KINGDOM OF BAHRAIN

Ministry of Education

مَمْلَكَةُ البَحْرَيْن

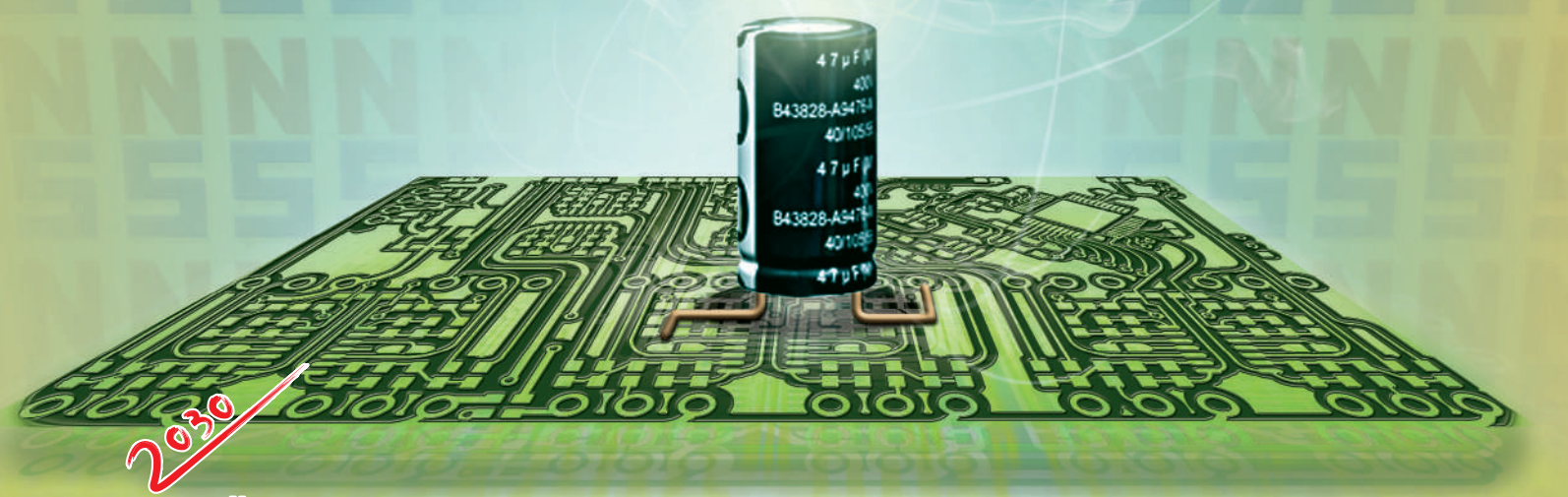
وَزَارَةُ التَّرْبِيَةِ وَالتَّعْلِيم

فيز ٣١١/فيز ٣١٢

الفيزياء ٤

للمرحلة الثانوية

دليل المعلم



2030 البحرين BAHRAIN

فيز ٣١١/فيز ٣١٢

قررت وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين اعتماد هذا الدليل لتدريس الفيزياء ٤ بمدارسها الثانوية

إدارة سياسات وتطوير المناهج

الفيزياء 4

للمرحلة الثانوية

دليل المعلم

الطبعة الثانية

١٤٣٦ هـ - ٢٠١٥ م

منهاجي

متعة التعليم الهادف

العبيكان Obeikan

McGraw Hill Education

الفيزياء 4

أعدَّ النسخة العربية : شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة

د.أحمد محمد رفيع
خلدون سليمان مصاروه
ربحي سعيد حميدي
زهير يوسف حداد

التعريب

موسى جابر عبابنة
عاطف سلطان جرادات
محيالدين جابر عبابنة

التحرير اللغوي

عمر الصاوي
هبة خليل أبو ملش
حسن فرغلي

المواءمة والمراجعة المحلية لنسخة مملكة البحرين

أ. يوسف عبدالسلام محفوظ
د. سمير عبد سالم الخريسات

التأليف والتطوير

فريق مختص من وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين.

www.macmillanmh.com

Original Title:
Physics
Principles and Problems
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

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 ©2009م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل ©2008/1429هـ.

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

حضرة صاحب الجلالة الملك حمد بن عيسى آل خليفة

ملك مملكة البحرين المعظم

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

أخي المعلم/ أختي المعلمة

يأتي دليل المعلم لكتاب الفيزياء ٤ في إطار مشروع تطوير مناهج الفيزياء وتحديثها في مملكة البحرين، والذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم الفيزياء وتعلمها.

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

ونحن إذ نضع بين يديك هذا الدليل، فإننا نأمل أن يكون لك مرشدًا، ومصدرًا مهمًّا في تخطيط الدروس، وتنفيذها، بما يتلاءم مع مستويات الطلبة، والبيئة الصفية، وأهداف المنهج، وفي الوقت نفسه نرجو ألا يقيدك هذا الدليل، بل يكون مساعدًا على تنمية مهاراتك التعليمية، وإبراز قدراتك الإبداعية في وضع البدائل، حيثما رأيت ذلك مناسبًا.

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 حية.	لا تتخلص من هذه المواد في المغسلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبّب ضررًا 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 جيدًا.
درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجيات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدبّبة، 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 (النفثالين).	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، سوائل منسكبة، تماس كهربائي، أسلاك معرّاة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فوراً.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقيًا للغبار وارتد قفازين وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات مثل فوق اكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استُنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات التي يسهل اشتعالها بوساطة اللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات البوتاسيوم ، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحاً يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف (للطالبات)، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

سلامة العين
يجب دائماً ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.

وقاية الملابس
يظهر هذا الرمز عندما تسبب المواد بقعًا أو حريقًا للملابس.

سلامة الحيوانات
يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة المخلوقات الحية.

نشاط اشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.

غسل اليدين
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.

أدوات تدريس الفيزياء

جدول المحتويات

نسخة الطالب T1

نسخة دليل المعلم ..... T 5

مصادر المعلم في غرفة الصف ..... T 7

السلامة في المختبر ..... T 9

قائمة التجهيزات ..... T 11

جدول توزيع الحصص T17

جدول توزيع الموضوعات ..... T 18

قائمة المحتويات ..... T 19

التهيئة

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

بعد دراستك لهذا الفصل ستكون قادرًا على تقديم أهداف الفصل.

الأهمية توفر إجابة مقنعة للسؤال التالي: لماذا نتعلم هذا؟

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

تطوير المهارات الرياضية

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

الرياضيات في الفيزياء تُراجع أهم المبادئ الرياضية المرتبطة بمحتوى الفصل.

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

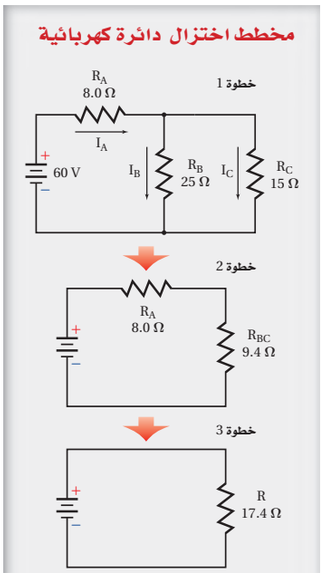
استراتيجيات حل المسألة

الدوائر الكهربائية المركّبة

عند تحليل دائرة كهربائية مُركّبة نستخدم الخطوات التالية لتبسيط المسألة:

1. ارسم رسمًا تخطيطيًّا للدائرة الكهربائية.
2. حدّد المقاومات الموصولة معًا على التوازي. تعمل مقاومات التوازي على تجزئة التيار، ويكون لها فرق الجهد نفسه. احسب المقاومة المكافئة لهذه المقاومات. ثم ارسم رسمًا تخطيطيًّا جديدًا 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 تحل محل هذه المقاومات. ثم ارسم رسمًا تخطيطيًّا جديدًا يحتوي على هذه المقاومة.
4. كرّر الخطوتين 2، و3 حتى تختصر مقاومات الدائرة كُلّها في مقاوم واحد. أوجد تيار الدائرة الكلي، ثم ارجع في المسألة عكسيًّا لحساب التيار وفرق الجهد لكل مقاوم.

مخطط اختزال دائرة كهربائية



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 التحدٍّ تزوّد الطالب بالفرصة لتطبيق المبادئ التي تعلّمها على أمثلة أكثر تعقيدًا.

مثـــال 2

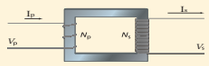
المحولات الرافعة محول مثالي رافع عدد لفات ملفه الابتدائي 200 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 3000 لفة. إذا وصل ملفه الابتدائي بجهد متناوب فعّال مقداره 90.0 V، أجب عما يلي:

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 قلبًا حديديًّا مع لفات من السلك.
- حدّد المتغيرات I وV وN



المعلوم	المجهول
$V_p = 90.0\ V$	$V_s = ?$
$I_s = 2.0\ A$	$I_p = ?$
$N_p = 200$	
$N_s = 3000$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. حل المسألة لـ V_s.

بالتعويض عن $V_p = 90.0\ V$، $N_p = 200$، $N_s = 3000$

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$V_s = \frac{N_s V_p}{N_p}$$

$$= \frac{3000 \times (90.0\ V)}{200} = 1350\ V$$

b. تكون القدرة المعطاة للملف الابتدائي مساوية للقدرة المعطاة للملف الثانوي

$$P_p = P_s$$

بالتعويض عن $P_p = V_p I_p$، $P_s = V_s I_s$

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p}$$

بالتعويض عن $V_s = 1350\ V$، $I_s = 2.0\ A$، $P_p = 90.0\ V$

$$= \frac{(1350\ V)(2.0\ A)}{(90.0\ V)} = 3.0 \times 10^1\ A$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يجب أن يكون الجهد مقيسًا 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 والجهود المشار إليها هي التيارات والجهود الفعّالة.

13. 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، فاحسب مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي.

14. 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 تساوي 60.0 V، فاحسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الملف الثانوي. وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي يساوي 0.50 A، فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

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.

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

تجربة توجد في كتاب الطالب وأخرى إضافية في كتاب المعلّم، 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

تأثيرات التيار الكهربائي

هل تعتقد أن التيار يقل عند مروره خلال عناصر مختلفة في الدائرة؟ اعمل كالعلماء لكي تتمكّن من اختبار هذا السؤال عمليًا.

1. ارسم دائرة كهربائية تتضمن مصدر قدرة ومصباحين كهربائيين صغيرين.
2. ارسم الدائرة مرة أخرى، وضمّن رسمك أميتر؛ حتى تتمكن من قياس التيار بين مصدر القدرة والمصباحين.
3. ارسم رسمًا تخطيطيًا ثالثًا للدائرة الكهربائية، على أن تضع فيه الأميتر في موقع يُمكّنك من قياس التيار الكهربائي المار بين المصباحين.

مختبر الفيزياء

الحث والمحولات

المحول عبارة عن جهاز لا يتكون من أجزاء متحركة، حيث يتركب من دائرتين كهربائيتين ترتبطان بوساطة مجال مغناطيسي. ويستخدم المحول لرفع أو خفض فرق الجهد المتناوب AC.

سؤال التجربة

ما العلاقة بين جهدي ملفي المحول؟

الأهداف

- تصف كيف يعمل المحول الكهربائي.
- تلاحظ أثر الجهد الكهربائي المستمر DC في المحول.
- تلاحظ أثر الجهد الكهربائي المتناوب AC في المحول.

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

ملف ثانوي، وملف ابتدائي بأعداد لفات مختلفة
مصدر قدرة متناوب AC صغير
فولتمتر خاص بالتيار المتناوب AC
مصدر قدرة مستمر DC صغير
أسلاك توصيل مزودة بمشابك
مصباح كهربائي صغير متصل بأسلاك

الخطوات

1. قدّر عدد لفات كل من الملفين الابتدائي والثانوي، وذلك عن طريق عدّ اللفات في كل 1 cm، ثم ضرب ذلك في طول الملف بالسنتمترات. يكون الملف الابتدائي من طبقة واحدة، أما الملف الثانوي فيكون من طبقتين من الأسلاك لذا يتعين عليك مضاعفة عدد لفاته. دوّن نتائجك في جدول البيانات 1.
2. صل طرفي التوصيل للمصباح الكهربائي مع الملف الثانوي، ثم ضع الملف الثانوي داخل الملف الابتدائي بعناية، ثم أدخل قلب الحديد داخل الملف الثانوي بعناية.
3. شغل مصدر القدرة المستمر DC. وصل السلك الموجب لمصدر القدرة بأحد طرفي التوصيل في الملف الابتدائي. وصل السلك السالب لمصدر القدرة بالطرف الثاني للملف الابتدائي. لامس النقطة التي لامست بها السلك بطرف الملف. ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.

جدول البيانات 1

عدد لفات الملف الابتدائي N_p	عدد لفات الملف الثانوي N_s	جهد الملف الابتدائي V_p	جهد الملف الثانوي V_s

جدول البيانات 2

ملاحظة الخطوة 3	
ملاحظة الخطوة 4	
ملاحظة الخطوة 5	
ملاحظة الخطوة 6	
ملاحظة الخطوة 8	
ملاحظة الخطوة 9	

4. راقب المصباح الكهربائي في أثناء التوصيل. ماذا يحدث عند ملامسة السلك لطرف الملف الابتدائي وعند فصله عنه؟ دوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.
5. لامس السلك السالب بطرف الملف الابتدائي مدة 5 ثوان وراقب المصباح، ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات.
6. افصل مصدر القدرة المستمر، ثم صل مصدر القدرة المتناوب AC بطرفي التوصيل في الملف الابتدائي، ثم شغّل المصدر وراقب المصباح. ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.
7. اختر تدريج AC للفولتمتر الذي تستخدمه، وصله بطرفي الملف الابتدائي، وقس الجهد المطبق. ثم افصل الفولتمتر عن الملف الابتدائي، وصله مع طرفي الملف الثانوي، وقس الجهد. دوّن قراءتي الفولتمتر في جدول البيانات 1.
8. أعد الخطوة 7 لكن مع سحب القلب الحديدي تدريجيًا من الملف الثانوي. ماذا يحدث لإضاءة المصباح؟ قس الجهد في الملفين الابتدائي والثانوي عند سحب القلب. ودوّن قياساتك في جدول البيانات 2.
9. المس القلب الحديدي بلطف، ماذا تلاحظ؟ ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.

التحليل

1. احسب النسبة N_s/N_p من بياناتك المدوّنة في الجدول.
2. احسب النسبة V_s/V_p من بياناتك المدوّنة في الجدول.
3. **تفسير البيانات** كيف تقارن بين N_s/N_p و V_s/V_p؟
4. **تعرف السبب والنتيجة** استنادًا 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 5؟
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

لماذا يعمل المحول بوساطة التيار المتناوب فقط، ولا يعمل بوساطة التيار المستمر؟

الفيزياء في الحياة

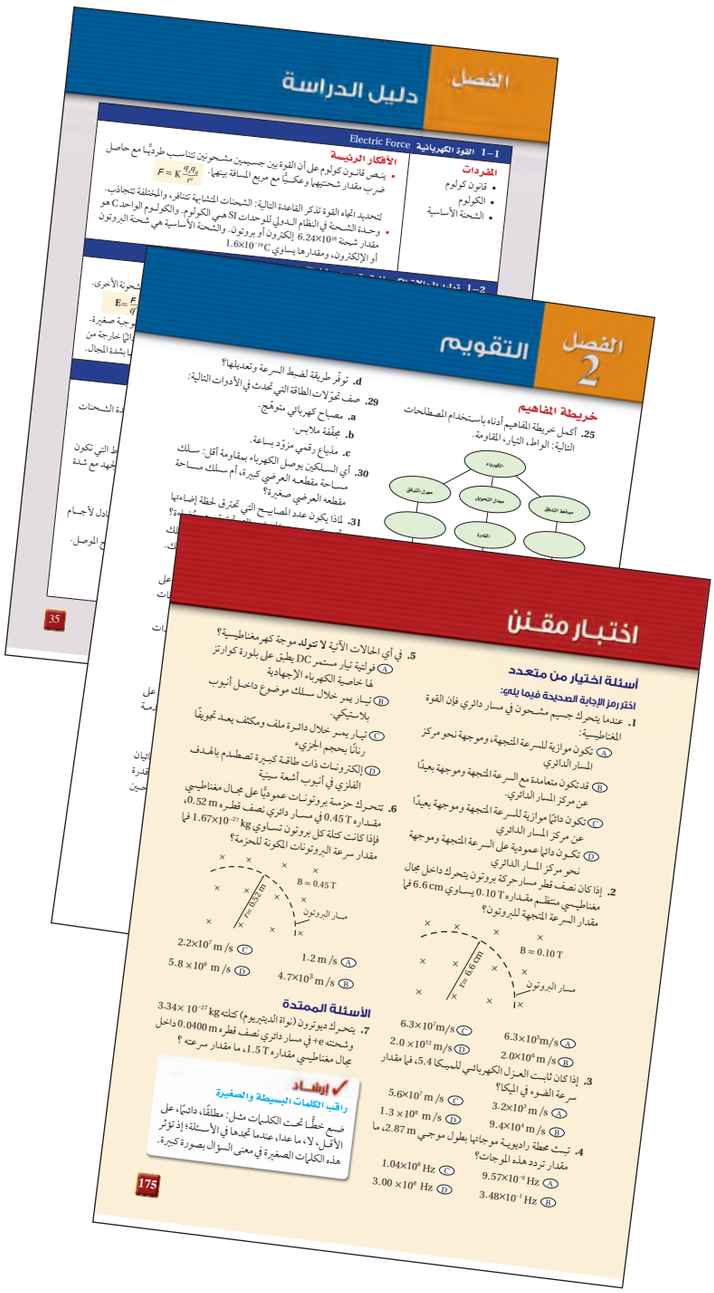
5. ناقش استخدام المحولات في المساعدة على نقل الكهرباء من محطات توليد الكهرباء إلى منزلك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

مزيد من المعلومات عن الحث والمحولات ارجع إلى الموقع الالكتروني www.obeikaneducation.com

التقويم

يقدم لك **كتاب الفيزيـاء** 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 الدراسة

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

تقوّم 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.

فكّر الإجابة عن السؤال الموجود في كتاب الطالب وربطه بمادة الفصل.

المفردات الرئيسة قائمة بأهم المفاهيم والمصطلحات مرتبة كما سترد في الفصل.

الفصل 3

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

الفصل 3

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

Series and Parallel Circuits

بعد دراستك لهذا الفصل ستكون قادرًا على

- التمييز بين دوائر التوالي ودوائر التوازي والدوائر المُركّبة، وحل مسائل عليها.
- توضيح وظيفة كل من المنصهر الكهربائي والقواطع الكهربائية، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ.
- تصف كيفية استعمال الأميتر والفولتمتر في الدوائر الكهربائية.

الأهمية

تعدّ الدوائر الكهربائية أساس عمل الأجهزة الكهربائية جميعها، بدءًا بالمصابيح الكهربائية وحتى أفران الميكروويف والحواسيب. ستساعدك 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 المنزل. ويحتوي مركز الحمل الكهربائي على مجموعة من القواطع الكهربائية يحمي كلٌ منها دائرة مفردة خاصة به تحتوي أحمالاً مختلفة موصولة على التوازي.

فكّر

لماذا توصل الأحمال الكهربائية في المنزل على التوازي؟ وكيف توصل القواطع الكهربائية؟

72

الفصل 3

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

نظرة عامة إلى الفصل

تُناقَش 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 (المُركّبة). ويصف البند الثاني كيفية استخدام الدوائر الكهربائية، ويوضّح مبدأ عمل كلٍّ من: قواطع الدائرة الكهربائية، والمنصهرات، والفولتمترات، والأميترات، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ.

فكّر

توصَّل كافة الأجهزة المنزلية على التوازي لأنها صُمِّمت لتعمل على الجهد نفسه. أما قواطع الدائرة الكهربائية فيُوصَّل على التوالي في الدائرة الكهربائية بحيث تفتح الدائرة في حالة وجود تيار كهربائي كبير يشكّل خطرًا على الدائرة.

المفردات الرئيسة

- دائرة التوالي
- المقاومة المكافئة
- مجزّئ الجهد
- دائرة التوازي
- دائرة القصر
- المنصهر الكهربائي
- قاطع الدائرة الكهربائية
- قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ
- دائرة كهربائية مُركّبة
- الأميتر
- الفولتمتر

72

تجربة استهلالية

الهدف يوضح كيفية عمل المنصهر الكهربائي في حماية الدائرة الكهربائية من الارتفاع الكبير في درجة الحرارة.

المواد والأدوات بطارية 9V، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدة، وأربعة أسلاك نحاسية معزولة (طول 25 cm – 20)، وسلك مواعين، ومفتاح كهربائي، ووعاء زجاجي صغير.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلبة عدم محاولة إجراء هذه التجربة في المنزل؛ لأن الجهد الكبير في المنزل يولّد تيارًا كبيرًا وقاتلاً.
- يمكن استخدام أسلاك مزوّدة بمشابك فم التمساح لتسهيل توصيل الأسلاك الكهربائية.
- ذكّر الطلبة بالإبقاء على سلك المواعين فوق الوعاء الصغير لالتقاط أي قطع فلزّية ساخنة قد تنتج عن اشتعال الفلزّ. وحذّر الطلبة من الدخان والأبخرة التي قد تنتج بعد ذلك.

النتائج المتوقعة عندما يسري التيار في سلك المواعين تأخذ درجة حرارته في الارتفاع، ثم يحمرّ ويحترق.

مستويات وأنماط التعلم

طرائق تدريس متنوعة

وُضعت رموز المستويات في دليل المعلم لمساعدتك على التعامل مع الطلبة من مختلف المستويات.

المستوى 1: م1 أنشطة مناسبة للطلبة ذوي صعوبات التعلّم.

المستوى 2: م2 أنشطة مناسبة للطلبة ذوي المستوى المتوسط.

المستوى 3: م3 أنشطة مناسبة للطلبة المتفوقين (فوق المتوسط)

وقد أُدرجت أنماط التعلم المناسبة بعد الرموز م1 ، م2 ، م3 ، وهي:

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

نشاط — طرائق تدريس متنوعة

إعاقة بصرية لكي يفهم الطلبة الضعاف البصر وظيفة المولّد الكهربائي بصورة أفضل، وزّع الطلبة في مجموعات ثنائيّة، على أن يرافق الطالب ذا البصر الضعيف في مجموعته طالب آخر مبصر . واطلب إلى مجموعات الطلبة بناء دائرة كهربائية بسيطة باستخدام بطارية،

نشاط — تحدٍّ

طواحين المجال الكهربائي لتجنب احتمال ضرب المركبة الفضائية بصاعقة كهربائية عند إطلاقها يستخدم المهندسون في وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) نوعًا من المجسّات يسمى طاحونة المجال الكهربائي؛ وذلك لقياس شدة المجالات الكهربائية في الغيوم

نشاط — مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

مساعدة الطلبة للطلبة الآخرين بعض الطلبة لديهم طرائق معيّنة يجدها طلبة آخرون جذابة وسهلة لتوضيح المفاهيم الصعبة. إذا بدا لك أن بعض الطلبة يجدون صعوبة في فهم مفهوم ما، فحاول تشكيل مجموعات نقاش صغيرة، وأَثْرِ المناقشات

دورة التعليم الفعّال

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 للطلبة.
3. **التقويم** عناصر تساعدك على مراقبة تطور معرفة الطلبة.

سوف تشتمل كل خطوة من دورة التعليم على بعض العناصر الموضحة أدناه أو جميعها:

1. التركيز

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

الربط مع المعرفة السابقة يربط الدرس الحالي بالفصول أو الدروس السابقة.

2. التدريس

نشاط يعزز المفاهيم المهمة من خلال التجريب اليدوي.

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

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

مثال صفي مسائل تظهر دائمًا 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 الطلبة على تحليل المفاهيم التي يعرفونها، أو يقرؤون عنها، واستخلاص نتائج جديدة حولها.

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

1. التركيز

نشاط محفّز

المحولات الإلكترونية الصغيرة خذ مجموعة أجهزة إلكترونية تعمل بوساطة محوّل خارجي يوصّل مع مصدر القدرة (مثل مشغّل الأقراص المدمجة CD، وآلة حاسبة)، ثم حثّ الطلبة أن يستنتجوا وظيفة المحولات التي وصلتها بها. تزويد الأجهزة الصغيرة بقدرة كهربائية واسألهم: ما الدليل على أن هذه المحولات ليست مولّدات؟. يبدو من المنظر والصوت، فعند الإصغاء إليها بوضوح تستنتج أنها لا تحتوي على أي أجزاء متحركة. **بصري-مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

الحثّ يوظف الطلبة ما تعلموه سابقًا عن قواعد اليد اليمنى، ومفهوم القوة الدافعة الكهربائية الحثّية، لاستكشاف الحثّ المتبادل، والحثّ الذاتي بالإضافة إلى عمل المحوّلات.

2. التدريس

تطوير المفهوم

الطاقة، المجالات المغناطيسية، والمجالات الكهربائية في هذا البند يتم التأكيد على العلاقة بين الملفّات، والمكثّفات، حيث تعمل الأولى على تخزين الطاقة في المجال المغناطيسي، أمّا الثانية فتعمل على تخزين الطاقة في المجال الكهربائي.

مصادر المعلم في غرفة الصف

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 رسوخًا لدى الطلاب.

المناقشة تشتمل على سؤال يمكن أن يناقش من قبل مجموعات صغيرة أو من طلبة 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 أفكارًا تعليمية صحيحة ومجرّبة، 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 نسبيًّا 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 الطلبة لمفهوم معين.

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

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

عرض سريع

المولّد- المحرّك

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات جلفانومتران متماثلان، وسلكان.

الخطوات صِل الجلفانومترين على التوالي. خذ أحد الجلفانومترين، وهزّه ودع الطلبة يلاحظوا انحراف مؤشّره. كرّر ذلك، ودع الطلبة يلاحظوا انحراف مؤشّر الجلفانومتر الثاني. سيتحرك مؤشرا الجلفانومترين، وضّح أنه عند إمالة الجلفانومتر الأول، فإنك تجعل ملفّه يدور داخل مجال مغناطيسي، فتتولّد قوة دافعة كهربائية حثّيّة في الملفّ، ولذلك يعمل هذا الجلفانومتر عمل مولّد يحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. سيمرّ تيّار حثّيّ في ملفّ الجلفانومتر الثاني، ولذلك سيدور ملفّ الجلفانومتر الثاني، ومؤشّره المتصل به، وذلك بفعل المجال المغناطيسي المحيط بالملفّ، أي أن الجلفانومتر الثاني، سيعمل

3. التقويم

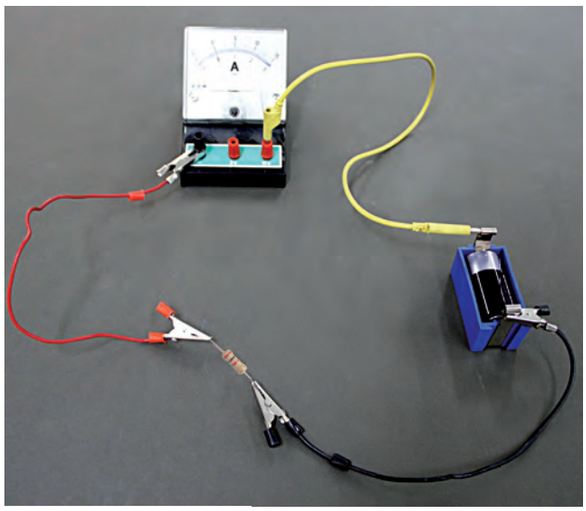
التحقّق من الفهم

الدوائر الكهربائية ارسم رسمًا تخطيطيًّا دائرة كهربائية كاملة على السبورة. اسأل الطلبة: 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 تحقّق قانون أوم؟ وكيف يمكن حساب القدرة؟ وكيف يمكن حساب الطاقة؟ L1 بصري-مكاني

التوسع

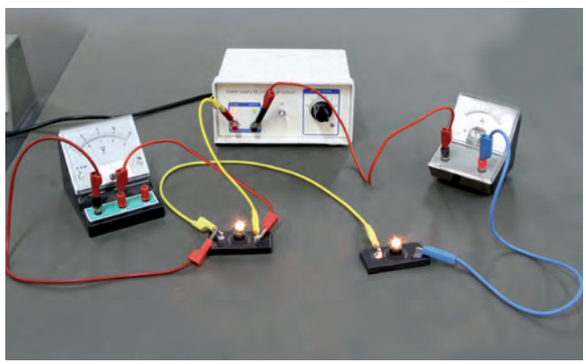
البطاريات اطلب إلى الطلبة توضيح مبدأ عمل البطاريات القابلة لإعادة الشحن باستخدام مفهوم الطاقة، ومقارنتها مع المكثفات. تخزّن البطارية الطاقة على شكل طاقة كيميائية، أما المكثّف فيخزن الطاقة على شكل مجال كهربائي. وعند تفريغ البطارية يتدفّق التيار المتولّد نتيجة التفاعل الكيميائي خلال المحلول الإلكتروليتي، فمثلاً عند تفريغ بطارية السيارة تحدث تفاعلات كيميائية فيها بين بيروكسيد الرصاص وحامض

إدارة الأنشطة في مختبر الفيزياء



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

1. يجب أن يستخدم مختبر الفيزياء للعمل الجاد.
2. لا تقم بإجراء أي من التجارب غير المصرح بها، واحصل دائمًا 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 دائمًا أدوات السلامة المناسبة كالنظارات الواقية، ومعطف المختبر، وانتعل أحذية السلامة.
6. بلّغ معلمك على الفورعن أيّ حادث أو إصابة أو أي خطأ في الخطوات.
7. أخمد النيران باستخدام بطانية مقاومة للحريق، وإذا تعرضت الملابس للحريق فأخمدها بالبطانية أو بمعطف، أو ضعها تحت الدش، دون أن تركض على الإطلاق.
8. تعامل مع المواد السامة والقابلة للاشتعال أو المشعّة بإشراف مباشر من معلمك. وإذا سكبت حامضًا أو مادة كيميائية تسبب التآكل فأزلها حالاً باستخدام الماء. ولا تتذوق أي مادة كيميائية، ولا تسحب أي مادة سامة بوساطة أنبوب زجاجي باستخدام الفم، واحفظ المواد القابلة للاشتعال بعيدًا 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 أن المعلم قد تفحص الدائرة الكهربائية قبل أن تُغلقها.
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 منخفضًا عن باقي الجسم، وإجراء عملية التنفس الاصطناعي إذا كان ذلك ضروريًا، وتغطية المصاب ببطانية ليبقى دافئًا.
الإغماء أو الانهيار	استدعاء الإسعاف فورًا.
الحريق	إغلاق صنابير الغاز وإخماد ألسنة اللهب جميعها، ولف الشخص المحترق ببطانية الحريق، واستعمال طفاية الحريق لإخماد النار. واستدعاء رجال الاطفاء 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، وقم بإرسال المصاب إلى المستشفى.
التسمم	ملاحظة العامل السام المشتبه به، والاتصال بمركز مراقبة السموم للحصول على مضاد التسمم (الترياق).
النزف الشديد	استخدام قفازات مطاطية 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 $NaHCO_3$)
حروق قاعدة (القلويات)	استخدام حمض البوريك H_3BO_3، وغسل المنطقة بكمية كافية من الماء.
أجسام حادة تخترق الجلد	لا تنزع الجسم المخترق، واحفظ المصاب ساكنًا، 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 الطلبة لعام كامل، والكميات الخاصة بالتجارب الاستهلالية هي الكميات القصوى التي ستحتاج إليها لعمل كافة العروض. الأجزاء (البنود) التي يلزمك استخدام 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

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الاضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
أسلاك توصيل	ف(1) ف(4)	ف(2) (1–2) ف(3) (1–3) ف(5) (2–5) ف(4) (2–4)	ف(2) ف(4)
أسلاك توصيل مزوّدة بمشابك فم تمساح عدد 5	ف(2) ف(3) ف(5)	ف(1) (1–3) ف(2) (1–2) ف(3) (1–3) ف(5) (1–5) (2–5)	ف(3)
أميتر		ف(2) (1–2) ف(3) (1–3) ف(5) (2–5)	
أميتر (500 µA)	ف(2)		
أميتر (0–500 mA)	ف(3)		
ملف تسلا الحثي (ملف رومكورف)		ف(1) (1–3)	
خلية شمسية متصلة بقطبين كهربائيين		ف(2) (1–2) ف(6) (2–6)	
سماعة صوت مزود بأسلاك توصيل		ف(2) (1–2) ف(6) (2–6) ف(4) (2–4)	
بطارية 9 V	ف(4) ف(1)	ف(2) (2–2) ف(4) (2–4)	ف(3)
مضخم		ف(2) (1–2)	

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
بطاريّة 6 V	ف(4)	ف(4) (2–4)	
بطاريّة من نوع D جهدها 1.5	ف(2)		ف(2)
بوصلة			ف(4)
جلفانومتران متماثلان		ف(5) (1–5)	ف(5)
ساعة وقف	ف(1)	ف(5) (2–5)	
صحن ألومنيوم أبيض له مقبض عازل (خاص بمولّد فان دي جراف).		ف(1) (1–1)	
فولتمتر	ف(1) ف (3) ف(5)	ف(1) (1–3) ف(2) (1–2) ف(5) (2–5)	
قاعدة بطاريّة جافّة نوع D عدد 4	ف(2)		
قضيب مغناطيسي عدد 6		ف(4) (1–4)	ف(4) ف(5)
قطعة صوف		ف(1) (1–3)	
كرات فولاذيّة صغيرة أقطارها (6mm ،9mm)	ف(4)	ف(5) (2–5) ف(6) (1–6)	
كأس فلزية		ف(1) (1–1)	
ملتيمتر عدد 3		ف(2) (1–2) ف(2) (2–2) ف(3) (1–3) ف(3) (2–3)	
مصدر قدرة مستمر DC		ف(5) (2–5) ف(4) (2–4)	
مذياع AM. FM يعمل بالبطاريّة	ف(6)	ف(6) (2–6)	ف(6)

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
مسامير فولاذية متعددة الأطوال		ف(4) (1–4) (2–4)	
مصباح كهربائي 12 V عدد 3 مع قاعدة لكل منها		ف(2) (1–2) ف(3) (1–3)	
مصباح كهربائي صغير عدد 2 مع قاعدة لكل منهما	ف(3)	ف(2) (1–2) ف(3) (2–3) ف(5) (2–5)	ف(2)
مصباح كهربائيّ ومّاض (ستروبوسكوب) عدد 1		ف(2) (1–2)	
مصدر قدرة DC (0–12 V، 0–5 A)	ف(5)	ف(2) (1–2) ف(3) (1–3) ف(3) (2–3)	
مصدر قدرة مستمر 12 V DC	ف(4)	ف(3) (1–3)	
مصدر قدرة متردّد AC قابل للضبط	ف(5)	ف(5) (2–5)	
جهاز تحكم عن بعد للتلفاز		ف(6) (2–6)	
مغناطيس نيوديميوم (زوج واحد)			ف(5)
مفتاح كهربائيّ	ف(1)		ف(3)
مقاوِمات 10 kΩ و20 kΩ و30 kΩ و40 kΩ	ف(2)		
مقاوم 330 Ω(أو 470 Ω) بقدرة 0.5 W عدد 4		ف(3) (1–3)	
مقاومة كهربائية 47 kΩ	ف(1)		
مقاوم 100 Ω وقدرته 1 W عدد 3		ف(3) (1–3)	
مقاوم 100 Ω وقدرته 2 W		ف(2) (1–2)	

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
مقاوم 1 MΩ		ف(2) (2–2)	
مكثّف 1 µF		ف(2) (2–2)	
مكثّفات 240 µF و500 µF و1000 µF	ف(1)		
ملفّ سلكي		ف(6) (6–2)	ف(5)
مولّد ذو ذراع تدوير يدويّ		ف(1) (1–3)	
مولد فان دي جراف		ف(1) (1–1)	
جهاز توليد الكهرباء الساكنة بالحث (الكتروفورس)		ف(1) (1–3)	
وعاء زجاجي صغير			ف(3)
صحن مصنوع من رقائق الألومنيوم		ف(1) (1–3)	
بطارية 1.5 V		ف(4) (4–2)	
فولتمتر خاص بالتيار المتردد AC	ف(5)		
مغناطيس قوي		ف(6) (6–1) ف(6) (6–2)	
جلفانوميتر مخصص للعرض		ف(6) (6–2)	
أنبوب نحاس طوله 1 m وقطره 1.25 cm		ف(5) (5–2)	
مسطرة طولها (30 cm) وبها مجرى		ف(6) (6–1)	

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
محرك كهربائي ذو مقبض يدوي			
مصباح كهربائي متصل بأسلاك	ف(5)		
راسم ذبذبات		ف(6) (2–6)	
صندوق فلزي	ف(6)		
ملفين ابتدائي وثانوي	ف(5)		
مصدر جهد متناوب صغير AC	ف(5)		
شاشة فلزية	ف(6)		
مكبس ورق	ف(6)		
شبك سياج		ف(6) (2–6)	

المواد المستهلكة

المادة الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلالية
بالون عدد 2		ف(1) (1–1)	
بلاستيك للتغليف		ف(1) (3–1)	
حبوب حنطة جافّة وهشّة		ف(1) (1–1)	
قطع صغيرة أو أقراص من النحاس (أو الخارصين)		ف(2) (1–2)	
خلّ أو عصير ليمون		ف(2) (1–2)	
خيط			ف(1)
سلك مواعين			ف(3)
كأس بوليسترين عدد 2		ف(1) (1–1)	
خرائط للمنطقة المحلية والمناطق المجاورة			ف(6)
كرات صلصال		ف(6) (1–6)	
شريط لاصق	ف(1) ف(6)		
لفافة من رقائق الألومنيوم	ف(6)	ف(1) (3–1)	
مناشف ورقيّة		ف(2) (1–2)	
أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي	ف(6)		
مشابك ورق كبيرة		ف(4) (2–4)	
مشابك ورق صغيرة		ف(4) (2–4)	
قطع فولاذ صغيرة		ف(5) (2–5)	
صندوقان صغيران من الكرتون	ف(6)		
قفازات جلدية	ف(6)		

جدول توزيع الحصص لمقرر الفيزياء ٤

الفصل	الدروس	عدد الحصص	المجموع
الفصل الأول الكهرباء الساكنة	1-1 القوة الكهربائية	2	10
	1-2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها	2	
	1-3 تطبيقات المجالات الكهربائية	3	
	مختبر الفيزياء	1	
	تقويم الفصل	1	
	كراسة التجارب العملية	1	
الفصل الثاني الكهرباء التيارية	2-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية	3	8
	2-2 استخدام الطاقة الكهربائية	2	
	مختبر الفيزياء	1	
	تقويم الفصل	1	
	كراسة التجارب العملية	1	
الفصل الثالث دوائر التوالي والتوازي الكهربائية	3-1 الدوائر الكهربائية البسيطة	2	7
	3-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية	2	
	مختبر الفيزياء	1	
	تقويم الفصل	1	
	كراسة التجارب العملية	1	
الفصل الرابع المجالات المغناطيسية	4-1 المغانط: الدائمة والمؤقتة	3	9
	4-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية	3	
	مختبر الفيزياء	1	
	تقويم الفصل	1	
	كراسة التجارب العملية	1	
الفصل الخامس الحث الكهرومغناطيسي	5-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية	3	8
	5-2 تغير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية	2	
	مختبر الفيزياء	1	
	تقويم الفصل	1	
	كراسة التجارب العملية	1	
الفصل السادس الكهرومغناطيسية	6-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة	2	8
	6-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء	3	
	مختبر الفيزياء	1	
	تقويم الفصل	1	
	كراسة التجارب العملية	1	
المجموع			50

جدول توزيع الموضوعات لمساقي فيز ٣١١/فيز ٣١٢

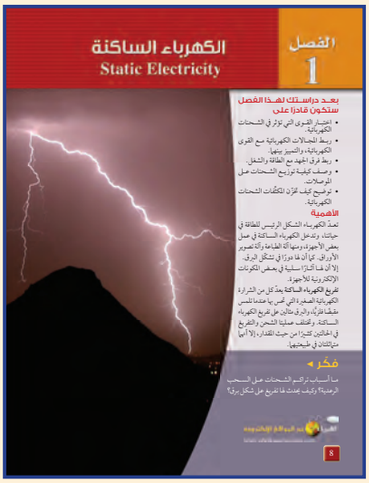
أولاً: فيز 311 | **البديل: الأول** | **عدد الساعات: 2**

الفصل	الموضوع
الأول	الكهرباء الساكنة
الثاني	الكهرباء التيارية
الثالث	دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

ثانيًا: فيز 312 | **البديل: الثاني** | **عدد الساعات: 4**

الفصل	الموضوع
الأول	الكهرباء الساكنة
الثاني	الكهرباء التيارية
الثالث	دوائر التوالي والتوازي الكهربائية
الرابع	المجالات المغناطيسية
الخامس	الحث الكهرومغناطيسي
السادس	الكهرومغناطيسية

قائمة المحتويات



الفصل 1

الكهرباء الساكنة 8

تجربة استهلالية 9

كيف تتفاعل الأجسام المشحونة عن بُعد؟

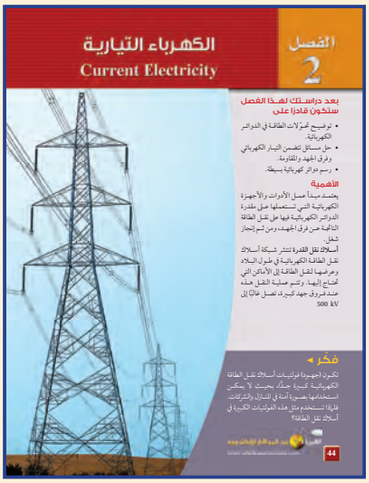
1-1 القوة الكهربائية 9

1-2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها 16

1-3 تطبيقات المجالات الكهربائية 22

مختبر الفيزياء 32

شحن المكثفات



الفصل 2

الكهرباء التيارية 44

تجربة استهلالية 45

هل يمكنك إنارة مصباح كهربائي؟

2-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية 45

2-2 استخدام الطاقة الكهربائية 56

مختبر الفيزياء 62

الجهد والتيار والمقاومة

الفصل 3

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية 72

تجربة استهلالية 73

كيف تحمي المُنصهرات الكهربائية الدوائر الكهربائية؟

3-1 الدوائر الكهربائية البسيطة 73

3-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية 73

مختبر الفيزياء 88

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

قائمة المحتويات

الفصل 4

المجالات المغناطيسية 98

تجربة استهلالية 99

في أي اتجاه تؤثر المجالات المغناطيسية؟

4-1 المغانط: الدائمة والمؤقتة **99**

4-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية **108**

مختبر الفيزياء 116

صنع مغناطيس كهربائي

الفصل 5

الحث الكهرومغناطيسي 126

تجربة استهلالية 127

ماذا يحدث في المجال المغناطيسي المتغير؟

5-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية **127**

5-2 تغير المجالات المغناطيسية يولد دافعة كهربائية حثية **135**

مختبر الفيزياء 142

الحث والمحولات

الفصل 6

الكهرومغناطيسية 152

تجربة استهلالية 153

من أين تبث محطات الإذاعة؟

6-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة **153**

6-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء **158**

مختبر الفيزياء 168

حجب الموجات الكهرومغناطيسية

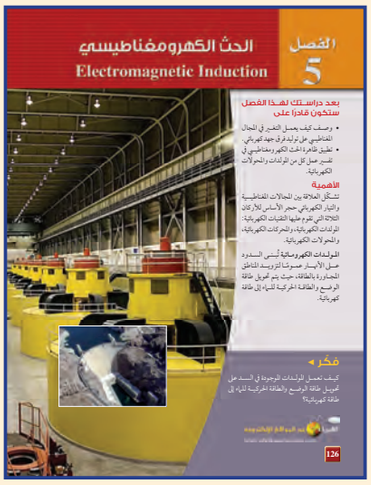
مصادر تعليمية

دليل الرياضيات 176

حلول بعض المسائل التدريبية 208

الجداول 210

المصطلحات 213



الفصل 1

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
1–1 القوة الكهربائية	
1. **تلخص** العلاقات بين القوى الكهربائية والشحنات الكهربائية والبعد بينها. 2. **تعرف** عددًا من التطبيقات على القوى الكهروسكونية.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** بالونان، وخيطان طول كل منهما 0.5m، وشريط لاصق. **تجربة إضافية** مولّد فان دي جراف، وصحون ألومنيوم خفيفة لها مقابض عازلة (خاصة بمولد فان دي جراف)، وحبوب قمح جافة. **عرض المعلم** **عرض سريع** كأس فلزية، وكأس بوليسترين جديدة، وكأس بوليسترين مجزّأة إلى قطع صغيرة، ومولّد فان دي جراف.
1–2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها	
3. **تُعرّف** المجال الكهربائي. 4. **ترسم** خطوط المجال الكهربائي. 5. **تحلّ** مسائل متعلقة بالشحنة والمجالات والقوى الكهربائية.	
1–3 تطبيقات المجالات الكهربائية	
6. **تُعرّف** فرق الجهد الكهربائي. 7. **تحسب** فرق الجهد من خلال الشغل اللازم لتحريك شحنة. 8. **تصف** كيفية توزيع الشحنات على الموصلات المصمتة والجوفاء. 9. **تحلّ** بعض المسائل على السعة الكهربائية.	**تجارب الطالب** **تجربة إضافية** مولّد كهربائي تعليمي ذو ذراع تدوير يدوي، وفولتمتر، وأسلاك توصيل مزوّدة بمشابك فم التمساح، ورقائق من الألومنيوم، وغلاف بلاستيكي. **مختبر الفيزياء** بطارية 9 V، ومشابك أو مرابط خاصة ببطارية 9 V، وأسلاك توصيل، ومفتاح كهربائي، وفولتمتر، ومقاومة كهربائية 47 kΩ، وساعة وقف، ومُكثّفات 240 µF و500 µF و1000 µF **عرض المعلم** **عرض سريع** جهاز توليد الكهرباء الساكنة بالحثّ (إلكتروفورس) مصنوع من البوليسترين أو البلاستيك، وصحن مصنوع من رقائق الألومنيوم، وصوف، وكأس بوليسترين أو كأس بلاستيكية، وكرة بيلسان **عرض سريع** ملف تسلا الحثي (ملف رومكورف)، ونظارات واقية.

طرائق تدريس متنوعة

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

الفصل الأول

الفصل 1

الكهرباء الساكنة

نظرة عامة إلى الفصل

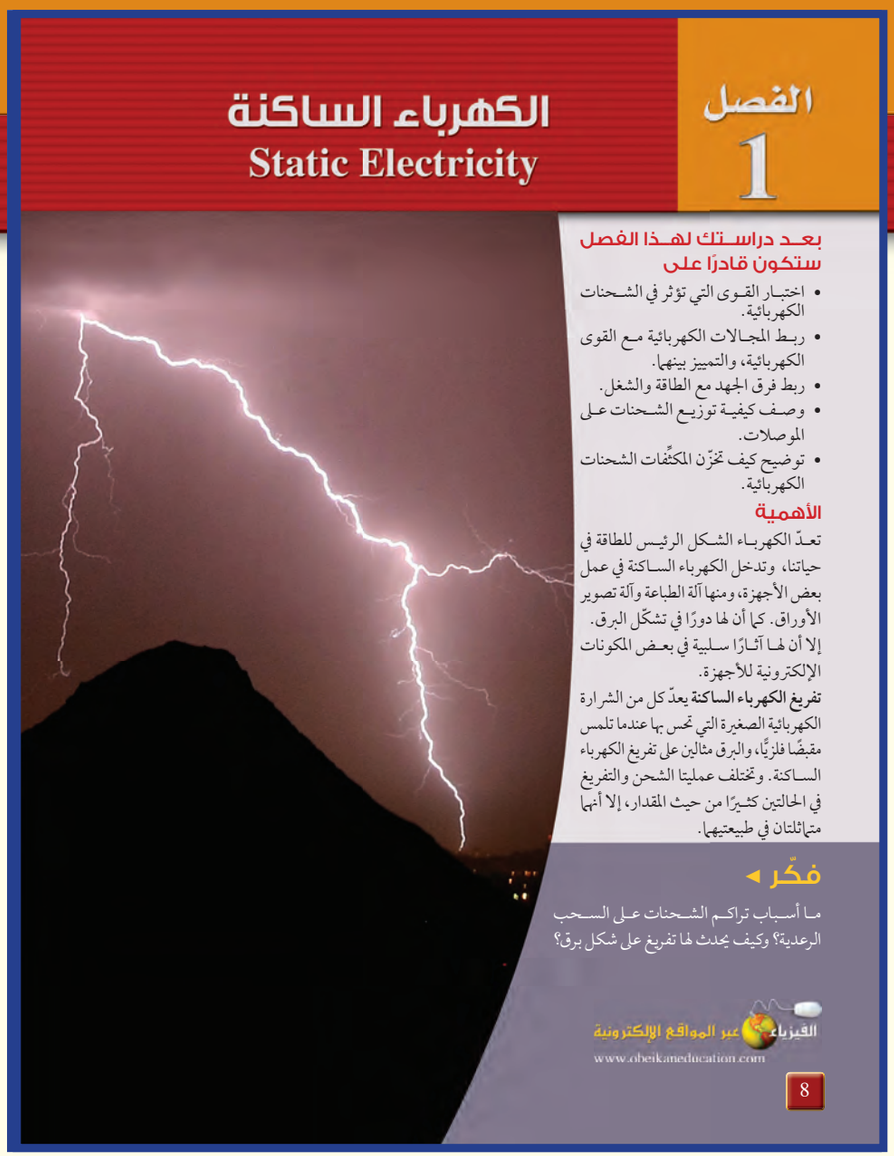
يعرض هذا الفصل القوة الكهروسكونية من خلال تجارب بسيطة يقوم بها الطالب بمواد تستخدم في حياتنا اليومية. ولأنه يمكن ملاحظة قوى التنافر، وقوى التجاذب بين السطوح المشحونة، فإنه يمكن استنتاج أن هناك نوعين من الشحنات الكهربائية، شحنات سالبة وأخرى موجبة. ينص قانون كولوم، على أن القوة الكهروسكونية بين شحنتين نقطيتين، تتناسب طرديًّا مع مقدار كل من الشحنتين، وعكسيًّا مع مربع المسافة التي تفصل بينهما.

فكّر

لا تزال الآليات التي تُسبِّب حدوث البرق غير مفهومة تمامًا حتى الآن، وتعدّ مجالاً نشطًا للبحث. ومن المعلوم أن ظاهرة البرق تؤدّي دورًا حاسمًا في المحافظة على الخصائص الكهربائية للأرض.

المفردات الرئيسة

- قانون كولوم
- الكولوم
- الشحنة الأساسيّة
- المجال الكهربائي
- خط المجال الكهربائي
- فرق الجهد الكهربائي
- الفولت
- سطوح تساوي الجهد
- المكثف (المواسع)
- السعة الكهربائية



تجربة استهلالية

الهدف يستكشف كيف تتفاعل الأجسام المشحونة بعضها مع بعض عن بُعد.

المواد والأدوات بالونان، وخيطان طول كل منهما 0.5m وشريط لاصق.

استراتيجيات التدريس

- تجنّب إجراء هذه التجربة في ظروف الرطوبة النسبية المرتفعة.
- ذكّر الطلبة أنهم عندما يشحنون البالونات، فإن عليهم أن يمسكوا الخيط فقط، وأن يتجنّبوا لمس البالون.

النتائج المتوقعة

4 . سيتنافر البالونان المشحونان.

5 . سينجذب البالونان نحو اليد.

1-1 القوة الكهربائية

1. التركيز

نشاط محفّز

العزم الكهربائي علّق مسطرة بلاستيكيّة بخيط، واتركها حتى تسكن. قرّب قضيبًا متعادل الشحنة إلى المسطرة، ثم قرّب إليها قضيبًا آخر مشحونًا. سيلاحظ الطلبة أن القضيب المشحون يجعل المسطرة تدور، ولن يحدث هذا في حالة القضيب المتعادل. اطلب إلى الطلبة مناقشة، لماذا يسبّب القضيب المشحون دوران المسطرة المتعادلة، في حين لا يسبّب القضيب المتعادل ذلك؟ **بصري-مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

القوة والجاذبية تم وصف القوة الكهروسكونية سابقًا، بأنها قوة مجال؛ فهي تؤثر عن بُعد دون الحاجة إلى حدوث تلامس أو اتصال مباشر. كما أن الأجسام التي تكون تحت تأثير قوة كهربائية تحقّق قوانين نيوتن. ويشبه قانون كولوم الخاص بالقوى الكهروسكونية المتبادلة بين شحنات نقطية في صيغته الرياضية– قانون نيوتن في الجذب العام الذي درسته سابقًا؛ فكلاهما قانون تربيع عكسي؛ لأن مقدار القوة يتناسب عكسيًّا 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 عرفت قبل المكثف، يمكن أن تكون مجالاً لبحوث الطلبة، يمكنها أن تُخزّن الشحنات الكهربائية، كما يمكن أن تستخدم أيضًا لنقل الشحنات من مادة إلى أخرى.

الأهداف

- **تلخّص** العلاقات بين القوى الكهربائية والشحنات الكهربائية والبعد بينها.
- **تعرف** عددًا من التطبيقات على القوى الكهروسكونية.

المفردات

قانون كولوم

الكولوم

الشحنة الأساسيّة

القوى الكهربائية قوى كبيرة؛ لأنه يمكنها أن تنتج بسهولة تسارعًا أكبر من التسارع الذي ينتج بفعل قوة الجاذبية الأرضية. وتعلم أن القوة الكهربائية قد تكون قوة تجاذب أو قوة تنافر. أما قوة الجاذبية الأرضية فتكون قوة تجاذب فقط. وعلى مر السنوات الماضية أجرى الكثير من العلماء محاولات عديدة لقياس القوة الكهربائية. فأجرى دانيال برنولي المعروف بأعماله المتعلّقة بالموائع عدة قياسات بسيطة عام 1760 م. وبيّن 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 اكتُشِفت مخطوطاته لاحقًا بعد أكثر من قرن، بعد أن كرّر عمله علماء آخرون.

تجربة استهلالية

كيف تتفاعل الأجسام المشحونة عن بُعد؟

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

الخطوات

1. انفخ بالونين، ثم اربط كل منهما بخيط طوله 0.5 m
2. ادلك أحد البالونين بقميصك 8–5 مرات حتى تشحنه، ثم علّقه بخزانة أو طاولة أو غيرهما من وسائل التعليق، مستعملًا شريطًا لاصقًا لتثبيت طرف الخيط.
3. ادلك البالون الثاني بالطريقة نفسها ثم علّقه.
4. **لاحظ** قرّب البالون الثاني نحو البالون الأول ببطء، وصف سلوك البالونين. ألصق طرف خيط البالون الثاني بحيث يصبح معلّقًا بجانب البالون الأول.
5. **لاحظ** قرّب يدك من البالونين المشحونين. ماذا يحدث؟

التحليل

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

التفكير الناقد

ما الجسمان اللذان لاحظتهما سابقًا وقد أثّر أحدهما في الآخر عن بُعد؟

التحليل عند تقريب أحد البالونين من الآخر فإن البالون الثاني سيتحرك مبتعدًا. وعند تقريب اليد من البالون سيتحرك البالون في اتجاه اليد.

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

المناقشة

سؤال اسأل الطلبة: لماذا يبدو غالبًا أن الأجسام الخفيفة، مثل قطع الورق والأشرطة اللاصقة الشفافة الصغيرة والبالونات هي التي تتأثر بالقوة الكهروسكونية؟

الإجابة يقدم لنا قانون كولوم مفتاح الإجابة عن هذا السؤال. نعلم أن جزءًا صغيرًا جدًّا فقط وقريبًا من سطح كل الذرات أو الجزيئات في جسم ما، هو الذي يشارك في إحداث خلل في توازن الشحنات، والذي يُسبّب بدوره القوة الكهروسكونية. وكلما زادت كتلة جسم بالنسبة إلى مساحة سطحه، فإن تأثير القوة الكهروسكونية بالنسبة إلى الشحنة الكلية المحتملة على ذلك السطح تصبح ملحوظة بدرجة أقل. م2

تقوية

قانون التربيع العكسي كيف تتغير القوة الكهروسكونية عندما تتغير المسافة؟ يزوِّدنا قانون كولوم بطريقة مباشرة للحسابات؛ فإذا لم يتغير مقدار الشحنتين، فإنه يمكن استخدام التناسب الرياضي لحساب القوة الكهربائية في مواقع جديدة لهما. اطلب إلى الطلبة إجراء سلسلة من هذه الحسابات السريعة، بطرح السؤال الآتي عليهم: إذا كانت القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين تساوي 90.0 N، عندما تكون المسافة بينهما 4.0 cm، فما مقدار القوة عندما تصبح المسافة بينهما 12.0 cm؟ تضاعفت المسافة ثلاث مرات لذا تقل القوة بالمعامل 9 لتصبح 10 N

اسأل الطلبة: ما مقدار القوة عندما تصبح المسافة بين الشحنتين 2.0 cm؟ ستزداد القوة أربعة أضعاف، أي تصبح 360 N م2

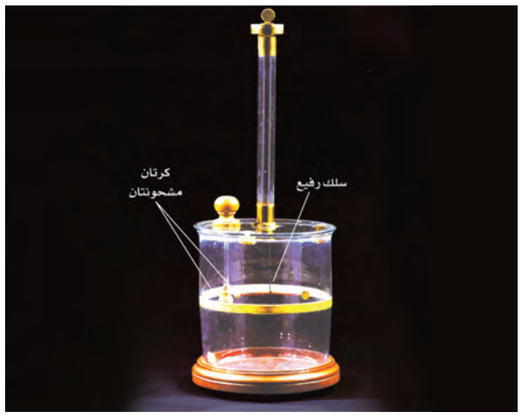
قانون كولوم Coulomb's Law

تؤثر القوة الكهربائية بين جسمين مشحونين أو أكثر. حيث تعتمد القوة على البعد بين الجسمين المشحونين؛ فكلما قرّبت مشطًا مشحونًا أكثر من قصاصات ورقية تزداد القوة الكهربائية. والأمر كذلك كلما زادت شحنة كل من الجسمين. فكيف يمكنك تغيير كمية الشحنة بطريقة محكمة أو بطريقة مسيطر عليها؟ حلّ هذه المشكلة عام 1785م الفيزيائي الفرنسي شارل كولوم؛ حيث استخدم كولوم الأدوات الموضحة في **الشكل 1–1**، وهي قضيب عازل في طرفيه كرتان صغيرتان موصلتان A و Á ، عُلّق من منتصفه بسلك رفيع. ووضعت كرة مماثلة B بصورة متصلة مع الكرة A، وعند ملامسة هاتين الكرتين بجسم مشحون تنتقل الشحنات من الجسم المشحون إلى الكرتين وتتوزع عليهما بالتساوي، حيث تكتسب الكرتان 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.

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 لِيّ (فتل) سلك التعليق بزاوية معينة، ثم وضع شحنتين متساويتين على الكرتين A و B، وبدأ يغيّر المسافة r بينهما. عندها حرّكت القوة الكهربائية الكرة A، مما أدى إلى لِيّ سلك التعليق، وبقياس انحراف الكرة A تمكن كولوم من حساب قوة التنافر بينهما، وأثبت أن القوة الكهربائية بين الكرتين تتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

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

تعتمد القوة الكهربائية على مقدار الشحنة لاستقصاء كيفية اعتماد القوة الكهربائية على مقدار الشحنة، تعيَّن على كولوم تغيير الشحنات على الكرات بطريقة مدروسة. فشحن كولوم أولاً الكرتين A و B بالتساوي كما عمل ذلك سابقًا. ثم اختار كرة غير



الشكل 1–1 استعمل كولوم جهازًا مماثلاً لقياس القوة بين كرتين، A و B. ولاحظ انحراف الكرة A مع تغيّر المسافة بين A و B.

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

تراكم الشحنات يمكن أن يصبح جسمك مشحونًا كهربائيًّا، نتيجة الاحتكاك بين حذائك والسجّادة. فإذا مشيت على سجّادة لاستقبال أحد الضيوف، فقد ينتهي الحال إلى صدمة كهربائية صغيرة عند مصافحته. ويكون تأثير الكهرباء الساكنة في الأيام الأكثر جفافًا أشد منها في الأيام التي تكون فيها الرطوبة النسبية عالية. 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 بيدك، اجعل المفتاح يلمس المقبض الفلزي للتخلص من الشحنات قبل المصافحة. ويمكنك أيضًا التقليل من الإحساس بالصدمة الكهربائية بالنقر على المقبض الفلزي بمفصل الأصبع أولاً، سوف تبقى هناك شرارة، ولكنها ليست كالصدمة الكهربائية التي تحدث عند تفريغ الشحنات بالمصافحة.

