد التيار المار في السلك مجالاً مغناطيسياً في القلب الحديدي.

عندما يمر رأس القراءة/الكتابة فوق قرص التخزين الدوّار، كما هو موضح في الشكل 22-5، تترتب ذرات المناطق المغناطيسية الموجودة على الشريحة المغناطيسية في صورة حزم. وتعتمد اتجاهات المناطق المغناطيسية على اتجاه التيار.



الشكل 22-5 تكتب المعلومات على قرص الحاسوب بواسطة تغيير المجال المغناطيسي في رأس القراءة/الكتابة في أثناء مرور الوسيطة تحته. وهذا يجعل الجسيمات المغناطيسية في الوسيطة تترتب بنمط يمثل المعلومات المخزنة.

### نشاط



#### إزالة مغناطيسية وسائط التخزين

المغناطيسية أسأل الطلاب: لماذا لا ينصح بوضع أقراص الحاسوب المرنة أو أشرطة التسجيل بالقرب من مغناطيس؟ بوجود مجال مغناطيسي قوي ستصبح جميع المناطق المغناطيسية لوسيط التخزين المغناطيسية مرتبة في الاتجاه نفسه. وهذا ما يدمر أي معلومات مسجلة على وسيطة التخزين. 2 م

### الفيزياء في الحياة

#### معلومة للمعلم

أنوار الشمال تتج أنوار الشمال التي تعرف أيضاً بالشفق القطبي الشمالي من اصطدام الجسيمات المشحونة بجزيئات الهواء الموجودة في الغلاف الجوي للأرض. تأتي الجسيمات المشحونة من الشمس، ويتم السيطرة عليها عن طريق القوى المؤثرة فيها بفعل المجال المغناطيسي الأرضي. ويعمل المجال المغناطيسي على دفع الجسيمات المشحونة نحو القطبين، فتصطدم الجسيمات المشحونة بجسيمات الهواء، مما يؤدي إلى انتقال هذه الجسيمات إلى مستويات إثارة، وعند عودتها إلى وضع الاستقرار تبعث ضوءاً يُسمى الشفق القطبي الشمالي.

### 3. التقويم

#### التحقق من الفهم

القاعدة الثالثة لليد اليمنى تحقق من أن الطلاب فهموا القاعدة الثالثة لليد اليمنى. ارسم على السبورة أمثلة متنوعة لأسلاك وملفات ومجالات مختلفة، واسأل الطلاب أن يتوقعوا اتجاهات المجالات والأقطاب والقوى بالاعتماد على الحالات والشروط التي تزودهم بها. **2م**

#### التوسع

حركة السيكلترون عندما تكون السرعة الابتدائية لجسيم مشحون عمودية على مجال مغناطيسي منتظم وليس هناك أي قوى أخرى مؤثرة فيه، يتحرك الجسيم المشحون في مسار دائري منتظم؛ وذلك لأن قوة المجال المغناطيسي المؤثرة في الجسيم المشحون ستكون قوة مركزية. اطلب إلى الطلاب تحديد التسارع المركزي. **يحدد التسارع المركزي بالعلاقة الآتية:**

$$F = ma$$

$$qvB = ma$$

$$a = \frac{qvB}{m}$$

ومنه فإن

أو

**2م**

وتمثل شفرة كل حزمين وحدة صغيرة (bit) واحدة من المعلومات. وتمثل الحزمتان المغنطتان اللتان تشير أظاهما إلى الاتجاه نفسه الرمز 0. أما الحزمتان المغنطتان اللتان تشير أظاهما إلى اتجاهين متعاكسين فتمثلان الرمز 1. وينعكس تيار التسجيل دائماً عندما يبدأ رأس القراءة/الكتابة بتسجيل وحدة المعلومة اللاحقة. لاسترجاع المعلومات لا يتم إرسال أي تيار إلى رأس القراءة/الكتابة، وبدلاً من ذلك تعمل الحزم المغنطة الموجودة على القرص على توليد تيار في الملف بطريقة الحث عندما يدور القرص تحت الرأس. وتغيرات اتجاه التيار المتولد بالحث تُستشعر بالحاسوب باستعمال النظام الثنائي في العد (صفر، واحد).

#### 2-5 مراجعة

25. القوى المغناطيسية تحيل أن سلكاً يمتد شرق - غرب متعامداً مع المجال المغناطيسي الأرضي، ويسري فيه تيار إلى الشرق، فما اتجاه القوة المؤثرة في السلك؟
26. الانحراف تقترب حزمة إلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية من المغناط التي تحرفها. فإذا كان القطب الشمالي في أعلى الأنبوب والقطب الجنوبي في أسفله، وكنت تنظر إلى الأنبوب من جهة الشاشة الفوسفورية، ففي أي اتجاه تنحرف الإلكترونات؟
27. الجلفانومتر قارن بين خطوط الجلفانومتر الموضح في الشكل 18-5 وخطط المحرك الموضح في الشكل 20-5. ما أوجه التشابه والاختلاف بينهما؟
28. المحركات الكهربائية عندما يتعامد مستوى ملف المحرك مع المجال المغناطيسي لا تنتج القوى عزمًا
29. المقاومة الكهربائية يحتاج جلفانومتر إلى  $180 \mu A$  لكي ينحرف مؤشره إلى أقصى تدرج. ما مقدار المقاومة الكلية (مقاومة الجلفانومتر ومقاومة الجزئ) اللازمة للحصول على فولتметр أقصى تدرج يقيسه  $5.0 V$ ؟
30. التفكير الناقد كيف يمكنك معرفة أن القوتين بين سلكين متوازيين يمر فيهما تياران ناتجتان عن الجذب المغناطيسي بينهما وليستا ناتجتين عن الكهرباء السكونية؟ تنبيه: فكر في نوع الشحنات عندما تكون القوة تجاذبًا، ثم فكر في القوى عندما يكون هناك ثلاثة أسلاك متوازية تحمل تيارات في الاتجاه نفسه.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 2-5 مراجعة

25. إلى أعلى بعيداً عن سطح الأرض.
26. نحو الجانب الأيسر من الشاشة.
27. كلاهما يحتوي على ملف موضوع بين قطبي مغناطيس دائم، ولا يدور ملف الجلفانومتر أكثر من  $180^\circ$ ، أما ملف المحرك فيدور دورات كاملة كل منها  $360^\circ$ . يقيس الجلفانومتر تيارات مجهولة بينما يستخدم المحرك لتحويل الطاقة الكهربائية إلى حركة دورانية.
28. إذا كان الملف متحركاً فسوف يعمل القصور الذاتي الدوراني على استمرار تحريكه ليتجاوز النقطة التي يصبح عندها مقدار العزم صفراً، وتسارع الملف هو الذي يصبح صفراً وليست سرعته.
29.  $28 k\Omega$
30. إذا كان التياران في اتجاه واحد فستكون القوة تجاذباً. وإذا كانت هذه القوة نتيجة للكهرباء الساكنة فإن الشحنات المتشابهة

## مختبر الفيزياء

الزمن المقدر حصتنا مختبر كاملتان .

**المهارات العملية** وضع الفرضيات، والملاحظة، وجمع البيانات وتنظيمها، وإنشاء الرسوم البيانية واستخدامها، والتحليل والاستنتاج.

**احتياطات السلامة** على الطلاب أن يكونوا حذرين من الصدمة الكهربائية والحرائق، وعليك إبلاغ الطلاب عن مخاطر كل حالة في أثناء الموافقة على تصاميم التجربة.

**المواد والأدوات البديلة** تصمم هذه التجربة من قبل الطلاب باستخدام المواد التي يزودها المعلم.

### استراتيجيات التدريس

● **قد يحتاج الطلاب إلى المساعدة لمعرفة طريقة تحديد قوة المغناطيس.** ومن أسهل الطرائق ملاحظة عدد القطع المتماثلة (مشابك ورق، أو قطع فولاذية صغيرة) التي يمكن للمغناطيس أن يحملها.

● **لجميع رسوم الطلاب البيانية :** يجب أن تكون قوة المغناطيس على محور Y؛ لأنها المتغير التابع.

● **تأكد أن المسامير لم يصبح دائم المغناطيسية،** وإذا أصبح كذلك فاقترح على الطلاب أن ينفذوا محاولاتهم أولاً بالمغناطيس الأضعف لتقليل الخطأ الناتج عن استخدام المسامير الدائم المغناطيسية.

### خطوات محتملة

1. استخدام المسامير الفولاذية لمحاولة جذب مشابك الورق من الكومة (صفر لفة). وسجّل عدد المشابك المجذوبة.

2. لف عشر لفات من السلك حول المسامير وصل طرفي السلك بالبطارية 6V، وحاول رفع أكبر عدد ممكن من مشابك الورق. وسجّل عدد المشابك المرفوعة.

3. كرّر الخطوة الثانية باستخدام 20 لفة و30 لفة و50 لفة.

## مختبر الفيزياء

### صنع مغناطيس كهربائي

يستخدم المغناطيس الكهربائي المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي لمغطة قطعة فلزية. ستقوم في هذه التجربة بصنع مغناطيس كهربائي، وتختبر أحد المتغيرات التي تعتقد أنها قد تؤثر في قوة المغناطيس.

### سؤال التجربة

ما العوامل التي تحدّد قوة مغناطيس كهربائي؟

### الخطوات

1. أعد قائمة بالمواد التي ستستخدمها في صنع المغناطيس الكهربائي.
2. أعد قائمة بجميع المتغيرات المحتملة التي تعتقد أنها يمكن أن تؤثر في قوة المغناطيس الكهربائي.
3. اختر أحد المتغيرات، واعمل على تغييره لتحديد تأثيره في قوة المغناطيس الكهربائي.
4. حدّد الطريقة التي تختبر بها شدة المجال المغناطيسي الناتج عن المغناطيس الكهربائي.
5. أطلع المعلم على القوائم التي أعدتها، واحصل على موافقته قبل متابعة العمل.
6. اكتب ملخصاً يوضح خطوات تجربتك. وتأكد من تضمين جميع القيم للمتغيرات التي ستجعلها ثابتة.
7. أنشئ جدول بيانات مائلاً للجدول في الصفحة التالية، والذي يبين الكميتين اللتين ستقيسهما.
8. ركب المغناطيس الكهربائي باستخدام المسامير وجزء من السلك، بلف السلك حول المسامير. وتأكد من ترك بضعة سنتيمترات من السلك خارجة من الملف لتصله بالبطارية (مصدر القدرة). تحذير: قد يكون طرف المسامير أو السلك حاداً. لذا كن حذراً عند استعمال هذه المواد لتجنب حدوث جروح.
9. اطلب إلى معلمك أن يتفحص مغناطيسك قبل المتابعة.
10. نفذ تجربتك ودون بياناتك. تحذير: إذا استعملت قطع الفولاذ الصغيرة فتجنب الإصابة بالجروح عند التقاط القطع في أثناء سقوطها على الأرض.

### الأهداف

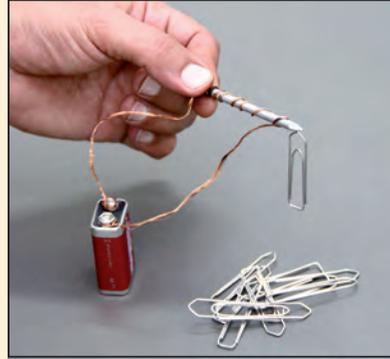
- تكون فرضية لتحديد المتغيرات التي قد تؤثر في قوة المغناطيس الكهربائي.
- تلاحظ التأثيرات في قوة المغناطيس الكهربائي.
- تجمع وتنظم البيانات المتعلقة بمقارنة المتغير الذي اخترته مع قوة المغناطيس.
- تنشئ رسوماً بيانية وتستخدمها للمساعدة على تحديد العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع.
- تحلل وتنتج تأثير المتغير الذي اخترته في قوة المغناطيس.

### احتياطات السلامة



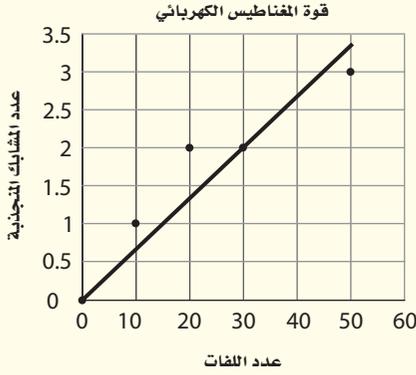
### المواد والأدوات

- مشابك ورق كبيرة
- مشابك ورق صغيرة
- مسامير فولاذية
- قطع فولاذية صغيرة
- بطارية 6V
- سلك معزول
- مصدر قدرة مستمر DC
- بطارية 9V



عدد المشابك الكبيرة المرفوعة	عدد اللفات
0	0
1	10
2	20
2	30
3	50

## التحليل



2. يمكن التحكم في نوع السلك ومشابك الورق وتيار السلك، ويمكن أن يقلل التيار تدريجياً مع استهلاك البطارية.
3. في عينة البيانات لا يمكن التحكم في هذا الخطأ تحكماً جيداً، ولمشابك الورق الكبيرة كتلة كبيرة، ومن الأفضل استخدام قطع حديد صغيرة ومشاهدة عدد القطع الصغيرة التي يمكن جذبها وحملها.

## الاستنتاج والتطبيق

1. في عينة البيانات؛ عند زيادة عدد اللفات تزداد قوة المغناطيس.
2. زيادة التيار تزيد قوة المغناطيس.
3. طول السلك بين المغناطيس الكهربائي والبطارية.

## التوسع في البحث

1. ستختلف الإجابات.
2. ستختلف الإجابات. وزيادة عدد اللفات مكلف أكثر من زيادة التيار.
3. تغيير التيار الكهربائي.

## الفيزياء في الحياة

1. زيادة التيار في المغناطيس الكهربائي لأن هناك حيزاً صغيراً للمزيد من اللفات.
2. مزايًا: إذا كان هناك حريق فسيقوم هذا النظام بقطع التيار الكهربائي عن جزء من المبنى، ويمكن بعد ذلك ضبط هذا النظام إلكترونياً لفتح الأبواب. مساوئ: إذا قطعت القدرة الكهربائية خلال وقوع كارثة فلن يعمل هذا النظام.

جدول البيانات	
عدد.....	عدد.....

## الفيزياء في الحياة

1. انشئ الرسوم البيانية واستخدمها ارسماً بيانياً يوضح العلاقة بين متغيرين في تجربتك.
2. ما المتغيرات التي تحاول التحكم فيها في هذه التجربة؟ وهل هناك متغيرات لا تستطيع التحكم فيها؟
3. إذا قُدِّرت قوة المغناطيس الكهربائي بكمية المادة التي يستطيع التقاطها فكيف تحاول السيطرة على أي خطأ ناتج عن جذب المغناطيس لعدد صحيح من القطع؟

## الاستنتاج والتطبيق

1. ما العلاقة بين المتغير الذي اخترته وقوة المغناطيس؟
2. ما المتغيرات الأخرى التي وجدتها طلاب آخرون في الصف وتؤثر أيضاً في قوة المغناطيس الكهربائي؟
3. هل وجدت أي متغيرات، في أي مجموعة، لا تؤثر في قوة المغناطيس الكهربائي؟

## التوسع في البحث

1. قارن بين المتغيرات المختلفة التي وجد الطلاب أنها تؤثر في قوة المغناطيس، وهل تُظهر أي من المتغيرات أنها تحدث زيادة كبيرة في القوة المغناطيسية دون إحداث تغيير كبير في المتغير المستقل؟ وإذا كان كذلك فما هذه المتغيرات؟
2. إذا أردت زيادة قوة المغناطيس فأأي الطرائق تبدو أكثر فاعلية مقارنة بالتكلفة؟ وضح إجابتك.
3. إذا أردت تغيير قوة المغناطيس الكهربائي بسهولة فما اقتراحك لذلك؟

## الفيزياء

عبر المواقع الإلكترونية  
لمزيد من المعلومات عن المجالات المغناطيسية ارجع إلى شبكة الإنترنت أو  
قم بزيارة الموقع الإلكتروني [www.obekaneeducation.com](http://www.obekaneeducation.com)

3. يستخدم المغناطيس الكهربائي للتحكم في قرع الجرس. ويوصل الجرس بحيث إنه عندما تغلق الدائرة تنجذب المطرقة بواسطة المغناطيس الكهربائي. وتحريك المطرقة يعمل على فتح الدائرة فتتلاشى مغناطيسية المغناطيس الكهربائي، وعندما تعود المطرقة إلى وضعها الأصلي (يعمل نابض الإرجاع على إعادتها إلى وضعها الأصلي) تغلق الدائرة فتتنجذب المطرقة مرة أخرى من خلال المغناطيس الكهربائي وهكذا يستمر قرع الجرس.

## تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اعرض على الطلاب السيناريو الآتي: لقد كُسر قفل باب المكتبة العامة الكهربائي وخُرب، وكان الباب يحتوي على قفل كهرومغناطيسي ويحتاج الآن إلى إعادة تصميم. اطلب إلى الطلاب أن يقترحوا طرائق لجعل القفل أقوى، واطلب إليهم عرض تصميماتهم المحسنة أمام الصف، وإذا كان هناك متسع من الوقت فاطلب إليهم تنفيذ تصميماتهم. وربط التجارب بواقع الحياة يصبح موضوع البحث ذا مغزى شخصي وأكثر إثارة لاهتمام الطلاب.

### الخلفية النظرية

سنناقش هنا خصائص واستخدامات تأثير هول. حيث تعد الآثار المترتبة على التفاصيل الدقيقة لفولتية هول هائلة، وقد أدت إلى تطوير نظرية "تأثير هول الكميّة". وقد حاز هذا البحث مؤخرًا على جائزة نوبل في الفيزياء. وتُستعمل أجهزة تأثير هول بشكل واسع في أجهزة استشعار تأثير هول لتحديد متى يقترب جزء آلة أحدهما من الآخر.

### استراتيجيات التدريس

- اعرض شريط موصل بحيث تمرّ الإلكترونات خلاله في مسار مفرد. ثم بيّن كيف ينحرف المسار باستخدام مجال مغناطيس من أعلى.
- لتوضيح فولتية هول، اطلب إلى الطلاب ملاحظة أن الفولتية خلال الشريط تكون صفرًا عندما لا يؤثر مجال مغناطيسي.

### نشاط

**تصميم** اطلب إلى الطلاب - أو إلى كل طالب على حدة - أن يصمموا أداة يُستخدم فيها جهاز استشعار يعمل وفق تأثير هول.

**السيارات** إذا أتيحت فرصة لزيارة ورشة لتصليح السيارات، فتحقق مما إذا كان هناك موزع حديث أو مؤشر لموقع عمود الكرنك. واقرأ ما كُتب عن هذه الأدوات في كتب تصليح السيارات.

### تأثير هول The Hall Effect

مجس مفيد طوّر المهندسون مجسًا يعمل وفق تأثير هول. وتحتوي هذه الأجهزة الصغيرة البلاستيكية والسوداء على طبقة رقيقة من السليكون مع أسلاك موصولة بها، كما في الرسم التخطيطي. وترتبط أسلاك فولتية هول بمضخم صغير بحيث يمكن لأجهزة أخرى أن تكتشفها وتستشعرها. إذا تحرك مغناطيس دائم بالقرب من المجس الذي يعمل وفق تأثير هول فسوف تزداد الفولتية الخارجة من المضخم، لذا يمكن استخدام هذا المجس للكشف عن مدى قرب المغناطيس.



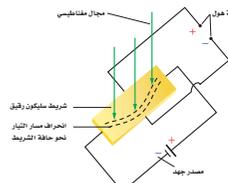
يستخدم المجس الذي يعمل وفق تأثير هول في مقياس سرعة الدراجة الهوائية لقياس سرعتها.

**تطبيقات يومية** يستخدم مقياس السرعة في الدراجة الهوائية مغناطيسًا دائميًا يُربط مع الدوولاب الأمامي. وفي كل دورة للدوولاب يقترب المغناطيس من المجس. وتحصى النبضات الناتجة، كما يتم حساب زمنها. وتُستخدم هذه المجسات أيضًا في توقيت إنتاج الحرارة في محركات السيارات؛ فعندما يتحرك المغناطيس المثبت على عمود الكرنك بالقرب من المجس تنتج نبضة جهد، فيطلق نظام الإشعال فورًا شرارة الاحتعال.

### التوسع

1. **حلل** لماذا يوضع قطبًا فولتية هول بحيث يكونان متقابلين؟ وماذا يحدث إذا لم يوضع كذلك؟
2. **التفكير الناقد** هل يمكن لمجال مغناطيسي قوي يؤثر في شريط فلزي موصل أن يغير من مقاومة ذلك الشريط بسبب تأثير هول؟

بعض الأشياء البسيطة ومنها انحراف الجسيمات المشحونة بواسطة المجالات المغناطيسية قادت إلى ثورة في كيفية قياس حركة الأشياء، ومنها دواليب الدراجة الهوائية، وحركة عمود الكرنك في السيارة؛ فجميعها تبدأ عند مرور تيار كهربائي خلال موصل عريض ومسطح في وجود مجال مغناطيسي.



يؤدي المجال المغناطيسي إلى مزيد من انحراف الإلكترونات نحو حافة الشريط اللفظي. وهذا يولد ما يسمى فولتية هول.

تكون خطوط القوى للمجال المغناطيسي متعامدة مع سطح الشريط العريض، وهذا يجعل الإلكترونات المتدفقة تتركز عند جانب واحد من الشريط. وهذا يؤدي إلى أن تنتج فولتية بين طرفي عرض الشريط تسمى فولتية هول، يعتمد مقدارها على شدة المجال المغناطيسي.

اكتشف العالم إدوين هول هذا التأثير عام 1879م. وفي الأونة الأخيرة فقط اكتشفت الأهمية العلمية والصناعية لهذه الظاهرة؛ لأن فولتية هول في الأشرطة الفلزية التقليدية كانت صغيرة. أما الآن فالطبقات الرقيقة جدًا من السليكون شبه الموصل تنتج فولتية هول كبيرة ولا يستهان بها.

يمكن استخدام تأثير هول للكشف عن موصلية أنواع مختلفة من المواد؛ حيث تزودنا إشارة فولتية تأثير هول بمعلومات عن إشارة الشحنة المتحركة، ويزودنا مقدار الفولتية بمعلومات عن مقدار كثافة الشحنة وسرعتها.

### التوسع

1. تكون كثافة التيار خلال الشريط الموصل منتظمة ومتجانسة. ولذلك يكون فرق الجهد خلال الشريط الموصل صفرًا؛ لأن للطرفين المتقابلين الفولتية نفسها.
2. نعم، بالتأكيد، بعض أدوات تأثير هول القديمة استخدمت هذه الخاصية.

### المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



#### 5-1 المغناطد، الدائمة والمؤقتة Magnets: Permanent and Temporary

المفاهيم الرئيسية	المضردات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• الأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر، والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب.</li> <li>• تخرج المجالات المغناطيسية من القطب الشمالي للمغناطيس وتدخل في قطبه الجنوبي.</li> <li>• تشكل خطوط المجال المغناطيسي دوائر حلقية مغلقة.</li> <li>• يوجد مجال مغناطيسي حول أي سلك يسري فيه تيار كهربائي.</li> <li>• للملف اللولبي الذي يسري فيه تيار كهربائي مجال مغناطيسي، وهذا المجال يشبه المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• المستقطب</li> <li>• المجال المغناطيسي</li> <li>• التدفق المغناطيسي</li> <li>• القاعدة الأولى لليد اليمنى</li> <li>• الملف اللولبي</li> <li>• المغناطيس الكهربائي</li> <li>• القاعدة الثانية لليد اليمنى</li> <li>• المنطقة المغناطيسية</li> </ul>

#### 5-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية Forces Caused by Magnetic Fields

المفاهيم الرئيسية	المضردات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تقاس شدة المجال المغناطيسي بوحدة التسلا.</li> <li>• عند وضع سلك يسري فيه تيار في مجال مغناطيسي فإنه يتأثر بقوة عمودية على اتجاه كل من المجال والسلك.</li> <li>• القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي تتناسب طرديًا مع كل من مقدار التيار المار في السلك وطوله وشدة المجال المغناطيسي.</li> <li>• يستخدم الجلفانومتر في قياس التيارات الصغيرة، ويحتوي على ملف موضوع في مجال مغناطيسي، وعند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثر الملف بقوة تعمل على انحرافه.</li> <li>• يمكن تحويل الجلفانومتر إلى أميتر بتوصيل ملفه مع مقاومة تسمى مجزئ التيار على التوازي.</li> <li>• يمكن تحويل الجلفانومتر إلى فولتمتر بتوصيل ملفه مع مقاومة تسمى المضاعف على التوالي.</li> <li>• يعمل مكبر الصوت أو الساعة عن طريق تغيير التيار المار في ملف موضوع في مجال مغناطيسي. ويتصل الملف بمخروط ورقي يتحرك عندما يتحرك الملف. وعندما يتغير التيار يهتز المخروط محدثًا صوتًا.</li> <li>• يحتوي المحرك الكهربائي على ملف سلبي موضوع في مجال مغناطيسي، وعندما يمر تيار كهربائي في هذا الملف يدور بتأثير القوة المغناطيسية المؤثرة فيه. ولإكمال دورة كاملة <math>360^\circ</math> يستخدم عاكس يغير اتجاه التيار في الملف كل نصف دورة في أثناء دورانه.</li> <li>• تعتمد القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في جسيم مشحون على ثلاثة عوامل: سرعة الجسيم وشحنته ومقدار المجال المغناطيسي. ويكون اتجاه القوة متعامدًا مع كل من اتجاه المجال وسرعة الجسيم.</li> <li>• في شاشات الحاسوب والتلفاز تستخدم المغناطد في توجيه وتركيز الجسيمات المشحونة على شاشات مفسفرة؛ حيث ينبعث ضوء عند اصطدام تلك الجسيمات بالشاشة، فتتكون الصورة.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• القاعدة الثالثة لليد اليمنى</li> <li>• الجلفانومتر</li> <li>• المحرك الكهربائي</li> <li>• ملف ذو قلب حديدي</li> </ul>

$$F = ILB$$

$$F = qvB$$

خريطة المفاهيم

31. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

32. الأقطاب المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب.

33. المغناطيس المؤقت يشبه المغناطيس الدائم فقط إذا كان تحت تأثير مغناطيس آخر، حيث تزول مغناطيسيته بإبعاد المغناطيس المؤثر، أما المغناطيس الدائم فلا يحتاج إلى مغناط مؤثرة خارجية ليُجذب الأجسام.

34. الحديد والكوبالت والنيكل.

35. انظر دليل حلول المسائل، تأكد أن الطلاب يبيّنون أن خطوط المجال مغلقة.

36. انظر دليل حلول المسائل.

37. لا، ستكون أقطاب جديدة على كل طرف من الأطراف المكسورة؛ أي يتكون مغناطيسان جديان بأقطاب جديدة.

38. اقْبض على السلك باليد اليمنى، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، وسيشير اتجاه دوران الأصابع حول السلك إلى اتجاه المجال المغناطيسي.

39. تتركز خطوط المجال المغناطيسي داخل الحلقة.

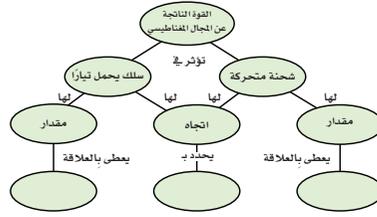
40. اقْبض على الملف باليد اليمنى، ستطوّق الأصابع الملف وتدور مشيرة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي فيه، وسيشير إبهام اليد اليمنى إلى القطب الشمالي للمغناطيس الكهربائي.

41. لا تتحرك الإلكترونات جميعها في الاتجاه نفسه، ولذلك ستكون مجالاتها المغناطيسية عشوائية.

42. ستبعر المناطق المغناطيسية مقارنة بالنسق الذي كانت عليه.

خريطة المفاهيم

31. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: قاعدة اليد اليمنى،  $F=qvB$ ،  $F=ILB$ .



إتقان المفاهيم

32. اكتب قاعدة التناظر والتجاذب المغناطيسي.

33. صف كيف يختلف المغناطيس الدائم عن المغناطيس المؤقت.

34. سمّ العناصر المغناطيسية الثلاثة الأكثر شيوعاً.

35. ارسم قضيبياً مغناطيسياً صغيراً، وبيّن خطوط المجال المغناطيسي التي تظهر حوله، واستخدم الأسهم لتحديد اتجاه خطوط المجال.

36. ارسم المجال المغناطيسي بين قطبين مغناطيسيين متشابهين وبين قطبين مغناطيسيين مختلفين مبيناً اتجاهات المجال.

37. إذا كسرت مغناطيساً جزأين فهل تحصل على قطبين منفصلين شمالي وجنوبي؟ وضح إجابتك.

38. صف كيفية استخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يسري فيه تيار كهربائي.

39. إذا مرّ تيار كهربائي في سلك على شكل حلقة يسري فيه تيار كهربائي فلماذا يكون المجال المغناطيسي داخل الحلقة أكبر من خارجها؟

40. صف كيفية استخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى لتحديد قطبي مغناطيس كهربائي.

41. كل إلكترون في قطعة حديد يشبه مغناطيساً صغيراً جداً، إلا أن قطعة الحديد قد لا تكون مغناطيساً. لماذا؟ وضح إجابتك.

42. لماذا يضعف المغناطيس عند طرقه أو تسخينه؟

43. صف كيفية استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي.