مشحونة C، مساحة سطحها الخارجي مماثلة للكرة B. عند ملامسة الكرة C للكرة B تتقاسم الكرتان الشحنة الموجودة على الكرة B فقط. وبما أن للكرتين مساحة السطح الخارجي نفسها، لذا تتقاسم الكرتين شحنتها الأصلية؛ وتكون 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 كولوم أن القوة بين الكرتين A و B أصبحت تساوي نصف قيمتها السابقة؛ أي أن القوة الكهربائية تتناسب طرديًّا مع مقدار شحنتي الجسمين.

$$F \alpha q_A q_B$$

وبعد قياسات كثيرة مماثلة لخّص 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 طرديًّا مع مقدار كل من الشحنتين، وعكسيًّا مع مربع المسافة بينهما.

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

وحدة الشحنة الكهربائية: الكولوم يصعب قياس كمية الشحنة على جسم مباشرة. وقد بيّنت تجارب كولوم أنه يمكن ربط كمية الشحنة بالقوة الكهربائية، لذا تمكّن كولوم من تعريف كمية معيارية أو قياسية للشحنة بدلالة مقدار القوة التي تولّدها. وسمّيت هذه الوحدة المعيارية للشحنة الكهربائية في النظام الدولي للوحدات SI **الكولوم** C. والكولوم الواحد يساوي مقدار شحنة 6.24×10^{18} إلكترون أو بروتون، ومقدار شحنة الإلكترون المفرد تساوي 1.6×10^{-19}C، ويسمّى مقدار شحنة الإلكترون **الشحنة الأساسية**. ويمكن للصاعقة أن تحمل شحنة مقدارها 5 C إلى 25 C، وحتى المواد الصغيرة –ومنها قطعة العملة المعدنية– تحتوي على شحنة سالبة قد تصل إلى 10^6 C، وهذا المقدار الهائل من كمية الشحنة السالبة لا ينتج غالبًا أي تأثيرات خارجية لأنه مُعادَل ومُوازَن بكمية شحنة موجبة مساوية له. أما إذا كانت الشحنات غير متعادلة فستتولد قوى كهربائية، وحتى لو كانت شحنة الجسم صغيرة، 10^{-9} C مثلا، فإنها يمكن أن تولّد قوى كهربائية كبيرة.

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

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

القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين تساوي ثابت كولوم مضروبًا في حاصل ضرب مقداري الشحنتين مقسومًا على مربع المسافة بينهما.

إذا وضعت الشحنات في الهواء وقيست بوحدة الكولوم، والمسافة بينها بالأمتار، والقوة بالنيوتن، فإن ثابت كولوم (ثابت النفاذية) K يساوي 9.0×10^9 N.m^2/C^2

يُمكّننا قانون كولوم من حساب مقدار القوة التي تؤثر بها الشحنة q_A في الشحنة q_B، كما يُمكّننا أيضًا من حساب مقدار القوة التي تؤثر بها الشحنة q_B في الشحنة q_A. وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. ويمكنك أن تلاحظ أن هذا تطبيق على القانون الثالث لنيوتن في الحركة.

11

استخدام النماذج

التأريض يعدّ سطح الأرض مصدرًا هائلاً للشحنات الكهربائية، ويتم توصيل هذه الشحنات عادة بالأرض، بوساطة موصلات 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 جدًّا مقارنة مع شحنات المصدر (الأرض). استخدم صندوقًا مملوءًا بكرات البوليسترين المستخدمة في التغليف، وقضيبًا 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 بالقضيب المشحون، ولكن عددها سيكون قليلاً جدًّا 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. م1 **بصري-مكاني**

نشاط

مشروع فيزياء

الرطوبة وتفريغ الكهرباء الساكنة ما الظروف الجوية الأسوأ بالنسبة للأجهزة الإلكترونية التي تكون فيها عرضة للتلف جراء تفريغ الكهرباء الساكنة؟ أولاً اطلب إلى الطلبة دراسة آليات تفريغ الكهرباء الساكنة التي تؤدي إلى تلف الأجهزة والمعدّات. ثم اطلب إليهم اقتراح خطوات للتقليل من أثر تفريغ الكهرباء الساكنة على الأجهزة بسبب تفريغ الكهرباء الساكنة. يمكن أن تكمن إحدى تلك الطرائق في إبقاء كشّاف كهربائي في مكان ما عند تنفيذ خطوات مناسبة لشحن جسم معين، ويتم بعد ذلك حمل هذا الجسم المشحون، ليكون قريبًا من الكشّاف الكهربائي غير المشحون. ومن ثم رصد مقدار انفراج ورقتي الكشّاف، وتصنيفها في كل يوم، بالإضافة إلى الرطوبة النسبية في ذلك اليوم. يمكن من خلال تقارير الطلبة مناقشة أي ارتباطات محتملة. م2 **حسي-حركي**

استخدام الشكل 2–1

تؤثر قوة كولوم (القوة الكهربائية) دائمًا على امتداد الخط الواصل بين أي شحنتين نقطيتين. لاحظ أن الرمز أسفل متجهات القوى يشير إلى الشحنة المولّدة للقوة الكهربائية؛ فالقوة المؤثرة في الشحنة A يرمز لها بـ $F_{\text{A في B}}$، والقوة المؤثرة في الشحنة B يرمز لها بـ $F_{\text{B في A}}$. م2

مثال صفي

سؤال استخدم المعلومات الواردة في المثال 1، وافترض أن شحنة الكرة الثالثة C تساوي +2.0 μC ووضِعت أسفل الكرة B مباشرة، على بُعد 5.00 cm، فما القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B؟

الجواب

احسب القوة التي تؤثر بها الكرة C في الكرة B.

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

$$= (9.0\times10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)[(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(2.0\times10^{-6}\ \text{C})/(5.0\times10^{-2}\text{m})^2]$$

$$= 2.2\times10^1\text{N}$$

للكرتان C وB 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 $F_{\text{B في A}}$ و $F_{\text{B في C}}$.

$$F_{\text{محصلة}} = \sqrt{(1.0\times10^2\ \text{N})^2 + (2.2\times10^1\ \text{N})^2}$$

$$= 1.0\times10^2\ \text{N}$$

ولإيجاد اتجاه القوة المحصلة نستخدم

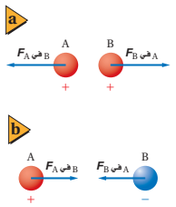
$$\tan\theta = \frac{F_{\text{B في C}}}{F_{\text{B في A}}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2.2\times10^1\ \text{N}}{1.0\times10^2\ \text{N}}\right)$$

$$= 12°$$

$F_{\text{محصلة}} = 1.0\times10^2$ N، 12° أسفل المحور x بـ

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 تزوِّدنا بمقدار القوة فقط، لذا فإننا بحاجة إلى تحديد اتجاهها، ويتم ذلك برسم مخطّط للشحنات وتفسير العلاقات بينها بدقة. فإذا قرِّب جسمان A و B مشحونان بشحنتين موجبتين أحدهما إلى الآخر، فإن كلًّا منهما سيؤثر في الآخر بقوة تنافر، كما في **الشكل 2a–1**. أما إذا كان الجسمان مشحونان بشحنتين مختلفتين، ستكون القوة التي يؤثر بها كل منهما في الآخر قوة تجاذب، كما موضح في **الشكل 2b–1**.



الشكل 2–1 قاعدة تحديد اتجاه القوة هي: الشحنات المتشابهة تتنافر؛ والشحنات المختلفة تتجاذب.

استراتيجيات حل المسألة

مسائل القوة الكهربائية

استخدم هذه الخطوات لإيجاد مقدار واتجاه القوة المتبادلة بين الشحنات.

1. ارسم مخطّطًا 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. نفّذ العمليات الجبرية على كل من الأرقام والوحدات. وتحقّق أن الوحدات متوافقة مع المتغيرات في السؤال.
6. تأمل إجابتك جيدًا، هل هي منطقية؟

مثـــال 1

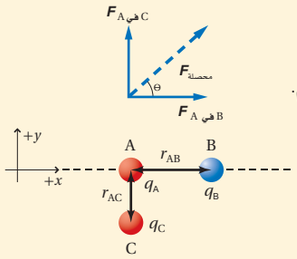
قانون كولوم في بعدين إذا كانت الكرة A مشحونة بشحنة مقدارها +6.0 μC، وموضوعة على بُعد 4.0 cm إلى يسار كرة أخرى B مشحونة بشحنة مقدارها −3.0 μC، فأجب عما يلي:

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

b. إذا وضعت كرة ثالثة C، مشحونة بشحنة مقدارها +1.5 μC مباشرة أسفل الكرة A، وعلى بعد 3.0 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.



المعلوم			المجهول
$q_A = +6.0\ \mu C$	$r_{AB} = 4.0\ cm$		$F_{\text{A في B}} = ?$
$q_B = -3.0\ \mu C$	$r_{AC} = 3.0\ cm$		$F_{\text{A في C}} = ?$
$q_C = +1.5\ \mu C$			$F_{\text{محصلة}} = ?$

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

اعتماد مقياس رسم من أجل عمل تصوّر أفضل للقوة التي تؤثر بها شحنتان نقطيتان في شحنة نقطية ثالثة، فإن على الطلبة اعتماد مقياس الرسم، كما تم اقتراحه في بند استراتيجيات حل المسألة في هذه الصفحة للمثال الأول. اطلب إلى الطلبة رسم خريطة موقع لكل شحنة في هذه المسألة على ورقة رسم بيانيّ، ثم رسم خطوط عمل القوى المتبادلة لكل زوج من القوى، وذلك بتوصيلهما معًا باستعمال مسطرة. أخيرًا، اطلب إليهم إضافة أسهم إلى الرسم بدقة على أن يتناسب طول السهم مع مقدار القوة المحسوبة بوساطة قانون كولوم لكل زوج. راجع مع الطلبة متى يمكن استخدام نظرية فيثاغورس لإيجاد محصلة القوى المؤثرة في الشحنة الثالثة. م2 **بصري-مكاني**

2 إيجاد الكمية المجهولة

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

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

بالتعويض عن $q_A = 6.0\ \mu C$، $q_B = 3.0\ \mu C$

$r_{AB} = 4.0\ cm$

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

$$= 1.0 \times 10^2\ N$$

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.

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

بالتعويض عن $q_A = 6.0\ \mu C$، $q_c = 1.5\ \mu C$

$r_{AC} = 3.0\ cm$

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

$$= 9.0 \times 10^1\ N$$

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

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

$$F_{\text{المحصلة}} = \sqrt{F^2_{A\text{ في }B} + F^2_{A\text{ في }C}}$$

بالتعويض عن $F_{A\text{ في }B} = 1.0 \times 10^2\ N$

$F_{A\text{ في }C} = 9.0 \times 10^1\ N$

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

$$= 130\ N$$

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

$$\theta = \tan^{-1}\frac{F_{A\text{ في }C}}{F_{A\text{ في }B}}$$

بالتعويض عن $F_{A\text{ في }B} = 1.0 \times 10^2\ N$

$F_{A\text{ في }C} = 9.0 \times 10^1\ N$

$$= \tan^{-1}\frac{9.0 \times 10^1\ N}{1.0 \times 10^2\ N}$$

$$= 42^\circ$$

فوق المحور السيني بزاوية مقدارها 42° ،$F_{\text{محصلة}} = 130\ N$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $(N.m^2/C^2)(C)(C)/m^2 = N$)، تُبسَّط الوحدات فتصبح نيوتن.
- **هل للاتجاه معنى؟** الشحنات المتشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.
- **هل الجواب منطقي؟** تتفق قيمة القوة المحصلة مع مقادير مركّبات القوى.

13

عرض سريع

كوب الشحنات

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات كأس فلزية، وكأس من البوليسترين جديدة، وكأس أخرى من البوليسترين مجزّأة إلى قطع صغيرة، ومولّد فان دي جراف.

الخطوات ضع كميات متساوية من قطع البوليسترين في كل كأس، واطلب إلى الطلبة أن يتوقعوا ما يحدث عند وضع الكأسين عند قبة مولد فان دي جراف، واطلب إليهم تفسير الاختلافات التي يلاحظونها. ستبقى قطع البوليسترين في الكأس الفلزية، في حين أنها ستتطاير إلى خارج كأس البوليسترين. في الكأس الفلزية التي تُعدّ موصلاً تتنافر الشحنات مبتعدًا بعضها عن بعض للخارج. أما في حالة كأس البوليسترين العازل فستتكون شحنة على سطحيها الداخلي والخارجي بالحث، لذا تسلك قطع البوليسترين كالشحنات، ويتنافر بعضها عن بعض.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قانون كولوم اطلب إلى الطلبة وصف الحالات التي يُطبّق فيها قانون كولوم. يُطبّق قانون كولوم عمومًا على الشحنات النقطية؛ حيث يكون حجم الشحنات صغيرًا جدًّا مقارنةً بالمسافة الفاصلة بينها، ويطبّق أيضًا لإيجاد القوة الكهربائية بين الشحنات النقطية الساكنة فقط. وضّح أنه إذا لم يكن توزيع الشحنة متماثلاً كرويًّا؛ أي ليس منتظمًا، أو إذا كانت أبعاد الجسم المشحون أكبر من بُعد شحنة الاختبار، فإنه لا يتم تطبيق قانون كولوم؛ لأنه عندئذٍ سيُعطي نتائج غير صحيحة.

مسائل تدريبية

1. $1.6\times10^{4}\ N$
2. $3.0\times10^{-6}\ C$
3. $0.068\ N$ في اتجاه اليمين.

3. التقويم

إعادة التدريس

شحنة الاختبار اطلب إلى الطلبة استخدام نسب الشحنة والمسافة لتحديد النقطة التي تكون عندها القوة المحصلة المؤثرة في شحنة اختبار مقدارها $+1\mu C$ تساوي صفرًا، وذلك عند وضعها بين شحنتين؛ مقدار الأولى $2-\mu C$، ومقدار الثانية $8-\mu C$ والمسافة بينهما 6.0 m، قوة الجذب الناتجة عن الشحنة $2-\mu C$ والتي تؤثر في شحنة الاختبار يجب أن تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه قوة الجذب الناتجة عن الشحنة $8-\mu C$. وتؤثر هاتان القوتان على امتداد الخط الواصل بين الشحنتين. ولأن نسبة الشحنة تساوي 4 فإن المسافة إلى الشحنة $2-\mu C$ ستساوي $\frac{1}{2}$ المسافة إلى الشحنة $8-\mu C$؛ أي تكون هذه النقطة على بُعد 2.0 m من الشحنة $2-\mu C$. م2

التوسع

القوة الكهربائية وقانون نيوتن كتلة البرتون أكبر 2000 مرة من كتلة الإلكترون. اسأل الطلبة ماذا يتوقعون أن يحدث إذا كان من الممكن وضع بروتون حر وإلكترون حر في منطقة خالية من أيّ شحنات أخرى، وذلك بالاعتماد على قانون نيوتن وقانون كولوم. سيتأثر الجسيمان بقوتي جذب متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، ووفقًا لقانون كولوم فإن هذه القوة تساوي Ke^2/r^2، حيث e الشحنة الأساسية (شحنة الألكترون). ولأن تسارع الإلكترون أكبر 2000 مرة من تسارع البروتون فإن الجسيمين سيتصادمان عند نقطة قريبة جدًّا من الموقع الأصلي للبروتون. م3

مسائل تدريبية

1. تفصل مسافة مقدارها 0.30 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة ومقدارها $2\times10^{-4}\ C$، والثانية موجبة ومقدارها $8.0\times10^{-4}\ C$، ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟
2. إذا أثرت الشحنة $-6.0\times10^{-6}\ C$ بقوة جذب مقدارها 65 N في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة 0.05 m، فما مقدار الشحنة الثانية؟
3. وضعت كرة A شحنتها $+2.0\times10^{-6}\ C$ عند نقطة الأصل، في حين وضعت كرة B مشحونة بشحنة مقدارها $-3.6\times10^{-6}\ C$ عند الموقع +0.60 cm على المحور x. أما الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها $+4.0\times10^{-6}\ C$ فقد وضعت عند الموقع +0.80 cm على المحور x. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.

تذكّر دائمًا 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 مجمّعة في مركزها، إذا كانت الشحنة موزعة بالتساوي على سطحها فقط. فإذا كانت الكرة موصلة وقُرّبت إليها شحنة أخرى فإن الشحنات على الكرة ستتجاذب أو تتنافر مع هذه الشحنة، حيث لن تؤثر شحنة الكرة في هذه الحالة كما لو كانت مجمّعة 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 وتبعد عن بعضها مسافات كافية، بحيث يمكن اعتبارها شحنات نقطية، ما لم يذكر خلاف ذلك. أما إذا كانت الأجسام المشحونة أسلاكًا طويلة أو ألواحًا مستوية وجب تعديل قانون كولوم لينا سب توزيعات غير نقطية من الشحنات.

تطبيقات القوى الكهروسكونية
Applications of Electrostatic Forces

هناك العديد من تطبيقات القوى الكهربائية على الجسيمات. فمثلاً، تستطيع هذه القوى تجميع السناج من المداخن، ومن ثم تقليل تلوث الهواء، كما هو موضح في **الشكل 3–1**.

الشكل 3–1. يمكن استعمال مرسّبات الترسيب الكهروسكوني لتقليل السناج المتصاعد من احتراق الفحم.

تجربة إضافية

الأجسام المتطايرة

الهدف يلاحظ سلوك الأجسام التي تُشحن باستخدام مولد فان دي جراف.

المواد والأدوات مولّد فان دي جراف، وصحون ألومنيوم خفيفة لها مقبض عازل (خاصة بمولّد فان دي جراف)، وحبوب قمح جافة.

الخطوات

1. ضع صحن الألومنيوم، بحيث يكون مقلوبًا على قُبّة المولّد الفلزية، واطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث.
2. ضع مجموعة من صحون الألومنيوم المقلوبة على قُبّة المولّد. ثم شغّل المولّد واطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث.
3. قف على سطح عازل وأنت تقوم بملامسة قُبّة المولّد، ثم ضع بعضًا من حبوب القمح في راحة يدك الحرة وأغلقها، ثم افتح راحة يدك.

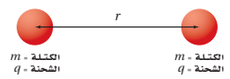
التقويم يتطاير صحن الألومنيوم لأنه اكتسب شحنة مماثلة لشحنة قبة المولّد. وتتنافر مجموعة الصحون المقلوبة، الواحد تلو الآخر، وتتطاير أيضًا حبوب القمح بعيدًا عن راحة يدك.

كما يمكن شحن قطرات الطلاء الصغيرة جدًّا بالحث، واستعمالها لطلاء السيارات وأجسام أخرى بصورة منظمة وموحدة جدًّا. وتستخدم آلات التصوير الفوتوجرافي الكهرباء الساكنة لوضع الحبر الأسود على الورق، بحيث يتم نسخ صورة طبق الأصل للوثيقة الأصلية. وفي حالات أخرى تُركِّز التطبيقات على التحكم في الشحنة الساكنة، فمثلًا يمكن للشحنة الساكنة أن تتلف فيلمًا إذا جذبت غبارًا، كما يمكن أن تتعطل بعض المعدات الإلكترونية عند حدوث تفريغ مفاجئ للشحنة الساكنة. لذا تصمّم التطبيقات في هذه الحالات لتجنّب تراكم الشحنة الساكنة، وإزالة أي شحنة قد تتراكم بطريقة آمنة.

مسألة تحدٍّ

يبين الشكل المجاور كرتين لهما الكتلة نفسها m، وشحنة كل منهما $+q$، والبعد بين مركزيهما يساوي r، أجب عما يلي:

1. اشتق تعبيرًا للشحنة q التي يجب أن تكون على كلٍ من الكرتين لكي تكونا في حالة اتزان. افترض أن هناك اتزان بين قوتي الجاذبية والتنافر الكهربائية.
2. إذا تضاعفت المسافة بين الكرتين فكيف يؤثر هذا في قيمة الشحنة q التي حدّدتها في المسألة السابقة؟ وضّح ذلك.
3. إذا كانت كتلة كل كرة تساوي 1.50 kg فحدّد قيمة الشحنة التي ينبغي أن تكون موجودة على كل كرة للحفاظ على حالة الاتزان.



1-1 مراجعة

4. **القوة والشحنة** كيف ترتبط القوة الكهربائية بالشحنة؟ صِف القوة عندما تكون الشحنات متشابهة، وصِفها عندما تكون الشحنات مختلفة.
5. **القوة والمسافة** كيف ترتبط القوة الكهربائية مع المسافة؟ وكيف تتغير القوة إذا تضاعفت المسافة بين شحنتين ثلاث مرات؟
6. **القوى الكهربائية** كرتان A و B مشحونتان، المسافة بين مركزيهما r. إذا كانت شحنة الكرة A تساوي $+3\ \mu C$ وشحنة الكرة B تساوي $+9\ \mu C$، فقارن بين القوة التي تؤثر بها الكرة A في الكرة B والقوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A.
7. **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. ولكن عند تقريب الكرتين إحداهما إلى الأخرى وجِدَ أن القوة بينهما أصغر مما هو متوقع من قانون كولوم. وضح ذلك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

مسألة تحدٍّ

$$q = m\sqrt{G/K}$$

$$= m\sqrt{\left(\frac{6.67\times10^{-11}\ N.m^2\ kg^2}{9.0\times10^{9}\ N.m^2/C^2}\right)}$$

$$= (8.61\times10^{-11}\ C/kg)m$$

1. لا تؤثر المسافة في مقدار الشحنة q؛ لأن كلتا القوتين تتناسبان عكسيًّا مع مربع المسافة، كما أن المسافة تُختصر.

2. $q = (8.61\times10^{-11}\ C/kg)(1.50\ kg)$

$$= 1.29\times10^{-10}\ C$$

1-1 مراجعة

4. تتناسب القوة الكهربائية طرديًّا مع مقدار كل شحنة. الشحنات المتشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.
5. تتناسب القوة عكسيًّا مع مربع المسافة بين الشحنتين. القوة الجديدة ستساوي $\frac{1}{9}$ القوة الأصلية.
6. القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.
7. بعض الشحنات على الكرة الفلزية ستتنافر مع الشحنات على الكرة البلاستيكية، ممّا يؤدي إلى تحركها إلى الجهة البعيدة عن الكرة البلاستيكية، وهذا يجعل المسافة الفعلية بين الشحنات أكبر من المسافة بين مركزي الكرتين.

1-2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

1. التركيز

نشاط محفز

القوى لإنجاز شغل اشحن أنبوبًا بلاستيكيًّا طوله 1 m، كالذي يستخدم لتغطية عصا المضرب المستخدم في نوادي الجولف وذلك عن طريق دلكه بقطعة تغليف بلاستيكية كتلك المستخدمة في المطابخ. ضع علبة ألومنيوم فارغة (علبة مشروبات غازية) على سطح طاولة على ألا ترتكز على إحدى قاعدتيها، ولاحظ ما يحدث عند تحريك الأنبوب البلاستيكي المشحون أفقيًّا فوقها. سيلاحظ الطلبة أنه يمكن دحرجة العلبة في أي اتجاه بوساطة الأنبوب دون أن تلمسها، وهذا نتيجة للقوى الكهروسكونيّة. سيتعلم الطلبة في هذا الفصل أن المجالات الكهربائية تؤثر بقوى يمكنها أن تنجز شغلاً. م 1 بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

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

2. التدريس

استخدام التشابه

القوة لكل وحدة أكّد على التشابه بين مجال الجاذبية، والمجال الكهربائي، ثم اكتب على السبورة $\boldsymbol{g} = \boldsymbol{F}/m$ و $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{F}/q'$، ووضّح أن مجال الجاذبية عبارة عن قوة لكل وحدة كتلة، بينما المجال الكهربائي عبارة عن قوة لكل وحدة شحنة.

2–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها Creating and Measuring Electric Fields

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

المفردات
المجال الكهربائي
خط المجال الكهربائي
نقطة التعادل

تشبه القوة الكهربائية قوة التجاذب الكتلي التي درستها سابقًا؛ حيث تتناسب القوة الكهربائية عكسيًّا مع مربع المسافة بين جسمين نقطيين مشحونين، كما تؤثر القوتان عن بُعد من مسافات كبيرة نسبيًّا، فكيف يمكن لقوة ما التأثيرُ خلال ما يبدو أنه حيز فارغ (الفراغ)؟ لتفسير ذلك، اقترح مايكل فاراداي – بسبب أن الجسم A المشحون كهربائيًّا يؤثر بقوة في جسم آخر B مشحون كهربائيًّا عندما يكون موضوعًا في أي مكان في الفراغ أو الوسط – أن الجسم A يجب أن يغيّر بطريقةٍ ما من خصائص ذلك الوسط. وسيستشعر الجسم B بطريقةٍ ما ذلك التغيرَ في الفراغ أو الوسط، وسيتأثر بقوة ناجمة عن التغير في خصائص الوسط في موقعه. وأطلق على تغير خاصية الوسط اسم المجال الكهربائي. إن المجال الكهربائي لا يعني التفاعل بين جسمين عن بُعد، بل يعني التفاعل بين الجسم والمجال الكهربائي عند موقع الجسم، ويطلق على المنطقة المحيطة بأي جسم مشحون التي تظهر فيها آثار القوى الكهربائية اسم **المجال الكهربائي**.

يمكن للقوى التي تؤثر بها المجالات الكهربائية أن تبذل شغلاً، فتنتقل الطاقة من المجال إلى جسم آخر مشحون. وأنت تستخدم هذه الطاقة يوميًّا؛ سواءً وصلت جهازًا كهربائيًّا بقابس، أو استعملت جهازًا كهربائيًّا متنقلاً يعمل ببطارية. ستتعلم في هذا الفصل المزيد حول المجالات والقوى والطاقة الكهربائية.

المجال الكهربائي The Electric Field

كيف يمكن قياس شدة المجال الكهربائي؟ ضع جسيمًا صغيرًا مشحونًا في موقع معين. إذا كان هناك أي قوة كهربائية تؤثر فيه فسوف يكون هناك مجال كهربائي في ذلك الموقع. تسمّى هذه الشحنة الموجبة الموجودة على الجسيم الصغير والتي استعملت لاختبار المجال شحنةَ الاختبار. ويجب أن تكون هذه الشحنة صغيرة بحيث تتأثر بالشحنات الأخرى ولا تؤثر فيها.

قياس (تحديد) شدة المجال الكهربائي لاحظ **الشكل 4–1** الذي يوضّح جسمًا مشحونًا بشحنة مقدارها q. وافترض أنك وضعت شحنة الاختبار الموجبة في نقطة معينة، ولتكن النقطة A مثلاً، ثم حسبت القوة $\boldsymbol{F}$. ستتناسب هذه القوة طرديًّا مع مقدار شحنة الاختبار q'، وذلك وفق قانون كولوم؛ أي أنه إذا تضاعفت الشحنة ستتضاعف القوة كذلك، لذا تبقى النسبة بين القوة والشحنة ثابتة. وإذا قسمت القوة $\boldsymbol{F}$ على شحنة الاختبار q' ستحصل على كمية متجهة $\boldsymbol{F}/q'$. وهذه الكمية لا تعتمد على شحنة الاختبار، وإنما تعتمد فقط على كل من القوة $\boldsymbol{F}$ وموقع النقطة A. ويعبّر عن شدة المجال الكهربائي

دلالة الألوان في الكتاب
- خطوط المجال الكهربائي باللون النيلي.
- الشحنة الموجبة باللون الأحمر.
- الشحنة السالبة باللون الأزرق.

الشكل 4–1 تُستخدم الأسهم لتمثيل مقدار واتجاه المجال الكهربائي المتولد حول شحنة كهربائية عند مواقع مختلفة.

16

عند النقطة A؛ أي النقطة التي تمثل موقع شحنة الاختبار بالمعادلة التالية:

شدة المجال الكهربائي $E = \frac{F}{q}$

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

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

يمكن تكوين صورة للمجال الكهربائي باستعمال الأسهم لتمثيل متجهات المجال عند مواقع مختلفة، كما هو موضح في **الشكل 4–1**. حيث يستخدم طول السهم لبيان شدة المجال، أما اتجاه السهم فيمثل اتجاه المجال. ولإيجاد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنتين عند نقطةٍ ما، يتم إيجاد المجال الكهربائي الناشئ عن كل شحنة على انفراد عند تلك النقطة، ثم يُجمع هذان المجالان جمعًا متجهًا. وتستخدم شحنة اختبار موجبة وصغيرة لرسم المجال الناشئ عن أي تجمّع للشحنات. ويوضح **الجدول 1–1** قيم المجالات الكهربائية المثالية الناتجة عن تجمعات معينة للشحنات.

الجدول 1-1

القيم التقريبية لمجالات كهربائية مثالية

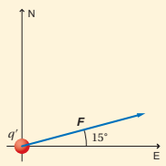
المجال	المقدار (N/C)
بالقرب من قضيب مطاط صلب ومشحون	1×10^{3}
في أنبوب الأشعة المهبطية في التلفاز	1×10^{5}
لإحداث شرارة كهربائية في الهواء	3×10^{6}
عند مدار إلكترون ذرة الهيدروجين	3×10^{11}

مثـــال 2

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

1 تحليل المسألة ورسمها

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



المعلوم	المجهول
$q' = +3.0\times10^{-6}\,C$	$E = ?$
$F = 0.12\,N$ بزاوية 15° شمال الشرق	

17

تطوير المفهوم

قياس شدة المجال عرّف شدة المجال الكهربائي عند أي نقطة بأنها القوة المؤثرة في شحنة اختبار موضوعة عند تلك النقطة. فمثلاً إذا أثرت قوة مقدارها 10 N في شحنة اختبار مقدارها 1 C، فإن المجال الكهربائي يساوي 10 N /C عند النقطة الموضوع فيها شحنة الاختبار. اسأل الطلبة: ما مقدار القوة المؤثرة في جسم شحنته 5 C موضوع عند النقطة نفسها؟ 50 N م2

التفكير الناقد

شدة المجال الكهربائي اطلب إلى الطلبة إجراء المزيد من الاستقصاءات من خلال التجربة الاستهلالية. اسألهم عما إذا كان من الممكن شحن بالون معزول بشحنة دائمة بالحثّ. لا، ثم اطلب إليهم أن يوضّحوا ماذا يحدث لبالون مشحون عند تقريب إحدى يديك للمسه. عندما يُقرّب الطالب يده إلى البالون المشحون، تنشحن يده بالحث، ويخضع البالون لقوتين من اليد؛ قوة تجاذب مع الشحنات المقيدة، وقوة تنافر مع الشحنات الحرة، وتكون النتيجة تأثر البالون بقوة محصلة تكون تجاذب، وعند ملامسة اليد للبالون تتفرغ شحنته. م2

تطوير المفهوم

تحديد الشحنة اطلب إلى الطلبة اقتراح طريقة أخرى لتحديد ما إذا كان مولّد فان دي جراف مشحونًا بشحنة موجبة أو شحنة سالبة. قد تختلف الإجابات. فمثلاً إذا وضعوا الكاثود (القطب السالب) لأنبوب تفريغ بالقرب من قُبّة المولّد الفلزية المشحونة وتوهّج الأنبوب فإن المولّد يكون مشحونًا بشحنة سالبة. أما إذا كان المولّد مشحونًا بشحنة موجبة فإن على الطلبة الإمساك بالأنود (القطب الموجب) بالقرب من القُبّة الفلزية للمولّد للحصول على التوهّج نفسه.

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، و50 Hz، حيث تكون شدة المجال الكهربائي على بُعد 1 m فوق مستوى سطح الأرض 4 kV /m تقريبًا. واكتشف فريق البحث أن ملوِّثات الهواء تُسحب نحو منطقة المجال الكهربائي، وتتركّز بعد ذلك تحت خطوط القدرة الكبيرة، وتصبح مُستقطَبة. وتتحرك الأقطاب حركة تذبذبية تؤدي إلى جعل الجسيمات لزجة، لذا تكون احتمالية التصاقها بأنسجة الرئة أكبر. ولأن جهاز المناعة البشري اعتاد التعامل مع الملوِّثات الموجودة في الهواء، فإن تواجد هذه الملوِّثات بمثل تلك التراكيز، بالإضافة إلى خصائص التصاقها المتزايدة، سيكون له تأثيرات خطيرة في الصحة.

مثال صفي

سؤال قِيسَ مجال كهربائي باستخدام شحنة اختبار موجبة مقدارها $3.0\times10^{-6}\ C$، فتأثرت بقوة مقدارها $0.24\ N$ بزاوية 15° في اتجاه شمال الشرق. ما مقدار واتجاه شدة المجال الكهربائي عند موقع شحنة الاختبار؟

الجواب

استخدم العلاقة $E=F/q'$، حيث $q'=3.0\times10^{-6}\ C$، و $F=0.24\ N$، وحل بالنسبة لشدة المجال E.

$$E=(0.24\ N)/(+3.0\times10^{-6}\ C)$$
$$=8.0\times10^{4}\ N/C$$

شحنة الاختبار موجبة، لذا فإن القوة المؤثرة فيها والمجال الكهربائي سيكونان في الاتجاه نفسه؛ أي بزاوية مقدارها 15° في اتجاه شمال الشرق. وإذا تضاعفت القوة المؤثرة في الشحنة فسوف تتضاعف شدة المجال الكهربائي.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

القوة مقابل المجال قد يخلط بعض الطلبة وتشوّش أفكارهم عند دراسة المجال الكهربائي حول شحنة اختبار معتقدين أن المجال الكهربائي هو القوة المؤثرة في شحنة الاختبار. وضّح 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 مُضاعفة القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة.

2 إيجاد الكمية المجهولة

$$E=\frac{F}{q'}$$
$$=\frac{0.12\ N}{3.0\times10^{-6}\ C}$$ بالتعويض عن $F=0.12\ N$، $q'=3.0\times10^{-6}\ C$
$$=4.0\times10^{4}\ N/C$$

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

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

3 تقويم الجواب

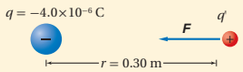
- **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة قياس شدة المجال الكهربائي N/C.
- **هل للاتجاه معنى؟** اتجاه المجال في اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة نفسه؛ وذلك لأن شحنة الاختبار موجبة.
- **هل الجواب منطقي؟** شدة المجال تتفق مع القيم الموجودة في **الجدول 1-1**.

مثـــال 3

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

1 تحليل المسألة ورسمها

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



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

2 إيجاد الكمية المجهولة

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

$$E=\frac{F}{q'}$$
$$=K\frac{qq'}{r^2q'}$$ بالتعويض عن $F=K\frac{qq'}{r^2}$
$$=K\frac{q}{r^2}$$
$$=(9.0\times10^{9}\ N.m^2/C^2)\frac{(4.0\times10^{-6}\ C)}{(0.30\ m)^2}$$ بالتعويض عن $q=-4.0\times10^{-6}\ C$، $r=0.30\ m$، $K=9.0\times10^{9}\ N.m^2/C^2$
$$=4.0\times10^{5}\ N/C$$

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

18

نشاط

طرائق تدريس متنوعة

إعاقة بصرية يصعب غالبًا على الطلبة الذين يعانون من ضعف البصر إدراك أن بعض الظواهر تحدث في الفضاء الثلاثي الأبعاد عندما تعرض كصورة ثنائية الأبعاد في الكتاب. ساعد الطلبة على إدراك أن المجال الكهربائي في الحقيقة ثلاثي الأبعاد. اطلب إلى الطلبة عمل نموذج للمجال الكهربائي المحيط بشحنة موجبة، حيث يمكنهم استخدام الصلصال وأعواد الأسنان، أو منظفات الأنابيب، أو أيّ مواد أخرى مناسبة. وتحقّق في أثناء عمل الطلبة للنموذج أن خطوط المجال الكهربائي موجّهة إلى المحاور z، y، x. ثم اطلب إلى الطلبة أن يوضحوا اتجاه خطوط المجال الكهربائي عند عرض نموذجهم. م2 **حسي- حركي**

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $(N.m^2/C^2)(C)/m^2 = N/C$. تكون الوحدات الناتجة N/C وهي صحيحة لشدة المجال الكهربائي.
- **هل للاتجاهات معنى؟** يمثل اتجاه المجال الكهربائي مسار حركة شحنة الاختبار الموجبة بإتجاه الشحنة السالبة بسبب قوة التجاذب.
- **هل الجواب منطقي؟** شدة المجال متفقة مع القيم الموجودة في الجدول 1-1.

مسائل تدريبية

8. وُضِعت شحنة سالبة مقدارها -2.0×10^{-8} C في مجال كهربائي، فتأثرت بقوة مقدارها 0.060 N في الهواء في اتجاه اليمين. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند موقع الشحنة؟

9. وُضِعت كرة بيلسان وزنها 2.1×10^{-3} N في مجال كهربائي شدته 6.5×10^{4} N/C، يتجه رأسيًّا إلى أسفل. ما مقدار ونوع الشحنة التي يجب أن توضع على الكرة، بحيث توازِن القوة الكهربائية المؤثرة فيها قوة الجاذبية الأرضية، وتبقى الكرة معلّقة في المجال؟

10. يفحص زيد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة مجهولة المقدار والنوع. فيرسم أولاً المجال بشحنة اختبار مقدارها 1.0×10^{-6} C، ثم يكرّر عمله بشحنة اختبار أخرى مقدارها 2.0×10^{-6} C

a. هل يحصل زيد على القوى نفسها في الموقع نفسه عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضّح إجابتك.

b. هل يجد زيد أن شدة المجال هي نفسها عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضّح إجابتك.

تمثيل المجال الكهربائي Picturing the Electric Field

يُظهر الرسم في **الشكل 5-1** شكل خطوط المجال الكهربائي. وكل خط من هذه الخطوط المستخدمة لتمثيل المجال الكهربائي الفعلي في الفراغ أو الوسط المحيط بالشحنة يسمى **خط المجال الكهربائي (خط القوة)**، ويمثل كل خط منها مسار شحنة اختبار موجبة وصغيرة. 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 قويًّا، وكلما تباعدت الخطوط بعضها عن بعض كان المجال الكهربائي ضعيفًا. وقد مُثّلت خطوط المجال هنا في بُعدين، إلا أنها – في الحقيقة – تنتشر في ثلاثة أبعاد.

مثال صفي

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 -4.0×10^{-6} C

الجواب

في هذه الحالة يتضاعف المجال أربع مرات، وهذا مثال على التربيع العكسي. استخدم العلاقة $E = F/q'$ مع قانون كولوم، وعوّض مايلي:

حيث $F = K(qq'/r^2)$

$r = 0.15$ m $\quad K = 9.0\times10^9$ N.m^2/C^2

و $q = -4.0\times10^{-6}$ C

$$E = K(qq'/r^2)/q'$$
$$= K(q/r^2)$$
$$= (9.0\times10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(4.0\times10^{-6}\ \text{C})/(0.15\ \text{m})^2$$
$$= 1.6\times10^6\ \text{N/C}$$

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

مسائل تدريبية

8. 3.0×10^6 N/C في إتجاه اليسار.

9. -3.2×10^{-8} C

10. a. لا. ستكون القوة المؤثرة في الشحنة 2.0 μC ضعفي القوة المؤثرة في الشحنة 1.0 μC

b. نعم؛ لأنك ستقسم القوة على مقدار شحنة الاختبار.

نشاط

تحدٍّ

طواحين المجال الكهربائي لتجنب احتمال ضرب المركبة الفضائية بصاعقة كهربائية عند إطلاقها يستخدم المهندسون في وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) نوعًا من المجسّات يسمى طاحونة المجال الكهربائي؛ وذلك لقياس شدة المجالات الكهربائية في الغيوم والمنطقة المحيطة بها على امتداد مسار المركبة الفضائية. شجّع الطلبة على أن يبحثوا حول طواحين المجال الكهربائي، ومن ثم يصمّموا واحدة خاصة بهم من موارد البيئة المحيطة، حيث يمكنهم استخدام أوعية القمامة، وقوالب عمل الكعك، ومحرك كهربائي، وأجهزة أخرى. تأكد من توضيح الطلبة لكيفية 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 الطلبة طواحين المجال الكهربائي الخاصة بهم لزملائهم في الصف. م2 **حسي-حركي**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

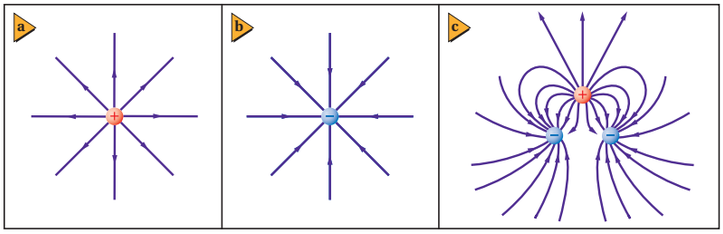
اتجاه القوة قد لا يدرك الطلبة أن خطوط المجال أو خطوط القوة تتجه من الشحنات الموجبة إلى الشحنات السالبة. أكّد أن اتجاه المجال الكهربائي يكون في اتجاه القوة المؤثرة في شحنة اختبار موجبة. أما لشحنة اختبار سالبة، فيكون اتجاه المجال الكهربائي في عكس اتجاه القوة المؤثرة فيها.

استخدام الشكل 1–6

يربط معظم الطلبة المجال الكهربائي مع السطح المستوي. اطلب إلى الطلبة تحليل الصورة الفوتوجرافية للطالبة التي تلمس مولّد فان دي جراف الموضّح في **الشكل 1–6b**، حيث يمكنهم مشاهدة جبهة رأس الطالبة، ولكن كيف تبدو مؤخرة رأس الطالبة كما يتخيلها الطلبة؟ الشعر منتصب اسأل الطلبة ما الذي يستنتجونه من هذه الصورة عن المجال الكهربائي؟ ينتشر المجال الكهربائي في ثلاثة أبعاد. م 2

استخدام التشابه

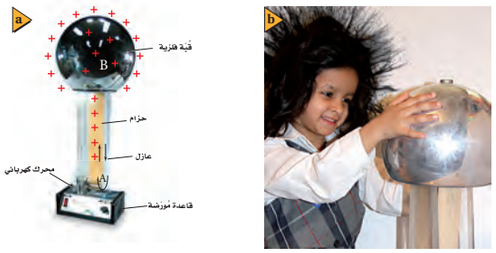
الخطوط الكنتورية تستخدم الخطوط الكنتورية في الخرائط لبيان الارتفاع عن سطح الأرض، وهذه الخطوط ليس لها وجود في الواقع؛ أي أنه لا يمكن لأحد أن يجد خطوط كنتورية عند سفره وتجواله. وبالمثل فإن خطوط المجال الكهربائي لا وجود لها في الواقع. وتفيدنا خطوط القوة أو خطوط المجال في تمثيل شدة المجال الكهربائي فقط. ويمكن للطلبة تفسير تقارب خطوط المجال الكهربائي بعضها إلى بعض، كما فسّروا تقارب الخطوط الكنتورية؛ فالمناطق التي تكون فيها الخطوط الكنتورية قريبة بعضها إلى بعض يكون ميلها حادًّا، 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.



الشكل 1–5 رُسمت خطوط القوى بصورة متعامدة خارجة من جسم شحنته موجبة (a)، ورُسمت بصورة متعامدة داخلة إلى جسم شحنته سالبة (b). ورُسمت خطوط المجال الكهربائي بين جسمين سالبي الشحنة وآخر ذي شحنة موجبة (c).

يكون اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة موضوعة بالقرب من شحنة موجبة في اتجاه الخط الذي يكون مبتعدًا عن الشحنة الموجبة؛ أي في اتجاه الخط الخارج منها. لذا تنتشر خطوط المجال شعاعيًّا إلى الخارج مثل أسلاك إطار الدراجة الهوائية، كما هو موضّح في **الشكل 1–5a**. أما اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة موضوعة بالقرب من شحنة سالبة فيكون في اتجاه الخط المقترب من الشحنة السالبة؛ أي في اتجاه الخط الداخل إليها، كما موضح في **الشكل 1–5b**. وعندما يكون هناك شحنتان أو أكثر فإن المجال الناتج يكون الجمع الاتجاهي للمجالات الناتجة عن هذه الشحنات، وعندها تصبح خطوط المجال منحنية وأنماطها أكثر تعقيدًا، كما هو موضح في **الشكل 1–5c**. لاحظ أن خطوط المجال الكهربائي تخرج دائمًا من الشحنة الموجبة وتدخل إلى الشحنة السالبة، ولا يمكن أن تتقاطع مطلقًا.

ابتكر روبرت فان دي جراف في ثلاثينيات القرن العشرين مولّد الكهرباء الساكنة ذا الفولتية الكبيرة الموضح في **الشكل 1–6a**. وهو جهاز يعمل على نقل كميات كبيرة من الشحنة الكهربائية من جزء محدّد من الآلة إلى طرفها العلوي الفلزي. ويتم ذلك بنقل الشحنة إلى حزام متحرك عند قاعدة الجهاز، عند الموضع A، ثم تنتقل هذه الشحنات من الحزام إلى القبة الفلزية في الأعلى عند الموضع B. ويبذل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي. وسيُشحن الشخص كهربائيًّا عندما يلمس قُبّة مولّد فان دي جراف الفلزية، حيث تؤدي هذه الشحنات إلى تنافر شعر الشخص بعضه عن بعض، مسببًا تغيّر اتجاهه، فيصبح اتجاه الشعر في اتجاه خطوط المجال الكهربائي كما هو موضح في **الشكل 1–6b**.



الشكل 1–6 في مولّد فان دي جراف (a)، تنتقل الشحنات إلى الحزام المتحرك عند النقطة A، ثم تنتقل من الحزام المتحرك إلى القبّة الفلزية عند B. ويبذل المحرك الكهربائي الشغل اللازم لزيادة فرق الجهد الكهربائي. وعندما يلمس شخص معزول قبّة مولّد فان دي جراف تكون النتائج مثيرة (b).

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

رسم خطوط المجال الكهربائي اطلب إلى الطلبة رسم مخطّطات توضيحية يوضّحون 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، وداخلة إلى الشحنة السالبة. وفي جميع الحالات لا تتقاطع خطوط المجال بعضها مع بعض أبدًا. م 1 بصري-مكاني

تقوية

شحنة الأرض يوجد على سطح الأرض مجال كهربائي مقداره 150 N/C تقريبًا، ويتجه إلى أسفل. اسأل الطلبة: ما نوع شحنة الأرض حتى تسبب مثل هذا الاتجاه للمجال؟ يجب أن تكون الأرض مشحونة بشحنة سالبة. م2

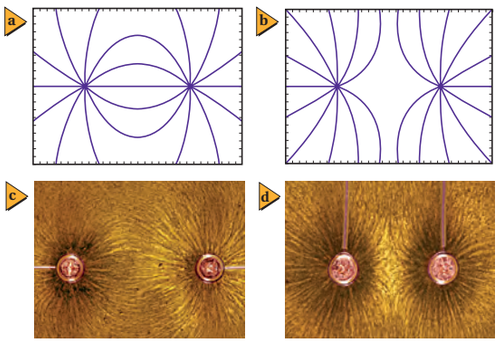
3. التقويم

التحقق من الفهم

خطوط المجال الكهربائي اطلب إلى الطلبة رسم خطوط المجال الكهربائي للوح كبير مشحون بشحنة موجبة. تتدفق خطوط المجال خارجة من اللوح من كلا جانبيه. م1 **بصري-مكاني**

التوسع

شدة المجال الكهربائي اسأل الطلبة عما إذا كان هناك حدود لمدى قوة المجال الكهربائي. نعم، هناك حدّ؛ لأن توليد المجال يعتمد على تراكم الشحنات، وعندما تصل الشحنات إلى كثافة معينة، تبدأ في التنافر بعضها عن بعض. م2



الشكل 7–1 خطوط القوة بين الشحنات المختلفة (**a**، **c**)، وبين الشحنات المتشابهة (**b**، **d**) تصف سلوك جسم مشحون بشحنة موجبة في مجال كهربائي. والصورتان في الأعلى هما رسم تصويري لخطوط المجال الكهربائي تم تنفيذه بالحاسوب.

هناك طريقة أخرى لتمثيل خطوط المجال الكهربائي تتلخص في استخدام بذور أعشاب في سائل عازل، مثل الزيت المعدني (زيت السيارات). حيث تؤدي القوى الكهربائية إلى تدوير البذور بحيث تصطف في اتجاه المجال الكهربائي، ومن ثم تشكل نمطًا لخطوط المجال الكهربائي، كما هو موضّح في **الشكل 7–1**. وتسمى النقطة التي تنعدم عندها خطوط المجال الكهربائي **نقطة التعادل**، حيث لا تتأثر الشحنة الموضوعة في هذه النقطة بأي قوة كهربائية. وخطوط المجال الكهربائي خطوط وهميّة لا وجود لها في الواقع، وهي وسيلة لتقديم نموذج للمجال الكهربائي. أما المجالات الكهربائية فهي موجودة. وعلى الرغم من أنها توفّر طريقة لحساب القوة المؤثرة في جسم مشحون؛ إلا أنها لا توضح لماذا تؤثر الأجسام المشحونة بعضها في بعض بقوّى.

1–2 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 تحدّد مقدار المجال؟ وكيف تختار مقدار شحنة الاختبار؟ وكيف تُحدِّد اتجاه المجال؟
12. **شدة المجال واتجاهه** تؤثر قوة كهربائية مقدارها 1.50×10^{-3} N في اتجاه الشرق في شحنة اختبار موجبة مقدارها 2.40×10^{-8} C، أوجد المجال الكهربائي في موقع شحنة الاختبار.
13. **خطوط المجال الكهربائي** في **الشكل 7–1**، هل يمكنك تحديد أيّ الشحنتين موجبة، وأيّهما 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 5c–1** هي شحنة اختبار موضوعة في ذلك المكان؛ لقياس محصلة المجال الناشئ عن الشحنتين السالبتين. هل الشحنة صغيرة بدرجة كافية للقيام بعملية القياس بدقة؟ وضّح إجابتك.

1-2 مراجعة

11. يمكنك استكشاف المجال بوضع شحنة اختبار عند تلك النقطة، ثم تحدد ما إذا كانت هناك قوة تؤثر فيها. ولحساب مقدار المجال اقسم مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار على مقدار شحنة الاختبار. أما عن اختيار مقدار شحنة الاختبار فعليك مراعاة أن يكون مقدارها صغيرًا جدًّا مقارنة بمقادير الشحنات التي تولّد المجال. بعد ذلك حدِّد اتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار وذلك لتحديد اتجاه المجال.
12. 6.25×10^{4} N/C في اتجاه الشرق.
13. لا. يجب أن يكون لخطوط المجال رؤوس أسهم تشير إلى اتجاهها؛ حيث تكون خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة 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.

1-3 تطبيقات المجالات الكهربائية

1. التركيز

نشاط محفّز

استقرار الشحنة ضع علبة فلزية على لوح عازل، كقطعة فلين مثلاً، ثم اشحنها. دع موصل معزول يلمس العلبة من الداخل من أحد طرفيه، ويلمس طرفه الآخر قرص كشاف كهربائي، ثم أشر إلى أن ورقتي الكشّاف الكهربائي لا تنفرجان. كرّر هذه الخطوة مع جعل الموصل يلمس السطح الخارجي للعلبة الفلزية، ثم أشر للطلبة إلى أن ورقتي الكشّاف الكهربائي ستنفرجان في هذه المرّة. ثم اسأل الطلبة: علامَ يدل ذلك حول استقرار الشحنة الكهربائية وكيفية توزيعها؟ تتوزع الشحنات على السطح الخارجي للجسم، وليس على سطحه الداخلي. م 1

بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

طاقة الوضع كما في البند 2–1، يمكن أن يستمر الطلبة في عَقد تشابهات مع قوة الجاذبية الأرضية وطاقة الوضع. ستساعد مراجعة قانون حفظ الطاقة الطلبة على فهم الجهد الكهربائي.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الجهد مقابل الفولت الجهد كمية فيزيائية يعبر عنها بوحدة الفولت. لمساعدة الطلبة على فهم الجهد اقترح عليهم التفكير في الكولوم باعتباره كمية من الكهرباء، عندها يكون الفولت مقياسًا لمقدار الطاقة المعبّر عنها بوحدة الجول، لذا فإنّ فولتًا واحدًا يصف جولاً واحدًا من الطاقة لكل كولوم. والفولت وحدة لقياس الجهد، ونستخدم عادة مصطلح *الجهد* ليحل محل مصطلح *فرق الجهد الكهربائي*. فالجهد الكهربائي عبارة عن طاقة وضع لكل كولوم من الشحنة، وهو مشابه لعلوّ تلّ، أو طاقة وضع الجاذبية لجسم كتلته 1 kg

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

المفردات
فرق الجهد الكهربائي
الفولت
سطوح تساوي الجهد
المكثف (المواسع)
السعة الكهربائية

إن مفهوم الطاقة مفيد جدًّا في الميكانيكا، كما تعلمت من قبل. ويمكّننا قانون حفظ الطاقة من حل مسائل الحركة دون الحاجة 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 معًا. ولأن موضوعات هذا الفصل تستقصي الشحنات الساكنة، لذا سيتم مناقشة التغير في طاقة الوضع فقط.

الطاقة والجهد الكهربائيان Energy and Electric Potential

تذكّر التغير في طاقة وضع الجاذبية لكرة عند رفعها، كما هو موضّح في **الشكل 8–1**. إن كلًّا من قوة الجاذبية $\boldsymbol{F}$ ومجال الجاذبية $\boldsymbol{g} = \frac{F}{m}$ يتجهان نحو الأرض. فإذا رفعت كرة في اتجاه معاكس لاتجاه قوة الجاذبية، فإنك تبذل شغلًا عليها، مما يؤدي إلى زيادة طاقة وضعها.

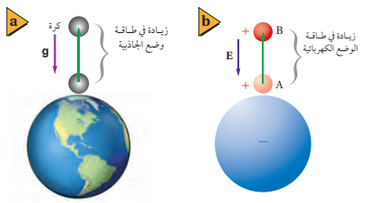
وهذه الحالة مماثلة لحالة شحنتين مختلفتين في النوع؛ حيث تجذب كل منهما الأخرى، لذا يجب أن تبذل شغلًا لسحب إحدى الشحنتين، وإبعادها عن الأخرى. وعندما تبذل ذلك الشغل تكون قد نقلت طاقة إلى الشحنة، حيث تختزن هذه الطاقة فيها على شكل طاقة وضع كهربائية، وكلما زاد مقدار الشحنة، كانت الزيادة في طاقة وضعها الكهربائية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

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

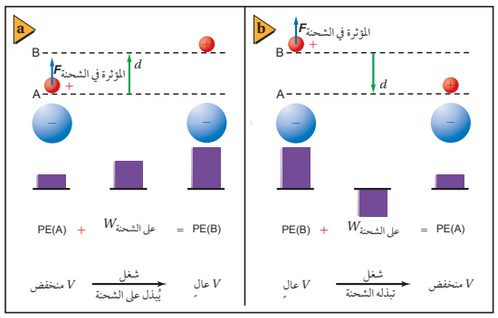
فرق الجهد الكهربائي $\Delta V = \frac{W}{q}$

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

ويقاس فرق الجهد الكهربائي بوحدة جول لكل كولوم، ويسمّى الجول الواحد لكل كولوم **الفولت** $V = \text{J/C}$.



الشكل 8–1 هناك حاجة إلى بذل شغل لتحريك جسم في اتجاه معاكس لاتجاه قوة الجاذبية الأرضية (**a**)، وفي اتجاه معاكس للقوة الكهربائية (**b**). وفي كلتا الحالتين ستزداد طاقة وضع الجسم.



الشكل 9–1 يُحسب فرق الجهد الكهربائي من خلال قياس الشغل المبذول لكل وحدة شحنة. يزداد فرق الجهد الكهربائي عند إبعاد الشحنات المختلفة بعضها عن بعض (**a**)، ويقل فرق الجهد الكهربائي عند تقريب الشحنات المختلفة بعضها إلى بعض (**b**).

ادرس الحالة الموضّحة في **الشكل 9–1**، حيث تُولّد الشحنة السالبة مجالاً كهربائيًّا متجهًا نحوها. افترض أنك وضعت شحنة اختبار صغيرة موجبة عند النقطة A، ستتأثر عندها شحنة الاختبار بقوة في اتجاه المجال. وإذا حرّكت الآن شحنة الاختبار الموجبة بسرعة منتظمة بعيدًا عن الشحنة السالبة إلى النقطة B، كما هو موضّح في **الشكل 9a–1**، فعليك التأثير فيها بقوة F. ولأن اتجاه القوة التي أثرت بها في شحنة الاختبار في اتجاه الإزاحة نفسه، لذا سيكون الشغل الذي بذلته على هذه الشحنة موجبًا. وسيكون التغير في فرق الجهد الكهربائي موجبًا أيضًا؛ فالتغير في فرق الجهد الكهربائي، لا يعتمد على مقدار شحنة الاختبار، بل على المجال الكهربائي، والإزاحة فقط.

افترض أنك حرّكت شحنة الاختبار بسرعة منتظمة من النقطة B إلى النقطة A كما هو موضّح في **الشكل 9b–1**. سيكون اتجاه القوة التي تؤثر بها في عكس اتجاه الإزاحة، لذا يكون الشغل الذي تبذله سالبًا. وسيكون فرق الجهد الكهربائي سالبًا أيضًا، ومساويًا ومعاكسًا لفرق الجهد الكهربائي عند نقل الشحنة من النقطة A إلى النقطة B. إن فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين لا يعتمد على المسار الذي يُسلك أثناء الحركة من نقطة إلى أخرى، وإنما يعتمد على موقع النقطتين.

هل هناك دائمًا فرق جهد كهربائي بين نقطتين؟ افترض أنك حرّكت شحنة الاختبار في مسار دائري حول الشحنة السالبة. إن القوة التي يؤثر بها المجال الكهربائي في شحنة الاختبار سيكون دائمًا عموديًّا على اتجاه حركتها، لذا فإنك لا تبذل شغلاً في تحريك الشحنة، ومن ثم فإن فرق الجهد الكهربائي بين أي نقطتين على المسار الدائري يساوي صفرًا. وعندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين أو أكثر يساوي صفرًا، فإن هذه النقاط تشكل سطحاً وهميّاً يسمى **سطح تساوي الجهد**.

وحيث أنه يمكن قياس التغيرات في طاقة الوضع الكهربائية فقط، فإن الشيء نفسه ينطبق 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 فرق الجهد الكهربائي بجهاز الفولتمتر. ويُسمّى فرق الجهد الكهربائي أحيانًا الجهد الكهربائي أو الفولتية؛ وذلك على سبيل التبسيط. لا تخلط بين رمزي فرق الجهد الكهربائي ΔV ووحدة قياسه V.

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.

تطبيق الفيزياء

ذكّر الطلبة أنه إضافة إلى أن الأجهزة الإلكترونية سهلة التلف، فإنه يمكنها أيضًا أن تلحق الضرر بالإنسان. اسأل الطلبة إذا كانوا قد شاهدوا أي نوع من علامات التحذير على أجهزة الحاسوب، والمذياع، والتلفاز، والفيديو. أخبر طلبة الصف أنهم قد يتعرضون لصدمة كهربائية حتى عندما يكون مصدر القدرة في وضع الإطفاء (غير شغّال)؛ وذلك لأن المكثفات قد تكون ما زالت مشحونة، فإذا لمسوا قطبًا مشحونًا، 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 موجبة إلى الجهد الأكثر موجبة. وهذا ما يفسر استخدامنا للتيار الاصطلاحي؛ حيث تتحرك الشحنات الموجبة من الجهد الأعلى موجبة إلى الجهد الأقل موجبة. 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، تمامًا كما يتدحرج حجر كبير على منحدر في اتجاه تكون فيه طاقة وضع الجاذبية الأرضية أقل.