44. مر تيار كهربائي كبير في سلك فجأة، ومع ذلك لم يتأثر بأي قوة، فهل تستنتج أنه لا يوجد مجال مغناطيسي في موقع السلك؟ وضح إجابتك.

45. ما جهاز القياس الكهربائي الناتج عن توصيل مجزئ تيار مع الجلفانومتر؟

تطبيق المفاهيم

46. أخفي مغناطيس صغير في موقع محدد داخل كرة تنس. صف تجربة يمكنك من خلالها تحديد موقع كل من القطب الشمالي والقطب الجنوبي للمغناطيس.

47. انجذبت قطعة فلزية إلى أحد قطبي مغناطيس كبير. صف كيف يمكنك معرفة ما إذا كانت القطعة الفلزية مغناطيساً مؤقتاً أم مغناطيساً دائماً؟

48. هل القوة المغناطيسية التي تؤثر بها الأرض في الإبرة المغناطيسية للبوصلة أفضل أو تساوي أو أكبر من القوة التي تؤثر بها إبرة البوصلة في الأرض؟ وضح إجابتك.

49. البوصلة افترض أنك تبت في غابة، لكنك تحمل بوصلة، ولسوء الحظ كان اللون الأحمر المحدد للقطب الشمالي غير واضح، وكان معك مصباح يدوي وبطارية وسلك. كيف يمكنك تحديد القطب الشمالي للبوصلة؟

47. انقلها إلى القطب الآخر، إذا انجذب الطرف نفسه فستصبح مغناطيساً مؤقتاً، وإذا تنافر الطرف نفسه مع المغناطيس فستصبح مغناطيساً دائماً.

48. القوتان متساويتان وفق القانون الثالث لنيوتن.

49. صل السلك مع غطاء البطارية بحيث يكون التيار دائماً مبتعداً عنك في أحد الفروع، ثم اعمل البوصلة فوق السلك مباشرة وقريباً من ذلك الفرع من السلك، وباستخدام قاعدة اليد اليمنى سيكون طرف إبرة البوصلة المشير نحو الشرق قطباً شمالياً.

43. اجعل أصابع اليد اليمنى تشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي المار في السلك، سيكون اتجاه القوة المؤثرة في السلك في اتجاه العمودي على باطن الكف نحو الخارج.

44. لا، إذا كان المجال موازياً للسلك فلا توجد قوة مؤثرة.

45. الأمتير.

تطبيق المفاهيم

46. استخدم البوصلة، سينجذب القطب الشمالي لإبرة البوصلة إلى القطب الجنوبي، والعكس صحيح.

## تقويم الفصل 5

## تقويم الفصل 5

50. يجبر المغناطيس جميع المناطق المغناطيسية في الحديد على أن تشير إلى الاتجاه نفسه، ويفصل القضيب المطاطي المشحون الشحنات الموجبة عن السالبة في العازل.

51. استخدم البوصلة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي، ثم أحضر مغناطيساً قوياً وحدد اتجاه القوة المؤثرة في السلك ثم استخدم قاعدة اليد اليمنى.

52. اجعل السلك موازياً للمجال المغناطيسي.

53. a. سيكون المجال المغناطيسي أكبر في أي نقطة بين السلكين.

b. المجال المغناطيسي مساوياً ضعفاً المجال الناتج عن أحد السلكين على الخط المنصف للمسافة العمودية بين السلكين.

c. يكون المجال المغناطيسي صفرًا على الخط المنصف للمسافة العمودية بين السلكين.

54. سيزداد أقصى تدرج للفولتметр.

55. لا، القوة دائماً متعامدة مع اتجاه السرعة، فلا يُبدل شغل، ولذلك لا تتغير الطاقة الحركية.

56. بمواجهة مقدمة الغرفة، تكون السرعة إلى الأمام، وتكون القوة إلى أعلى، وباستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى يكون المجال المغناطيسي B نحو اليسار.

57. يكون مقدار المجال المغناطيسي الأرضي أكبر عند القطبين؛ لأن الخطوط تكون متقاربة عندهما.

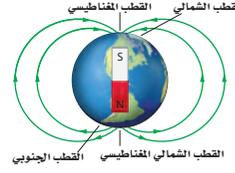
### إتقان حل المسائل

#### 5-1 المغناطيس: الدائمة والمؤقتة

58. يتحرك نحو اليسار أو يبدأ في الدوران، الأقطاب المتشابهة تتنافر.

59. يتحرك إلى اليمين، الأقطاب المختلفة تتجاذب.

57. انظر خطوط المجال المغناطيسي الأرضي الموضحة في الشكل 23-5. أين يكون المجال المغناطيسي أكبر: عند القطبين أم عند خط الاستواء؟ وضح إجابتك.

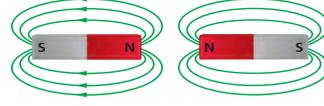


الشكل 23-5

### إتقان حل المسائل

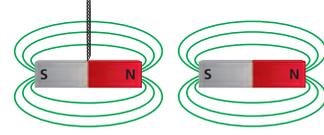
#### 5-1 المغناطيس: الدائمة والمؤقتة

58. ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط عند تقريب المغناطيس الموضح في الشكل 24-5 منه؟



الشكل 24-5

59. ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط عند تقريب المغناطيس الموضح في الشكل 25-5 منه؟



الشكل 25-5

50. يمكن للمغناطيس جذب قطعة حديد ليست مغناطيساً دائماً، كما يمكن لقضيب مطاط مشحون جذب عازل متعادل. صف العمليات المجهرية المختلفة التي تُنتج هذه الظواهر المتشابهة.

51. سلك موضوع على طول طاولة المختبر، يسري فيه تيار. صف طريقتين على الأقل يمكنك بهما تحديد اتجاه التيار المار فيه.

52. في أي اتجاه بالنسبة للمجال المغناطيسي يمكنك إمرار تيار كهربائي في سلك بحيث تكون القوة المؤثرة فيه صغيرة جداً أو صفرًا؟

53. سلكان موازيان يسري فيهما تياران متساويان. a. إذا كان التياران متعاكسين فأين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين أكبر من المجال الناتج عن أي منهما منفردًا؟

b. أين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين مساوياً ضعفاً للمجال الناتج عن سلك منفرد؟

c. إذا كان التياران في الاتجاه نفسه فأين يكون المجال الكلي صفرًا؟

54. كيف يتغير أقصى تدرج للفولتметр إذا زادت قيمة المقاومة؟

55. يمكن للمجال المغناطيسي أن يؤثر بقوة في جسم مشحون، فهل يمكن للمجال أن يغير الطاقة الحركية للجسيم؟ وضح إجابتك.

56. تتحرك حزمة بروتونات من الخلف إلى الأمام في غرفة، فأنحرفت إلى أعلى عندما أثر فيها مجال مغناطيسي. ما اتجاه المجال المغناطيسي المسبب لانحرافها؟

## تقويم الفصل 5

### تقويم الفصل 5

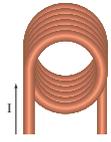
دفترك، ثم ارسم المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



الشكل 5-29

65. يبين الشكل 5-30 طرف مغناطيس كهربائي يسري خلاله تيار كهربائي.

- a. ما اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقات؟  
b. ما اتجاه المجال المغناطيسي خارج الحلقات؟



الشكل 5-30

66. المغناطيس الخشبية قيست قوى التنافر بين

مغناطيسين خشبيين، ووجد أنها تعتمد على

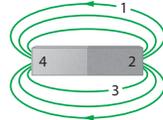
المسافة، كما هو موضح في الجدول 5-1.

- a. مثل بياناً القوة كدالة مع المسافة.  
b. هل تخضع هذه القوة لقانون التربيع العكسي؟

الجدول 5-1	
القوة $F$ (N)	المسافة $d$ (cm)
3.93	1.0
0.40	1.2
0.13	1.4
0.057	1.6
0.030	1.8
0.018	2.0
0.011	2.2
0.0076	2.4
0.0053	2.6
0.0038	2.8
0.0028	3.0

60. ارجع إلى الشكل 5-26 للإجابة عن الأسئلة الآتية:

- a. أين يقع القطبان؟  
b. أين يقع القطب الشمالي؟  
c. أين يقع القطب الجنوبي؟



الشكل 5-26

61. يمثل الشكل 5-27 استجابة البوصلة في موقعين

مختلفين بالقرب من مغناطيس. أين يقع القطب الجنوبي للمغناطيس؟



الشكل 5-27

62. سلك طوله 1.50 m يسري فيه تيار مقداره

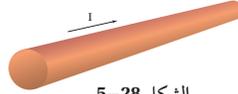
10.0 A، وضع عمودياً في مجال مغناطيسي منتظم،

فكانت القوة المؤثرة فيه 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

63. يسري تيار اصطلاحي في سلك، كما هو موضح في

الشكل 5-28. ارسم قطعة السلك في دفترك، ثم

ارسم خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



الشكل 5-28

64. إذا كان التيار الاصطلاحي في الشكل 5-29

خارجاً من مستوى الورقة فارسم الشكل في

60. a. 2 و 4 من التعريف

b. 2 من التعريف واتجاه المجال.

c. 4 من التعريف واتجاه المجال.

61. على الطرف الأيسر؛ لأن الأقطاب المختلفة

تتجاذب.

62. 0.040 T

63. انظر دليل حلول المسائل.

64. انظر دليل حلول المسائل.

65. a. إلى أسفل (داخل الصفحة).

b. إلى أعلى (خارج الصفحة).

66. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. لا

## تقويم الفصل 5

### 2-5 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

67. أميتر، يمرّ معظم التيار خلال المقاومة وبذلك

يسمح بقياس تيارات كبيرة.

68. مجزّي التيار، ووفق التعريف يُعدّ مجزّي التيار

صيغة أخرى لتوصيل التوازي.

69. فولتметр، تقلّل المقاومة المضافة التيار إلى أي

جهد معطى.

70. المضاعف، وفق التعريف تضاعف مقدار

الجهد المقيس.

71. 0.10 T

72. 2.4 N

73. 0.45 N

74. إذا كان السلك موازيًا للمجال فلا يوجد أي

تأثير ولذلك لا توجد قوة مؤثرة.

75. 7.2 mA

76. 3.0 kA

77. 0.60 m

78. a. 0.011 N/m

b. ستكون القوة إلى أسفل

c. لا، تكون القوة أقل كثيرًا من وزن الأسلاك.

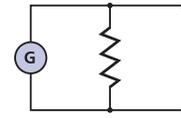
79. a.  $2.00 \times 10^2$  k $\Omega$

b. 199.0 k $\Omega$

## تقويم الفصل 5

### 2-5 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

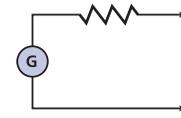
67. يستخدم المخطط الموضّح في الشكل 5-31 لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



الشكل 5-31

68. ماذا تسمّى المقاومة في الشكل 5-31؟

69. يستخدم المخطط الموضّح في الشكل 5-32 لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



الشكل 5-32

70. ماذا تسمّى المقاومة في الشكل 5-32؟

71. سلك طوله 0.50 m، يسري فيه تيار مقداره 8.0 A، وضع عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.40 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

72. يسري تيار مقداره 5.0 A في سلك طوله 0.80 m، وضع عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T. ما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

73. يسري تيار مقداره 6.0 A في سلك طوله 25 cm، فإذا كان السلك موضوعاً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.30 T عمودياً عليه فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

74. يسري تيار مقداره 4.5 A في سلك طوله 35 cm، فإذا كان السلك موضوعاً في مجال مغناطيسي مقداره 0.53 T وموازياً له فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

75. سلك طوله 625 m متعامد مع مجال مغناطيسي مقداره 0.40 T، تأثر بقوة مقداره 1.8 N، ما مقدار التيار المار فيه؟

76. يؤثر المجال المغناطيسي الأرضي بقوة مقدارها 0.12 N في سلك عمودي عليه طوله 0.80 m. ما مقدار التيار المار في السلك؟ استعمل المقدار  $5.0 \times 10^{-5}$  T للمجال المغناطيسي للأرض.

77. إذا كانت القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي مقداره 0.80 T في سلك يسري فيه تيار مقداره 7.5 A متعامد معه تساوي 3.6 N فما طول السلك؟

78. سلك لنقل القدرة الكهربائية يسري فيه تيار مقداره 225 A من الشرق إلى الغرب، وهو موازٍ لسطح الأرض.

a. ما القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي الأرضي في كل متر منه؟ استعمل:  $B_{\text{أرض}} = 5.0 \times 10^{-5}$  T

b. ما اتجاه هذه القوة؟

c. تُرى، هل تعدّ هذه القوة مهمة في تصميم البرج الحامل للسلك؟ وضح إجابتك.

79. الجلفانومتر ينحرف مؤشر الجلفانومتر إلى أقصى تدرّج عندما يمر فيه تيار مقداره 50.0  $\mu$ A

a. ما مقدار المقاومة الكلية للجلفانومتر ليصبح أقصى تدرّج له 10.0 V عند انحرافه بالكامل؟

b. إذا كانت مقاومة الجلفانومتر 1.0 k $\Omega$  فما مقدار المقاومة الموصولة على التوالي (المضاعف)؟

## تقويم الفصل 5

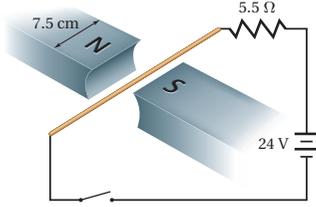
## تقويم الفصل 5

عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $3.20 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، ما عدد الشحنات الأساسية التي يحملها الجسم؟

### مراجعة عامة

**86.** وضع سلك نحاسي مهمل المقاومة في الحيز بين مغناطيسين، كما في الشكل 33-5. فإذا كان وجود المجال المغناطيسي مقتصرًا على هذا الحيز، وكان مقداره  $1.9 \text{ T}$  فأوجد مقدار القوة المؤثرة في السلك، واتجاهها في كل من الحالات التالية:

**a.** عندما يكون المفتاح مفتوحًا.  
**b.** عند إغلاق المفتاح.  
**c.** عند إغلاق المفتاح وعكس البطارية.  
**d.** عند إغلاق المفتاح وتبديل السلك بقطعة مختلفة مقاومتها  $5.5 \Omega$



الشكل 33-5

**87.** لديك جلفانومتران، أقصى تدرّج لأحدهما  $50.0 \mu\text{A}$ ، وللآخر  $500.0 \mu\text{A}$ ، وللفيهما المقاومة نفسها  $855 \Omega$ ، والمطلوب تحويلها إلى أمبيرين، على أن يكون أقصى تدرّج لكل منها  $100.0 \text{ mA}$ .

**a.** ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الأول؟  
**b.** ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الثاني؟  
**c.** حدّد أيهما يعطي قراءات أدق؟ وضح إجابتك.

**80.** استُخدم الجلفانومتر في المسألة السابقة لصنع أمبير أقصى تدرّج له  $10 \text{ mA}$ ، فما مقدار:

**a.** فرق الجهد خلال الجلفانومتر إذا مر فيه تيار  $50 \mu\text{A}$ ، علمًا بأن مقاومة الجلفانومتر تساوي  $1.0 \text{ k}\Omega$ ؟  
**b.** المقاومة المكافئة للأمبير الناتج إذا كان التيار الذي يقيسه  $10 \text{ mA}$ ؟  
**c.** المقاومة الموصولة بالجلفانومتر على التوازي للحصول على المقاومة المكافئة الناتجة في الفرع **b**؟

**81.** تتحرك حزمة إلكترونات عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $6.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، وبسرعة  $2.5 \times 10^6 \text{ m/s}$ ، ما مقدار القوة المؤثرة في كل إلكترون؟

**82.** الجسم دون الذري تحرك ميون (جسيم له شحنة مماثلة لشحنة الإلكترون) بسرعة  $4.21 \times 10^7 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي، فتأثر بقوة  $5.00 \times 10^{-12} \text{ N}$ ، ما مقدار:

**a.** المجال المغناطيسي؟  
**b.** التسارع الذي يكتسبه الجسم إذا كانت كتلته  $1.88 \times 10^{-28} \text{ kg}$ ؟

**83.** إذا كانت القوة المؤثرة في جسيم أحادي التآين  $4.1 \times 10^{-13} \text{ N}$  عندما تحرك عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $0.61 \text{ T}$ ، فما مقدار سرعة هذا الجسيم؟

**84.** يسري تيار كهربائي في حلقة سلكية مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم قسوي داخل غرفة. افترض أنك أدت الحلقة بحيث لم يعد هناك أي ميل لها للدوران نتيجة للمجال المغناطيسي، فما اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة إلى مستوى الحلقة؟

**85.** أثرت قوة  $5.78 \times 10^{-16} \text{ N}$  في جسيم مجهول الشحنة، ومتحرك بسرعة  $5.65 \times 10^4 \text{ m/s}$

**80. a.**  $0.05 \text{ V}$

**b.**  $5 \Omega$

**c.**  $R_1 = 5 \Omega$

**81.**  $2.4 \times 10^{-14} \text{ N}$

**82. a.**  $0.742 \text{ T}$

**b.**  $2.66 \times 10^{16} \text{ m/s}^2$

**83.**  $4.2 \times 10^6 \text{ m/s}$

**84.** المجال المغناطيسي عمودي على مستوى الحلقة.

تُستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال الناتج من الحلقة، ويكون المجال المغناطيسي داخل الغرفة في اتجاه مجال الحلقة نفسه.

**85.** شحنتان.

### مراجعة عامة

**86. a.** المقدار صفر، وبما أنه لا توجد قوة؛ إذا لا يوجد اتجاه، ولا يوجد تيار، لذلك لا يوجد مجال مغناطيسي من السلك، وأيضًا النحاس مادة غير مغناطيسية.

**b.** الاتجاه إلى أعلى، القوة  $0.62 \text{ N}$  اتجاه القوة يحدّد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

**c.** الاتجاه إلى أسفل، القوة  $0.62 \text{ N}$  اتجاه القوة يحدّد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

**d.** الاتجاه إلى أعلى، القوة  $0.31 \text{ N}$ ، اتجاه القوة يحدّد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

**87. a.**  $0.428 \Omega$

**b.**  $4.30 \Omega$

**c.** الجلفانومتر الأول  $50.0 \mu\text{A}$  أفضل. لمجزئ التيار مقاومة أقل، لذلك تكون المقاومة الكلية أصغر، تكون مقاومة الأمبير المثالي صفر أوم تقريبًا.

## تقويم الفصل 5

88.  $2.4 \times 10^{-12} \text{ N}$

89.  $2.6 \times 10^{18} \text{ m/s}^2$

90.  $2.1 \times 10^{-12} \text{ N}$  إلى أعلى (قاعدة اليد اليمنى)،  
تذكر أن حركة الإلكترون عكس اتجاه التيار.

91.  $5.5 \text{ N}$

92. a.  $3.2 \text{ N}$

b.  $2.3 \text{ N}$

c.  $0 \text{ N}$

93. a. من  $P_2$  إلى  $P_1$

b.  $8 \times 10^7 \text{ m/s}$

c. في اتجاه حركة عقارب الساعة.

### التفكير الناقد

94. عند مرور التيار خلال الملف يزداد المجال المغناطيسي، فتعمل القوة على ضغط النابض، ولذلك يخرج طرف السلك من الزئبق وتفتح الدائرة فيقل المجال المغناطيسي وينزل النابض إلى أسفل، ويتذبذب النابض إلى أعلى وإلى أسفل.

95. a.  $4 \times 10^{-6} \text{ T}$ ، المجال المغناطيسي الأرضي  
 $5 \times 10^{-5} \text{ T}$ ، لذلك يكون المجال المغناطيسي الأرضي أقوى من المجال المغناطيسي للسلك 12 مرة تقريباً.

b.  $2 \times 10^{-6} \text{ T}$  هذا يمثل نصف المجال في الفرع a

c. افترض أن هناك سلكاً واحداً فقط يحمل التيار فوق الجنين، واستخدم مركز الجنين (حيث توجد الأعضاء الحية) بوصفه نقطة مرجعية. في المرحلة البدائية من الحمل

## تقويم الفصل 5

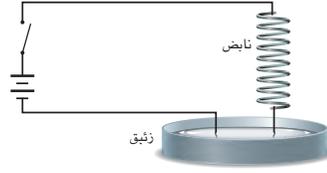
c. صف حركة الإلكترون داخل المجال المغناطيسي.



الشكل 5-34

### التفكير الناقد

94. تطبيق المفاهيم ماذا يحدث إذا مر تيار خلال نابض رأسي، كما هو موضح في الشكل 5-35 وكانت نهاية النابض موضوعة داخل كأس مملوءة بالزئبق؟ ولماذا؟



الشكل 5-35

95. تطبيق المفاهيم يُعطى المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك طويل بالعلاقة  $B = (2 \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})(I/d)$ ، حيث تمثل  $B$  مقدار المجال بوحدة  $\text{T}$  (تسلا)، و  $I$  التيار بوحدة  $\text{A}$  (أمبير)، و  $d$  البعد عن السلك بوحدة  $\text{m}$ . استخدم هذه العلاقة لحساب المجالات المغناطيسية التي تتعرض لها في الحياة اليومية:

a. نادراً ما يمر في أسلاك التمديدات المنزلية تيار أكبر من  $10 \text{ A}$ . ما مقدار المجال المغناطيسي على بُعد  $0.5 \text{ m}$  من سلك مماثل لهذه الأسلاك مقارنة بالمجال المغناطيسي الأرضي.

88. الجسيم دون الذري يتحرك جسيم بيتا (إلكترون له سرعة كبيرة) عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $0.60 \text{ T}$  بسرعة  $2.5 \times 10^7 \text{ m/s}$ . ما مقدار القوة المؤثرة في الجسيم؟

89. إذا كانت كتلة الإلكترون  $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$  فما مقدار التسارع الذي يكتسبه جسيم بيتا الوارد في المسألة السابقة؟

90. يتحرك إلكترون بسرعة  $8.1 \times 10^5 \text{ m/s}$  نحو الجنوب في مجال مغناطيسي مقداره  $16 \text{ T}$  نحو الغرب. ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون، واتجاهها؟

91. مكبر الصوت إذا كان المجال المغناطيسي في سعة عدد لفات ملفها 250 لفة يساوي  $0.15 \text{ T}$ ، وقطر الملف  $2.5 \text{ cm}$  فما مقدار القوة المؤثرة في الملف إذا كانت مقاومته  $8.0 \Omega$  وفرق الجهد بين طرفيه  $15 \text{ V}$ ؟

92. يسري تيار مقداره  $15 \text{ A}$  في سلك طوله  $25 \text{ cm}$  موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره  $0.85 \text{ T}$ . فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك تعطى بالعلاقة  $F = ILB \sin \theta$  فاحسب القوة المؤثرة في السلك عندما يصنع مع المجال المغناطيسي الزوايا التالية:  
a.  $90^\circ$ ، b.  $45^\circ$ ، c.  $0^\circ$

93. سُرَّح إلكترون من السكون خلال فرق جهد مقداره  $20000 \text{ V}$  بين اللوحين  $P_1$  و  $P_2$ ، كما هو موضح في الشكل 5-34. ثم خرج من فتحة صغيرة، ودخل مجالاً مغناطيسياً منتظماً مقداره  $B$  إلى داخل الصفحة.

a. حدّد اتجاه المجال الكهربائي بين اللوحين (من  $P_1$  إلى  $P_2$  أو العكس).

b. احسب سرعة الإلكترون عند  $P_2$  بالاستعانة بالمعلومات المعطاة.

يمكن أن يكون الجنين على بُعد 5 cm من البطانية، وفي المراحل المتأخرة من الحمل يكون مركز الجنين على بُعد 10 cm.

$$I = 1 \text{ A}, d = 0.05 \text{ m}$$

$$B = \frac{(2 \times 10^{-7} \text{ T.m/A})(I)}{d}$$

$$= \frac{(2 \times 10^{-7} \text{ T.m/A})(1 \text{ A})}{(0.05 \text{ m})}$$

$$= 4 \times 10^{-6} \text{ T}$$

المجال الأرضي حوالي  $5 \times 10^{-5} \text{ T}$  أي أقوى 12 مرة.

**96.** لكل سلك  $I = 10 \text{ A}$ ،  $d = 0.10 \text{ m}$  لذلك

$$B = \frac{(2 \times 10^{-7} \text{ T.m/A})(10 \text{ A})}{(0.10 \text{ m})}$$

$$= 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

من الشكل، فقط المركبات الموازية للخط المنصف بين الأسلاك تساهم في محصلة المجال، المركبة من كل سلك  $B_1 = B \sin \theta$  حيث

$$\sin \theta = \frac{0.005 \text{ m}}{0.10 \text{ m}}$$

$$B_1 = (2 \times 10^{-5} \text{ T})(0.05)$$

$$= 1 \times 10^{-6} \text{ T}$$

لكن كل سلك يساهم بالمقدار نفسه من المجال أي أن المحصلة  $B = 2 \times 10^{-6} \text{ T}$  وتعادل  $\frac{1}{25}$  من المجال الأرضي.

### الكتابة في الفيزياء

**97.** قد تختلف إجابات الطلاب، تستخدم المغناط فائقة التوصيل في التصوير بالرنين المغناطيسي وفي قطارات الرفع المغناطيسية، وتحتاج المغناط فائقة التوصيل إلى درجة حرارة منخفضة. يحاول العلماء تطوير مواد فائقة التوصيل عند درجات حرارة مرتفعة.

### مراجعة تراكمية

**98.** 16 J

**99.** 120 W

**100.** 128  $\Omega$

### مراجعة تراكمية

**98.** احسب الشغل الذي يتطلبه نقل شحنة مقدارها  $6.40 \times 10^{-3} \text{ C}$  خلال فرق جهد مقداره 2500 V.

**99.** إذا تغير التيار المار في دائرة جهدها 120 V من 1.3 A إلى 2.3 A فاحسب التغير في القدرة.

**100.** وصلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 55  $\Omega$  على التوالي، ثم وصلت المقاومات السابقة على التوالي بمقاومتين متصلان على التوالي، مقدار كل منهما 55  $\Omega$ ، ما مقدار المقاومة المكافئة للمجموعة؟

**b.** يسري في أسلاك نقل القدرة الكهربائية الكبيرة غالبًا تيار 200 A بجهد أكبر من 765 kV. ما مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن سلك من هذه الأسلاك على سطح الأرض على افتراض أنه يرتفع عن سطحها 20 m؟ وما مقدار المجال مقارنة بالمجال في المنزل؟

**c.** تنصح بعض المجموعات الاستهلاكية المرأة الحامل بعدم استخدام البطانية الكهربائية؛ لأن المجال المغناطيسي يسبب مشاكل صحية. قدّر المسافة التي يمكن أن يكون فيها الجنين بعيدًا عن السلك، موضحةً فرضيتك. إذا كانت البطانية تعمل على تيار 1 A فأوجد المجال المغناطيسي عند موقع الجنين. وقارن بين هذا المجال والمجال المغناطيسي الأرضي.

**96.** جمع المتجهات في جميع الحالات الموصوفة في المسألة السابقة هناك سلك آخر يحمل التيار نفسه في الاتجاه المعاكس. أوجد المجال المغناطيسي المحصل على بُعد 0.10 m من السلك الذي يسري فيه تيار 10 A. إذا كانت المسافة بين السلكين 0.01 m فارسم شكلًا يوضح هذا الوضع. احسب مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن كل سلك، واستخدم القاعدة الأولى لليد اليمنى لرسم متجهات توضّح المجالات. واحسب أيضًا حاصل الجمع الاتجاهي للمجالين مقدارًا واتجاهًا.

### الكتابة في الفيزياء

**97.** ابحث في المغناط الفائقة التوصيل، واكتب ملخصًا من صفحة واحدة للاستخدامات المحتملة لهذه المغناط. وتأكد من وصف أي عقبات تقف في طريق التطبيقات العملية لهذه المغناط.