تطوير المفهوم

فرق الجهد اسأل الطلبة: هل يمكنهم قياس الجهد عند نقطة مفردة عمليًّا؟ لا؛ لأن الجهد هو فرق الجهد بين نقطتين، وهو مقياس لمقدار الطاقة اللازمة لنقل شحنة من نقطة إلى أخرى. ويتناسب فرق الجهد طرديًّا مع الشغل اللازم لنقل شحنة، أو مع التغير في طاقة شحنة عند نقلها بين نقطتين. م2

معلومة للمعلم

الفيزياء في الحياة

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 معيّن من الأحماض الأمينية. وتكون النتيجة عبارة عن مجموعة أجزاء مشحونة كهربائيًّا ذات أطوال مختلفة. يوضع الحمض النووي DNA على أحد طرفي مادة كالجيلاتين، فيُحدث فرق الجهد عندئذٍ مجالاً كهربائيًّا خلال هذه المادة (الهلام)، مما يؤدي إلى تحرك أجزاء الحمض النووي إلى الطرف الآخر. وكلما كانت القطعة أكبر كانت حركتها أبطأ. بعد ذلك يصبغ الحمض النووي، ثم تلتقط له صورة فوتوغرافية؛ وذلك لإظهار مدى انتقال كل جزء. اسأل الطلبة. "افترض أنك استخلصت الحمض النووي DNA من 15 حلزونًا، ووجدت أن أجزاء الحمض النووي DNA لخمسة حلازين عند الموقع نفسه، فماذا تستنتج؟ خمس حلازين لها حمض نووي DNA متشابه، ومن المُرجّح أنها ذات صلة. م1

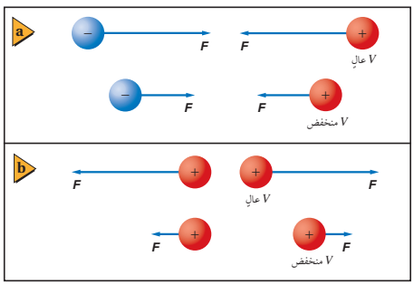
نشاط

الالتصاق الكهربائي لاحظ معظم الطلبة الالتصاق الكهربائي عند سحب مواد بعضها فوق بعض، مثل جوارب مصنوعة من النايلون، وقميص من البوليستر، عند تفريغ مجفّفة الملابس. ففي عملية التجفيف الآلي تُشحن الألياف الاصطناعية الحديثة كهربائيًّا بسهولة. اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات صغيرة؛ لاستقصاء مواد مختلفة تكون متوافرة لتقليل الشحنة الكهربائية الساكنة المتراكمة أو إزالتها، مثل مطرّيات النسيج، والمواد المضافة إلى مجفّفات الملابس، وبعض التطبيقات مثل مضخة المرشّات أو البخاخات. اطلب إلى الطلبة تجميع وتصنيف وعرض فاعلية كل عنصر وتوضيح مبدأ عمله. م1

حسي-حركي

استخدام الشكل 11–1

يكون المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين منتظمًا فقط، إذا كان طول اللوحين وعرضهما، أكبر كثيرًا من المسافة التي تفصل بينهما. أشر إلى أن المجال يكون غير منتظم بالقرب من حواف (أطراف) اللوحين. م1

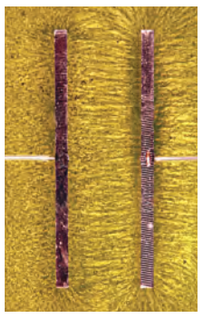


الشكل 10–1 يقل الجهد الكهربائي عند تقريب شحنتين مختلفتين إحداها إلى الأخرى (a)، ويزداد الجهد الكهربائي عند تقريب شحنتين متشابهتين إحداها إلى الأخرى (b).

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 10–1**.

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

يمكننا الحصول على قوةٍ ومجالٍ كهربائيين منتظمين بوضع لوحين موصلين مستويين أحدهما موازٍ 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. ويُمثّل النمط المُتشكّل من بذور الأعشاب الموضّح في **الشكل 11–1** المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين.



الشكل 11–1 تمثيل لمجال كهربائي منتظم بين لوحين متوازيين.

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

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

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

يزداد الجهد الكهربائي كلما تحركنا في اتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي، أي أن الجهد الكهربائي يكون أكبر بالقرب من اللوح الموجب. وباستخدام تحليل الوحدات، يكون حاصل ضرب وحدة E في وحدة d هو (N /C) (m)، وهذا يكافئ J/C، والذي يُعدّ تعريفًا للفولت (V).

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

الصيغة الرياضية اكتب على السبورة: الشغل = الشحنة × فرق الجهد، وأشر إلى أن هذه الصيغة الرياضية تربط الشغل المبذول بالشحنة وفرق الجهد. اسأل الطلبة: ما الوحدات التي سيستخدمونها في هذه الصيغة الرياضية؟ وحدة قياس الشغل هي الجول، ووحدة قياس الشحنة هي الكولوم، ووحدة فرق الجهد هي الفولت. اطلب إلى الطلبة إعادة كتابة الصيغة الرياضية باستخدام الوحدات الصحيحة. $1\text{J} = (1\text{C}) \times (1\text{V})$. م2

منطقي-رياضي

مثال 4

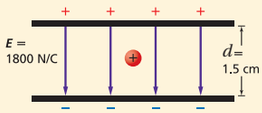
الشغل المبذول لنقل بروتون بين لوحين متوازيين مشحونين لوحان متوازيان مشحونان المسافة بينهما 1.5 cm، وشدة المجال الكهربائي بينهما 1800 N/C، احسب مقدار:

a. فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين.

b. الشغل المبذول لنقل بروتون من اللوح السالب إلى اللوح الموجب بسرعة منتظمة.

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم اللوحين على أن يكون البعد بينهما 1.5 cm
- ميّز 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.



المعلوم	المجهول
$E = 1800\ N/C$	$\Delta V = ?$
$d = 1.5\ cm$	$W = ?$
$q = 1.60 \times 10^{-19}\ C$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. أوجد فرق الجهد بين اللوحين.

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

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

b. استخدم معادلة فرق الجهد لحساب الشغل.

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

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$
$$W = q\Delta V$$
$$= (1.60 \times 10^{-19}\ C)(27\ V)$$
$$= 4.3 \times 10^{-18}\ J$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** (N/C)(m) = N.m/C = J/C = V، ستكون الوحدة الناتجة هي الفولت، ووحدة الشغل هي C.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.

25

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 الطلبة أن يحوّلوا 4.0 cm إلى 0.040 m)

الجواب

أولاً حل بالنسبة للمجهول

$$\Delta V = Ed$$

$E = 2400\ NC$

$d = 4.0\ cm = 0.040\ m$

$$\Delta V = (2400\ N/C)(0.040\ m)$$
$$= 96\ V$$

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

الجواب

بما أن $\Delta V = W/q$، فإن $W = q\Delta V$

عوّض عن q و ΔV

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

$W = (1.60 \times 10^{-19}\ C)(96\ V)$

$W = 1.5 \times 10^{-17}\ J$

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

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

مسائل تدريبية

16. $2.0\times10^{4}\ N/C$

17. $1.7\times10^{7}\ J$

18. $1.8\times10^{-14}\ J$

عرض سريع

الألواح المتوازية المشحونة

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات أداة لتوليد الكهرباء الساكنة بالحثّ (إلكتروفورس) تتكون من البوليسترين أو البلاستيك، وصحن مصنوع من الألومنيوم، وصوف، وكأس بوليسترين أو كأس بلاستيكيّة، وكرة بيلسان.

الخطوات

ثبّت الكأس بصحن الألومنيوم؛ ستستخدم الكأس كمقبض. اشحن قطعة البلاستيك بدلكها بقطعة صوف، واستخدم كرة البيلسان لإظهار المجال المُتكوّن بالقرب من منطقة الدلك. بَعد ذلك ضع صحن الألومنيوم على قطعة البلاستيك ثم المسه بإصبعك. سيكتسب الصحن شحنةً مخالفة. استخدم كرة البيلسان لتوضّح أن هناك مجالاً متكوّنًا حوله. احمل الصحن بحيث يكون موازيًا لقطعة البلاستيك. ستُظهر كرة البيلسان المجال المتكوّن بين اللوحين.

مسائل تدريبية

16. إذا كانت قراءة فولتمتر متصل بلوحين متوازيين مشحونين 400 V، وذلك عندما كانت المسافة بينهما 0.020 m ، فاحسب شدة المجال الكهربائي بينهما.

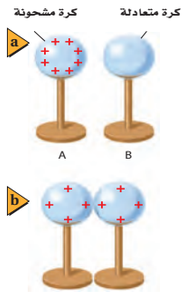
17. يمكن لبطارية سيارة جهدها 12 V ومشحونة بصورة كاملة أن تختزن شحنة مقدارها $1.44\times10^{6}\ C$، ما مقدار الشغل الذي يمكن أن تبذله البطارية قبل أن تحتاج إلى إعادة شحنها؟

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

توزيع الشحنة وتقاسمها Sharing of Charge

يؤول أي نظام إلى الاتزان عندما تصبح طاقته أقل ما يمكن. فإذا وضعت كرة على قمة تل مثلًا فإنها ستصل في النهاية إلى قاع الوادي وتستقر هناك؛ حيث تكون طاقة وضع الجاذبية لها عندئذٍ أقل ما يمكن، ويفسر المبدأ نفسه، ما يحدث عند تلامس كرة فلزية معزولة ومشحونة بشحنة موجبة مع كرة فلزية أخرى غير مشحونة، كما هو موضّح في الشكل 12–1.

كرات متساوية الحجم إن الشحنات الموجبة على الكرة A يتنافر بعضها مع بعض؛ لذا فعندما يلامس سطح الكرة المشحونة A سطح الكرة المتعادلة B يكون هناك قوة كهربائية محصلة تؤثر في الشحنات الموجودة على الكرة A في اتجاه الكرة B. افترض أنك حرّكت الشحنات ونقلتها منفردة من A إلى B. عندما تنقل الشحنة الأولى ستدفعها الشحنات المتبقية على A في اتجاه B، وللتحكم في سرعتها يجب أن تؤثر فيها بقوة في الاتجاه المعاكس. فتكون بذلك قد بذلت عليها شغلًا سالبًا، 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 تصبح القوة التي تدفع الشحنة من A إلى B تساوي قوة 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 استمررت في 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 12–1 عندما تلمس كرة فلزية مشحونة كرة فلزية أخرى متعادلة مساوية لها في الحجم تتوزع الشحنات على الكرتين بالتساوي.

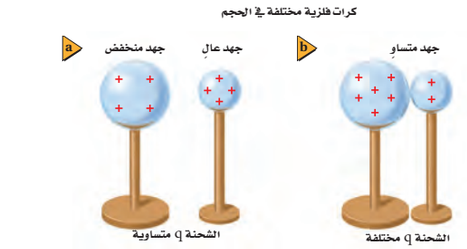
استخدام النماذج

توزيع الشحنة وتشاركها اطلب إلى الطلبة تصميم وبناء نماذج خاصة بهم؛ وذلك من أجل اختبار المفاهيم الموضحة في **الشكلين 12–1 و13–1**. راعِ أن يناقش الطلبة مواد مناسبة وطرائق الاستقصاء. بناء على خبرتهم التي اكتسبوها من التجربة الاستهلالية، وأنشطة استكشاف الشحنة الكهربائية، يجب أن يمتلك الطلبة معرفة كافية لبناء نماذج فعّالة قابلة للتطبيق. م2 **حسي- حركي**

المناقشة

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

الإجابة يتناسب المجال الكهربائي داخل الكرة طرديًّا مع البعد عن مركزها، في حين يتناسب المجال الكهربائي خارجها عكسيًّا مع مربع البعد عن مركزها. م2



الشكل 13-1 تنتقل الشحنات من الكرة ذات الجهد الأعلى إلى الكرة ذات الجهد الأخفض عند تلامسهما، ويستمر انتقال الشحنات إلى أن ينعدم فرق الجهد بينهما.

كرات مختلفة الحجم افترض أن الكرتين الموصلتين مختلفتان في الحجم، كما هو موضّح في **الشكل 13–1**. 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. فإذا 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 يصبح فرق الجهد الكهربائي بينهما صفرًا. 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. وبدون وجود قوة محصلة لا يوجد مجال كهربائي أو مركِّبة له موازية لسطح الموصل، لذا لا يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين أي نقطتين على سطحه، ولذلك يكون سطح الموصل المشحون سطح تساوي جهد.

تفريغ الشحنات إذا تم تأريض جسم مشحون بوصله بالأرض، فستنتقل غالبًا أي كمية شحنة عليه إلى الأرض إلى أن يصبح فرق الجهد الكهربائي بين الجسم والأرض صفرًا. فيمكن مثلًا أن تُشحن صهاريج نقل البنزين عن طريق الاحتكاك، وإذا انتقلت الشحنات الزائدة الموجودة على صهريج بنزين إلى الأرض من خلال بخار البنزين فستُحدث انفجارًا. ولتفادي حدوث ذلك يوصل سلك فلزي بالصهريج حتى يوصل الشحنات ويُفرّغها في الأرض بطريقة آمنة، كما يوضح الشكل 14–1. وبالمثل إذا لم يتم تأريض جهاز حاسوب بوصله بالأرض فسيتولد فرق جهد كهربائي بين جهاز الحاسوب والأرض، وإذا لامس شخص جهاز الحاسوب فستتدفق الشحنات من الحاسوب إلى الشخص، مما قد يؤدي إلى تلف الجهاز، أو إيذاء الشخص.

الشكل 14–1 سلك التأريض المتصل بصهريج نفط يمنع اشتعال بخار البنزين.

نشاط تحدٍّ

تطبيقات فرق الجهد يمكن للطلبة المهتمين البحث في كيفية التخطيط الكهربائي للقلب، والتخطيط الكهربائي لشبكية العين، والتخطيط الكهربائي للعضلات، والتخطيط الكهربائي للدماغ. اطلب إلى الطلبة البحث حول أحد هذه الإجراءات الطبية. واطلب إليهم وصف كيفية تطبيق فرق الجهد للجهاز أو الإجراء الذي اختاروا دراسته عند عرضهم للمعلومات التي حصلوا عليها لزملائهم في الصف. م3 **لغوي**

عرض سريع

الهواء المُؤيَن

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات ملف رومكورف (تسلا)، ونظارات واقية. **تحذير**: مراعاة احتياطات الأمن والسلامة عند التعامل مع ملف رومكورف.

الخطوات شغّل ملف رومكورف أو اضبطه يدويًّا على أكبر شرارة يمكن الحصول عليها بين القطبين وعتّم الغرفة. لاحظ طرفي الملف بعد تشغيله، حيث يجب أن يظهر توهّج أزرق. اسأل الطلبة: "ما سبب التوهّج الأزرق؟" مجال كهربائي قوي يعمل على تأيين جزيئات الهواء. اسأل الطلبة عما إذا ميزوا 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 خزّان 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 للطلبة 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 تؤدي إلى حدوث شرارة تقود إلى حدوث حريق. م2

تطوير المفهوم

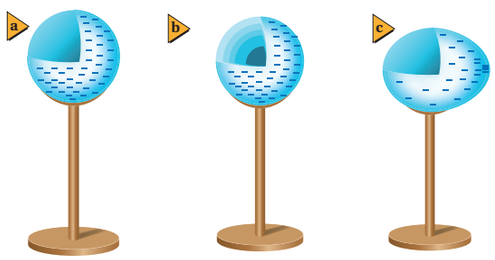
الشحنة الكليّة وضّح أن كلمة شحنة في تعريف السعة الكهربائية لمكثف تشير إلى القيمة المطلقة للشحنة على أيٍّ من لوحيه، إذ إن الشحنة الكلية للمكثّف المشحون تساوي صفرًا دائمًا؛ ذلك لأن لوحيه مشحونان بشحنتين متساويتين في المقدار، ومختلفتين في النوع.

المجالات الكهربائية بالقرب من الموصلات
Electric Fields Near Conductors

تتوزّع الشحنات الكهربائية على موصل مشحون مبتعدة بعضها عن بعض أبعد ما يمكن، بحيث تكون طاقة النظام أقل ما يمكن، مما يؤدي إلى توزع الشحنات الفائضة على سطح الموصل المُصمت كما هو موضح في **الشكل 15–1a**، وإن كان الموصل أجوف فستتحرك الشحنات الفائضة نحو سطحه الخارجي أيضًا. فإذا شُحن وعاء فلزي مقفل أو شبه مقفل فستتوزع الشحنات على سطحه الخارجي، ولن يكون هناك أي شحنات على سطحه الداخلي كما هو موضح في **الشكل 15–1b**، وإن كان السطح الداخلي لجسم ما مُنقّرًا أو خشنًا، مما يجعل مساحة سطحه الداخلي أكبر من مساحة سطحه الخارجي، إلا أن الشحنات ستتوزع كلّها على سطحه الخارجي. وبهذه الطريقة يعمل الوعاء الفلزي المغلق عمل درع واقٍ يحمي ما بداخله من المجالات الكهربائية. فمثلًا يكون الناس داخل السيارة محميين من المجالات الكهربائية الناتجة عن البرق.

يعتمد المجال الكهربائي حول موصل مشحون على شكل الموصل وفرق الجهد الكهربائي بين الموصل والأرض، وعند الرؤوس المدببة من سطح الموصل تكون الشحنات أكثر قربًا بعضها من بعض، كما هو موضح في **الشكل 15–1c**؛ لذا تكون خطوط المجال الكهربائي عند هذه الرؤوس أكثر تقاربًا، وتكون شدة المجال الكهربائي أكبر. وإذا أصبحت شدة هذا المجال كبيرة بدرجة كافية فإنه يكون قادرًا على مسارعة الإلكترونات والأيونات الناتجة من 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 من الأيونات والإلكترونات التي تشكل البلازما– وهي مادة موصلة– عندما تصطدم الجسيمات بجزيئات أخرى، وتصدر شرارة كهربائية، أما في الحالات الشديدة فينتج البرق.

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



الشكل 15–1 تتوزع الشحنات على سطح الكرة الموصلة بانتظام (a). أما الكرة الجوفاء (b) فتستقر الشحنات دائمًا على سطحها الخارجي. أما في الأشكال غير المنتظمة (c) فتقترب الشحنات بعضها إلى بعض عند الأطراف المدببة.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الكُرات والشحنات تجذب القُبّة الفلزية لمولد كرة مولّد فان دي جراف المشحونة بشحنة موجبة الجسيمات سالبة الشحنة. فعندما يتحرك جسيم سالب الشحنة مبتعدًا عن الكرة، فإنه يتباطأ، أي تتناقص طاقته الحركية؛ وذلك لأن طاقته تُختزن في المجال الكهربائي المحيط. وعندما يتحرك هذا الجسيم المشحون مقتربًا من الكرة، فإنه يتسارع؛ أي تتزايد طاقته الحركية نتيجة تحرّر الطاقة المختزنة 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 تُختزن في المجال الكهربائي المحيط. وعندما يتحرك هذا الجسيم مبتعدًا عن الكرة، فإنه يتسارع؛ أي تتزايد طاقته الحركية نتيجة تحرّر الطاقة.

تخزين الشحنات: المُكثّف Storing Charges: The Capacitor

عند رفع كتاب عن سطح الأرض تزداد طاقة وضع جاذبية الكتاب. ويمكن تفسير ذلك على أنه تخزين للطاقة في مجال الجاذبية الأرضي. وبطريقة مماثلة يمكن تخزين الطاقة في المجال الكهربائي؛ والجهاز الذي يعمل على تخزين الشحنات الكهربائية يسمّى **المكثف الكهربائي**، ويتكون من لوحين موصلين بينهما مادة عازلة.

عند إضافة شحنات كهربائية إلى جسم يزداد فرق الجهد الكهربائي بين ذلك الجسم والأرض. وإذا كان شكل الجسم وحجمه ثابتين فإن النسبة بين الشحنة المخزنة على الجسم وفرق الجهد الكهربائي $\frac{q}{\Delta V}$ تبقى ثابتة، وتسمى تلك النسبة **السعة الكهربائية** C. وعند إضافة كمية من الشحنة ولو كانت قليلة إلى كرة صغيرة بعيدة عن الأرض فإن فرق الجهد الكهربائي بينها وبين الأرض يزداد، لذا تكون السعة الكهربائية قليلة. أما الكرة الكبيرة فيمكنها أن تخزن كمية شحنات أكبر عند فرق الجهد نفسه، ولذلك تكون سعتها الكهربائية أكبر.

صُمّمت المكثفات ليكون لها سعات كهربائية محدّدة. وتتكون المكثفات من موصلين يفصل بينهما مادة عازلة. وللموصلين شحنتان متساويتان في المقدار إلا أنهما مختلفتان في النوع. وتستخدم المكثفات في الدوائر الكهربائية لتخزين الشحنات. فبعض المكثفات كبيرة وضخمة جدًّا حتى أنها تملأ غرفة كاملة، ويمكنها تخزين شحنات تكفي لإحداث برق اصطناعي، أو تشغيل ليزرات عملاقة قادرة على إطلاق آلاف الجولات من الطاقة خلال بضعة أجزاء من البليون من الثانية. أما المكثفات الموجودة في التلفاز فيمكنها تخزين كمية كافية من الشحنات عند فروق جهد مساوية لعدة مئات من الفولتات، لذا تكون خطيرة جدًّا إذا لُمست. وتبقى هذه المكثفات مشحونة عدة ساعات بعد إغلاق التلفاز. وهذا هو السبب وراء التحذير من فتح غطاء التلفاز أو غطاء شاشة جهاز الحاسوب حتى لو لم تكن متصلة بمصدر جهد كهربائي.

لا تعتمد السعة الكهربائية لمكثف على شحنته، ويمكن قياسها بشحن أحد اللوحين بشحنة $+q$ والآخر بشحنة $-q$، ثم قياس فرق الجهد الكهربائي الناتج بين اللوحين ΔV. وبعد ذلك نحسب السعة الكهربائية من خلال العلاقة أدناه.

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

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

الفاراد وحدة قياس تُقاس السعة الكهربائية بوحدة الفاراد، والتي سميت بهذا الاسم نسبة إلى العالم مايكل فاراداي، والفاراد الواحد عبارة عن واحد كولوم لكل فولت، C/V. وكما أسلفنا أن 1 C وحدة كبيرة جدًّا لقياس الشحنة، فإن 1 F وحدة كبيرة جدًّا أيضًا لقياس السعة الكهربائية؛ فأغلب المكثفات المستخدمة في الإلكترونيات الحديثة لها سعات

29

التفكير الناقد

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

تجربة إضافية

بناء مُكثّف

الهدف يصمم مُكثّفًا.

المواد والأدوات مولد كهربائي تعليمي ذو ذراع تدوير يدوي، وفولتمتر، وأسلاك توصيل مزوّدة بمشابك فم التمساح، ورقائق من الألومنيوم، وغلاف بلاستيكي.

الخطوات

1. استعمل رقائق ألومنيوم مفصولة بغلاف بلاستيكي لبناء مكثف. رتّب رقاقتي الألومنيوم والغلاف البلاستيكي بصورة متعاقبة. اجعل رقاقتي الألومنيوم بارزتين من أحد الجوانب. اضغط الطبقات معًا، ثم ثبّت سلك توصيل بكل رقاقة من رقاقتي الألومنيوم من جهة بروزهما.
2. صِل المولد مع المكثف، ثم صِل المكثف مع الفولتمتر.
3. عندما تبدأ تدوير ذراع المولّد حافظ على أن يكون الجهد أقل من 4 V
4. راقب الجهد، وصِل جهاز فولتمتر بطرفي المكثف وراقبه جيدًا. تأكد أنه موجب وأقل من 4 V

التقويم عندما يشحن الطلبة مكثفاتهم باستخدام المولّد، فإنه يمكنهم ملاحظة أن المكثف قد شحن. اسألهم: ماذا يمكن أن يعملوا لزيادة السعة الكهربائية؟ زيادة مساحة رقائق الألومنيوم وتقليل سمك العازل.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

الأعصاب والعضلات يتسبب تطبيق التحدِّ الكهربائي في حدوث سلسلة من التغيرات في الجهد الغشائي (الكمون الغشائي) RMP للخلايا العصبية والعضلية. ويؤدي التحدِّ المُطبّق على نقطة واحدة في الخلية إلى جعل منطقة صغيرة في الخلية غير مُستقطَبة، ويسمى هذا الجهد الموضعي. وإذا كان الجهد الموضعي كبيرًا بقدرٍ كافٍ فإنه يمكن أن يسبب حدوث الجهد المؤثر؛ وهو إزالة استقطاب بدرجة أكبر للجهد الغشائي، وهذا ينتشر دون أن يتغير مقداره خلال غشاء الخلية كاملاً.

تقوية

المكثّفات عَرِّف المكثف الكهربائي على أنه يتكوّن من موصلين منفصلين ومشحونين بشحنتين مختلفتين في النوع q_1 وq_2. اسأل الطلبة: 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 أنهما مختلفتان في النوع. م 2

مثال صفي

سؤال إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين كرة ما وسطح الأرض 76.0 V، عندما كانت الكرة مشحونة بشحنة مقدارها 3.8×10^{-4} C، فما مقدار السعة الكهربائية للكرة؟

الجواب

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

$\Delta V = 76.0$ V

$q = 3.8\times10^{-4}$ C

$C = 3.8\times10^{-4}\ \text{C} / 76.0\ \text{V}$

$= 5.0\times10^{-6}$ F

$= 5.0\ \mu$F

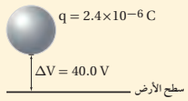
مسائل تدريبية

19. 1.2×10^{-3} C
20. المكثف 6.8 μF، 1.6×10^{-4} C
21. 1.0×10^{-5} F

كهربائية تتراوح بين 10 بيكوفاراد (10×10^{-12} F) و 500 ميكروفاراد (500×10^{-6} F). أما المكثفات التي تستخدم في ذاكرة الحاسوب لمنع الضياع 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؛ أي أن سعة المكثف لا تعتمد على الشحنة q.

مثال 5

إيجاد السعة الكهربائية شحنت كرة بشحنة مقدارها 2.4×10^{-6} C فأصبح فرق الجهد الكهربائي بينها وبين الأرض يساوي 40.0 V، احسب السعة الكهربائية للكرة؟



1 تحليل المسألة ورسمها

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

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

2 إيجاد الكمية المجهولة

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

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$
$$= \frac{2.4\times10^{-6}\ \text{C}}{40.0\ V}$$
$$= 6.0\times10^{-8}\ \text{F}$$
$$= 0.060\ \mu\text{F}$$

3 تقويم الجواب

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

مسائل تدريبية

19. مكثف كهربائي سعته 27 μF وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه 45 V، احسب مقدار شحنة المكثف.
20. مكثفان، سعة الأول 3.3 μF، وسعة الآخر 6.8 μF، إذا وصل كل منهما بفرق جهد 24 V فأي المكثفين له شحنة أكبر؟ وما مقدارها؟
21. عند إضافة شحنة مقدارها 2.5×10^{-5} C إلى مكثف يزداد فرق الجهد بين لوحيه من 12.0 V إلى 14.5 V، احسب مقدار سعة المكثف.

30

مشروع فيزياء

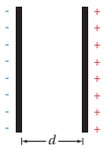
نشاط

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

مسألة تحدٍّ

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

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



أنواع المكثفات المختلفة تصنع المكثفات بأشكالٍ وأحجامٍ مختلفة، كما يوضّح **الشكل 16–1**؛ وتسمّى المكثفات حسب نوع العازل الذي يفصل بين اللوحين، مثل السيراميك، والمايكا، والبوليستر، والورق، والهواء. ويمكن التحكم في السعة الكهربائية لمكثف بتغيير المساحة السطحية للموصلين، أو اللوحين الفلزيين داخل المكثف، أو تغيير المسافة بينهما، أو تغيير طبيعة المادة العازلة بينهما. ويمكن الحصول على سعة كهربائية كبيرة لمكثف بزيادة المساحة السطحية للوحين الفلزيين وتقليل المسافة بينهما. يمكن التعبير عن الطاقة المختزنة في مكثف سعته C وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيه ΔV بالعلاقة $W=\frac{1}{2}q\,\Delta V$، ومن التطبيقات للإستفادة من الطاقة المختزنه في المكثفات آلة التصوير الإلكترونية ذات الفلاش الضوئي كما في الشكل.

الشكل 16–1 أنواع مختلفة من المكثفات.

3–1 مراجعة

22. **فرق الجهد الكهربائي** ما الفرق بين طاقة الوضع الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي؟
23. **المجال الكهربائي وفرق الجهد** بيّن أن الفولت لكل متر هو نفسه نيوتن لكل كولوم.
24. **السعة الكهربائية** احسب مقدار الشحنة المختزنة على مكثف سعته 0.47 μF عندما يُطبّق عليه فرق جهد مقداره 12 V.
25. **توزيع الشحنات** عند ملامسة كرة موصلة صغيرة مشحونة بشحنة سالبة لكرة موصلة كبيرة مشحونة بشحنة موجبة، ماذا يمكن القول عن:
a. جهد كل من الكرتين. **b**. شحنة كل من الكرتين.
26. **التفكير الناقد** بالرجوع إلى **الشكل 6–1**، وضح كيف تستمر الشحنات في التراكم على القبة الفلزية لمولّد فان دي جراف، ولماذا لا تتنافر الشحنات لتعود إلى الحزام عند النقطة B؟

مسألة تحدٍّ

1. باستخدام المعادلات التالية: $E=\Delta V/d$، $F=Eq$، $\Delta V=q/C$ نحصل على المعادلة:

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

2. $$F=\frac{q^2}{Cd}$$
$$q=\sqrt{FCd}$$
$$=\sqrt{(2.0\,\text{N})(2.2\times10^{-5}\,\text{F})(1.5\times10^{-3}\,\text{m})}$$
$$=2.6\times10^{-4}\,\text{C}$$

3. التقويم

التحقق من الفهم

المجال الكهربائي اطلب إلى الطلبة 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. م 2

التوسع

المكثف أخبر الطلبة أنه يُكتب على المكثف رقم يُعبّر عن جهد القطع. اسأل الطلبة: هل يؤدي وضع شحنة كبيرة جدًّا على المكثف إلى إتلافه؟ نعم، يؤدي وجود شحنة إضافية فائضة إلى تكوّن فرق جهد ΔV بين جزأي المكثف الموصلين. وإذا كان فرق الجهد هذا أكبر من جهد القطع، فإن التفريغ الكهربائي الناتج بين لوحي المكثف يُتلف المادة العازلة فيه، ومن ثم يُلغي عملها ووظيفتها. م 3

1-3 مراجعة

22. 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، وهو لا يعتمد على كمية الشحنة المنقولة.
23. $\text{V/m}=\text{J/C.m}=\text{N.m/C.m}=\text{N/C}$
24. $5.6\times10^{-6}\,\text{C}$
25. **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 الكرة التي كان لها أكبر كمية شحنة في البداية.
26. لا تولّد الشحنات الموجودة على القبة الفلزية مجالاً كهربائيًّا داخلها وتنتقل الشحنات فورًا من الحزام إلى السطح الخارجي للقبة، حيث لا يكون لها تأثير في الشحنات الجديدة التي تصل إلى النقطة B.

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 ستُستنفد داخليًّا وتصبح البطارية ساخنة جدًّا.

المواد والأدوات البديلة قد يكون لبعض أجهزة الفولتمتر القديمة مقاومة داخلية صغيرة، مما يؤدي إلى تصريف الشحنة واستنزافها من المكثف، مما يعطي قراءات منخفضة. ولقياس الجهود الكهربائية يمكن استعمال فولتمتر رقميّ، أو جهاز الفولتمتر الموجود في الجهاز الإلكتروني المتعدد القياسات، أو فولتمتر CBL، ومصدر قدرة DC صغير. ولتسهيل توصيل الأسلاك الكهربائية استخدم الأسلاك المزوّدة بمشابك فم التمساح.

استراتيجيات التدريس

- **امنح الطلبة 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.**

مختبر الفيزياء

شحن المكثّفات

المكثّف الكهربائي جهاز مكوّن من موصلين، أو لوحين فلزيين يفصل بينهما مادة عازلة، ويُصمّم ليكون له سعة كهربائية محدّدة. وتعتمد السعة الكهربائية له على خصائصه الفيزيائية (نفاذية الوسط الكهربائية)، والأبعاد الهندسية للموصلين والعازل. ويتم شحن المكثف من خلال وصل لوحيه بمصدر جهد مستمر من خلال دائرة مغلقة فيشحن 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. ستختبر في هذه التجربة شحن مكثفات مختلفة.

سؤال التجربة

كيف يتغير الزمن اللازم لشحن مكثفات مختلفة بتغير سعاتها؟

الأهداف

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

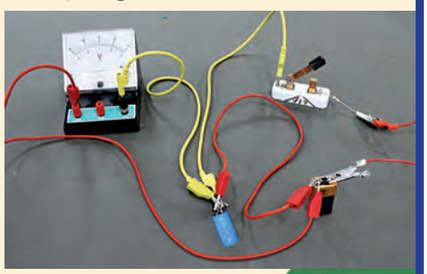
احتياطات السلامة

المواد والأدوات

بطارية 9V
ومقاومة كهربائية 47 kΩ
ساعة وقف
فولتمتر
أسلاك توصيل
مفتاح كهربائي
مشابك أو مرابط خاصة ببطارية 9 V
مكثفات 240 µF و500 µF و1000 µF

الخطوات

1. قبل البدء في تنفيذ التجربة دع المفتاح الكهربائي مفتوحًا، ولا تصل البطارية. **تحذير، كن حذرًا وتجنّب تكوّن دائرة قصر كهربائية، خصوصًا عند تلامس السلكين الموصولين بقطبي البطارية معًا.** ركّب الدائرة كما هو موضّح في الصورة.
2. قارن بين الدائرة التي ركّبتها والدائرة الموضحة في الصورة للتأكد من صحة توصيلاتك. لا تصل البطارية إلا بعد أن يتحقق المعلم من صحة التوصيلات.
3. أغلق المفتاح الكهربائي، ثم قس فرق الجهد خلال فترات زمنية مقدارها 5 s، افتح المفتاح الكهربائي بعد جمع البيانات.
4. عند الانتهاء من المحاولة، خذ سلكًا معزولًا وصله بطرفي المكثف. سيعمل هذا على تفريغ المكثف.
5. ضع المكثف 500 µF بدلًا من المكثف 1000 µF، وكرّر الخطوتين 4 و5، ودوّن البيانات في الجدول في العمود الخاص بالمكثف 500 µF
6. ضع المكثف 240 µF بدلًا من المكثف 500 µF، وكرّر الخطوات 4 و5، ودوّن البيانات في الجدول في العمود الخاص بالمكثف 240 µF



عيّنة بيانات

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

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

الزمن (s)	فرق الجهد (V) عبر 1000 µF	فرق الجهد (V) عبر 100 µF	فرق الجهد (V) عبر 10 µF
130	7.9	9	9
140	8.1	9	9
150	8.2	9	9
160	8.3	9	9
170	8.4	9	9
180	8.4	9	9
190	8.5	9	9

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				40			
5				45			
10				50			
15				55			
20				60			
25				65			
30				70			
35				75			

التحليل

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

الاستنتاج والتطبيق

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

التوسع في البحث

1. يعتمد الزمن اللازم لشحن مكثف – أي حتى يصل فرق الجهد بين طرفيه إلى فرق الجهد بين طرفي البطارية – على سعته ومقاومته لتدفق الشحنات خلال الدائرة. في هذه التجربة ضُبطت مقاومة تدفق الشحنات عن طريق توصيل مقاومة مقدارها 47 kΩ في الدائرة. وفي الدوائر الكهربائية التي تتضمن مكثفًا ومقاومة مثل الدائرة الواردة في هذه التجربة فإن الزمن (مقيسًا بالثانية) اللازم لشحن المكثف بنسبة 63.3 % من الجهد المطبّق يساوي حاصل ضرب السعة في المقاومة، وهذا ما يسمّى ثابت الزمن. لذا فإن $T = RC$؛ حيث T مقيسة بالثواني، وR مقيسة بالأوم، وC مقيسة بالميكروفاراد. 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 الكاميرات الصغيرة المُزوّدة بفلاش مخصّص للاستعمال مرة واحدة فقط، ووحدات الفلاش الإلكترونية العادية تحتاج إلى زمن معين حتى يصبح الفلاش جاهزًا للاستعمال، حيث يعمل المكثف هنا على تخزين الطاقة من أجل الفلاش. وضّح ما يحدث خلال الزمن الذي يجب أن تنتظره لأخذ الصور الثانية.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
لمزيد من المعلومات عن الكهرباء الساكنة ارجع إلى الموقع الإلكتروني
www.obeikaneducation.com

الفيزياء في الحياة

يجب أن يشحن المكثف لقيمة محدّدة قبل أن يصبح الفلاش جاهزًا للعمل. العوامل المؤثرة في الزمن الذي تحتاج إليه لشحن الفلاش هي السعة الكهربائية للمكثف، والتيار المتاح.

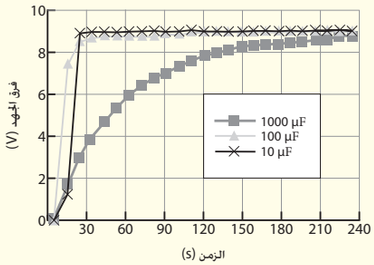
لاحظ أن الفلاش يميل إلى أن يشحن بسرعة عند استعمال بطاريات جديدة مقارنة مع استعمال بطاريات قديمة.

تجربة استقصاء بديلة

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

التحليل

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



الاستنتاج والتطبيق

1. لا؛ لأن تراكم الشحنات على المكثف يستغرق فترة زمنية اعتمادًا على سعته الكهربائية. الزيادة غير خطية. الجهد يساوي الشحنة/ السعة الكهربائية.
2. يحتاج المكثف الأكبر زمنًا أطول حتى يصبح مشحونًا تمامًا.

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

التوسع في البحث

1.

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

2. ستختلف الإجابات بسبب تغير قيمة السعة الكهربائية الحقيقية. ثوابت الزمن لعيّنة البيانات ترتبط معًا بصورة جيدة.

الخلفيّة 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 جدًّا إلا أنها تقوم بالمهمة نفسها؛ فهي مصدر للشحنات التي تتراكم على المركبة الفضائية. تحدث الأقواس الكهربائية في الفضاء عند جهود كهربائية منخفضة مقارنة بالأقواس الكهربائية التي تحدث على الأرض، حيث يلزم جهد كبير مقداره 20 kV /cm لتكوين قوس كهربائي على الأرض؛ ذلك لأن جسيمات الهواء قريبة جدًّا بعضها من بعض 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 بعيد بعضها عن بعض، لذا تكتسب الإلكترونات سرعات كبيرة. وعندما تصطدم هذه الإلكترونات بجسيمات الغاز الأخرى فإن هذا يؤدي إلى تحرّر مزيد من الإلكترونات، والتي تتسارع بدورها بَعد ذلك، وتحرّر مزيدًا من الإلكترونات. وينتج عن هذا التدفق الهائل من الشحنات الكهربائية في النهاية، قوس كهربائي.

استراتيجيات التدريس

- ذكّر الطلبة أن البلازما موصلة بدرجة كبيرة.
- ناقش كيف يعمل التوصيل مع الأرض على تفريغ شحنة الأجسام سالبة الشحنة، وشحنة الأجسام موجبة الشحنة. أشر إلى أن التأريض الذي نعدّه بديهيًّا وأمرًا مفروغًا منه على الأرض، يعدّ حدوثه أمرًا مستحيلاً في الفضاء الخارجي.

نشاط

نموذج قوس اطلب إلى الطلبة توليد شَرَر كهربائي بوساطة ملف رومكورف. واطلب إليهم ملاحظة أي دليل على وجود حرارة أوتغيرات سريعة في فرق الجهد الكهربائي، و التيار. وإذا استخدم الطلبة الكهرباء الساكنة، لتوليد الشرر الكهربائي، فاسألهم كيف يمكنهم تغيير المواد لتفريغ فرق الجهد.

التوسع

1. **توفر** قواطع البلازما مسارًا موصلاً للشحنات، ويمكن معادلة فرق الجهد من خلال تدفق الشحنات على امتداد هذا المسار. عندما تلمس قرص الكشّاف الكهربائي بإصبعك فإنك بذلك تكوّن مسارًا للإلكترونات لكي تتدفق من الكشّاف الكهربائي أو إليه.
2. ستختلف أبحاث الطلبة. 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.

تقنية المستقبل

المركبة الفضائية والكهرباء الساكنة Spacecraft and Static Electricity

معظم الأجسام على الأرض لا تتراكم عليها شحنات كهربائية ساكنة كبيرة؛ وذلك بسبب ملامسة سطوح 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 يوجد 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 بآلاف الفولتات.

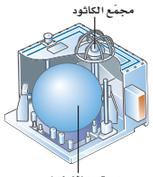
البلازما والشحن البلازما إحدى حالات المادة، وتتكون من إلكترونات حرة وأيونات موجبة. تكون المركبة الفضائية في مدارها محاطة بسحابة رقيقة من هذه البلازما. وتتحرك الإلكترونات في البلازما بسهولة أكثر من الأيونات الموجبة الضخمة، لذا يميل سطح المركبة الفضائية إلى جذب الإلكترونات، فيحدث تراكم للشحنة السالبة.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

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

عواقب القوس درجة حرارة الأقواس الكهربائية المتكوّنة كبيرة جدًّا، كما أنها تحمل تيارًا كهربائيًّا كبيرًا، 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 بصورة خاصة لضرر القوس الكهربائي. إضافة إلى الأضرار التي قد تلحق بمكوّنات المركبة الفضائية فإن تراكم الشحنة قد يعرّض طاقم المركبة الفضائية للخطر في أثناء سيرهم في الفضاء.

لتفريغ فرق الجهد وحماية المركبة والطاقم يجب أن يوصل السطح الخارجي لمحطة الفضاء بسحابة البلازما المحيطة به وذلك بوساطة موصل كهربائي، يسمى قواطع البلازما. يبدأ التوصيل على متن المحطة في مكان تأين غاز الزينون –المتدفق من مستودع في وحدة قواطع البلازما PCU– بوساطة 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



تطبيقات مستقبلية قد تصمّم المركبة الفضائية المستقبلية بدمج قواطع البلازما في نظام الدفع. ففي صاروخ البلازما المغناطيسية ذي الدفع النوعي المتغير مثلًا قد يستخدم عادم البلازما الناتج لتوفير الربط الكهربائي بين المركبة الفضائية والبلازما المحيطة بها. ويعتقد العلماء أن هذا النوع من الصواريخ سيستخدم في المستقبل للسفر بين الكواكب.

التوسع

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

المفاهيم الرئيسة

يمكن أن يستخدم الطلبة العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل
دليل الدراسة

1–1 القوة الكهربائية Electric Force

المفردات
- قانون كولوم
- الكولوم
- الشحنة الأساسية

الأفكار الرئيسة
- ينص قانون كولوم على أن القوة بين جسيمين مشحونين تتناسب طرديًّا مع حاصل ضرب مقدار شحنتيهما وعكسيًّا مع مربع المسافة بينهما. $F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$

لتحديد اتجاه القوة تذكر القاعدة التالية: الشحنات المتشابهة تتنافر، والمختلفة تتجاذب.
- وحدة الشحنة في النظام الدولي للوحدات SI هي الكولوم. والكولوم الواحد C هو مقدار شحنة 6.24×10^{18} إلكترون أو بروتون. والشحنة الأساسية هي شحنة البروتون أو الإلكترون، ومقدارها يساوي 1.6×10^{-19} C

1–2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها Creating and Measuring Electric Fields

المفردات
- المجال الكهربائي
- خط المجال الكهربائي
- نقطة التعادل

الأفكار الرئيسة
- يوجد مجال كهربائي حول أي جسم مشحون، ويؤثر هذا المجال بقوى في الأجسام المشحونة الأخرى.
- شدة المجال الكهربائي يساوي القوة مقسومة على وحدة الشحنات. $E = \frac{F}{q}$
- اتجاه المجال الكهربائي هو اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة صغيرة.
- توفّر خطوط المجال الكهربائي صورة للمجال الكهربائي؛ حيث تكون دائمًا خارجة من الشحنة الموجبة وداخله إلى الشحنة السالبة، ولا تتقاطع مطلقًا، وترتبط كثافتها بشدة المجال.

1–3 تطبيقات المجالات الكهربائية Applications of Electric Fields

المفردات
- فرق الجهد الكهربائي
- الفولت
- سطوح تساوي الجهد
- المكثف (المواسع)
- السعة الكهربائية

الأفكار الرئيسة
- فرق الجهد الكهربائي يساوي التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات الكهربائية في المجال الكهربائي. $\Delta V = \frac{W}{q}$
- يكون المجال الكهربائي بين لوحين مشحونين متوازيين منتظمًا ماعدا النقاط التي تكون عند أطراف اللوحين، حيث يكون المجال هناك غير منتظم، ويرتبط فرق الجهد مع شدة المجال الكهربائي من خلال العلاقة التالية: $\Delta V = Ed$
- يعمل التأريض على جعل فرق الجهد بين الجسم والأرض صفرًا.
- يمنع التأريض حدوث الشرارة الكهربائية الناتجة عن ملامسه الجسم المتعادل لأجسام أخرى تراكم عليها كمية كبيرة من الشحنات.
- يكون المجال الكهربائي أكبر ما يمكن عند المناطق المدبّبة أو الحادة من سطح الموصل.
- السعة الكهربائية هي النسبة بين شحنة جسم وفرق الجهد الكهربائي عليه. $C = \frac{q}{\Delta V}$
- يستخدم المكثّف الكهربائي في تخزين الشحنات الكهربائية.

التقويم

خريطة المفاهيم

27. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

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

29. يجب أن يكون مقدار شحنة الاختبار صغيرًا جدًّا مقارنة مع مقادير الشحنات التي تولّد المجال الكهربائي، كما يجب أن تكون موجبة.

30. 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.

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

32. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. انظر دليل حلول المسائل.

c. انظر دليل حلول المسائل.

d. انظر دليل حلول المسائل.

33. لأن الجسم المشحون يشارك شحنته مع سطح الأرض التي تعدّ جسمًا ضخمًا جدًّا.

34. الطاولة مادة عازلة، أو على الأقل موصل رديء جدًّا لتوصيل الكهرباء.

35. تركيز الشحنة على الزوايا أكبر.

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

تطبيق المفاهيم

37. التشابه: يعتمد التربيع العكسي على المسافة، تتناسب القوة طرديًّا 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 إما قوة تجاذب أو قوة تنافر.

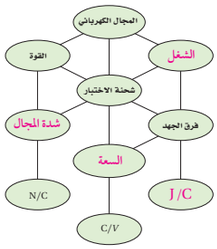
38. القوة الكهربائية أكبر كثيرًا.

39. أكبر من القوة الأصلية 16 مرة.

الفصل 1 التقويم

خريطة المفاهيم

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



إتقان المفاهيم

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

29. ما الخاصيتان اللتان يجب أن تكونا لشحنة الاختبار؟

30. كيف يحدّد اتجاه المجال الكهربائي؟

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

32. 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 ضعفي مقدار الشحنة الموجبة.

d. لوحين متوازيين مختلفين في الشحنة.

33. لماذا يفقد الجسم المشحون شحنته عند وصله بالأرض؟

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

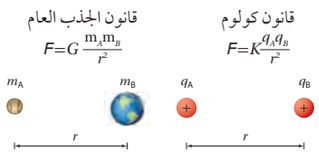
35. قارن بين تركيز الشحنة على زوايا صندوق مشحون مع تركيزها على جوانبه.

36. **أجهزة الحاسوب** تكون الأجزاء الدقيقة في الأجهزة الإلكترونية كتلك الموضحة في **الشكل 17–1**، محتواة داخل صندوق فلزي موضوع داخل صندوق آخر بلاستيكي. لماذا؟

الشكل 17–1

تطبيق المفاهيم

37. يبدو أن قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب العام متشابهان، كما هو موضح في **الشكل 18–1**. فيم تتشابه القوة الكهربائية وقوة الجاذبية؟ وفيم تختلفان؟



الشكل 18–1

38. قيمة الثابت K في قانون كولوم أكبر كثيرًا من قيمة الثابت G في قانون الجذب العام. علامَ يدل ذلك؟

39. يؤثر جسمان مشحونان أحدهما في الآخر بقوة مقدارها 0.145 N عندما كانا على بُعد معيّن أحدهما من الآخر. فإذا قُرّبا أحدهما إلى الآخر بحيث أصبحت المسافة بينهما رُبع المسافة السابقة فاحسب مقدار القوة المؤثرة في كل منهما.

تقويم الفصل 1

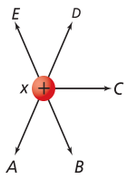
40. القوى الكهربائية بين الشحنات كبيرة جدًّا عند مقارنتها بقوى الجاذبية بينها، ومع ذلك لا نشعر عادة بالقوى الكهربائية بيننا وبين المحيط من حولنا، إلا أننا نشعر بتأثيرات قوى الجاذبية مع الأرض. فسّر ذلك.

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

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

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

44. يبيّن **الشكل 19–1** ثلاث كرات مشحونة بالمقدار نفسه، أما أنواعها فموضّحة على الشكل. الكرتان y و z ثابتتان في مكانيهما، أما الكرة x فهي حرة الحركة. والمسافة بين الكرة x، وكل من الكرتين y و z، في البداية متساوية. حدّد المسار الذي ستبدأ الكرة x في سلوكه. افترض أنه لا يوجد أي قوى أخرى تؤثر في الكرات.



الشكل 19–1

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

46. يقف زيد وأخته ليلى على سطح مستوٍ معزول، متلامسين بالأيدي، عندما تم إكسابهما شحنة، كما هو موضّح في **الشكل 20–1**. إذا كانت المساحة السطحية لجسم زيد أكبر منها لجسم ليلى فمن منهما سيمتلك كمية أكبر من الشحنات؟ أم أنهما سيمتلكان المقدار نفسه من الشحنات؟

الشكل 20–1

47. إذا كان قطرا كرتي ألومنيوم 1 cm و10 cm فأيّهما له سعة أكبر؟

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

إتقان حل المسائل

1–1 القوة الكهربائية

ملاحظة: اعتبر أن الشحنات الكهربائية في جميع الأسئلة موضوعة في الفراغ أو الهواء.

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

a. مضاعفة الشحنة q_A مرتين.

b. تقليل قيمة كل من الشحنتين q_A و q_B إلى النصف.

c. مضاعفة r ثلاث مرات.

d. تقليل r إلى النصف.

e. مضاعفة q_A ثلاث مرات.

التقويم

40. قوى الجاذبية قوى جذب فقط. أما القوى الكهربائية فهي إما قوى جذب أو قوى تنافر، وبإمكاننا الشعور فقط بالمجموع المتجهي لها، والذي يكون عادة صغيرًا، ونشعر بقوى الجاذبية بسبب كتلة الأرض الكبيرة.

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

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

43. ستتحول طاقة الوضع الكهربائية للجسيم إلى طاقة حركية له.

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

45. تكون متوازية، وتفصلها مسافات متساوية.

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

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

48. بتغيير الجهد بين طرفي المكثف.

إتقان حلّ المسائل

1-1 القوة الكهربائية

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

التقويم

50. 0.30 m

51. 3.2×10^{-19} C

52. $q_A = q = 5.2\times10^{-7}$ C
$q_B = 3q = 1.5\times10^{-6}$ C

1-2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

53. 3.0×10^{4} N/C في اتجاه القوة نفسه (إلى أعلى).

54. a. في اتجاه الأعلى.

b. 2.4×10^{-17} N في اتجاه الأعلى.

c. 8.9×10^{-30} N إلى أسفل، أقل بأكثر من تريليون مرة.

55. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. انظر دليل حلول المسائل.

56. a. -1.60×10^{-14} N

b. -1.76×10^{16} m/s^2

57. 1.8×10^{5} N/C

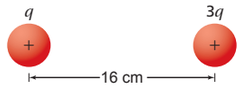
1-3 تطبيقات المجالات الكهربائية

58. 5.0×10^{1} V

50. إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+8\times10^{-5}$ C و $+3\times10^{-5}$ C تساوي 2.4×10^{2} N فاحسب مقدار المسافة بينهما.

51. إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الأخرى بقوة تنافر مقدارها 6.4×10^{-9} N، وذلك عندما كانت إحداهما تبعد عن الأخرى مسافة 3.8×10^{-10} m فاحسب شحنة كل منهما.

52. يوضح **الشكل 1–21** كرتين مشحونتين بشحنتين موجبتين، شحنة إحداهما تساوي ثلاثة أضعاف شحنة الأخرى، والمسافة بين مركزيهما 16 cm، إذا كانت القوة المتبادلة بينهما 0.28 N فاحسب مقدار الشحنة على كل منهما.

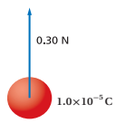


الشكل 1–21

1–2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

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

53. يوضّح **الشكل 1–22** شحنة موجبة مقدارها 1.0×10^{-5} C، تتعرض لقوة 0.30 N، عند وضعها عند نقطة معينة. ما شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة؟



الشكل 1–22

54. إذا كان المجال الكهربائي في الغلاف الجوي يساوي 150 N/C تقريبًا، ويتجه إلى أسفل، أجب عما يلي:

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

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

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

55. ارسم بدقة الحالات التالية:

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

b. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة $+2.0\ \mu C$

(اجعل عدد خطوط المجال متناسبًا مع التغير في مقدار الشحنة).

56. تتسارع الإلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية في تلفاز تحت تأثير مجال كهربائي مقداره 1.00×10^{5} N/C احسب ما يلي:

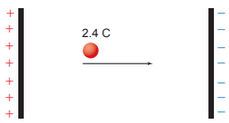
a. القوة المؤثرة في الإلكترون.

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

57. احسب شدة المجال الكهربائي على بُعد 20.0 cm من شحنة نقطية مقدارها 8.0×10^{-7} C

1–3 تطبيقات المجالات الكهربائية

58. إذا بُذل شغل مقداره 120 J لتحريك شحنة مقدارها 2.4 C من اللوح الموجب إلى اللوح السالب، كما هو موضّح في **الشكل 1–23**، فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين؟



الشكل 1–23

تقويم الفصل 1

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

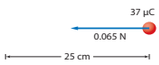
60. بذلت بطارية شغلاً مقداره 1200 J لنقل شحنة كهربائية. ما مقدار هذه الشحنة المنقولة إذا كان فرق الجهد بين طرفي البطارية 12 V؟

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

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

63. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين لوحي مكثف سعته 5.4 µF ومشحون بشحنة مقدارها 8.1×10^{-4} C؟

64. إذا لزم قوة مقدارها 0.065 N لتحريك شحنة مقدارها 37 µC مسافة 25 cm في مجال كهربائي منتظم، كما يوضّح **الشكل 24–1**، فما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين؟



الشكل 24–1

65. **آلة التصوير** إذا شُحن مكثف سعته 10.0 µF في آلة تصوير، إلى أن أصبح فرق الجهد عليه 3.0×10^{2} V، فما مقدار الطاقة المختزنة في المكثف؟

مراجعة عامة

66. إذا لامَسَت كرة فلزية صغيرة شحنتها 1.2×10^{-5} C كرة مماثلة متعادلة، ثم وضعت على بعد 0.15 m منها فاحسب القوة الكهربائية بين الكرتين.

67. تؤثر قوة مقدارها 0.36 N في كرة صغيرة شحنتها 2.4 µC، وذلك عند وضعها على بُعد 5.5 cm من مركز كرة ثانية مشحونة بشحنة غير معروفة. ما مقدار شحنة الكرة الثانية؟

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

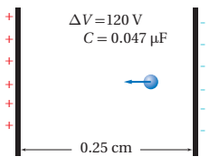
69. ما مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة مقدارها 0.25 µC بين لوحين متوازيين البعد بينهما 0.40 cm، إذا كان المجال بين اللوحين 6400 N/C؟

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

ارجع إلى المكثف الموضح في ***الشكل 26–1*** *عند حل المسألتين التاليين:*

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

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



الشكل 26–1

التقويم

59. 1.4 J

60. 1.0×10^{2} C

61. 9.0×10^{1} V

62. 2.00 µF

63. 1.5×10^{2} V

64. 4.4×10^{2} V

65. 0.45 J

مراجعة عامة

66. 14 N

67. 5.0×10^{-8} C

68. 6.7×10^{-7} C

69. 6.4×10^{-6} J

70. 6.3 µC

71. 7.7×10^{-15} N

72. 1.2×10^{-6} J

التقويم

73. a. السعة الكهربائية للمكثف.

b. C= الميل $=0.50\ \mu F$

c. الشغل المبذول لشحن المكثف.

d. $160\ \mu J$

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

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

التفكير الناقد

75. a. $+2.00\ m$ على المحور x

b. الشحنة الثالثة q_c، تُختصر من المعادلة، لذا فإن مقدارها و نوعها لا يكون مهمًّا.

c. كما في الفرع b، يكون مقدار الشحنة الثالثة q_c ونوعها ليس مهمًّا أيضًا.

76. $F = 3.7\times10^{2}\ N$، في اتجاه يصنع زاوية 197° بالنسبة لمحور x الموجب.

77. a. $9.8\times10^{-3}\ N$

b. $5.7\times10^{-3}\ N$

c. $2.4\times10^{-8}\ C$

78. $E = 6.14\times10^{4}\ N/C$ بزاوية مقدارها -23.4°

73. يمثل الرسم البياني الموضح في **الشكل 27–1**، الشحنة المخزّنة في مكثف في أثناء زيادة فرق الجهد عليه، أجب عما يلي:

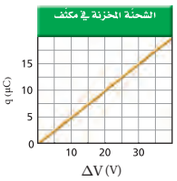
a. ماذا يمثّل ميل الخط الموضّح على الرسم البياني؟

b. ما سعة المكثف الممثّل في هذا الشكل؟

c. ماذا تمثّل المساحة تحت الخط البياني؟

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

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



الشكل 27–1

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

التفكير الناقد

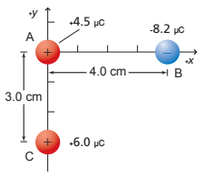
75. حلّل واستنتج وضعت الكرة A التي تحمل شحنة مقدارها $+64\ \mu C$ عند نقطة الأصل، ووضعت كرة ثانية B تحمل شحنة مقدارها $-16\ \mu C$ عند النقطة $+1.00\ m$ على محور x، أجب عن الأسئلة التالية:

a. أين يجب وضع كرة ثالثة C شحنتها $+12\ \mu C$ بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفرًا؟

b. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة C تساوي $+6\ \mu C$ فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟

c. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة $-12\ \mu C$، فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟

76. وضعت ثلاث كرات مشحونة، كما هو موضح في **الشكل 28–1**. أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.



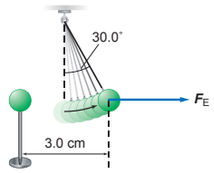
الشكل 28–1

77. يوضح **الشكل 29–1** كرتي نخاع بيلسان، كتلة كل منهما 1.0 g، وشحنتاهما متساويتان، إحداهما معلّقة بخيط عازل، والأخرى قريبة منها ومثبتة على حامل عازل، والبعد بين مركزيهما 3.0 cm فإذا اتزنت الكرة المعلّقة عندما شكّل الخيط العازل الذي يحملها زاوية مقدارها 30.0° مع الرأسي فاحسب كلًّا مما يأتي:

a. F_g المؤثرة في الكرة المعلّقة.

b. F_E المؤثرة في الكرة المعلّقة.

c. الشحنة على كل من الكرتين.

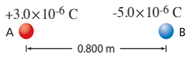


الشكل 29–1

78. حلل واستنتج وُضِعت الكرتان الصغيرتان A وB على محور x، كما هو موضح في **الشكل 30–1**. فإذا كانت شحنة الكرة A تساوي $-3.00\times10^{-6}\ C$، والكرة B تبعد مسافة مقدارها 0.800 m عن يمين الكرة A، وتحمل شحنة مقدارها $-5.00\times10^{-6}\ C$،

تقويم الفصل 1

فما شدة المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة فوق المحور x، بحيث تشكل هذه النقطة رأس مثلث متساوي الأضلاع مع الكرتين A و B؟



الشكل 30–1

79. **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 تعمل مانعة الصواعق ذلك؟

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

الكتابة في الفيزياء

81. هناك قوى بين جزيئات الماء تؤدي إلى أن يكون الماء أكبر كثافة عندما يكون سائلًا بين $0°\,C$ و $4°\,C$ مقارنة بحالته عندما يكون صلبًا عند $0°\,C$، هذه القوى في طبيعتها ما هي إلا قوى كهروسكونية. ابحث في القوى الكهروسكونية بين الجزيئات، ومنها قوى فان درفال وقوى الاستقطاب، وصِف أثرها في المادة.

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

مراجعة تراكمية

83. إذا أثرت شحنتان $2.0\times10^{-5}\,C$ و $8.0\times10^{-6}\,C$ إحداهما في الأخرى بقوة مقدارها $9.0\,N$، فاحسب مقدار البعد بينهما.

84. إذا كانت القوة الكهربائية بين شحنتين Q و q تساوي F عندما كانت المسافة بينهما r، فما مقدار القوة الجديدة التي تنتج في كل حالة من الحالات التالية:

a. مضاعفة r ثلاث مرات.

b. مضاعفة Q ثلاث مرات.

c. مضاعفة كل من r و Q ثلاث مرات.

d. مضاعفة كل من r و Q مرتين.

e. مضاعفة كل من r و Q و q ثلاث مرات.

التقويم

79. إن النقطة الحادة عند نهاية القضيب تُسرِّب شحنات إلى الغلاف الجوي قبل أن ينتج عن تراكُمِها فرق جهد كبير يكون كافيًا لحدوث ضربة صاعقة البرق.

80. $q = 1.8\times10^{13}\,C$

الكتابة في الفيزياء

81. يجب أن يصف الطلبة التفاعل بين الشحنات الموجبة والسالبة على المستوى الجزيئي. وعليهم أن يلاحظوا أن مقادير هذه القوى هي المسؤولة عن الاختلافات في درجتي الانصهار والغليان، وعن خصوصية تمدّد الماء بين $0\,°C$ و $4\,°C$.

82. ستختلف إجابات الطلبة اعتمادًا على العالِم الذي تم اختياره.

مراجعة تراكمية

83. $0.40\,m$

84. **a.** $F/9$

b. $3F$

c. $F/3$

d. $F/2$

e. F

اختبار مقنن الفصل 1-

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

اختبار مقنن

أسئلة اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

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

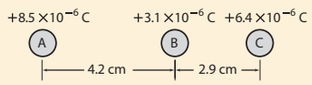
(A) 4.2×10^{-13}

(B) 2.0×10^{-9}

(C) 3.0×10^{-9}

(D) 6.0×10^{-5}

2. إذا وُضِعت ثلاث شحنات A وB وC، على خط واحد، كما هو موضح أدناه، فما القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة B بالنيوتن؟



(A) 78 في اتجاه A

(B) 78 في اتجاه C

(C) 130 في اتجاه A

(D) 210 في اتجاه C

3. جسمان مشحونان بالمقدار نفسه من الشحنة، ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة مقدارها 90 N فإذا وضعنا بدلًا من أحد الجسمين جسمًا آخر له الحجم نفسه إلا أن شحنته أكبر من الجسم السابق ثلاث مرات، فما القوة الجديدة بالنيوتن التي سيؤثر بها كل منهما في الآخر؟

(A) 10

(B) 30

(C) 2.7×10^{2}

(D) 8.1×10^{2}

4. لماذا يقاس المجال الكهربائي بشحنة اختبار صغيرة فقط؟

(A) حتى لا تُشتّت 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 كشحنة اختبار، وشحنة الإلكترونات صغيرة.

5. تتأثر شحنة مقدارها 2.1×10^{-9} C بقوة مقدارها 14 N فما مقدار المجال الكهربائي المؤثر بوحدة N/C ؟

(A) 0.15×10^{-9}

(B) 6.7×10^{-9}

(C) 29×10^{-9}

(D) 6.7×10^{9}

6. تتأثر شحنة اختبار موجبة مقدارها 8.7 µC بقوة 8.1×10^{-6} N في اتجاه يصنع زاوية 24° شمال الشرق. ما مقدار واتجاه شدة المجال الكهربائي بوحدة N/C في موقع شحنة الاختبار؟

(A) 7.0×10^{-8}، 24° شمال الشرق.

(B) 1.7×10^{-6}، 24° جنوب الغرب.

(C) 1.1×10^{-3}، 24° غرب الجنوب.

(D) 9.3×10^{-1}، 24° شمال الشرق.

7. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين لوحين يبعد أحدهما عن الآخر 18 cm، وشدة المجال الكهربائي بينهما 4.8×10^{3} N/C ؟

(A) 27 V

(B) 86 V

(C) 0.86 kV

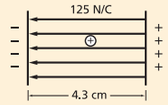
(D) 27 kV

أسئلة اختيار من متعدد

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

اختبار مقنن

8. ما مقدار الشغل المبذول بوحدة J على بروتون عند نقله من لوح سالب الشحنة إلى لوح موجب الشحنة، إذا كانت المسافة بين اللوحين 4.3 cm، والمجال الكهربائي بينهما 125 N/C؟



A 5.5×10^{-23}

B 8.6×10^{-19}

C 1.1×10^{-16}

D 5.4

9. مكثف سعته 0.093 μF إذا كانت شحنته 58 μC، فما مقدار فرق الجهد الكهربائي عليه بوحدة V؟

A 5.4×10^{-12}

B 1.6×10^{-6}

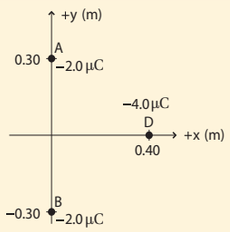
C 6.2×10^{2}

D 5.4×10^{3}

الأسئلة الممتدة

10. بالرجوع إلى الرسم أدناه، ما القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة D من قبل الشحنتين A وB؟ ضمّن إجابتك رسمًا بيانيًّا يوضّح متجهات القوى:

$F_{\text{المحصلة}}$، $F_{D\text{ في }B}$، $F_{D\text{ في }A}$



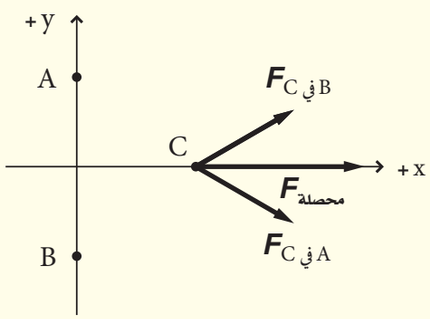
إرشاد

استعمل نظام الأصدقاء

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

الأسئلة الممتدة

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



الفصل 2

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
2–1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية 1. **تصف** الشروط اللازمة لتدفّق تيار كهربائي في دائرة كهربائية. 2. **توضّح** قانون أوم. 3. **تصمّم** دوائر كهربائية مغلقة. 4. **تفرّق** بين القدرة والطاقة في دائرة كهربائية.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلاليّة** بطارية من نوع D جهدها 1.5 V، وسلك توصيل، ومصباح كهربائي صغير، ونظارة واقية. **تجربة إضافيّة** خلّ أو عصير ليمون، وقطع صغيرة أو أقراص من النحاس والخارصين، وأسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح (0–50 mm)، وفولتمتر، ومنشفة ورقيّة. **تجربة إضافيّة** أميتر أو جهاز قياس كهربائي متعدّد الأغراض (ملتيمتر)، ومصدر قدرة DC متغيّر، ومصباحان كهربائيان. **تجربة** مصدر قدرة DC (0–6 V) ، وأسلاك توصيل، ومصباحان كهربائيان صغيران كلّ منهما مزوّد بقاعدة، وأميتر. **عرض المعلم** **عرض سريع** مصدر قدرة DC متغير، وجهازا ملتيمتر، ومصباح كهربائي 12 V، وقاعدة مصباح كهربائي، ومقاوِم 100 Ω وقدرته 2 W، وأسلاك توصيل. **عرض سريع** خليّة شمسية، ومضخّم، وسماعة صوت، وستروبوسكوب (جهاز ومّاض).
2–2 استخدام الطاقة الكهربائية 5. **توضّح** كيف تُحوَّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. 6. **تستكشف** طرائق نقل الطاقة الكهربائية. 7. **تُعرّف** الكيلوواط.ساعة.	**تجارب الطالب** **مختبر الفيزياء** أربع بطاريات من نوع D جهد كل منها 1.5 V، وأربع حوامل للبطارية D، وأميتر 500 µA، وخمسة أسلاك مُزوَّدة بمشابك فم التمساح، ومقاوِمات 10 kΩ و 20 kΩ و 30 kΩ و 40 kΩ . **عرض المعلم** **عرض سريع** مكثف 1 µF، وبطارية 9 V، وملتيمتر رقمي (DMV)، ومقاوِم 1 MΩ

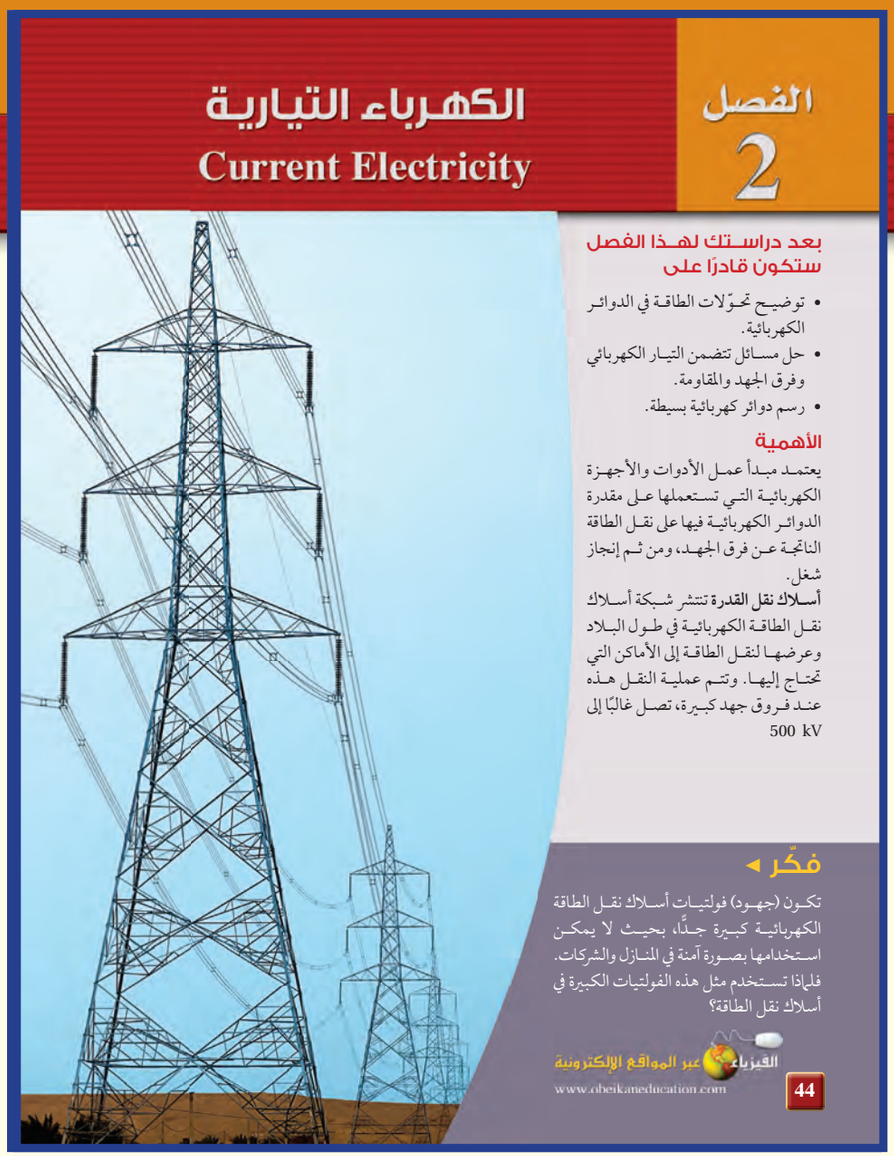
طرائق تدريس متنوعة

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

الفصل الثاني

الفصل 2

الكهرباء التيارية



نظرة عامة إلى الفصل

سيُناقش في هذا الفصل التيار الكهربائي المار في الدوائر الكهربائية. وسيَعرض مكوّنات الدائرة الأساسية ورموزها ويستخدمها في الرسوم التخطيطيّة. وسيُوضّح كذلك قانون أوم، بالإضافة إلى القدرة الكهربائية، وتكلفة استخدام الطاقة الكهربائية.

فكّر

نقل الطاقة عند جهود كبيرة جدًّا يتيح توصيل القدرة الكهربائية بفقدان كميات قليلة منها، ويسمح كذلك باستخدام أسلاك نقل ذات سمك مناسب مما يتيح التحكم فيها. وللمزيد من المعلومات حول نقل الطاقة الكهربائية انظر الصفحة 58.

المفردات الرئيسة

- التيّار الكهربائي
- التيّار الاصطلاحي
- الأمبير
- الدائرة الكهربائية
- المقاوِم الكهربائي
- المقاومة الكهربائية
- الموصل فائق التوصيل
- الكيلو واط.ساعة

تجربة استهلالية

الهدف يكتشف أن سريان التيار الكهربائي يتطلب وجود دائرة كهربائية مغلقة.

المواد والأدوات بطارية من نوع D جهدها 1.5 V، وسلك توصيل، ومصباح كهربائي صغير، ونظارة واقية.

استراتيجيات التدريس ***تحذير: يمكن أن يسبّب السلك خدش الجلد أو جرحه.*** شجّع الطلبة على تدوين جميع محاولاتهم، وإنشاء رسم تخطيطي لكل دائرة كهربائية. يُعَدّ تسجيل نتائج عملية "التجربة والخطأ" جزءًا من الطريقة العلمية؛ فقد صنع العالم توماس أديسون الكثير من المصابيح الكهربائية التي لم تعمل قبل أن يجد أخيرًا مادة الفتيلة، التي سمحت له بصناعة مصباح كهربائي يعمل جيدًا. وتوضّح عملية جمع البيانات والمعلومات عن المحاولات جميعها، أهمية النتائج السلبية في العلم. فقد تعلّم العلماء كثيرًا من تلك العمليات التي كان يُطلق عليها الآخرون الإخفاقات. فلو لم يتابع أديسون حالات الفشل ويتعقبها، عندما كان يكرّر محاولاته لصناعة مصباح كهربائي لكان من الممكن أن تكون هدرًا ومضيعة للوقت.

تجربة استهلالية

هل يمكنك إنارة مصباح كهربائي؟

سؤال التجربة إذا أُعطيت سلكًا وبطارية ومصباحًا، فهل يمكنك إنارة المصباح؟

الخطوات

1. حاول إيجاد عدد الطرائق الممكنة لإنارة المصباح باستخدام مصباح كهربائي وبطارية وسلك.
تحذير: السلك حاد، وقد يجرح الجلد، كما أنه يسخن إذا وصلت نهايتاه بقطبي بطارية.
2. أنشئ رسمًا تخطيطيًّا لطريقتين يُمكنك بهما إنارة المصباح. تأكد من كتابة أسماء الأجزاء؛ البطارية، والسلك، والمصباح على الرسم.
3. أنشئ رسمًا تخطيطيًّا لثلاث طرائق على الأقل لا يُمكنك إنارة المصباح بأي منها.

التحليل

كيف يمكنك معرفة ما إذا كان التيار الكهربائي يتدفق في الدائرة أم لا؟ وما العلاقة المشتركة بين رسومك الخاصة والمصباح المضيء؟ وما العلاقة المشتركة بين رسومك الخاصة والمصباح غير المضيء؟ وفقًا لملاحظاتك، ما الشروط التي يجب توافرها لكي يضيء المصباح؟

التفكير الناقد

ما الذي يؤدي إلى تدفق الكهرباء في المصباح؟

2–1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية
Current and Circuits

الأهداف

- تصف الشروط اللازمة لتدفق تيار كهربائي في دائرة كهربائية.
- توضح قانون أوم.
- تُصمّم دوائر كهربائية مغلقة.
- تُفرّق بين القدرة، والطاقة في دائرة كهربائية.

المفردات

التيار الكهربائي	التيار الاصطلاحي
الأمبير	الدائرة الكهربائية
المُقاوِم الكهربائي	المقاومة الكهربائية

تعلمت أن الماء المتدفق من أعلى شلال له طاقة وضع وطاقة حركية. ورغم توافر كمية كبيرة من طاقتي الوضع والحركة الطبيعيتين في بعض المصادر الطبيعية كما في الشلالات وموجات البحر مثلًا، إلا أن استفادة الناس أو المصانع التي تبعد 100 km أو أكثر عن تلك المصادر قليل، ما لم تنقل تلك الطاقة بكفاءة. وتعدّ الطاقة الكهربائية الوسيلة الأمثل لنقل كميات كبيرة من الطاقة إلى مسافات كبيرة دون ضياع كميات كبيرة منها. وتتم عملية النقل هذه عادة عند فروق جهد كبيرة عبر أسلاك نقل القدرة، 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.

لا يستغنى عن الطاقة الكهربائية في حياتنا اليومية؛ لأن تحويلها إلى أشكال أخرى سهل. فإذا ألقيت نظرة سريعة حولك، ستجد أمثلة كثيرة على ذلك؛ ففي منزلك تساعدك الأنوار على القراءة، كما تعتمد الحواسيب على الكهرباء في عملها. أما خارج المنزل، فمصابيح إنارة الشوارع، والإشارات الضوئية، تستخدم تدفق الشحنات الكهربائية. ستتعلم في هذا الفصل كيف يرتبط فرق الجهد، والمقاومة، والتيار معًا. كما ستتعرّف أيضًا القدرة الكهربائية وتحولات الطاقة.

45

النتائج المتوقعة يجب أن يجد الطلبة طريقتين أساسيّتين لإضاءة المصباح الكهربائي. في إحدى الطريقتين تلامس البطارية أسفل المصباح. وفي الطريقة الأخرى تلامس البطارية جانب المصباح. ويجب أن يلامس المصباح البطارية عند قطبها، ويتم توصيل سلك موصل يكمل الدائرة الكهربائية من نقطة توصيل أخرى للمصباح (الجزء السفلي) إلى القطب الآخر للبطارية.

التحليل يجب أن تكون الدائرة الكهربائية مغلقة مع وجود مصدر للطاقة فيها لكي تتدفّق الشحنة الكهربائية. وتمثّل البطارية مصدر الطاقة في هذه التجربة. ويكون أسفل المصباح الكهربائي إحدى نقطتي التماسّ، أما جانبه فيكون نقطة التماسّ الأخرى. فإذا لم يكن هناك بطارية، أو إذا كانت الدائرة غير مغلقة – إذا لم تمر أسلاك الدائرة بنقطتي تماسّ المصباح الكهربائي – فلن يضيء.

التفكير الناقد تتدفق الشحنات الكهربائية من أحد قطبي البطارية خلال سلك التوصيل، ثم تتدفق عبر فتيلة المصباح الكهربائي، ثم عبر سلك التوصيل الآخر إلى القطب الآخر للبطارية.

2-1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية

1. التركيز

نشاط محفز

القدرة صِل مصدر قدرة متغيّر بمصباح كهربائي قدرته 60 W. ثم استعمل المقياس في مصدر القدرة أو أجهزة القياس المتعددة الأغراض (ملتيمتر) المنفصلة عن مصدر القدرة لمراقبة الجهد والتيار. اطلب إلى الطلبة زيادة الجهد المطبق على المصباح الكهربائي تدريجيًّا وحساب القدرة لعدة جهود مختلفة. ثم اطلب إليهم استخلاص نتيجة حول العلاقة بين توهّج المصباح والقدرة P. يزداد سطوع أو توهج المصباح عند زيادة القدرة. فعند زيادة الجهد، تبقى المقاومة ثابتة تقريبًا، وتزداد القدرة.

م 2 بصري–مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

الطاقة سيُطبّق الطلبة ما تعلّموه فيما يتعلق بمفهوم تحوّل الطاقة. وسيُطبّقون أيضًا تعريف القدرة الذي عرفوه من خلال دراستهم للميكانيكا على الأجهزة الكهربائية.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اللغة إن استخدام عبارة مثل "الجهد خلال هذه الدائرة" فكرة غير جيدة؛ لأنه يجب أن يدرك الطلبة أن الجهد يقاس دائمًا 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 المرجعيّة التي يُقاس فرق الجهد بالنسبة لها واضحة ومعروفة.

استخدام التشابه

التيار اطلب إلى الطلبة أن يصفوا التشابه بين التيارات الكهربائية والتيارات المائية. التيار نفسه لا يتدفق، ولكن الذي يتدفق هو الماء أو الشحنات. اطلب إلى الطلبة تقديم تشبيههم الخاصّ لوصف دائرة كهربائية أو تيار كهربائي (كنموذج سكة القطار مثلاً). م 2

التفكير الناقد

شواحن البطارية استخدم ما تعلّمه الطلبة عن فرق الجهد الكهربائي وتدفق الشحنات، واطلب إليهم توضيح كيف يُعاد شحن بطارية الهاتف الخلوي بوصلها بمخرج الكهرباء. واسألهم: هل يختلف الأمر عند وصلها بولاعة السجائر في السيارة أم لا؟ ستتضمن المناقشة المبدئية لهذا الموضوع تدفّق الإلكترونات من بطارية السيارة أو من نظام القدرة المنزلي إلى الجسم الذي يتم شحنه. يمكن مراجعة هذا الموضوع والتوسع في دراسته لاحقًا عندما يناقش الطلبة البطاريات والطاقة الكيميائية، ومرة أخرى عند تقديم موضوع تحويل القدرة AC /DC. م 3

توليد التيار الكهربائي Producing Electric Current

تعلمت سابقًا أنه عند تلامس كرتين موصلتين تتدفق الشحنات من الكرة ذات الجهد الأعلى إلى الكرة ذات الجهد الأخفض، وسيستمر التدفق حتى يتلاشى فرق الجهد بين الكرتين.

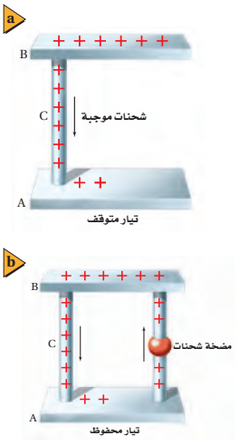
يسمّى تدفق الجسيمات المشحونة **التيار الكهربائي**. ويوضح **الشكل 2-1a** لوحين موصلين A و B، تم توصيلهما بوساطة سلك موصل C. لأن جهد B أكبر من جهد A فإن الشحنات تتدفق من B إلى A عبر السلك C. ويسمّى تدفق الشحنات الموجبة **التيار الاصطلاحي**. ويتوقف تدفق الجسيمات المشحونة عندما يصبح فرق الجهد بين A و B صفرًا. ويمكنك المحافظة أو الإبقاء على وجود فرق جهد كهربائي بين B وA عن طريق ضخ جسيمات مشحونة من اللوح A، لتعود إلى اللوح B، كما هو موضّح في **الشكل 2-1b**. ولأن المضخة (مصدر الجهد) تعمل على زيادة طاقة الوضع الكهربائية للشحنات، فإنها تحتاج إلى مصدر طاقة خارجي حتى تعمل. ولهذه الطاقة مصادر متنوعة؛ فمثلًا تعد خلية الفولتية، أو الخلية الجلفانية (البطارية الجافة) إحدى هذه المصادر المألوفة؛ إذ تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية. عند وصل عدة خلايا جلفانية معًا 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.

الدوائر الكهربائية Electric Circuits

تتحرك الشحنات الموضحة في **الشكل 2-1b** في مسار مغلق، بحيث تتحرك في دورة تبدأ من المضخة، ثم تصل إلى اللوح B، وتصل بعد ذلك إلى اللوح A من خلال الموصل C لتعود إلى المضخة مرة أخرى. وتسمى أي حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية **الدائرة الكهربائية**. وتحتوي الدائرة على 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، بوساطة هذه الأداة إلى أشكال أخرى للطاقة، فمثلاً يعمل المحرك على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية، ويحوّل المصباح الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية. وتحوّل المدفأة الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.

تعمل مضخة الشحنات على تدفق الجسيمات المشحونة، والتي بدورها تشكل التيار الكهربائي. لندرس مثلًا مولّد كهربائي تم تشغيله بوساطة دولاب (ناعورة)، كما هو موضّح في **الشكل 2-2a**. حيث يسقط الماء فيُدير الدولاب، الذي يُدير بدوره المولّد. وهكذا تتحول الطاقة الحركية للمياه إلى طاقة كهربائية بوساطة المولّد. فعمل المولّد يشبه عمل مضخّة الشحنات؛ إذ يزيد من فرق الجهد الكهربائي V. ونحتاج إلى طاقة بمقدار qV لزيادة فرق الجهد للشحنات، وتأتي هذه الطاقة من التغير في طاقة المياه. ولا تتحول جميع الطاقة الحركية للمياه إلى طاقة كهربائية، كما هو موضّح في **الشكل 2-2b**. إذا وُصِل المولّد المُتصل بدولاب المياه بمحرّك فستتدفق الشحنات الموجودة في السلك داخل المحرك، وسوف يستمر تدفق الشحنات خلال الدائرة لتعود إلى المولّد، حيث يعمل المحرّك على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية.

الشكل 2-1 يُعرّف التيار الاصطلاحي بأنه تدفق الشحنات الموجبة من اللوح الموجب إلى اللوح السالب (a). يضخ المولّد الشحنات الموجبة لتعود إلى اللوح الموجب مما يؤدي إلى استمرار تدفق التيار (b). في أغلب الفلزات تتدفق الإلكترونات ذات الشحنة السالبة من اللوح السالب إلى اللوح الموجب، مما يجعل الشحنات الموجبة تبدو وكأنها تتحرك في الاتجاه المعاكس.

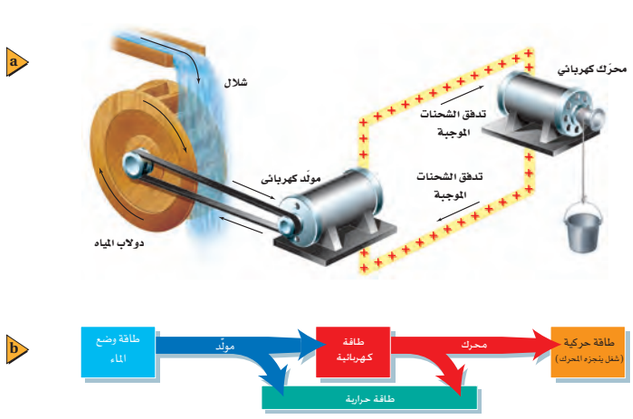


استخدام الشكل 2–2

اطلب إلى الطلبة استخدام الفكرة الرئيسة الموضحة في الشكل لوصف عمل المصابيح الأمامية لسيارة، مبتدئين من البنزين في خزان الوقود. م 1

تطوير المفهوم

التيار سيساعد التشبيه التالي الطلبة على تصوّر تدفق الشحنة الكهربائية المعروفة بالتيار. في منتجع شاطئ ما يُستخدم خزان ماء لتزويد المنتجع باحتياجاته من الماء. فالكثير من نزلاء المنتجع يستحمون في وقت متأخر من المساء، وقد يشكو بعضهم من ضعف تدفق الماء. اطلب إلى الطلبة أن يشاركوا القائمين على إدارة المنتجع لوضع حلول لهذه المشكلة أو التخفيف من حدتها. زيادة ارتفاع الخزان يزيد من طاقة وضع الماء، واستعمال أنابيب ذات أقطار كبيرة يُقلّل من مقاومة تدفّق الماء. والآن اطلب إلى الطلبة التفكير في تدفق الشحنات الكهربائية (التيار) تمامًا كحركة السيارات على طريق سريع في ساعة الازدحام، واسألهم 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. م 2



الشكل 2–2 تتحول طاقة وضع ماء الشلال في النهاية إلى شغل مبذول على الدلو (**a**). ولا تصل كفاءة توليد التيار الكهربائي واستعماله إلى نسبة 100%؛ إذ تنتج بعض الطاقة الحرارية من خلال رش المياه والاحتكاك والمقاومة الكهربائية (**b**).

حفظ الشحنة الشحنات لا تفنى ولا تستحدث، ولكن يمكن نقلها من جسم إلى آخر؛ لذا فإن الكمية الكلية للشحنة –عدد الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة – في الدائرة لا تتغير؛ فإذا تدفق كولوم واحد خلال ثانية واحدة في المولّد فسوف يتدفق عندئذ كولوم واحد أيضًا في المحرك خلال ثانية واحدة، لذا تكون الشحنة كمية محفوظة. كما تكون الطاقة محفوظة أيضًا؛ حيث إن التغير في الطاقة الكهربائية ΔE يساوي qV. ولأن الشحنة محفوظة فإن التغير الكلي في طاقة الوضع للشحنات التي تحركت دورة كاملة في الدائرة الكهربائية يساوي صفرًا. وتكون الزيادة في فرق الجهد الناتج بوساطة المولد مساوية للنقصان في فرق الجهد خلال المحرك. فإذا كان فرق الجهد بين سلكين 120 V فهذا يعني أنه يجب أن يبذل كل من المولد ودولاب المياه شغلًا مقداره 120 J لكل 1 كولوم من الشحنات الواصلة. ويزوّد كل واحد كولوم من الشحنات المتحركة خلال المحرّك 120 J من الطاقة إلى المحرّك.

القدرة Power

تمثل القدرة المعدل الزمني لتحوّل الطاقة، وتقاس بوحدة الواط W، فإذا حوّل مولّد كهربائي 1 J من الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية في كل ثانية، فعندئذ يمكننا القول إن المولد يحول الطاقة بمعدل 1 J /s أو 1 W، 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 $E = qV$. ويسمّى المعدل الزمني لتدفق الشحنة الكهربائية، $\frac{q}{t}$، **التيارَ الكهربائيّ**، ويقاس بوحدة كولوم لكل ثانية؛ حيث إن وحدة قياس كمية الشحنة الكهربائية هي الكولوم، كما درست سابقًا. ويُرمز إلى التيار الكهربائي بالرمز I، لذا فإن $I = \frac{q}{t}$. ويسمّى تدفق 1 C /s **الأمبيرَ**، ويرمز له بالرمز A.

47

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

مساعدة الطلبة للطلبة الآخرين بعض الطلبة لديهم طرائق معيّنة يجدها طلبة آخرون جذابة وسهلة لتوضيح المفاهيم الصعبة. إذا بدا لك أن بعض الطلبة يجدون صعوبة في فهم مفهوم ما، فحاول تشكيل مجموعات نقاش صغيرة، وأَثْرِ المناقشات بطرح مجموعة من الأسئلة، مثل: لماذا تعدّ الدائرة المغلقة ضرورية لتتدفق الشحنات؟ لماذا يعدّ مصدر الطاقة ضروريًّا لكي تتدفق الشحنات؟ صِف المقاومة والجهد، مستخدمًا المصطلحات اليومية. ما وجه الشبه بين الجهد، والضغط عمومًا؟ م 1 متفاعل

مثال صفي

سؤال يعمل محرك على فرق جهد 120 V، وتيار 13 A، احسب القدرة والطاقة المُستهلكة إذا تم تشغيله لمدة ساعة واحدة.

الجواب

$$P = IV$$
$$= 120\ V \times 13\ A$$
$$= 1.6\ kW$$
$$E = Pt$$
$$= 1.6\ kJ/s \times 60\ min \times \frac{60\ sec}{min}$$
$$= 5.8\ MJ$$

نشاط

الطاقة والبيئة اطلب إلى الطلبة استقصاء لماذا يكون للطاقة الكهربائية المهدرة أثر سلبي في البيئة. اقترح عليهم أن يُعدّوا قائمة تتضمن بعض الأمثلة على أنشطة شخصية، ووطنية، ومدرسية يمكن أن تؤدي إلى إهدار الطاقة الكهربائية، ومن ثَم يُقدّمون حلولاً للحد والتقليل من هذا الهدر.

م1 لغوي

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المقاومة مقابل المقاومة النوعية (المقاوِميّة) عند استعمال سلك نحاس في دائرة كهربائية، فإننا نهتم عادة بمعرفة مقاومة هذا السلك، أكثر من اهتمامنا بمعرفة مقاوِميته؛ ذلك لأن المقاومة تتغيّر مع تغير كلٍّ من طول السلك، ومساحة مقطعه العرضيّ. ولأن المقاومة تتناسب عكسيًّا مع مساحة المقطع العرضيّ، وطرديًّا مع الطول، فإنه يمكن حساب المقاومة النوعية (المقاوِميّة) بضرب مقاومة السلك في مساحة مقطعه العرضي وقسمة الناتج على طول السلك: $\Omega(m^2/m) = \Omega.m$

ترتبط الطاقة التي يحملها التيار الكهربائي مع الجهد الكهربائي من خلال العلاقة $E = qV$. ولأن التيار $I = \frac{q}{t}$ يمثّل المعدل الزمني لتدفق الشحنة، فإنه يمكن تحديد القدرة $P = \frac{E}{t}$ لجهاز كهربائي، بضرب الجهد في التيار. ولاشتقاق هذه الصورة المألوفة لمعادلة القدرة الكهربائية الواصلة إلى جهاز كهربائي يمكنك استعمال العلاقة $P = \frac{E}{t}$، ومن ثم تعوض فيها العلاقتين التاليتين $E = qV$ و $q = It$.

القدرة $P = IV$

القدرة تساوي التيار مضروبًا في فرق الجهد.

إذا كان التيار المار في المحرك الموضّح في **الشكل 2a-2** يساوي 3.0 A، وفرق الجهد 120 V فإن قدرة المحرك تحسب كما يأتي: $P = (3.0\ C/s)(120\ J/C) = 360\ J/s$ والتي تساوي 360 W

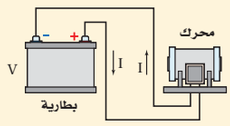
مثـــال 1

القدرة والطاقة الكهربائية ولّدت بطارية جهدها 6.0 V تيارًا مقداره 0.50 A في محرك كهربائي عند وصله بطرفي البطارية. احسب 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.
- وضّح اتجاه التيار الاصطلاحي.



المعلوم	المجهول
$V = 6.0\ V$	$P = ?$
$I = 0.50\ A$	$E = ?$
$t = 5.0\ min$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. استخدم المعادلة $P = IV$ لإيجاد القدرة.

$$P = IV$$
$$P = (0.50\ A)(6.0\ V) = 3.0\ W$$

بالتعويض عن $V = 6.0\ V, I = 0.50\ A$

b. تعلمت سابقًا أن $P = \frac{E}{t}$. حل هذه المعادلة بالنسبة لـ E لإيجاد الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المحرك.

$$E = Pt$$
$$= (3.0\ J/s)(5.0\ min)\left(\frac{60\ s}{1\ min}\right)$$
$$= 9.0 \times 10^2\ J$$

بالتعويض عن $P = 3.0\ W, t = 5.0\ min$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تم قياس القدرة بالواط، والطاقة بالجول.
- **هل الجواب منطقي** قيمتا التيار والجهد قليلتان نسبيًّا، لذا تكون القيمة القليلة للقدرة منطقية.

48

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة سمعية يمكنك أيضًا تنفيذ النشاط المحفّز الذي استعملت فيه البطارية والمصباح الكهربائي، باستعمال بطارية وجرس كهربائي. كما يمكنك أيضًا عرض كيفية استعمال ضوء ومّاض بدلاً من جرس الباب، والذي يُستعمل للأفراد الذين يعانون من إعاقة سمعية، أو في الأماكن المعزولة صوتيًّا، ومنها أستوديو التسجيل. ملاحظة: العديد من الأجهزة الإلكترونية الشخصية موجودة لمساعدة الأفراد الذين يعانون من إعاقة بصرية. قد يمتلك بعض الطلبة في صفك أجهزة المساعد الرقميّ الشخصيّ PDAs القادر على إجراء مسح لنصّ مكتوب وترجمته إلى لغة بريل، أو تلك الأجهزة التي يمكنها تحويل النصوص إلى كلام مسموع. م1

مسائل تدريبية

1. إذا مرّ تيار كهربائي مقداره 0.50 A في مصباح كهربائي فرق الجهد بين طرفيه 125 V، فما المعدل الزمني لتحويل المصباح للطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية؟
2. ما مقدار التيار الكهربائي المار في مصباح قدرته 75 W، متصل بمصدر جهد مقداره 125 V؟
3. يسري 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؟

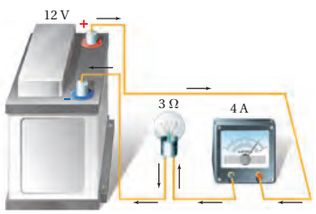
المقاومة الكهربائية وقانون أوم
Resistance and Ohm's Law

درس العالم أوم (1854–1787) العلاقة بين التيار وفرق الجهد، وتوصل إلى أن التيار الكهربائي يتناسب طرديًّا مع فرق الجهد، وعُرفت هذه النتيجة باسم قانون أوم. افترض أن هناك فرق جهد كهربائيًّا بين موصلين، فإذا وصلا بقضيب نحاسي، فسينتج عن ذلك تيار كهربائي. أما عند وضع قضيب زجاجي بينهما، فلن يسري تيار كهربائي. تسمّى الخاصية التي تحدد مقدار التيار الذي سيسري **المقاومة الكهربائية**. يحتوي **الجدول 1–2** في الصفحة التالية على قائمة لبعض العوامل التي تؤثر في المقاومة، حيث يتم قياس المقاومة بتطبيق فرق جهد على طرفي الموصل، ثم قسمة الجهد على التيار المتولّد. وتعرّف المقاومة R بأنها نسبة فرق الجهد الكهربائي V إلى التيار الكهربائي I.

المقاومة $R = \frac{\Delta V}{I}$

المقاومة تساوي فرق الجهد مقسومًا على التيار.

تُقاس مقاومة موصل R بوحدة الأوم، ويعرّف الأوم الواحد (1 Ω) على أنه مقاومة موصل يمر فيه تيار مقداره 1 A عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 1 V. يوضّح **الشكل 3–2** دائرة كهربائية بسيطة تربط بين المقاومة والتيار والجهد. وقد أكملت الدائرة الكهربائية بتوصيل أميتر بها؛ وهو جهاز يقيس التيار الكهربائي.



الشكل 3–2 يُعرّف الأوم الواحد (1 Ω) بأنه $1\ \frac{V}{A}$. يمر تيار كهربائي مقداره 4 A في دائرة كهربائية تحوي مقاومة كهربائية مقدارها 3 Ω عند وصلها ببطارية، فرق الجهد بين قطبيها يساوي 12 V.

مسائل تدريبية

1. 63 W
2. 0.60 A
3. 2.5×10^4 J

تجربة إضافية

إنتاج الطاقة الكهربائية

الهدف يستنتج 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)، وفولتمتر، ومنشفة ورقية.

الخطوات

تحذير: ارتد نظارة واقية لحماية العين.

1. اطوِ قطعة صغيرة من المنشفة الورقيّة، وبلّلها بالخلّ، وضعها بين قطعة من النحاس وقطعة أخرى من الخارصين.
2. صِل الفولتمتر بقطعتي النحاس والخارصين، ثم قِس فرق الجهد.
3. حضّر العديد من الخلايا المكوّنة من النحاس، وقطعة منشفة ورقيّة مبلّلة بالخلّ والخارصين، ثم كوّن بحذر دائرة توالٍ من خلال وضع قطعة نحاس مقابل قطعة خارصين، ثم قِس مرة أخرى فرق الجهد بين قطعة النحاس العلوية وقطعة الخارصين السفلية في المنظومة التي كوّنتها.
4. صِل الأميتر على التوالي مع الخلايا، وبيّن ما إذا تولّد تيار كهربائي. يكون فرق جهد كل خلية 0.1 V تقريبًا.

التقويم اسأل الطلبة كيف تعدّ طريقة توليد الكهرباء هذه أهم من طريقة توليد الكهرباء باستخدام الصوف وقضيب المطاط (البلاستيك). تولّد الخلايا تيارًا كهربائيًّا، في حين أن دلك قضيب المطاط بالصوف يولّد كهرباء ساكنة وليس تيارًا كهربائيًّا. اطلب إلى الطلبة تحديد الحمل في الدائرة (لم يُستعمل مقاوِم في العرض). يعمل الأميتر في الدائرة الكهربائية بوصفه حملاً.

المناقشة

سؤال لكي تبدأ المناقشة، اعرض على الطلبة بطارية من نوع D وبطارية أخرى من نوع AAA، ووضّح لهم أن جهد كلتا البطاريتين يساوي 1.5 V، ثم اطلب إلى الطلبة وصف الفرق المهم بينهما.

الإجابة تستمر البطارية من نوع D بالعمل فترة أطول في وجود حمل معيّن؛ لأن البطارية من نوع D لها كتلة أكبر (ومن ثم كمية أكبر من المواد الكيميائية)، لذا فإنها قادرة على إعطاء تيار معيّن لفترة زمنية أطول منها للبطاريات العادية قبل أن تستنفد الطاقة الكيميائية. م 1

تطبيق الفيزياء

احسب التيار والقدرة في اللحظة التي يُضاء فيها مصباح كهربائي قدرته 100 W عند تشغيله عند درجة حرارة الغرفة.

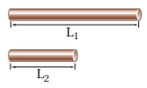
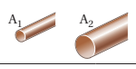
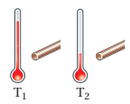
$$I = V/R = 220\ V/10\ \Omega = 22\ A$$

$$P = IV = (22\ A)(220\ V) = 4.84\ kW$$

وهذا يمثّل في الواقع تأثير تسخين ابتدائي كبير. إذا كان ممكنًا، احصل على مصباح كهربائي شفّاف قدرته 100 W حتى يتمكن الطلبة من رؤية حجم الفتيل.

الجدول 1-2

تغيُّر المقاومة

العامل	كيفية تغيّر المقاومة	مثال
الطول	تزداد المقاومة الكهربائية بزيادة الطول.	$R_{L1} > R_{L2}$ 
مساحة المقطع العرضي	تزداد المقاومة الكهربائية بنقصان مساحة المقطع العرضي.	$R_{A1} > R_{A2}$ 
درجة الحرارة	تزداد المقاومة بزيادة درجة الحرارة.	$R_{T1} > R_{T2}$ 
نوع المادة	عند تثبيت كلٍّ من الطول ومساحة المقطع العرضي ودرجة الحرارة، تتغير المقاومة الكهربائية وفق نوع المادة المستخدمة.	تزداد R ↑ البلاتين، الحديد، الألومنيوم، الذهب، النحاس، الفضة

تطبيق الفيزياء

المقاومة الكهربائية تبلغ مقاومة مصباح كهربائي مُضاء قدرته الكهربائية 100 W حوالي 140 Ω، أما عند إطفائه وتركه حتى تصبح درجة حرارته مساوية درجة حرارة الغرفة فستنخفض مقاومته إلى 10 Ω فقط. ويرجع سبب هذا الاختلاف في المقاومة إلى الاختلاف الكبير بين درجة حرارة الغرفة ودرجة حرارة المصباح المُضاء.

سُمّيت وحدة المقاومة الأوم نسبة إلى العالم الألماني جورج سيمون أوم، الذي وجد أن النسبة بين فرق الجهد بين طرفي موصل والتيار المار فيه ثابتة للموصل الواحد. ولا تتغير مقاومة معظم الموصلات بتغير مقدار أو اتجاه الجهد المُطبّق عليها. ويُقال عن الموصل بأنه يُحقّق قانون أوم إذا كانت مقاومته ثابتة لا تعتمد على فرق الجهد بين طرفيه.

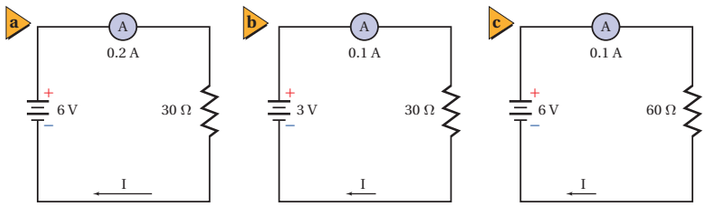
تُحقّق معظم الموصلات الفلزية قانون أوم، ضمن حدود معينة لفروق الجهد، وتعتمد مقاومة تلك الموصلات على طول الموصل ومساحة مقطعه العرضي ونوع مادته إضافة إلى درجة حرارته. إلا أن هناك العديد من الأجهزة المهمة التي لا تُحقّق قانون أوم. فالمذياع والآلة الحاسبة يحتويان على العديد من القطع الإلكترونية، مثل الترانزستورات والدايودات التي لا تُحقّق قانون أوم. وحتى المصباح الكهربائي له مقاومة تتغير وفق درجة حرارتها، لذا فإنه لا يُحقّق قانون أوم.

إن مقاومة الأسلاك المستخدمة في توصيل الأجهزة الكهربائية قليلة. فمقاومة سلك مثالي طوله 1 m من النوع المستخدم في مختبرات الفيزياء تساوي 0.03 Ω أما الأسلاك المستخدمة في التمديدات المنزلية فتكون مقاومتها صغيرة وتساوي 0.004 Ω تقريبًا لكل

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

المقاوِمات تصنع المقاوِمات لإيجاد مقدار محدّد من الممانعة، تواجه تدفق الشحنات في الدوائر، 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 المقاوِمات لا تنتج ضوءًا، إلا أنها تولّد حرارة عند تبديدها للقدرة الكهربائية في أثناء تشغيل الدائرة الكهربائية. وعادة لا يكون الغرض من وجود المقاوِم إنتاج الحرارة القابلة للاستخدام، بل توفير كمية محددة من المقاومة الكهربائية. ولأن المقاوِمات تبدّد الطاقة الحرارية، عندما يتغلب التيار المار فيها على ممانعتها له، فإن المقاوِمات تصنّف أيضًا بدلالة مقدار الطاقة الحرارية التي تبدّدها، دون حدوث فَرْط في التسخين أو تلف نهائي لها.



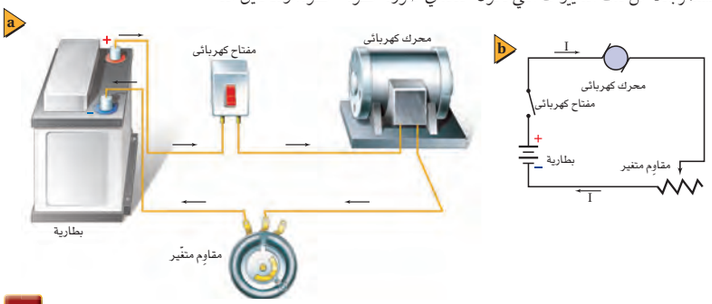
■ **الشكل 4–2** يمكن التحكم في التيار المتدفق في الدائرة البسيطة الموضّحة في الشكل (**a**) عن طريق إزالة بعض الخلايا الجافة (**b**) أو بزيادة مقاومة الدائرة (**c**).

واحد متر من طولها. ولأن مقاومة هذه الأسلاك قليلة جدًّا فإنه لا يحدث غالبًا نقصان أو هبوط للجهد خلالها. ولإنتاج هبوط أكبر في الجهد، من الضروري وجود مقاومة كبيرة مُتركِّزة في حجم صغير. وتسمى القطعة المصممة ليكون لها مقاومة معينة **المُقاوِم الكهربائي**. ويمكن صنع المقاوِمات من الجرافيت أو أشباه الموصلات أو باستعمال أسلاك طويلة ورفيعة.

وهناك طريقتان للتحكم في مقدار التيار المار في دائرة كهربائية؛ حيث يمكن التحكم في التيار الكهربائي I عن طريق تغيير V أو R أو كليهما؛ وذلك لأن $I = \frac{V}{R}$. يوضّح **الشكل 4a–2** دائرة بسيطة؛ فعندما تكون V تساوي 6 V، و R تساوي 30 Ω يكون مقدار التيار 0.2 A. فكيف يمكن تقليل مقدار التيار ليصبح 0.1 A؟ بالرجوع إلى قانون أوم، تلاحظ أنه كلما زاد فرق الجهد المُطبّق على مقاوِم زاد التيار الكهربائي المار فيه، أما إذا قلّ فرق الجهد المُطبّق على المقاوِم إلى النصف فسوف يقل التيار المار فيه إلى النصف أيضًا. ويوضح **الشكل 4b–2** أن الجهد المُطبّق على طرفي المقاوِم قلّ من 6 V إلى 3 V؛ وذلك لتقليل التيار ليصبح 0.1 A. وهناك طريقة أخرى لتقليل التيار حتى يصبح 0.1 A، وذلك بوضع مقاوِم 60 Ω بدلا من المقاوِم 30 Ω، كما هو موضّح في **الشكل 4c–2**.

■ **الشكل 5–2** يمكن استعمال مقاوِم متغير للتحكم في التيار المار في دائرة كهربائية.

تُستخدم المقاوِمات عادة للتحكم في التيار المار في الدائرة الكهربائية، أو في أجزاء منها. ونحتاج أحيانًا في بعض التطبيقات إلى تغيير سلس ومستمر للتيار. فمثلاً 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



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 جدًّا (مقاومة قليلة)، أما المشي في حقل موحل فأصعب قليلاً، وأما المشي على رمل شاطئ البحر فصعب جدًّا (مقاومة كبيرة).

تقوية

إكمال الدائرة اطلب إلى الطلبة اختيار المصطلح المناسب لوصف ما يلي: (1) تعزيز 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 ينصّ على أن العلاقة بين فرق الجهد والتيار ثابت لموصل مُعيّن. (7) معدل تحويل الطاقة.

(1) الإلكترونات، (2) البطارية أو الخلية، (3) المقاومة أو المقاوِم، (4) المحرّك، (5) المولّد، (6) قانون أوم، (7) القدرة. **لغوي** ل1

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

المقاومة و المقاومة النوعية يستخدم المهندسون مصطلح المقاومة النوعية لتوقع مقدار المقاومة. افترض أن تيّارًا يسري في سلك نحاس طوله 2.0 m، وقطره 2.0 mm. لكي تتوقع مقدار مقاومة السلك يمكنك أن تستخدم الصيغة الرياضية $R=\rho L/A$ ؛ حيث تُمثّل R المقاومة بوحدة الأوم، و ρ مقاومية النحاس بوحدة Ω.m ، و L طول السلك بوحدة m، و A مساحة المقطع العرضي بوحدة m^2. بتعويض القيم المناسبة نحصل على:

$$R=\rho L/A=\frac{(1.68\times10^{-8}\ \Omega.m)(2.0\ m)}{\pi(1.0\times10^{-3}\ m)^2}$$

$$=1.1\times10^{-2}\ \Omega$$

عرض سريع

قانون أوم

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات مصدر قدرة VDC(12–0)، وجهازا قياس كهربائيّان متعدّدا الأغراض (ملتيمتر) عدد 2، ومصباح كهربائي 12 V، وقاعدة مصباح كهربائي، ومقاوِم مقداره 100 Ω وقدرته 2 W، وأسلاك توصيل.

الخطوات صِل الدائرة كما موضح في **الشكل 7–2**، مستعملاً مصدر القدرة بدلاً من بطارية. ابدأ بجهد مقداره 0 V، واطلب إلى أحد الطلبة أن يساعدك في تدوين مقادير الجهد، والتيار على السبورة. ثم زِد مقدار الجهد على مراحل بزيادة مقدارها 2 V في كل مرة حتى تصل إلى 12 V، واطلب إلى الطالب المساعد تدوين مقداري الجهد والتيار في كل خطوة. اطلب إلى طالب آخر أن يساعدك على رسم العلاقة البيانيّة بين الجهد، والتيار على السبورة. ثم أعد تنفيذ التجربة على أن تستخدم المقاوِم، بدلاً من المصباح الكهربائي. نظّم نقاشًا بين الطلبة مستخدمًا قانون أوم محورًا للنقاش.

النوع من التحكم يُستخدم مقاوِم متغير، ويوضح **الشكل 5–2** دائرة كهربائية تحتوي على مقاوِم متغير. تتكون بعض المقاوِمات المتغيرة من ملف مصنوع من سلك فلزي ونقطة اتصال منزلقة (متحركة). وبتحريك نقطة الاتصال إلى مواقع مختلفة على الملف يتغير طول السلك الذي يصبح ضمن الدائرة الكهربائية؛ فبزيادة طول السلك في الدائرة تزداد مقاومة الدائرة، لذا يتغير التيار وفق المعادلة $I=\frac{V}{R}$. وبهذه الطريقة يمكن تعديل سرعة محرك من دوران سريع عندما يكون طول السلك في الدائرة قصيرًا، ليصبح دورانه بطيئًا عند زيادة طول السلك في الدائرة كما يحدث عند التحكم بسرعة المروحة الكهربائية. وهناك أمثلة أخرى على استخدام المقاوِمات المتغيرة للتحكم في مستويات الطاقة الكهربائية في التلفاز وضبطها، مثل التحكم في الصوت، ودرجة سطوع الصورة، وتباينها، والألوان، وتعد جميع أدوات الضبط هذه مقاوِمات متغيرة.

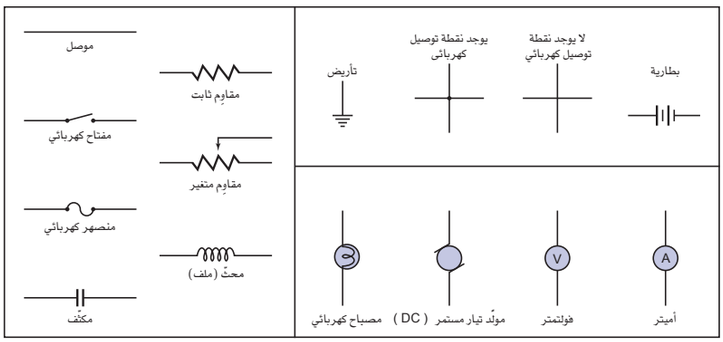
الربط مع الأحياء

جسم الإنسان يؤثر جسم الإنسان بوصفه مقاوِمًا متغيرًا؛ حيث تكون مقاومة الجلد الجاف كبيرة بقدر كافٍ لجعل التيارات الناتجة عن الجهود الصغيرة والمعتدلة قليلة. أما إذا أصبح الجلد رطبًا فستكون مقاومته أقل. وقد يرتفع التيار الكهربائي الناتج عن هذه الجهود إلى مستويات خطرة. ويمكن الشعور بتيار كهربائي صغير يصل مقداره إلى قيمة قريبة من 1 mA في صورة صدمة كهربائية خفيفة. أما التيارات التي مقاديرها قريبة من 15 mA فقد تؤدي إلى فقدان السيطرة على العضلات. في حين أن التيارات التي مقاديرها قريبة من 100 mA قد تؤدي إلى الموت.

تمثيل الدوائر الكهربائية Diagramming Circuits

يمكن وصف دائرة كهربائية بسيطة بالكلمات، كما يمكن أيضًا تصويرها فوتوجرافيًّا أو بالرسم الفني لأجزائها. وترسم الدوائر الكهربائية غالبًا باستخدام رموز معينة لأجزاء الدائرة، ومثل هذا الرسم يسمّى الرسم التخطيطي للدائرة. ويوضح **الشكل 6–2** بعض الرموز المستخدمة في الرسم التخطيطي للدائرة.

الشكل 6–2 تستخدم هذه الرموز عادةً للرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية.



الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

درجة الحرارة والمقاومة لجميع الموصلات تقريبًا معامل حراري موجب للمقاومة النوعية α. ويمكن حساب المعامل الحراري للمقاومة النوعية بوساطة معادلة مماثلة للمعادلة المستخدمة في حساب معامل التمدّد الطولي للمواد الصلبة. ويمكن استخدام الصيغة الرياضية التالية لتوقع تغيّر المقاومة: $R_1=R_2\left(\frac{1+\alpha T_1}{1+\alpha T_2}\right)$، حيث تُمثّل R_1 المقاومة بوحدة Ω عند درجة حرارة T_1 المقيسة بوحدة °C، وتُمثّل R_2 المقاومة بوحدة Ω عند درجة الحرارة T_2 المقيسة بوحدة °C، وتُمثّل α المعامل الحراري للمقاومة النوعية المقيسة بوحدة $(°C)^{-1}$.

مثال صفي

سؤال وصِلت بطارية جهدها 9.0 V مع مقاوِم 15 kΩ، ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

الجواب

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9.0\ V}{15 \times 10^3\ \Omega}$$
$$= 0.60\ mA$$

تجربة إضافية

قياس التيار الكهربائي

الهدف يقيس التيار عند أية نقطة في دائرة توالٍ كهربائية.

المواد والأدوات أميتر أو ملتيمتر، ومصدر قدرة DC متغير، ومصباحان كهربائيّان.

الخطوات صِل مصدر القدرة DC المتغيّر والمصباحين الكهربائيين على التوالي. استعمل الأميتر أو الملتيمتر لقياس التيار عند كل نقطة يمكن عندها فتح الدائرة وتوصيل جهاز القياس فيها.

التقويم ما الطريقة الصحيحة لتوصيل الأميتر؟ على التوالي استخلص نتيجة بالنسبة لقيمة التيار الكهربائي عند نقاط مختلفة في الدائرة. متساوية عند جميع النقاط.

مسائل تدريبية

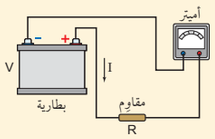
4. a. $2.4 \times 10^2\ \Omega$
   b. $6.0 \times 10^1\ W$
5. a. 0.60 A
   b. $2.1 \times 10^2\ \Omega$

مثـــال 2

التيار المار في مقاوِم وصلت بطارية فرق الجهد بين قطبيها 30.0 V بمقاوِم مقداره 10.0 Ω، ما مقدار التيار المار في الدائرة؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم دائرة تحتوي على بطارية، وأميتر، ومقاوِم.
- وضّح اتجاه التيار الاصطلاحي.



المعلوم	المجهول
$V = 30.0\ V$	$I = ?$
$R = 10.0\ \Omega$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم المعادلة $I = \frac{V}{R}$، لإيجاد التيار:

بالتعويض عن $R = 10.0\ \Omega$ ، $V = 30.0\ V$

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

3 تقويم الجواب

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

مسائل تدريبية

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

4. يسحب مصباح تيارًا مقداره 0.5 A عند توصيله بمصدر جهد مقداره 120 V، احسب مقدار:
   a. مقاومة المصباح.
   b. القدرة الكهربائية المستهلكة في المصباح.
5. وصِل مصباح كُتب عليه 75 W بمصدر جهد 125 V، احسب مقدار:
   a. التيار المار في المصباح.
   b. مقاومة المصباح.

53

عرض سريع

التيار المتردد والرنين

الزمن المقدر 15 دقيقة

المواد والأدوات خليّة شمسية، ومُضخِّم، وسماعة صوت، وستروبوسكوب (جهاز ومّاض).

الخطوات يمكن للعرض التالي أن يظهر إنتاج الضربة، نتيجة التداخل البنّائي. صِل الخلية الشمسية مع المضخّم وسماعات الصوت. عرّض الدائرة إلى ضوء فلورسنتي. سيسمع الطلبة طنينًا تردده 60 Hz، ثم شغل الأنوار وأطفئها، واطلب إلى الطلبة أن يُصغوا إلى الفرق. يمكنك التوسّع في العرض وإثراؤه، وذلك بتعريض الدائرة لضوء ومّاض بتردد 59 Hz أو 61 Hz، ثم ملاحظة الضربات الناتجة. أشِر إلى الأدوات البصرية المساعدة التي تظهر الموجات والتداخل البنّاء.

استخدم النماذج

بطارية السيارة يمكن للطلبة استخدام مفهوم المقاومة، لنمذجة بطارية مستنزفة جزئيًا. فمثلاً قد تلزم بطارية سيارة جهدها 12 V، لتزويد تيار مقداره 200 A في أثناء تشغيل المحرك، وإذا كانت مقاومة المحرك الدوّار 0.060 Ω فسنحصل على التيار المطلوب: $\frac{12\ V}{0.060\ \Omega} = 200\ A$ يمكن نمذجة بطارية مستنزَفة بوصل مقاومة مقدارها 1 Ω مع مقاومة المحرك الدوّار، فتكون المقاومة الجديدة 1.060 Ω، وسيكون مقدار التيار في هذه الحالة 11 A تقريبًا، وهو غير كافٍ تمامًا لتشغيل المحرك. أشر إلى أن هذا النموذج يبين أن قياس جهد بطارية بجهاز قياس لا يسحب تيارًا منها، لا يشير إلى ما إذا كانت البطارية قادرة على إنجاز مهمتها. ولهذا السبب يستخدم الميكانيكيون المقاوِم (الحمل) لفحص بطارية السيارة.

تجربة

تأثيرات التيار الكهربائي

تحذير: السلك حادّ، وقد يجرح الجلد.

الهدف يبني دوائر كهربائية بسيطة لاستقصاء مقدار التيار عند نقاط مختلفة في دائرة توالٍ كهربائية ويمثلها بالرسم.

المواد والأدوات مصدر قدرة DC (0 – 12 V)، وأسلاك توصيل، ومصباحان كهربائيّان صغيران كلٍ منهما مزود بقاعدة، وأميتر.

النتائج المتوقعة يجب أن يجد الطلبة أن التيار متساوٍ عند نقاط مختلفة في دائرة التوالي الكهربائية.

التحليل والاستنتاج

4. ستختلف توقعات الطلبة.
5. سيجد الطلبة أن التيار متساوٍ عند جميع النقاط في الدائرة.

■ **الشكل 7–2** تمثيل تصويري لدائرة بسيطة (a)، وتمثيل آخر تخطيطي (b).

يوضح **الشكلان 7a–2 و 7b–2** الدائرة نفسها بالرسم التصويري والرسم التخطيطي. ولعلك تلاحظ أن الشحنة الكهربائية في كلا الشكلين تتدفق خارجةً من القطب الموجب للبطارية. لإنشاء الرسوم التخطيطية للدوائر الكهربائية استخدم استراتيجية حل المسألة أدناه، وحدّد دائمًا اتجاه التيار الاصطلاحي.