سَلْم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

الوصف	العلامات
يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعوق إظهار الفهم الكامل.	4
يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة	3
يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.	2
يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.	1
يقدم الطالب حلاً غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.	0

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. يسري تيار مقداره 7.2 A في سلك مستقيم موضوع في مجال مغناطيسي منتظم  $8.9 \times 10^{-3} \text{ T}$  وعمودي عليه. ما طول جزء السلك الموجود في المجال الذي يتأثر بقوة مقدارها 2.1 N؟

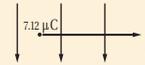
- (A)  $2.6 \times 10^{-3} \text{ m}$   
(B)  $3.1 \times 10^{-2} \text{ m}$   
(C)  $1.3 \times 10^{-1} \text{ m}$   
(D)  $3.3 \times 10^1 \text{ m}$

2. افترض أن جزءًا طوله 19 cm من سلك يسري فيه تيار متعامد مع مجال مغناطيسي مقداره 4.1 T، ويتأثر بقوة مقدارها 7.6 mN، ما مقدار التيار المار في السلك؟

- (A)  $3.4 \times 10^{-7} \text{ A}$   
(B)  $9.8 \times 10^{-3} \text{ A}$   
(C)  $1.0 \times 10^{-2} \text{ A}$   
(D) 9.8 A

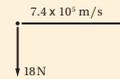
3. تتحرك شحنة مقدارها  $7.12 \mu\text{C}$  بسرعة الضوء في مجال مغناطيس مقداره 4.02 mT، ما مقدار القوة المؤثرة فيها؟

- (A) 8.59 N  
(B)  $2.90 \times 10^1 \text{ N}$   
(C)  $8.59 \times 10^{12} \text{ N}$   
(D)  $1.00 \times 10^{16} \text{ N}$



4. إذا تحرك إلكترون بسرعة  $7.4 \times 10^5 \text{ m/s}$  عموديًا على مجال مغناطيسي، وتأثر بقوة مقدارها 18 N فما شدة المجال المغناطيسي المؤثر؟

- (A)  $6.5 \times 10^{-15} \text{ T}$   
(B)  $2.4 \times 10^{-5} \text{ T}$   
(C)  $1.3 \times 10^7 \text{ T}$   
(D)  $1.5 \times 10^{14} \text{ T}$



الأسئلة الممتدة

8. وصل سلك بطارية جهدها 5.8 V في دائرة تحتوي على مقاومة مقدارها  $18 \Omega$ . فإذا كان 14 cm من السلك داخل مجال مغناطيسي مقداره 0.85 T، وكان مقدار القوة المؤثرة في السلك تساوي 22 mN فما مقدار الزاوية بين السلك والمجال المغناطيسي المؤثر، إذا علمت أن العلاقة الخاصة بالقوة المؤثرة في السلك هي  $F = ILB \sin \theta$ ؟

إرشاد  
قراءة التوجيهات

لا يهم كم مرة آذيت اختبارًا خاصًا أو امتحانًا. أما الأهم فهو أن تقرأ التوجيهات أو التعليقات التي تزود بها في بداية كل جزء؛ فهي لا تستغرق سوى لحظات، إلا أنها تحول دون ارتكاب أخطاء بسيطة قد تجعلك تؤدي الاختبار بصورة سيئة.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. D  
2. B  
3. A  
4. D  
5. C  
6. B  
7. A

الأسئلة الممتدة

8.  $I = \frac{V}{R} = \frac{5.8 \text{ V}}{18 \Omega} = 0.32 \text{ A}$   
 $\theta = \sin^{-1} \left( \frac{F}{ILB} \right)$   
 $= \sin^{-1} \left( \frac{0.022 \text{ N}}{(0.32 \text{ A})(0.14 \text{ m})(0.85 \text{ T})} \right)$   
 $= 35^\circ$

المواد والأدوات	الأهداف
	<p><b>افتتاحية الفصل</b></p> <p><b>6-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. توضّح كيف يعمل التغيّر في المجال المغناطيسي على توليد تيار كهربائي.</li> <li>2. تعرّف القوة الدافعة الكهربائية.</li> <li>3. تحلّ مسائل تتضمّن حركة أسلاك في مجالات مغناطيسية.</li> </ol>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>تجربة استهلاكية</b> قضبان مغناطيسيان، وملفّ من سلك نحاسي، وجلفانومتر.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> جلفانومتران متماثلان، وسلكان.</p>	<p><b>6-2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولّد قوة دافعة كهربائية حثية</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. تطبّق قانون لنز.</li> <li>5. توضّح القوة الدافعة الكهربائية العكسية، وكيف تؤثر في عمل المولّدات والمحركات.</li> <li>6. توضّح الحثّ الذاتي وتأثيره في الدوائر الكهربائية.</li> <li>7. تحلّ مسائل متعلّقة بالمحوّلات، تتضمّن الجهد والتيار ونسب عدد اللّفات.</li> </ol>
<p><b>تجارب الطالب</b></p> <p><b>تجربة إضافية</b> مصدر قدرة DC قابل للضبط، ومحرك DC مصغّر، وأمّيتر، وفولتметр، وأسلاك.</p> <p><b>تجربة محرك DC</b>، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدته، وأمّيتر.</p> <p><b>مختبر الفيزياء</b> ملفّ ثانوي وملفّ ابتدائي مختلفان في عدد اللّفات، ومصدر جهد متناوب AC صغير، وفولتметр خاصّ بالتيار المتناوب AC، ومصدر جهد مستمرّ DC (0-6 V, 0-5 A)، وأسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح، ومصباح صغير متّصل بأسلاك.</p> <p><b>عرض المعلم</b></p> <p><b>عرض سريع</b> أنبوب نحاسي طوله 1 m وقطره 1.25 cm، ومغناطيسان من النيوديميوم، وساعة إيقاف، وكرة زجاجية قطرها 9 mm.</p>	

### طرائق تدريس متنوعة

1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلّم. 2م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط. 3م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
<p>تتضمّن أعمال <b>المعلم</b>: نسخة المعلم التفاعليّة، تخطيط الدّرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.</p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 6. ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 164 دليل مراجعة الفصل، ص 168 اختبار قصير 1 – 6، ص 174 شريحة التدريس 1 – 6 ص 179 شريحة التدريس 2 – 6 ص 181 ربط الرياضيات مع الفيزياء</p>
<p>مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a></p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 6. دليل مراجعة الفصل، ص 168 اختبار قصير 2 – 6، ص 175 تعزيز الفهم ص 176 الإثراء، ص 177 شريحة التدريس 3-6 ص 183 شريحة التدريس 4-6 ص 185 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العمليّة، ص 46</p>

#### مصادر التقويم

<p>التقنية الموقع الإلكتروني <a href="http://Obeikaneducation.com">Obeikaneducation.com</a></p>	<p><b>الملف الخاص</b> بمصادر الفصول 1-6، الفصل 6 تقويم الفصل 6 ص 187 إختبارات الفيزياء التحضيرية</p>
---	--



#### ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- وصف كيف يعمل التغير في المجال المغناطيسي على توليد فرق جهد كهربائي.
- تطبيق ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي في تفسير عمل كل من المولدات والمحولات الكهربائية.

#### الأهمية

تشكل العلاقة بين المجالات المغناطيسية والتيار الكهربائي حجر الأساس للأركان الثلاثة التي تقوم عليها التقنيات الكهربائية: المولدات الكهربائية، والمحركات الكهربائية، والمحولات الكهربائية.

المولدات الكهربائية تُبنى السدود على الأنهار لتزويد المناطق المجاورة بالطاقة، حيث يتم تحويل طاقة الوضع والطاقة الحركية للماء إلى طاقة كهربائية.



#### فكر

كيف تعمل المولدات الموجودة في السد على تحويل طاقة الوضع والطاقة الحركية للماء إلى طاقة كهربائية؟

القضايا عبر المواقع الإلكترونية  
www.obeikameducation.com

#### نظرة عامة إلى الفصل

يبدأ هذا الفصل بمناقشة الطرائق التي تمكننا من الحصول على تيار كهربائي من المجال المغناطيسي المتغير، وسيستكشف مفهوم القوة الدافعة الكهربائية الحثية في المولدات الكهربائية، وسيتم تعرف قانون لنز والعديد من التطبيقات العملية، وسيتهي الفصل بمناقشة الحث الذاتي والحث المتبادل ودورهما في المحولات.

#### فكر

تتحول طاقة وضع الماء إلى طاقة حركية عند سقوط الماء من الأعلى إلى الأسفل. وعندما يجري الماء فإنه يعمل على تدوير التوربينات التي تعمل بدورها على تدوير ملفات المولدات التي ينتج عنها فرق في الجهد الكهربائي، وهذا يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

#### المفردات الرئيسية

- الحث الكهرومغناطيسي
- الحث الذاتي
- القاعدة الرابعة لليد اليمنى
- المحول الكهربائي
- القوة الدافعة الكهربائية
- الملف الابتدائي
- المولد الكهربائي
- الملف الثانوي
- متوسط القدرة
- الحث المتبادل
- قانون لنز
- التيار الدوامي
- المحول الرافع
- المحول الخافض

### تجربة استهلاكية

**الهدف** يستقصي الطلاب كيف يعمل المجال المغناطيسي المتغير على توليد تيار كهربائي في ملف سلكي.

**المواد والأدوات** قضبان مغناطيسيان، وملف من سلك نحاسي، وجلفانومتر.

**استراتيجيات التدريس** ذكر الطلاب بضرورة توخي الحيلة والحذر عند التعامل مع المغناط لأنها قد تتلف إذا سقطت.

**النتائج المتوقعة** ستتغير قراءة الجلفانومتر بتغير مقدار سرعة السلك أو اتجاهها أو كليهما.

**التحليل** سينحرف مؤشر الجلفانومتر نتيجة تولد تيار في السلك. وسيكون الانحراف الأكبر عندما يتحرك السلك بسرعة أكبر وباتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي.

**التفكير الناقد** عندما يتحرك السلك بين المغناطيسين، سيتغير المجال المغناطيسي المؤثر في السلك، ولذلك سيتولد تيار حثي في السلك.

## 6-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغيير المجالات المغناطيسية

### 1. التركيز

#### نشاط محفز

المولد الكهربائي حصل على مجموعة المولد والمصباح الضوئي الخاص بدرّاجة هوائية، ثم دور المولد باليد لمحاكاة الطاقة الميكانيكية التي يزود بها راكب الدراجة، واطلب إلى الطلاب ملاحظة الضوء، وكتابة توضيح مختصر لتحوّلات الطاقة التي تحدث في المولد. **تحول** الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية باستخدام العصف الذهني، اطلب إلى الطلاب التفكير في أشكال أخرى من الطاقة التي يمكن استخدامها بوصفها طاقة داخلية إلى المولد. **1- بصري-مكاني**

#### الربط مع المعرفة السابقة

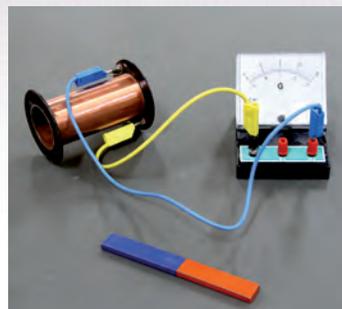
المجالات المغناطيسية والشحنات الكهربائية سيستخدم الطلاب المفاهيم الآتية: فرق الجهد والتيار الكهربائي والمجال المغناطيسي لتحليل القوة المؤثرة في الشحنات الموجودة في موصل متحرك داخل مجال مغناطيسي.

### تجربة استهلاكية

#### ماذا يحدث في المجال المغناطيسي المتغير؟

**التفكير الناقد** ما الذي يحدث في السلك عندما يتحرك الملف السلبي بين المغناطيسين؟

**سؤال التجربة** كيف يؤثر المجال المغناطيسي المتغير في ملف سلبي موضوع فيه؟



#### الخطوات

1. ضع قضيبين مغناطيسيين بحيث يبعد أحدهما عن الآخر 8 cm.
2. صل جلفانومترًا حساسًا بطرفي السلك النحاسي الملف.
3. حرك الملف ببطء بين المغناطيسين، ولاحظ قراءة الجلفانومتر.
4. غير زاوية حركة الملف، وسرعة حركته. ماذا تلاحظ؟ دوّن ملاحظتك.

#### التحليل

ما الذي يسبب انحراف مؤشر الجلفانومتر؟ ما الحالة التي تجعل قراءة الجلفانومتر أكبر ما يمكن؟

### 6-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغيير المجالات المغناطيسية

#### Electric Current from Changing Magnetic Fields

#### الأهداف

- توضح كيف يعمل التغير في المجال المغناطيسي على توليد تيار كهربائي.
- تعرّف القوة الدافعة الكهربائية.
- تحل مسائل تتضمن حركة أسلاك في مجالات مغناطيسية.

#### المفردات

- الحث الكهرومغناطيسي
- القاعدة الرابعة لليد اليمنى
- القوة الدافعة الكهربائية
- المولد الكهربائي
- متوسط القدرة

درست كيف اكتشف أورستد أن التيار الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسياً. ووجد العالم مايكل فاراداي أن العكس يجب أن يكون صحيحاً أيضاً؛ فالمجال المغناطيسي يولد تياراً كهربائياً. وفي عام 1822م سجّل فاراداي هدفاً في دفتر ملاحظاته، وهو تحويل المغناطيسية إلى كهرباء.

جرّب فاراداي عدة تركيبات للمجال المغناطيسي مع الأسلاك فلم ينتج. وبعد عشر سنوات تقريباً من التجارب غير الناجحة وجد فاراداي أنه يمكن توليد تيار كهربائي عن طريق تحريك سلك داخل مجال مغناطيسي. وفي السنة نفسها وجد جوزيف هنري المدرس الأمريكي في المدارس الثانوية أن تعرّف المجال المغناطيسي يمكن أن يولد تياراً كهربائياً. أخذ هنري فكرة طورها عالم آخر، ووسع هذا التطبيق على أدوات تعليمية، لجعلها أكثر حساسية أو أكثر فاعلية. ولم تكن رؤية هنري لهذه الأدوات اكتشافاً جديداً، إلا أنه جعل هذه الأدوات أكثر فاعلية، كأدوات تعليمية مساعدة. ولم يقرر هنري نشر اكتشافاته.

### الخلفية النظرية للمحتوى

#### معلومة للمعلم

**مايكل فاراداي** اكتشف مايكل فاراداي العديد من القوانين الأساسية في الفيزياء والكيمياء، رغم أنه لم يتلقَ تعليماً رسمياً منتظماً، فهو ابن حدّاد إنجليزي، وكان يعمل بائعاً للكتب ومجلّداً لها عندما كان صبياً في الرابعة عشرة. وجد فاراداي من خلال اكتشافاته العديدة أن التغير في المجال المغناطيسي يمكنه توليد تيار حثي، وقد أجرى العديد من التجارب التي توضح أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تساوي معدل التغير في التدفق المغناطيسي. ولقد ابتكر كذلك مفهوم خطوط المجالين الكهربائي والمغناطيسي من خلال الأنماط المتكوّنة من خلال برادة الحديد حول المغناطيس، وابتكر فاراداي أيضاً أول مولّد كهربائي، ووضع القوانين الصحيحة للكيمياء الكهربائية.

## 2. التدريس

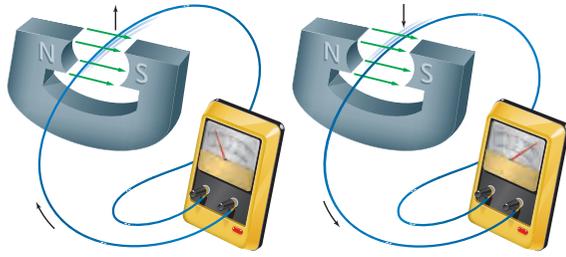
### استخدام الشكل 2-6

اطلب إلى الطلاب مقارنة الشكل 2-6 والشكل 16-5، ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية: ماذا تمثل B في الشكلين؟ شدة المجال المغناطيسي. ما اتجاهها في الشكلين؟ نحو اليمين (الشرق). ما اتجاه F في كلا الشكلين؟ إلى أعلى نحو الجزء العلوي من الصفحة (الشمال). فيم تؤثر F في كل من الشكلين 2-6 و 16-5؟ في الشحنة، في السلك. ما الذي يتحرك في كلا الشكلين السلك، الشحنة. 2م

### المناقشة

**سؤال** إذا أسقطت مغناطيساً إلى أسفل داخل أنبوب مصنوع من مادة موصلة مثل النحاس، فهل يتولد تيار؟ إذا حدث ذلك فأين يتولد التيار؟

**الإجابة** نعم، سيتولد التيار في المسار الموصل لجدار الأنبوب عندما يعبر التدفق المغناطيسي المتغير خلال مساحة المقطع العرضي للأنبوب. الفترة الزمنية التي يتغير التدفق المغناطيسي عندها هي عند اقتراب المغناطيس أو دخوله أو خروجه من أي طرف للأنبوب. أما عندما يكون المغناطيس داخل الأنبوب كلياً فسيكون التدفق المغناطيسي ثابتاً (لا يتغير) فلا يتولد تيار.

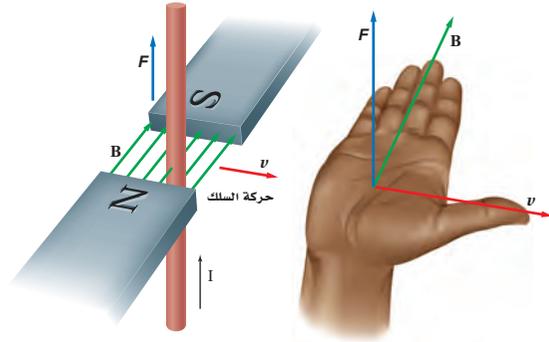


الشكل 1-6 عند تحريك سلك في مجال مغناطيسي يتولد فيه تيار كهربائي في أثناء حركته فقط. ويعتمد اتجاه هذا التيار على اتجاه حركة السلك داخل المجال. وتفسير الأسهم إلى اتجاه التيار الاصطلاحي المتولد.

### الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction

يوضح الشكل 1-6 إحدى تجارب فاراداي التي وضع فيها جزءاً من سلك حلقة لدائرة كهربائية مغلقة داخل مجال مغناطيسي؛ حيث لاحظ عدم تولد تيار كهربائي في السلك عندما كان السلك ساكناً، أو متحركاً بموازاة المجال المغناطيسي، بينما تولد التيار الكهربائي في اتجاه معين عندما تحرك السلك إلى أعلى داخل المجال المغناطيسي، وكذلك عند تحريك السلك إلى أسفل فيه تولد فيه تيار كهربائي، لكن في الاتجاه المعاكس. إن تولد هذا التيار الكهربائي يحدث فقط عندما يقطع السلك خطوط المجال المغناطيسي في أثناء حركته. وجد فاراداي أنه لتوليد التيار الكهربائي فيما أن يتحرك السلك في المجال المغناطيسي، أو يتحرك مصدر المجال المغناطيسي في منطقة السلك، أي أن الحركة النسبية بين السلك والمجال المغناطيسي هي التي تولد تياراً كهربائياً. وتسمى عملية توليد التيار الكهربائي في دائرة كهربائية مغلقة بهذه الطريقة الحث الكهرومغناطيسي.

كيف يمكنك تحديد اتجاه التيار الكهربائي المتولد؟ لتحديد اتجاه القوة المؤثرة في الشحنات والتي تحدد اتجاه التيار نستخدم القاعدة الرابعة لليد اليمنى. أبسط يدك بحيث تشير الإبهام إلى اتجاه حركة السلك، وتشير الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي، وعندئذ سيشير العمودي على باطن الكف نحو الخارج إلى اتجاه التيار الاصطلاحي، كما هو موضح في الشكل 2-6.



الشكل 2-6 يمكن استخدام القاعدة الرابعة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوى المؤثرة في شحنات موصل يتحرك داخل مجال مغناطيسي.

### 1-6 إدارة المصادر

اختبار قصير 1-6، ص 174  
شريحة التدريس 1-6 ص 179  
شريحة التدريس 2-6 ص 181  
ربط الرياضيات مع الفيزياء

**الملف الخاص** بمصادر الفصول 1-6  
تقويم الفصل 6، ص 187  
ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 164

## استخدام التشابه

القوة الدافعة الكهربائية والبطارية وفرق الجهد  
أشر إلى أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة  
خلال قطعة سلك تنتج فرق جهد بين نقطتين (طرفي  
السلك)، ويشبه فرق الجهد هذا فرق الجهد الناتج  
عن خلية أو بطارية. اسأل الطلاب أين تُولّد البطارية  
فرق جهد. **بين قطبيها** ووضح أنه ليس ضرورياً أن  
تكون البطارية أو السلك جزءاً من دائرة لكي يتولّد  
فرق جهد. **2 م**

## تطوير المفهوم

السماعة والميكروفون قارن بين السماعة والميكروفون.  
تحوّل السماعة الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية، في  
حين يحوّل الميكروفون الطاقة الصوتية إلى طاقة  
كهربائية. تستخدم بعض أنظمة الاتصال الداخلي  
(الإنتركم) في المنازل أو المدارس السماعات للغرضين  
معاً. وهذا مثال جيد على التماثل بين العديد من التأثيرات  
الكهرومغناطيسية؛ فحلقات السلك المتحركة داخل  
المجال المغناطيسي تسبّب حركة الشحنات خلالها (تيار)،  
والتيار المارّ في الحلقات السلكية الموضوعه داخل  
المجال المغناطيسي يُسبّب الحركة لهذه الحلقات.

## القوة الدافعة الكهربائية Electromotive Force

تعلمت من خلال دراستك للدوائر الكهربائية أن مصادر الطاقة الكهربائية كالبطارية  
مثلاً تستخدم في توليد تيار مستمر. وفرق الجهد المبذول من البطارية يسمى القوة الدافعة  
الكهربائية، أو EMF، إلا أن القوة الدافعة الكهربائية في الواقع ليست قوة، وإنما هي فرق  
جهد، وتقاس بوحدة الفولت. لذلك قد يكون مصطلح القوة الدافعة الكهربائية مضللاً،  
مثل العديد من المصطلحات القديمة الأخرى التي لا تزال تستخدم حتى وقتنا الحاضر.  
ولقد ظهر هذا المصطلح قبل تبلور المبادئ العامة المتعلقة بالكهرباء وفهمها. وتعمل EMF  
على سريان التيار من الجهد الأقل إلى الجهد الأعلى، تماماً كما في مضخة الماء التي تعمل في  
نافورة الماء.

ما الذي يولّد فرق الجهد الذي يسبب التيار الكهربائي الحثي في تجربة فاراداي؟ عندما  
تُحرك سلكاً داخل مجال مغناطيسي يؤثر المجال المغناطيسي بقوة في الشحنات داخل السلك  
فيحركها في اتجاه القوة، أي أنه قد يُدّل شغل على تلك الشحنات، فزاد مقدار طاقة وضعها  
الكهربائية أو جهدها. ويسمى الفرق في جهدها القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF،  
والتي تعتمد على كل من المجال المغناطيسي B، وطول السلك في المجال المغناطيسي L،  
والمركبة العمودية لسرعة السلك على المجال  $v \sin \theta$ .

$$\text{EMF} = BLv \sin \theta$$

القوة الدافعة الكهربائية الحثية  
القوة الدافعة الكهربائية الحثية تساوي حاصل ضرب مقدار المجال المغناطيسي، في كل  
من طول السلك المتأثر بالمجال، ومركبة سرعة السلك العمودية على المجال المغناطيسي.

إذا تحرك سلك داخل مجال مغناطيسي بحيث يصنع زاوية معه فإن مركبة السرعة  
العمودية على المجال المغناطيسي هي فقط التي تولد EMF. أما إذا تحرك السلك بسرعة  
عمودية على المجال المغناطيسي فإن المعادلة السابقة تصبح كما يأتي:  $\text{EMF} = BLv$ ؛ لأن  
 $\sin 90^\circ = 1$ . ويساعدك التحقق من الوحدات المستخدمة في معادلة EMF على الحصول  
على الحسابات الجبرية الدقيقة في المسائل المتعلقة بها. إن وحدة قياس EMF هي الفولت V.  
وقد عرّفت الكمية B في الفصل السابق على أنها  $B = F/IL$ ، لذلك تكون وحدات B  
هي N/A.m. ووحدة قياس السرعة هي m/s. باستخدام تحليل الوحدات نستنتج أن:  
 $J = N.m$  و  $(N/A.m)(m)(m/s) = N.m/A.s = J/C = V$   
و  $V = J/C$ ، و  $A = C/s$

## مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

### نشاط

## وحدات القوة الدافعة الكهربائية

استخدم الجدول لاشتقاق الوحدة المناسبة  
للقوة الدافعة الكهربائية الحثية.

$$\begin{aligned} (T)(m) \left(\frac{m}{s}\right) &= \left(\frac{N}{A.m}\right) \left(\frac{m}{I}\right) \left(\frac{m}{s}\right) \\ &= \left(\frac{N}{\left(\frac{C}{s}\right)\left(\frac{m}{I}\right)}\right) \left(\frac{m}{I}\right) \left(\frac{m}{s}\right) \\ &= \left(\left(\frac{N}{C.m}\right)\left(\frac{s}{I}\right)\right) \left(\frac{m}{I}\right) \left(\frac{m}{s}\right) \\ &= \frac{(N.s.m^2)}{(C.m.s)} = \frac{(N.m)}{C} = \frac{J}{C} \\ &= V \end{aligned}$$

## 1 م منطقي-رياضي

## مثال صفي

**سؤال** يتحرك سلك مستقيم طوله  $0.30 \text{ m}$  بسرعة ثابتة مقدارها  $10.0 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $0.20 \text{ T}$ . ما مقدار:

- a.** القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه؟  
**b.** التيار المار في السلك إذا كان السلك جزءاً من دائرة مقاومتها  $25 \Omega$ ؟

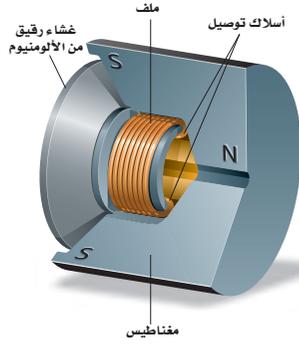
**الجواب**

$$\text{a. } EMF = BLv(\sin\theta) = (0.20 \text{ T})(0.30 \text{ m})(10.0 \text{ m/s})(1) = 0.60 \text{ V}$$

$$\text{b. } I = \frac{V}{R} = \frac{EMF}{R} = \frac{0.60 \text{ V}}{25 \Omega} = 0.024 \text{ A}$$

## المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

**الملف السلكي الساكن** أسأل الطلاب السؤال الآتي: هل يمكن أن تتولد قوة دافعة كهربائية حثية في ملف سلكي ساكن؟ ستكون إجابات العديد من الطلاب: لا؛ لأن  $v=0$  في المعادلة  $EMF=BLv$ . أشر إلى أن هذه المعادلة حالة خاصة لسلك يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم. ولكن ستتولد قوة دافعة كهربائية حثية في الملف الساكن إذا تغير المجال المغناطيسي حوله. فمثلاً تتولد قوة دافعة كهربائية حثية في الملف الموجود بين قطبي مغناطيس كهربائي لحظة إغلاق دائرته. وفي هذه الحالة يكون السبب في توليد القوة الدافعة الكهربائية الحثية هو  $\Delta B/\Delta t$  وليس  $B$  بذاتها.

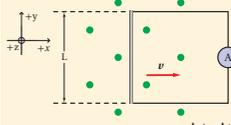


**الشكل 3-6** يبين الرسم حركة ملف الميكروفون؛ حيث يتصل غشاء رقيق من الألومنيوم بملف موضوع داخل مجال مغناطيسي. وعندما يهتز الغشاء بفعل موجات الصوت يتحرك الملف في المجال المغناطيسي مولداً تياراً كهربائياً يتناسب مع موجات الصوت.

**تطبيق على القوة الدافعة الكهربائية الحثية** يعدّ الميكروفون تطبيقاً بسيطاً على القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF. فالميكروفون يشبه السّاعة من حيث التركيب؛ حيث يحتوي الميكروفون الموضّح في الشكل 3-6 على غشاء رقيق يتصل بملف حر الحركة موضوع داخل مجال مغناطيسي. تعمل الموجات الصوتية على اهتزاز الغشاء الرقيق الذي يتركب بدوره الملف داخل المجال المغناطيسي، مما يؤدي إلى توليد EMF بين طرفي الملف. وتتغير EMF الحثية وفق تغير ترددات الصوت؛ إذ تتحول موجات الصوت في هذه العملية إلى نبضات كهربائية، ويكون فرق الجهد المتولد صغيراً، من رتبة  $10^{-3} \text{ V}$ ، إلا أنه يمكن زيادة فرق الجهد هذا أو تضخيمه باستخدام أدوات إلكترونية.

## مثال 1

**القوة الدافعة الكهربائية الحثية** يتحرك سلك مستقيم طوله  $0.20 \text{ m}$  بسرعة ثابتة مقدارها  $7.0 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي شدته  $8.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ . ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟  
**a.** ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟  
**b.** إذا كان السلك جزءاً من دائرة مقاومتها  $0.50 \Omega$  فما مقدار التيار المار في السلك؟  
**c.** إذا استخدم سلك مصنوع من فلز آخر مقاومته  $0.78 \Omega$  فما مقدار التيار الجديد المتولد؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها

- أنشئ نظام محاور.
- ارسم خطاً مستقيماً يمثل سلكاً طوله  $L$ ، وصل معه أميتر لقياس التيار.
- اختر اتجاهاً للمجال المغناطيسي بحيث يكون عمودياً على طول السلك.
- اختر اتجاهاً للسرعة بحيث يكون عمودياً على كل من طول السلك والمجال المغناطيسي.

### المجهول

$$EMF = ?$$

$$I = ?$$

### المعلوم

$$L = 0.20 \text{ m}$$

$$v = 7.0 \text{ m/s}$$

$$B = 8.0 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$R_1 = 0.50 \Omega$$

$$R_2 = 0.78 \Omega$$

## مسائل تدريبية

1. **a.**  $0.04 \text{ V}$
- b.**  $6.7 \times 10^{-3} \text{ A}$
2.  $0.16 \text{ V}$
3. **a.**  $6.0 \times 10^1 \text{ V}$
- b.**  $4.0 \text{ A}$
4. **القطب الشمالي في الأسفل.**

## 2 إيجاد الكمية المجهولة

**a. بالتعويض**  
 $EMF = BLv$   
 $= (8.0 \times 10^{-2} \text{ T}) (0.20 \text{ m}) (7.0 \text{ m/s}) = 0.11 \text{ T.m}^2/\text{s}$   
 $= 0.11 \text{ V}$

**b. بالتعويض**  
 $V = EMF$   
**بالتعويض**  $R_1 = 0.50 \Omega$  ،  $EMF = 0.11 \text{ V}$

**بالتعويض**  
 $I = \frac{V}{R}$   
 $= \frac{EMF}{R_1}$   
 $= \frac{0.11 \text{ V}}{0.50 \Omega}$   
 $= 0.22 \text{ A}$

**c. بالتعويض**  
 $I = \frac{EMF}{R_2}$   
 $= \frac{0.11 \text{ V}}{0.78 \Omega}$   
 $= 0.14 \text{ A}$

باستخدام القاعدة الرابعة لليد اليمنى يكون التيار في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

$R_2 = 0.78 \Omega$  ،  $EMF = 0.11 \text{ V}$

اتجاه التيار في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

## 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ يعدّ الفولت الوحدة الصحيحة للمقدار EMF. ويقاس التيار بوحدة الأمبير.
- هل الاتجاه صحيح؟ يحدد الاتجاه وفق القاعدة الرابعة لليد اليمنى؛ حيث تكون  $v$  في اتجاه الإبهام، و  $B$  في اتجاه الأصابع و  $F$  في اتجاه العمودي على باطن الكف نحو الخارج، واتجاه التيار هو اتجاه القوة نفسه.
- هل الجواب منطقي؟ الإجابات قريبة من  $10^{-1}$  ، وهذا يتفق مع القيم المعطاة والعمليات الحسابية.