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 الموضّحة في الجانب الأيسر من الصفحة.
2. ارسم سلكًا خارجًا من الطرف الموجب للبطارية، وعند الوصول إلى مقاوِم أو أيّ مكون (عنصر) آخر، ارسم الرمز الخاص به.
3. عند الوصول إلى نقطة يكون عندها مساران للتيار الكهربائي، كتلك النقطة الموصول عندها الفولتمتر، نرسم الرمز ⊥ 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، ولكن بطول أقصر.
5. تحقّق من صحة عملك، وأنه تضمن كل الأجزاء، وأن المسارات مكتملة لكي يمر التيار.

تجربة

تأثيرات التيار الكهربائي

هل تعتقد أن التيار يقل عند مروره خلال عناصر مختلفة في الدائرة؟ اعمل كالعلماء لكي تتمكّن من اختبار هذا السؤال عمليًا.

1. ارسم دائرة كهربائية تتضمن مصدر قدرة ومصباحين كهربائيين صغيرين.
2. ارسم الدائرة مرة أخرى، وضمّن رسمك أميتر؛ حتى تتمكن من قياس التيار بين مصدر القدرة والمصباحين.
3. ارسم رسمًا تخطيطيًا ثالثًا للدائرة الكهربائية، على أن تضع فيه الأميتر في موقع يُمكّنك 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 ثابتًا؟ وضّح إجابتك.
5. **اختبر** توقعك عن طريق بناء دوائر مختلفة. **تحذير: السلك حاد، وقد يجرح الجلد.**

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

مصادر الطاقة يُعَدّ استخدام توربين الماء لتحويل الطاقة الحركية للماء الساقط إلى طاقة كهربائية من المصادر المهمة للطاقة الكهربائية. وتُستخدم عجلة التوربين لتشغيل مولّد. فمثلاً يستخدم في السد العالي في مصر ما مجموعه 12 مولّدًا، يمكن لكل منها توليد قدرة تصل إلى 175 ميجاواط، ويبلغ إجمالي القدرة الإنتاجية للسد 2100 ميجاواط (2.1 جيجاواط). تنتج محطات القدرة الكهرومائية على مستوى العالم نحو 24% تقريبًا من الاستهلاك العالمي من الكهرباء، وتزوّد أكثر من بليون إنسان بالطاقة الكهربائية. ويوجد أكثر من 2000 محطة من محطات القدرة الكهرومائية تعمل في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها، مما يجعل محطات القدرة الكهرومائية أكبر مصدر للطاقة المتجدّدة في الولايات المتحدة.

مسائل تدريبية

6. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة تحتوي على بطارية فرق الجهد بين طرفيها 60.0 V، وأميتر، ومقاوِم مقداره 12.5 Ω، موصول على التوالي. أوجد قراءة الأميتر، وحدّد اتجاه التيار.
7. أضف فولتمتر إلى الرسم التخطيطي للدائرة الكهربائية في المسألة السابقة لقياس فرق الجهد بين طرفي المقاوِمين، ثم أعد حلّها.
8. ارسم دائرة على أن تستخدم بطارية، ومصباحًا، ومفتاحًا كهربائيًّا، ومقاوِمًا متغيرًا لتعديل سطوع المصباح.

2–1 مراجعة

9. **رسم تخطيطي** ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة كهربائية تحتوي على بطارية، ومصباح كهربائي، وتأكد من أن المصباح الكهربائي سيضيء في هذه الدائرة .
10. **المقاومة الكهربائية** يدعي طارق أن المقاومة ستزداد بزيادة فرق الجهد، وذلك لأن $R = \frac{V}{I}$. فهل ما يدعيه طارق صحيح؟ فسر ذلك.
11. **المقاومة الكهربائية** إذا أردت قياس مقاومة سلك طويل فبيّن كيف تركّب دائرة كهربائية باستخدام بطارية، وفولتمتر، وأميتر، والسلك الذي تريد قياس مقاومته. حدّد ما الذي ستقيسه؟ وبيّن كيف ستحسب المقاومة؟
12. **القدرة** تتصل دائرة كهربائية مقاومتها 12 Ω ببطارية جهدها 12 V، حدّد التغير في القدرة، إذا قلّت المقاومة إلى 9.0 Ω؟
13. **الطاقة** تحوّل دائرة كهربائية طاقة مقدارها 2.2×10^3 J عندما تُشغّل ثلاث دقائق. حدّد مقدار الطاقة التي ستتحول عندما تشغل مدة ساعة واحدة.
14. **التفكير الناقد** نقول إن القدرة تستهلك وتُستنفد في مقاوِم. والاستنفاد يعني الاستخدام أو الإهدار والتبديد. فما "الاستخدام" عند مرور شحنات في مقاوِم كهربائي؟

55

2-1 مراجعة

9. انظر دليل حلول المسائل.
10. لا، تعتمد المقاومة على الجهاز، فعند زيادة الجهد V يزداد التيار أيضًا.
11. قِس التيار المارّ في السلك وفرق الجهد بين طرفيه، ثم اقسم فرق الجهد على التيار لتحصل على مقاومة السلك.
12. تزداد 4.0 W
13. 44×10^3 J
14. تتناقص طاقة الوضع الكهربائية للشحنات عند مرورها خلال المقاوِم، ويستخدم هذا النقص في طاقة الوضع في توليد حرارة فيه.

مسائل تدريبية

6. انظر دليل حلول المسائل؛ I = 4.80 A
7. انظر دليل حلول المسائل؛ 60.0 V
8. انظر دليل حلول المسائل.

3. التقويم

التحقّق من الفهم

الدوائر الكهربائية ارسم رسمًا تخطيطيًّا دائرة كهربائية كاملة على السبورة. اسأل الطلبة: 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 تحقّق قانون أوم؟ وكيف يمكن حساب القدرة؟ وكيف يمكن حساب الطاقة؟ م1 **بصري–مكاني**

التوسع

البطاريات اطلب إلى الطلبة توضيح مبدأ عمل البطاريات القابلة لإعادة الشحن باستخدام مفهوم الطاقة، ومقارنتها مع المكثفات. تخزّن البطارية الطاقة على شكل طاقة كيميائية، أما المكثّف فيخزن الطاقة على شكل مجال كهربائي. وعند تفريغ البطارية يتدفّق التيار المتولّد نتيجة التفاعل الكيميائي خلال المحلول الإلكتروليتي، فمثلاً عند تفريغ بطارية السيارة تحدث تفاعلات كيميائية فيها بين بيروكسيد الرصاص وحامض الكبريتيك، وينتج كبريتات الرصاص وماء. أما عند تفريغ المكثّف فلا توجد تغيرات كيميائية، وبدلاً من ذلك يتبدّد المجال الكهروسكوني الناتج من اختلال توازن الشحنة على لوحي المكثف. م2

2-2 استخدام الطاقة الكهربائية

1. التركيز

نشاط محفّز

معدل التغير اغمر مقاومًا مقداره 47 Ω وقدرته 10 W في كأس من البوليسترين مملوءة إلى نصفها بالماء، واستعمل مقياس حرارة لقياس درجة حرارة الماء. إذا كان الوقت يسمح فأَجرِ محاولتين، على أن تكون المحاولة الأولى بتطبيق جهد مقداره 10 V، والأخرى بتطبيق جهد مقداره 20 V، لاحظ المعدل الزمني لزيادة درجة الحرارة. اطلب إلى الطلبة أن يعلنوا عن توقيت رصد قراءات درجة الحرارة، ويُدوّنوا القراءات، ويرسموا علاقة بيانيّة على السبورة. م 1 بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

الطاقة الكهربائية سيربط الطلبة 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 تُحوَّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.
- **تستكشف** طرائق نقل الطاقة الكهربائية.
- **تُعرّف** الكيلوواط.ساعة.

المفردات
الموصل فائق التوصيل
الكيلوواط.ساعة

تعمل العديد من الأجهزة الكهربائية المنزلية المألوفة على تحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى للطاقة، كالضوء أو الطاقة الحركية أو الصوت أو الطاقة الحرارية. فعند تشغيل أحد هذه الأجهزة، فأنت تُغلق الدائرة الكهربائية، ويبدأ تحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى. ستتعلّم في هذا البند كيفية تحديد معدل تحويل الطاقة، وكمية الطاقة المُحوّلة.

تحولات الطاقة في الدوائر الكهربائية
Energy Transfers in Electric Circuits

يمكن استخدام الطاقة التي تدخل دائرة كهربائية بطرائق مختلفة؛ فالمحرك الكهربائي يحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (حركية ووضع)، ويحوّل المصباح الطاقة الكهربائية إلى ضوء. ولا تتحوّل جميع الطاقة الكهربائية الواصلة إلى المحرك أو المصباح إلى شكل مفيد للطاقة؛ فالمصابيح الكهربائية، وبخاصة المتوهّجة منها، تسخن، كما ترتفع غالبًا درجة حرارة المحركات إلى درجة يتعذّر معها لمسها، وفي كلتا الحالتين يتحول جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. ستتفحّص الآن بعض الأدوات التي صُمِّمت لتحول أكبر كمية ممكنة من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.

تسخين مقاوِم عند مرور تيار كهربائي في مقاوِم فإنه يسخن؛ وذلك بسبب تصادم الإلكترونات مع ذرات المقاوِم؛ حيث تعمل هذه التصادمات على زيادة الطاقة الحركية للذرات، ونتيجة لذلك ترتفع درجة حرارة المقاوِم. لقد صمّمت كل من المدفأة الحرارية، وصفيحة التسخين، وعنصر التسخين في مجفّف الشعر لتحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. هذه التطبيقات وغيرها من التطبيقات المنزلية لاحظ **الشكل 8–2** تعمل عمل مقاوِمات عند وصلها بدائرة كهربائية. فعندما تتحرك شحنة q خلال مقاوِم يقل فرق جهدها بمقدار V. وكما تعلمت سابقًا، فإن التغير في الطاقة يعبَّر عنه بالعلاقة qV. كما تعبّر القدرة ($P = \frac{E}{t}$) عن المعدل الزمني لتغير الطاقة، والتي تعد ذات أهمية كبيرة في التطبيقات العملية. وتعلمت سابقًا أيضًا أن التيار الكهربائي هو المعدل الزمني لتدفق الشحنات ($I = \frac{q}{t}$)، وأن القدرة المستنفدة في مقاوِم تمثَّل بالعلاقة $P = IV$، وأن جهد مقاوِم يُعبَّر عنه بالعلاقة $V = IR$. لذا إذا علمت قيمة كل من I و R أمكنك تعويض $V = IR$ في معادلة القدرة الكهربائية للحصول على المعادلة التالية:

القدرة $P = I^2R$

القدرة تساوي مربع التيار مضروبًا في المقاومة.

لذا تتناسب القدرة المستنفدة في مقاوِم مع كل من مربع التيار المار فيه، ومقدار مقاومته. فإذا علمت قيمتي كل من V و R، ولم تعلم قيمة I أمكنك عندئذ تعويض المعادلة $I = \frac{V}{R}$ في المعادلة $P = IV$ للحصول على المعادلة التالية:

القدرة $P = \frac{V^2}{R}$

القدرة تساوي مربع الجهد مقسومًا على المقاومة.

الشكل 8–2 صُمّمت هذه التطبيقات لتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.

2. التدريس

القدرة الكهربائية عبارة عن المعدل الذي تتحول وفقه الطاقة من شكل إلى آخر، فمثلاً يمكن أن تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية، ومن ثم ترتفع درجة حرارة المقاوِم. فإذا كان المقاوِم مُسخِّنًا مغمورًا أو صفيحة تسخين في قمة موقد كهربائي مثلًا سوف تتدفق الحرارة إلى الماء البارد بسرعة تكون كافية لإيصاله إلى نقطة الغليان في دقائق قليلة.

وإذا استمر استنفاد القدرة بمعدل منتظم فإن الطاقة المتحولة إلى طاقة حرارية بعد فترة زمنية t ستساوي $E = Pt$. ولأن $P = I^2R$ و $P = \frac{V^2}{R}$ فإن الطاقة الكلية التي سيتم تحويلها إلى طاقة حرارية يمكن التعبير عنها، كما في المعادلات التالية:

الطاقة الحرارية

$$E = Pt$$
$$E = I^2 Rt$$
$$E = (\frac{V^2}{R})t$$

الطاقة الحرارية تساوي القدرة المستنفدة مضروبة في الزمن، كما أنها تساوي مربع التيار مضروبًا في المقاومة والزمن، وتساوي مربع الجهد مقسومًا على المقاومة، ومضروبًا في الزمن.

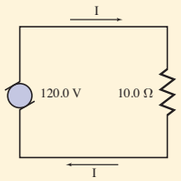
مثـــال 3

التسخين الكهربائي يعمل سخّان كهربائي مقاومته 10.0 Ω على فرق جهد مقداره 120.0 V، احسب مقدار:

a. القدرة التي يستنفدها السخان الكهربائي. **b.** الطاقة الحرارية التي ينتجها السخان خلال 10.0 s

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم الحالة.
- عيّن عناصر الدائرة المعلومة، وهي مصدر فرق جهد مقداره 120.0 V، ومقاوِم 10.0 Ω



المعلوم	المجهول
$R = 10.0\ \Omega$	$P = ?$
$V = 120.0\ V$	$E = ?$
$t = 10.0\ s$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. بما أن قيمتي R و V معلومتان، فإننا نستخدم المعادلة $P = \frac{V^2}{R}$.

بالتعويض عن $V = 120.0\ V$، $R = 10.0\ \Omega$

$$P = \frac{(120.0\ V)^2}{10.0\ \Omega} = 1.44\ kW$$

b. حل لإيجاد الطاقة:

بالتعويض عن $P = 1.44\ kW$، $t = 10.0\ s$

$$E = Pt = (1.44\ kW)(10.0\ s) = 14.4\ kJ$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس القدرة بوحدة الواط، والطاقة بوحدة الجول.
- **هل الجواب منطقي؟** بالنسبة للقدرة: $10^3 = 10^2 \times 10^2 \times 10^{-1}$، لذلك فإن مقدار القدرة منطقي. أما بالنسبة للطاقة: $10^4 = 10^1 \times 10^3$، لذا فإن المقدار 10000 J منطقي.

57

مثال صفي

سؤال يعمل سخّان ماء كهربائي على فرق جهد 240 V، فإذا كانت مقاومة عنصر التسخين للسخّان 12 Ω فما مقدار التيار الكهربائي المار فيه؟ وما مقدار الطاقة الحرارية التي تنتج خلال 30 min؟

الجواب

$I = V/R$

$= 240\ V/12\ \Omega$

$= 2.0 \times 10^1\ A$

$E = I^2 Rt$

$= (2.0 \times 10^1\ A)^2 \times 12\ \Omega \times 30\ min$

$\times 60\ s/1\ min$

$= 8.6\ MJ$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

منظّم الحرارة (الثرموستات) قد يعتقد بعض الطلبة أن الغرفة ذات درجة الحرارة المنخفضة ستسخن بسرعة، عند ضبط منظّم الحرارة عند مستوى كبير، وأن الغرفة ذات درجة الحرارة المرتفعة ستبرد بسرعة عند ضبط منظّم الحرارة عند مستوى قليل. في الحقيقة إن منظّم الحرارة ما هو إلا مفتاح غلق وفتح لا يعمل كالمسارع في المَركبة، فمثلاً عند تحريك منظّم الحرارة وضبطه على 25 °C في غرفة درجة حرارتها 35 °C، فإن منظّم الحرارة لن يجعل درجة الحرارة تنخفض لتصبح 30 °C بمعدل أسرع ممّا لو ضبط المنظّم على 30 °C

نشاط

تحدٍّ

السعة الكهربائية استخدم مكثفًا إلكتروليتيًّا 1000 μF وجهده 25 V، ومصدر قدرة DC (12 V)، ومصباحًا كهربائيًّا 12 V لتعرض عملية تخزين الشحنة/ الطاقة. ***تحذير: لاحظ القطبية.*** اطلب إلى الطلبة أن يوضّحوا 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 مشحونًا.*** لامس سلكي قطبي المكثف معًا مدة دقيقة تقريبًا قبل إجراء مثل هذا القياس. م 3 **بصري-مكاني**

التفكير الناقد

التلوّث كثيرًا ما تُروِّج شركات إنتاج الكهرباء لنظافة الطاقة الكهربائية. اسـأل الطلبة: لماذا يعدّ هذا الأمر مضلّلاً. يُعَدُّ استخدام الطاقة الكهربائية عمومًا عملية لا تسبب التلوث، إلا أن عملية إنتاج الطاقة الكهربائية نفسها تعد من مصادر التلوّث عمومًا. إن جميع طرائق إنتاج الطاقة تشتمل على مخلّفات، حتى التقنيات الصديقة للبيئة المستعملة لإنتاج الطاقة، كالرياح والطاقة الشمسية، لديها جوانب سلبية؛ فعلى الرغم من أن هذه الطرائق لا تُطلـق ملوِّثات كيميائية إلى البيئـة، إلا أنها تُصدر ضجيجًا وتسـبِّب مشاكل للحياة البريّة. وإضافة إلى ذلك فـإن البطاريات التي تسـتعمل لتخزين الطاقة المُتولّدة تُعدّ مصدرًا للتلوّث. م 2

مسائل تدريبية

15. a. 1.2 A

b. 1.6×10^4 J

16. a. 4.7×10^3 J

b. 1.3×10^3 J

مسائل تدريبية

15. وُصِل مقاوِم مقداره 39 Ω ببطارية جهدها 45 V، فاحسب مقدار:

a. التيار المار في الدائرة.

b. الطاقة المستهلكة في المقاوم خلال 5.0 min

16. مصباح كهربائي قدرته 100.0 W، وكفاءته 22%؛ أي أن 22% فقط من الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة ضوئية، احسب:

a. الطاقة الحرارية التي ينتجها المصباح الكهربائي كل دقيقة.

b. الطاقة التي يحوّلها المصباح إلى ضوء في كل دقيقة في أثناء إضاءته.

الموصلات فائقة التوصيل Super conductors **الموصل فائق التوصيل** مادة مقاومتها صفر، حيث لاتوجد ممانعة لمرور التيار في تلك المواد، لذا ليس هناك فرق في الجهد V خلالها. ولأن القدرة المستنفدة في موصل تعطى من ناتج IV فإنه يمكن للموصل الفائق التوصيل توصيلُ 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، من الاستعمالات العملية للموصلات الفائقة التوصيل صناعة المغانط المستخدمة في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) Magnetic Resonance Imaging، وفي السنكروترون (مسرّع الجسيمات)؛ حيث تستخدم تيارات كهربائية ضخمة.

نقل الطاقة الكهربائية
Transmission of Electric Energy

إن محطات التوليد الكهربائية في كافة الدول ومنها المحطات الكهروحرارية كما هو في **الشكل 9–2**، قادرة على إنتاج كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية. حيث تُنقل هذه الطاقة غالبًا 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 $P = I^2R$. ويسمّي المهندسون الكهربائيون هذه الطاقة الحرارية المتولّدة غير المرغوب فيها القدرة الضائعة "I^2R". ولتقليل مقدار هذه القدرة الضائعة يتم تقليل التيار I أو المقاومة R.

لجميع أسلاك التوصيل مقاومة، إلا أن مقاومة بعضها صغيرة؛ فمقاومة السلك المستعمل لنقل التيار الكهربائي إلى بيت تساوي 0.20 Ω 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 تُمثّل بالمعادلة التالية:

$$R = 2(3.5\ \text{km})(0.20\ \Omega/\text{km}) = 1.4\ \Omega$$

■ **الشكل 9–2** تزود محطة الحد لتوليد الطاقة مملكة البحرين بحوالي 65% من حاجتها للكهرباء.

وإذا استعملت هذه الأسلاك في طبّاخ كهربائي فإنه سيمر فيها تيار مقداره 41 A، ويُعبَّر عن القدرة الضائعة في الأسلاك بالعلاقة التالية: $P = I^2R = (41\ A)^2(1.4\ \Omega) = 2400\ W$.

وكل هذه القدرة تُفقد وتضيع لأنها تتحول إلى طاقة حرارية، ويمكن تقليل هذا الضياع بتقليل المقاومة. ويتم ذلك باستعمال أسلاك ذات موصلية كبيرة وقطر كبير. كما يمكن أيضًا تقليل القدرة الضائعة من خلال جعل مقدار التيار المار فيها قليلًا؛ لأن فَقْد الطاقة يتناسب أيضًا 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 لمسافات طويلة تستخدم بعض خطوط نقل القدرة الكهربائية جهودًا تزيد على 500 kV؛ حيث يُقلّل التيار المنخفض الناتج من ضياع I^2R في الأسلاك وذلك بالإبقاء على قيمة المعامل I^2 قليلة. تكون الجهود المطبّقة على النقل في الأسلاك الطويلة دائمًا أكبر كثيرًا من الجهود المُطبّقة 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 يقلّل الجهد مرة أخرى إلى 240 V أو إلى 120 V وفق النظام المعتمد في الدولة قبل أن يستخدم في المنازل.

59

نشاط

مشروع فيزياء

الموصلات فائقة التوصيل اطلب إلى الطلبة إعداد تقرير يوضّحون فيه الأسباب التي تجعل بعض الموصلات فائقة الموصلية عند درجات حرارة منخفضة جدًّا. يجب أن يكتشف الطلبة 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 تتنقل على شكل أزواج. وفي حين أن هذا الاقتران 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. م2 **لغوي**

عرض سريع

تخزين الطاقة

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات مكثف 1 μF، وبطارية 9 V، وملتيمتر رقمي (DMM)، ومقاوِم 1 MΩ

الخطوات استخدم هذا العرض لتوضيح تخزين الطاقة الكهربائية في مكثّف. ركب الدائرة الكهربائية، وتأكّد من قطبية المكثف، ودوّن زمن تفريغ المكثّف. للملتيمتر الرقمي المثالي DMM مقاومة مقدارها 10 MΩ، والزمن اللازم لتفريغ المكثف يساوي $5\ RC = 5(10\ M\Omega)(1\ \mu F) = 50\ s$ تقريبًا. أعد العرض باستعمال مقاوِم مقداره 1 MΩ موصول على التوازي مع وصلات المقياس، حيث سيظهر انخفاضًا في زمن التفريغ.

المناقشة

سؤال لماذا تثبّت 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 جدًّا. وستكون المواد العازلة التي تستعمل عند وضع الكابلات بالقرب من سطح الأرض أو تحت الأرض غير مجدية عمليًّا. وتسمح الأبراج العالية للهواء بأن يكون بمثابة مادة عازلة رئيسة. م2

استخدام الشكل 11–2

اطلب إلى الطلبة افتراض أن لديك مقياس واط. ساعة رقميًّا، وافترض أيضًا عدم وجود تيار في هذه اللحظة (كل شيء في البناية مُطفأ). اسأل الطلبة هل ستصبح قراءة المقياس صفرًا؟ لا، ستثبُت قراءته عند القراءة النهائية قبل إطفاء الأجهزة الكهربائية في البناية؛ وذلك لأن المقياس يشير إلى الطاقة الكلية المستهلكة. م2

تطوير المفهوم

أجهزة الستيريو (مضخمات الصوت) والقدرة

يرغب بعض الأشخاص أن يكون الصوت في مركباتهم مرتفعًا. وهذا أمر يصعب تحقيقه مع نظام 12 V؛ حيث مقاومة مكبِّرات الصوت عادة 4.0 Ω، فتكون القدرة $\left(\frac{V^2}{R}\right)$ المعطاة لمكبِّر صوت واحد محدّدة لغاية 36 W ويتمثّل أحد الحلول في استعمال مضخّم، والذي يضاعف جهد مُكبّر الصوت على نحو فعّال (يضاعف القدرة أربع مرات).

تعزيز الفهم

استخدام الطاقة اعرض مسخّن ماء من النوع الذي يُغمر في الماء، واعرض عنصر التسخين في سخّان ماء كهربائي، ثم اسأل الطلبة: ما الاختلافات بين هذين الجهازين؟ يمكن أن تتضمن المناقشة: الحجم، التكلفة، المقاومة، جهد التشغيل، الدقة والأمان.

م2 منطقي-رياضي

الكيلو واط.ساعة The Kilowatt–Hour

تسمّى شركات الكهرباء غالبًا شركات القدرة، إلا أنها في الواقع تُزوّدنا بالطاقة بدلًا من القدرة. فالقدرة هي المعدل الزمني لتوصيل الطاقة. فعندما يُسدّد المستهلكون فواتير منازلهم الكهربائية، ومنها الفاتورة الموضّحة في **الشكل 10–2**، فهم يُسدّدون ثمن الطاقة الكهربائية المستهلكة، وليس القدرة.

إن كمية الطاقة الكهربائية المُستهلكة في جهاز تساوي معدل استهلاكه للطاقة، بوحدة جول لكل ثانية (W)، مضروبًا في زمن تشغيل الجهاز بوحدة ثانية. إن الجول لكل ثانية مضروبًا في ثانية s (J/s) يساوي الكمية الكلية للطاقة المستهلكة بوحدة الجول. إن الجول، والذي يُعرف أيضًا على أنه واط.ثانية (Watt.second)، يُعبّر عن كمية قليلة نسبيًّا من الطاقة، وهو وحدة قياس صغيرة جدًّا للطاقة المُستهلكة في الاستخدامات العملية. لهذا السبب تقيس شركات الكهرباء استهلاك الطاقة بوحدة تساوي عددًا كبيرًا من الجولات، وتسمّى هذه الوحدة كيلو واط.ساعة (kWh). **والكيلو واط.ساعة** يساوي قدرة مقدارها 1000 Watt تصل بشكل مستمر لمدة (1 h) 3600 s؛ أو يساوي 3.6×10^6 J، ولا يوجد الكثير من الأجهزة الكهربائية المنزلية التي تلزمها قدرة أكبر من 1000 W ما عدا سخانات المياه والمكيفات الكهربائية والطبّاخات 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.

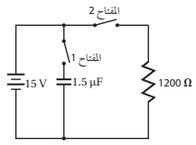
تعلمت طرائق متعددة تستخدمها شركات الكهرباء لحل المشاكل التي يواجهها نقل التيار الكهربائي مسافات طويلة، وتعلمت أيضًا كيف تحسب هذه الشركات فواتير الكهرباء، وكيف تتوقع تكلفة تشغيل أجهزة مختلفة في المنزل. إن عملية توزيع الطاقة الكهربائية إلى جميع المناطق على الأرض، يُعد من أعظم الإنجازات الهندسية في القرن العشرين، ويعد الاستخدام الأمثل للطاقة الكهربائية والمحافظة عليها من التحديات الكبرى التي تواجه البشرية.

الشكل 10–2 يستخدم مقياس الواط.ساعة في قياس مقدار الطاقة الكهربائية التي يستهلكها المستخدم (a). وتستعمل قراءة المقياس لحساب تكلفة الطاقة المستهلكة (b).

مسألة تحدٍّ

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 فُتِح 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 المقاوم بعد إغلاق المفتاح 2 مباشرة؟
4. مع مرور الوقت، ماذا يحدث لجهد المكثف والتيار المار في المقاوم؟



مسألة تحدٍّ

1. 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؛ لأن جهد البطارية ثابت عند 15 V. لكن إذا كان كل من البطارية والمكثّف 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

17. يمر تيار كهربائي مقداره 15.0 A في مدفأة كهربائية عند وصلها بمصدر فرق جهد 120 V فإذا تم تشغيل المدفأة بمتوسّط 5.0 h يوميًّا فاحسب:
   a. مقدار القدرة التي تستهلكها المدفأة.
   b. مقدار الطاقة المستهلكة في 30 يومًا بوحدة kWh.
   c. تكلفة استخدام المدفأة عند تشغيلها مدة 30 يومًا، إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 9.0 فلس.
18. تبلغ مقاومة ساعة رقمية 12,000 Ω، وهي موصولة بمصدر فرق جهد مقداره 115 V، فاحسب:
   a. مقدار التيار الذي يمر فيها.
   b. مقدار القدرة الكهربائية التي تستهلكها الساعة.
   c. تكلفة تشغيل الساعة 30 يومًا، إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 9.0 فلس.
19. تنتج بطارية سيارة تيارًا مقداره 55 A لمدة 1.0 h، وذلك عندما يكون فرق جهدها 12 V، ويتطلب إعادة شحنها طاقة أكبر بـ 1.3 مرّة ضعف الطاقة التي تزوّدنا بها؛ وذلك 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.

2–2 مراجعة

20. **الطاقة** يُشغل محركُ السيارة المولدَ الكهربائي، والذي يولّد بدوره التيار الكهربائي اللازم لعمل السيارة، ويُخزّن شحنات كهربائية في بطارية السيارة. وتستخدم المصابيح الرئيسة في السيارة الشحنةَ الكهربائية المختزنة في بطارية السيارة. جهّز قائمة بأشكال الطاقة في العمليات السابقة.
21. **المقاومة الكهربائية** يتم تشغيل مجفّف الشعر بوصله بمصدر جهد 120 V، ويكون فيه خياران: حار ودافئ. في أيّ الخيارين تكون المقاومة أصغر؟ ولماذا؟
22. **القدرة** حدّد مقدار التغير في القدرة في دائرة كهربائية إذا قل الجهد المُطبّق إلى النصف.
23. **الجهد** لماذا يتم توصيل الطبّاخ الكهربائي وسخّان الماء الكهربائي بدائرة جهدها 240 V بدلاً من دائرة جهدها 120 V؟
24. **التفكير الناقد** عندما يرتفع الطلب على القدرة الكهربائية تقوم شركات الكهرباء أحيانًا بتقليل الجهد، مما يؤدي إلى خفوت الأضواء. ما الذي يبقى محفوظًا ولا يتغير؟

مسائل تدريبية

17. a. 1.8 kW b. 270 kWh c. 2430 فلس
18. a. 9.6×10^{-3} A b. 1.1 W c. 7.13 فلس
19. 9.5 h

3. التقويم

التحقق من الفهم

الاستهلاك والتكلفة لمساعدة الطلبة 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 و250 W و50 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 كلّ من التيار المسحوب وتكلفة التشغيل. م 2

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. م 2 **لغوي**

2-2 مراجعة

20. تتحوّل الطاقة الميكانيكية من المحرك إلى طاقة كهربائية في المولّد؛ وتُختزن الطاقة الكهربائية على شكل طاقة كيميائية في البطارية، وتتحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية في البطارية، وتتحوّل هذه الطاقة إلى ضوء وطاقة حرارية في المصابيح الرئيسة.
21. 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 أقلّ.
22. ستنخفض إلى ربع القيمة الأصلية.
23. للقدرة نفسها، عند مضاعفة الجهد، سيقل التيار إلى النصف. وستقل خسارة I^2R في شبكة أسلاك الدائرة الكهربائية بشكلٍ كبير؛ لأنها تتناسب طرديًّا مع مربع التيار.
24. القدرة، وليست الطاقة، ستعمل معظم الأجهزة لفترة زمنية أطول.

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

المهارات العملية الوصف، والقياس باستخدام وحدات النظام الدولي SI، وإنشاء الرسوم البيانية واستخدامها.

احتياطات السلامة قد تصبح الدوائر الكهربائية ساخنة. ارتدِ دائمًا نظارة واقية وملابس وقاية في المختبر. قد يجرح السلك الجلد أو يخدشه.

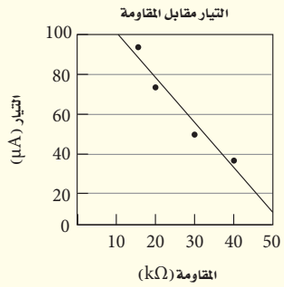
المواد والأدوات البديلة يمكن أن تستخدم مصادر قدرة، وأجهزة أميتر، ومقاوِمات بمقادير مختلفة. المقاوِمات المتساوية الموصولة على التوالي يكون لها التأثير نفسه، لاستعمال مقاوِمات ذات مقادير أكبر؛ والتي سيتم تناولها في الفصل اللاحق.

استراتيجيات التدريس

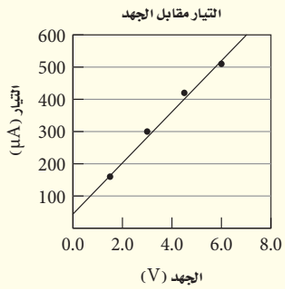
- **إذا غَيّرت المواد فمن المهم أن تختبر التركيب الجديد لتتأكد من أن التيار المار في الدائرة ليس كبيرًا جدًا أو قليلاً جدًا.**
- **إذا ساعدت الطلبة على التوصل إلى العلاقة بين $I = k/R$، و$V = kI$ (حيث يمثل الرمز k مقدارًا ثابتًا)، فإنهم سيكونون قادرين على التوصل إلى العلاقة $V = IR$**

التحليل

1.



2.



عيّنة بيانات

جدول البيانات 1

الجهد (V)	المقاومة (kΩ)	التيار (μA)
1.5	16	94
1.5	20	75
1.5	30	50
1.5	40	38

جدول البيانات 2

الجهد (V)	المقاومة (kΩ)	التيار (μA)
1.5	10	160
3.0	10	300
4.5	10	420
6.0	10	510

مختبر الفيزياء

الجهد والتيار والمقاومة

درست في هذا الفصل العلاقات بين كلٍّ من الجهد، والتيار، والمقاومة في دوائر كهربائية بسيطة. فالجهد هو فرق الجهد الذي يدفع التيار خلال الدائرة، في حين تحدّد المقاومة التيار الذي سيمر عند تطبيق فرق جهد. ستجمع في هذه التجربة البيانات، وتعد رسومًا بيانيّة لاستقصاء العلاقات الرياضية بين الجهد والتيار، وكذلك بين المقاومة والتيار.

سؤال التجربة

ما العلاقة بين الجهد والتيار؟ وما العلاقة بين المقاومة والتيار؟

الأهداف

- **تقيس** التيار حسب النظام الدولي SI.
- **تصف** العلاقة بين مقاومة دائرة كهربائية والتيار الكهربائي الكلي المار فيها.
- **تصف** العلاقة بين الجهد والتيار الكلي المار في الدائرة الكهربائية.
- **تنشئ رسومًا بيانية وتستخدمها** لتبين العلاقة بين التيار والمقاومة وبين التيار والجهد.

احتياطات السلامة

- ***تحذير: قد تسخن الدوائر الكهربائية والمقاومات.***
- ***تحذير: الأسلاك حادة، قد تجرح الجلد.***

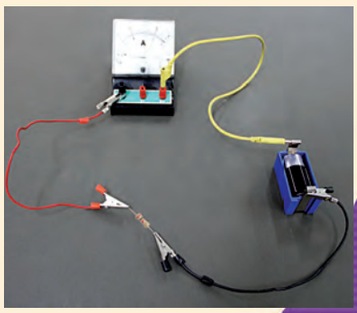
المواد والأدوات

أربع بطاريات من نوع D جهد كل منها 1.5 V
أربع حوامل للبطاريات
أميتر 500 μA
مقاوِم 10 kΩ
مقاوِم 20 kΩ
مقاوِم 30 kΩ
مقاوِم 40 kΩ
خمسة أسلاك مزودة بمشابك فم التمساح

الخطوات

الجزء A

1. ضع البطارية في حاملها.
2. ركّب دائرة تحتوي على بطارية، ومقاوِم 10 kΩ، وأميتر 500 μA
3. دوّن مقداري المقاومة والتيار في جدول البيانات1، على أن تدوّن مقدار المقاوِم في عمود المقاومة، أما بالنسبة لعمود التيار فاستخدم قراءة الأميتر.
4. ضع المقاوِم 20 kΩ بدلًا من المقاوِم 10 kΩ
5. دوّن مقداري المقاومة والتيار في جدول البيانات 1.
6. كرّر الخطوتين 4و5، على أن تضع المقاوِم 30 kΩ بدلًا من المقاوِم 20 kΩ
7. كرّر الخطوتين 4و5، على أن تضع المقاوِم 40 kΩ بدلًا من المقاوِم 30 kΩ



جدول البيانات 1		
الجهد (V)	المقاومة (kΩ)	التيار (μA)
1.5		
1.5		
1.5		
1.5		

جدول البيانات 2		
الجهد (V)	المقاومة (kΩ)	التيار (μA)
	10	
	10	
	10	
	10	

الجزء B

8. أعد تركيب الدائرة التي ركّبتها في الخطوة 2، ثم تحقق من مرور التيار في الدائرة، ودوّن مقداري الجهد والتيار في جدول البيانات 2.
9. أضف بطارية ثانية جهدها 1.5 V إلى الدائرة، ودوّن مقداري الجهد والتيار في جدول البيانات 2. عندما تستعمل أكثر من بطارية واحدة دوّن مجموع جهود البطاريات بوصفها قيمة للجهد في جدول البيانات 2.
10. كرّر الخطوة 9 مع ثلاث بطاريات جهد كلّ منها 1.5 V
11. كرّر الخطوة 9 مع أربع بطاريات جهد كلّ منها 1.5 V

التحليل

1. **أنشئ رسومًا بيانيّة واستخدمها** ارسم التيار بوصفه متغيرًا مقابل المقاومة، على أن تضع المقاومة على المحور x، والتيار على المحور y.
2. **أنشئ رسومًا بيانيّة واستخدمها** ارسم التيار بوصفه متغيرًا مقابل الجهد، على أن تضع الجهد على المحور x، والتيار على المحور y.
3. **حلّل الخطأ** ما العوامل التي تؤثر في التيار في الجزء A إضافة إلى قيم المقاومات؟ وكيف يمكن التقليل من تأثير هذه العوامل؟
4. **حلّل الخطأ** ما العوامل التي تؤثر في التيار في الجزء B إضافة إلى البطاريات المضافة؟ وكيف يمكن التقليل من تأثير هذه العوامل؟

الاستنتاج والتطبيق

1. صِف 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؟
4. لماذا افترضت وجود هذه العلاقة بين الجهد والتيار؟

التوسع في البحث

1. ما مقدار التيار الكهربائي الذي يمر في دائرة كهربائية إذا كان الجهد 3.0 V والمقاومة 20 kΩ؟ كيف حدّدت هذا التيار؟
2. بالاستعانة ببياناتك التي حصلت عليها في التجربة، هل يمكنك اشتقاق علاقة توضح العلاقة بين الجهد والتيار والمقاومة؟ *مساعدة: انظر إلى العلاقة البيانية بين التيار وفرق الجهد، وافترض أنها خط مستقيم تمر 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؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن التيار الكهربائي ارجع إلى الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اطلب إلى الطلبة تصميم تجربة لإيجاد العلاقة بين التيار، والجهد، والمقاومة. أكّد على أن يغيّروا متغيّرًا واحدًا فقط في المحاولة الواحدة، واحرص على أن تُعلِّمهم أدوات قياس كل من هذه الكميّات. حذِّر الطلبة من إمكانية حدوث احتراق أو دائرة قصر في الدائرة الكهربائية.

3. في البطاريات الحقيقة، 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 يقلّ التيار، والعكس صحيح.
2. توجد هذه العلاقة لأن التيار يتناسب عكسيًّا مع المقاومة ($I \alpha 1/R$).
3. هناك علاقة خطيّة 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 150 μA تقريبًا. إن مضاعفة الجهد تعوّض مضاعفة المقاومة.
2. $V = IR$
3. يجب أن تتفق البيانات بشكلٍ جيد، ولكنها قد تصبح غير متوافقة عندما يزداد التيار.

الفيزياء في الحياة

1. تتضمّن الإجابات أفران الكهرباء، ومسخِّنات الماء، والمجفِّفات، والثلاجات.
2. لأن $P = IV$ وبقاء P ثابتة فإن التيار يزداد إذا قلّ الجهد. ونتيجة لذلك فإن مقدارًا أكبر من الطاقة سيُبدّد على شكل حرارة.

الخلفيّة النظرية

هناك نوعان أساسيّان من السيارات المُهجّنة؛ السيارات التي تعمل بتقنية التهجين المتوالي، والسيارات التي تعمل بتقنية التهجين المتوازي. يصف النصّ في كتاب الطالب النوع الثاني بصورة مبسّطة؛ حيث يُعدّ هذا النوع الأكثر شيوعًا 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 المولّد، الذي يعمل بدوره على تزويد البطاريات بالطاقة، أو يعمل على تزويد المحرك الكهربائي بالطاقة التي تحرك السيارة بَعد ذلك. والسيارة التي تعمل على تقنية التهجين المتوالي لا تتوقف عن العمل؛ حيث يتوقف محرك الوقود عن العمل كليًّا عندما تتوقف السيارة.

استراتيجيات التدريس

- في الوقت الحاضر، تستورد كثير من الدول معظم أو جميع احتياجاتها من الوقود من الدول المنتجة له. اطلب إلى الطلبة كتابة فقرة يحلّلون 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 مكلفًا أو مستحيلاً، إضافة إلى أن استخدام الوقود الأحفوري يزيد من تلوّث 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).

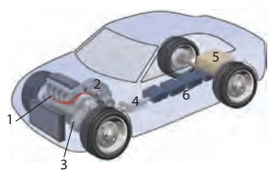
التقنية والمجتمع

السيارات المهجنة Hybrid Cars

السيارات المهجنة ذات كفاءة عالية في استهلاك الوقود ومريحة وآمنة وهادئة وغير ملوّثة للبيئة، وتتسارع بصورة جيدة. لذا فإن مبيعات السيارات المهجنة آخذة في الازدياد.

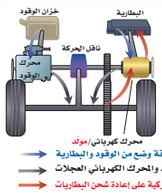
لماذا تسمّى بالمهجنة؟ يطلق على السيارة اسم مهجنة إذا كانت تستخدم مصدرين أو أكثر من مصادر الطاقة. فمثلاً يُطلق على قاطرات الديزل الكهربائية اسم العربات المهجنة. ولكن مصطلح السيارة المهجنة يُطلق عادة على السيارة التي تستخدم الوقود والكهرباء.

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 استفادتها من الوقود مقارنة بالسيارات المهجنة. أما في السيارات المهجنة فوزن محرك البنزين قليل وأكثر فاعلية، مما يجعله يلبي معظم احتياجات وضرورات القيادة. وعند الحاجة إلى المزيد من الطاقة فإنه يمكن الحصول عليها من الكهرباء المخزنة في البطاريات القابلة لإعادة الشحن.



السيارة المهجنة لديها محرك وقود (1) ومحرك كهربائي (2).

كيف تعمل السيارات المهجنة؟ يبين الرسم التوضيحي أعلاه أحد أنواع السيارات المهجنة، والذي يسمّى التهجين المتوازي. حيث يُشغّل محرك الاحتراق الداخلي الصغير (1) السيارة خلال معظم أوضاع القيادة. ويتصل محرك الاحتراق الداخلي والمحرك الكهربائي (2) مع العجلات على جهاز ناقل الحركة نفسه (3). تعمل الأدوات الإلكترونية المبرمجة (4) على تحديد وقت استعمال محرك الكهرباء، ووقت استعمال محرك الاحتراق، ومتى يُستعمل الاثنان معًا.



تعمل الطاقة الحركية للسيارة في عملية الكبح المتجدّد على إعادة شحن البطاريات.

طاقة وضع من الوقود والبطارية
يدوّر محرك الوقود والمحرك الكهربائي العجلات
تعمل الطاقة الحركية على إعادة شحن البطاريات

لا يحتاج هذا النوع من التهجين إلى مصدر قدرة خارجي إلى جانب الوقود في خزان الوقود (5). ويتم إعادة شحن البطاريات (6) بعملية تسمّى الكبح المتجدّد، كما هو موضّح في الرسم التخطيطي. حيث يعمل المحرك الكهربائي فيها بوصفه مولّدًا؛ فعندما يعمل المحرك الكهربائي على إبطاء حركة السيارة يتم تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية، والتي تعمل بدورها على إعادة شحن البطاريات.

هل السيارات المهجنة تفيد المجتمع؟ زادت السيارات المهجنة من المسافات التي تقطعها السيارات بوساطة كمية معيّنة من الوقود، لذا فقد 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 تُسهم هذه الانبعاثات في حدوث بعض المشاكل البيئة كالضبخن (الضباب الدخاني). ولأن السيارات المهجنة تزيد من المسافات المقطوعة وتقلل من الغازات المنبعثة من العوادم فإن الكثير من الناس يشعرون أن هذه السيارات تعد إحدى الطرائق الفعّالة للمساعدة على حماية الهواء من التلوث، بالإضافة إلى المحافظة على مصادر الوقود.

التوسع

1. **حلّل واستنتج** ما الكبح المتجدد؟
2. **توقع** هل زيادة مبيعات السيارات المهجنة يفيد المجتمع؟ دعم إجابتك.

نشاط

تغير الاتجاه (الموقف) اطلب إلى الطلبة إجراء مقابلة مع بعض الأشخاص كالآباء أو الأجداد، وأن يطرحوا عليهم الأسئلة الآتية: هل تغيرت مواقفهم تجاه استخدام الوقود الأحفوريّ 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 المتجدّد عملية تحدث في السيارات المهجنة، يتم من خلالها تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية عند استعمال الكوابح.
2. تقبّل الإجابات المنطقية جميعها. هناك فائدتان مهمّتان، وهما: تقليل الانبعاثات من العادم، واقتصادية أكثر في استهلاك الوقود.

الفصل 2
دليل الدراسة

2–1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية Current and Circuits

المفردات

- التيار الكهربائي
- التيار الاصطلاحي
- الدائرة الكهربائية
- الأمبير
- المقاومة الكهربائية
- المقاوِم الكهربائي

الأفكار الرئيسة

- يعرّف التيار الاصطلاحي على أنه التيار الذي يكون في اتجاه حركة الشحنات الموجبة.
- تحوّل المولدات الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.
- تحوّل الدائرة الكهربائية الطاقة الكهربائية إلى حرارة أو ضوء أو إلى أشكال أخرى مفيدة للطاقة.
- عندما تتحرك شحنة في دائرة كهربائية، تُسبّب المقاوِمات نقصًا في طاقتها الكهربائية.
- الأمبير يساوي واحد كولوم لكل ثانية 1 C /s.
- يمكن حساب القدرة بضرب الجهد في التيار. $P = IV$
- تُعطى مقاومة جهاز ما من خلال النسبة بين جهد الجهاز والتيار المار فيه. $R = \frac{V}{I}$
- ينص قانون أوم على أن النسبة بين فرق الجهد بين طرفي موصل وشدة التيار المار فيه ثابتة لهذا الموصل. وأيّ مقاومة لا تتغير بتغيّر درجة حرارتها أو الجهد المُطبّق عليها أو اتجاه حركة الشحنة فيها، تحقّق قانون أوم.
- يمكن التحكم في تيار دائرة كهربائية بتغيير الجهد أو المقاومة أو كليهما.

2–2 استخدام الطاقة الكهربائية Using Electric Energy

المفردات

- الموصل فائق التوصيل
- الكيلوواط.ساعة

الأفكار الرئيسة

- القدرة في دائرة كهربائية تساوي مربع التيار مضروبًا في المقاومة، أو تساوي مربع الجهد مقسومًا على المقاومة. $P = I^2R$ أو $P = \frac{V^2}{R}$
- إذا استُنفِدت القدرة بمعدل منتظم، فإن الطاقة الحرارية الناتجة تساوي القدرة مضروبة في الزمن، كما يمكن أيضًا التعبير عن القدرة بـ I^2R و V^2/R للحصول على المعادلتين الأخيرتين:

$$E = Pt$$
$$= I^2Rt$$
$$= \frac{V^2}{R}t$$

- الموصلات فائقة التوصيل مواد مقاومتها صفر، ولا زالت استخداماتها العملية حتى وقتنا الحاضر محدودة.
- الطاقة الحرارية غير المرغوب فيها الناتجة عن نقل الطاقة الكهربائية تسمّى القدرة الضائعة. وأفضل طريقة لتقليل ضياع أو فقد I^2R إلى أقل حد هي تقليل قيمة التيار المار في أسلاك التوصيل. ويمكن تقليل مقدار التيار المار في أسلاك التوصيل دون تقليل القدرة من خلال نقل الكهرباء عند جهود عالية.
- الكيلوواط.ساعة (kWh) عبارة عن وحدة طاقة، وتساوي 3.6×10^6 J

المفاهيم الرئيسة

يمكن أن يستخدم الطلبة العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

التقويم

خريطة المفاهيم

25. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

26. $1\,A = 1\,C/1\,s$

27. من اليسار إلى اليمين خلال المحرك (في اتجاه دوران عقارب الساعة).

28. a. 4

b. 1

c. 2

d. 3

29. a. الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وضوء.

b. الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وطاقة حركية.

c. الطاقة الكهربائية إلى صوت وضوء.

30. للسلك ذي المقطع العرضي الأكبر مقاومة أقل؛ لأن هناك عددًا أكبر من الإلكترونات لحمل الشحنة.

31. تسمح المقاومة القليلة للفتيلة الباردة بمرور تيار كبير في البداية، ومن ثم تغيّر كبير في درجة حرارتها مما يؤدي إلى تعرّض الفتيلة لإجهاد كبير.

32. تولّد دائرة القصر تيارًا كبيرًا مما يسبّب تصادم عدد أكبر من الإلكترونات مع ذرات السلك وهذا يؤدي إلى رفع الطاقة الحركية للذرات ودرجة حرارة السلك.

33. مقاومة السلك والتيار المار فيه.

34. $W = \frac{C}{s} \cdot \frac{J}{C} = \frac{J}{s} = \frac{kg \cdot \frac{m^2}{s^2}}{s} = \frac{kg \cdot m^2}{s^3}$

تطبيق المفاهيم

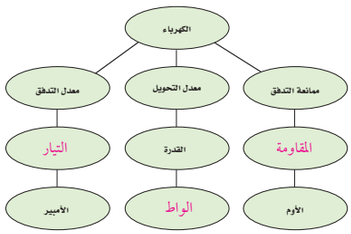
35. ليس هناك فرق جهد على امتداد السلك، لذا لا يمر تيار كهربائي خلال جسم الطائر (لا يشكل السلك الواحد دائرة مغلقة).

36. إما بزيادة الجهد أو بتقليل المقاومة.

37. المصباح الكهربائي 50 W؛ $P = \frac{V^2}{R}$، لذا فإن $R = \frac{V^2}{P}$، فالمقاومة الكبيرة تسبّب قدرة أقل.

خريطة المفاهيم

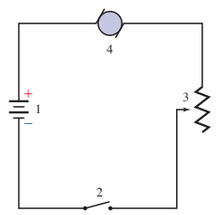
25. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الواط، التيار، المقاومة.



إتقان المفاهيم

26. عرّف وحدة قياس التيار الكهربائي بدلالة الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات.

ارجع إلى الشكل 11–2 للإجابة عن الأسئلة 28–27:



الشكل 11–2

27. ما اتجاه التيار الاصطلاحي في المحرك؟

28. في **الشكل 11–2**، 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. توفّر طريقة لضبط السرعة وتعديلها؟

29. صف تحوّلات الطاقة التي تحدث في الأدوات التالية:

a. مصباح كهربائي متوهّج.

b. مجفّفة ملابس.

c. مذياع رقمي مزوّد بساعة.

30. أي السلكين يوصل الكهرباء بمقاومة أقل: سلك مساحة مقطعه العرضي كبيرة، أم سلك مساحة مقطعه العرضي صغيرة؟

31. لماذا يكون عدد المصابيح التي تحترق لحظة إضاءتها أكبر بكثير من عدد المصابيح التي تحترق وهي مُضاءة؟

32. عند عمل دائرة قصر لبطارية بوصل طرفي سلك نحاسي بقطبي البطارية ترتفع درجة حرارة السلك. فسّر لماذا يحدث ذلك؟

33. ما الكميَّات الكهربائية التي يجب المحافظة على مقاديرها قليلة، عند نقل الطاقة الكهربائية مسافات طويلة بصورة اقتصادية؟

34. عرف وحدة القدرة الكهربائية بدلالة الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات؟

تطبيق المفاهيم

35. **خطوط القدرة** لماذا تستطيع الطيور الوقوف على خطوط الجهد المرتفع دون أن تتعرض لصدمة كهربائية؟

36. صِف طريقتين لزيادة التيار في دائرة كهربائية.

37. **المصابيح الكهربائية** يعمل مصباحان كهربائيان في دائرة كهربائية جهدها 120 V، فإذا كانت قدرة أحدهما 50 W والآخر 100 W، فأيّ المصباحين مقاومته أكبر؟ وضّح إجابتك.

تقويم الفصل 2

38. قانون أوم وجدت سارة أداة تُشبه مقاومًا. عندما وصلت هذه الأداة ببطارية جهدها 1.5 V مرَّ فيها تيار مقداره 45×10^{-6} A فقط، ولكن عندما استخدمت بطارية جهدها 3.0 V مر فيها تيار مقداره 25×10^{-3} A، فهل تحقّق هذه الأداة قانون أوم؟

39. إذا غُيّر موقع الأميتر المبين في **الشكل 2–4a** ليُصبح أسفل الشكل، فهل تبقى قراءة الأميتر نفسها؟ وضّح ذلك.

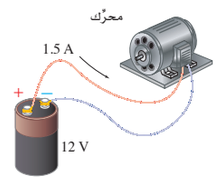
إتقان حل المسائل

2–1 التيارالكهربائي والدوائر الكهربائية

40. وصل محرك ببطارية جهدها 12 V كما هو موضّح في **الشكل 12–2**. احسب مقدار:

a. القدرة التي تصل إلى المحرك.

b. الطاقة المُحوَّلة، إذا تم تشغيل المحرك 15 min



الشكل 12–2

41. يمر تيار كهربائي مقداره 0.50 A في مصباح متصل بمصدر جهده 120 V احسب مقدار:

a. القدرة الواصلة.

b. الطاقة التي يتم تحويلها خلال 5.0 min

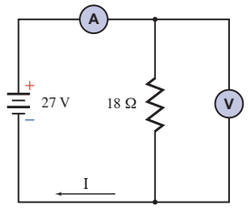
42. ارجع إلى **الشكل 13–2** للإجابة عن الأسئلة التالية:

a. كم تكون قراءة الأميتر؟

b. كم تكون قراءة الفولتمتر؟

c. ما مقدار القدرة الواصلة إلى المقاوم؟

d. ما مقدار الطاقة التي تصل إلى المقاوم كل ساعة؟



الشكل 13–2

43. مجففات الملابس وصلت مجفّفة ملابس قدرتها 4200 W بدائرة كهربائية جهدها 220 V، احسب مقدار التيار المار في المجفّفة.

44. البطاريات إذا مرّ تيار مقداره 0.40 A في مقاوم مقداره 60.0 Ω عند توصيله بقطبي بطارية، فما فرق الجهد بين قطبي البطارية؟

45. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة كهربائية على التوالي تتضمن مقاومًا مقداره 16 Ω، وبطارية، وأميتر قراءته 1.75 A، حدّد كلًّا من الطرف الموجب للبطارية وجهدها، والطرف الموجب للأميتر، واتجاه التيار الاصطلاحي.

46. يمر تيار كهربائي مقداره 66 mA في مصباح عند توصيله ببطارية جهدها 6.0 V، ويمر فيه تيار مقداره 75 mA عند استخدم بطارية جهدها 9.0 V أجب عن الأسئلة التالية:

a. هل يحقّق المصباح قانون أوم؟

b. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح عند توصيله ببطارية 6.0 V؟

c. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح عند توصيله ببطارية 9.0 V؟

التقويم

38. لا؛ لأنه عند 1.5 V تكون المقاومة $3.3\times10^{4}\ \Omega$، وعند 3.0 V تكون المقاومة 120 Ω. فالجهاز الذي يحقّق قانون أوم له مقاومته لا تعتمد على الجهد المُطبّق (مقاومة ثابتة).

39. نعم؛ لأن قيمة التيار متساوية عند كل النقاط في الدائرة.

إتقان حلّ المسائل

2-1 التيارالكهربائي والدوائر الكهربائية

40.a 18 W

40.b 1.6×10^{4} J

41.a 6.0×10^{1} W

41.b 1.8×10^{4} J

42.a 1.5 A

42.b 27 V

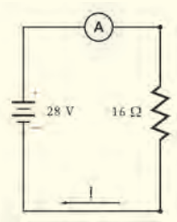
42.c 41 W

42.d 1.5×10^{5} J

43. 19 A

44. 24 V

45. $V = 28$ V



46.a لا، يزداد الجهد بمعامل مقداره $\frac{9.0}{6.0}=1.5$، بينما يزداد التيار بمعامل مقداره $\frac{75}{66}=1.1$

46.b 0.40 W

46.c 0.68 W

التقويم

47. a. $3.0\times10^{2}\ \Omega$

b. $6.0\times10^{1}\ \Omega$

c. 2.0 A

48. 1.08×10^{5} J; 9.5×10^{4} J

49. a. $36\ \Omega$

b. $1.2\times10^{2}\ \Omega$

c. لا، لأن المقاومة تتغير وفقًا للجهد.

2-2 استخدم الطاقة الكهربائية

50. 169.5/kWh دينار

51. 0.15 A

52. a. 1.1 A

b. 45 V

53. 19440 فلس

47. يمر تيار مقداره 0.40 A في مصباح موصول بمصدر جهد 120 V، اجب عما يلي:

a. ما مقدار مقاومة المصباح أثناء إضاءته؟

b. تُصبح مقاومة المصباح عندما يبرد $\frac{1}{5}$ مقاومته عندما يكون ساخنًا. ما مقدار مقاومة المصباح وهو بارد؟

c. ما مقدار التيار المار في المصباح لحظة إضاءته من خلال وصله بفرق جهد مقداره 120 V؟

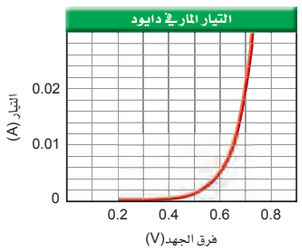
48. المصابيح الكهربائية ما مقدار الطاقة المستنفدة في مصباح قدرته 60.0 W خلال نصف ساعة؟ وإذا حوّل المصباح 12% من الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية فما مقدار الطاقة الحرارية التي يولّدها خلال نصف ساعة؟

49. يمثل الرسم البياني في **الشكل 2–14** العلاقة بين فرق الجهد والتيار المار في أداة تدعى الدايود وهو مصنوع من السيليكون. أجب عن الأسئلة التالية:

a. إذا وصِل الدايود بفرق جهد مقداره 0.70 V+ فما مقدار مقاومته؟

b. ما مقدار مقاومة الدايود عند استخدام فرق جهد مقداره 0.60 V+؟

c. هل يُحقّق الدايود قانون أوم؟



الشكل 2–14

2–2 استخدام الطاقة الكهربائية

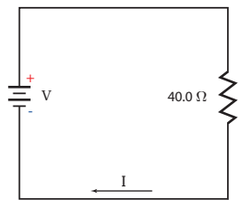
50. البطاريات يبلغ ثمن بطارية جهدها 9.0 V تقريبًا دينار واحد، وتولّد هذه البطارية تيارًا مقداره 0.0250 A مدة 26.0 h قبل أن يتم تغييرها. احسب تكلفة كل kWh تُزوِّدنا به هذه البطارية.

51. ما مقدار أكبر تيار ينتج عن قدرة كهربائية مقدارها 5.0 W في مقاوِم مقداره 220 Ω ؟

52. في الدائرة الموضّحة في **الشكل 2–15** تبلغ أكبر قدرة كهربائية آمنة 50 W استخدم الشكل لإيجاد كل مما يلي:

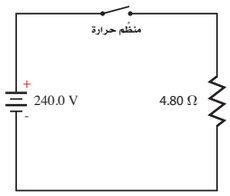
a. أكبر تيار آمن.

b. أكبر جهد آمن.



الشكل 2–15

53. يمثل **الشكل 2–16** دائرة فرن كهربائي. احسب قيمة الفاتورة الشهرية (30 يومًا) إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 9.0 فلس، وتم ضبط منظّم الحرارة ليشتغل الفرن ربع الفترة الزمنية.



الشكل 2–16

التقويم

مراجعة عامة

54. $2.2\times10^{4}\ \text{J}$

55. **a.** $2.5\ \text{A}$

b. $2.3\times10^{4}\ \text{J}$

56. **a.** $3.0\ \text{A}$

b. $12\ \text{A}$

c. في اللحظة التي يُشغَّل فيها.

57. المدى من $1.0\times10^{1}\ \Omega$ إلى $600\ \Omega$

58. **a.** $5.0\ \text{A}$

b. 40%

التفكير الناقد

59. 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. بيانيًّا، الشحنة الكلية مضروبة في فرق الجهد النهائي تساوي ضعفي المساحة تحت المنحنى تمامًا. وفيزيائيًّا 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.

60. **b.** 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.

c. الفرن الفارغ يعني أن طاقة الميكروويف ستتبدّد في الفرن. وهذا قد يؤدي إلى مزيد من السخونة لأجزاء الفرن، ومن ثم تلفها.

مراجعة عامة

54. يمر تيار مقداره $1.2\ \text{A}$ في مقاوم مقداره $50.0\ \Omega$ لمدة $5.0\ \text{min}$، احسب مقدار الحرارة المتولدة في المقاوم خلال هذه الفترة.

55. وصل مقاوم مقداره $6.0\ \Omega$ ببطارية جهدها $15\ \text{V}$، فما مقدار:

a. التيار المار في الدائرة؟

b. الطاقة الحرارية الناتجة خلال $10.0\ \text{min}$؟

56. **المصابيح الكهربائية** تبلغ مقاومة مصباح كهربائي متوهّج $10.0\ \Omega$ قبل إضاءته، وتُصبح $40.0\ \Omega$ عند إنارته بتوصيله بمصدر جهد مقداره $120\ \text{V}$، أجب عما يلي:

a. ما مقدار التيار الذي يمر في المصباح عند إضاءته؟

b. ما مقدار التيار الذي يمر في المصباح لحظة تشغيله(التيار اللحظي)؟

c. متى يستهلك المصباح أكبر قدرة كهربائية؟

57. يستخدم مقاوم مُتغيّر للتحكم في سرعة محرك كهربائي جهده $12\ \text{V}$، عند ضَبط المقاوم ليتحرك المحرك بأقل سرعة يمر فيه تيار مقداره $0.02\ \text{A}$، وعندما يُضبط المقاوم ليتحرك المحرك بأكبر سرعة يمر فيه تيار مقداره $1.2\ \text{A}$ ما مدى المقاوم المتغير؟

58. يُشغّل محرك كهربائي مضخّة توزيع الماء في مزرعة بحيث تضخ $1.0\times10^{4}\ \text{L}$ من الماء رأسيًّا إلى أعلى لمسافة $8.0\ \text{m}$ في كل ساعة. فإذا وصل المحرك بمصدر جهد مقداره $110\ \text{V}$، وكانت مقاومته في أثناء تشغيله $22.0\ \Omega$ فما مقدار:

a. التيار الذي يتدفق في المحرك؟

b. كفاءة المحرك؟

التفكير الناقد

59. **تصميم النماذج** ما مقدار الطاقة المخزنة في مكثف؟ يُعبَّر عن الطاقة اللازمة لزيادة فرق الجهد للشحنة q بالعلاقة: $E=qV$، ويحسب فرق الجهد في مكثف بالعلاقة: $V=q/C$. لذا فإنه كلما زادت الشحنة على المكثف يزداد فرق الجهد، ومن ثم فإن الطاقة اللازمة لإضافة شحنة عليه تزداد. إذا استخدم مكثف سعته الكهربائية $1.0\ \text{F}$ بوصفه جهازًا لتخزين الطاقة في حاسوب شخصي فمثّل بيانيًّا فرق الجهد V عند شحن المكثف بإضافة شحنة مقدارها $5.0\ \text{C}$ إليه. ما مقدار فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ إذا كانت المساحة تحت المنحنى تمثّل الطاقة المُخزّنة في المكثف فأوجد هذه الطاقة بوحدة الجول، وتحقق مما إذا كانت تساوي الشحنة الكلية مضروبة في فرق الجهد النهائي. وضّح إجابتك.

60. **تطبيق المفاهيم** يعمل فرن ميكروويف على فرق جهد $120\ \text{V}$، ويمر فيه تيار مقداره $12\ \text{A}$، إذا كانت كفاءته الكهربائية (تحويل تيار AC إلى أشعة ميكروويف) 75%، وكفاءة تحويله أشعة الميكروويف إلى حرارة تستخدم في تسخين الماء أيضًا 75%، أجب عما يلي:

a. ارسم نموذجًا تخطيطيًّا للقدرة الكهربائية مشابهًا لنموذج الطاقة الموضّح في **الشكل 2b–2**. ميّز وظيفة كلّ جزء منه وفقًا للجولات الكلية لكل ثانية.

b. ناقش بصورة عامة الطرائق المختلفة التي يمكنك بها زيادة كفاءة تسخين الميكروويف؟

c. ناقش، لماذا يجب عدم تشغيل أفران الميكروويف وهي فارغة؟

التقويم

61. المنحنى البياني فولت – أمبير للمقاوِم الذي يحقّق قانون أوم عبارة عن خط مستقيم ونادرًا ما يكون ضروريًّا.

الكتابة في الفيزياء

62. يجب أن تتضمن إجابات الطلبة فكرة أن الأجهزة التي تحقّق قانون أوم يتناسب هبوط الجهد فيها طرديًّا مع التيار المارّ في الجهاز، وأن الصيغة الرياضية $R = V/I$، وهي تعريف المقاومة، مشتقة من قانون أوم.

63. ستختلف الإجابات، لكن على الطلبة أن يوضحوا أن أسلاك (خطوط) نقل القدرة الكهربائية تصبح ساخنة بمقدار كافٍ لكي تتمدد وترتخي عندما يمر فيها تيارات كبيرة. وتصبح هذه الأسلاك المرتخية خطيرة إذا لامست أجسامًا أسفل منها، كالأشجار أو خطوط قدرة أخرى.

مراجعة تراكمية

64. 0.41 N

61. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها الرسم البياني للدايود الموضّح في **الشكل 14–2** أكثر فائدة من رسم بياني مشابه لمقاوِم يحقّق قانون أوم. وضح ذلك.

الكتابة في الفيزياء

62. هناك ثلاث 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 مقسومًا على المقاومة. اكتب صفحة واحدة توضح فيها متى تكون العلاقة "المقاومة تساوي الجهد مقسومًا على التيار" صحيحة.

63. تتمدد المادة عند تسخينها. ابحث في العلاقة بين التمدد الحراري وأسلاك التوصيل المستخدمة لنقل الجهد العالي.

مراجعة تراكمية

64. تبعد شحنة مقدارها $+3.0\times10^{-6}$ C مسافة 2.0 m عن شحنة أخرى مقدارها $+6.0\times10^{-5}$ C احسب مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بينهما.

اختبار مقنن

أسئلة اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

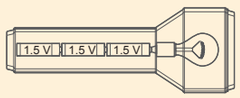
1. إذا وصل مصباح كهربائي قدرته 100 W بسلك كهربائي فرق الجهد بين طرفيه 120 V فما مقدار التيار المار في المصباح؟

Ⓐ 0.8 A Ⓒ 1.2 A
Ⓑ 1 A Ⓓ 2 A

2. إذا وصل مقاوِم مقداره 5.0 Ω ببطارية جهدها 9.0 V فما مقدار الطاقة الحرارية الناتجة خلال 7.5 min؟

Ⓐ 1.2×10^{2} J Ⓒ 3.0×10^{3} J
Ⓑ 1.3×10^{3} J Ⓓ 7.3×10^{3} J

3. يمر تيار كهربائي مقداره 0.50 A في المصباح اليدوي الموضح أدناه؛ فإذا كان الجهد عبارة عن مجموع الجهود للبطاريات المتصلة، فما مقدار القدرة الواصلة إلى المصباح؟



Ⓐ 0.11 W Ⓒ 2.3 W
Ⓑ 1.1 W Ⓓ 4.5 W

4. إذا أُضيء المصباح اليدوي الموضّح أعلاه لمدة 3.0 min فما مقدار الطاقة الكهربائية التي تصل إليه؟

Ⓐ 6.9 J Ⓒ 2.0×10^{2} J
Ⓑ 14 J Ⓓ 4.1×10^{2} J

5. يمرّ تيار مقداره 2.0 A في دائرة تحتوي على محرك مقاومته 12 Ω، ما مقدار الطاقة المُحوّلة؛ إذا تم تشغيل المحرك دقيقة واحدة؟

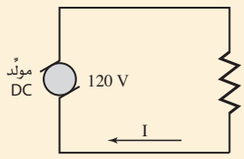
Ⓐ 4.8×10^{1} J Ⓒ 2.9×10^{3} J
Ⓑ 2.0×10^{1} J Ⓓ 1.7×10^{5} J

6. ما مقدار الطاقة الكهربائية الواصلة إلى مصباح قدرته 60.0 W، إذا تم تشغيله مدة 2.5 h؟

Ⓐ 4.2×10^{-2} J Ⓒ 1.5×10^{2} J
Ⓑ 2.4×10^{1} J Ⓓ 5.4×10^{5} J

الأسئلة الممتدة

7. يبين الرسم أدناه دائرة كهربائية بسيطة تحتوي مولّد DC، ومقاوِمًا. فإذا كان المقاوِم في الرسم يمثل مُخفّف شعر مقاومته 8.5 Ω فما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟ وما مقدار الطاقة الكهربائية التي يستهلكها مجفف الشعر إذا تم تشغيله مدة 2.5 min؟



✓ إرشاد

أكثر من رسم بياني

إذا تضمّن سؤال اختبار أكثر من جدول، أو أكثر من رسم بياني أو تخطيطي أو مرفق فعليك استخدامها جميعًا. إذا اعتمدت في إجابتك على رسم واحد فقط فمن المحتمل أن تفقد جزءًا مهمًّا من المعلومات.

أسئلة اختيار من متعدد

1. A
2. D
3. C
4. D
5. C
6. D

الأسئلة الممتدة

7. $I = 14\ A;\ E = 2.5\times10^{5}\ J$

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

الفصل 3

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
3–1 الدوائر الكهربائية البسيطة 1. **تصف** دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية. 2. **تحسب** كلًّا من التيارات، والهبوط في الجهد، والمقاومة المكافئة في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** بطارية 9 V، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدة، وأربعة أسلاك نحاسية معزولة (طول 25 cm – 20)، وسلك مواعين، ومفتاح كهربائي، ووعاء زجاجي صغير. **تجربة** مصدر قدرة DC، وأميتر DC، وأسلاك توصيل، وأربعة مقاوِمات 330 Ω وقدرة كلٍّ منها 0.5 W، أو أربعة مقاوِمات 470 Ω وقدرة كلٍّ منها 0.5 W (يمكن استخدام مقاوِمات ذات مقاومة قليلة). **تجربة إضافية** مصدر قدرة 12 V DC، وثلاثة مصابيح كهربائية 12 V، وملتيمتر، أو أميتر وفولتمتر. **عرض المعلم** **عرض سريع** مصدر قدرة 12V(0–) DC، وملتيمتر، وثلاثة مقاوِمات مقدار كلٍّ منها 100 Ω وقدرة كلٍّ منها 1 W، وأسلاك توصيل مزوّدة بمشابك فم التمساح.
3–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية 3. **توضّح** كيف تعمل المنصهرات، وقواطع الدوائر الكهربائية، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ على حماية أسلاك التوصيلات الكهربائية في المنازل. 4. **تحلّل** وتحلّ مسائل تتضمّن دوائر كهربائية مُركّبة. 5. **توضّح** كيفية توصيل كلٍّ من الفولتمتر والأميتر في الدوائر الكهربائية.	**تجارب الطالب** **مختبر الفيزياء** مصدر قدرة منخفض الجهد، وقاعدتا مصباح كهربائي، ومصباحان كهربائيّان صغيران، وأميتر أو ملتيمتر ذو مدى تدريج 500 mA (0 –)، وفولتمتر أو ملتيمتر ذو مدى تدريج 30V (0 –)، وعشرة أسلاك نحاسية مزودة بمشابك فم التمساح. **عرض المعلم** **عرض سريع** مصدر قدرة، ومقاوِمات أو مصابيح، وملتيمتر.

طرائق تدريس متنوعة

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

الفصل الثالث

الفصل 3

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

نظرة عامة إلى الفصل

تُناقَش في هذا الفصل مبادئ دوائر التوالي، ودوائر التوازي الكهربائية. يوضّح الجزء الأول المقاومة المكافئة لمجموعة مقاوِمات موصولة على التوالي وعلى التوازي، والتيارات في الدوائر الكهربائية، والهبوط في الجهد، ودوائر التوالي، والتوازي (المُركّبة). ويصف البند الثاني كيفية استخدام الدوائر الكهربائية، ويوضّح مبدأ عمل كلٍّ من: قواطع الدائرة الكهربائية، والمنصهرات، والفولتمترات، والأميترات، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ.

فكّر

توصَّل كافة الأجهزة المنزلية على التوازي لأنها صُمِّمت لتعمل على الجهد نفسه. أما قاطع الدائرة الكهربائية فيُوصَّل على التوالي في الدائرة الكهربائية بحيث تفتح الدائرة في حالة وجود تيار كهربائي كبير يشكِّل خطرًا على الدائرة.

المفردات الرئيسة

- دائرة التوالي
- المقاومة المكافئة
- مجزّئ الجهد
- دائرة التوازي
- دائرة القصر
- المنصهر الكهربائي
- قاطع الدائرة الكهربائية
- قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ
- دائرة كهربائية مُركّبة
- الأميتر
- الفولتمتر

تجربة استهلالية

الهدف يوضح كيفية عمل المنصهر الكهربائي في حماية الدائرة الكهربائية من الارتفاع الكبير في درجة الحرارة.

المواد والأدوات بطارية 9V، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدة، وأربعة أسلاك نحاسية معزولة (طول 25 cm – 20)، وسلك مواعين، ومفتاح كهربائي، ووعاء زجاجي صغير.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلبة عدم محاولة إجراء هذه التجربة في المنزل؛ لأن الجهد الكبير في المنزل يولّد تيارًا كبيرًا وقاتلاً.
- يمكن استخدام أسلاك مزوّدة بمشابك فم التمساح لتسهيل توصيل الأسلاك الكهربائية.
- ذكّر الطلبة بالإبقاء على سلك المواعين فوق الوعاء الصغير لالتقاط أي قطع فلزّية ساخنة قد تنتج عن اشتعال الفلزّ. وحذّر الطلبة 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 صِل مصدرَ قدرة متغيّر 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 أضِف مصباحًا آخر قدرته 12 W على التوالي مع المصباح الأول. شغّل مصدر القدرة، ولاحظ مقدار التيار، وسطوع إضاءة المصباحين، وقِس فرق الجهد بين طرفي كل مصباح. اضبط مصدر القدرة على 20 V، ولاحظ مقدار التيار، وسطوع الإضاءة، والهبوط في الجهد، وناقش النتائج.

م 1 بصري–مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

طاقة الوضع ينطبق قانون حفظ الطاقة على الدوائر الكهربائية. فمصدر طاقة، مثل البطارية، يزيد طاقة وضع الشحنات الكهربائية المارّة فيه. وتقلّ طاقة الوضع هذه عندما تتحوّل الطاقة إلى حرارة أو ضوء في المصابيح أو المقاوِمات، فتعود طاقة الشحنات إلى قيمتها الأصلية عندما تعود وتدخل إلى البطارية. لذا فإن مجموع الهبوط في طاقة الوضع، يجب أن يساوي الزيادة في طاقة الوضع التي تزوِّدها البطارية للشحنات.

3–1 الدوائر الكهربائية البسيطة
Simple Circuits

الأهداف
- تصف دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.
- تحسب كلًّا من التيارات، والهبوط في الجهد، والمقاومة المكافئة في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.

المفردات
دائرة التوالي
المقاومة المكافئة
مجزئ الجهد
دائرة التوازي

يمكن اعتبار النهر الجبلي نموذجًا لتوضيح التوصيلات الكهربائية لدائرة كهربائية، حيث ينحدر ماء النهر من أعلى الجبل إلى سفحه في الأسفل، ويكون التغير في الارتفاع عند جريان الماء من قمة الجبل حتى وصوله السفح هو نفسه بغض النظر عن المسار الذي يسلكه ماء النهر. وتنحدر المياه في بعض الأنهار الجبلية في صورة جدول مفرد، وفي أنهار أخرى تتفرع المياه إلى فرعين أو أكثر عند تدفّقها من فوق شلّال 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 ستبقى ثابتة، أي أن كمية الماء المتدفق لا تتأثر بالمسار الذي تسلكه.

تجربة استهلالية

كيف تحمي المُنصهرات الكهربائية الدوائر الكهربائية؟

سؤال التجربة كيف يحمي منصهر كهربائي دائرة كهربائية من مرور تيار كبير فيها؟

الخطوات

1. كوّن دائرة كهربائية كما هو موضح في الشكل أدناه، باستخدام بطارية 9V، ومصباح صغير، وسلك نحاس، وسلك مواعين، ومفتاح كهربائي.
2. تأكد أن المفتاح الكهربائي مفتوح.
3. **كوّن فرضية** توقع ماذا سيحدث عند إغلاق المفتاح الكهربائي.
4. **لاحظ** أغلق المفتاح الكهربائي، ولاحظ ما يحدث لسلك المواعين. *تحذير: لا تلمس سلك المواعين بعد غلق المفتاح.*
5. كرّر الخطوات 4–1 باستعمال سلك مواعين أكثر سمكًا أو لفّ عدة أسلاك من سلك المواعين معًا لتصبح سلكًا واحدًا سميكًا، 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 يحل محل المنصهر الكهربائي التالف في دوائر المنازل والسيارات منصهر آخر له مقدار التيار نفسه؟

73

التحليل كلما كان السلك أرفع ارتفعت حرارته أسرع، واحترق بسرعة. أما السلك السميك، فيُمرّر 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 تدفّق الشحنات الكهربائية في الدائرة الكهربائية.

التفكير الناقد يجب استخدام منصهر كهربائي له قيمة التيار نفسه. فاستخدام منصهرات كهربائية لها قيمة تيار كبير يكون أمرًا خطيرًا. 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 مكتوبًا عليه 10 A، فإن أسلاك الدائرة الكهربائية تسخن، وقد تسبّب حريقًا.

2. التدريس

نشاط

دوائر التوالي اطلب إلى الطلبة أن يفكّروا، ويوضّحوا كيفية إضاءة مصباح كهربائي. وفِّر بطاريات بأحجام مختلفة لكي يستقصيها الطلبة ويستعملوها بشكل مفرد، ثم بوصلها معًا. (تأكّد أن البطاريات تعمل بصورة جيدة). عند توصيل البطاريات معًا، صِلِ القطب الأول (الموجب) للبطارية الأولى مع القطب الثاني (السالب) للبطارية الثانية، ... وهكذا. ستمر الكهرباء الناتجة من 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. م 2 **بصري - مكاني**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المقاومة المكافئة يعتقد الطلبة أحيانًا أن ترتيب الأحمال على التوالي، يمكنه التأثير في سلوك دائرة توالٍ كهربائية. وضّح أن التغيّر في ترتيب الأحمال، لا يؤثر في التيار أو مجموع القدرة المبدّدة في الدائرة. في حالة عدم تساوي المقاوِمات المتصلة على التوالي، فإن موقع كل هبوط في الجهد يعتمد على موقع كل مقاوِم، ولكن يبقى مجموع الهبوط في الجهد مساويًا دائمًا للجهد المُطَبَّق. يمكن للطلبة إدراك ذلك بشكلٍ أفضل عند تركيب دائرة توالٍ، وقياس التيار، وحساب القدرة، ومن ثم يغيّرون ترتيب الأحمال، ويقيسون التيار والقدرة مرة أخرى.

الشكل 1–3 تبقى 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 1–3** نموذجًا 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 تعيق حركة الماء مشابهة للمقاومات الكهربائية. أيّ أجزاء النهر تشبه بطارية أو مولّدًا كهربائيًّا في دائرة كهربائية؟ تعدّ 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. واصل التفكير في نموذج النهر الجبلي في أثناء دراستك التيار الكهربائي في الدوائر الكهربائية.

دوائر التوالي الكهربائية Series Circuits

وَصَل ثلاثة طلبة مصباحين متماثلين بطرفي بطارية، كما هو موضّح في **الشكل 2–3**. 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 سيُستهلك جميعه على شكل طاقة حرارية وضوئية. أما الطالب الثاني فتوقع أن المصباح الأول سيستهلك جزءًا من التيار، وأن المصباح الثاني سيتوهج، ولكن بسطوع أقل من المصباح الأول. أما الطالب الثالث فتوقع أن يكون سطوع المصباحين متساويًا؛ لأن التيار عبارة عن تدفق للشحنات، والشحنات التي تخرج من المصباح الأول لا تجد لها أي منفذ آخر للحركة في الدائرة الكهربائية إلاّ من خلال المصباح الثاني. وأضاف الطالب الثالث: لأن التيار نفسه سيمر في كلٍّ من المصباحين فإن سطوعهما سيكون متساويًا. كيف تتوقع أنت أن يكون سطوع المصباحين؟

إذا فكّرت في نموذج النهر الجبلي وقارنته بهذه الدائرة الكهربائية فستدرك أن توقع الطالب الثالث هو التوقع الصحيح. وتذكُر مما تعلمته سابقًا أن الشحنة لا تفنى ولا تستحدث. ولأن للشحنة مسارًا واحدًا 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 أيّ جزء من أجزاء الدائرة. فإذا وُصِلت ثلاثة أجهزة أميتر في الدائرة، كما هو موضّح في **الشكل 3–3**، فإن قراءة الأجهزة جميعها ستكون متساوية. وتسمّى مثل هذه الدائرة التي يمر في كلِّ جزء من أجزائها التيار نفسه **دائرة التوالي**.

الشكل 2–3 ما توقعك بالنسبة لسطوع المصباحين بعد إغلاق الدائرة الكهربائية؟

إذا كان التيار متساويًا في أجزاء الدائرة جميعها فما الذي يستهلكه المصباح لإنتاج الطاقة الحرارية والضوئية؟ تذكر أن القدرة الكهربائية هي المعدل الزمني لتحوُّل 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 $R = \frac{V}{I}$، لذا يكون هناك فرق في الجهد على هذه المقاومة يساوي $V = IR$، ويسمّى أيضًا الهبوط في الجهد.

التيار والمقاومة في دائرة التوالي تعلمت من نموذج النهر الجبلي أن مجموع الانحدارات في الارتفاع يساوي الانحدار الكلي من قمة الجبل، وحتى الوصول إلى سفحِه. وكذلك الأمر في الدائرة الكهربائية؛ حيث تكون الزيادة في الجهد $V_{\text{مصدر}}$ الذي يوفّره المولّد أو أيّ مصدر

طاقة مساويةً مجموع الهبوط في الجهد في كلا المصباحين A و B، ويمكن تمثيلها بالمعادلة التالية: $V_{مصدر} = V_A + V_B$

لإيجاد الهبوط في الجهد عبر مقاوِم، اضرب مقدار التيار المار في الدائرة الكهربائية في مقدار مقاومة ذلك المقاوِم. ولأن التيار المار في كل من المصباحين هو نفسه فإن $V_A = IR_A$ و $V_B = IR_B$، لذا يكون $V_{مصدر} = IR_A + IR_B$ أو $V_{مصدر} = I(R_A + R_B)$. ويمكن إيجاد التيار من خلال المعادلة: $I = \frac{V_{مصدر}}{R_A + R_B}$

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 مقاوِمًا واحدًا مقاومته R تساوي مجموع مقاومتي المصباحين، وتسمى مثل هذه المقاومة **المقاومة المكافئة** للدائرة الكهربائية. إذًا المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوالي هي مجموع المقاومات المفردة، ويُعبّر عنها بالمعادلة التالية:

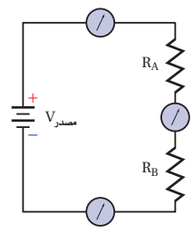
المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوالي $R = R_A + R_B + \ldots$

المقاومة المكافئة لمجموعة مقاوِمات 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 سيقلل من التيار المار في الدائرة. ولحساب التيار في دائرة توالٍ، نحسب المقاومة المكافئة أولاً، ثم نستخدم المعادلة التالية:

التيار $I = \frac{V_{مصدر}}{R}$

التيار في دائرة التوالي يساوي فرق جهد المصدر مقسومًا على المقاومة المكافئة.



الشكل 3–3 تبين قراءة أجهزة الأميتر أن التيار يكون متساويًا في جميع أجزاء دائرة التوالي.

مسائل تدريبية

1. وصِلت المقاومات 5 Ω و15 Ω و10 Ω في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها 90 V، ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟ وما مقدار التيار المار فيها؟
2. وصِلت بطارية جهدها 9 V بثلاثة مقاومات موصولة على التوالي في دائرة كهربائية. إذا زاد مقدار أحد المقاوِمات فأجب عما يلي:
   a. كيف تتغير المقاومة المكافئة؟
   b. ماذا سيحدث للتيار؟
   c. هل يكون هناك أي تغير في جهد البطارية؟
3. وصِل طرفا سلك بعشرة مصابيح ذات مقاومات متساوية، ومتصلة على التوالي بمصدر جهد مقداره 120 V فإذا كان التيار المار في المصابيح 0.06 A فاحسب مقدار:
   a. المقاومة المكافئة للدائرة.
   b. مقاومة كل مصباح.

تطوير المفهوم

التيار، والمقاومة، والجهد لمساعدة الطلبة على فهم المعادلة: V = IR، صِف دائرة توالٍ كهربائية تستخدم لتوصيل مصباح متوهّج، والتي تعمل عادة عند مستويات تيار كبيرة نسبيًّا، وتولّد قدرًا كبيرًا نسبيًّا من الحرارة. ويكون عمر الخدمة لفتيلة المصباح التي تنتج الضوء محدّدًا عادة. ومن أسباب ذلك زيادة التيار بنسبة تساوي 10% أكبر من قيمة التيار الابتدائي. وسبب آخر تناقص سطوع الإضاءة بنسبة تساوي 20% أقلّ من سطوع الإضاءة الابتدائية للمصباح، وهذا من شأنه زيادة مقاومة المصباح. وزيادة التيار أو زيادة المقاومة أو كليهما معًا يؤدي إلى زيادة كبيرة في فرق الجهد بين طرفي الفتيلة، مما يؤدي إلى تقليل عمر المصباح.

المناقشة

السؤال اسأل الطلبة عن المقاومة المكافئة لمقاوِمين موصولين معًا على التوالي، بحيث يكون أحدهما صغيرًا جدًّا، والآخر كبيرًا جدًّا.

الإجابة في حالة التوالي تكون المقاومة المكافئة مساوية لمجموع المقاوِمات في الدائرة، بصرف النظر عن كِبر المقاوِمات المفردة أو صِغرها. لذا ستجمع المقاوِمتين لإيجاد المقاومة المكافئة. م 1 **منطقي-رياضي**

مسائل تدريبية

1. 30 Ω، 3 A
2. a. ستزداد.
   b. سيقل.
   c. لا. لا تعتمد على المقاومة.
3. a. 2×10^3 Ω
   b. 2×10^2 Ω

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

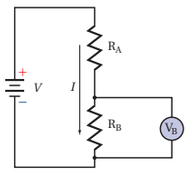
خصائص دوائر التوالي الكهربائية والمقاومة المكافئة اطلب إلى الطلبة تشكيل مجموعات نقاش صغيرة. واطلب إلى كل مجموعة إعداد قائمة بخصائص دوائر التوالي، ووصف المقاومة المكافئة لدائرة توالٍ تحتوي ثلاثة مقاوِمات. اطلب إليهم تضمين نقاشهم جميع المعادلات المناسبة، وإنشاء الرسوم التخطيطيّة، ولاحظ مدى قدرتهم على التفكير في تطبيقات معيّنة لدوائر التوالي. ثم اطلب إلى كل مجموعة تبادل القائمة التي أعدّوها بقائمة أعدّتها مجموعة أخرى لمناقشتها. بَعد ذلك ادمج المجموعات لإثراء النقاش. م 1 **ذاتي**

استخدم الشكل 4–3

اسـأل الطلبة: كيف تُطبّق مفهوم الهبوط في الجهد في مجزِّئ الجهد، بوصفه ضابطًا لمستوى الصوت في المذياع أو مشغّل الأقراص المُدْمَجَة؟ تعمل دائرة مجزّئ الجهد في الجهاز، بوصفها مقياسًـا للصوت، حيث ترفع أو تخفض الجهد، لإنتاج مصدر جهد لمستوى الصوت المطلـوب، أي يُتحكّـم في شـدة الصـوت من خلال التحكّـم في مقـدار الجهـد. م2 **منطقي-رياضي**

التفكير الناقد

الهبـوط في الجهد في دائرة تـوالٍ كهربائية إن تكلفة صناعة أسلاك مصابيح الزينة تكون أقل، عند توصيل المصابيح الكهربائية على التوالي. إلا أن أسلاك الاحتفالات هذه غير مرغوبة عند كثير من المستهلكين؛ وذلك لأنه عندما يتعطل أحد هذه المصابيح، تتوقف سـائر المصابيح عـن العمل. وعلى الرغـم من معرفة المستهلكين بكيفية إصلاح هذا الوضع – بنقل مصباح صالح من مكانٍ إلى آخر مثلاً حتى تعود المصابيح إلى العمل مجدّدًا – إلا أنهم لا يريدون تبديد الوقت بإجراء ذلك. اطلب إلى الطلبة استقصاء وتوضيح نوع تصميم مصابيح الاحتفالات الذي يجب أن يأخذه المصمّمون في الاعتبار للتعامل مع مثل هذا الوضع. بتطبيق المبدأ الفيزيائي الذي ينص على أن الجهد الكلي لسلك النقل سـيهبط عبر المصباح الذي توقف عـن الإنارة، طوّر المصمّمون مصباحًا كهربائيًّا خاصًّا يُشكّل دائرة قصر عندما يُطبّق جهد مقداره 120 V بين طرفيه. وهذا النوع من المصابيح الكهربائية لا يُعدّ مضاءً، لذا تعمل سائر المصابيح عند جهد أكبر قيلاً. وإذا توقف عدد كبير من المصابيح الكهربائية عن العمل فإن المنصهر الموصول بالدائرة على التوالي يحترق. م2 **منطقي-رياضي**



الشكل 4–3 في دائـرة مجزئ الجهد هذه اختيرت قيمتا المقاومتين R_A و R_B بحيث يكون الهبـوط في الجهـد خـلال المقاومة R_B يساوي الجهد المطلوب.

الهبـوط في الجهـد في دائرة التوالي عند مرور تيار كهربائي في أيّ دائرة كهربائية يجب أن يكـون مجموع التغيرات في الجهد عبر كل عنـاصر الدائرة صفرًا؛ وذلك لأن مصدر الطاقة الكهربائية للدائرة؛ أي البطارية أو المولّد الكهربائي، يعمل على رفع الجهد بمقدار يساوي مجمـوع الهبوط في الجهد الناتـج عن مرور التيار في جميع مقاوِمـات الدائرة الكهربائية، لذا يكون المجموع الكلي للتغيرات في الجهد صفرًا.

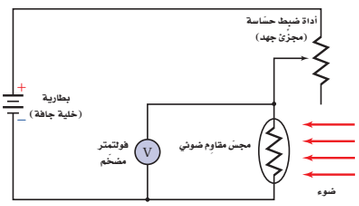
ومـن التطبيقـات المهمـة على دوائـر التـوالي دائرة تسـمى **مجزئ الجهـد**. وهو دائـرة توالٍ تُستخدم لإنتاج مصدر جهد بالقيمة المطلوبة من بطارية ذات جهد كبير. افترض مثلاً أن لديك بطارية جهدها 9 V، إلا أنك تحتاج إلى مصدر فرق جهد يسـاوي 5 V، انظر الدائرة الموضّحـة في **الشـكل 4–3**، ولاحـظ أن المقاوِمـين R_A، R_B متصـلان على التـوالي ببطارية جهدهـا V، لـذا تكون المقاومة المكافئة للدائرة $R = R_A + R_B$. أما التيار فيحسـب 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 المقاوِم R_B: $V_B = IR_B$، باستخدام هذه المعادلة، وقيمة التيار (المعادلة السابقة) نحصل على:

$$V_B = I R_B$$
$$= \left(\frac{V}{R_A + R_B}\right) R_B$$
$$= \left(\frac{V R_B}{R_A + R_B}\right)$$

تُستخدم عادة مجزِّئات الجهد مع المجسّات؛ مثل المقاوِمات الضوئية؛ حيث تعتمد مقاومة المقاوِم الضوئي على كمية الضوء التي تسقط عليه، وهو يُصنع عادة من مواد شبه موصلة؛ مثـل السـليكون أو السـيلينيوم أو كبريتيـد الكادميوم. تتغـير مقاومة مقـاوِم ضوئي مثالي من 400 Ω عند سقوط ضوء عليه إلى 400 kΩ عندما يكون المقاوِم في مكان معتم. ويعتمد الجهـد الناتج عن مجزئ الجهد المسـتخدم في المقاوم الضوئي على كمية الضوء التي تسـقط عـلى مجسّ المقاوِم، ويمكن اسـتعمال هـذه الدائرة كمقياس لكمية الضـوء، كما هو موضّح في **الشـكل 5–3**؛ حيث تلتقط دائرة إلكترونية فرق الجهد وتحوّله إلى قياس للاسـتضاءة. وستقل قراءة الفولتمتر المضخّم عند زيادة الاستضاءة.



الشكل 5–3 الجهد الناتج عن مجزئ الجهـد يعتمـد على كميـة الضـوء التـي تسقط على مجسّ المقاوِم الضوئي.

نشاط مشروع فيزياء

المقاوِمات الضوئية إضافة إلى استخدام المقاوِمات الضوئية في أجهزة قياس كمية الضوء المستخدمة في التصوير الفوتوغرافي، تستخدم هذه الأجهزة عادة بوصفها مجسّات ضوئية في المصابيح الاحتياطيّة التي تعمل تلقائيًّا، عند حلول الظلام. تكون المقاومة في هذه الأجهزة كبيرة جدًّا – في حدود الميجا أوم – في الليل أو في الطقس العاصف في أثناء النهار. أما خلال النهار فيقلّل سقوط الضوء على المجسّ عادةً من مقدار المقاومة لتصبح بضع مئات من الأوم. اطلب إلى الطلبة إجراء بحث حول تطور المقاوِمات الضوئية، واستعمالاتها في أنظمة الإضاءة الاحتياطيّة، أو في أجهزة أخرى، ثم اطلب إليهم أن يرسموا رسمًا تخطيطيًّا، يوضّحون من خلاله كيفية تركيب هذه المقاوِمات وتشغيلها. م2 **حسي-حركي، بصري-مكاني**

مثال صفي

سؤال طُبِّق فرق جهد 15 V على ثلاثة مقاوِمات مقاديرها 15.0 Ω و22.0 Ω و47.0 Ω موصولة على التوالي. احسب مقدار التيار المار في الدائرة، وفرق الجهد بين طرفي المقاوِم 47.0 Ω. ما مقدار التغيّر في التيار عند استعمال مقاوِم 60.0 Ω بدلاً من المقاوِم 47.0 Ω؟ وضّح كيف أن القدرة الكلية تساوي مجموع القدرات المفردة المستنفدة في كل مقاوِم باستعمال المقاوِمات 15.0 Ω و22.0 Ω و47.0 Ω، ثم اشتقّ 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

$P = IV = (0.18\text{ A})(15.0\text{ V}) = 2.7\text{ W}$

$P_{(15)} = I^2R = (0.18\text{ A})^2(15.0\ \Omega)$

$= 0.49\text{ W}$

$P_{(22)} = I^2R = (0.18\text{ A})^2(22.0\ \Omega)$

$= 0.71\text{ W}$

$P_{(47)} = I^2R = (0.18\text{ A})^2(47.0\ \Omega)$

$= 1.5\text{ W}$

$P = 0.49\text{ W} + 0.71\text{ W} + 1.5\text{ W}$

$= 2.7\text{ W}$

تعزيز الفهم

تركيب دائرة التوالي اطلب إلى الطلبة أن يقارنوا دائرة التوالي بسلسلة. ينبغي أن يذكروا أن نهاية كل جزء موصولة مع نهاية الجزء الآخر، واحدة تلو الأخرى، وبالتتابع. وأيضًا أن السلسلة ستنقطع إذا انكسرت إحدى الوصلات. م 1

مثـــال 1

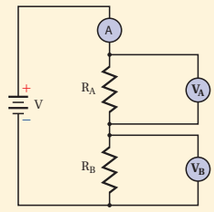
الهبوط في الجهد في دائرة التوالي وصِل المقاومان 47.0 Ω و82.0 Ω على التوالي بقطبي بطارية جهدها 45.0 V، أجب عما يلي:

a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

b. ما مقدار الهبوط في الجهد في كل مقاوم؟

c. إذا وضع مقاوِم مقداره 39.0 Ω بدلًا من المقاوِم 47.0 Ω فهل ستزداد شدة التيار أم تقل أم تبقى ثابتة؟

d. ما مقدار الهبوط الجديد في الجهد في المقاوِم 82.0 Ω؟



1 تحليل المسألة ورسمها

• ارسم رسمًا تخطيطيًّا للدائرة الكهربائية.

المعلوم	المجهول
$V_{مصدر} = 45.0\text{ V}$	$I = ?$
$R_A = 47.0\ \Omega$	$V_A = ?$
$R_B = 82.0\ \Omega$	$V_B = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. لحساب التيار نجد أولًا المقاومة المكافئة.

بالتعويض عن $R = R_A + R_B$

$I = \frac{V_{مصدر}}{R}$، $R = R_A + R_B$

$= \frac{V_{مصدر}}{R_A + R_B}$

بالتعويض عن $V_{مصدر} = 45.0\text{ V}$، $R_A = 47.0\ \Omega$، $R_B = 82.0\ \Omega$

$= \frac{45.0\text{ V}}{47.0\ \Omega + 82.0\ \Omega} = 0.349\text{ A}$

b. استعمل المعادلة $V = IR$ لكل مقاوِم.

بالتعويض عن $I = 0.349\text{ A}$، $R_A = 47.0\ \Omega$

$V_A = IR_A = (0.349\text{ A})(47.0\ \Omega) = 16.4\text{ V}$

بالتعويض عن $I = 0.349\text{ A}$، $R_B = 82.0\ \Omega$

$V_B = IR_B = (0.349\text{ A})(82.0\ \Omega) = 28.6\text{ V}$

c. احسب التيار المار في الدائرة باستخدام المقاوِم 39.0 Ω كقيمة جديدة لـ R_A

$I = \frac{V_{مصدر}}{R_A + R_B}$

بالتعويض عن $R_A = 39.0\ \Omega$، $R_B = 82.0\ \Omega$، $V_{مصدر} = 45.0\text{ V}$

$= \frac{45.0\text{ V}}{39.0\ \Omega + 82.0\ \Omega} = 0.372\text{ A}$ يزداد التيار

d. أوجد الهبوط الجديد في الجهد في R_B

بالتعويض عن $R_B = 82.0\ \Omega$، $I = 0.372\text{ A}$

$V_B = IR_B = (0.372\text{ A})(82.0\ \Omega) = 30.5\text{ V}$

3 تقويم الجواب

• **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة التيار الكهربائي عبارة عن: $A = V/\Omega$، ووحدة الجهد $V = A.\Omega$

• **هل الجواب منطقي؟** بالنسبة للتيار إذا كان $R > V$ فإن $I < 1$. كذلك فإن الهبوط في الجهد عبر أي مقاوِم يجب أن يكون أقل من جهد الدائرة (المصدر)، وكلا قيمتي V_B أقل من $V_{مصدر}$ والتي تساوي 45.0 V

77

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

الهبوط في الجهد في أسلاك التمديدات الكهربائية يُعَدّ الهبوط في الجهد أحد المخاوف الرئيسة عند تمديد الأسلاك الطويلة؛ حيث يمكن أن يُفقَد 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 وتوصيلة؛ للتأكد من وصول ما يكفي من الجهد للحمل الداخلي المقصود. وللقيام بذلك عليهم أن يأخذوا في الاعتبار طول السلك من مصدر القدرة الكهربائية حتى الحمل، بالإضافة إلى طول السلك من الحمل حتى المصدر، ومقدار الجهد المفقود في كل متر، لكل نوع من الأسلاك، بالإضافة إلى تيّار الحمل. م 2 **لغوي**

مثال صفي

سؤال وصل مجزّئ جهد يتكون من مقاوِمين مقدار كل منهما 1.5 MΩ مع مصدر جهد 12.0 V حدّد مقدار فرق الجهد بين طرفي أحد المقاوِمين قبل وبعد توصيل فولتمتر، بافتراض أن مقاومة الفولتمتر تساوي $1.0\times10^{7}\ \Omega$

الجواب قبل توصيل الفولتمتر يكون فرق الجهد بين طرفي أيّ مقاوِم من المقاوِمين مساويًا لنصف فرق جهد المصدر؛ أو 6.0 V أما عند وصل الفولتمتر فإنه سيؤثر كمقاومة موصولة على التوازي

$$\frac{1}{R}=\left(\frac{1}{1.5\ M\Omega}+\frac{1}{1.0\times10^{7}\ \Omega}\right)$$
$$=\left(\frac{1}{1.5\times10^{6}\ \Omega}+\frac{1}{1.0\times10^{7}\ \Omega}\right)$$
$$R=1.3\ M\Omega$$

وسيكون الهبوط في الجهد خلال شبكة التوازي:

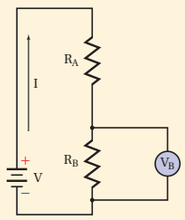
$$V=\frac{(12.0\ V)(1.3\ M\Omega)}{(1.3M\Omega+1.5\ M\Omega)}$$
$$=5.6\ V$$

مسائل تدريبية

4. a. 66.7 mA
   b. 36.5 V
   c. $P=2.43\ W$، $P_A=1.13\ W$
   $P_B=1.30\ W$
   d. نعم. القدرة الكلية المستنفدة في الدائرة تساوي مجموع القدرة المستنفدة في كل المقاوِمات.
5. 15 V
6. 5.3 kΩ

مثـــال 2

مجزئ الجهد وصِلت بطارية جهدها 9.0 V بمقاوِمين 390 Ω و470 Ω، على شكل مجزئ جهد. ما مقدار جهد المقاوِم 470 Ω ؟



1 تحليل المسألة ورسمها

• ارسم البطارية والمقاوِمين في دائرة توالٍ كهربائية.

المعلوم	المجهول
$V_{مصدر}=9.0\ V$	$V_B=?$
$R_A=390\ \Omega$	
$R_B=470\ \Omega$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

لحساب التيار نجد أولًا المقاومة المكافئة للدائرة.

$$R=R_A+R_B$$

بالتعويض عن $R=R_A+R_B$

احسب جهد المقاوِم R_B

$$I=\frac{V_{مصدر}}{R}$$
$$I=\frac{V_{مصدر}}{R_A+R_B}$$
$$V_B=IR_B$$
$$=\frac{V_{مصدر}R_B}{R_A+R_B}$$

بالتعويض عن $R_B=470\ \Omega$، $R_A=390\ \Omega$، $V_{مصدر}=9.0\ V$

$$=\frac{(9.0\ V)(470\ \Omega)}{390\ \Omega+470\ \Omega}$$
$$=4.9\ V$$

3 تقويم الجواب

• **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة الجهد $V=V\Omega/\Omega$، ونختصر Ω فيبقى V.

• **هل الجواب منطقي؟** الهبوط في الجهد أقل من جهد البطارية. ولأن 470 Ω أكبر من نصف المقاومة المكافئة، لذلك يكون الهبوط في الجهد أكبر من نصف جهد البطارية.

مسائل تدريبية

4. افترض أن قيم الدائرة الكهربائية الموضّحة في المثال 1 هي $R_A=255\ \Omega$ و$R_B=292\ \Omega$ و$V_A=17.0\ V$، وليس هناك أيّ معلومات أخرى، فأجب عما يلي:
   a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟
   b. ما مقدار جهد البطارية؟
   c. ما مقدار القدرة الكهربائية الكلية المستنفدة؟ وما مقدار القدرة المستنفدة في كل مقاوِم؟

78

عرض سريع

مجزّئات جهد موصولة بحمل وأخرى غير موصولة

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات مصدر قدرة VDC(12–0)، وملتيمتر، وثلاثة مقاوِمات مقدار كل منها 100 Ω وقدرة كل منها 1 W، أسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح.

الخطوات صِلْ مقاوِمين من هذه المقاوِمات على التوالي، ثم صِلهما بمصدر القدرة. شغّل مصدر القدرة واضبطه على جهد 6 V، وقِسْ فرق الجهد بين طرفي أحد المقاوِمين. ثم اضبط مصدر القدرة على جهد 12 V، وقِس فرق الجهد مرة أخرى. ثم ابدأ بمناقشة دوائر التوازي بتوصيل المقاوِم الثالث على التوازي مع المقاوِم الذي قِسْتَ الجهد عبره، ثم قِسِ الجهد مرة أخرى.

d. هل مجموع القدرة المستنفدة في كل مقاوم يساوي القدرة الكلية المستنفدة في الدائرة؟ وضّح ذلك.

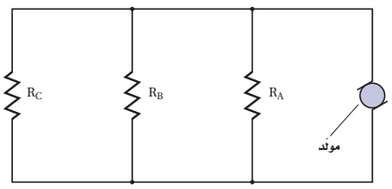
5. قام طالب بعمل مجزئ جهد يتكوّن من بطارية جهدها 45 V ومقاومين قيمتاهما 475 kΩ و235 kΩ، فإذا قيس الجهد الناتج عبر المقاوم الأصغر فما مقدار هذا الجهد؟

6. ما مقدار المقاوم الذي يمكن استخدامه عنصرًا في دائرة مجزئ جهد مع مقاوم آخر مقداره 1.2 kΩ، بحيث يكون الهبوط في الجهد عبر المقاوم 1.2 kΩ يساوي 2.2 V عندما يكون جهد المصدر 12 V؟

دوائر التوازي Parallel Circuits

انظر إلى الدائرة الكهربائية الموضّحة في **الشكل 6–3**. ما عدد مسارات التيار فيها؟ يمر التيار الخارج من المولّد في المقاومات الثلاثة. وتسمّى 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 بعدّة مسارات مختلفة لتدفق الماء في صورة جداول، بَعد تدفقه من أعلى الجبل أو سلسلة منحدرات متتالية، حيث يمكن أن يكون تدفق الماء في بعض المسارات كبيرًا، وفي بعضها الآخر بمقدار أقل، ولكن يبقى التدفق الكلي يساوي مجموع التدفُّقات في كل المسارات. إضافة إلى ذلك سيكون مقدار الانحدار في الارتفاع هو نفسه بغض النظر عن المسار الذي يتدفق فيه الماء. وبالمثل يكون التيار الكلي في دائرة التوازي الكهربائية مساويًا مجموع التيارات التي تمر في كل مسار، أما فرق الجهد فيكون هو نفسه في كل مسار؛ أي أن الجهد متساوٍ في كل المسارات.

ما مقدار التيار المار في كل مقاوم في دائرة توازٍ كهربائية؟ يعتمد مقدار التيار الذي يمر في كل مقاوم على مقدار مقاومته. ففي **الشكل 7–3** مثلًا يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاوم 120 V، ويعطى التيار المار في كل مقاوم بالعلاقة $I = V/R$، لذا يمكنك حساب



تطبيق الفيزياء

اختبار قياس المقاومة تعمل الأوميترات المستخدمة في قياس مقدار المقاومة عن طريق تمرير جهد معلوم عبر المقاوم فتقيس التيار، ثم يُظهر الجهاز مقدار المقاومة. تستخدم بعض الأوميترات جهودًا أقل من 1V لتجنب إتلاف المكونات الإلكترونية الحساسة، في حين قد يستخدم بعضها الآخر مئات الفولتات للتحقق من سلامة المواد العازلة.

الشكل 6–3 تكون المسارات المتوازية للتيار الكهربائي في هذا المخطط مماثلة للمسارات المتعددة التي يمكن أن يسلكها الماء في أثناء انحداره من قمة جبل.

المناقشة

سؤال ارسم مخطط دائرة مجزّئ جهد تتكوّن من مقاومين. هل من الممكن جعل الجهد المجزّأ ثابتًا عند توصيل أحمال مختلفة؟

الإجابة نعم، ولكن ليس باستعمال المقاومين فقط. فعند توصيل حمل بمجزّئ الجهد يهبط الجهد، ومن الممكن استعمال دائرة منظم جهد متكاملة؛ والتي يمكنها جعل الجهد المجزّأ أكثر ثباتًا، بدلاً من أحد مقاومي مجزّئ الجهد. ويمكن لترانزستور تغيير مقاومته، ومن ثم يؤثر بوصفه مُنظِّمًا يجعل الجهد الناتج أكثر ثباتًا. م2 **بصري-مكاني**

تطبيق الفيزياء

المقاومة التي يقيسها الأوميتر هي مقاومة السلك، حيث يُمرّر تيارٌ في السلك، ثم يُقاس الهبوط في الجهد فيه. ومن التطبيقات العملية على الأوميتر اختبار المقاومة الكهربائية للمحرّكات، والمحوّلات، وتوصيلات الأسلاك بالفلزّات، والمجسّات البيئية، وقواطع دوائر الجهد المرتفع، ومفاتيح الفصل أو القطع الأخرى.، ناقش تطبيقات عملية أخرى لأداة الاختبار الكهربائية هذه.

نشاط تحدٍّ

دوائر التوازي الكهربائية في المَركَبات يمكن للطلبة المهتمين استقصاء سبب توصيل الأجهزة المختلفة في السيارة على التوازي، ولماذا يكون جهدها 12 V. اطلب إلى الطلبة تقويم مصدر القدرة (البطارية التي جهدها 12 V) وكل الأجهزة التي تحتاج إلى القدرة الكهربائية في الوقت نفسه، مثل: المصابيح الأمامية والخلفية، والولاعة، ومشغّل أقراص CD. ويمكنهم أيضًا توقّع ما يحدث للتيار، والمقاومة المكافئة لدائرة التوازي عند إضافة حِملٍ 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 تخطيطيًّا لدوائر كهربائية لسيارة افتراضية. م3 **بصري-مكاني**

تجربة

مقاومة التوازي

الهدف يركِّب دائرة تَوازٍ بسيطة، ويُراقب تأثير إضافة مقاوِمات إلى الدائرة.

المواد والأدوات مصدر قدرة، وأميتر، وأسلاك توصيل، وأربعة مقاوِمات Ω 330 قدرة كلٍّ منها 0.5 W، أو أربعة مقاوِمات Ω 470 قدرة كلٍّ منها 0.5 W (يمكن استخدام مقاوِمات ذات مقاومة قليلة).

النتائج المتوقعة سيزداد التيار في الدائرة كلّما أضفنا لها مقاوِمات على التوازي. عند توصيل ثلاثة مقاوِمات على التوازي يكون مقدار التيار ثلاثة أضعاف قيمته الأصلية.

التحليل والاستنتاج

5. ستختلف جداول الطلبة.

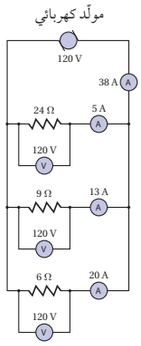
6. ستقل المقاومة بإضافة المزيد من المقاوِمات الموصولة على التوازي.

استخدام التشابه

التدفُّق 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.

تقوية

التمييز بين توصيلات دائرة توالٍ ودائرة توازٍ كهربائية اطلب إلى الطلبة أن يوضّحوا كيف يُميّزون بين الأسلاك الموصولة على التوالي، والأسلاك الموصولة على التوازي، في مصابيح الاحتفالات من خلال تفحّصها ومعاينتها والتجريب أيضًا. م2 حسي-حركي



الشكل 7–3 يكون التيار الكلي في دائرة توازٍ كهربائية مساويًا مجموع التيارات في المسارات المفردة.

تجربة

مقاومة التوازي

ركّب دائرة توالٍ كهربائية تتكوّن من مصدر قدرة، ومقاوِم، وأميتر.

1. **توقع** ماذا يحدث للتيار في الدائرة الكهربائية عند توصيل مقاوِم آخر مماثل للمقاوِم الأول على التوازي معه؟
2. **اختبر توقعك.**
3. **توقع** مقادير التيارين الجديدين عندما تتضمن الدائرة ثلاث أو أربع مقاوِمات متماثلة موصولة على التوازي.
4. **اختبر توقعك.**

التحليل والاستنتاج

5. **أنشئ** جدول بيانات لتوضيح النتائج.
6. **فسّر** نتائجك بتضمينها كيفية تغير المقاومة.

التيار المار في المقاوِم Ω 24 كما يلي: $I = (120\ V)/(24\ \Omega) = 5.0\ A$، ثم تحسب التيار المار في كل من المقاوِمين الآخرين. ويكون التيار الكلي المار في المولّد مساويًا مجموع التيارات في المسارات الثلاثة، ويساوي في هذه الحالة 38 A

ماذا يحدث عند فصل المقاوِم Ω 6 من الدائرة؟ وهل تتغير قيمة التيار المار في المقاوِم Ω 24؟ تعتمد قيمة هذا التيار فقط على فرق الجهد بين طرفي المقاوِم وعلى مقدار مقاومته. ولأن أيًّا منهما لم يتغير، فإن التيار يبقى ثابتًا ولا يتغير. وينطبق الشيء نفسه أيضًا على التيار الذي يمر في المقاوِم Ω 9. أي أن فروع دائرة التوازي الكهربائية لا يعتمد بعضها على بعض. أما التيار الكلي المار في المولّد فيتغير عند فصل أي من المقاوِمات الثلاثة، فعند فصل المقاوِم Ω 6 يصبح مجموع التيارين في المسارين 18 A

المقاومة في دائرة التوازي كيف يمكن إيجاد المقاومة المكافئة لدائرة توازٍ كهربائية؟ يكون مقدار التيار الكلي المار في المولّد الموضّح في **الشكل 7–3** يساوي 38 A، لذا فإن قيمة المقاومة المُفردة التي يمر فيها تيار مقداره 38 A عند توصيلها بفرق جهد مقداره 120 V تساوي:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$= \frac{120\ V}{38\ A} = 3.2\ \Omega$$

لاحظ أن هذه المقاومة تكون أقل من أي مقاومة من المقاوِمات الثلاث الموصولة على التوازي. فتوصيل مقاوِمين أو أكثر على التوازي يقلّل دائمًا من المقاومة المكافئة للدائرة؛ وذلك لأن كل مقاوِم جديد يوصل على التوازي يُضيف مسارًا جديدًا للتيار، وهذا يزيد من قيمة التيار الكلي مع بقاء فرق الجهد ثابتًا.

لحساب المقاومة المكافئة لدائرة توازٍ، 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 و I هو التيار الكلي فإن $I = I_A + I_B + I_C$. أما فرق الجهد بين طرفي أيّ مقاوِم فسيكون هو نفسه في كل المقاوِمات، لذا يمكن إيجاد التيار المار في المقاوِم 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 للمقاوِمات الثلاثة المتصلة على التوازي.

المقاومة المكافئة لمجموعة مقاوِمات موصولة معًا على التوازي

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} \ldots\ldots$$

مقلوب المقاومة المكافئة يساوي مجموع مقلوب المقاومات المفردة.

يمكن استخدام هذه المعادلة لإيجاد المقاومة المكافئة لأيّ عدد من المقاوِمات الموصولة على التوازي.

نشاط

طرائق تدريس متنوعة

إعاقة بصرية حضّر حبال إنارة بأطوال مختلفة، واعمل في كلٍّ منها عدّة عقد، على أن تكون المسافات بينها ثابتة (5 cm تقريبًا). ثم حضّر حبالاً أخرى واربطها على التوازي؛ لتمثيل تشكيلة دائرة التوازي، وأضف عُقَدًا حيثما يلزم ذلك. ثم اطلب إلى الطلبة 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 خيطًا، واطلب إلى الطلبة عمل تشكيلات أو ترتيبات تمثل دوائر التوالي ودوائر التوازي، واطلب إليهم توضيح كل تشكيل يكوّنونه على أن يحدّدوا مواقع المقاوِمات، ومصدر القدرة، واتجاه سريان التيار. م2 حسي-حركي

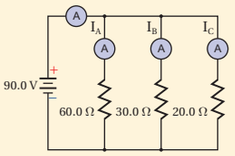
مثال 3

المقاومة المكافئة والتيار في دائرة توازٍ كهربائية وصِلت المقاومات الثلاثة التالية: 60.0 Ω و30.0 Ω و20.0 Ω على التوازي ببطارية جهدها 90.0 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 رسمًا تخطيطيًّا للدائرة الكهربائية.
- ضمِّن رسمك مجموعة من الأميترات لتبين أين توصلها لتقيس التيارات جميعها.

المعلوم		المجهول	
$R_C = 20.0\ \Omega$	$R_A = 60.0\ \Omega$	$I = ?$	$I_A = ?$
$V = 90.0\ V$	$R_B = 30.0\ \Omega$	$R = ?$	$I_B = ?$
			$I_C = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. لأن الجهد على كلّ مقاوِم يكون هو نفسه لجميع المقاوِمات، لذا نستخدم العلاقة التالية: $I = \frac{V}{R}$ في كل فرع.

بالتعويض عن $R_A = 60.0\ \Omega$، $V = 90.0\ V$

$$I_A = \frac{V}{R_A} = \frac{90.0\ V}{60.0\ \Omega} = 1.50\ A$$

بالتعويض عن $R_B = 30.0\ \Omega$، $V = 90.0\ V$

$$I_B = \frac{V}{R_B} = \frac{90.0\ V}{30.0\ \Omega} = 3.00\ A$$

بالتعويض عن $R_C = 20.0\ \Omega$، $V = 90.0\ V$

$$I_C = \frac{V}{R_C} = \frac{90.0\ V}{20.0\ \Omega} = 4.50\ A$$

b. استخدم معادلة المقاومة المكافئة لدوائر التوازي.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C}$$

بالتعويض عن $R_A = 60.0\ \Omega$، $R_B = 30.0\ \Omega$، $R_C = 20.0\ \Omega$

$$= \frac{1}{60.0\ \Omega} + \frac{1}{30.0\ \Omega} + \frac{1}{20.0\ \Omega} = \frac{1}{10.0\ \Omega}$$

$$R = 10.0\ \Omega$$

c. استخدم $I = \frac{V}{R}$ لإيجاد التيار الكلي.

$$I = \frac{V}{R}$$

بالتعويض عن $R = 10.0\ \Omega$، $V = 90.0\ V$

$$= \frac{90.0\ V}{10.0\ \Omega} = 9.00\ A$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تم قياس التيار بوحدة الأمبير، والمقاومة بوحدة الأوم.
- **هل الجواب منطقي؟** المقاومة المكافئة أقل من أي مقاومة مفردة، والتيار في الدائرة I يساوي مجموع التيارات المارة في كل المقاوِمات $I = I_A + I_B + I_C$.

81

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

دائرة توصيل التوازي للحماية من التيار الخاطئ يمكن لخطأ ينتج داخل جهاز كهربائي أن يُنشّط المواد الفلزية الموصلة الداخلة في بناء المنزل، ممّا يؤدي إلى إصابة الشخص المستخدم للجهاز بصعقة كهربائية خطرة. وقد تضعف المادة العازلة المُغلّفة للسلك، ممّا يسمح له بملامسة المواد الفلزية الداخلة في بناء المنزل. توفّر أسلاك نقل القدرة التي تحتوي ثلاثة خطوط (أسلاك) الحمايةَ للمستخدم؛ وذلك لأن السلك الثالث يصل المواد الفلزية الداخلة في بناء المنزل بالأرض. فعندما تضعف المادة العازلة المُغلّفة 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).

مثال صفي

سؤال وُصِلتْ أربعة مقاوِمات مقاديرها 20.0 Ω و30.0 Ω و40.0 Ω و50.0 Ω على التوازي في دائرة مع بطارية جهدها 120 V احسب مقدار التيار المار في كل فرع من فروع الدائرة، واحسب المقاومة المكافئة للدائرة، والتيار المار في البطارية.

الجواب

$$I_A = V/R_A = 120\ V/50.0\ \Omega = 2.4\ A$$
$$I_B = V/R_B = 120\ V/40.0\ \Omega = 3.0\ A$$
$$I_C = V/R_C = 120\ V/30.0\ \Omega = 4.0\ A$$
$$I_D = V/R_D = 120\ V/20.0\ \Omega = 6.0\ A$$
$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}+\frac{1}{R_C}+\frac{1}{R_D}\right)}$$
$$= \frac{1}{\left(\frac{1}{50\ \Omega}+\frac{1}{40\ \Omega}+\frac{1}{30\ \Omega}+\frac{1}{20\ \Omega}\right)}$$
$$I = 120\ V/7.8\ \Omega = 15\ A$$

تجربة إضافية

قياس التيار وفرق الجهد في دائرة توازٍ

الهدف يبيّن أن فرق الجهد يبقى ثابتًا عَبْر المقاوِمات الموصولة معًا على التوازي.

المواد والأدوات مصدر قدرة مستمر DC (12 V)، وثلاثة مصابيح كهربائية 12 V، وملتيمتر أو أميتر وفولتمتر.