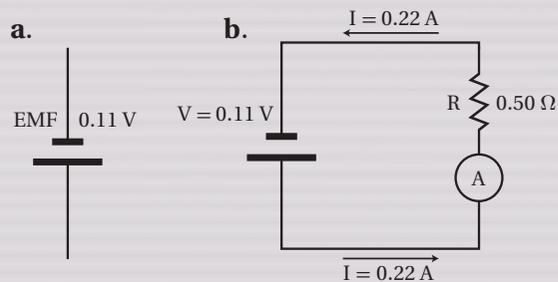
## مسائل تدريبية

1. يتحرك سلك مستقيم طوله  $0.5 \text{ m}$  إلى أعلى بسرعة  $20 \text{ cm/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي أفقي مقداره  $0.4 \text{ T}$ .  
**a.** ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟  
**b.** إذا كان السلك جزءاً من دائرة مقاومتها  $6.0 \Omega$  فما مقدار التيار المار في الدائرة؟
2. سلك مستقيم طوله  $25 \text{ m}$  مثبت على طائرة تتحرك بسرعة  $125 \text{ m/s}$  عمودياً على المجال المغناطيسي الأرضي  $B = 5.0 \times 10^{-5} \text{ T}$ .  
 ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟
3. يتحرك سلك طوله  $30.0 \text{ m}$  بسرعة  $2.0 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي شدته  $1.0 \text{ T}$ .  
**a.** ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه؟  
**b.** إذا كانت مقاومة الدائرة تساوي  $15.0 \Omega$  فما مقدار التيار المار فيها؟
4. وضع مغناطيس دائم على شكل حذوة فرس بحيث تكون خطوط مجاله المغناطيسي رأسية. مرّر طالب سلكاً مستقيماً بين قطبيه ثم سحبه نحوه خلال المجال المغناطيسي، فتولد فيه تيار من اليمين إلى اليسار. حدّد القطب الشمالي للمغناطيس.

## متقدم

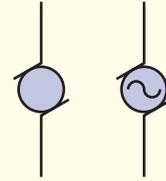
## نشاط

رسم مخططات دوائر كهربائية اطلب إلى الطلاب رسم مخططات للدائرة الكهربائية الواردة في الجزء **b** من المثال 1 والمسائل التدريبية 1 و3. واطلب إليهم أن يوضحوا كيف أن السلك المتحرك بسرعة ثابتة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم يعمل عمل مصدر لفرق الجهد في الدائرة لتوليد قوة دافعة كهربائية. **3 م - بصري - مكاني**



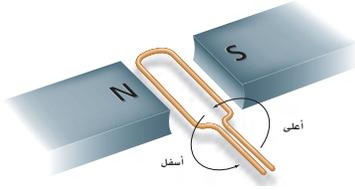
## تعزير الفهم

رمز مولد التيار المتردد AC اطلب إلى الطلاب تذكّر رمز مولد التيار المستمر DC، وأن يقارنوه برمز مولد التيار المتردد AC. **1م** بصري-مكاني



## تطوير المفهوم

المولدات والمحركات يخلط بعض الطلاب بين جهازي المولد الكهربائي والمحرك الكهربائي. اطلب إلى الطلاب إجراء مقارنة بين المولد الكهربائي والمحرك الكهربائي، وأشر إلى أن المولد يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، بينما يحول المحرك الكهربائي الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية. **2م**



الشكل 4-6 يتولد تيار كهربائي في حلقة سلكية في أثناء دورانها في مجال مغناطيسي.

### المولدات الكهربائية Electric Generators

يحوّل المولد الكهربائي (الدينامو) - الذي اخترعه مايكل فاراداي - الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. ويتركب المولد الكهربائي من عدد من الحلقات السلكية التي توضع داخل مجال مغناطيسي قوي. والسلك ملفوف حول قلب من الحديد؛ لزيادة شدة المجال المغناطيسي، وهو مماثل للملف المستخدم في المحرك الكهربائي.

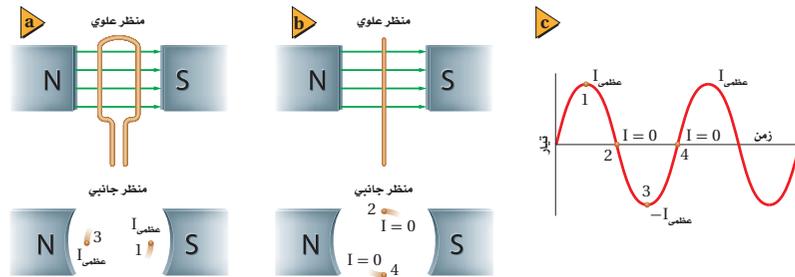
يثبت الملف ذو القلب الحديدي الخاص بالمولد بحيث يكون حر الحركة داخل المجال المغناطيسي، وخلال دورانه تقطع حلقاته خطوط المجال المغناطيسي، فتتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية، تعتمد على طول السلك الذي يدور في المجال. وبزيادة عدد لفات الملف يزداد طول السلك، فتزداد EMF الحثية المتولدة.

لاحظ أنه قد يكون جزء فقط من طول السلك موجوداً داخل المجال المغناطيسي. لذا فإن حركة ذلك الجزء فقط هي التي تولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF.

**التيار الناتج عن مولد كهربائي** عند وصل المولد الكهربائي بدائرة مغلقة تُنتج القوة الدافعة الكهربائية الحثية تياراً كهربائياً. ويوضح الشكل 4-6 مولدًا كهربائيًا يتكون من حلقة سلكية مفردة من دون قلب حديد. حيث يمكن تحديد اتجاه التيار الحثي باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى. ومع دوران الحلقة يتغير مقدار التيار الكهربائي واتجاهه.

نحصل على أكبر قيمة للتيار عندما تكون حركة الحلقة عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي؛ أي عندما تكون الحلقة في وضع أفقي، كما هو موضح في الشكل 5a-6. وفي هذا الوضع

الشكل 5-6 صورة للمقطع العرضي لحلقة سلكية دوارة تبين موقع الحلقة عندما يتولد أقصى تيار (a). عندما تكون الحلقة في وضع رأسي يكون التيار صفراً (b). يتغير التيار مع الزمن عند دوران الحلقة (c). ويمكن توضيح تغير EMF مع الزمن برسم بياني مماثل.



### الخلفية النظرية للمحتوى

#### معلومة للمعلم

**قانون فارادي** اكتشف فارادي الطريقة التي من خلالها يمكن للمجال المغناطيسي المتغير أن يولّد مجالاً كهربائياً. فالقوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة حول حوافّ سطح تحيّي يتغيّر خلاله المجال المغناطيسي تساوي سالب المعدل الزمني للتغيّر في التدفق المغناطيسي خلال هذا السطح، ويعبّر عن التدفق المغناطيسي في حالة المجال المنتظم بالعلاقة الآتية:  $\Phi = B A \cos \theta$ ، حيث  $\theta$  الزاوية بين المجال والعمودي على السطح. ويمكن استخدام قانون فارادي لحساب فرق الجهد والتيار الناتجين عن وضع ملفّ دائري أو ملفّ مستطيل داخل مجال مغناطيسي متغيّر، أو الناتجين عن دوران هذين الملفين داخل مجال مغناطيسي منتظم، كما في حالة المولد الكهربائي.

## المولّد- المحرّك

الزمن المقدر 5 دقائق

**المواد والأدوات** جلفانومتران متماثلان، وسلكان.

**الخطوات** صل الجلفانومتريين على التوالي. خذ أحد الجلفانومتريين وهزّه ودع الطلاب يلاحظوا انحراف مؤشّره. كرّر ذلك ودع الطلاب يلاحظوا انحراف مؤشّر الجلفانومتر

الثاني. سيتحرك مؤشرا الجلفانومتريين. وضح أنه عندما تهز الجلفانومتر الأول فإنك تجعل ملفّه يدور داخل مجال مغناطيسي، فتتولّد قوة دافعة كهربائية حثية فيه، ولذلك يعمل هذا الجلفانومتر عمل مولّد يحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. سيمرّ تيار حثي في ملفّ الجلفانومتر الثاني، ولذلك سيدور ملفّ الجلفانومتر الثاني ومؤشّره المتصل به، وذلك بفعل المجال المغناطيسي المحيط بالملفّ؛ أي أن الجلفانومتر الثاني سيعمل عمل محرّك كهربائي يحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

## المناقشة

سؤال لماذا تظهر إشارة التّأرجح في رمز مولّد التيار المتناوب AC؟

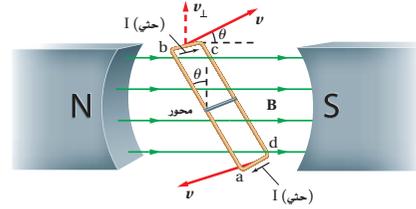
الإجابة يبدو تمثيل التيار الناتج إلى حدّ ما كإشارة التّأرجح، كما في الشكل 5c-6. م 1

تكون مركّبة سرعة الحلقة العمودية على المجال المغناطيسي أكبر ما يمكن. ومع استمرار دوران الحلقة من الوضع الأفقي إلى الوضع الرأسي، كما هو موضّح في الشكل 5b-6، تزداد الزاوية التي تصنعها مع خطوط المجال المغناطيسي، فتقطع عددًا أقل من خطوط المجال المغناطيسي لكل وحدة زمن، لذا يقل التيار الكهربائي المتولّد. وعندما تصبح الحلقة في وضع رأسي تتحرك قطع السلك بصورة موازية لخطوط المجال، مما يؤدي إلى تناقص التيار الكهربائي المتولّد حتى يصبح صفرًا. ومع استمرار دوران الحلقة فإن الجزء الذي كان يتحرك إلى أعلى سيتحرك إلى أسفل، فينعكس اتجاه التيار المتولّد في الحلقة، وهذا التغير في الاتجاه يحدث كلما دارت الحلقة بزاوية مقدارها  $180^\circ$ ، أي كلما أكملت نصف دورة. ويتغير التيار باستمرار على نحو سلس من صفر إلى قيمة عظمى كل نصف دورة، ثم ينعكس اتجاهه. ويوضّح الشكل 5c-6 منحنى العلاقة بين التيار والزمن.

هل تسبب الحلقة كاملة في توليد قوة دافعة كهربائية حثية؟ انظر الشكل 6-6، حيث الجوانب الأربعة للحلقة موجودة داخل المجال المغناطيسي. يتولد تيار حثي في الضلعين ad و bc، في حين لا يتولد تيار في الضلعين ab و cd. ويمكن تفسير ذلك بتطبيق القاعدة الرابعة لليد اليمنى على الأضلاع الأربعة كما يلي: يكون اتجاه التيار الحثي في الضلعين ab و cd في اتجاه نصف قطر كل منهما، أي عموديًا على طوليهما، لذا لا يكون هناك تيار في اتجاه طوليهما، لكن يتولد تيار حثي في كل من ad و bc في اتجاه طوليهما، أي من b إلى c، ومن d إلى a، وهذا يجعل التيار الحثي يسري في الدائرة.

ولأن الحلقة تتحرك حركة دائرية فسوف يتغير مقدار الزاوية النسبية بين أي نقطة على الحلقة والمجال المغناطيسي باستمرار. لذلك تستخدم العلاقة  $EMF = BLv \sin \theta$  لحساب القوة الدافعة الكهربائية؛ حيث تمثل L طول الضلع (bc)، فيكون أقصى جهد (EMF العظمى) عندما يتحرك الموصل عموديًا على المجال المغناطيسي، أي تكون  $\theta = 90^\circ$ .

الشكل 6-6 تقطعتان ad و bc هما فقط القطعتان اللتان يتولد فيهما تيار حثي يسري خلالهما. ويمكن ملاحظة ذلك باستخدام القاعدة الرابعة لليد اليمنى.



## مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلّم

### نشاط

العلاقة بين  $I_{\text{فعال}}$  و  $I_{\text{عظمى}}$  ساعد الطلاب على الربط بين مقدار التيار المتناوب الفعّال والقيمة العظمى له.

$$P_{AC} = \frac{1}{2} P_{\text{عظمى}}$$

$$I_{\text{فعال}}^2 R = \frac{1}{2} I_{\text{عظمى}}^2 R$$

$$I_{\text{فعال}} = \sqrt{\frac{1}{2} I_{\text{عظمى}}^2}$$

$$= \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}} I_{\text{عظمى}}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} I_{\text{عظمى}}$$

$$= 0.707 I_{\text{عظمى}}$$

استخدم العلاقة السابقة و  $I = \frac{V}{R}$ ، واطلب إلى الطلاب الربط بين  $V_{\text{فعال}}$  و  $V_{\text{عظمى}}$

16 منطقي-رياضي

## تعزير الفهم

**الدائرة المغلقة** أسأل الطلاب: ما الذي يبيّن أن المصباح في الشكل 7-6 جزء من دائرة مغلقة؟ أنه مضيء. اطلب إلى الطلاب إنشاء رسم تخطيطي للدائرة المغلقة. **2م بصري-مكاني**

## التفكير الناقد

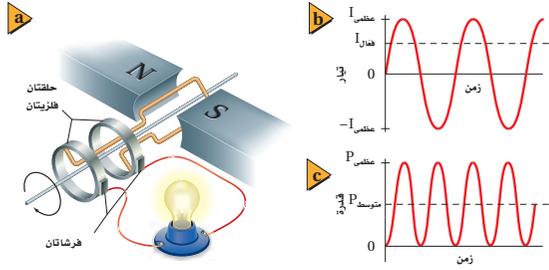
**تفكيك المولد** أسأل الطلاب: أي أجزاء المولد في الشكل 7-6 تدور، وأيها ثابتة؟ الأجزاء التي تدور هي القلب الحديدي للملف، والحلقتان، والملف. أما الأجزاء التي لا تدور فهي الفرشاتان والمغناطيسان. أسأل الطلاب: كيف يمكن تقليل الأجزاء التي تدور في المولد؟ بتدوير المغناطيسين. **2م**

## تطوير المفهوم

**المجال الدوار للمغانط** لأن الملفات ذات القلب الحديدي في بعض المولدات الكهربائية تكون ثقيلة جداً، لذا من الأفضل والأكثر فاعلية جعل المغانط هي التي تدور حول الملف.

## استخدام الشكل 8-6

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل لتعرّف التسلسل التاريخي للاكتشافات التي أسهمت في تطور الكهرومغناطيسية. ثم اطلب إليهم إعداد تقرير مختصر يتضمن أهم الإنجازات العلمية التي قام بها كل من العلماء: كولوم، ووليام واتسون، وأورستد، وفاراداي، وماكسويل مدعوماً بصور. **ستختلف التقارير باختلاف المصادر التي رجع إليها الطلاب.**



الشكل 7-6 ينقل مولد التيار المتناوب التيار إلى دائرة خارجية عن طريق فرشائين تلامسان الحلقتين (a). التيار المتناوب الناتج يتغير مع الزمن (b). تكون القدرة الناتجة دائماً موجبة، كما تكون أيضاً دالة جيبية (c).

تعمل المولدات الكهربائية بطريقة مشابهة؛ حيث تُحوّل طاقة وضع الماء المحجوز خلف السد إلى طاقة حركية تعمل على إدارة التوربينات، التي تعمل بدورها على تدوير الملفات السلكية داخل مجال مغناطيسي، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية.

### مولدات التيار المتناوب Alternating-Current Generators

يعمل مصدر الطاقة على تدوير ملف المولد داخل المجال المغناطيسي بعدد ثابت من الدورات في الثانية. ومعظم الأدوات والأجهزة الكهربائية في الدول العربية تعمل بتيار تردده 60 Hz، حيث ينعكس اتجاه التيار 60 مرة في الثانية الواحدة. وبين الشكل 7a-6 كيف ينتقل التيار المتناوب AC في الملف إلى بقية أجزاء الدائرة. ويسمح ترتيب مجموعة الفرشاتين والحلقتين الفلزيّتين للفلزّتين للملف بالدوران بحرية، مع الاستمرار في السماح بمرور التيار الكهربائي إلى الدائرة الخارجية. ويتغير هذا التيار المتناوب بين صفر وقيمة عظمى في أثناء دوران ملف المولد، كما هو موضّح في الشكل 7b-6.

**متوسط القدرة** القدرة الناتجة عن مولد كهربائي تساوي حاصل ضرب التيار الكهربائي في الجهد. ولأن كلاً من التيار والجهد متغير فستكون القدرة المرافقة للتيار المتناوب متغيرة

الشكل 8-6 الاكتشافات التي أسهمت في تطور الكهرومغناطيسية.

في سنة 1784 وضع كولوم -والذي سميت باسمه وحدة كمية الكهرباء- قانون كولوم من خلال تجربته الشهيرة.



1800

1780

1760

1740



عمل وليام واتسون تجربته باستخدام قارورة ليدن سنة 1747 اكتشف أن تفريغ الكهرباء الساكنة يعادل التيار الكهربائي. واستخدمها فرانكلين لتخزين الشحنة.

في القرن السادس قبل الميلاد، لاحظ الإغريق القدماء آثار جذب للمسطرة المدلوكة (الكهرمان).



مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 2-6

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

## مسائل تدريجية

5. **a.**  $1.2 \times 10^2 \text{ V}$

**b.**  $0.49 \text{ A}$

**c.**  $2.4 \times 10^2 \Omega$

6. **a.**  $165 \text{ V}, 7.8 \text{ A}$

**a.**  $3.01 \times 10^2 \text{ V}$

**b.**  $0.60 \text{ A}$

**8.**  $1.5 \times 10^2 \text{ W}$

أيضاً. يوضح الشكل 6-7c التمثيل البياني للقدرة الناتجة عن مولد تيار متناوب AC. لاحظ أن القدرة تكون دائماً موجبة؛ لأن I و V يكونان إما موجبين أو سالبين معاً. ومتوسط القدرة  $P_{AC}$  يمثل نصف القدرة العظمى، لذا فإن:

$$P_{AC} = \frac{1}{2} P_{AC \text{ عظمى}}$$

**التيار الفعّال والجهد الفعّال** يوصف التيار المتناوب والجهد المتناوب غالباً بدلالة التيار الفعّال والجهد الفعّال، بدلاً من الإشارة إلى القيم العظمى لها. ولعلك تذكر مما تعلمته سابقاً أن  $P = I^2 R$ . لذلك يمكنك التعبير عن التيار الفعّال  $I_{\text{فعال}}$  بدلالة متوسط القدرة  $P_{AC}$  كما يأتي:  $P_{AC} = I_{\text{فعال}}^2 R$ . ولإيجاد التيار الفعّال  $I_{\text{فعال}}$  بدلالة القيمة العظمى للتيار  $I_{\text{عظمى}}$ ، ابدأ بعلاقة القدرة  $P_{AC} = \frac{1}{2} P_{AC \text{ عظمى}}$ ، ثم عوّض في  $I^2 R$ ، وحل المعادلة لإيجاد  $I_{\text{فعال}}$ .

$$I_{\text{فعال}} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{\text{عظمى}}$$

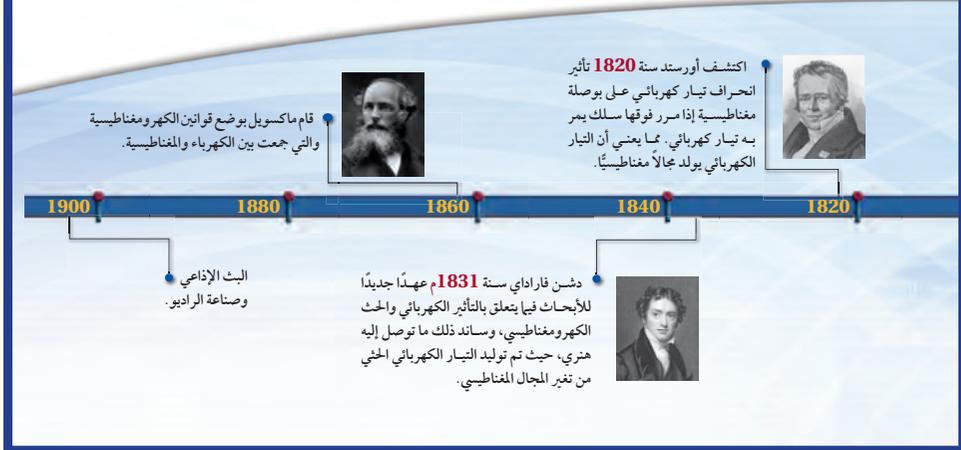
التيار الفعّال يساوي  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  مضروباً في القيمة العظمى للتيار.

وبالطريقة نفسها يمكن استعمال المعادلة الآتية للتعبير عن الجهد الفعّال:

$$V_{\text{فعال}} = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) V_{\text{عظمى}} = 0.707 V_{\text{عظمى}}$$

الجهد الفعّال يساوي  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  مضروباً في القيمة العظمى للجهد.

ويشار أيضاً إلى الجهد الفعّال بمتوسط الجذر التربيعي للجهد RMS. والجهد الذي يتم تزويد المنازل به قد يكون جهداً مزدوجاً؛ إذ تزود بعض المقابس بجهد مقداره 120 V، وتزود مقابس أخرى بجهد مقداره 220 V. وتمثل هذه المقادير الجهد الفعّال، وليس القيمة العظمى للجهد. وقد يختلف كل من التردد والجهد الفعّال المستخدم من بلد إلى آخر.



## طرائق تدريس متنوعة

### نشاط

**إعاقة بصرية** لكي يفهم الطلاب الضعاف البصر وظيفة المولد الكهربائي بصورة أفضل، وزّع الطلاب في مجموعات ثنائية، على أن يرافق الطالب ضعيف البصر في مجموعته طالب آخر صحيح البصر. واطلب إلى مجموعات الطلاب بناء دائرة كهربائية بسيطة باستخدام بطارية، ومفتاح كهربائي، وجرس كهربائي. ثم اطلب إلى الطلاب إغلاق المفتاح الكهربائي والإصغاء إلى صوت الجرس. والآن اطلب إلى الطلاب استخدام مولد كهربائي ذي ذراع تدوير يدوي بدلاً من البطارية، وتكرار العرض مرة أخرى، على أن يتم العرض أولاً من دون تدوير ذراع التدوير اليدوي الخاص بالمولد، ثم ينقذ العرض بتدوير ذراع التدوير. ثم اطلب إليهم أن يستنتجوا أن المولد ذا ذراع التدوير اليدوي ينتج أثراً في الدائرة مماثلاً لأثر البطارية. ثم وجه الطلاب إلى إدراك أن دائرة المولد الكهربائي تحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية وطاقة صوتية. **1م حركي**

### 3. التقويم

#### التحقق من الفهم

**القوة الدافعة الكهربائية في مولد التيار المتردد**  
اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا لماذا يكون للقوة الدافعة الكهربائية في مولد التيار المتردد صفران في الدورة الواحدة. إن قيمة القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تغير إشارتها مرتين في كل دورة ( $360^\circ$ ). ولأن القوة الدافعة الكهربائية تتغير باستمرار لذا تصبح قيمتها صفرًا كلما غيرت إشارتها. اسأل عن موضع الملف عندما تساوي القوة الدافعة الكهربائية الحثية صفرًا. عندما يكون الملف (أي مستوى الملف) عموديًا على المجال المغناطيسي. **2م** بصري-مكاني

#### إعادة التدريس

$v(\sin\theta)$  راجع مع الطلاب المعادلة  $EMF = BLv(\sin\theta)$  واطلب إليهم تحديد الكميات الآتية B و L و  $v(\sin\theta)$ . على الترتيب: مقدار المجال المغناطيسي وطول الموصل ومرجبة سرعة الملف العمودية على المجال المغناطيسي. اطلب إلى الطلاب تحديد كمية واحدة تتغير في معظم المولدات وأن يوضحوا لماذا لا تكون ثابتة، وأن يبينوا متى تكون قيمتها صفرًا. الكمية هي  $v(\sin\theta)$ ، وهي ليست ثابتة لأن الملف يدور في المجال المغناطيسي، وتكون قيمتها صفرًا عندما تكون  $\theta = 0, \pi, 2\pi, 3\pi \dots$  **2م** منطقي-رياضي

#### مسائل تدريجية

5. مولد تيار متناوب يولد جهدًا ذا قيمة عظمى مقدارها 170 V، أجب عما يلي:
  - a. ما مقدار الجهد الفعال؟
  - b. إذا وصل مصباح قدرته 60 W بمولد، وكانت القيمة العظمى للتيار 0.70 A فما مقدار التيار الفعال في المصباح؟
6. إذا كانت القيمة الفعالة للجهد المتناوب في مقبس منزلي 117 V فما مقدار القيمة العظمى للجهد خلال مصباح موصول مع هذا المقبس؟ وإذا كانت قيمة التيار الفعال في المصباح 5.5 A فما مقدار القيمة العظمى للتيار في المصباح؟
7. مولد تيار متناوب يولد جهدًا قيمته العظمى 425 V.
  - a. ما مقدار الجهد الفعال في دائرة كهربائية موصولة مع المولد؟
  - b. إذا كانت مقاومة الدائرة الكهربائية  $5.0 \times 10^2 \Omega$  فما مقدار التيار الفعال؟
8. إذا كان متوسط القدرة المستفيدة في مصباح كهربائي 75 W فما مقدار القيمة العظمى للقدرة؟

عرفت في هذا البند كيف يمكن لأسلاك متحركة داخل مجالات مغناطيسية أن تولد تيارًا كهربائيًا خلال الأسلاك. ولكن كما اكتشف فاراداي، فإنه يمكن توليد تيار حثي يسري في موصل بواسطة تغير المجال المغناطيسي حول الموصل. في البند التالي تستكشف تغير المجالات المغناطيسية، وتطبيقات على الحث بواسطة تغيير المجالات المغناطيسية. يبين الشكل 8-6 في الصفحتين السابقتين خطأ زمنيًا يظهر بعض الاكتشافات العلمية التي سبقت فاراداي والتي بنى عليها علمه.

#### 6-1 مراجعة

9. المولد الكهربائي هل يمكنك عمل مولد كهربائي بوضع مغناطيس دائم على محور قابل للدوران مع الإبقاء على الملف ساكنًا؟ وضح إجابتك.
10. مولد الدراجة الهوائية يعمل مولد الكهرباء في الدراجة الهوائية على إضاءة المصباح. ما مصدر طاقة المصباح عندما يقود راكب دراجته على طريق أفقية مستوية؟
11. الميكروفون ارجع إلى الميكروفون الموضح في الشكل 3-6. ما اتجاه التيار في الملف عندما يدفع الغشاء الرقيق إلى الداخل؟
12. اشرح ما التغييرات اللازم إجراؤها على مولد كهربائي لزيادة التردد؟
13. الجهد الناتج وضح لماذا يزداد الجهد الناتج عن مولد عند زيادة المجال المغناطيسي؟ وما الذي يتأثر أيضًا بزيادة مقدار المجال المغناطيسي؟
14. المولد الكهربائي وضح مبدأ العمل الأساسي للمولد الكهربائي.
15. التفكير الناقد تساءل طالب: لماذا يستهلك التيار المتناوب قدرة، ما دامت الطاقة التي تحوّل في المصباح عندما يكون التيار موجبًا تلغى عندما يكون التيار سالبًا، ويكون الناتج صفرًا؟ وضح لماذا يكون هذا الاستدلال غير صحيح؟

الفيزياء عبد الموهبة الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 6-1 مراجعة

9. نعم، الحركة النسبية بين الملف والمجال المغناطيسي هي المهمة فقط.
10. الطاقة الكيميائية المخزنة لراكب الدراجة.
11. في اتجاه حركة عقارب الساعة من اليسار.
12. زيادة عدد أزواج الأقطاب المغناطيسية.
13. يرتبط مقدار الجهد الحثي المتولد مباشرة مع مقدار المجال المغناطيسي، يتولد جهد أكبر في الموصل عند زيادة مقدار المجال المغناطيسي. ويتأثر التيار والقدرة في دائرة المولد أيضًا.
14. يتولد فرق الجهد عندما يتحرك جزء من سلك موصل في مجال مغناطيسي، وقد يزداد الجهد الحثي المتولد باستخدام مجال مغناطيسي أقوى أو بزيادة سرعة الموصل أو بزيادة الطول الفعال للموصل المتحرك،
15. القدرة هي المعدل الزمني لنقل الطاقة، والقدرة هي حاصل ضرب I في V، وعندما يكون I موجبًا يكون V موجبًا أيضًا، وعندما يكون I سالبًا سيكون V سالبًا أيضًا، ولذلك تكون القدرة دائمًا موجبة، وتحوّل الطاقة دائمًا في المصباح.