الخطوات صِلِ المصابيح الثلاثة على التوازي، ثم صلها مع مصدر القدرة. قِس فرق الجهد بين طرفي كل مصباح باستعمال الفولتمتر، واستعمل الأميتر لقياس مقدار التيار المار في كل مصباح، ومقدار التيار من مصدر القدرة.

التقويم ما الطريقة الصحيحة لتوصيل الأميتر، من أجل قياس أحد تيارات المقاومات؟ على التوالي مع تلك المقاومة. ما الطريقة الصحيحة لتوصيل الأميتر من أجل قياس التيار الكلي؟ على التوالي مع مصدر القدرة. ما الطريقة الصحيحة لتوصيل الفولتمتر في هذه الدائرة؟ بين طرفي مصدر القدرة أو بين طرفي أيّ من هذه المقاومات.

مسائل تدريبية

7. وصِلت ثلاثة مقاوِمات مقدار كل منها 120.0 Ω و 60.0 Ω و 40 Ω على التوازي مع بطارية جهدها 12.0 V، احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

b. التيار الكهربائي الكلي المار في الدائرة.

c. التيار المار في كل مقاوِم.

8. إذا أردنا تغيير مقاومة فرع في دائرة كهربائية من 150 Ω إلى 93 Ω فإنه يجب إضافة مقاوِم إلى هذا الفرع. ما مقدار المقاومة التي يجب إضافتها؟ وكيف يتم توصيلها؟

تختلف توصيلات التوالي والتوازي في كيفية تأثيرها في دوائر الإضاءة. تخيّل مصباحين القدرة الكهربائية للأول 60 W، والقدرة الكهربائية للثاني 100 W ويعمل كل منهما على جهد مقداره 120 V، قد استخدما في دائرة إضاءة. لتحديد أي المصباحين أكثر سطوعًا ينبغي تذكر أن سطوع إضاءة أي مصباح كهربائي يتناسب طرديًّا مع القدرة المستنفدة فيه، بحساب مقاومة كل من المصباحين نجد أن $R_1 = (120)^2/60 = 240\ \Omega$، $R_2 = (120)^2/100 = 144\ \Omega$، فعند توصيل المصباحين معًا على التوازي بجهد 120 V، يكون سطوع المصباح الذي قدرته الكهربائية 100 W أكبر؛ لأن القدرة المستنفدة فيه أكبر، وذلك لأن مقاومته الكهربائية أقل ($P=V^2/R$)، وعند وصلهما على التوالي يكون سطوع المصباح الذي قدرته الكهربائية 60 W أكبر؛ لأن القدرة المستنفدة فيه أكبر، وذلك لأن مقاومته الكهربائية أكبر ($P = \frac{V^2}{R}$).

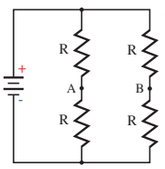
3–1 مراجعة

9. **أنواع الدوائر الكهربائية** قارن بين الجهود والتيارات في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.

10. **التيار الكلي** دائرة توازٍ فيها أربعة أفرع للتيار، وقيم التيارات في تلك الفروع 120 mA و250 mA و380 mA و2.1 A، ما مقدار التيار الذي يزوِّده المصدر؟

11. **التيار الكلي** تحتوي دائرة توالٍ على أربعة مقاوِمات. إذا كان التيار المار في أحد المقاوِمات يساوي 810 mA فاحسب مقدار التيار الذي يزوِّده المصدر.

12. **التفكير الناقد** تحتوي الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل 3–8 على أربعة مقاوِمات متماثلة. افترض أن سلكًا استُخدم لوصل النقطتين A وB أجب عن الأسئلة التالية مع توضيح السبب:



الشكل 3–8

a. ما مقدار التيار المار في السلك؟

b. ماذا يحدث للتيار المار في كل مقاوِم؟

c. ماذا يحدث للتيار الخارج من البطارية؟

d. ماذا يحدث لفرق الجهد بين طرفي كل مقاوِم؟

مسائل تدريبية

7. **a.** 20.0 Ω

b. 0.600 A

c. 0.100 A و0.200 A و0.300 A

8. $2.4 \times 10^2\ \Omega$ على التوازي مع المقاومة التي مقدارها 150 Ω

3. التقويم

التحقق من الفهم

مقارنة دوائر التوالي ودوائر التوازي ارسم كلًّا من دائرتي توالٍ، وتوازٍ على السبورة، واطلب إلى الطلبة 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 مقاوِم. م 2 **بصري– مكاني**

إعادة التدريس

عناصر دوائر التوالي ودوائر التوازي راجع عناصر الدائرة الكهربائية بعرض أسلاك التوصيل، ومفاتيح كهربائية، ومصابيح، ومقاوِمات، ومصادر قدرة، وأجهزة قياس، ومنصهرات. ثم صِل مقاوِمين على التوالي، وقِس المقاومة الكلية، ثم صِل المقاوِمين نفسيهما على التوازي، وقِس المقاومة الكلية لهما مرة أخرى.

3-1 مراجعة

9. يجب أن تتضمن إجابات الطلبة الأفكار الآتية: (1) في دوائر التوالي تكون التيارات المارّة في كل جهاز متساوية، ويكون مجموع الهبوط في الجهد مساويًا لجهد المصدر. (2) في دوائر التوازي يكون الهبوط في الجهد عبر كل جهاز هو نفسه، ويكون مجموع التيارات المارّة في حلقات الدائرة جميعها مساويًا لتيار المصدر.

10. 2.9 A

11. 810 mA

12. **a.** 0 A؛ جهد النقطة A يساوي جهد النقطة B.

b. لا شيء

c. لا شيء

d. لا شيء

3-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

1. التركيز

نشاط محفّز

مقارنة تشكيلات دوائر مركّبة كَوِّن دائرتين كهربائيتين مركّبتين، على أن تحتوي كل منهما على مصدر قدرة 12 V وثلاثة مصابيح 12 V. ستحتوي إحدى الدائرتين على مصباحين موصولين معًا على التوالي، وموصول معهما مصباح ثالث على التوازي. وتحتوي الدائرة الأخرى على مصباحين موصولين معًا على التوازي، وموصول معهما مصباح ثالث على التوالي. زوِّد الدائرتين بالطاقة في آن واحد لجعل المقارنة أسهل. م 2 بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

حفظ الطاقة راجع موضوع حفظ الطاقة، واربطه مع موضوع الدوائر المُركّبة. حلّل دائرة مركّبة، واحسب القدرة المُستهلَكة الكليّة والقدرة المستهلكة في كلّ مقاوِم. أثبت أن القدرة المُستهلَكة الكليّة تساوي مجموع القدرة المستهلكة في كل المقاوِمات.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

مبدأ عمل قاطع الدائرة الكهربائية هناك عدّة أنواع من قواطع الدوائر الكهربائية؛ حيث يعمل بعضها آليًّا، عندما يبرد إلى درجة كافية. ناقش كيف تقود قلّة المعرفة بهذا المفهوم إلى استخلاص نتائج غير صحيحة، حول أمان وجود هذا النوع من القواطع ومدى فاعليته.

تطوير المفهوم

قواطع الدوائر الكهربائية التي تكوّن أقواسًا كهربائية خاطئة (شررًا على شكل قوس) يستعمل قاطع الدائرة التي تكوّن قوسًا كهربائيًّا أجهزة استشعار إلكترونية؛ لكي تستجيب للإشارات الكهربائية المرافقة للقوس 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 محميّة بقاطع 15.0 A فإن القدرة العظمى تساوي $P = IV = (15.0\,A)(120\,V) = 1.80\,kW$. ويكون للقوس الكهربائي عند هذا المستوى من القدرة الكهربائية درجة حرارة كبيرة وكافية لتشعل الستائر، وأغطية الفراش، والسجاد... إلخ، واهتراء أسلاك الكهرباء وتقوسها يمكن أن يسبب الحريق.

3-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية Applications of Circuits

تعلمت سابقًا عن بعض العناصر المستخدمة في الدوائر الكهربائية، ومن المهم تعرّف وفهم متطلبات هذه الأنظمة وحدودها. وقبل كل شيء، يجب أن تكون مدركًا لتدابير السلامة التي يجب اتباعها لتجنب وقوع الحوادث والإصابات.

الأهداف
- **توضّح** كيف تعمل المنصهرات، وقواطع الدوائر الكهربائية، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ على حماية أسلاك التوصيلات الكهربائية في المنازل.
- **تُحلل** وتحلّ مسائل تتضمّن دوائر كهربائية مُركّبة.
- **توضّح** كيفية توصيل كلٍّ من الفولتمتر والأميتر في الدوائر الكهربائية.

المفردات
دائرة القصر
المنصهر الكهربائي
قاطع الدائرة الكهربائية
قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ
دائرة كهربائية مُركّبة
الأميتر
الفولتمتر

أدوات السلامة Safety Devices

تعمل المنصهرات وقواطع الدوائر الكهربائية كأدوات حماية وسلامة، تمنع حدوث حمل زائد في الدائرة يمكن أن 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 جدًّا؛ ممّا يجعل التيار المار فيها كبيرًا جدًّا. فعند توصيل مجموعة من الأجهزة الكهربائية على التوازي تقل المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية أكثر كلما شغّلنا جهازًا 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 وقد تُحدث حريقًا.

أما **المنصهر الكهربائي** فهو قطعة قصيرة من فلز تنصهر عندما يمرّ فيها تيار كبير **الشكل (9a–3)**. وسمك هذه القطعة الفلزية يُحدّده مقدار التيار اللازم لعمل الدائرة الكهربائية، بحيث يمر فيها التيار الكهربائي بأمان دون أن يؤدي إلى تلفها. وإذا مر تيار أكبر من التيار الذي تتحمله الدائرة تنصهر هذه القطعة وتقطع التيار الكهربائي عن الدائرة، وهذا يؤدي إلى حماية الدائرة من التلف. يوضّح **الشكل 9b–3 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 حملًا زائدًا في الدائرة. لذا يعمل القاطع على فتح الدائرة الكهربائية وإيقاف التيار.

يسلك التيار مسارًا مفردًا عند خروجه من مصدر الطاقة، ومروره بجهاز كهربائي ليعود إلى المصدر مرة أخرى. ويؤدي وجود عيب أو خلل أحيانًا في الجهاز أو سقوطه في الماء إلى تكوّن مسار آخر للتيار. وإذا كان الشخص المستخدم للجهاز جزءًا من هذا المسار فإن مرور التيار فيه سيُسبّب إصابة خطيرة له. حيث يمكن أن يؤدي مرور تيار صغير مقداره 5 mA خلال شخص إلى موته بالصدمة أو الصعقة الكهربائية. ووجود **قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ** في قابس التيار يمنع حدوث مثل هذه الإصابات؛ لأنه يحتوي على دائرة إلكترونية تستشعر الفروقات البسيطة في التيار الكهربائي الناجمة عن مسار إضافي للتيار، فتعمل تلك القواطع على فتح الدائرة الكهربائية. وتُلزم غالبًا القوانين والشرائع المتعلقة بكهرباء المباني بتركيب هذا النوع من القواطع في كل من الحمام والمطبخ والمنافذ الكهربائية الخارجية.

الشكل 9–3 المنصهر الكهربائي (a) قاطع الدائرة الكهربائية (b).

منصهر كهربائي — قاطع الدائرة الكهربائية

استخدام الشكل 10–3

عـادة تتـمّ حماية دوائـر الأجهـزة الكهربائيـة المنزلية بمنصهـرات أو قواطـع 15 A، اطلـب إلى الطلبـة تحديد العدد الأقصى من الأجهزة الكهربائية المُحدّدة بـ 220 V و400 W التي يمكن أن تعمل معًا في مثل هذه الدائرة.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{400\ W}{220\ V}$$

$$= 1.8\ A \qquad \text{(لكل جهاز)}$$

لذلك أقصى عدد ممكن من الأجهزة يساوي $\frac{15.0\ A}{1.8\ A} = 8$

م2 منطقي–رياضي

تقوية

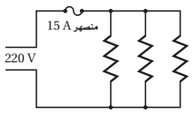
أدوات السلامة اطلب إلى الطلبة إعداد قائمة بأنواع أدوات حماية الدوائر الكهربائية المستعملة في التمديدات الكهربائية في المباني، وكيف يعمل كل منها على حماية التمديـدات الكهربائية في المنزل. واسـألهم: أيّ هذه الأدوات أسهل في الاستعمال. واذكر تدابير السلامة التي يتعيّن اتباعها لتجنب تلف هذه الأدوات، ومنع وقـوع الحوادث والإصابات عند اسـتعمال الأجهزة الكهربائية. م2 منطقي–رياضي

المناقشة

سؤال تُستخدم طريقة التوازي في التمديدات الكهربائية المنزلية. لماذا يجب فهم التوصيلات الكهربائية المركّبة من أجل فهم تمديدات الأسلاك في المنازل بصورة كاملة؟

الإجابة تؤثر مقاومة أسـلاك التمديـدات المنزليّة كمقاومة على التوالي مع الأحمال الموصولة على التوازي، وهذا ما يجعل إضاءة المصابيح تَخْفُت عند تشغيل حِمل زائد. كما تتصل قواطع ومنصهرات الدوائر على التوالي، بحيث يمكنها تعطيل الأحمال الموصولة على التوازي.

م2 منطقي–رياضي



الشكل 10–3 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 فإن ذلك قد يؤدي إلى انصهار المنصهر الكهربائي.

التطبيقات المنزلية يوضح **الشكل 10–3** دائرة توازٍ كهربائية تُستعمل في التمديدات المنزلية، ويوضح الشكل أيضًا بعض الأجهزة الكهربائية المنزلية التي توصل على التوازي، حيث لا يعتمد التيار المار في أيٍّ منها على التيارات المارة في الأجهزة الأخرى عند وصلها معًا. افترض مثلًا أنه تم وصل تلفاز قدرته 440 W بمصدر جهد 220 V، فحسب العلاقة $I = P/V$ سيكون التيار المار في التلفاز $I = \frac{440\ W}{220\ V} = 2.0\ A$. وعند وصل مكواة كهربائية قدرتها 1100 W بمصدر الجهد نفسه سيكون التيار المار فيها $I = \frac{1100\ W}{220\ V} = 5\ A$، وأخيرًا، إذا وصل مجفّف شعر قدرته 1320 W بمصدر الجهد نفسه أيضًا فسيمر فيه تيار مقداره $I = \frac{1440\ W}{220\ V} = 6\ A$. ويمكن حساب مقاومة كل جهاز بالعلاقة $R = V/I$. ويمكن حساب المقاومة المكافئة للأجهزة الثلاثة كما يلي:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{110\ \Omega} + \frac{1}{44\ \Omega} + \frac{1}{36.7\ \Omega}$$

$$R = 17\ \Omega$$

ولحماية الأجهزة الكهربائية، يوصل منصهر كهربائي على التوالي بمصدر الجهد، بحيث يمر التيار الكهربائي الكلي فيه. ويحسب التيار الكلي المار في المنصهر باستخدام المقاومة المكافئة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220\ V}{17\ \Omega} = 13\ A$$

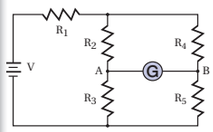
فإذا كان أكبر تيار يتحمله المنصهر يساوي 10 A فإن التيار 13 A يكون أكبر من قدرة تحمل المنصهر الكهربائي، فيؤدي ذلك إلى صهره أو احتراقه، فتفتح الدائرة الكهربائية.

توّفر المنصهرات وقواطع الدوائر الكهربائية الحماية من التيارات الكبيرة، وبخاصة تلك التيارات الناتجة عن حدوث دوائر القصر. وفي حال عدم استعمال منصهر أو قاطع فإنه يمكن للتيار الناتج عن دائرة قصر أن يحدث حريقًا. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تحدث دائرة قصر إذا أصبحت الطبقة العازلة للسلكين الموصولين بمصباح كهربائي هشة وتالفة؛ لأنه يمكن أن يتلامس السلكان، فينتج عن ذلك مقاومة مقدارها 0.010 Ω تقريبًا، مما يؤدي إلى مرور تيار كهربائي كبير جدًّا. $I = V/R = \frac{220\ V}{0.010\ \Omega} = 22{,}000\ A$

سيؤدي مرور مثل هذا التيار إلى صهر المنصهر الكهربائي أو فتح القاطع الكهربائي، ومن ثم فتح الدائرة الكهربائية، ممّا يمنع ارتفاع درجة حرارة الأسلاك إلى حد يكفي لبدء الحريق.

مسألة تحدٍّ

الجلفانومتر جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية وفروق الجهد الصغيرة جدًّا. عندما تكون قراءة الجلفانومتر الموضح في الدائرة المجاورة صفرًا نقول إن الدائرة مُتزنة.

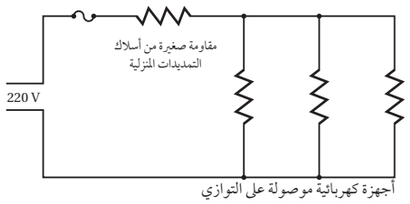


1. يقول زميلك في المختبر إن الطريقة الوحيدة لجعل الدائرة مُتزنة هي جعل جميع المقاومات متساوية. فهل هذا يجعل الدائرة مُتزنة؟ وهل هناك أكثر من طريقة لجعل الدائرة مُتزنة؟ وضّح إجابتك.
2. اشتق معادلة عامة لدائرة مُتزنة مستخدمًا التسميات المعطاة. *تنبيه: تعامل مع الدائرة على أنها مجزئ جهد.*
3. أيّ المقاومات يمكن أن نضع مكانه مقاومًا متغيرًا لكي يُستخدم كأداة في ضبط الدائرة وموازنتها؟
4. أيّ المقاومات يمكن أن نضع مكانه مقاومًا متغيرًا لكي يُستخدم أداة تحكّم وضبط حسّاسة؟ ولماذا يكون ذلك ضروريًّا؟ وكيف يمكن استخدامها عمليًّا؟

84

مسألة تحدٍّ

1. نعم. جعل جميع المقاومات متساوية يجعل الدائرة متزنة، ويمكن أيضًا جعل الدائرة متزنة عن طريق تعديل قيم المقاومات بحيث تكون $\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5}{R_4}$، مثلاً $R_4 = 40.0\ \Omega$، $R_3 = 22.5\ \Omega$ $R_2 = 20.0\ \Omega$، $R_5 = 45.0\ \Omega$
2. $\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5}{R_4}$
3. أي مقاوِم ما عدا R_1.
4. R_1. يمكن أن يتلف الجلفانومتر إذا مرّ فيه تيار كبير، لذا إذا كانت R_1 قابلة للتعديل والضبط وجب جعل قيمتها كبيرة قبل تشغيل الدائرة، وهذا من شأنه أن يحدَّ من قيمة التيار المار في الجلفانومتر. عند تعديل المقاوِم الموازِن (الضابط) ومع اقتراب قراءة الجلفانومتر من الصفر تزداد الحساسية بنقصان مقدار المقاومة R_1.



الشكل 11–3 تتصل المقاومة الصغيرة لأسلاك التوصيل على التوالي بالأجهزة الكهربائية الموصولة على التوازي في التوصيلات المنزلية.

الدوائر الكهربائية المُركّبة
Combined Series–Parallel Circuits

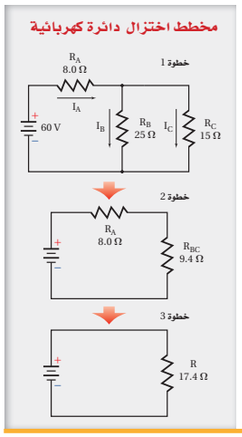
هل لاحظت حدوث ضعف في إضاءة مصباح الحمام أو غرفة النوم عند تشغيل مجفّف الشعر؟ يوصل كل من المصباح ومجفف الشعر على التوازي عبر مصدر جهد مقداره 220 V، ولا يجب أن يتغير التيار المار في المصباح عند تشغيل مجفف الشعر؛ بسبب توصيلهما على التوازي، لكن ضعف إضاءة المصباح يعني أن التيار قد تغير، ويحدث مثل هذا الضعف في الإضاءة لأن مقاومة أسلاك التمديدات المنزلية صغيرة، وكما هو موضّح في **الشكل 11–3** فإن هذه المقاومة موصولة على التوالي مع دائرة التوازي. وتسمى الدائرة التي تحتوي على نوعي التوصيل التوالي والتوازي معًا **دائرةً كهربائية مُركّبة**. وتستخدم الاستراتيجية التالية لتحليل مثل هذه الدوائر.

استراتيجيات حل المسألة

الدوائر الكهربائية المركّبة

عند تحليل دائرة كهربائية مُركّبة نستخدم الخطوات التالية لتبسيط المسألة:

1. ارسم رسمًا تخطيطيًّا للدائرة الكهربائية.
2. حدّد المقاومات الموصولة معًا على التوازي. تعمل مقاومات التوازي على تجزئة التيار، ويكون لها فرق الجهد نفسه. احسب المقاومة المكافئة لهذه المقاومات. ثم ارسم رسمًا تخطيطيًّا جديدًا 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 تحل محل هذه المقاومات. ثم ارسم رسمًا تخطيطيًّا جديدًا يحتوي على هذه المقاومة.
4. كرّر الخطوتين 2، و3 حتى تختصر مقاومات الدائرة كُلّها في مقاوم واحد. أوجد تيار الدائرة الكلي، ثم ارجع في المسألة عكسيًّا لحساب التيار وفرق الجهد لكل مقاوم.



نشاط

تحدٍّ

دوائر الموازنة أحد نماذج الدائرة الموضّحة 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 الطلبة 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. $V_{RC}=\frac{(60\text{ V})(15\ \Omega)}{(15\ \Omega+8.0\ \Omega)}=39\text{ V}$. ثم احسب المقاومة المكافئة للمقاومين الموصولتين معًا على التوازي R_A و R_C، $\frac{1}{R_P}=\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}=\frac{1}{8.0\ \Omega}+\frac{1}{15\ \Omega}\Rightarrow R_P=5.2\ \Omega$. في هذه الحالة يكون النموذج: بطارية 39 V موصولة على التوالي مع مقاوِم 5.2 Ω، إذا وصِلت R_B مع النموذج فيمكن إيجاد مقدار التيار المار فيها باستخدام المعادلة $\frac{V}{R}=\frac{39\text{ V}}{5.2\ \Omega+25\ \Omega}=1.4\text{ A}$

م 3 منطقي-رياضي

التفكير الناقد

استعمال المفتاح المزدوج عبارة عن مفاتيح تتكون من قطب واحد ومخرجان 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 تخطيطيًّا يوضّح المفتاح المزدوج على السبورة مع حمل ومصدر قدرة، ووضّح طريقتي عمله. اطلب إلى الطلبة التفكير في تطبيقات أخرى يستعمل فيها هذا النوع من الدوائر، مثل جرس الباب الذي له مفتاحان على بابين مختلفين.

م 2 منطقي–رياضي

استخدام النماذج

تحليل قيم التيار في الدائرة التي تمّ التطرق إليها في بند استراتيجيات حلّ المسألة، افترض أن هناك 12 قيمة مختلفة للتيار المار في المقاوِم R_C، يجب تحليلها. يوفّر استخدام النموذج في مثل هذه الحالات وقتًا كبيرًا. 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 للمقاوِمين الموصولين معًا على التوازي R_AوR_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 مقاوِم 6.1 Ω. إذا وصلت R_C الآن مع النموذج أمكن إيجاد التيار المار فيها باستخدام العلاقة $\frac{V}{R}=\frac{45.5\text{ V}}{(6.1\ \Omega+15\ \Omega)}=2.2\text{ A}$، وهي القيمة نفسها التي يمكن الحصول عليها من خلال حساب I_C في الشكل.

$$R=R_C+R_p=15\ \Omega+6.1\ \Omega$$
$$=21.1\ \Omega$$
$$I=\frac{V_{\text{مصدر}}}{R}=\frac{45.5\text{ V}}{21.1\ \Omega}=2.2\text{ A}$$
$$V_C=IR_C=(2.2\text{ A})(25\ \Omega)=55\text{ V}$$
$$I_C=\frac{V_C}{R_C}=\frac{55\text{ V}}{25\ \Omega}=2.2\text{ A}$$

مثال صفي

سؤال وُصِل مُكيِّف هواء مقاومته R_A تساوي 50.0 Ω، وجهازُ حاسوب مقاومته R_B تساوي 20.0 Ω على التوازي مع مصدر جهد 120.0 V، وذلك من خلال مقاوِم R_C مقداره 2.00 Ω موصول مع مصدر الجهد على التوالي. احسب مقدار التيار المارّ في الحاسوب في حالة تشغيل المكيّف، وفي حالة عدم تشغيله.

الجواب

التيار المارّ في الحاسوب في حالة تشغيل المكيّف.

$$R_P = 1/\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}\right)$$
$$= 1/\left(\frac{1}{50.0\ \Omega} + \frac{1}{20.0\ \Omega}\right) = 14.3\ \Omega$$
$$R = R_C + R_P$$
$$= 2.00\ \Omega + 14.3\ \Omega = 16.3\ \Omega$$
$$I = \frac{V_{مصدر}}{R}$$
$$= 120.0\ V/16.3\ \Omega = 7.36\ A$$
$$V_C = (2.00\ \Omega)(7.36\ A) = 14.7\ V$$
$$V_A = 120.0\ V - 14.7\ V = 105.3\ V$$
$$V_B = V_A = 105.3\ V$$
$$I_B = \frac{V_B}{R_B} = \frac{105.3\ V}{20.0\ \Omega} = 5.26\ A$$

التيار المارّ في الحاسوب في حالة عدم تشغيل المكيّف

$$R_B = 20.0\ \Omega$$
$$R = R_C + R_B = 2.0\ \Omega + 20.0\ \Omega = 22.0\ \Omega$$
$$I = \frac{V_{مصدر}}{R} = \frac{120.0\ V}{22.0\ \Omega} = 5.45\ A$$
$$V_C = (2.00\ \Omega)(5.45\ A) = 10.9\ V$$
$$V_B = 120.0\ V - 10.9\ V = 109.1\ V$$
$$I_B = \frac{V_B}{R_B} = \frac{109.1\ V}{20.0\ \Omega} = 5.45\ A$$

عرض سريع

الدوائر الكهربائية المركّبة

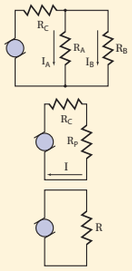
الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات مصدر قدرة، ومقاوِمات أو مصابيح، وملتيمتر.

الخطوات كوِّن دائرة مركّبة. استخدم الملتيمتر لقياس فروق الجهد والتيارات جميعها. بيِّن للطلبة أنه في حالة التوصيل على التوالي تُجمع فروق الجهد، وفي حالة التوصيل على التوازي تُجمع التيارات.

مثـــال 4

الدوائر الكهربائية المُركّبة وصِل مُجفِّف شعر مقاومته 12.0 Ω، ومصباح كهربائي مقاومته 125 Ω معًا على التوازي بمصدر جهد 125 V موصول معه مقاوِم 1.5 Ω على التوالي، كما هو موضح في الشكل. أوجد التيار المار في المصباح عند تشغيل مجفف الشعر.



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم الدائرة متضمنة مُجفِّف الشعر والمصباح.
- ضع المقاومة المكافئة R_P بدلاً من المقاومتين R_A وR_B.

المعلوم			المجهول	
$R_A = 125\ \Omega$	$R_C = 1.50\ \Omega$	$V_{مصدر} = 125\ V$	$I_A = ?$	$I = ?$
$R_B = 12.0\ \Omega$			$R_P = ?$	$R = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

احسب المقاومة المكافئة لدائرة التوازي، ثم أوجد المقاومة المكافئة للدائرة كاملة، ثم احسب التيار.

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} = \frac{1}{125\ \Omega} + \frac{1}{12.0\ \Omega}$$ بالتعويض عن $R_B = 120\ \Omega$، $R_A = 125\ \Omega$

$$R_P = 10.9\ \Omega$$

$$R = R_C + R_P = 1.50\ \Omega + 10.9\ \Omega = 12.4\ \Omega$$ بالتعويض عن $R_C = 1.50\ \Omega$، $R_P = 10.9\ \Omega$

$$I = \frac{V_{مصدر}}{R} = \frac{125\ V}{12.4\ \Omega} = 10.1\ A$$ بالتعويض عن $V_{مصدر} = 125\ V$، $R = 12.4\ \Omega$

$$V_C = IR_C = (10.1\ A)(1.50\ \Omega) = 15.2\ V$$ بالتعويض عن $I = 10.1\ A$، $R_C = 1.50\ \Omega$

$$V_A = V_{مصدر} - V_C = 125\ V - 15.2\ V = 1.10 \times 10^2\ V$$ بالتعويض عن $V_{مصدر} = 125\ V$، $V_C = 15.2\ V$

$$I_A = \frac{V_A}{R_A} = \frac{1.10 \times 10^2\ V}{125\ \Omega} = 0.880\ A$$ بالتعويض عن $V_A = 1.10 \times 10^2\ V$، $R_A = 125\ \Omega$

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

13. يتصل 11 مصباحًا كهربائيًّا معًا على التوالي، وتتصل المجموعة على التوالي بمصباحين كهربائيين يتصلان على التوازي. فإذا كانت المصابيح جميعها متماثلة، فأيها يكون سطوعه أكبر؟
14. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة السابقة، إذا احترق أحد المصباحين المتصلين على التوازي؟
15. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة **13** إذا حدث دائرة قصر لأحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

الفيزياء في الحياة

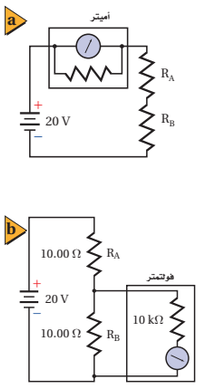
معلومة للمعلم

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 دائمًا إلى حد الذروة، فإن أجهزة التوليد لا تعمل بالحد الأقصى طول الوقت، وهذا يجعل الأمر صعبًا على الشركات لتحقيق الربح ودفع ثمن المعدّات. 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.

الأميترات والفولتمترات Ammeters and Voltmeters

الأميتر جهاز يستخدم لقياس التيار الكهربائي في أي فرع أو جزء من دائرة كهربائية. فإذا أردت قياس التيار الكهربائي المار في مقاوِم، فعليك أن تصل جهاز الأميتر على التوالي بهذا المقاوِم، وهذا يتطلب قطع مسار التيار وإدخال الأميتر. وفي الحالات المثالية، يجب ألا يؤثر استخدام الأميتر في قيمة التيار المار في المقاوِم. لذا يُصمّم الأميتر بحيث تكون مقاومته أقل ما يمكن؛ ولذلك يوصل مع ملفه مقاومة صغيرة على التوازي، ويوصل الأميتر على التوالي في الدوائر الكهربائية لاحظ **الشكل 12a–3**.

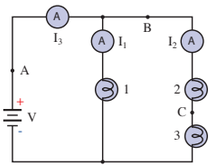
وهناك جهاز آخر يسمى **الفولتمتر** يُستخدم لقياس الهبوط في الجهد عبر جزء من دائرة كهربائية. ولقياس الهبوط في الجهد عبر مقاوِم يتم وصل الفولتمتر مع هذا المقاوِم على التوازي. ويُصمّم الفولتمتر بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًّا؛ وذلك حتى يكون التغير في التيارات وفروق الجهد في الدائرة الكهربائية أقل ما يمكن. ولذلك يوصل مع ملفه مقاومة كبيرة جدًّا على التوالي، ويوصل الفولتمتر على التوازي في الدوائر الكهربائية لاحظ **الشكل 12b–3**.



الشكل 12–3 يتصل أميتر على التوالي بمقاومين (a). غُيِّرت المقاومة الصغيرة للأميتر التيار بمقدار صغير جدًا. ويتصل الفولتمتر بمقاوِم على التوازي (b). سيكون التغير في تيار الدائرة وجهدها مهملاً بسبب المقاومة الكبيرة للفولتمتر.

3-2 مراجعة

*ارجع إلى الشكل **13–3** للإجابة عن الأسئلة 16– 20، افترض أن جميع المصابيح في الدائرة الكهربائية متماثلة.*



الشكل 13–3

16. **التيار** إذا كان $I_1 = 1.1\ A$ و $I_3 = 1.7\ A$ فما مقدار التيار المار في المصباح 2؟

17. **دوائر التوالي الكهربائية** إذا فُصِل السلك عند النقطة C، ووُصِل مقاوم صغير على التوالي بالمصباحين 2 و3 فماذا يحدث لسطوع كل منهما؟

18. **جهد البطارية** عند وصل فولتمتر بين طرفي المصباح 2 كانت قراءته 3.8 V، وعند وصل فولتمتر آخر بين طرفي المصباح 3 كانت قراءته 4.2 V، ما مقدار جهد البطارية؟

19. **الدوائر الكهربائية** بالرجوع إلى المعلومات الواردة في السؤال السابق، هل المصباحان 2، و3 متماثلان؟

20. **التفكير الناقد** هل هناك طريقة لجعل المصابيح الثلاثة في الشكل تُضيء بالشدة نفسها دون استخدام أيّ مقاوِمات إضافية؟ وضّح إجابتك.

مسائل تدريبية

13. المصابيح الـ (11) الموصولة على التوالي.
14. عندئذ تصبح جميع المصابيح العاملة موصولة على التوالي، ويتوهّج الـ (12) مصباحًا بالشدة نفسها.
15. سيجعل المصباح الذي حدث فيه دائرة قصر فرق الجهد خلاله وخلال المصباح المتصل معه على التوازي صفرًا. أما المصابيح الـ (11) المتصلة على التوالي فستتساوى في شدة توهّجها ولكنه يزداد مقارنة بوضعها السابق، أما المصباحان المتوازيان فلن يضيئا.

3. التقويم

التحقق من الفهم

المقاومة المكافئة اطلب إلى الطلبة أن يحسبوا المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة في **الشكل 12b–3**. 19.99 Ω اسألهم كيف تتغير الإجابة إذا كانت مقاومة الفولتمتر 100 Ω. 19.01 Ω ثم اطلب إليهم توضيح فائدة المقاومة الكبيرة للفولتمتر. حتى لا تتغير المقاومة المكافئة للدائرة. م 2

التوسع

تصميم دائرة كهربائية اطلب إلى مجموعات الطلبة أن يصمّموا دائرة فيها مفاتيح تشغّل مصباحًا وتطفئه من ثلاثة مواقع أو أكثر. زوِّد كل مجموعة بمفتاح ثلاثي المخرج وثنائي القطبية، ومفتاح ثنائي المخرج، وأوميتر حتى يبدؤوا العمل. م 2 **بصري–مكاني**

3-2 مراجعة

16. 0.6 A
17. تَخفُتُ إضاءتُهما بالتساوي، ويقلّ التيار في كلٍّ منهما بالمقدار نفسه.
18. 8.0 V
19. لا. في المصابيح المتماثلة الموصولة على التوالي سيكون الهبوط في الجهد عبرها متساويًا؛ لأن التيارات المارة فيها متساوية.
20. نعم. لأن شدة الإضاءة تتناسب طرديًّا مع القدرة فسيكون من الضروري استخدام مصباح في الموقع 1 مقاوِمته تساوي أربعة أضعاف مقاومتي المصباحين الموجودين في الموقعين 2 و3 وهما مضاءين.

$$\frac{V^2}{4R} = \frac{\left(\frac{V}{2}\right)^2}{R}$$

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 الخاصة بها في دوائر التوازي؟

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 باستعمال أجهزة القياس الكهربائية.
- تحسب مقاومة مصباح كهربائي من خلال بيانات فرق الجهد، والتيار.

المواد والأدوات

مصدر قدرة منخفض الجهد
قاعدتا مصباح
مصباحان كهربائيان صغيران
أميتر ذو مدى تدريج 0–500 mA
فولتمتر ذو مدى تدريج 0–30 V
عشرة أسلاك نحاسية مزوّدة بمشابك فم التمساح

احتياطات السلامة

- الخطورة الناجمة عن الصدمة الكهربائية قليلة؛ لأن التيارات الكهربائية المستخدمة في هذه التجربة قليلة. يجب ألا تنفذ هذه التجربة بتيار مُتناوب؛ لأن هذا التيار قاتل.
- أمسك أطراف الأسلاك بحذر؛ لأنها قد تكون حادة، فتجرح الجلد.

الخطوات

1. صِل قاعدتي المصباح على التوالي بالأميتر، ومصدر القدرة. راعِ التوصيل الصحيح للأقطاب عند وصل الأميتر.
2. ركّب المصباحين في القاعدتين، وشغّل مصدر القدرة. ثم اضبط مصدر القدرة حتى تصبح إضاءة المصباحين خافتة.
3. افصل أحد المصباحين، ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات.
4. ركّب 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 دوّن 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 دوّن قياساتك في جدول البيانات. وكرّر تجربتك لمصابيح أخرى على التوالي.

88

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. نبِّه الطلبة إلى عدم محاولة إجراء هذه التجربة باستخدام دائرة المنزل الكهربائية؛ لأن الجهد الكبير من مخارج التيار في المنزل يُسبّب نشوء تيار كبير قاتل.

المواد والأدوات البديلة يمكن استخدام بطارية جهدها 6 V بدلاً من مصدر القدرة ذي الجهد القليل.

استراتيجيات التدريس

- **قد تحتاج إلى تفحص الدوائر الكهربائية التي ركّبها الطلبة قبل أن يوصلوها بمصدر القدرة.**
- **تحقّق أن الطلبة يستخدمون القطبية الصحيحة عند توصيل أجهزة القياس؛ فالقطبية غير الصحيحة قد تتلف الأجهزة.**

عيّنة بيانات ستختلف البيانات وفق نوع المصابيح المستخدمة، وهذه البيانات خاصة بمصباحين يعملان على جهد 6.3 V

الخطوة	الملاحظات
3	ينطفئ المصباحان
4	5.20 V
5	2.60 V، و2.60 V
6	في أيّ مكان 150 mA

الخطوة	الملاحظات
8	300 mA
9	في أيّ مكان 2.76 V
10	سيتوهّج المصباح الموصول في الدائرة بدرجة أكبر، 2.76 V، 170 mA
11	سيتوهّج المصباح الموصول في الدائرة بدرجة أكبر، 2.76 V، 170 mA

جدول البيانات			
الخطوة	التيار الكهربائي (mA)	فرق الجهد (V)	الملاحظات
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. ركّب المصباحين في القاعدتين، وشغّل مصدر القدرة. ثم اضبط مصدر القدرة حتى تصبح إضاءة المصباحين خافتة. ودوّن قراءة التيار من الأميتر في جدول البيانات.
9. أوجد فرق الجهد عبر الدائرة كلها، ثم عبر كل مصباح، ودوّن القيم في جدول البيانات.
10. صِل طرفي الفولتمتر بطرفي أحد المصباحين، ثم افصل أحد المصباحين، ودوّن ملاحظاتك حول المصباحين، ودوّن قراءتي الأميتر والفولتمتر في جدول البيانات.
11. أعد تركيب المصباح الذي فصلته في قاعدته، وافصل المصباح الآخر، ودوّن ملاحظاتك حول المصباحين، ودوّن قراءتي الأميتر والفولتمتر 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 منهما عندما يكونان موصولين على التوالي؟
5. احسب مقاومة كل مصباح في دائرة التوازي، وقارن هذه القيمة مع المقاومة التي حصلت عليها للمصابيح في دائرة التوالي.

الاستنتاج والتطبيق

1. لخص العلاقة بين التيار، وفرق الجهد، والمقاومة في دائرة التوالي.
2. لخص العلاقة بين التيار، وفرق الجهد في دائرة التوازي.

التوسع في البحث

كرّر التجربة باستخدام مصابيح ذات جهود مختلفة مثلًا: 1.5 V و3 V و6 V.

الفيزياء في الحياة

1. تعمل المصابيح في معظم المنازل على جهد 220 V بغض النظر عن عددها. كيف تتأثر مقدرتنا على استعمال أي عدد من المصابيح المتماثلة الجهد بطريقة التوصيل (توازٍ، أو توالٍ)؟
2. لماذا يخفت الضوء في المنزل عند تشغيل جهاز كهربائي يحتاج إلى تيار كبير، مثل المكيف؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن دوائر التوالي والتوازي الكهربائية ارجع إلى الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

89

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية قبل تركيب أي دائرة، اسأل الطلبة ماذا يحدث لكل من التيار، وفرق الجهد، والمقاومة عند إضافة مزيد من المصابيح إلى دائرة مُركّبة؟ تغيير التجربة بهذه الطريقة يحفز الطلبة على تطوير تفكير ناقد حول كيفية تركيب الدوائر. لماذا؟ اجعل الطلبة يطرحوا أسئلة عصف ذهني حول هذه الدوائر الكهربائية، واسمح لهم باستقصاء هذه الأسئلة إذا سمح الوقت بذلك.

التحليل

1. (ملاحظة: ستعتمد جميع الإجابات على البيانات الفردية للطالب) $R = \frac{V}{I}$
$= 5.20\ V / 0.150\ A = 34.7\ \Omega$
2. $R = V/I = 2.60\ V / 0.150\ A = 17.3\ \Omega$
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.
5. $R = \frac{V}{I} = \frac{2.76\ V}{0.170\ A} = 16.2\ \Omega$
هذه القيمة قريبة من المقاومة التي حُسِبت للمصباح في دائرة التوالي.

الاستنتاج والتطبيق

1. في دائرة التوالي: التيار متساوٍ، وجهد المصدر يساوي المجموع الكلي للهبوط في الجهد خلال المصابيح 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 توازٍ مساويًا 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 لحظيًّا.

الخلفيّة النظرية

قبل الحرب العالمية الثانية، درس شارل دالزيل بعناية تأثيرات الصدمات الكهربائية في الرجال والنساء، وتوصّل إلى أنه إذا أمسكت امرأة سلكًا كهربائيًّا، وتدفق في جسدها تيار مقداره 11 mA فإنه لا يمكنها الانفصال عن السلك.

ثم سعى دالزيل بوصفه خبيرًا إلى مراجعة الوفيات الناجمة عن الصدمات الكهربائية المميتة، وتوصل إلى أن العديد من الوفيات حدثت عندما يُكمِل شخص عن غير قصد مسارًا بين السلك الحامل للتيار (السلك الحامي) والأرض؛ أو التفريغ الأرضي الخاطئ. ثم بدأ في تصميم جهاز يعمل على فتح الدائرة الكهربائية بسرعة كبيرة عندما يحدث تفريغ خاطئ للتيار في الأرض، ولو كان التيار صغيرًا جدًّا. في عام 1961م نجح دالزيل في ذلك، وتسلّم براءة الاختراع في عام 1965، أما الآن فتشترط قوانين الكهرباء الوطنية وجود مخارج لدائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ في الإنشاءات الجديدة في المطابخ والحمّامات، ومواقف السيارات، والمستودعات، وبرك السباحة.

التعليم البصري

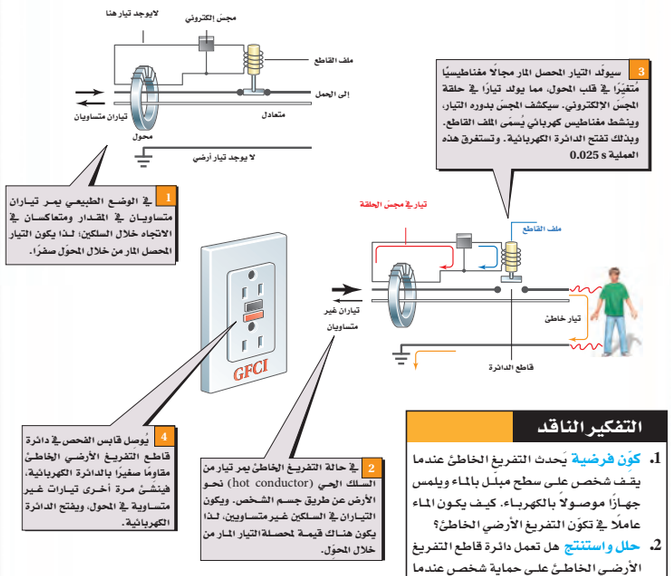
اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في المنزل والمدرسة عن مخارج دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ، واطلب إليهم تحديد مواقع تلك المخارج، ثم الضغط على زر الفحص الخاصّ بكلّ منها، وأن يكتبوا تقريرًا حول ما يجدونه. ذكّر الطلبة أن دائرة واحدة لقاطع التفريغ الأرضي الخاطئ، كافية لحماية عدة مخارج.

التوسع

اطلب إلى احد الطلبة الوقوف حافي القدمين على صفيحة فلزّيّة، 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 V

دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ؟
Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI)

يحدث التفريغ الأرضي الخاطئ عندما يسلك التيار مسارًا خاطئًا نحو الأرض، كأن يمر التيار الكهربائي من خلال جسم شخص. وكان شارل دالزيل أستاذ الهندسة في جامعة كاليفورنيا خبيرًا في تأثيرات الصدمات الكهربائية. وعندما أدرك أن التفريغ الأرضي الخاطئ كان سببًا لحدوث العديد من الصعقات الكهربائية اخترع جهازًا يمنع وقوع مثل هذه الحوادث. فما مبدأ عمل دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ (GFCI)؟



التفكير الناقد

1. **كوّن فرضية** يُحدث التفريغ الخاطئ عندما يقف شخص على سطح مبلل بالماء ويلمس جهازًا موصولاً بالكهرباء. كيف يكون الماء عاملًا في تكوّن التفريغ الأرضي الخاطئ؟
2. **حلل واستنتج** هل تعمل دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ على حماية شخص عندما يُمسك أحد السلكين بيد ويُمسك السلك الآخر باليد الأخرى؟ وضّح إجابتك؟
3. **احسب** في دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ، كان مقدار مقاوم الفحص 14.75 kΩ. احسب التيار المار في هذا المقاوم إذا كان فرق الجهد 115 V. هل يُعدّ هذا التيار كبيرًا؟

التفكير الناقد

1. عندما يحتوي الماء على أملاح مذابة فإنه يعمل موصلاً جيّدًا ذا مقاومة صغيرة، فيُوفّر مسارًا نحو الأرض ذا مقاومة قليلة.
2. لن تحمي دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ الشخص؛ لأن كلا التيارين في السلكين الساخن والمتعادل يبقيان متساويين.
3. $I = \frac{V}{R} = \frac{115\ V}{14750\ \Omega} = 7.80\ mA$ وهذا التيار صغير جدًّا.

الفصل 3
دليل الدراسة

3–1 الدوائر الكهربائية البسيطة Simple Circuits

المفردات

- دائرة التوالي
- المقاومة المكافئة
- مجزئ الجهد
- دائرة التوازي

الأفكار الرئيسة

- يكون التيار متساويًا في جميع أجزاء دائرة التوالي الكهربائية البسيطة.
- المقاومة المكافئة لدائرة التوالي هي مجموع مقاومات أجزائها.

$$R = R_A + R_B + R_c + \ldots$$

- التيار الكهربائي المار 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 المُطبّق على طرفي مجموعة المقاومات.
- مجزئ الجهد يمثل دائرة توالٍ كهربائية تستخدم للحصول على جهد بقيمة معينة من بطارية ذات جهد كبير.
- يكون الهبوط في الجهد خلال جميع أفرع دائرة التوازي الكهربائية متساويًا.
- يكون التيار الكلي في دائرة التوازي الكهربائية مساويًا لمجموع تيارات أفرع الدائرة.
- يكون مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوازي مساويًا لمجموع مقلوب كل مقاومة.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} + \ldots$$

- إذا فُتح أي فرع من أفرع دائرة التوازي الكهربائية فلن يمر تيار في هذا الفرع، ولن تتغيّر قيمة التيارات المارة في الأفرع الأخرى، إلا أن التيار الكلي يتغير.

3–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية Applications of Circuits

المفردات

- دائرة القصر
- المنصهر الكهربائي
- قاطع الدائرة الكهربائية
- قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ
- دائرة كهربائية مُركّبة
- الأميتر
- الفولتمتر

الأفكار الرئيسة

- 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 المركّبة من توصيلات التوالي والتوازي معًا. وفي البداية يُختزل أي تفرع توازٍ إلى مقاومة مكافئة واحدة ثم تُختزل أيّ مقاومات أخرى موصولة على التوالي في مقاومة مكافئة واحدة.
- يستخدم الأميتر في قياس التيار المار في الدائرة أو في أيّ فرع فيها. وتكون مقاومة الأميتر دائمًا صغيرة جدًّا، كما أنه يوصَل دائمًا على التوالي في الدائرة الكهربائية.
- يقيس الفولتمتر فرق الجهد بين طرفي أي جزء أو مجموعة أجزاء في الدائرة. وتكون مقاومته دائمًا كبيرة جدًّا، كما أنه يوصل دائمًا على التوازي بين طرفي الجزء المراد قياس جهده في الدائرة الكهربائية.

المفاهيم الرئيسة

يمكن أن يستخدم الطلبة العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

التقويم

خريطة المفاهيم

21. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

22. تكون المقاومة المكافئة أقل من قيمة أصغر مقاوِم.

23. تعمل الأجهزة الموصولة على التوازي كل منها على حدة دون أن يؤثر بعضها في بعض.

24. وظيفة المنصهر هي حماية الأجهزة والأسلاك الكهربائية من مرور تيار كهربائي كبير فيها يسبّب الحرائق نتيجة التسخين الزائد.

25. دائرة القصر هي الدائرة ذات المقاومة القليلة جدًّا. ودائرة القصر خطيرة جدًّا إذا طُبّق عليها أيّ فرق جهد؛ لأنها تسبب تدفّق تيار كهربائي كبير، والأثر الحراري للتيار يمكنه أن يسبّب حريقًا.

26. يجب أن تكون مقاومة الأميتر صغيرة جدًّا؛ لأنه يوصل على التوالي في الدائرة الكهربائية، فإذا كانت مقاوِمته كبيرة فستتغيّر مقاومة الدائرة بشكل واضح.

27. يجب أن تكون مقاومة الفولتمتر كبيرة جداً حتى يكون التيار الكهربائي المار فيه صغير جدًّا، فلا يسبب ذلك هبوطًا كبيرًا في الجهد خلال الجزء المتصل معه الفولتمتر في الدائرة، مما يغير الجهد المقيس.

28. يوصل الأميتر على التوالي، أما الفولتمتر فيوصل على التوازي.

تطبيق المفاهيم

29. $V_B = VR_B/(R_A + R_B)$، لذا عندما تزداد R_A تقل V_B.

30. في الدائرة A لن يمر تيار في المقاوِم.
أما في الدائرة B فسيبقى التيار في المقاوِم كما هو.

31. صل أربعة من المصابيح على التوالي.

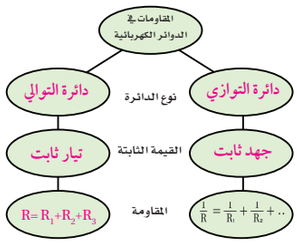
32. **a.** المصباح ذو المقاومة الأقل.
b. المصباح ذو المقاومة الأكبر.

33. **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

الفصل 3 التقويم

خريطة المفاهيم

21. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: دائرة التوالي، $R = R_1 + R_2 + R_3$، تيار ثابت، دائرة التوازي، جهد ثابت.



إتقان المفاهيم

22. إذا وصلت مجموعة مقاوِمات مختلفة في قيمها على التوازي، فكيف تُقارن قيمة كل منها بالمقاومة المكافئة للمجموعة؟

23. لماذا تكون تمديدات أسلاك الكهرباء في المنازل على التوازي، وليس على التوالي؟

24. وضّح كيف يعمل منصهر كهربائي على حماية دائرة كهربائية ما؟

25. ما المقصود بدائرة القصر؟ ولماذا تكون خطيرة؟

26. لماذا يُصمّم الأميتر بحيث تكون مقاومته صغيرة جدًّا؟

27. لماذا يُصمّم الفولتمتر بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًّا؟

28. كيف تختلف طريقة توصيل الأميتر في دائرة كهربائية عن طريقة توصيل الفولتمتر في الدائرة نفسها؟

تطبيق المفاهيم

29. افترض أن المقاوِم R_A في مجزئ الجهد الموضّح في **الشكل 4–3** صُمّم ليكون مقاوِمًا متغيّرًا، فماذا يحدث للجهد الناتج V_B في مجزئ الجهد إذا زاد مقدار المقاوِم المتغير؟

30. تحتوي الدائرة A على ثلاثة مقاوِمات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوالي، أما الدائرة B فتحتوي على ثلاثة مقاوِمات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوازي. كيف يتغير التيار المار في المقاوِم الثاني في كل دائرة منهما إذا قطع مفتاح كهربائي التيار عن المقاوِم الأول؟

31. إذا توافر لديك بطارية جهدها 6 V وعدد من المصابيح جهد كلٍّ منها 1.5 V، فكيف تصل المصابيح بحيث تضيء، على ألا يزيد فرق الجهد بين طرفي كلٍّ منها على 1.5 V؟

32. مصباحان كهربائيّان مقاومة أحدهما أكبر من مقاومة الآخر. أجب عما يلي:
a. إذا وصل المصباحان على التوازي فأيُّهما يكون سطوعه أكبر (أي يستنفد قدرة أكبر)؟
b. إذا وصل المصباحان على التوالي فأيهما يكون سطوعه أكبر؟

33. اكتب نوع الدائرة المستخدمة (توالٍ أم توازٍ) فيما يلي:
a. التيار متساوٍ في جميع أجزاء الدائرة الكهربائية.
b. المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات المُفردة.
c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاوم في الدائرة الكهربائية متساوٍ.
d. الهبوط في الجهد في الدائرة الكهربائية يتناسب طرديًّا مع المقاومة.
e. إضافة مقاوم إلى الدائرة يُقلّل المقاومة المكافئة.
f. إضافة مقاوم إلى الدائرة يزيد المقاومة المكافئة.
g. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاوِمات دائرة كهربائية صفرًا، ولم يمر تيار في جميع المقاوِمات الأخرى الموجودة في الدائرة.
h. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاوِمات دائرة كهربائية صفرًا، ولم تتغيّر مقادير التيارات الكهربائية المارة في جميع المقاوِمات الأخرى الموجودة في الدائرة.
i. هذا النوع من التوصيل مناسب لتمديدات الأسلاك في المنزل.

92

تقويم الفصل 3

34. منصهرات المنزل لماذا يكون خطيرًا استعمال منصهر 30 A بدلاً من المنصهر 15 A المستخدم في حماية دائرة المنزل؟

إتقان حل المسائل

3–1 الدوائر الكهربائية البسيطة

35. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات التالية: 680 Ω، 1.1 kΩ، 10 kΩ إذا وصلت على التوازي.

36. إذا احتوت دائرة توالٍ على هبوطين في الجهد 5.50 V، 6.90 V فما مقدار جهد المصدر؟

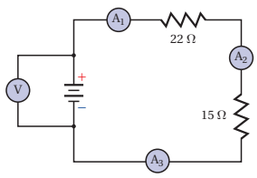
37. يمر تياران في دائرة توازٍ، فإذا كان تيار الفرع الأول 3.45 A وتيار الفرع الثاني 1.00 A فما مقدار التيار المار في مصدر الجهد؟

38. إذا كانت قراءة الأميتر 2 الموضّح في **الشكل 3–14** تساوي 0.50 A، فاحسب مقدار:

a. فرق الجهد بين طرفي المقاوِم 22 Ω

b. فرق الجهد بين طرفي المقاوِم 15 Ω

c. جهد البطارية.



الشكل 3–14

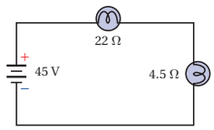
39. وصل مصباحان مقاومة الأول 22 Ω ومقاومة الثاني 4.5 Ω على التوالي بمصدر فرق جهد مقداره 45 V، كما هو موضّح في **الشكل 3–15**، فاحسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

b. التيار المار في الدائرة.

c. الهبوط في الجهد في كل مصباح.

d. القدرة المستهلكة في كل مصباح.



الشكل 3–15

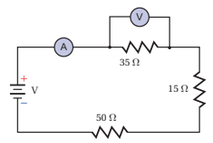
40. إذا كانت قراءة الفولتميتر الموضّح في **الشكل 3–16** تساوي 70.0 V فأجب عن الأسئلة التالية:

a. ما مقدار قراءة الأميتر؟

b. أي المقاوِمات أسخن؟

c. أي المقاوِمات أبرد؟

d. ما مقدار القدرة المزوّدة بوساطة البطارية؟



الشكل 3–16

41. إذا كان جهد البطارية الموضحة في **الشكل 3–17** يساوي 110 V، فأجب عن الأسئلة التالية:

a. ما مقدار قراءة الأميتر 1؟

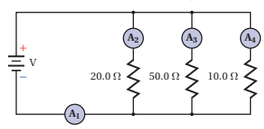
b. ما مقدار قراءة الأميتر 2؟

c. ما مقدار قراءة الأميتر 3؟

d. ما مقدار قراءة الأميتر 4؟

e. أي المقاوِمات أسخن؟

f. أي المقاوِمات أبرد؟



الشكل 3–17

التقويم

34. يسمح المنصهر 30 A بمرور تيار أكبر في الدائرة، فتتولّد حرارة أكبر في الأسلاك، ممّا يجعل ذلك خطيرًا.

إتقان حلّ المسائل

3-1 الدوائر الكهربائية البسيطة

35. 0.40 kΩ

36. 12.4 V

37. 4.45 A

38. **a.** 11 V

b. 7.5 V

c. 18.5 V

39. **a.** 26.5 Ω

b. 1.7 A

c. 37 V، 7.7 V

d. 63.6 W، 13 W

40. **a.** 2.0 A

b. 50 Ω

c. 15 Ω

d. 4×10^{2} W

41. **a.** 19 A

b. 5.5 A

c. 2.2 A

d. 11 A

e. 10.0 Ω

f. 50 Ω

التقويم

42. 2.0×10^{1} V **a.**

3.4 A **b.**

1.0 A **c.**

2.0 A **d.**

43. 62 Ω **a.**

6.0 V **b.**

44. 2.3×10^{2} Ω أو 0.23 kΩ **a.**

13 Ω **b.**

3.6 W **c.**

45. 52 Ω **a.**

110 V **b.**

9.8 Ω **c.**

96 V **d.**

46. 8.89 Ω **a.**

4.50 A **b.**

2.50 A **c.**

47. 1.6×10^{2} Ω

3-2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

48. 45.0 Ω

49. 360 mW

50. 11.3 mA

51. 14.7 mA

52. 50.0 Ω **a.**

0.50 A **b.**

c. المقاوِم 25Ω هو الأسخن، والمقاوِم 10 Ω هو الأبرد.

42. إذا كانت قراءة الأميتر 3 الموضح في **الشكل 17–3** تساوي 0.40 A فما مقدار:
a. جهد البطارية؟
b. قراءة الأميتر 1؟
c. قراءة الأميتر 2؟
d. قراءة الأميتر 4؟

43. إذا كان الحمل الموصول بطرفي بطارية يتكون من مقاومين 47 Ω و15 Ω موصولين على التوالي، فما مقدار:
a. المقاومة الكلية للحمل؟
b. جهد البطارية إذا كان التيار المار في الدائرة يساوي 97 mA؟

44. **أنوار الاحتفالات** يتكون أحد اسلاك الزينة من 18 مصباحًا صغيرًا متماثلًا، موصولة على التوالي بمصدر جهد مقداره 120 V، فإذا كان السلك يستنفد قدرة مقدارها 64 W، فما مقدار:
a. المقاومة المكافئة لسلك المصابيح؟
b. مقاومة كل مصباح؟
c. القدرة المستنفدة في كل مصباح؟

45. **التلفاز** يستهلك تلفاز قدرة تساوي 275 W عند وصله بقابس 120 V، أجب عن الأسئلة التالية:
a. احسب مقاومة التلفاز.
b. إذا شكّل التلفاز وأسلاك توصيل مقاومتها 2.5 Ω ومنصهر كهربائي، دائرة توالٍ تعمل بوصفها مجزّئ جهد، فاحسب الهبوط في الجهد عبر التلفاز.
c. إذا وصِل مخفّف شعر مقاومته 12 Ω بالقابس نفسه الذي يتصل به التلفاز، فاحسب المقاومة المكافئة للجهازين.
d. احسب الهبوط في الجهد عبر كل من التلفاز، ومخفّف الشعر.