## 2-6 تغيير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية

### 1. التركيز

#### نشاط محفز

المحولات الإلكترونية الصغيرة خذ مجموعة أجهزة إلكترونية تعمل بمحول خارجي يوصل مع مصدر القدرة (مثل مشغل الأقراص المدجة CD، وجهاز حاسوب محمول)، ثم حث الطلاب على أن يستنتجوا وظيفة المحولات التي وصلتها بها. **تزيد الأجهزة الإلكترونية الصغيرة بقدرة كهربائية.** وأسألهم: ما الدليل على أن هذه المحولات ليست مولدات؟ **يبدو من المنظر والصوت، فعند الإصغاء إليها بوضوح تستنتج أنها لا تحتوي على أي أجزاء متحركة. 16 بصري-مكاني**

#### الربط مع المعرفة السابقة

الحث يوظف الطلاب ما تعلموه سابقاً عن قواعد اليد اليمنى ومفهوم القوة الدافعة الكهربائية الحثية لاستكشاف الحث المتبادل والحث الذاتي بالإضافة إلى عمل المحولات.

### 2. التدريس

#### تطوير المفهوم

الطاقة والمجالات المغناطيسية والمجالات الكهربائية في هذا البند يتم التأكيد على العلاقة بين الملفات والمكثفات، حيث تعمل الأولى على تخزين الطاقة في المجال المغناطيسي، أما الثانية فتعمل على تخزين الطاقة في المجال الكهربائي.

#### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 3-6

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

## 2-6 تغيير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية Changing Magnetic Fields Induce EMF

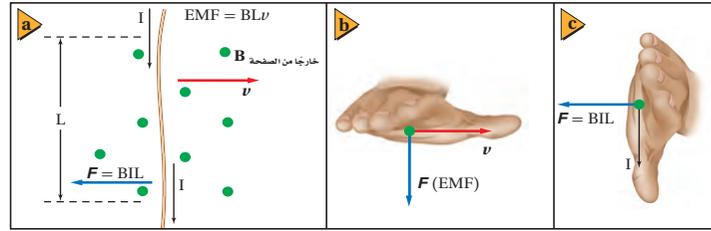
يتولد تيار في مولد عندما يدور الملف داخل مجال مغناطيسي. ونتيجة لتوليد التيار في الملف تؤثر قوة في أسلاكه. فما اتجاه القوة المؤثرة في الأسلاك المكونة للملف؟

#### قانون لنز Lenz's Law

تقبل جزءاً من سلك أحد الحلقات يتحرك عمودياً على مجال مغناطيسي، كما هو موضح في الشكل 9a-6. ستتولد في السلك قوة دافعة كهربائية حثية تتساوي  $BLv$ . إذا كان المجال المغناطيسي خارجاً من الصفحة واتجاه السرعة نحو اليمين فستكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة إلى أسفل؛ وذلك وفقاً للقاعدة الرابعة لليد اليمنى، لذا ستتولد تيار إلى أسفل، كما هو موضح في الشكل 9b-6. تعلمت أن السلك الذي يسري فيه تيار والموضوع داخل مجال مغناطيسي سيتأثر بقوة، وهذه القوة تكون ناتجة عن التفاعل بين المجال المغناطيسي الموجود والمجال المغناطيسي المتولد حول التيارات الكهربائية جميعها. ولتحديد اتجاه هذه القوة نستخدم القاعدة الثالثة لليد اليمنى. فإذا كان التيار  $I$  متجهاً إلى أسفل، والمجال المغناطيسي  $B$  متجهاً إلى الخارج فعندئذ تكون القوة الناتجة في اتجاه اليسار، كما هو موضح في الشكل 9c-8، وهذا يعني أن اتجاه القوة المؤثرة في السلك سيكون معاكساً لاتجاه حركة السلك الأصلية  $v$ ، ولذلك تعمل هذه القوة على إبطاء دوران ملف المولد. ولقد ظهرت أول طريقة لتحديد اتجاه هذه القوة في عام 1834م عن طريق العالم لنز، ولذا سميت قانون لنز.

ينص قانون لنز على أن اتجاه التيار الحثي يعاكس المجال المغناطيسي الناشئ عن التغير في المجال المغناطيسي الذي سببه. لاحظ أن التأثيرات المغناطيسية الحثية تُعكس التغيرات في المجال، وليس المجال نفسه.

الشكل 9-6 عند تحريك سلك طوله  $L$  في مجال مغناطيسي  $B$  تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية، وإذا كان السلك جزءاً من دائرة فسيولد فيه تيار حتى مقداره  $I$ . وهذا التيار يتفاعل مع المجال المغناطيسي وينتج قوة مقدارها  $F$ . لاحظ أن القوة الناتجة تمنع حركة السلك  $v$ .



## 2-6 إدارة المصادر

#### الملف الخاص بمصادر الفصول 1-6

تقويم الفصل 6، ص 187

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 164

اختبار قصير 2-6، ص 175

شريحة التدريس 3-6 ص 183

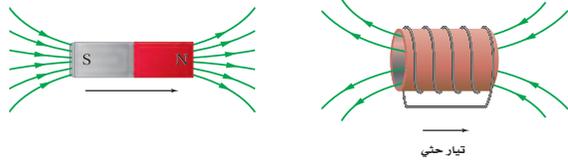
شريحة التدريس 4-6 ص 185

ربط الرياضيات مع الفيزياء

## استخدام الشكل 10-6

أشر إلى أن التيار الحثي سيكون في الاتجاه المعاكس إذا تحرك قضيب المغناطيس مبتعداً عن الملف، واسأل الطلاب: ماذا يحدث للتيار الحثي إذا توقف قضيب المغناطيس عن الحركة؟ سيصبح التيار الحثي

صفرًا. 2م



الشكل 10-6 يؤدي اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس من الملف إلى مرور تيار حثي في الملف، ويمكن توقع اتجاه هذا التيار المتولد بواسطة قانون لنز.

**ممانعة التغير** بين الشكل 10-6 مثالاً على كيفية تطبيق قانون لنز. حيث قُرب القطب الشمالي للمغناطيس من الطرف الأيسر للملف. لكي تتولد قوة تُمانع اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس يجب أن يصبح الطرف الأيسر للملف قطباً شمالياً أيضاً؛ أي أن تخرج خطوط المجال المغناطيسي من الطرف الأيسر للملف. باستخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى ستجد أنه إذا كان قانون لنز صحيحاً فإن اتجاه التيار الحثي يجب أن يكون في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إلى الملف من جهة الطرف الذي قُرب إليه المغناطيس. وقد دلت التجارب على صحة ذلك. وإذا عكس المغناطيس بحيث يقترب القطب الجنوبي له إلى الملف فسيمر التيار الحثي في اتجاه حركة عقارب الساعة.

إذا كان التيار الناتج عن المولد الكهربائي صغيراً فستكون القوة المعاكسة المؤثرة في ملف المولد صغيرة، لذا يدور الملف بسهولة. أما إذا كان التيار الناتج عن المولد كبيراً فستكون القوة المؤثرة في التيار كبيرة، لذا يكون تدوير الملف أصعب. والمولد الذي يولّد تياراً كبيراً ينتج مقداراً كبيراً من الطاقة الكهربائية، وللتغلب على قوة الممانعة المؤثرة في الملف يجب تزويده بطاقة ميكانيكية لإنتاج طاقة كهربائية، وهذا يتفق مع قانون حفظ الطاقة.

**المحركات وقانون لنز** ينطبق قانون لنز أيضاً على المحركات؛ فعندما يتحرك سلك يسري فيه تيار كهربائي داخل مجال مغناطيسي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية، تسمى القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية، ويكون اتجاهها معاكساً لاتجاه التيار. وعند لحظة تشغيل المحرك يسري فيه تيار كبير بسبب صغر مقاومته. ومع دوران المحرك، تعمل حركة أسلاك الملف خلال المجال المغناطيسي على توليد قوة دافعة كهربائية حثية عكسية تعاكس التيار، لذا يقل التيار الكلي في المحرك. وإذا أثر في المحرك حمل ميكانيكي - كأن يبذل شغلاً لرفع ثقل - فإن سرعة دوران المحرك تقل. مما يؤدي إلى تقليل القوة الدافعة الكهربائية العكسية، فيسمح ذلك بمرور تيار أكبر خلال ملف المحرك. لاحظ أن هذا يتفق مع قانون حفظ الطاقة؛ فإذا ازداد التيار ازدادت القدرة الواصلة للمحرك، وهذه القدرة تزداد بها الحمل على شكل قدرة ميكانيكية. إذا أوقف الحمل الميكانيكي المحرك فقد يصبح التيار كبيراً إلى درجة تسخن معها أسلاك المحرك كثيراً.

## تجربة إضافية

### تباطؤ المحرك الكهربائي

**الهدف** يلاحظ الطلاب أثر القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية في المحرك.

**المواد والأدوات** مصدر قدرة DC قابل للضبط، ومحرك DC صغير، وأميتير، وفولتметр، وأسلاك.

### الخطوات

1. ركب دائرة توالٍ من الأدوات، وإصلاً الفولتметр على التوازي مع المحرك، واضبط إعدادات مصدر القدرة بحيث يدور المحرك بسرعة متوسطة.

2. قس تيار الدائرة وفرق الجهد بين طرفي المحرك ودون القيم.

3. على الطلاب أن يلاحظوا أن دوران المحرك سيولد قوة دافعة كهربائية عكسية.

**التقويم** توقع ما يحدث للتيار إذا أوقف محور المحرك عن الدوران، دون البيانات، وفسر النتائج، عندما يأخذ محور المحرك بالتوقف تقل القوة الدافعة الكهربائية العكسية ويزداد التيار.

## متقدم

## نشاط

**المحركات** يقوم مبدأ عمل المحرك الكهربائي على القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي. ويمكن استخدام قانون أمبير لحساب المجال المغناطيسي، لكن من الناحية العملية، نادراً ما يستخدم هذا القانون. اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا كيف يكون قانون فارادي مفيداً في توضيح سبب سحب المحرك لتيار أكبر عند دورانه ببطء، منه عند دورانه بسرعة. عندما يدور المحرك بسرعة تتولد في الملف قوة دافعة كهربائية عكسية نتيجة للتغير في التدفق المغناطيسي خلال الملف، وتكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية المتولدة معاكسة لفرق الجهد المزود للمحرك من المصدر الخارجي، ولذلك يقل التيار خلال المحرك، وعندما تقل سرعة المحرك أو عند توقفه بصورة مفاجئة يسحب تياراً كبيراً قد يتلف المنصهر وقد يسخن المحرك بصورة كبيرة. 3م

## نشاط



**قدرة المحرك اطلب إلى الطلاب**  
حساب القدرة من خلال القيم التي  
دونوها في التجربة الإضافية، واسأل:  
كيف تتبدد القدرة؟ **تبدد القدرة في**  
صورة طاقة حرارية. **2م منطقي-**  
**رياضي**

## التفكير الناقد

**التيارات الدوامية في الأجهزة الكهربائية أسأل**  
الطلاب: لماذا يكون تقليل التيارات الدوامية في الأجهزة  
الكهربائية - ومنها المحركات والمحولات - مفيداً؟  
تقليل التيارات الدوامية يقلل الآثار الحرارية. **2م**

## تعزيز الفهم

**قطع خطوط المجال المغناطيسي** أشر إلى أن العبارة  
الآتية "السلك يقطع خطوط المجال المغناطيسي" تدل  
على وجود حركة نسبية بين خطوط المجال المغناطيسي  
والسلك.

**الشكل 11-6** تستخدم الموازين  
الحساسة التيارات الدوامية المخامدة  
للتحكم في تذبذب مؤشر الميزان (a).  
فندما تتحرك قطعة الفلز المثبتة في  
نهاية المؤشر داخل المجال المغناطيسي  
يتولد فيها تيار كهربائي، يولد بدوره  
مجالاً مغناطيسياً يعاكس الحركة  
المسببة له، لذا تصبح حركة المؤشر  
متخامدة (b).



ونتيجة لتغير التيار المسحوب بتغير سرعة المحرك الكهربائي فإن الهبوط في الجهد في  
مقاومة أسلاك المحرك يتغير أيضاً. وهذا هو سبب ملاحظتك ضعف إضاءة مصابيح  
المنزل الموصولة على التوازي مع جهاز كهربائي له محرك كبير - مثل أجهزة التكييف  
والمنشار الكهربائي - لحظة تشغيلها.

عند قطع التيار الكهربائي عن المحرك بمفتاح الدائرة الكهربائية، أو بنزع قابس المحرك من  
المقبس في الحائط، يعمل التغير المفاجئ في المجال المغناطيسي على توليد قوة دافعة كهربائية  
عكسية، وهذه الفولتية العكسية قد تكون كبيرة بدرجة كافية لإحداث شرارة خلال المفتاح  
الكهربائي أو بين القابس والمقبس.

**تطبيق على قانون لنز** يستخدم الميزان الحساس - كالمستخدم في المختبر - قانون لنز  
لإيقاف تذبذبه عند وضع جسم في كفته. وكما هو موضح في الشكل 11-6 توجد قطعة  
فلزية متصلة بذراع الميزان موضوعة بين قطبي مغناطيس على شكل حذاء فرس. فعندما  
يتأرجح ذراع الميزان تتحرك قطعة الفلز داخل المجال المغناطيسي، فتتولد تيارات تسمى  
تيارات دوامية خلال الفلز، فتنشأ تلك التيارات مجالاً مغناطيسياً يؤثر في عكس الحركة  
المسببة لها، مما يسبب تباطؤ حركة القطعة الفلزية. وعلى الرغم من أن القوة تعاكس حركة  
قطعة الفلز في الاتجاهين إلا أنها لا تؤثر إذا كانت القطعة ساكنة، لذلك فإنها لا تعمل  
على تغيير قراءة الميزان، ويسمى هذا التأثير "التيار الدوامي المخامد". وعادة يتركب قلب  
المحرك أو المحول من صفائح حديدية رقيقة معزول بعضها عن بعض للتقليل من دوران  
التيارات الدوامية.

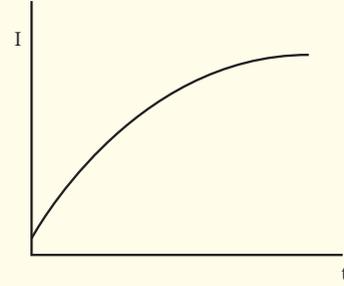
تتولد التيارات الدوامية عندما تتحرك قطعة فلزية داخل مجال مغناطيسي، والعكس  
صحيح أيضاً؛ حيث تولد تيارات حثية إذا وضعت حلقة فلزية داخل مجال مغناطيسي  
متغير. ووفقاً لقانون لنز فإن التيار المتولد يعاكس التغير في المجال المغناطيسي. فمثلاً، في  
الشكل 12-6، يتولد تيار في حلقة الألومنيوم غير المقطوعة يولد بدوره مجالاً مغناطيسياً  
معاكساً يجعل الحلقة ترتفع، حيث يمر تيار متناوب في الملف، فيتولد مجال مغناطيسي  
متغير باستمرار يؤدي بدوره إلى توليد قوة دافعة كهربائية حثية في الحلقة. فإذا كانت  
هاتان الحلقة مكونتين من مواد غير موصلة مثل النايلون فلن تولد قوة دافعة كهربائية

**الشكل 12-6** يتولد تيار حثي في  
الحلقة الفلزية الكاملة بينما لا يتولد في  
الحلقة المقطوعة.



## استخدام النماذج

منحنى  $I-t$  للحث الذاتي ارسم المنحنى الآتي على السبورة، ثم وضح أن المنحنى يبيّن أثر القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية في زيادة التيار في دائرة تحتوي على مقاومة ثابتة بعد فتح الدائرة مباشرة.



ثم اطلب إليهم ملاحظة أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تقلل من معدل تزايد التيار. **م 2**

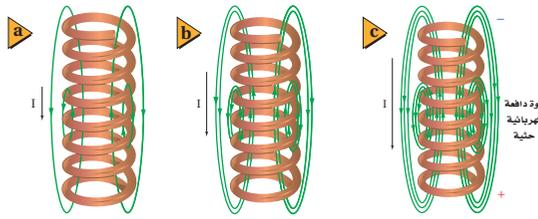
**بصري-مكاني**

حثية فيها. أما في الحلقة غير المقطوعة فإن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تولد تياراً ينتج مجالاً مغناطيسياً معاكساً للتغير في المجال المغناطيسي الذي ولّده. وهذا التفاعل بين هذين المجالين يؤدي إلى دفع الحلقة بعيداً عن الملف؛ تماماً كما يبتعد القطبان الشماليان لمغناطيسين أحدهما عن الآخر. وأما الحلقة السفلى التي قطعت خطوط المجال المغناطيسي فيتولد فيها قوة دافعة كهربائية، لكن دون أن يتولد تيار؛ لأن مسار التيار غير مكتمل، ولذلك لا تولد هذه الحلقة مجالاً مغناطيسياً معاكساً.

### الحث الذاتي Self-Inductance

يمكن توضيح القوة الدافعة الكهربائية العكسية بطريقة أخرى. فقد بيّن فاراداي أن قوة دافعة كهربائية تتولد عندما يقطع سلك خطوط مجال مغناطيسي. يوضح الشكل 13-6 أن التيار المار في السلك يتزايد ابتداءً من الشكل 13a-6 حتى الشكل 13c-6. حيث يولد التيار مجالاً مغناطيسياً تُظهره خطوط المجال المغناطيسي. وبزيادة كل من التيار والمجال المغناطيسي تنشأ خطوط مجال جديدة. وبزيادة عدد الخطوط تقطع أسلاك الملف خطوطاً أكثر، وتولد قوة دافعة كهربائية عكسية مولدة تياراً حثياً ينشأ عنه مجال مغناطيسي يقاوم تغيرات التيار. وتسمى هذه القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في سلك يسري فيه تيار متغير الحث الذاتي.

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية مع المعدل الزمني للتغير في عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تقطعها الأسلاك. وكلما كان التغير في التيار أسرع كانت القوة الدافعة الكهربائية العكسية أكبر. وعندما يكون التيار ثابتاً يصبح المجال المغناطيسي ثابتاً، ويكون مقدار القوة الدافعة الكهربائية العكسية صفرًا. وإذا قل التيار تولد قوة دافعة كهربائية تعمل على منع ومقاومة النقصان في المجال المغناطيسي والتيار. لذا فإنه بسبب الحث الذاتي يجب أن يبذل شغل لزيادة مقدار التيار المار في الملف، فتخزن طاقة في المجال المغناطيسي. وهذا يشبه عملية تخزين الطاقة في المجال الكهربائي بين لوحين مكثف كهربائي مشحون.



■ الشكل 13-6 بزيادة التيار في الملف من (A) إلى (B) إلى (C) يزداد المجال المغناطيسي المتولد بواسطة التيار أيضاً. هذه الزيادة في المجال المغناطيسي تولد قوة دافعة كهربائية حثية تعاكس اتجاه التيار.

### من معلم لآخر

### نشاط

المجالات المغناطيسية الحثية اطلب إلى الطلاب في البداية مشاهدة عدم انجذاب قطع النحاس نحو مغناطيس حذاء الفرس. ثم اربط أحد طرفيه بخيط، واجعله يتحرك دورانياً فوق صفيحة نحاس. سيولد التيار الحثي المتولد في صفيحة النحاس مجالاً مغناطيسياً يجعل قطعة النحاس تنجذب إلى المغناطيس. **م 1** بصري-مكاني

### المحرك والمولد

الهدف يلاحظ الطالب كيف تعمل كل من المحركات والمولدات الكهربائية.

المواد والأدوات محرك DC، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدته، وأميتير.

النتائج المتوقعة يضيء المصباح عند تدوير المقبض اليدوي للمحرك.

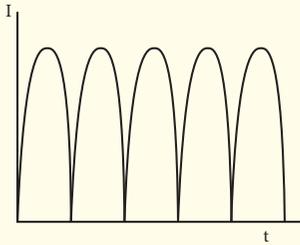
### التحليل والاستنتاج

3. تدوير محور دوران المحرك بسرعة أكبر يزيد من توهج المصباح.

4. عند وصل المحركات معاً يعمل أحدهما عمل مولد ويعمل الآخر عمل محرك.

### المناقشة

سؤال اسأل عما إذا كان بالإمكان استخدام التيار الخارج من مولد DC الميّن أدناه كدائرة ابتدائية تشغل محوّل.



الإجابة نعم؛ لأنه يتغيّر باستمرار مع الزمن، وبذلك يمكنه توليد قوة دافعة كهربائية حثية في الملفّ الثانوي.

### مصادر الفصول 1-6

شريحة التدريس 4-6

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa



### تجربة

#### المحرك والمولد

تختلف المحركات والمولدات بصورة رئيسة في طريقة تحويل الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية مقارنة بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهربائية.

1. ركب دائرة توالٍ تحتوي على محرك DC ومصباح كهربائي صغير وأميتير.
2. دُور المقبض اليدوي للمحرك أو عمود دورانه؛ لإضاءة المصباح الكهربائي.

#### التحليل والاستنتاج

3. ماذا يحدث عندما تغيّر سرعة دوران المقبض اليدوي للمحرك؟
4. توقع ماذا يحدث إذا وصلت المحرك بمحرك آخر؟

### المحوّلات الكهربائية Electric Transformers

تستخدم المحوّلات لرفع أو خفض الجهد الكهربائي المتناوب AC. واستخدام المحوّلات شائع جداً؛ لأنها تغيّر الجهد مع فقد قليل من الطاقة. وتحتوي معظم الأجهزة الكهربائية في المنزل - ومنها أنظمة الألعاب والطابعات والمسجلات - على محوّلات تكون داخل صندوق الجهاز أو خارجه.

**كيف تعمل المحوّلات؟** يولّد الحث الذاتي للملف قوة دافعة كهربائية حثية عندما يتغيّر التيار المار في ملف. وللمحوّل الكهربائي ملفان معزولان كهربائياً أحدهما عن الآخر، وملفوفان حول القلب الحديدي نفسه. ويسمى أحد الملفين الابتدائي، والآخر الملف الثانوي. وعند وصل الملف الابتدائي بمصدر جهد متناوب، يولّد تغيّر التيار مجالاً مغناطيسياً متغيّراً، ويُثقل هذا التغيّر عبر القلب الحديدي إلى الملف الثانوي، حيث تتولّد فيه قوة دافعة كهربائية حثية متغيرة بسبب هذا التغيّر في المجال. ويسمى هذا التأثير الحث المتبادل.

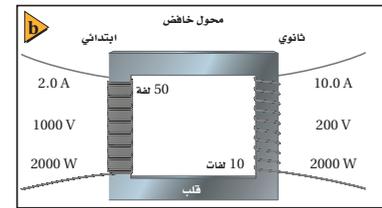
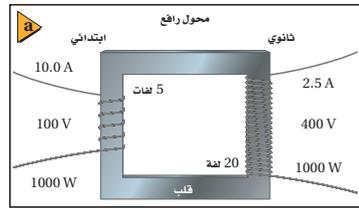
تناسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف الثانوي - وتسمى الجهد الثانوي - مع الجهد الابتدائي. ويعتمد الجهد الثانوي أيضاً على النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي وعدد لفات الملف الابتدائي، كما هو موضّح في العلاقة الآتية:

$$\frac{\text{الجهد الثانوي}}{\text{الجهد الابتدائي}} = \frac{\text{عدد لفات الملف الثانوي}}{\text{عدد لفات الملف الابتدائي}}$$

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p}$$

إذا كان الجهد الثانوي أكبر من الجهد الابتدائي فإن المحوّل يسمى عندئذ محوّلًا رافعًا، كما هو موضّح في الشكل 14a-6. أما إذا كان الجهد الناتج عن المحوّل أقل من الجهد الداخل إليه سُمّي محوّلًا خافضًا، كما هو موضّح في الشكل 14b-6.

الشكل 14-6 في المحوّل، تعتمد النسبة بين الجهد الداخل والجهد الناتج على النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي وعدد لفات الملف الثانوي. ويمكن أن يكون الجهد الناتج أكبر من الجهد الداخل (a)، أو أقل من الجهد الداخل (b).



### مشروع فيزياء

### نشاط

مولد التيار المستمر اطلب إلى الطلاب اقتراح طرائق لتعديل مولد التيار المتردد الموضّح في الشكل 7-6 للحصول على تيار مستمر. على الطلاب أن يصمّموا مخططاً يمثّل المولّد الذي عدّلوه، وكتابة تقرير يلخّص الخطوط العريضة للتحسينات، وتبيان سبب وفائدة كل تعديل. يتلخّص أحد الحلول المحتملة أن يجل محل الحلقة الكاملة نصفاً حلقة (حلقة مشقوقة) مساهمة للحلقة الموجودة في محرك DC؛ حيث يلامس أحد طرفي سلك الملفّ نصف حلقة، بينما يلامس طرف السلك الآخر للملفّ النصف الثاني من الحلقة. اطلب إلى الطلاب أن يوضحوا لماذا تعمل نصفاً الحلقة على منع انعكاس اتجاه التيار الكهربائي في كلّ مرّة ينقلب فيها تلامس السلكين. 2م بصري-مكاني

## السقوط البطيء للمغناطيس

الزمن المقدر 10 دقائق

**المواد والأدوات** أنبوب نحاسي طوله 1 m وقطره 1.25 cm، ومغناطيسان من النيوديميوم، وساعة إيقاف، وكرة زجاجية قطرها 9 mm.

**الخطوات** أسقط الكرة الزجاجية من خلال الأنبوب الرأسي، واطلب إلى الطلاب قياس زمن السقوط، ثم كرر العملية السابقة على أن تسقط في هذه المرة زوجاً من المغناطيس، وتحقق من التقاط الكرة كيلا تصطدم بسطح الطاولة أو الأرض وتتحطم. على الطلاب أن يلاحظوا أن المغناطيس تحتاج إلى زمن أكبر للسقوط. وضح لهم أن سقوط المغناطيس يولد تياراً حثياً في الأنبوب النحاسي، وهذا بدوره يولد مجالاً مغناطيسياً يعمل على مقاومة حركة المغناطيس الساقطة.

في المحول المثالي تكون القدرة الواصلة إلى الملف الابتدائي مساوية للقدرة الخارجة من الملف الثانوي. فالمحول المثالي لا يضيع أو يبذل أي جزء من القدرة، ويمكن تمثيله بالمعادلة:

$$P_p = P_s$$

$$V_p I_p = V_s I_s$$

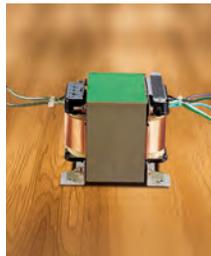
وبترتيب المعادلة للحصول على النسبة  $V_p/V_s$ ، نتجد أن التيار في الدائرة الابتدائية يعتمد على مقدار التيار المطلوب في الدائرة الثانوية. وعند ربط هذه العلاقة بالمعادلة السابقة التي تربط الجهد بعدد لفات نحصل على:

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

معادلة المحول  
النسبة بين تيار الملف الثانوي وتيار الملف الابتدائي تساوي النسبة بين جهد الملف الابتدائي وجهد الملف الثانوي، وتساوي أيضاً النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي وعدد لفات الملف الثانوي.

تعرفت من قبل أن المحول الرفع يزيد الجهد. ولأن المحول لا يمكنه زيادة القدرة الناتجة، لذا يجب أن يكون هناك نقص في التيار المار خلال الملف الثانوي. ويحدث الشيء نفسه في المحول الخافض؛ إذ يكون التيار المار في الملف الثانوي أكبر من التيار المار في الملف الابتدائي؛ فانخفاض الجهد يقابله زيادة التيار، كما هو موضح في الصفحة المجاورة في الرياضيات في الفيزياء.

يمكن فهم ذلك بطريقة أخرى، وذلك بأن نعتبر أن كفاءة المحول 100%، كما يتم افتراضه عادة في الصناعة. وبذلك يمكن - في معظم الحالات - افتراض أن القدرة الناتجة تساوي القدرة الداخلة. ويوضح الشكل 14-6 مبدأ عمل كل من المحولات الرفعية والمحولات الخافضة. ويمكن للمحول نفسه أن يكون رافعاً أو خافضاً، وهذا يعتمد على طريقة توصيله، كما هو موضح في الشكل 15-6.



الشكل 15-6 إذا وصل الجهد الداخلى إلى الملف الذي عن اليسار حيث عدد اللفات أكبر، فعمل المحول بوصفه محولاً خافضاً للجهد، وإذا وصل الجهد الداخلى إلى الملف الذي عن اليمين فسيعمل المحول بوصفه محولاً رافعاً للجهد.

## الفيزياء في الحياة

## معلومة للمعلم

**جيمس وست** عمل الأمريكي من أصل إفريقي جيمس وست المختص في الفيزياء التجريبية بالاشتراك مع آخرين في اختراع رقاقة الإلكترت، وهي مكونة من شريحة بلاستيكية رقيقة أحد وجهيها مغطى بفلز، وتعمل على تحويل الصوت إلى إشارات كهربائية. وتستخدم هذه الرقاقة في المعينات السمعية (ساعات الأذن)، والميكروفونات الصغيرة، وأجهزة تسجيل الأشرطة المحمولة. ونتيجة لهذا التطور يمكن تصنيع كل الأجهزة المذكورة أعلاه بأبعاد أصغر كثيراً من السابق، مع المحافظة على كفاءتها وفعاليتها.

## تطبيق الفيزياء

تقدير مصدر القدرة فولت أمبير VA يشمل أساساً كلاً من القدرة الحقيقية والقدرة التفاعلية، والصيغة العامة التي تحدد القدرة الظاهرة هي  $\sqrt{P^2 + P^2}$  تفاعلي حقيقي

### مثال صفي

**سؤال** محول مثالي عدد لفات ملفه الابتدائي 400 لفة وعدد لفات ملفه الثانوي 200 لفة. إذا كان جهد الملف الثانوي 6.0 V وتياره 0.03 A فما مقدار:

a. الجهد في الدائرة الابتدائية؟  
b. التيار في الدائرة الابتدائية؟

**الجواب**

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad \text{a.}$$

$$V_p = \frac{V_s N_p}{N_s} = \frac{(6.0 \text{ V})(400)}{200} = 12 \text{ V}$$

$$P_p = P_s \quad \text{b.}$$

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(0.03 \text{ A})(6.0 \text{ V})}{12 \text{ V}} = 0.015 \text{ A}$$

### الرياضيات في الفيزياء

عدم المساواة ادرس التعابير الآتية لتساعدك على فهم العلاقات بين الجهد والتيار وعدد لفات المحول الرفع والمحول الخافض.

المحول الخافض	المحول الرفع
$V_s < V_p$	$V_s > V_p$
$I_s > I_p$	$I_s < I_p$
$N_s < N_p$	$N_s > N_p$

### تطبيق الفيزياء

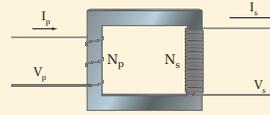
**الوحدات الشائعة** تقدر قيم المحولات المتألفة عادة بوحدات (فولت. أمبير) (VA, kilo VA, Mega VA) وتقريباً، يمكن التعبير عن الاحتمالات ذات المقاومة التفاعلية فقط أو قياسها بوحدتي الواط، والاحتمال التفاعلية بوحدتي فولت. أمبير.

### مثال 2

**المحولات الرفعية** محول رفع عدد لفات ملفه الابتدائي 200 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 3000 لفة. إذا وصل ملفه الابتدائي بجهد متناوب فَعَال مقداره 90.0 V فأجب عما يلي:  
a. ما مقدار الجهد في دائرة الملف الثانوي؟  
b. إذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 2.0 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

#### 1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم قلباً حديدياً مع لفات من السلك.
- حدّد المتغيرات N و V و I.



**المجهول**

$$V_s = ? \quad N_p = 200 \quad V_p = 90.0 \text{ V}$$

$$I_p = ? \quad N_s = 3000 \quad I_s = 2.0 \text{ A}$$

#### 2 إيجاد الكمية المجهولة

a. حل بالنسبة لـ  $V_s$ .

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$V_s = \frac{N_s V_p}{N_p} = \frac{3000 \times 90.0 \text{ V}}{200} = 1350 \text{ V}$$

بالتعويض  $N_p = 200, N_s = 3000, V_p = 90.0 \text{ V}$

b. تكون القدرة الداخلة إلى الملف الابتدائي مساوية للقدرة الخارجة من الملف الثانوي على افتراض أن كفاءة المحول 100%.

$$\text{بالتعويض } P_p = V_p I_p, P_s = V_s I_s$$

### الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

**المحولات الموفرة للطاقة** على الرغم من أن كفاءة معظم محولات التوزيع تصل إلى أكثر من 98%، إلا أنه يحدث ضياع للطاقة في القلب والملفات. ويحدث الضياع في القلب سواء أكان هناك حمل على المحول أم لم يكن، فضياع الطاقة مستمر؛ لأن المحولات تُزوّد بالطاقة باستمرار لتكون قادرة على تلبية الطلب. أما الضياع الناجم عن الملفات فيحدث عند استخدام المحولات فعلياً فقط، ويكون الضياع بسبب مقاومة أسلاك الملفات. هذان الضياعان للطاقة يتغيران بالتناسب مع مربع الحمل. ولأن عدد محولات التوزيع المستعملة في المملكة كبير جداً فإجراء تحسينات صغيرة في كفاءة المحولات من شأنه توفير كمّيات كبيرة من الطاقة.

## المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

كفاءة المحول يفترض بعض الطلاب أن المحولات الحقيقية تكون محولات مثالية، كفاءتها 100%. أسأل الطلاب عن وجود دليل يثبت عدم صحة ذلك. تصبح المحولات عادة ساخنة. ولذلك يتحوّل جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية مما يقلّل من كفاءة المحوّل. **م 2**

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(1350 \text{ V})(2.0 \text{ A})}{(90.0 \text{ V})} = 3.0 \times 10^1 \text{ A}$$

$$\text{بالتعويض } V_p = 90.0 \text{ V}, I_s = 2.0 \text{ A}, V_s = 1350 \text{ V}$$

### 3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ يجب أن يكون الجهد مقبلاً بوحدة الفولت والتيار بوحدة الأمبير.
- هل الجواب منطقي؟ النسبة الكبيرة لعدد اللفات في المحول الرافع ينتج عنه جهد ثانوي كبير؛ ولذلك سيكون التيار في الملف الثانوي قليلاً. وتتفق الإجابات مع هذا.

### مسائل تدريبية

في المسائل الآتية التيارات والجهد المشار إليها هي التيارات والجهد الفعّالة.

16. محول مثالي خافض عدد لفات ملفه الابتدائي 7500 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 125 لفة، فإذا كان الجهد في دائرة الملف الابتدائي 7.2 kV فما مقدار الجهد في دائرة الملف الثانوي؟ وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 36 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

17. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي رافع من 300 لفة، ويتكون الملف الثانوي من 90000 لفة، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية للمولد المتصل بالملف الابتدائي 60.0 V فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية الناتجة عن الملف الثانوي؟ وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 0.50 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

### مسألة تحفيز

يتصل الملف الابتدائي لمحوّل توزيع  $T_1$  بمصدر جهد متناوب مقداره 3.0 kV، ويتصل الملف الثانوي له بالملف الابتدائي لمحوّل آخر  $T_2$  باستخدام وصلات نحاسية، ويتصل الملف الثانوي للمحوّل  $T_2$  بدائرة حمل (مقاومة) تستخدم قدرة مقدارها 10.0 kW. فإذا كانت نسبة عدد لفات المحوّل  $T_1$  هي 1:5، وكان فرق جهد الحمل للمحوّل  $T_2$  يساوي 120 V، وكفاءة المحوّلين 100% و97.0% على الترتيب، فأجب عما يلي:

1. احسب تيار الحمل.
2. ما مقدار القدرة المستهلكة في المحوّل  $T_2$ ؟
3. ما مقدار تيار الملف الثانوي للمحوّل  $T_1$ ؟
4. ما مقدار التيار الذي يزوده المصدر المتناوب AC للمحوّل  $T_1$ ؟

### مسائل تدريبية

$$16. 1.2 \times 10^2 \text{ V}, 0.60 \text{ A}$$

$$17. 1.8 \times 10^4 \text{ V}, 1.5 \times 10^2 \text{ A}$$

### مسألة تحفيز

$$1. \text{ باعتبار } L \text{ يرمز للحمل } I_L = \frac{P_L}{V_L}$$

$$= \frac{10.0 \text{ kW}}{120 \text{ V}}$$

$$= 83 \text{ A}$$

$$2. P_2 = \frac{P_L}{0.97}$$

$$= \frac{10.0 \text{ kW}}{0.97}$$

$$= 10.3 \text{ kW}$$

من الـ 10.3 kW يُستنفد 0.3 kW في  $T_2$ ، والباقي 10.0 kW يُستنفد في الحمل.

$$3. V_{s1} = \left(\frac{1}{5}\right)(3.0 \times 10^3 \text{ V})$$

$$= 6.0 \times 10^2 \text{ V}$$

$$I_{s1} = \frac{P_2}{V_{s1}}$$

$$= \frac{10.3 \times 10^3 \text{ W}}{6.0 \times 10^2 \text{ V}}$$

$$= 17 \text{ A}$$

$$4. I_{p1} = \left(\frac{1}{5}\right) I_{s1}$$

$$= \left(\frac{1}{5}\right) 17 \text{ A}$$

$$= 3.4 \text{ A}$$

### 3. التقويم

#### التحقق من الفهم

التيار المستمر والمحولات أسأل الطلاب: هل من الممكن تشغيل المحوّل على تيار مستمرّ؟ لا؛ لأنّ التيار المستمرّ لا يولّد مجالاً مغناطيسياً متغيّراً يعمل على توليد الحثّ الكهرومغناطيسي المطلوب لتشغيل المحوّل. **2م**

#### التوسّع

تردد المحوّل أسأل الطلاب عن الصفة التي يتشابه فيها  $I_p$  و  $I_s$  في أيّ محوّل. التردد. **2م**



الشكل 16-6 تستخدم المحولات الخافضة للتقليل من الجهود الكهربائية العنبرية في خطوط نقل القدرة إلى مستويات تناسب المستهلكين في أماكن الاستخدام.

**الاستعمالات اليومية للمحوّلات** تكون عملية نقل الطاقة الكهربائية لمسافات طويلة اقتصادية إذا استخدمت تيارات صغيرة وفروق جهد كبيرة جداً. ولذلك تُستخدم المحولات الرافعة عند مصادر القدرة للحصول على جهود كهربائية تصل إلى 480000 V، وتقلل هذه الجهود الكبيرة التيارات المستخدمة في نقل الطاقة عبر الأسلاك، مما يقلل من الطاقة الضائعة في مقاومتها الكهربائية. وعندما تصل الطاقة إلى المستهلك تُستخدم محولات خافضة، كذلك الموضحة في الشكل 16-6؛ لتزوّده بجهود منخفضة تناسب الأجهزة الكهربائية المنزلية.

تضبط المحولات الموجودة في الأجهزة المنزلية الجهود الكهربائية إلى مستويات قابلة للاستعمال، فإذا أردت شحن لعبة أو تشغيل أداة كهربائية فعليك توصيلها في خرج الكهرباء المثبت بالجدار، حيث يعمل المحوّل الموجود داخل هذه الأداة على تحويل التيار الكهربائي من تيار متردد إلى تيار مستمر ويقلل الجهد من 220 V إلى جهد يتراوح بين 3.0 V و 26.0 V.

ولا تستخدم المحولات لخفض الجهد ورفع فقط؛ إذ يمكن استخدام المحولات لعزل دائرة عن أخرى، وهذا ممكن لأن سلك الملف الابتدائي لا يتصل بسلك الملف الثانوي. ويوجد هذا النوع من المحولات غالباً في الأجهزة الإلكترونية الصغيرة.

#### 6-2 مراجعة

18. السلك الممغنط والمغانط ملف سلكي معلق من نهايته بحيث يتأرجح بسهولة. إذا قُربت مغناطيساً إلى الملف فجأة فستأرجح الملف. بأي طريقة يتأرجح الملف بالنسبة إلى المغناطيس؟ ولماذا؟
19. المحركات إذا نزع قابس مكثفة كهربائية في أثناء تشغيلها من المقبس فستلاحظ حدوث شرارة كهربائية، في حين لا تشاهدها عند نزع قابس مصباح كهربائي. لماذا؟
20. المحولات والتيار وضع لماذا يعمل المحوّل الكهربائي على تيار متناوب فقط؟
21. المحولات كثيراً ما يكون السلك المستخدم في ملفات المحوّل المكون من عدد قليل من اللفات سميكاً (مقاومته قليلة)، بينما يكون سلك الملف المكون من عدد كبير من اللفات رقيقاً. لماذا؟
22. المحولات الرافعة بالرجوع إلى المحوّل الرفع الموضّح في الشكل 13-6، وضح ما يحدث لتيار الملف الابتدائي إذا أصبحت دائرة الملف الثانوي دائرة قصر.
23. التفكير الناقد هل تصلح المغانط الدائمة لصنع قلب محوّل جيد؟ وضح إجابتك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني [www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 6-2 مراجعة

18. بعيداً عن المغناطيس. يولّد تغيّر المجال المغناطيسي تياراً حثّياً في الملف، وهذا التيار يولّد مجالاً مغناطيسياً يعاكس مجال المغناطيس، ولذلك تكون القوة بين الملف والمغناطيس قوة تنافر.
19. سيولّد حثّ محرّك المكثفة قوة دافعة كهربائية عكسيّة، وهذا ما يسبب الشرارة، أما المصباح فلا يولد قوة دافعة كهربائية عكسيّة.
20. لربط الملف الابتدائي بالملف الثانوي يجب أن يسري تيار متغيّر خلال الملف الابتدائي، وهذا التيار المتغيّر يولد مجالاً مغناطيسياً متغيّراً ينشأ عنه تيار حثي في الملف الثانوي.
21. سيسري تيار أكبر خلال الملف ذي اللّفات الأقل، ولذلك يجب أن تكون المقاومة قليلة للحدّ من الهبوط في الجهد، وللحد من القدرة الضائعة  $I^2R$  وللحد من سخونة الأسلاك.
22. إذا زاد التيار الثانويّ فسيزداد التيار الابتدائيّ.
23. لا، يعتمد الجهد الحثّي المتولّد على تغيّر المجال المغناطيسي خلال القلب، وتصنع المغانط الدائمة من موادّ تقاوم التغيّر في المجال المغناطيسي.

## مختبر الفيزياء

### الحث والمحولات

المحوّل جهاز ليس فيه أجزاء متحركة، حيث يتركب من دائرتين كهربائيتين ترتبطان بواسطة مجال مغناطيسي. ويستخدم المحوّل لرفع أو خفض فرق الجهد المتناوب AC، والذي يسمى عادة فولتية. وتوجد المحوّلات في كل مكان؛ فجميع الأجهزة الإلكترونية في المنزل تحتوي على محوّلات، تعمل غالبًا على خفض الفولتية التي تدخل إليها. إلا أن لأجهزة التلفاز التي تحتوي على أنبوب أشعة مهبطية لتكوين الصور محوّلات تنتج فولتية كبيرة؛ إذ تعمل هذه المحوّلات على رفع الفولتية إلى عشرات الآلاف من الفولتات، مما يؤدي إلى مسارة الإلكترونات من مؤخر الأنبوب في اتجاه الشاشة. تستخدم في هذه التجربة ملفين مع قلب حديدي قابل للحركة. يسمّى أحد الملفين الابتدائي، والآخر الملف الثانوي. وعند تطبيق جهد متناوب AC على الملف الابتدائي يعمل المجال المغناطيسي المتغير على توليد تيار وجهد كهربائيين حثيين في الملف الثانوي. ويُعبّر عن هذه الفولتية الحثية بالعلاقة:  $V_p / V_s = N_p / N_s$ ؛ حيث ترمز N إلى عدد اللفات في الملف.

### سؤال التجربة

ما العلاقة بين جهدي ملفي المحوّل؟

### الخطوات

1. قُدّر عدد لفات كل من الملفين الابتدائي والثانوي، وذلك عن طريق عدّ اللفات في كل 1 cm، ثم ضرب ذلك في طول الملف بالسنتيمترات. يتكون الملف الابتدائي من طبقة واحدة، أما الملف الثانوي فيتكون من طبقتين من الأسلاك، لذا عليك مضاعفة عدد لفاته. دوّن نتائجك في جدول البيانات 1.
2. صل طرفي التوصيل للمصباح الكهربائي بالملف الثانوي، ثم ضع الملف الثانوي داخل الملف الابتدائي بعناية، ثم أدخل قلب الحديد داخل الملف الثانوي بعناية.
3. صل سلكين بمخرج مصدر قدرة DC. وصل السلك الموجب لمصدر الجهد بأحد طرفي التوصيل في الملف الابتدائي. والآن شغل مصدر الجهد بقيمته العظمى

### الأهداف

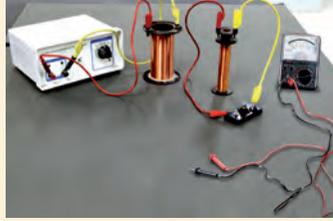
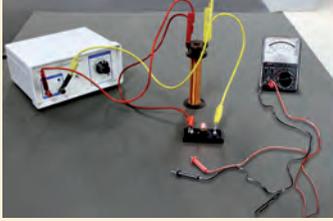
- تصف كيف يعمل المحوّل الكهربائي.
- تلاحظ أثر الفولتية المستمرة DC في المحوّل.
- تلاحظ أثر الفولتية المتناوبة AC في المحوّل.

### احتياطات السلامة



### المواد والأدوات

- ملف ثانوي، وملف ابتدائي بأعداد لفات مختلفة
- مصدر جهد متناوب AC صغير
- فولتметр خاص بالتيار المتناوب AC
- مصدر جهد مستمر DC (0-6 V, 0-5 A)
- أسلاك توصيل مزودة بمشابك
- مصباح كهربائي صغير متصل بأسلاك



### عيّنة بيانات

ستختلف البيانات اعتمادًا على نوع الملفات المستخدمة. والجدولان أدناه يمثلان عيّنة للبيانات.

### جدول البيانات 1

عدد لفات الملف الابتدائي	عدد لفات الملف الثانوي	جهد الملف الابتدائي	جهد الملف الثانوي
$N_p$	$N_s$	$V_p$	$V_s$
1250	200	10.0 V	1.1 V

### جدول البيانات 2

ملاحظة الخطوة	وصف التجربة
3	ملاحظة الخطوة 3
4	ملاحظة الخطوة 4
5	ملاحظة الخطوة 5
6	ملاحظة الخطوة 6
8	ملاحظة الخطوة 8
9	ملاحظة الخطوة 9

الزمن المقدر حصّة مختبر واحدة.

المهارات العملية استخدام التفسيرات العلمية، والملاحظة والاستنتاج، والمقارنة، وصياغة النماذج، والتفكير الناقد، والقياس، واستخلاص النتائج، وجمع البيانات وتنظيمها، وتعرف السبب والنتيجة، وتفسير البيانات.

احتياطات السلامة يجب أخذ الحيطة والحذر وعدم لمس الملف مباشرة أو توصيلات التيار المتردد. على الطلاب ألا يعملوا وأيديهم مبللة أو رطبة خلال هذه التجربة. كما عليهم أن يتأكدوا أن عدد لفات الملف الابتدائي أكبر من عدد لفات الملف الثانوي ليكون المحوّل خافضًا. وإذا كان العكس فسيؤدّل جهد كبير أكثر خطورة. وبسبب طبيعة مخاطر الصدمة الكهربائية التي قد تحدث في هذه التجربة ينبغي على الطلاب ألا يجيدوا عن الخطوات المحددة.

المواد والأدوات البديلة تتوفر أنواع مختلفة من الملفات الابتدائية والثانوية. لا تحتاج جميع مجموعات العمل في المختبر المجموعة نفسها من الملفات. هذه التجربة مصمّمة لنموذج (جهد 9 V و تيار 1 A). لكن يمكن استخدام أيّ نموذج آخر بشرط أن يكون التيار مترددًا AC، ويمكن أيضًا استخدام جهاز (محول DC) لتحويل التيار المستمر إلى تيار متردد.

### استراتيجيات التدريس

- استعرض مع الطلاب الطريقة الصحيحة لإعداد الفولتметр وضبطه حتى يناسب قياسات التيار المتردد AC. القطبية ليست مهمة.
- ذكّر الطلاب أن عليهم إدخال القلب الحديديّ ببطء في الخطوة الثانية. وعند إخراج القلب الحديديّ في الخطوة 8 عليهم إخراج ببطء أيضًا؛ وذلك لأن الحركة البطيئة بسرعة ثابتة تحقّق أفضل النتائج.

## التحليل

1. ستختلف الإجابات، عينة بيانات:  $0.16 = 1250 / \text{لفة} 200$
2. ستختلف الإجابات. عينة بيانات:  $0.11 = 1.1 \text{ V} / 10.0 \text{ V}$
3. ستكون ضمن الخطأ التجريبي.
4. خافض؛ سينخفض الجهد.

## الاستنتاج والتطبيق

1. مع استمرار التغير في التيار المستمر للملفّ الابتدائي، سيتولد تيار حثّي في الملفّ الثانوي.
2. تدلّ الشرارة على وجود جهد كبير.
3. يساعد قلب الحديد على تركيز المجال المغناطيسي الذي يولد الحثّ.
4. يسخن القلب الحديديّ بسبب عدم سهولة تغيير المجال بشكل دائم، وبعض الطاقة ينبغي استخدامها لتغيير المجالات التي تنتج طاقة حرارية.

## التوسع في البحث

1. توليد تيار كهربائي حثّي يجب تغيير المجال المغناطيسي.

## الفيزياء في الحياة

1. ترفع المحوّلّات الجهد لنقل التيار الكهربائي من محطات التوليد إلى المحطّات الفرعية. وهذه تسمح بنقل أكثر كفاءة للتيار الكهربائي؛ لأنّ الطاقة المفقودة تعتمد على مربع التيار المار، ثم تقوم المحوّلّات الخافضة بتقليل الجهد الواصل إلى المنازل.

جدول البيانات 1			
عدد لفات الملف الابتدائي	عدد لفات الملف الثانوي	جهد الملف الابتدائي	جهد الملف الثانوي
$N_p$	$N_s$	$V_p$	$V_s$

جدول البيانات 2	
3	ملاحظة الخطوة
4	ملاحظة الخطوة
5	ملاحظة الخطوة
6	ملاحظة الخطوة
8	ملاحظة الخطوة
9	ملاحظة الخطوة

### التحليل

1. احسب النسبة  $N_s / N_p$  من بياناتك المدوّنة في الجدول 1.
2. احسب النسبة  $V_s / V_p$  من بياناتك المدوّنة في الجدول 1.
3. **تفسير البيانات** كيف تقارن بين  $N_s / N_p$  و  $V_s / V_p$ ؟
4. **تعرف السبب والنتيجة** استناداً إلى البيانات الخاصة بالخطوة 7 هل هذا المحول رافع أم خافض؟ ما دليلك على ذلك؟

### الاستنتاج والتطبيق

1. **استنتج** كيف تفسر ملاحظاتك على المصباح في الخطوة 4؟
2. **استنتج** كيف تفسر الظاهرة التي لاحظتها على التوصيل السالب للملف الابتدائي في الخطوة 3؟
3. **استنتج** كيف تفسر ملاحظاتك حول جهدي الملفين الابتدائي والثانوي عند سحب القلب الحديدي في الخطوة 8؟
4. **فسر** درجة حرارة القلب الحديدي التي لاحظتها في الخطوة 9.

### التوسع في البحث

1. لماذا يعمل المحوّل بتيار متناوب فقط، ولا يعمل بتيار مستمر؟
2. أعد الخطوة 7 لكن مع سحب القلب الحديدي تدريجياً من الملف الثانوي. ماذا يحدث لإضاءة المصباح؟ قس الجهد في الملفين الابتدائي والثانوي عند سحب القلب. دوّن قياساتك في جدول البيانات 2.
3. تحسّن القلب الحديدي بلطف، ماذا تلاحظ؟ دوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.

### الفيزياء في الحياة

1. ناقش استخدام المحوّلّات في المساعدة على نقل الكهرباء من محطات توليد الكهرباء إلى منزلك.



## تجربة استقصاء بديلة

**لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية** كيف يعمل عزل القلب قبل إدخاله في الملفّ الثانوي على تقليل الطاقة الحرارية المتولّدة في القلب؟ اطلب إلى الطلاب ابتكار نوع من العزل للقلب الحديديّ، وملاحظة أثر ذلك في الحرارة المتولّدة عن طريق القلب، سيساعد هذا النشاط الطلاب على تدكّر مفهوم التيارات الدواميّة، ومسبباتها وكيفية التقليل منها. وما يجب أن تنجزه الشركات المصنّعة للمحوّلّات لتطويرها لتقليل ضياع الطاقة في قلب المحوّلّات لزيادة كفاءتها.

# كيف يعمل

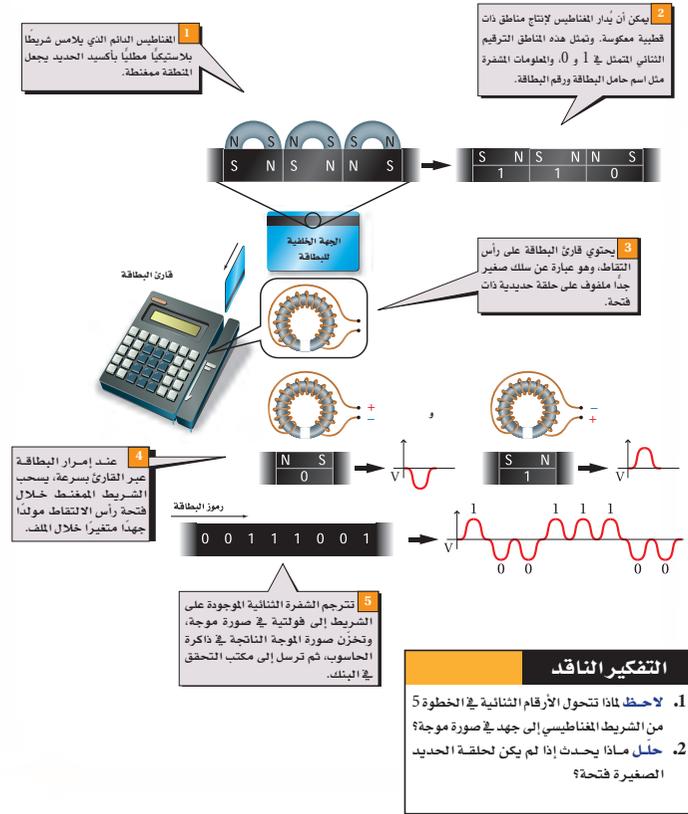
## How it Works

## كيف يعمل

قارئ بطاقات الائتمان؟

How a Credit - Card Reader Works?

أحدثت بطاقات الائتمان ثورة اقتصادية في العالم عن طريق جعل عملية تحويل النقود سريعة وسهلة. يعدّ قارئ بطاقات الائتمان - الذي يأخذ البيانات من شريط مغناطيسي موجود على ظهر البطاقة - من أهم الروابط في العملية الإلكترونية لتحويل النقود.



### الهدف

يتعرّف الطلاب تقنية التسجيل الرقمي المغناطيسي المستخدم في بطاقات الائتمان.

### الخلفية النظرية

إن تمرير سلك فولاذي طويل أمام مغناطيس كهربائي مع فتح وإغلاق دائرة المغناطيس الكهربائي باستمرار يُنتج سلسلة من المناطق المغنطة على امتداد السلك. وإذا عكس تيار المغناطيس فسيكون للمناطق المتجاورة على السلك قطبيات مختلفة. كذلك فإن حركة المغناطيس خلال ملف سلكي سيغيّر التدفق المغناطيسي خلال الملف، وستتولد فولتية عند طرفيه. وإذا سُحب السلك الممغنط خلال هذا الملف فسوف تتوافق الفولتية خلال الملف مع قطبية مناطق السلك. وبتمثيل المناطق ذات القطبية المختلفة بالرقمين 0 و 1، يمكن ترميز (تشفير) الأرقام الثنائية مغناطيسياً. وستكون النتائج أفضل كثيراً إذا استُخدم شريط بلاستيكي مطلي بطبقة سوداء أو بنية من جزيئات أكسيد الحديد. وهذا يتمثل في الطلاء الموجود على شريط البطاقات الائتمانية.

### التعليم البصري

احصل على شريط قياس فولاذي، ومغناطيس دائم، ومغناطيس كهربائي محاط بالكثير من الأسلاك، وجللفانومتر. صل الجلفانومتر مع المغناطيس الكهربائي. مرّر الشريط أمام سطح المغناطيس الكهربائي ولاحظ انحراف الجلفانومتر قليلاً. اجعل الآن المغناطيس الدائم يلامس مناطق طول كل منها 3 cm على الشريط، على أن تكون هذه المناطق متباعدة بعضها عن بعض مسافة 9 cm. اسحب الشريط الفولاذي أمام المغناطيس الكهربائي مرّة أخرى، ستلاحظ أن إبرة الجلفانومتر تنحرف وتتذبذب وتتذبذب مطابقتاً للإشارات المسجلة على الشريط. وهذا يبيّن كيفية عمل الشريط المغناطيسي على البطاقات الائتمانية.

### التوسع

اطلب إلى الطلاب استقصاء كيفية عمل مشغّل الأقراص في الحاسوب. يخزّن مشغّل الأقراص الأعداد الثنائية ويقراها تماماً كعمل البطاقة المغناطيسية وقارئها.

### التفسير الناقد

1. لاحظ اتجاه حركة الشريط المغناطيسي. ترمّ الأرقام الأولى المرّمزة (المشفرة) الموجودة على الشريط من خلال رأس الالتقاط أولاً، وبذلك تكون هذه الحلقة.
2. لن يكون هناك فرق جهد خلال الحلقة.

### المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:  
[www.obeikaneducation.com](http://www.obeikaneducation.com)

#### 6-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية Electric Current from Changing Magnetic Fields

##### المفاهيم الرئيسية

- اكتشف مايكل فاراداي أنه إذا تحرك سلك داخل مجال مغناطيسي فسوف يسري فيه تيار كهربائي.
- يعتمد التيار المتولد على الزاوية المحصورة بين متجه سرعة السلك واتجاه المجال المغناطيسي، وتكون أكبر قيمة للتيار عندما يتحرك السلك عمودياً على المجال.
- القوة الدافعة الكهربائية EMF هي فرق الجهد الناتج بين طرفي السلك المتحرك، وتقاس بوحدة الفولت.
- القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في سلك مستقيم يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم تساوي حاصل ضرب مقدار المجال المغناطيسي B، في كل من طول السلك L والمركبة العمودية لسرعة السلك على المجال،  $v \sin \theta$ .

$$EMF = BLv \sin \theta$$

- يمكن استعمال التيار والجهد الفعالين لوصف التيار المتناوب والجهد المتناوب.

$$V_{\text{عظمى}} = 0.707 V_{\text{فعال}}$$

$$I_{\text{عظمى}} = 0.707 I_{\text{فعال}}$$

- المولد الكهربائي والمحرك الكهربائي جهازان متشابهان؛ إذ يحول المولد الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، في حين يحول المحرك الكهربائي الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

##### المفردات

- الحث الكهرومغناطيسي
- القاعدة الرابعة لليد اليمنى
- القوة الدافعة الكهربائية
- المولد الكهربائي
- متوسط القدرة

#### 6-2 تغيير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية Changing Magnetic Fields Induce EMF

##### المفاهيم الرئيسية

- ينص قانون لنز على أن اتجاه التيار الحثي يكون بحيث إن المجال المغناطيسي الناشئ عنه يعاكس التغير في المجال المغناطيسي الذي سببه.
- تولد قوة دافعة كهربائية عكسية بتحريك سلك يسري فيه تيار داخل مجال مغناطيسي، وتكون معاكسة للتيار.
- الحث الذاتي خاصية للسلك الذي يسري فيه تيار متغير، وكلما كان تغير التيار في السلك أسرع زادت القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية التي تقاوم هذا التغير.
- يحتوي المحول على ملفين ملفوفين على القلب نفسه. يولد مرور التيار المتناوب AC في الملف الابتدائي قوة دافعة كهربائية متناوبة EMF في الملف الثانوي. والجهد الناتجة عن دوائر التيار المتناوب قد تزداد أو تقل بواسطة المحولات.

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

##### المفردات

- قانون لنز
- التيار الدوامي
- الحث الذاتي
- المحوّل الكهربائي
- الملف الابتدائي
- الملف الثانوي
- الحث المتبادل
- المحول الرافع
- المحول الخافض

خريطة المفاهيم

24. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان المفاهيم

25. الملف ذو القلب الحديدي.

26. يستخدم الحديد في الملف ذي القلب الحديدي لزيادة تركيز المجال المغناطيسي.

27. أقلّ جهد متولّد (صفر فولت) ينتج عندما يتحرّك الموصل بصورة موازية لخطوط المجال المغناطيسي.

28. سيتولد في الموصل المتحرّك عند القطب الجنوبي جهد حثّي موجب.

29. زيادة طول الموصل تزيد الجهد المتولّد.

30. يتشابهان في كون كلّ منهما يبيّن العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية، ويختلفان في أن التيار الثابت يولّد مجالاً مغناطيسياً في حين يتطلّب مجالاً مغناطيسياً متغيّراً لتوليد التيار الكهربائي.

31. إمّا بتحريك المغناطيس إلى داخل الملفّ أو خارجه أو بتحريك الملفّ إلى أعلى أو إلى أسفل فوق قطبي المغناطيس.

32. ترمز إلى القوّة الدافعة الكهربائيّة؛ وهي ليست قوّة وإنما فرق جهد (طاقة لكل وحدة شحنة).

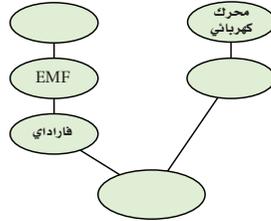
33. في المولّد، تدور الطاقة الميكانيكيّة الملفّ ذا القلب الحديدي داخل المجال المغناطيسي، ويسبّب الجهد الحثّي سريان التيار الكهربائي، وبذلك تنتج طاقة كهربائية. أمّا في المحرك فيطبّق جهد عبر ملفات الملفّ المثبت داخل المجال المغناطيسي، فيسبّب الجهد سريان التيار في الملفّ، لذا يدور الملفّ فينتج طاقة ميكانيكية.

34. يتكوّن مولّد التيار المتناوب AC من مغناطيس دائم، وملفّ، وفرشاتين، ونصفي حلقة.

35. تتغيّر قدره المتولّدة بين صفر وقيمة عظمى في مولّد التيار المتردّد، عند دوران الملف. والتيار

خريطة المفاهيم

24. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: المولد الكهربائي، القوة الدافعة الكهربائية العكسية، قانون لنز.



إتقان المفاهيم

25. ما الجزء المتحرك في المولد الكهربائي؟

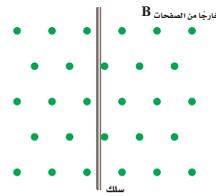
26. لماذا يستخدم الحديد قلباً للملف؟

للإجابة عن الأسئلة 29-27 ارجع إلى الشكل 17-6.

27. يتحرك موصل داخل مجال مغناطيسي ويتولد جهد كهربائي بين طرفيه. في أي اتجاه يجب أن يتحرك الموصل بالنسبة إلى المجال المغناطيسي دون أن يتولد جهد؟

28. ما قطبية الجهد الحثي المتولد في السلك عندما يقطع القطب الجنوبي لمجال مغناطيسي؟

29. ما أثر زيادة الطول الكلي للموصل داخل مولد كهربائي؟



الشكل 17-6

30. فيم تشابه نتائج كل من أورستد وفارادي؟ وفيم تختلف؟

31. لديك ملف سلكي وقضيب مغناطيسي. صف كيف يمكنك استخدامهما في توليد تيار كهربائي؟

32. ما الذي ترمز إليه EMF؟ وما سبب عدم دقة الاسم؟

33. ما الفرق بين المولد الكهربائي والمحرك الكهربائي؟

34. اكتب الأجزاء الرئيسة لمولد التيار المتناوب AC.

35. لماذا تكون القيمة الفعالة للتيار المتناوب أقل من القيمة العظمى له؟

36. الكهرومائية يدير الماء الذي كان محجوزاً خلف السد التوربينات التي تدور المولدات. أعد قائمة بجميع أشكال الطاقة وتحولاتها منذ كان الماء محجوزاً إلى أن تولدت الكهرباء.

37. اكتب نص قانون لنز.

38. ما الذي يسبب تولد القوة الدافعة الكهربائية العكسية في المحرك الكهربائي؟

39. لماذا لا تحدث شرارة كهربائية عندما تغلق مفتاحاً كهربائياً لتمرير تيار إلى محث، في حين تحدث الشرارة عند فتح ذلك المفتاح؟

40. لماذا يكون الحث الذاتي في ملف عاملاً رئيساً عندما يمر فيه تيار متناوب AC في حين يكون عاملاً ثانوياً عندما يمر فيه تيار مستمر DC؟

41. وضح لماذا تظهر كلمة "تغير" في هذا الفصل بكثرة؟

42. علام تعتمد النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية في كل من دائرتي الملفين الابتدائي والثانوي للمحول نفسه؟

تطبيق المفاهيم

43. استخدم الوحدات لإثبات أن الفولت هو وحدة قياس للمقدار BLV.

39. تنتج الشرارة عن القوة الدافعة الكهربائية العكسية التي تحاول الحفاظ على استمرار سريان التيار، وتكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية كبيرة لأن التيار نقص إلى الصفر بسرعة، وعند إغلاق المفتاح لا تكون زيادة التيار سريعة بسبب مقاومة الأسلاك.

40. التيار المتناوب متغيّر دائماً في المقدار والاتجاه، ولذلك فالحثّ الذاتي يكون عاملاً ثابتاً، ويكون التيار المباشر ثابتاً أيضاً، ولذلك بعد فترة قصيرة نجد أنه لن يكون هنالك تغيّر في المجال المغناطيسي.

الفعال أو القيمة الفعالة للتيار هي القيمة الثابتة للتيار التي تسبب استنفاد متوسط القدرة في مقاومة الحمل.

36. هناك طاقة وضع في الماء المحجوز أو المخزن خلف السد، والطاقة الحركية للماء الساقط تدير التوربينات، وتولد طاقة كهربائية في المولد.

37. التيار الحثّي المتولّد يؤثّر دائماً في اتجاه يجعل المجال المغناطيسي الناتج عنه يقاوم التغيّر في التيار المولّد له.

38. هذا هو قانون لنز، عندما يبدأ المحرّك في الدوران يسلك سلوك مولّد، ويولد تياراً معاكساً للتيار الذي زوّده المحرك.

## تقويم الفصل 6

41. المجال المغناطيسي المتغير فقط هو الذي يولد قوة دافعة كهربائية حثية كما اكتشف فارادي.
42. نسبة عدد لفات السلك في الملف الابتدائي إلى عدد لفات السلك في الملف الثانوي هي التي تحدّد نسبة القوة الدافعة الكهربائية.

### تطبيق المفاهيم

43. وحدات  $BLv$  هي  $(m)(m/s)(T)$ ، وحيث إن  $T=N/A.m$ ،  $A=C/s$ ، لذلك فإن وحدات  $BLv$  هي  $(m)(m/s)(N.s/C.m)$ ، وبالتحليل الجبري نحصل على  $N.m/C$ ؛ وبما أن  $J=N.m$  و  $V=J/C$ ، لذلك فإن وحدة  $BLv$  هي  $V$ .

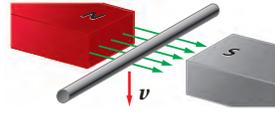
44. التيار فقط
45. عندما يُبطئ أحد دراجته الهوائية ستقل سرعة دوران الملف الموجود داخل المجال المغناطيسي في المولد، ولذلك ستقل القوة الدافعة الكهربائية.
46. لا، تتزامن انعكاسات التيار مع الفولتية، لذلك يكون حاصل ضرب التيار في الفولتية موجباً دائماً.
47. لا يتولد تيار حثي؛ لأن اتجاه حركة السلك موازٍ لخطوط المجال المغناطيسي.

48. يزداد التيار بعد التوصيل بعدة أعشار الثانية، والقوة الدافعة الكهربائية العكسية تقاوم التيار بعد التوصيل مباشرة.
49. اتجاه التيار خارج من الصفحة إلى اليسار، على امتداد مسار السلك.

50. سيضيء المصباح لوجود تيار في الدائرة الثانوية، وهذا يحدث كلما تغير تيار الملف الابتدائي، ولذلك يتوهج المصباح عند فتح المفتاح أو إغلاقه.
51. اتجاه التيار من الغرب إلى الشرق.

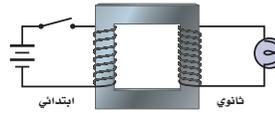
## تقويم الفصل 6

49. تتحرك قطعة من حلقة سلكية إلى أسفل بين قطبي مغناطيس، كما هو موضح في الشكل 6-20. ما اتجاه التيار الحثي المتولد؟



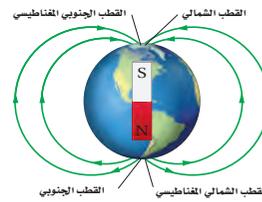
الشكل 6-20

50. وصل محمول مع بطارية بواسطة مفتاح كهربائي، ووصلت دائرة الملف الثانوي مع مصباح كهربائي، كما في الشكل 6-21. هل يضيء المصباح ما دام المفتاح مغلقاً، أم عند لحظة الإغلاق فقط، أم عند لحظة فتح المفتاح فقط؟ وضح إجابتك.



الشكل 6-21

51. المجال المغناطيسي الأرضي اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي في النصف الشمالي في اتجاه الأسفل ونحو الشمال، كما هو موضح في الشكل 6-22. إذا تحرك سلك أفقي (يمتد من الشرق إلى الغرب) من الشمال إلى الجنوب فما اتجاه التيار المتولد؟



الشكل 6-22

44. عندما يتحرك سلك داخل مجال مغناطيسي فهل تؤثر مقاومة الدائرة المغلقة في التيار فقط، أم في القوة الدافعة الكهربائية فقط، أم في كليهما، أم لا يتأثر أي منهما؟

45. الدراجة الهوائية عندما يُبطئ أحد من سرعة دراجته الهوائية ماذا يحدث للقوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن مولد دراجته؟ استخدم مصطلح (الملف ذو القلب الحديدي) خلال التوضيح.

46. يتغير اتجاه الجهد المتناوب (AC) 120 مرة في كل ثانية، فهل يعني ذلك أن الجهاز الموصل بجهد متناوب AC يفقد الطاقة ويكتسبها بالتناوب؟

47. يتحرك سلك بصورة أفقية بين قطبي مغناطيس، كما هو موضح في الشكل 6-18. ما اتجاه التيار الحثي فيه؟



الشكل 6-18

48. عملت مغناطيساً كهربائياً بلف سلك حول مسبار طويل، كما هو موضح في الشكل 6-19، ثم وصلته مع بطارية، فهل يكون التيار أكبر بعد التوصيل مباشرة، أم بعد التوصيل بعدة أعشار من الثانية، أم يبقى التيار نفسه دائماً؟ وضح إجابتك.



الشكل 6-19

**52. a.** ستين قاعدة اليد اليمنى أن التيار يتحرك إلى اليسار.

**b.** ستؤثر القوة في اتجاه الأعلى.

**53. a.** القوة الدافعة الكهربائية الحثية متعامدة مع كل من المجال والسرعة، ويجب أن يكون التيار محيطاً بالأنبوب. وخطوط المجال تدخل في القطب الجنوبي S وتخرج من القطب الشمالي N، ووفق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار في اتجاه حركة عقارب الساعة بالقرب من القطب S وعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بالقرب من القطب N.

**b.** بالقرب من القطب S يكون المجال داخل الأنبوب إلى أسفل، وبالقرب من القطب N يكون المجال إلى أعلى.

**c.** المجال المتولد يؤثر بقوة إلى أعلى في القطبين.

**54.** عندما يدور الملف في المولد تنشأ القوة المعاكسة لاتجاه الدوران نتيجة للتيار الحثي [قانون لنز]، في حين أنه عندما يكون ساكناً لا يتولد تيار، لذا لا توجد قوة معاكسة.

**55.** لحظة بداية الحركة، لا يدور الملف، ولذلك لا يتقاطع مع خطوط المجال ولا يتولد فرق جهد. ولهذا تكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية صفراً. ولا يكون هناك تيار أو مجال حول الموصل الساكن. وفي اللحظة التي يبدأ فيها الملف الدوران سيقطع خطوط المجال، وسيولد فيه جهد حثي، وسيكون لهذا الجهد قطبية بحيث يولد مجالاً مغناطيسياً معاكساً للمجال المولد له. وهذا من شأنه تقليل التيار في المحرك. ولذلك تزداد ممانعة المحرك للحركة.

**56.** يمكن تقليل سريان التيارات الدوامية باستخدام قلب على شكل شرائح رقيقة، وينتج التيار في القلب عن طريق تغيير التدفق المغناطيسي خلاله. ويؤدي وجود فولتية حثية متولدة في القلب المغناطيسي إلى ظهور التيارات الدوامية في القلب.

**52.** إذا حركت سلكاً نحاسياً إلى أسفل خلال مجال مغناطيسي B كما في الشكل 19-6 فأجب عما يلي:

**a.** هل يسري التيار الحثي المتولد في قطعة السلك إلى اليسار أم إلى اليمين؟

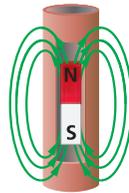
**b.** عندما يتحرك السلك داخل المجال المغناطيسي سيسري فيه تيار، وعندها تكون القطعة عبارة عن سلك يسري فيه تيار كهربائي وموضوع داخل مجال مغناطيسي، ويجب أن تؤثر فيه قوة مغناطيسية. ما اتجاه القوة التي ستؤثر في السلك نتيجة سريان التيار الحثي؟

**53.** أسقط مدرس الفيزياء مغناطيساً في أنبوب نحاسي، كما في الشكل 23-6، فتحرك المغناطيس ببطء شديد، فاعتقد الطلبة في الصف أنه يجب أن تكون هناك قوة معاكسة لقوة الجاذبية.

**a.** ما اتجاه التيار الحثي المتولد في الأنبوب بسبب سقوط المغناطيس إذا كان القطب الجنوبي للـمغناطيس هو القطب المتجه إلى أسفل؟

**b.** يُنتج التيار الحثي مجالاً مغناطيسياً. ما اتجاه هذا المجال؟

**c.** كيف يعمل المجال المغناطيسي على تقليل تسارع المغناطيس الساقط؟



الشكل 23-6

**54.** المولدات لماذا يكون دوران المولد أكثر صعوبة عندما يكون متصلاً بدائرة كهربائية يُؤدها بالتيار، مقارنة بدورانه عندما لا يكون متصلاً بدائرة ما؟

**55.** وضح لماذا يكون التيار الابتدائي عند تشغيل المحرك كبيراً. وضح أيضاً كيف يمكن تطبيق قانون لنز عند اللحظة  $t > 0$ ؟

**56.** بالرجوع إلى الشكل 10-6 وبالربط مع قانون لنز، وضح لماذا يتكون قلب المحول الكهربائي من شرائح معزولة؟

**57.** يصنع محول كهربائي عملي بحيث يحتوي قلبه على شرائح ليست فائقة التوصيل. ولأنه لا يمكن التخلص من التيارات الدوامية نهائياً فإنه يكون هناك فقد قليل للقدرة في قلب المحول. وهذا يعني وجود فقد مستمر للقدرة في قلب المحول. ما القانون الأساسي الذي يكون من المستحيل معه جعل الطاقة المفقودة صفراً؟

**58.** اشرح كيفية حدوث الحث المتبادل في المحول؟

**59.** أسقط طالب قضيباً مغناطيسياً بحيث كان قطبه الشمالي إلى أسفل في أنبوب نحاسي رأسي.

**a.** ما اتجاه التيار الحثي المتولد في الأنبوب النحاسي في أثناء مرور قطبه الجنوبي؟

**b.** ينتج التيار الحثي المتولد مجالاً مغناطيسياً. ما اتجاه هذا المجال؟

إتقان حل المسائل

### 1-6 التيار الكهربائي الناتج عن تغيير المجالات المغناطيسية

**60.** يتحرك سلك طوله 20.0 m بسرعة 4.0 m/s عمودياً على مجال مغناطيسي. فإذا تولدت قوة دافعة كهربائية حثية خلاله مقدارها 40 V فما مقدار المجال المغناطيسي؟

**61.** الطائرات تطير طائرة بسرعة  $9.50 \times 10^2$  km/h وتمر فوق منطقة مقدار المجال المغناطيسي الأرضي فيها  $4.5 \times 10^{-5}$  T، والمجال المغناطيسي في تلك

**59. a.** مع عقارب الساعة حول الأنبوب عند النظر إليه من أعلى.

**b.** إلى أسفل الأنبوب للمغناطيس.

### إتقان حل المسائل

### 1-6 التيار الكهربائي الناتج عن تغيير المجالات المغناطيسية

**60.** 0.5 T

**61.** 0.89 V

**57.** قانون لنز

**58.** إن إمرار تيار متردد في الملف الابتدائي لمحول يسبب مرور تيار متغير خلال الملف، وهذا التيار بدوره يولد تدفقاً مغناطيسياً متغيراً يولد فولتية في الملف الثانوي الثابت على الجانب الآخر من القلب. وتعتمد الفولتية أو القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة على معدل التغير في التدفق المغناطيسي (تردد المصدر)، وعدد لفات الملف ومقدار التدفق المغناطيسي.

## تقويم الفصل 6

## تقويم الفصل 6

62. a.  $3.6 \text{ V}$

b.  $0.33 \text{ A}$

63.  $20 \text{ m/s}$

64.  $4.00 \times 10^2 \text{ V}$

65. a.  $110 \text{ V}$

b.  $21.2 \text{ A}$

c.  $2.3 \text{ kW}$

66. a.  $340 \text{ V}$

b.  $22 \text{ A}$

67.  $23 \text{ m}$  هو أقل طول للسلك مع افتراض أن كلاً من السلك واتجاه الحركة متعامدان مع المجال.

68.  $17 \text{ mA}$

69.  $2.3 \times 10^{-6} \text{ A}$

70. a.  $0.039 \text{ T}$

b.  $0.23 \text{ V}$

71. a.  $440 \text{ MW}$  داخله

b.  $4.4 \times 10^8 \text{ J}$  كل ثانية

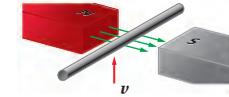
c.  $2.0 \times 10^6 \text{ kg}$

المنطقة رأسي تقريباً. احسب مقدار فرق الجهد بين طرفي جناحها إذا كانت المسافة بينها  $75 \text{ m}$ .

62. يتحرك سلك مستقيم طوله  $0.75 \text{ m}$  إلى أعلى بسرعة  $16 \text{ m/s}$  في مجال مغناطيسي أفقي مقداره  $0.30 \text{ T}$ ، كما هو موضح في الشكل 24-6.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربية الحثية المتولدة في السلك؟

b. إذا كان السلك جزءاً من دائرة كهربائية مقاومتها  $11 \Omega$  فما مقدار التيار المار فيها؟



الشكل 24-6

63. ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها سلك طوله  $0.20 \text{ m}$  داخل مجال مغناطيسي مقداره  $2.5 \text{ T}$ ؛ لكي تتولد فيه قوة دافعة كهربية  $EMF$  مقدارها  $10 \text{ V}$ ؟

64. مولد كهربائي AC يولد قوة دافعة كهربية عظمى مقدارها  $565 \text{ V}$ . ما مقدار القوة الدافعة الكهربية الفعالة التي يزود بها المولد دائرة خارجية؟

65. مولد كهربائي AC يولد فولتية عظمى مقدارها  $150 \text{ V}$ ، ويزود دائرة خارجية بتيار قيمته العظمى  $30.0 \text{ A}$ ، احسب:

a. الجهد الفعّال للمولد.

b. التيار الفعّال الذي يزود به المولد الدائرة الخارجية.

c. القدرة الفعّالة المستهلكة في الدائرة.

66. اثنان كهربائي يتصل فرن كهربائي بمصدر تيار متناوب AC جهده الفعّال  $240 \text{ V}$ .

a. احسب القيمة العظمى للجهد خلال أحد أجزاء الفرن عند تشغيله.

b. إذا كانت مقاومة عنصر التشغيل  $11 \Omega$  فما مقدار التيار الفعّال؟

67. إذا أردت توليد قوة دافعة كهربية مقدارها  $4.5 \text{ V}$  عن طريق تحريك سلك بسرعة  $4.0 \text{ m/s}$  خلال مجال مغناطيسي مقداره  $0.050 \text{ T}$  فما طول السلك اللازم؟ وما مقدار الزاوية بين المجال واتجاه الحركة لكي نستخدم أقصر سلك؟

68. يتحرك سلك طوله  $40.0 \text{ cm}$  عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $0.32 \text{ T}$  بسرعة  $1.3 \text{ m/s}$ ، فإذا اتصل السلك بدائرة مقاومتها  $10.0 \Omega$  فما مقدار التيار المار فيها؟

69. إذا وصلت طرفي سلك نحاسي مقاومته  $0.10 \Omega$  بطرفي جلفانومتر مقاومته  $875 \Omega$ ، ثم حركت  $10.0 \text{ cm}$  من السلك إلى أعلى بسرعة  $1.0 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $2.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، فما مقدار التيار الذي سيقبسه الجلفانومتر؟

70. تحرك سلك طوله  $2.5 \text{ m}$  أفقياً بسرعة  $2.4 \text{ m/s}$  داخل مجال مغناطيسي مقداره  $0.045 \text{ T}$  في اتجاه يصنع زاوية مقدارها  $60^\circ$  فوق الأفقي. احسب:

a. المركبة الرأسية للمجال المغناطيسي.

b. القوة الدافعة الكهربية الحثية  $EMF$  المتولدة في السلك.

71. السدود يُنتج مولد كهربائي على سدّ قدرة كهربية مقدارها  $375 \text{ MW}$ ، إذا كانت كفاءة المولد والتوربين  $85\%$  فأجب عما يلي:

a. احسب معدل الطاقة التي يجب أن يزود بها التوربين من المياه الساقطة.

b. طاقة الماء الساقط تكون نتيجة للتغير في طاقة الوضع  $P.E = mgh$ . ما مقدار التغير في طاقة الوضع اللازمة في كل ثانية؟

## تقويم الفصل 6

### تقويم الفصل 6

0.8 V .72

0.13 V .a .73

0.13 A .b

c. يدور التدفق في اتجاه عقارب الساعة حول الموصل عند النظر إليه من أعلى.

d. النقطة A سالبة بالنسبة للنقطة B.

### 6-2 تغيير المجالات المغناطيسية يولد قوة

#### دافعة كهربائية حثية

74 .a. 781 لفة وتقرب لـ 780

44 لفة .b

7.5 لفة .c

1.8 kV .a .75

$3.0 \times 10^1$  A .b

3.6 kW .c

36 لفة .a .76

9.4 mA .b

2 إلى 1 .a .77

5 A .b

a. محول رافع .78

10 إلى 3 .b

72 V .79

75. محول مثالي رافع يتكون ملفه الابتدائي من 80 لفة، ويتكون ملفه الثانوي من 1200 لفة، إذا زوّدت دائرة الملف الابتدائي بفرق جهد متناوب مقداره 120 V، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار فرق الجهد في الملف الثانوي؟  
b. إذا كان تيار الملف الثانوي 2.0 A فما مقدار تيار الملف الابتدائي؟

c. ما مقدار القدرة الداخلة والقدرة الناتجة عن المحول؟  
76. الحواسيب الشخصية محول مثالي في حاسوب شخصي يحتاج إلى جهد فَعَال مقداره 9.0 V من خط 120 V.

a. ما عدد لفات الملف الثانوي إذا كان عدد لفات الملف الابتدائي 475 لفة؟

b. إذا كان التيار المار في الحاسوب يساوي 125 mA فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي للمحول؟

77. مجففات الشعر صنع مجفف شعر ليعمل على تيار مقداره 10 A و فرق جهد 120 V في بلد ما. إذا أريد استخدام هذا الجهاز في بلد آخر مصدر الجهد فيه 240 V فاحسب:

a. النسبة التي يجب أن تكون بين عدد لفات ملفه الابتدائي وعدد لفات ملفه الثانوي.  
b. مقدار التيار الذي يعمل عليه في البلد الجديد.

78. محول مثالي قدرته 150 W يعمل على جهد 9.0 V لينتج تياراً 5.0 A.

a. هل المحول رافع أم خافض للجهد؟  
b. ما النسبة بين جهد الملف الثانوي وجهد الملف الابتدائي؟

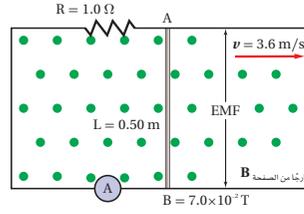
79. وصل أحمد محولاً مثاليّاً بمصدر جهد مقداره 24 V وقاس 8.0 V في الملف الثانوي، إذا عكست دائرتنا الملف الابتدائي والثانوي فما مقدار الجهد الناتج في هذه الحالة؟

c. إذا كان الماء يسقط من ارتفاع 22 m فما مقدار كتلة الماء التي يجب أن تمر خلال التوربين في كل ثانية لتعطي هذه القدرة؟

72. يتحرك موصل طوله 20 cm عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره 4.0 T بسرعة 1 m/s. احسب فرق الجهد المتولد.

73. ارجع إلى المثال 1 والشكل 6-25 لإيجاد ما يلي:

a. الجهد الحثي المتولد في الموصل.  
b. مقدار التيار I.  
c. اتجاه دوران المجال المغناطيسي المتولد حول الموصل.  
d. قطبية النقطة A بالنسبة إلى النقطة B.



الشكل 6-25

### 6-2 تغيير المجالات المغناطيسية يولد

#### قوة دافعة كهربائية حثية

74. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي من 150 لفة، ويتصل بمصدر جهد مقداره 120 V، احسب عدد لفات الملف الثانوي الضرورية للتزويد بالجهد التالية:

a. 625 V

b. 35 V

c. 6.0 V

## تقويم الفصل 6

### مراجعة عامة

80. a.  $3.6 \times 10^3 \text{ V}$

b.  $9.0 \times 10^1 \text{ A}$

c.  $1.1 \times 10^4 \text{ W}$ ,  $1.1 \times 10^4 \text{ W}$

81.  $20 \text{ m/s}$

82.  $1 \times 10^1 \text{ m/s}$

83.  $170 \text{ V}$

84.  $3.5 \text{ A}$

85.  $407 \text{ V}$

86.  $15.03 \text{ A}$

87. الابتدائي: الثاني

1: 545

88.  $96 \text{ A}$

89.  $4.7 \text{ A}$

90. a.  $1.0 \times 10^2 \text{ kW}$

b.  $200 \text{ A}$

91. a.  $64 \text{ V}$

b.  $10 \text{ A}$

92.  $41 \text{ mA}$

93. يجب أن تستهلك المقاومة  $34.7 \text{ W}$

## تقويم الفصل 6

### مراجعة عامة

80. عدد لفات الملف الابتدائي في محول مثالي رافع 500 لفة وعدد لفات الملف الثانوي 15000 لفة.

إذا وصلت دائرة الملف الابتدائي بمولد تيار متناوب قوته الدافعة الكهربائية 120 V، فأجب عما يلي:

a. احسب القوة الدافعة الكهربائية في دائرة الملف الثانوي.

b. إذا كان تيار دائرة الملف الثانوي يساوي 3.0 A، فأحسب تيار دائرة الملف الابتدائي.

c. ما مقدار القدرة المسحوبة بواسطة دائرة الملف الابتدائي؟ وما مقدار القدرة التي تُرَوِّدُها دائرة الملف الثانوي؟

81. ما مقدار السرعة التي يجب أن يقطع فيها موصل طوله 0.20 m مجالاً مغناطيسياً مقداره 2.5 T عمودياً عليه لتكوّن القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه 10 V؟

82. ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها موصل طوله 50 cm عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره 0.20 T لكي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية مقدارها 1.0 V؟

83. دائرة إنارة منزلية تعمل على جهد فعال مقداره 120 V، ما أكبر قيمة متوقعة للجهد في هذه الدائرة؟

84. محمصة الخبز تعمل بمحطة خبز بتيار متناوب مقداره 2.5 A، ما أكبر قيمة للتيار في هذا الجهاز؟

85. يحدث تلف للعزل في مكثف إذا تجاوز الجهد اللحظي المقدار 575 V، ما مقدار أكبر جهد متناوب فعال يمكن استخدامه في المكثف؟

86. المنصهر الكهربائي يعمل قاطع الدائرة المغناطيسي على فتح دوائره إذا بلغ التيار اللحظي فيها 21.25 A، ما مقدار أكبر تيار فعال يمكن أن يمر بالدائرة؟

87. إذا كان فرق الجهد الكهربائي الداخل إلى محطة

كهربائية فرعية يساوي 240000 V فما النسبة بين عدد لفات المحول المستخدم إذا كان الجهد الخارج من المحطة يساوي 440 V؟

88. يزود مولد تيار متناوب سخناً كهربائياً بقدرة مقدارها 45 kW، فإذا كان جهد النظام يساوي 660 V، فما القيمة العظمى للتيار المزود للنظام؟

89. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي خافض من 100 لفة، ويتكون الملف الثانوي من 10 لفات. فإذا وصل بالمحول مقاومة حمل قدرتها 2.0 kW، فما مقدار التيار الفعّال الابتدائي؟ افترض أن مقدار الجهد في الملف الثانوي يساوي 60.0 V.

90. قدرة محول 100 kVA، وكفاءته 98%.

a. إذا استهلك الحمل الموصول به 98 kW، فما مقدار القدرة الداخلة إلى المحول؟

b. ما مقدار أكبر تيار في الملف الابتدائي الضروري لجعل المحول يستهلك قدرته الفعّالة؟ افترض أن  $V_p = 600 \text{ V}$ .

91. يقطع سلك طوله 0.40 m عمودياً خطوط مجال مغناطيسي شدته 2.0 T، بسرعة 8.0 m/s.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

b. إذا كان السلك جزءاً من دائرة مقاومتها  $6.4 \Omega$ ، فما مقدار التيار المار فيه؟

92. يتحرك ملف سلكي طوله 7.50 m عمودياً على المجال المغناطيسي الأرضي بسرعة 5.50 m/s، إذا كانت المقاومة الكلية للسلك  $5.0 \times 10^{-2} \Omega$ ، فما مقدار التيار المار فيه؟ افترض أن المجال المغناطيسي للأرض يساوي  $5 \times 10^{-5} \text{ T}$ .

93. القيمة العظمى للجهد المتناوب، الذي يطبق على مقاومة مقدارها  $144 \Omega$  هي  $1.00 \times 10^2 \text{ V}$ ، ما مقدار القدرة التي يمكن أن تعطى المقاومة الكهربائية؟

94. a. 50 لفة

b. 0.40 A

### التفكير الناقد

95. هذا سينقض قانون حفظ الطاقة، حيث ستنتج طاقة أكبر من الطاقة الداخلة. ويتج المولد في هذه الحالة طاقة من العدم، ولن يقتصر عمله على تحويل الطاقة من شكل إلى آخر. وهذا غير صحيح.

96. كفاءة المحول =  $\frac{P_s}{P_p} \times 100 = 6.05 A$

97. 4 kW؛ 67 kW

### الكتابة في الفيزياء

98. يستخدم محرك التوالي الـ DC كلاً من الملف ذي القلب الحديدي والملف الموصل على التوالي معاً. عند تشغيله من خلال تيار متردد تتغير القطبية في المجالين معاً، ولذلك تبقى قطبية المجال المغناطيسي دون تغيير، وبذلك يصبح اتجاه الدوران ثابتاً.

### مراجعة تراكمية

99.  $1.1 \times 10^{-3} C$

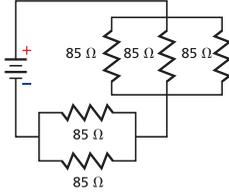
100. 7.4 V

101. 71  $\Omega$

102.  $a=3.0 \times 10^{17} m/s^2, F=2.7 \times 10^{-13} N$

### مراجعة تراكمية

99. ما مقدار الشحنة على مكثف سعته 22  $\mu F$  عندما يكون فرق الجهد بين لوحيه 48 V؟
100. ما مقدار فرق الجهد بين طرفي مقاومة كتب عليها 22  $\Omega$  و 5.0 W عندما تصبح القدرة نصف قيمتها العظمى؟
101. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الموضحة في الشكل 6-26.



الشكل 6-26

102. يتحرك إلكترون بسرعة  $2.1 \times 10^6 m/s$  عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره 0.81 T، ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟ وما مقدار تسارعه؟ علماً بأن كتلته  $9.11 \times 10^{-31} kg$ .

94. التلفاز يستخدم محول رافع في أنبوب الأشعة المهبطية CRT في التلفاز لتحويل الجهد من 120 V إلى 48000 V، إذا كان عدد لفات الملف الثانوي للمحول 20000 لفة، وكان الملف يعطي تياراً مقداره 1.0 mA، فأجب عما يلي:

a. ما عدد لفات الملف الابتدائي؟

b. ما مقدار التيار الداخل إلى الملف الابتدائي؟

### التفكير الناقد

95. تطبيق المفاهيم افترض أن هناك معارصاً لقانون لنز يقول إن القوة تعمل على زيادة التغير في المجال المغناطيسي. لذلك عندما تحتاج إلى طاقة أكبر فإنه تلمسنا قوة أقل لتدوير المولد. فما قانون الحفظ الذي ينتهكه هذا القانون الجديد؟ وضح إجابتك.

96. حلل لا تصل كفاءة المحولات العملية إلى 100%. اكتب تعبيراً يمثل كفاءة المحول بدلالة القدرة. إذا استخدم محول خافض كفاءته 92.5%، وعمل على خفض الجهد في المنزل من 125 V إلى 28.0 V، وكان التيار المار في دائرة الملف الثانوي يساوي 25.0A فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي؟

97. حلل واستنتج محول كهربائي كفاءته 95% يزود ثمانية منازل. وكل منزل يشغل فرنًا كهربائيًا يسحب تياراً مقداره 35 A بفرق جهد مقداره 240 V، ما مقدار القدرة التي تزود بها الأفران الثمانية؟ وما مقدار القدرة المستفدة في المحول في صورة حرارة؟

### الكتابة في الفيزياء

98. صممت الأجهزة الشائعة مثل المثقب الكهربائي بصورة مثالية بحيث يجتوي على محرك توالي. ارجع إلى مكتبتك وبعض المصادر الأخرى لتوضح كيف يمكن لهذا النوع من المحركات استخدام تيار متناوب أو تيار مستمر.

سَلْم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

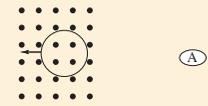
الوصف	العلامات
يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعوق إظهار الفهم الكامل.	4
يُظهر الطالب فهماً للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.	3
يُظهر الطالب فهماً جزئياً للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.	2
يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.	1
يقدم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب على الإطلاق.	0

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

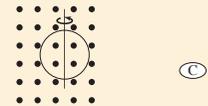
- أي تحليل للوحدات يعدّ صحيحاً لحساب القوة الدافعة الكهربائية  $EMF$  ؟  
 (N.A.m)(l) (A)  
 J.C (B)  
 (N/A.m)(m)(m/s) (C)  
 (N.m.A/s)(l/m)(m/s) (D)
- تولدت قوة دافعة كهربائية حثية مقدارها  $4.20 \times 10^{-2} V$  في سلك طوله  $427 \text{ mm}$  يتحرك بسرعة  $18.6 \text{ cm/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي. ما مقدار هذا المجال؟  
 $3.34 \times 10^{-3} T$  (C)  
 $5.29 T$  (A)  
 $5.29 \times 10^{-1} T$  (D)  
 $1.89 T$  (B)
- في أي الأشكال التالية لا يتولد تيار حثي في السلك؟



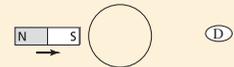
(A)



(B)



(C)



(D)

- يتحرك سلك طوله  $15 \text{ cm}$  بسرعة  $0.12 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره  $1.4 T$ ، ما مقدار القوة

الدافعة الكهربائية الحثية  $EMF$  المتولدة فيه؟

$0.025 V$  (C)  $0 V$  (A)

$2.5 V$  (D)  $0.018 V$  (B)

- يستخدم محول مثالي مصدرًا للجهد مقداره  $91 V$  لتشغيل جهاز يعمل بجهد مقداره  $13 V$ . فإذا كان عدد لفات ملفه الابتدائي  $130$  لفة، والجهاز يعمل على تيار مقداره  $1.9 A$  فما مقدار التيار المعطى للملف الابتدائي؟

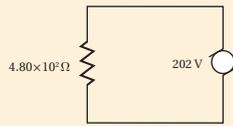
$4.8 A$  (C)  $0.27 A$  (A)

$13.3 A$  (D)  $0.70 A$  (B)

- مولد تيار متناوب يعطى جهداً مقداره  $202 V$  بوصفه قيمة عظمى لسسخان كهربائي مقاومته  $480 \Omega$ ، ما مقدار التيار الفعّال في السخان؟

$2.38 A$  (C)  $0.298 A$  (A)

$3.37 A$  (D)  $1.68 A$  (B)



الأسئلة الممتدة

- قارن بين القدرة الضائعة في المحول عند نقل قدرة مقدارها  $800 W$  بفرق جهد مقداره  $160 V$  في سلك والقدرة الضائعة عند نقل القدرة نفسها بفرق جهد مقداره  $960 V$ ، افترض أن مقاومة السلك  $2 \Omega$ ، ما الاستنتاج الذي يمكن التوصل إليه؟

**إرشاد**  
استقص

استفسر من معلمك عن نوع الأسئلة المتوقعة في الاختبار، واطلب إليه أيضاً تزويدك باختبارات تدريبية حتى تصبح مواد الاختبار مألوفة لك.

أسئلة الاختيار من متعدد

- (B) 1.
- (D) 2.
- (D) 3.
- (C) 4.
- (A) 5.
- (A) 6.

الأسئلة الممتدة

$$I_1 = \frac{P}{V} = \frac{800}{160} = 5 A \quad .7$$

$$I_2 = \frac{P}{V} = \frac{800}{960} = 0.8 A$$

القدرة المستنفذة:  $P = I^2 R$

$$P_1 = 50 W$$

$$\text{الضائع} = \frac{50}{800} = 6\%$$

$$P_2 = 1 W$$

$$\text{الضائع} = \frac{1}{800} = 0.1\%$$

من الأفضل نقل الطاقة بالجهود الكبيرة.

# مصادر تعليمية للطالب

• الجداول

• المصطلحات

الوحدات الأساسية SI		
رمز الوحدة	الوحدة	الكمية
m	meter	الطول
kg	kilogram	الكتلة
s	second	الزمن
K	kelvin	درجة الحرارة
mol	mole	مقدار المادة
A	ampere	التيار الكهربائي
cd	candela	شدة الإضاءة

وحدات SI المشتقة				
معبارة بوحدات SI أخرى	معبارة بالوحدات الأساسية	رمز الوحدة	الوحدة	الكمية
	$m/s^2$	$m/s^2$		التسارع
	$m^2$	$m^2$		المساحة
	$kg/m^3$	$kg/m^3$		الكثافة
N.m	$kg.m^2/s^2$	J	joul	الشغل، الطاقة
	$kg.m/s^2$	N	newton	القوة
J/s	$kg.m^2/s^3$	W	watt	القدرة
$N/m^2$	$kg/m.s^2$	Pa	bascal	الضغط
	$m/s$	$m/s$		السرعة
	$m^3$	$m^3$		الحجم

تحويلات مفيدة		
1 in = 2.54 cm	1 kg = $6.02 \times 10^{26}$ u	1 atm = 101 kPa
1 mi = 1.61 km	1 oz ↔ 28.4 g	1 cal = 4.184 J
	1 kg ↔ 2.21 lb	1 ev = $1.60 \times 10^{-19}$ J
1 gal = 3.79 L	1 lb = 4.45 N	1 kwh = 3.60 MJ
1 m <sup>3</sup> = 264 gal	1 atm = 14.7 lb/in <sup>2</sup>	1 hp = 746 W
	1 atm = $1.01 \times 10^5$ N/m <sup>2</sup>	1 mol = $6.022 \times 10^{23}$

ثوابت فيزيائية			
القيمة التقريبية	المقدار	الرمز	الكمية
$1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.66053886 \times 10^{-27} \text{ kg}$	u	وحدة كتلة الذرة
$6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$6.0221415 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$N_A$	عدد أفوجادرو
$1.38 \times 10^{-23} \text{ Pa.m}^3/\text{K}$	$1.3806505 \times 10^{-23} \text{ Pa.m}^3/\text{K}$	k	ثابت بولتزمان
$8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K}$	$8.314472 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K}$	R	ثابت الغاز
$6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$	$6.6742 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$	G	ثابت الجاذبية

البادئات		
البادئة	الرمز	الدلالة العلمية
femto	f	$10^{-15}$
baico	p	$10^{-12}$
nano	n	$10^{-9}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
mile	m	$10^{-3}$
cm	c	$10^{-2}$
disa	d	$10^{-1}$
dica	da	$10^1$
hecto	h	$10^2$
kilo	k	$10^3$
mega	M	$10^6$
giga	G	$10^9$
terra	T	$10^{12}$
beta	P	$10^{15}$

# الجداول

درجات الانصهار والغليان لبعض المواد		
درجة الغليان (°C)	درجة الانصهار (°C)	المادة
2467	660.37	ألومنيوم
2567	1083	نحاس
2830	937.4	جرمانيوم
2808	1064.43	ذهب
2080	156.61	إنديوم
2750	1535	حديد
1740	327.5	رصاص
2355	1410	سليكون
2212	961.93	فضة
100.000	0.000	ماء
907	419.58	خارصين

كثافة بعض المواد الشائعة	
الكثافة (g/cm <sup>3</sup> )	المادة
2.702	ألومنيوم
8.642	كاديوم
8.92	نحاس
5.35	جرمانيوم
19.31	ذهب
$8.99 \times 10^{-5}$	هيدروجين
7.30	إنديوم
7.86	حديد
11.34	رصاص
13.546	زئبق
$1.429 \times 10^{-3}$	أكسجين
2.33	سليكون
10.5	فضة
1.000	ماء (4 C°)
7.14	خارصين

السعة الحرارية النوعية لبعض المواد الشائعة			
السعة الحرارية النوعية (J/kg.K)	المادة	السعة الحرارية النوعية (J/kg.K)	المادة
130	رصاص	897	ألومنيوم
2450	ميثانول	376	نحاس أصفر
235	فضة	710	كربون
2020	بخار	385	نحاس
4180	ماء	840	زجاج
388	خارصين	2060	جليد
		450	حديد

الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتبخير لبعض المواد الشائعة		
الحرارة الكامنة للتبخير (J/kg)	الحرارة الكامنة للانصهار (J/kg)	المادة
$5.07 \times 10^6$	$2.05 \times 10^5$	نحاس
$1.64 \times 10^6$	$6.30 \times 10^4$	ذهب
$6.29 \times 10^6$	$2.66 \times 10^5$	حديد
$8.64 \times 10^5$	$2.04 \times 10^4$	رصاص
$2.72 \times 10^5$	$1.15 \times 10^4$	زئبق
$8.78 \times 10^5$	$1.09 \times 10^5$	ميثانول
$2.36 \times 10^6$	$1.04 \times 10^5$	فضة
$2.26 \times 10^6$	$3.34 \times 10^5$	ماء (جليد)

## أ

تدفق الشحنة الكهربائية أو التيار الكهربائي، وهو يساوي واحد كولوم لكل ثانية (1 C /s).

الأمبير  
Ampere

جهاز مقاومته قليلة جداً، يوصل على التوالي، ويستخدم لقياس التيار الكهربائي المار في أي جزء من أجزاء الدائرة.

الأميتر  
Ammeter

## ب

جهاز مصنوع من عدة خلايا جلفانية متصل بعضها ببعض، تعمل على تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية.

البطارية  
Battery

## ت

عملية التخلص من الشحنة الكهربائية الفائضة على الجسم بتوصيله بالأرض.

التأريض  
Grounding

عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تمر خلال السطح.

التدفق المغناطيسي  
Magnetic flux

نوع من التوصيل يكون فيه عنصر الدائرة والفولتметр مُصطفين متوازيين في الدائرة، ويكون فرق الجهد عبر الفولتметр مساوياً لفرق الجهد عبر عنصر الدائرة، كما يكون هناك أكثر من مسار للتيار في الدائرة الكهربائية.

التوصيل على التوازي  
Parallel connection

نوع من التوصيل يكون فيه مسار واحد للتيار فقط في الدائرة الكهربائية.

التوصيل على التوالي  
Series connection

مرور للشحنات الموجبة من منطقة الجهد المرتفع إلى منطقة الجهد المنخفض.

التيار الاصطلاحي  
Conventional current

تيار متولد في قطعة حديد تتحرك في مجال مغناطيسي متغير، وتولد مجالاً مغناطيسياً معاكساً لاتجاه الحركة التي ولدت التيار.

التيار الدوامي  
Eddy current

تدفق جسيمات مشحونة.

التيار الكهربائي  
Electric current

## ج

جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية الصغيرة جداً، ويمكن تحويله إلى أميتر أو فولتметр.

الجلفانومتر  
Galvanometer

الذرة التي تساوي الشحنة الموجبة لنواتها الشحنة السالبة للإلكترونات التي تدور حول هذه النواة.

الجسم المتعادل  
Neutral

## ح

حث قوة دافعة كهربائية EMF في سلك يتدفق فيه تيار متغير.  
عملية توليد التيار الكهربائي في دائرة، وسببه الحركة النسبية بين السلك والمجال المغناطيسي عندما يتحرك السلك خلال المجال المغناطيسي، أو عندما يتحرك المجال المغناطيسي خلال السلك.  
تأثير التغير في التيار الكهربائي المار بالملف الابتدائي لمحول كهربائي، الذي يحدث تغيراً في المجال المغناطيسي ينتقل خلال القلب الحديدي إلى الملف الثانوي في المحول ليولد التغير في المجال قوة دافعة كهربائية حثية متغيرة EMF.

الحث الذاتي

الحث الكهرومغناطيسي  
Electromagnetic induction

الحث المتبادل  
Mutual inductance

## خ

الخطوط التي تكوّن صورة لمجال كهربائي، وتشير إلى شدة المجال الكهربائي من خلال المسافات بينها، وهي لا تتقاطع، كما أنها تخرج دائماً من الشحنات الموجبة وتدخل إلى الشحنات السالبة.

خط المجال الكهربائي  
Electric field lines

## د

أحد أنواع الدوائر الكهربائية، تحتوي على مسارات متعددة للتيار الكهربائي، بحيث يكون مجموع التيارات في هذه المسارات مساوياً للتيار الرئيس، وإذا فتحت دائرة أيّ مسار للتيار لا تتأثر تيارات المسارات الأخرى.  
أحد أنواع الدوائر الكهربائية، يمر في كل جهاز فيها التيار نفسه، ويكون للتيار القيمة نفسها عند كل جزء من أجزائها، وهو يساوي فرق الجهد مقسوماً على المقاومة المكافئة للدائرة.  
تحدث عند تشكّل دائرة كهربائية ذات مقاومة صغيرة جداً، مما يؤدي إلى تدفق تيار كهربائي كبير جداً، قد يسبب حدوث حريق بسهولة؛ نتيجة ارتفاع درجة حرارة الأسلاك.

دائرة التوازي  
Parallel circuit

دائرة التوالي  
Series circuit

دائرة القصر  
Short circuit

حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية.

الدائرة الكهربائية  
Electric circuit

دائرة كهربائية معقدة تتضمن توصيلات على التوالي وعلى التوازي معاً.

الدوائر المركبة  
Combination series - parallel circuit

## س

موضعان أو أكثر داخل المجال الكهربائي يكون فرق الجهد الكهربائي بينها صفراً.  
النسبة بين الشحنة المخزنة على جسم وفرق جهده الكهربائي.

سطح تساوي الجهد  
Equipotential

السعة الكهربائية  
Capacitance



عملية شحن جسم متعادل بملامسته لجسم آخر مشحون.

الشحن بالتوصيل  
Charging by  
conduction

عملية شحن جسم متعادل دون ملامسته، وتتم هذه العملية بتقريب جسم مشحون إليه، فيؤدي ذلك إلى فصل شحنات الجسم المتعادل، ليصبح الجسم نفسه مشحوناً بشحنتين مختلفتين ومتساويتين.

الشحن بالحث  
Charging by  
induction

مقدار الشحنة الكهربائية للإلكترون واحد.

الشحنة الأساسية  
(الأولية)  
Elementary charge



التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة داخل مجال كهربائي.

فرق الجهد الكهربائي  
Electric potential  
difference

وحدة تساوي واحد جول لكل كولوم  $1 \text{ J/C}$ .

الفولت  
Volt

جهاز ذو مقاومة كبيرة، يستخدم في قياس الهبوط في الجهد خلال أي جزء من أجزاء الدائرة الكهربائية، ويوصل على التوازي مع الجزء المراد قياس فرق الجهد بين طرفيه.

الفولتметр  
Voltmeter



جهاز يحتوي على دائرة إلكترونية تستشعر الفروق البسيطة في التيار الكهربائي الناجمة عن مسار إضافي للتيار، فيعمل القاطع على فتح الدائرة الكهربائية، فيمنع حدوث الصعقات الكهربائية، ويستخدم عادة في تأمين الحماية في الحمام والمطبخ والمنافذ الكهربائية الخارجية.

قاطع التفريغ الأرضي  
الخاطئ  
Ground - fault  
interrupter

مفتاح آلي يعمل بوصفه جهاز حماية في الدائرة الكهربائية؛ حيث يفتح الدائرة ويوقف مرور التيار فيها عندما تصبح قيمته أكبر من القيمة المسموح بها.

قاطع الدائرة الكهربائية  
Circuit breaker

طريقة مستخدمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي نسبة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي.

القاعدة الأولى لليد اليمنى  
First right - hand rule

طريقة مستخدمة في تحديد اتجاه المجال المتولد بواسطة مغناطيس كهربائي بالنسبة إلى اتجاه تدفق التيار الاصطلاحي.

القاعدة الثانية لليد اليمنى  
second right - hand  
rule

طريقة يمكن استخدامها لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يحمل تياراً والسلك موجود داخل مجال مغناطيسي.

القاعدة الثالثة لليد اليمنى  
Third right - hand rule

الطريقة المستخدمة لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنات الموجودة داخل الموصل المتحرك داخل مجال مغناطيسي.

القاعدة الرابعة لليد اليمنى  
Fourth right - hand rule

ينص على أن القوة الكهربائية بين شحنتين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.

قانون كولوم  
Coulomb's law

ينص على أن التيار الحثي المتولد يكون اتجاهه دائماً بحيث يقاوم المجال المغناطيسي الذي كان سبباً في توليده أو التغير في المجال المغناطيسي الذي ولده.

فرق جهد مقيس بالفولت، معطى للشحنات بواسطة البطارية، ويرمز له بالرمز EMF.

قانون لنز  
Lenz's law

القوة الدافعة (المحركة)  
الكهربائية  
Electromotive force



جهاز يستعمل للكشف عن الشحنات الكهربائية، ويتركب من قرص فلزي مثبت على ساق فلزية متصلة بقطعتين فلزيتين خفيفتين رقيقتين، تسميان الورقتين. شحنات كهربائية تتجمع وتُحتجز في مكان ما.

الكشاف الكهربائي  
Electroscope

الكهرباء الساكنة  
(الكهروستاتيكية)  
Electrostatics

وحدة قياس الشحنة الكهربائية حسب النظام الدولي للوحدات SI، ويساوي مقدار شحنة إلكترون أو بروتون.

الكولوم  
Coulomb

وحدة طاقة تستخدمها شركات الكهرباء لقياس الطاقة المستهلكة؛ 1 kWh يساوي 1000 W متصل بشكل مستمر لمدة 3600 s (1 h).

الكيلوواط. ساعة  
Kilowatt-hour



مادة، مثل الزجاج، لا تنتقل خلالها الشحنات بسهولة.

المادة العازلة  
Insulator

مادة، مثل النحاس، تسمح بانتقال الشحنات خلالها بسهولة.

المادة الموصلة  
Conductor

نصف القيمة القصوى للقدررة المرتبطة مع التيار المتناوب.

متوسط القدرة  
Average power

منطقة محيطة بالمغناطيس أو حول سلك أو ملف سلكي يتدفق فيه تيار؛ حيث توجد قوة مغناطيسية.

المجالات المغناطيسية  
Magnetic field

المجال الموجود حول أي جسم مشحون؛ حيث يولد قوة كهربائية يمكنها أن تنجز شغلاً، مما يؤدي إلى نقل طاقة من المجال إلى أي جسم آخر مشحون.

المجال الكهربائي  
Electric field

دائرة توال، تستخدم لإنتاج مصدر جهد بالمقدار المطلوب من بطارية ذات جهد كبير، ويستخدم عادة بوصفه مجساً حساساً كما في المقاومات الضوئية.

مجزئ الجهد  
Voltage divider

جهاز يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية دورانية.

المحرك الكهربائي  
Electric motor

نوع من المحولات، ينتج عندما يكون فرق الجهد الناتج عن المحول أقل من فرق الجهد المدخل إليه.

المحول الخافض  
Step-down transformer

نوع من المحولات، ينتج عندما يكون فرق الجهد الناتج عن المحول أكبر من فرق الجهد المدخل إليه.

المحول الرافع  
Step-up transformer

جهاز يمكنه رفع أو خفض فرق الجهد في دوائر AC مع فقدان قليل من الطاقة.	المحوّل الكهربائي Transformer
الضوء الذي تتذبذب موجاته في مستوى واحد فقط بالنسبة للمغناطيس؛ ويصف خاصية امتلاك جسم ما منطقتين مختلفتين عند نهايته، إحداهما تُسمّى الباحة عن القطب الشمالي، وتسمى الأخرى الباحة عن القطب الجنوبي.	المستقطب Polarization
مغناطيس ناتج عن مرور التيار الكهربائي بملف سلكي.	المغناطيس الكهربائي Electromagnet
جهاز ذو مقاومة محددة، قد يكون مصنوعاً من أسلاك رفيعة وطويلة أو من الجرافيت أو من مادة شبه موصلة، ويستخدم عادة للتحكم في التيار المار في الدوائر الكهربائية أو في أجزاء منها.	المقاوم الكهربائي resistor
خاصية تحدد مقدار التيار المتدفق، وتساوي فرق الجهد مقسوماً على التيار.	المقاومة الكهربائية resistance
مقاومة مفردة تحل محل مجموعة مقاومات (موصولة على التوالي أو التوازي أو كليهما معاً)، بحيث يكون لهذه المقاومة نفس التيار والجهد الذي لمجموعة المقاومات؛ أي يمر فيها التيار نفسه المار في مجموعة المقاومات، ويكون لها هبوط الجهد نفسه على طرفي مجموعة المقاومات.	المقاومة المكافئة Equivalent resistance
أحد ملفي المحول الكهربائي، يولد قوة دافعة كهربائية حثية متناوبة EMF في الملف الثانوي عند وصله بمصدر فرق جهد متناوب AC.	الملف الابتدائي Primary coil
أحد ملفي المحول الكهربائي المعزول، تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية متناوبة بواسطة مرور تيار AC بالملف الابتدائي.	الملف الثانوي secondary coil
ملف سلكي لمحرك كهربائي، مصنوع من عدة لفات حول محور أو أسطوانة حديدية؛ العزم على المتحرض ومحصلة سرعة المحرك تضبط بواسطة تغيير التيار في المحرك.	الملف ذو القلب الحديدي Armature
ملف سلكي طويل يتكون من عدة لفات، ويضاف المجال الناتج عن كل لفة إلى مجال اللفة الأخرى بحيث يولد مجاًلاً مغناطيسياً كلياً قوياً.	الملف اللولبي Solenoid
قطعة صغيرة من فلز تعمل بوصفها جهاز حماية في الدائرة الكهربائية؛ حيث تنصهر، فيتوقف مرور التيار إذا مرّ في الدائرة تيار كهربائي كبير قد يُشكل خطراً عليها.	المنصهر الكهربائي Fuse
مجموعة صغيرة جداً في حدود $1000\mu-10\mu$ تتشكل عندما تترتب خطوط المجال المغناطيسي للإلكترونات في مجموعة الذرات المتجاورة في الاتجاه نفسه.	المنطقة المغناطيسية Domain
مادة مقاومتها صفر، وتوصل الكهرباء دون فقدان أو ضياع في الطاقة.	الموصل الفائق التوصيل Superconductor
جهاز يحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، ويتكون من عدد من الملفات الموضوعه في مجال مغناطيسي قوي.	المولد الكهربائي Electric generator