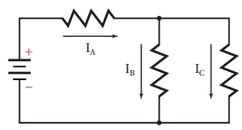
46. وصِل مقاومان؛ 16.0 Ω و20.0 Ω، على التوازي بمصدر جهد مقداره 40.0 V، فما مقدار:
a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي؟
b. التيار الكلي المار في الدائرة؟
c. التيار المار في المقاوِم 16.0 Ω؟

47. صمّم فيصل مجزئ جهد باستخدام بطارية جهدها 12 V ومقاومان. فإذا كان مقدار المقاوِم R_B يساوي 82 Ω، كم يجب أن يكون مقدار المقاوِم R_A حتى يكون الجهد الناتج عبر المقاوِم R_B يساوي 4.0 V؟

3–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

*ارجع إلى **الشكل 18–3** للإجابة عن الأسئلة **51–48**:*

48. إذا كان مقدار كل مقاوِم من المقاومات الموضّحة في الشكل يساوي 30 Ω فاحسب المقاومة المكافئة.



الشكل 18–3

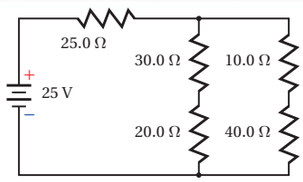
49. إذا كان كل مقاوِم يستنفد 120 mW، فاحسب القدرة الكلية المستنفدة.

50. إذا كان $I_A = 13$ mA و$I_B = 1.7$ mA فما مقدار I_C؟

51. بافتراض أن $I_B = 13$ mA و$I_C = 1.7$ mA، ما مقدار I_A؟

52. بالرجوع إلى **الشكل 19–3**، أجب عما يلي:
a. ما مقدار المقاومة المكافئة؟
b. احسب مقدار التيار المار في المقاوِم 25 Ω؟
c. أي المقاوِمات يكون أسخن، وأيها يكون أبرد؟

تقويم الفصل 3



الشكل 3–19

53. تتكـوّن دائـرة كهربائية من ستة مصابيـح ومدفأة كهربائية موصولة جميعها على التوازي. فإذا كانت قدرة كلّ مصباح 60 W ومقاومته 240 Ω ، ومقاومة المدفـأة 10.0 Ω ، وفـرق الجهد في الدائرة يسـاوي 120 V فاحسـب التيار المـار في الدائرة في الحالات التالية:

a. أربعة مصابيح فقط مضاءة.

b. جميع المصابيح مضاءة.

c. المصابيح الستة والمدفأة جميعها تعمل.

54. إذا احتـوت الدائـرة الكهربائيـة في المسـألة السـابقـة على منصهـر كهربائي كتب عليه 12 A فهل ينصهـر هذا المنصهر إذا شُـغّلت المصابيح الستة والمدفأة؟

مراجعة عامة

55. وصلت ثلاثة مقاومات مقاومتها 5 Ω، 10 Ω، 15 Ω على التوازي بمصدر جهد مقداره 20 V أجب عما يلي:

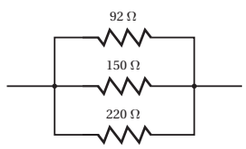
a. في أي منهـا يـسري أكبر تيـار كهربائـي؟ وما مقداره؟

b. أي من هذه المقاومـات يكون بين طرفيه فرق الجهد الأكبر؟

56. احسـب القيمة العظمى للجهـد الكهربائي الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاثة الموصولة على التـوالي، والذي لا يؤدي لتلـف أي من المقاومات الموضحة في **الشكل 3–20**، علمًا بأن قدرة كل منها 5.0 W

الشكل 3–20

57. احسـب القيمة العظمى للجهـد الكهربائي الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاثة الموصولة على التوازي، والذي لا يؤدي لتلف أي من المقاومات الموضحـة في **الشـكل 3–21** علـمًا بـأن قـدرة كلٍّ منها 5.0 W



الشكل 3–21

التفكير الناقد

58. **تطبيق الرياضيات** اشتق علاقة لحساب المقاومة المكافئة في كل من الحالات التالية:

a. مقاومـان قيمتاهمـا متسـاويتان موصولان معًا على التوازي.

b. ثلاثة مقاومـات قيمها متسـاوية موصولة معًا على التوازي.

c. عدد N من مقاومات قيمها متسـاوية موصولة معًا على التوازي.

التقويم

53. **a.** 2.0 A

b. 3.0 A

c. 15 A

54. نعم. التيار 15 A سيصهر المنصهر 12 A

مراجعة عامة

55. **a.** المقاومة $5\ \Omega$ ، $I = 4A$

b. فرق الجهد نفسه لجميع المقاومات

56. $7.0 \times 10^{1}\ V$

57. 21 V

التفكير الناقد

58. **a.** $R_{eq2} = \frac{R}{2}$

b. $R_{eq3} = \frac{R}{3}$

c. $R_{eqN} = \frac{R}{N}$

التقويم

59. a. انظر دليل حلول المسائل.

b. انظر دليل حلول المسائل.

c. انظر دليل حلول المسائل.

d. انظر دليل حلول المسائل.

الكتابة في الفيزياء

60. يجب أن تتضمن إجابات الطلبة قانون كيرتشوف الثاني في الجهد؛ الذي يمثّل حفظ الطاقة في الدوائر الكهربائية، وقانون كيرتشوف الأول في التيار؛ والذي 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 الجبريّ للتيارات عند نقطة تفرّع يساوي صفرًا.

مراجعة تراكمية

61. a. $E/9$

b. $3E$

c. $E/3$

d. E

e. $E/3$

62. $5.5\ \Omega$

59. تطبيق المفاهيم صمّم دائرة كهربائية يمكنها إضاءة 12 مصباح متماثلًا، بكامل شدتها الضوئية الصحيحية بوساطة بطارية جهدها 48 V، لكل حالة مما يلي:

a. يقتضي التصميم A أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح تبقى المصابيح الأخرى مضيئة.

b. يقتضي التصميم B أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح تضيء المصابيح الأخرى التي بقيت تعمل بكامل شدتها الضوئية الصحيحة.

c. يقتضي التصميم C أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح ينطفئ مصباح آخر.

d. يقتضي التصميم D أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح فإما أن ينطفئ مصباحان أو لا ينطفئ أي مصباح في الدائرة.

الكتابة في الفيزياء

60. ابحث في قوانين جوستاف كيرتشوف، واكتب ملخصًا من صفحة واحدة حول كيفية تطبيقها على الأنواع الثلاثة للدوائر الكهربائية الواردة في الفصل.

مراجعة تراكمية

61. إذا كانت شدة المجال الكهربائي على بُعد d من شحنة نقطية Q يساوي E، فإذا يحدث لمقدار المجال الكهربائي في الحالات التالية:

a. مضاعفة d ثلاث مرات.

b. مضاعفة Q ثلاث مرات.

c. مضاعفة كلٍّ من d و Q ثلاث مرات.

d. مضاعفة شحنة الاختبار q' ثلاث مرات

e. مضاعفة كلٍّ من q' و d و Q ثلاث مرات.

62. إذا نقص التيار المار في دائرة كهربائية فرق الجهد فيها 12 V من 0.55 A إلى 0.44 A، فاحسب مقدار التغير في المقاومة.

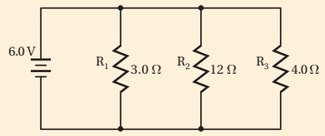
اختبار مقنن الفصل 3–

اختبار مقنن

أسئلة اختيار من متعدد

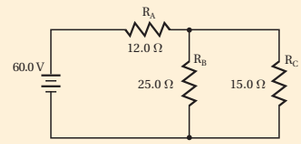
اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

استخدم الرسم التخطيطي أدناه الذي يمثّل دائرة كهربائية للإجابة عن الأسئلة 4–1.



1. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟
   - (A) $\frac{1}{19}\ \Omega$
   - (B) 1.0 Ω
   - (C) 1.5 Ω
   - (D) 19 Ω
2. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟
   - (A) 0.32 A
   - (B) 0.80 A
   - (C) 1.2 A
   - (D) 4.0 A
3. ما مقدار التيار الكهربائي المار في المقاوم R_3؟
   - (A) 0.32 A
   - (B) 1.5 A
   - (C) 2.0 A
   - (D) 4.0 A
4. ما مقدار قراءة فولتمتر يوصل بين طرفي المقاوم R_2؟
   - (A) 0.32 V
   - (B) 1.5 V
   - (C) 3.8 V
   - (D) 6.0 V

استخدم الرسم التخطيطي أدناه الذي يمثل دائرة كهربائية للإجابة عن السؤالين 5 و6.



5. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟
   - (A) 8.42 Ω
   - (B) 10.7 Ω
   - (C) 21.4 Ω
   - (D) 52.0 Ω
6. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟
   - (A) 1.15 A
   - (B) 2.35 A
   - (C) 2.80 A
   - (D) 5.61 A
7. إذا وصل محمود ثمانية مصابيح مقاومة كل منها 12 Ω على التوالي فما مقدار المقاومة الكلية للدائرة؟
   - (A) 0.67 Ω
   - (B) 1.5 Ω
   - (C) 12 Ω
   - (D) 96 Ω
8. أيّ العبارات التالية صحيحة؟
   - (A) مقاومة الأميتر المثالي كبيرة جدًّا.
   - (B) مقاومة الفولتمتر المثالي صغيرة جدًّا.
   - (C) مقاومة الأميترات تساوي صفرًا.
   - (D) تُسبِّب الفولتمترات تغيرات صغيرة في التيار.

الأسئلة الممتدة

9. يقيم حامد حفلًا ليليًّا. ولإضاءة الحفل وصل 15 مصباحًا كهربائيًّا على التوالي ببطارية سيارة جهدها 12.0 V، ولحظة وصل هذه المصابيح بالبطارية لم تُضئ، وأظهرت قراءة الأميتر أن التيار المار في المصابيح 0.350 A فإذا احتاجت المصابيح إلى تيار مقداره 0.500 A لكي تُضيء، فكم مصباحًا عليه أن يفصل من الدائرة؟

✓ إرشاد

خذ قسطًا 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 تجلية تفكيرك. وخلال فترة الاستراحة فكر في شيء آخر غير الاختبار، وبذلك تكون قادرًا على أن تبدأ من جديد.

أسئلة اختيار من متعدد

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

الأسئلة الممتدة

9. يتعيّن على حامد فصل 5 مصابيح.

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

الفصل 4

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
4–1 المغانط: الدائمة والمؤقتة 1. **تصف** خصائص المغانط ومنشأ المغناطيسيّة في المواد. 2. **تقارن** بين المجالات المغناطيسيّة المختلفة.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** قضيبان مغناطيسيّان، وبوصلة. **تجربة إضافية** مغناطيس دائم، وأنبوب اختبار، وبرادة حديد. **تجربة** مصدر قدرة متّصل مع ملفّ، ومسمار متوسّط الحجم، وخيط طوله 30 cm، ولاصق، ومغانط ذات أشكال مختلفة. **عرض المعلم** **عرض سريع** قلم رصاص، وقرصان مغناطيسيان. **عرض سريع** بوصلة، مغناطيس دائم محدّد القطبين، ومسماران.
4–2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية 3. **تربط** بين الحثّ المغناطيسي مع اتجاه القوى المؤثّرة في سلك يحمل تيّارًا كهربائيًّا، وموضوع في مجال مغناطيسي. 4. **تحلّ** مسائل على القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيس في أسلاك يسري فيها تيارات كهربائية، أو في جسيمات مشحونة متحركة في مجال مغناطيس. 5. **تصف** تصميم المحرك الكهربائي ومبدأ عمله.	**تجارب الطالب** **مختبر الفيزياء** مشابك ورق كبيرة، ومشابك ورق صغيرة، وقطع فولاذيّة صغيرة، وسلك، ومسمار فولاذيّ، وبطاريّة 6 V، وبطاريّة 9 V. ومصدر قدرة مستمرّ DC. **عرض المعلم** **عرض سريع** بطارية 1.5 V، وسلك، وسماعة صوت.

طرائق تدريس متنوعة

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

الفصل الرابع

الفصل 4

المجالات المغناطيسية

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 المؤثّرة في الأسلاك التي تحمل تيارات كهربائية موضوعة في مجال مغناطيسي. كما نوقش أيضًا موضوع القوة المغناطيسية المؤثّرة في جسيم مشحون متحرك داخل مجال مغناطيسي، ونوقشت كذلك بعض التطبيقات، ومنها مكبرات الصوت، ووسائط التخزين في الحاسوب، ومبدأ عمل المحركات.

فكّر

للحصول على تصادمات بسرعات كبيرة للجسيمات الذريّة تُسارع الجسيمات المشحونة خلال مُسارع الجسيمات، ويتمّ ذلك باستخدام مغانط كهربائية، تعمل مجالاتها على حَرْف وتركيز، حُزَم الجسيمات المشحونة لأن مقادير مجالاتها تتغيّر في الوقت المناسب. وبدراسة مسارات تصادماتها يمكن للفيزيائيين تعرّف طبيعة الجسيمات المكونة للموادّ كافّة.

المفردات الرئيسة

- المستقطب
- القاعدة الثانية لليد اليمنى
- المجالات المغناطيسية
- المنطقة المغناطيسية
- التدفّق المغناطيسي
- القاعدة الثالثة لليد اليمنى
- القاعدة الأولى لليد اليمنى
- الجلفانومتر
- الملف الحلزوني
- المحرك الكهربائي
- المغناطيس الكهربائي
- الملف ذو القلب الحديدي

تجربة استهلالية

الهدف يعرف أن المغناطيس يولد مجالاً مغناطيسيًّا حوله.

المواد والأدوات قضيبان مغناطيسيان، بوصلة.

استراتيجيات التدريس

• تحقّق أن الأقطاب المغناطيسية واضحة التسمية ومحدّدة بصورة صحيحة، لأنه إذا أسقط المغناطيس مرات عديدة يمكن أن تنعكس أقطابه أو يفقد مغنطة.

• شجّع الطلبة على مقارنة ما شاهدوه بما تعلموه عندما درسوا المجالات الكهربائية.

النتائج المتوقعة يولّد المجال المغناطيسي قوة تؤثّر في المغانط الأخرى، فتتجاذب الأقطاب المغناطيسية المختلفة، وتتنافر الأقطاب المغناطيسية المتشابهة. وتعتمد شدّة المجال المغناطيسي للمغناطيس على البعد عنه.

1. التركيز

نشاط محفز

صناعة مغناطيس استخدم جهاز لحام مزوّدًا بمفتاح تشغيل لتوضّح إزالة المغناطيسية بوساطة الحرارة. مَغنط الجزء الفلزي لمفكّ براغي بدلكه بمغناطيس دائم، ودع الطلبة يشاهدوا قدرته على جذب قطع فلزّيّة صغيره كالدبابيس. أزل مغنطة المفكّ كالآتي: شغّل كاوي اللحام وأدخل الجزء الفلزي للمفكّ داخل ملف التسخين. وبعد فترة مناسبة اسحبه قبل فصل الكاوي. سيصبح المفكّ الآن غير قادر على جذب الأجسام الفلزّيّة، لأن مناطقه المغناطيسية أصبحت ذات ترتيب عشوائي. م 1 بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

المجالات والكهرباء التيارية لقد تعرّفت سابقًا على مفهوم المجالات لفهم الجاذبية، واستُخدم أيضًا سِمَةً للشحنات الكهربائية الساكنة. وسيُناقَش في هذا الفصل المجالات المغناطيسية؛ لمساعدتك على توضيح: التجاذب والتنافر، وتوليد التيار الكهربائي، والمحركات، وكذلك سيُناقش الكهرباء التيارية أو المتحركة التي نوقشت في الفصلين السابقين.

4–1 المغانط: الدائمة والمؤقتة
Magnets: Permanent and Temporary

الأهداف
- **تصف** خصائص المغانط ومنشأ المغناطيسية في المواد.
- **تقارن** بين المجالات المغناطيسية المختلفة.

المفردات
المستقطب
المجالات المغناطيسية
التدفق المغناطيسي
القاعدة الأولى لليد اليمنى
الملف الحلزوني
المغناطيس الكهربائي
القاعدة الثانية لليد اليمنى
المنطقة المغناطيسية

عُرفت المغانط والمجالات المغناطيسية منذ أكثر من 2000 سنة مضت. وقد استخدم البحارة الصينيون المغانط على صورة بوصلات ملاحية قبل 900 سنة تقريبًا. ودرس العلماء الحجر المغناطيسي والذي يسمى المغناطيس الطبيعي منذ القدم وفي أنحاء العالم كافة، واليوم فإن للمغانط أهمية متنامية في حياتنا اليومية. فالمولدات الكهربائية، والمحركات الكهربائية البسيطة، وأجهزة التلفاز، وأجهزة العرض التي تعمل بوساطة الأشعة المهبطية، وأشرطة التسجيل، ومشغلات الأقراص الصلبة الموجودة داخل أجهزة الحاسوب، جميعها تعتمد على الآثار المغناطيسية للتيارات الكهربائية.

وإذا كنت قد استخدمت البوصلة يوما ما، أو التقطت الدبابيس، أو مشابك الورق بوساطة المغناطيس، تكون قد لاحظت بعض آثار المغناطيسية. ولربما تكون قد صنعت مغناطيسًا كهربائيًا أيضًا، وذلك بلف سلك معزول حول مسمار، ثم وصلت طرفي السلك ببطارية. وستكون خصائص المغانط أكثر وضوحًا إذا استخدمت في تجربتك مغناطيسين. ولدراسة المغناطيسية بصورة أفضل يمكنك التجريب بوساطة المغانط كتلك الموضحة في الشكل 1–4.

99

تجربة استهلالية

في أي اتجاه تؤثر المجالات المغناطيسية؟

سؤال التجربة ما الإتجاه الذي تؤثر فيه قوة في جسم ممغنط موضوع في مجال مغناطيسي؟

الخطوات

1. ضع أمامك قضيبًا مغناطيسيًّا بصورة أفقية على أن يكون قطبه الشمالي نحو اليسار.
2. ضع قضيبًا مغناطيسيًا آخر بصورة أفقية أيضًا على بعد 5.0 cm من القضيب الأول (يجب أن تكون قادرا على وضع بوصلة بين القضيبين المغناطيسيين)، على أن يكون قطبه الشمالي نحو اليسار أيضًا.
3. ارسم شكلاً توضّحيا لما قمت به على ورقة وتحقق من تحديد الأقطاب عليه.
4. ضع البوصلة بالقرب من احد القطبين وارسم الاتجاه الذي يشير إليه قطبها الشمالي.
5. غير في موضع البوصلة نحو القطب الآخر عدة مرات، وفي كل مرة ارسم الاتجاه الذي يشير إليه السهم حتى تحصل على 20–15 سهمًا.
6. كرر 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 يشير إليه طرفها الآخر؟ ولماذا قد لا تشير بعض الأسهم إلى أي الموقعين في السؤالين أعلاه؟

التفكير الناقد يسمى المخطط الذي حصلت عليه بعد رسمك للأسهم، المجال المغناطيسي. تذكر المقصود بكل من مجال الجاذبية الأرضية، والمجال الكهربائي، وعرّف المجال المغناطيسي.

التحليل يتّجه الطرف الشمالي لإبرة البوصلة نحو القطب الجنوبي، ومبتعدا عن القطب الشمالي. ويظهر هذا الانحراف بوضوح عندما تكون البوصلة أقرب إلى أحد القطبين من الآخر. أما بين القطبين المتشابهين فقوة التنافر بينهما تولّد مجالاً مغناطيسيًّا عموديًّا.

التفكير الناقد المجال المغناطيسي كمية متجهة، يَظهر في المنطقة التي تؤثر فيها القوة المغناطيسية. وكما كان ممكنًا وصف القوى الكهربائية وقوى الجاذبية بوساطة المجال الكهربائي، ومجال الجاذبية على الترتيب، فإنه يمكن تحديد القوى المغناطيسية بوساطة المجالات المغناطيسية الموجودة حول المغانط.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الفولاذ المغنط قد يعتقد الطلبة أن السبائك الفولاذية جميعها يمكنها أن تتمغنط. ضع قطعة فولاذ مقاوم للصدأ أو برغيًّا بصورة ملامسة للقطب الشمالي لمغناطيس دائم، واعرض ذلك أمام الطلبة، وافحص لترى ما إذا كان الطرف الآخر للقطعة يعمل بوصفه قطب مغناطيسي بمحاولة جعله يجذب برادة حديد. افحص أولاً بعض السبائك المقاومة للصدأ الممغنطة، ستجد أن تلك القطعة أضعف مغناطيسيًّا من سبائك الفولاذ الأخرى.

عرض سريع

التنافر المغناطيسي

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات قلم رصاص، وقرصان مغناطيسيان.

الخطوات احمل قلم الرصاص رأسيًّا، وأدخل القرصين المغناطيسيين في قلم الرصاص بحيث تكون الأقطاب المتشابهة متقابلة، عندها سيطفو المغناطيس العلويّ فوق المغناطيس السفليّ. اسأل الطلبة: ما الذي يجعل المغناطيس العلويّ يطفو؟ ستؤثر قوة التنافر بين القطبين المتشابهين كقوة في اتجاهين متعاكسين، ويطفو المغناطيس العلويّ في الموقع الذي تكون فيه القوتان في حالة اتّزان. اسأل الطلبة: ما الذي يتحكّم في حجم الفجوة بين القرصين؟ قوة الجاذبية وقوة التنافر بين الأقطاب المغناطيسية.

الشكل 1–4 المغانط الشائعة التي تباع في معظم محال الأدوات المخبرية والمكتبات.

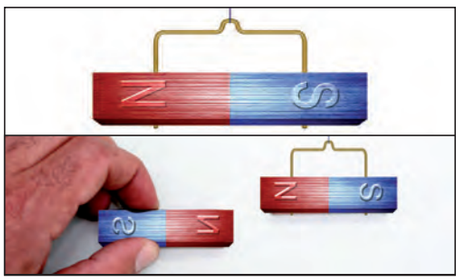
الخصائص العامة للمغانط General Properties of Magnets

علّق مغناطيسًا بخيط، كما هو موضّح في **الشكل 2a–4**. 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.

علق 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–4**. 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 الجنوبيان. ولعلك لاحظت كذلك أن القطب الجنوبي لأحدهما انجذب نحو القطب الشمالي للآخر. أي أن الأقطاب المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب. ولجميع المغانط قطبان مختلفان. وإذا قسمت المغناطيس إلى نصفين فسينتج مغناطيسان جديدان أصغر منه، كل منهما له قطبان. وقد حاول العلماء كسر المغناطيس ليفصلوا القطبين أحدهما عن الآخر للحصول على قطب مغناطيسي منفرد إلا أن أحدًا لم ينجح في ذلك حتى على المستوى المجهري.

وإذا علمنا أن المغانط تتجه دائمًا 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 2–4 إذا علّقت مغناطيسًا تعليقاً حراً فإن المغناطيس سيتخذ اتجاها يتناسب مع الخصائص المغناطيسية للأرض (a). سيشير القطب الشمالي للمغناطيس نحو الشمال. وإذا قرّبت القطب الشمالي للمغناطيس الآخر نحو القطب الشمالي للمغناطيس المعلق فسوف يبتعد المغناطيس المعلق (b).

تطوير المفهوم

القوى المتبادلة ذكّر الطلبة أن التفاعلات تأتي دائمًا في أزواج، فمثلاً إذا أثّر قطب مغناطيسي في آخر بقوة، فإن القطب الثاني يؤثر في الأول بقوة مساوية للقوة الأولى مقدارًا، ومعاكسة لها اتجاهًا، ويعدّ ذلك مثالاً آخر على القانون الثالث لنيوتن.

استخدام التشابه

الممانعة في الدوائر المغناطيسية الدائرة المغناطيسية هي المسار المغلق الذي يوصف بوساطة التدفّق المغناطيسي. الممانعة (في المغناطيسية) تشبه المقاومة الكهربائية. وفي هذه الحالة تعدّ الممانعة مقياسًا لمقاومة التدفّق المغناطيسي الناتج عن دائرة مغناطيسية، والدائرة المغناطيسية تشبه الدائرة الكهربائية المحتويه على مقاومة كهربائية: فالتدفّق المغناطيسي، والممانعة، والقوة الدافعة المغناطيسية في دائرة كهربائية، تقابل التيار الكهربائي، والمقاومة الكهربائية، والقوة الدافعة الكهربائية في الدائرة الكهربائية. استخدم المقاومة في دائرة كهربائية لمساعدة الطلبة على فهم الممانعة في الدائرة المغناطيسية. بزيادة المقاومة يقلّ التيار، وعندما تزداد الممانعة، فإن مقدار المجال المغناطيسي يقلّ.

الشكل 3–4 ينجذب المسمار نحو المغناطيس. وفي هذه العملية يصبح المسمار نفسه ممغنطًا، ويمكنك أن ترى أنه عندما يلمس المغناطيس المسمار فإن المسمار يصبح قادرًا على جذب أجسام فلزية أخرى. وعند فصل المسمار عن المغناطيس تسقط بعض الأجسام الفلزية؛ وذلك لأن المسمار يفقد جزءًا من مغناطيسيته.

كيف تؤثر المغانط في المواد الأخرى عرفت منذ طفولتك أن المغانط تجذب مغانط أخرى وبعض الأجسام القريبة، ومنها المسامير والدبابيس ومشابك الورق، والعديد من الأجسام الفلزية الأخرى. وخلافًا للتفاعل بين مغناطيسين فإن أي طرف للمغناطيس يجذب أي طرف لقطعة فلز. فكيف تفسر هذا السلوك؟ أولاً، إذا لامس المغناطيس مسمارًا فولاذيًا، ثم لامس المسمار قطعًا فلزية صغيرة فسيصبح المسمار نفسه مغناطيسًا، كما هو موضّح في **الشكل 3–4**. فالمغناطيس يسبب تحفيزًا للمسمار ليصبح مستقطبًا. ويعتمد اتجاه قطبية المسمار على قطبية المغناطيس. فإذا أبعدت المغناطيس فسيفقد المسمار بعضًا من مغناطيسيته، ولن يطول جذبه للأجسام الفلزية الأخرى.

وإذا كررت التجربة الموضّحة في **الشكل 3–4**، ووضعت قطعة من الحديد المطاوع (حديد يحتوي على القليل من الكربون) بدلاً من المسمار، فستلاحظ أن الحديد يفقد كامل جاذبيته للأجسام الفلزية الأخرى مباشرة عند إبعاد المغناطيس؛ وذلك لأن الحديد المطاوع مغناطيس مؤقت. أما المسمار فيحتوي على معادن أخرى تتيح له الاحتفاظ ببعض مغناطيسيته عند إبعاد المغناطيس الدائم.

المجالات المغناطيسية حول المغانط
Magnetic Fields Around Magnets

عندما تجري تجربة باستخدام مغناطيسين تلاحظ أن القوى بين المغانط – سواء أكانت قوة تجاذب أو تنافر – لا تحدث عند تلامس المغناطيسين فقط، بل حتى دون تلامسهما.

وبالطريقة نفسها التي وصفت بها قوة الجاذبية والقوة الكهربائية من خلال مجال الجاذبية الأرضية، والمجال الكهربائي، يمكن وصف قوى المغناطيس من خلال المجالات المغناطيسية المتولدة حول المغناطيس. وهذه **المجالات المغناطيسية** كميات متجهة تظهر في المنطقة التي تؤثر فيها القوة المغناطيسية.

نشاط **طرائق تدريس متنوعة**

إعاقة بصرية اطلب إلى الطلبة حمل مغناطيسين خزفيين، ثم تحريكهما معًا أحدهما نحو الآخر وجهًا لوجه، وأن يلاحظوا ما إذا كان هناك قوة تجاذب أم قوة تنافر. فإذا كان هناك تنافر، فاطلب إليهم أن يصفوا أي تغيّر يحدث عند اقتراب المغناطيسين أحدهما إلى الآخر، ثم عكس أحد المغناطيسين ليصبح الوجهان المتقابلان مختلفين، وأن يكرروا ما عملوه أولاً. وينبغي أن يلاحظ الطلبة أن القوة، ستكون معاكسة للقوة التي لاحظوها في الحالة الأولى، واسألهم عن إمكانية اعتبار طرف المغناطيس قطبًا. م2 حركي

تعزيز الفهم

القطبيـة الحثية اطلب إلى الطلبـة أن يتذكروا ما يعرفونه عن الشحنات الحثّيّة، ودعهم يرجعوا إلى الفصل الأول "الكهرباء الساكنة"، واطلب إليهم توقع القطبية الحثّيّة لجسم فلزّيّ عند تقريبه إلى القطب الشمالي لمغناطيس دائم. يجب أن يذكروا أن طرف الجسم الفلزّيّ القريب إلى القطب الشمالي لمغناطيس، سيصبح قطبًا جنوبيًّا، لأن الأقطاب المختلفة تتجاذب. م 2

عرض سريع

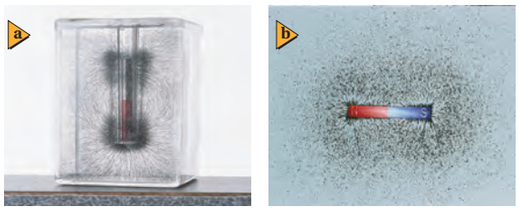
القطبية الحثّيّة

الزمن المقدر دقيقتان

المـواد والأدوات بوصلـة، مغناطيـس دائـم محدد القطبين، مسماران.

الخطوات

اجعل الرأس المدبب لأحد المسـمارين ملامسًا للقطـب الشـمالي لمغناطيـس دائم، ثـم اجعل الطـرف غـير المدبب للمسـمار الثاني ملامسًـا للقطب الشمالي لمغناطيس دائم. افحص قطبية المسمارين باستخدام البوصلة. وناقش القطبية الحثّيّـة. واسـأل الطلبـة: هـل يبقـى المسـمار ممغنطًـا بعـد فصلـه عـن المغناطيـس الدائم؟ سـيكون المسـمار ممغنطًا، عندما يكون ملامسًا للمغناطيس الدائم فقط.



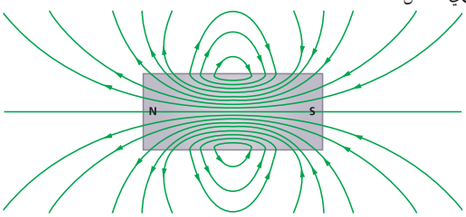
الشكل 4–4 يظهر المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي بوضوح في الأبعاد الثلاثة وذلك عند تعليق المغناطيس في الجليسرول مع برادة الحديد (a). إلا أنه من الأسهل وضع المغناطيس أسفل ورقة، ثم رش برادة الحديد فوقها لمشاهدة نمط المجال المغناطيسي في بعدين (b).

يمكـن تمثيل المجـال المغناطيسي الموجود حول المغناطيس باسـتخدام بـرادة الحديد. فكل قطعة صغيرة من برادة الحديد تصبح مغناطيسًـا بوسـاطة الحث، مثل إبـرة البوصلة تمامًا، وتـدور بـرادة الحديد حتى تصبـح موازية للمجـال المغناطيسي. ويوضّح **الشـكل 4a–4** بـرادة الحديـد في محلول الجليسـرول وهي تحيـط بالقضيب المغناطيسـي. ويمكن ملاحظة صورة ثلاثية الأبعاد للمجال.

وفي **الشـكل 4b–4** ترتبت برادة الحديد، وأعطت رسـمًا ثنائي الأبعاد للمجال المغناطيسي ويسـاعدك ذلك على تصور خطـوط المجال المغناطيسي. ويمكن لـبرادة الحديد كذلك أن تظهر كيف يتشوّه المجال المغناطيسي بوساطة جسم فلزّي.

خطـوط المجـال المغناطيسـي هي خطـوط وهمية تمثل المسـار المفترض لحركة قطب شـمالي مفرد حر الحركة عند وضعه في المجال. لاحظ أن خطوط المجال المغناطيسي تشـبه خطوط المجال الكهربائي في كونها وهمية، وهي تسـتخدم لتسـاعدنا على تصور المجال، وتوفّر لنا القدرة على قياس شـدة المجال المغناطيسي. ويسـمّى عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق السـطح **بالتدفق المغناطيسي**. والتدفق عبر وحدة المسـاحة يتناسـب طرديًّا مع شدة المجال المغناطيسي. وكما تلاحظ من **الشكل 4–4** فإن معظم التدفق المغناطيسي مركز عند القطبين؛ حيث يكون المجال المغناطيسي عندهما أكبر ما يمكن.

يُحدد اتجاه خط المجال المغناطيسي بأنه الاتجاه الذي يشير إليه القطب الشمالي لإبرة البوصلة عنـد وضعها في المجال المغناطيسـي. واتجاه خطوط المجال خـارج المغناطيس تعد خارجة مـن القطب الشـمالي، وداخلـة إلى القطب الجنوبي، كـما هو موضّح في **الشـكل 5–4**. ماذا يحـدث داخـل المغناطيس؟ لا توجد أقطاب مفردة تنتهي فيهـا أو تبدأ منها خطوط المجال المغناطيسـي، لـذا فهي تكمل دورتها داخل المغناطيس دائمًا مـن القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لتشكّل حلقات مقفلة.

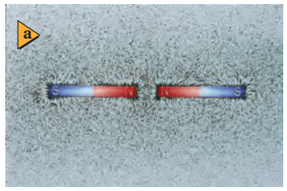


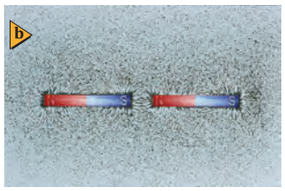
الشكل 5–4 يمكن تصوّر خطوط المجال المغناطيسي على شكل حلقات مغلقة تخرج من القطب الشمالي وتدخل إلى القطب الجنوبي للمغناطيس نفسه، لتكمل دورتها إلى القطب الشمالي.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

كيف يعمل جهاز الكشف عن الفلزات؟ قبل البدء في ترميم المنزل، أو عند تعليق اللوحات الثقيلة، من المهم العثور على المكان المناسب لتثبيت المسمار في الجدار دون الإضرار بالجدار. لجهاز الكشـف عـن الفلزات القدرة على التمييز بين كثافات مـواد البناء المختلفة، ومنها الألـواح الخشـبية ومكونات الجـدران. فلكل مادة من مواد البنـاء المختلفة ثابت عازليّة مختلف، لذلك يمكن تحديد المادة الفلزية التي في الجدار باختلاف سعتها. أما الطرز القديمة لجهاز البحث عن الفلزات المغناطيسي فكانت تستخدم مغناطيسًا صغيرًا يمكنه أن يدور، حيث يتجه المغناطيس إلى أعلى عندما يكون فوق الفلز.





■ **الشكل 6–4** تبين خطوط المجال المغناطيسي الممثلة ببرادة الحديد أن الأقطاب المتشابهة تتنافر (a)، والأقطاب المختلفة تتجاذب (b). ولا تشكل برادة الحديد خطوطًا متصلة بين الأقطاب المتشابهة. لكنها تبين القطبين الشمالي والجنوبي، وخطوط المجال المغناطيسي تنفذ مباشرة بين القطبين الشمالي والجنوبي لمغناطيسين.

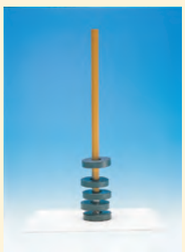
ما نوع المجالات المغناطيسية المتكونة بوساطة أزواج من القضبان المغناطيسية؟ يمكن مشاهدة هذه المجالات بوضع مغناطيسين أسفل ورقة، ورشّ برادة حديد عليها. يبين **الشكل 6a–4** خطوط المجال بين قطبين متشابهين. وفي المقابل إذا وضع قطبان مختلفان متقاربان فإنهما يكوّنان مجالًا، كما هو موضح في **الشكل 6b–4**. وتبين 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 مغانط أخرى؛ فالمجال المغناطيسي الناتج عن القطب الشمالي لمغناطيس يدفع القطب الشمالي لمغناطيس آخر بعيدًا 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، والكوبالت أو النيكل في المجال المغناطيسي لمغناطيس دائم، تصبح خطوط المجال مركزة أكثر خلال هذه العينة،وتتمغنط بالحث، وتبدو خطوط المجال كأنها تخرج من القطب الشمالي للمغناطيس وتدخل أحد طرفي العينة، وتمر خلالها، ثم تخرج من الطرف الآخر للعينة، ولذلك يكون طرف العينة القريب من القطب الشمالي للمغناطيس قطبًا جنوبيًّا فتنجذب العينة نحو المغناطيس.

مسائل تدريبية

1. يبين **الشكل 7–4** خمسة مغانط في صورة أقراص مثقوبة بعضها فوق بعض. فإذا كان القطب الشمالي للقرص العلوي متجهًا إلى أعلى فما نوع القطب الذي سيكون نحو الأعلى للمغانط الأخرى؟
2. يجذب مغناطيس مسمارًا، ويجذب المسمار بدوره قطعًا صغيرة، كما هو موضّح في **الشكل 3–4**. إذا كان القطب الشمالي للمغناطيس الدائم عن اليسار كما هو موضّح فأي طرفي المسمار يمثل قطبًا جنوبيًّا؟
3. لماذا تكون قراءة البوصلة المغناطيسية غير صحيحة أحيانًا؟



■ **الشكل 7–4**

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

استخدام جهاز العرض العلوي اسمح للطلبة ملاحظة وتقديم عروض وتجارب بالمغناطيسية والكهرومغناطيسية باستعمال جهاز العرض العلوي. لحماية الجهاز من التلف ضع فوق شاشته ورقة شفّافة نظيفة، وذلك قبل وضع المغانط وبرادة حديد أو أسلاك عليه. اثن جزءًا من السلك الخاص بجهاز العرض العلوي، ومرره على شاشة الجهاز. استخدم بوصلة حافظتها شفّافة، ثم اطلب إلى الطلبة توقّع ما يحدث لإبرة البوصلة، وكيف تتحرك عند تمريرها فوق سلك الجهاز الذي يمر فيه تيار. ستتحرك الإبرة. دعهم يمرّروا البوصلة فوق الأسلاك الكهربائية الأخرى الموصولة بالتيار، وأخرى غير موصولة بالتيار، ليشاهدوا اختلاف حركة الإبرة المغنطة. م 1 **بصري-مكاني**

■ استخدام الشكل 7–4

اسأل الطلبة كيف تطبق فكرة التنافر في أنظمة النقل لتحسين كفاءة الطاقة. تُستخدم في القطارات المغناطيسية مغانط قوية (مغانط كهربائية) لتوليد تنافر مغناطيسي بين القطار والسكة الحديديّة، وبذلك نتخلص من التلامس الذي يسبب الاحتكاك بينهما. م 2

مسائل تدريبية

1. جنوبي، شمالي، جنوبي، شمالي
2. الطرف السفلي (الرأس المدبب)
3. يُشوَّه المجال المغناطيسي الأرضي بوساطة الأجسام المصنوعة من الحديد والنيكل والكوبالت الموجودة على مقربة من البوصلة، وبوساطة خامات هذه الفلزات نفسها.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الفلزات التي تستخدم في العمليات الجراحية ليست ممغنطة تُستخدم الصفائح الفلزّيّة أحيانًا لملء عيب في الجمجمة قد ينتج عن الصدمات أو العمليات الجراحية أو أي سبب آخر. قد يعتقد الطلبة – بتأثير بعض كُتّاب القصص الخيالية – أنه يمكن استخدام المجال المغناطيسي لجذب هذه الصفائح، إلا أن هذه الصفائح – مثلها مثل سائر الفلزّات الأخرى المستخدمة في الزراعات الجراحية – تكون مصنوعة من التيتانيوم، وهو عنصر غير مغناطيسي.

المناقشة

سؤال لاحظ أورستد انحراف إبرة البوصلة استجابة لمرور التيار الكهربائي في سلك مجاور لها. كيف يمكن أن تتغيّر ملاحظة أورستد إذا استخدم مقاومة متغيّرة موصولة على التوالي مع السلك ومصدر قدرة؟

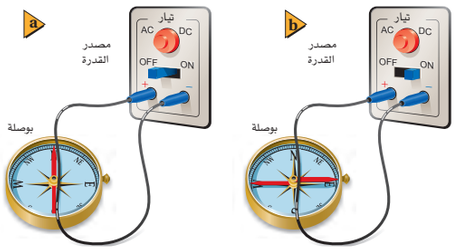
الإجابة يمكن أن يلاحظ وجود علاقة بين مقاومة الدائرة، ومقدار انحراف الإبرة، وقد يستنتج أن هناك علاقة غير مباشرة بين مقدار المقاومة، ومقدار الانحراف ووجود علاقة مباشرة بين مقدار التيار والانحراف. م 2

التفكير الناقد

المجالات المتغيرة بانتظام اطلب إلى الطلبة توقّع ما يحدث لقضيب من الحديد، عند وضعه في مجال مغناطيسي متغيّر 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 التغيّر، فسنرى أن أية حرارة تنتج بسبب الاحتكاك، تمامًا كما تنتج الحرارة في الأنظمة الميكانيكية. وتُسمَّى الحرارة الناتجة عن إعادة ترتيب المناطق المغناطيسية التخلّف المغناطيسي.

يستخدم مصمّمو المحركات والمحولات سبيكة السليكون، والفولاذ للتقليل من تأثير التخلّف المغناطيسي، ولأن المناطق المغناطيسية في الفولاذ، والسليكون يسهل إعادة توجيهها، فإنها لا تصلح أن تكون مغانط دائمة. م 2 **منطقي-رياضي**

أجرى الفيزيائي الدنماركي هانز كريستيان أورستد في عام 1820م تجارب على التيارات الكهربائية المارة بالأسلاك، فوضع أورستد سلكًا فوق محور بوصلة صغيرة، وأوصل نهايتي السلك إلى دائرة كهربائية مغلقة، كما هو موضّح في **الشكل 4–8a**. وكان يتوقع أن تشير البوصلة إلى اتجاه السلك أو اتجاه مرور التيار، لكن بدلاً من ذلك تعجب عند رؤية إبرة البوصلة تدور لتصبح في اتجاه عمودي على السلك، كما هو موضّح في **الشكل 4–8b**. أي أن القوى المؤثرة في قطبي مغناطيس البوصلة كانت متعامدة مع اتجاه التيار داخل السلك. ووجد أورستد أيضًا أنه إذا لم يكن هناك تيار في السلك فإنه لا توجد قوى مغناطيسية.

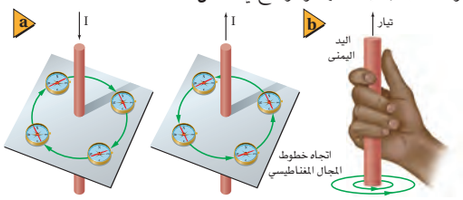


الشكل 4–8 باستخدام أدوات مماثلة لتلك الموضّحة في الشكل (a) تمكن أورستد من توضيح العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية، وذلك بتمرير تيار كهربائي في السلك (b).

إذا انحرفت إبرة البوصلة عند وضعها بالقرب من سلك يحمل تيارًا وجب أن يكون ذلك ناتجًا عن مجال مغناطيسي متولد بوساطة التيار الكهربائي. ويمكنك بسهولة ملاحظة المجال المغناطيسي حول سلك يحمل تيارًا عن طريق إنفاذ سلك رأسيًّا خلال قطعة كرتون أفقية، ورشّ برادة حديد عليها. فعند مرور التيار في السلك ستلاحظ أن برادة الحديد تترتب وتشكل نمطًا في صورة دوائر متحدة المركز حول السلك، كما هو موضّح في **الشكل 4–9**.

تشير الخطوط الدائرية إلى أن خطوط المجال المغناطيسي حول السلك الطويل (لا نهائي) الذي يحمل تيارًا كهربائيًّا تشكل حلقات مغلقة بالطريقة نفسها التي تشكل فيها خطوط المجال المغناطيسي حلقات مغلقة حول المغانط الدائمة. وتتناسب شدة المجال المغناطيسي المتولد حول سلك مستقيم وطويل طرديًّا مع مقدار التيار المار بالسلك، وعكسيًّا مع البعد عن السلك. وتبين البوصلة اتجاه خطوط المجال. وإذا عكس اتجاه التيار ستعكس إبرة البوصلة اتجاهها أيضًا، كما هو موضّح في **الشكل 4–10a**.

الشكل 4–9 يظهر المجال المغناطيسي حول سلك يمر فيه تيار كهربائي ويخترق قرصًا كرتونيًا في صورة دوائر متحدة المركز من برادة الحديد حول السلك.

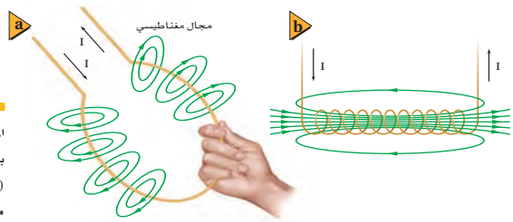


الشكل 4–10 ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار خلال سلك موصل مستقيم عندما ينعكس اتجاه التيار المار به (a). ويحدّد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن سلك مستقيم يحمل تيارًا باستخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى (b).

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

قانون أمبير يمكن حساب شدة المجال المغناطيسي الناتج عن سلك يمر فيه تيارًا، باستخدام قانون أمبير. ولتحقيق ذلك، فكّر في سطح تخيّليّ يمرّ خلاله تيار. سيساوي حاصلُ ضرب مقدار المجال المغناطيسي في طول حافة السطح (مجموع $B\Delta l\cos\theta$) حول حافة السطح) مقدارَ التيار المارّ في السلك. ويعدّ قانون أمبير مفيدًا في حالة الموصلات ذات التماثل الهندسي فقط. ويمكن استخدامه لحساب المجال الناتج عن سلك طويل ($B=\frac{\mu_\circ I}{2\pi r}$، حيث تمثّل r البعد عن السلك)، أو المجال المغناطيسي في مركز حلقة دائرية ($B=\frac{\mu_\circ I}{2a}$، حيث تمثّل a نصف قطر الحلقة)، أو المجال داخل ملفّ حلزوني طويل جدًّا ($B=\mu_\circ IN$، حيث تمثّل N عدد اللفّات لكل متر).



الشكل 11–4 يمكن تمثيل المجال المغناطيسي حول حلقة سلكية تحمل تيارًا باستخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى (a). يولد التيار المار بالملف الحلزوني مجالاً مغناطيسيًا بحيث يضاف مجال كل لفة إلى اللفات الأخرى (b).

تعدّ **القاعدة الأولى لليد اليمنى** طريقة يمكن أن تستخدمها في تحديد اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي. تخيل أنك تمسك بيدك اليمنى قطعة من سلك مستقيم معزول. اجعل إبهامك في اتجاه التيار الاصطلاحي. ستشير أصابعك التي تدور حول السلك إلى اتجاه المجال المغناطيسي، كما هو موضّح في **الشكل 10b–4**.

المجال المغناطيسي بالقرب من ملف يولّد التيار الكهربائي المار بملف دائري مجالاً مغناطيسيًا حول جميع أجزاء الملف. وعند تطبيق قاعدة اليد اليمنى على أي جزء من أجزاء الملف، كما هو موضّح في **الشكل 11a–4** ستجد أن اتجاه المجال المغناطيسي داخله يكون دائمًا في الاتجاه نفسه، حيث يكون إلى أعلى أو خارجًا من الصفحة. أما اتجاه المجال المغناطيسي خارج الملف فيكون دائمًا إلى أسفل، أي داخلاً إلى الصفحة. وعند لف السلك عدة لفات لتكوين ملف حلزوني ثم سريان التيار خلال الملف، كما هو موضّح في **الشكل 11b–4**، يكون اتجاه المجال حول جميع اللفات في الاتجاه نفسه. ويسمى الملف الطويل المكوّن من عدة لفات **الملف الحلزوني (الملحث)**، ويضاف المجال المغناطيسي الناتج عن كل لفة إلى المجالات الناتجة من اللفات الأخرى لتولد مجالًا مغناطيسيًا كليًا أكبر. وعندما يسري تيار في ملف يصبح لهذا 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 المماثل له من المغناطيس، وهذا يعني أن الملف الذي يحمل تيارًا يمثل مغناطيسًا له قطبان شمالي وجنوبي، ويسمى المغناطيس الذي ينشأ عند سريان تيار كهربائي خلال ملف **المغناطيس الكهربائي**. وشدة المجال المغناطيسي الناتج تتناسب طرديًا مع مقدار التيار المار به، ويكون المجال المغناطيسي الناتج عن كل لفة متساويًا، ولأن هذه المجالات تكون في الاتجاه نفسه، فإن زيادة عدد اللفات يزيد من شدة المجال المغناطيسي، ويمكن زيادة قوة المغناطيس الكهربائي أيضًا عن طريق وضع قضيب حديدي (قلب) داخل الملف، فيعمل القلب على زيادة المجال المغناطيسي؛ لأن مجال الملف الحلزوني يولد مجالاً مغناطيسيًا مؤقتًا في القلب، تمامًا كما يعمل المغناطيس الدائم عند تقريبه من قطعة حديد.

تعدّ **القاعدة الثانية لليد اليمنى** طريقة يمكن أن تستخدمها لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن مغناطيس كهربائي. تخيل أنك تمسك بيدك اليمنى ملفًا معزولًا. إذا دوّرت أصابعك حول اللفات في اتجاه سريان التيار الاصطلاحي، كما هو موضّح في **الشكل 12–4**، فسيشير إبهامك نحو القطب الشمالي للمغناطيس الكهربائي.

تطبيق الفيزياء

المقانط الكهربائية تستخدم المقانط الكهربائية غالبًا في روافع نقل الحديد والفولاذ في مواقع الصناعات. والمغناطيس الذي يعمل بفرق جهد مقداره 230 V وتيار 156 A يمكن أن يرفع كتلة مقدارها 11300 kg

الشكل 12–4 يمكن استخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى لتحديد قطبية المغناطيس الكهربائي.

تطبيق الفيزياء

يمكن السيطرة على الرفع والإفلات في الروافع الكهرومغناطيسية. وتستخدم هذه الروافع لرفع السيارات والشاحنات المحطّمة في مكابّ النفايات من بين كثير من الأشياء. حفّز الطلبة على بناء رافعة كهرومغناطيسية تعمل على رفع سيارات ألعاب - بعض أجزائها مصنوع من الحديد- وإفلاتها.

تعزيز الفهم

شدة المجال المغناطيسي اطلب إلى الطلبة تحديد العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي بالقرب من ملفّ حلزوني. ينبغي أن يحدّدوا العوامل الآتية: مقدار التيار المار في الملفّ، وعدد لفّات الملفّ، ونوع مادة قلب الملفّ، والبعد عنه. م 2

تجربة إضافية

المناطق المغناطيسية

الهدف يوضح أن الأجسام الممغنطة تكون مناطقها المغناطيسية مرتّبة بانتظام، أمّا الأجسام غير الممغنطة فتحتوي على مناطق عشوائيّة الترتيب.

المواد والأدوات مغناطيس دائم، وأنبوب اختبار، وبرادة حديد.

الخطوات مَغنط برادة الحديد في أنبوب الاختبار عن طريق دلك أنبوب الاختبار بالمغناطيس، واستخدم البوصلة، لتبيّن أن الأنبوب أصبح ممغنطًا. رجّ الأنبوب واستخدم البوصلة لتبيّن أن الأنبوب أصبح غير ممغنط.

التقويم اطلب إلى الطلبة توقّع ما يحدث إذا قلبوا المغناطيس الدائم قبل الدّلك. ستنحرف البوصلة في اتجاه معاكس.

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي MRI يمكن استخدام تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي MRI لدراسة تشريح جسم الإنسان. ولتوضيح هذا يوضع المريض في مجال مغناطيس كبير ومركّز (مقداره 1T تقريبًا)، ويعمل هذا المجال على ترتيب نوى الهيدروجين في الجسم، ثم توجّه إلى الجسم نبضة بسيطة ذات تردّد راديوي تعمل على إمالة النوى، وتجعلها تسلك سلوك البلبل الدوّار. يعدّل المجال المغناطيسي الرئيس لتصبح فقط النوي الموجودة في جزء واحد من الجسم في المجال الصحيح لتمتصّ طاقة النبضة. وتطلق هذه النوى موجات ذات تردّد 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.

مسائل تدريبية

4. **a.** من الجنوب إلى الشمال

b. غربًا

5. الرأس المدبّب.

6. استخدام قضيب الحديد. سينجذب الحديد نحو المغناطيس الدائم، وسيكتسب خصائص المغناطيس، بينما لا يكتسبها كلٌّ من الزجاج والألومنيوم.

تجربة

المجالات المغناطيسية في الأبعاد الثلاثة

الهدف يحدد شكل المجال المغناطيسي وتخطيطه في الأبعاد الثلاثة.

المواد والأدوات مصدر قدرة متّصل مع ملفّ، ومسمار متوسط الحجم، وخيط طوله 30 cm، ولاصق، ومغانط ذات أشكال مختلفة.

النتائج المتوقعة سيلاحظ الطلبة أن الرأس المدبّب سيتّجه نحو أحد قطبي المغناطيس الدائم ويبتعد عن القطب الآخر.

التحليل والاستنتاج

3. يتّجه المسمار باستمرار نحو القطب نفسه من كلّ مغناطيس.

4. ستختلف الرسوم، ولكن يجب أن تتّجه خطوط المجال جميعها من أحد القطبين (الشمالي) إلى الآخر (الجنوبي).

مسائل تدريبية

4. 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 شرقًا. ما اتجاه التيار في السلك؟
   b. إلى أي اتجاه تشير إبرة البوصلة إذا وضعت أسفل السلك؟
5. عمل طالب مغناطيسًا بلف سلك حول مسمار، ثم وصل طرفي السلك ببطارية، كما هو موضّح في **الشكل 13–4**. أي من طرفي المسمار (المدبب أم المسطح) سيكون قطبًا شماليًّا؟
6. إذا كان لديك بكرة سلك، وقضيب زجاجي، وقضيب حديدي، وآخر من الألومنيوم فأي قضيب تستخدم لعمل مغناطيس كهربائي يجذب قطع فولاذية؟ وضّح إجابتك.

الشكل 13–4

تجربة

المجالات المغناطيسية ثلاثية الأبعاد

اربط مسمارًا من منتصفه بخيط بحيث يصبح معلقًا بصورة أفقية. ضع قطعة صغيرة من الشريط اللاصق حول الخيط في موضع التفافه حول المسمار حتى لا يفلت الخيط.

أدخل المسمار داخل ملف وشغل مصدر القدرة الموصول بالملف، ثم افصل مصدر القدرة، واخرج المسمار من داخل الملف، ثم أمسك الخيط لتعليق المسمار.

1. **توقع** ما سلوك المسمار مع وجود مغناطيس دائم؟
2. **اختبر** توقعك.

التحليل والاستنتاج

3. **وضّح** ما دليلك على أن المسمار أصبح ممغنطًا؟
4. ارسم شكلاً ثلاثي الأبعاد يوضّح المجال المغناطيسي حول المسمار.

الصورة المجهرية للمواد المغناطيسية
A Microscopic Picture of Magnetic Materials

تعلّمت أنه عند وضع قطعة حديد أو كوبالت أو نيكل بالقرب من مغناطيس، فإن العنصر سيصبح مغناطيسًا أيضًا، وسيكون له قطبان شمالي، وجنوبي، إلا أن هذه المغنطة ستكون مؤقتة. ويعتمد توليد هذه القطبية المؤقتة على اتجاه المجال الخارجي؛ وعند إبعاد المجال الخارجي يفقد العنصر مغناطيسيته. تتصرف العناصر الثلاثة (الحديد، والنيكل، والكوبالت) كمغانط كهربائية بطرائق عديدة، فلها خاصية تسمى الفرومغناطيسية.

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 مغناطيسًا كهربائيًّا صغيرًا. وعندما تترتب مجموعة المجالات المغناطيسية الخاصة بإلكترونات الذرات المتجاورة في الاتجاه نفسه تشكل هذه المجموعة **المنطقة المغناطيسية**. وعلى الرغم من أن هذه المجموعة قد تحوي 10^{20} ذرة مفردة، إلا أن المناطق المغناطيسية تبقى صغيرة جدًّا ومحدودة (غالبًا من 10 إلى 1000 ميكرون)، ولذلك فإنه حتى العينة الصغيرة 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 بعضًا. أما عندما توضع قطعة الحديد داخل مجال مغناطيسي فإن هذه المناطق المغناطيسية تترتب بفعل المجال الخارجي لتصبح متفقة معه في الاتجاه، كما هو موضّح في **الشكل 14–4**. 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.

106

نشاط

تحدٍّ

تحديد قطعة حديد ممغنطة دون استخدام مغناطيس اسأل الطلبة: كيف يمكنهم تمييز قطع الحديد الممغنطة من القطع غير الممغنطة باستخدام قطع الحديد فقط؟ ستُظهر قطع الحديد الممغنطة فقط قوة التنافر، وقد تبدأ العملية باختيار أيّ قطعتين عشوائيًّا، ثم تُقرّب طرفي القطعتين إحداهما نحو الأخرى، ثم تعكس طرفي إحداهما، فإذا حدث تنافر بين القطعتين فذلك يشير إلى أن القطعتين مغناطيسان دائمان، ثم تختبر سائر القطع بتقريب طرف كل منها نحو طرف القطعة الممغنطة (إحدى القطعتين السابقتين)، ستظهر القطعة غير الممغنطة تجاذبًا عند أيٍّ من طرفيها. وإذا كانت القطعتان المختارتان غير ممغنطتين فلن يحدث أي تجاذب أو تنافر معًا عند التقريب بين طرفيهما. م 3 **حركي**

3. التقويم

التحقق من الفهم

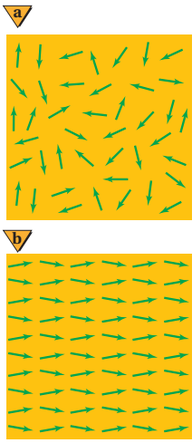
الأقطاب المغناطيسية للأرض يشير أحد الألوان (قد يكون الأحمر) لطرف إبرة البوصلة القطب الباحث عن الشمال أو القطب الشمالي. اطلب إلى الطلبة استخلاصَ النتائج حول مطابقة موقع الأقطاب المغناطيسية للأرض، ثم اسألهم كيف يستخدمون البوصلة للتحقّق من صحّة القاعدة الثانية لليد اليمنى. م 2

التوسع

مسببات فقدان المغناطيسية اطلب إلى الطلبة أن يوضّحوا لماذا يمكن أن تؤدّي الحرارة والطَّرْق إلى نقصان المغنطة؟ سيؤدّي الطَّرْق وكذلك درجات الحرارة الكبيرة إلى فقدان ترتيب المناطق المغناطيسية. وتُسمَّى درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة الفرومغناطيسية فقدان مغناطيسيتها الدائمة "درجة حرارة كوري". م 2

وسيطة التسجيل تتكون رؤوس التسجيل في المسجلات الصوتية وأجهزة الفيديو من مغانط كهربائية. وهذه المسجلات تولد نبضات وإشارات كهربائية تنتج تيارات كهربائية في رأس التسجيل فتعمل على توليد مجالات مغناطيسية تمثل الصوت والصورة المراد تسجيلها. وعندما يمر شريط التسجيل المغناطيسي الذي يحتوي على قطع صغيرة جدًّا من مواد مغناطيسية فوق رأس التسجيل؛ تترتب المناطق المغناطيسية لهذه القطع بوساطة المجالات المغناطيسية لرأس التسجيل. وتعتمد اتجاهات ترتيب واصطفاف المناطق المغناطيسية على اتجاه التيار المار برأس التسجيل، وبذلك تصبح تلك المناطق المغناطيسية تسجيلاً مغناطيسيًّا للصوت والصورة المسجلين. وتسمح المادة المغناطيسية الموجودة على الشريط البلاستيكي للمناطق المغناطيسية بالمحافظة على ترتيبها، إلى أن يتم تطبيق مجال مغناطيسي قوي بما يكفي لتغيرها مرة أخرى. وعند تشغيل الشريط وإعادة قراءته تنتج إشارة بوساطة التيارات المتولدة عند مرور رأس التسجيل فوق الجسيمات المغناطيسية على الشريط، وترسل هذه الإشارة إلى مضخم وإلى زوج من مكبرات الصوت أو سماعات الأذن. وعند استعمال شريط مسجّل عليه سابقًا لتسجيل أصوات جديدة ينتج رأس المحور مجالاً مغناطيسيًّا متناوبًا 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 تعدّ 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 ومنشأه غير مفهوم بصورة جيدة حتى الآن، كما تعدّ كيفية انعكاس اتجاه هذا المجال لغزًا حتى يومنا هذا.



■ **الشكل 14–4** قطعة الحديد (a) تصبح مغناطيسًا فقط عندما تترتب مناطقها المغناطيسية في اتجاه واحد (b).

4–1 مراجعة

7. **المجالات المغناطيسية** هل المجال المغناطيسي حقيقي أم مجرد وسيلة من النمذجة العلمية؟
8. **القوى المغناطيسية** اذكر بعض القوى المغناطيسية الموجودة حولك، وكيف يمكنك عرض تأثيرات هذه القوى؟
9. **اتجاه المجال المغناطيسي** صف قاعدة اليد اليمنى المستخدمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يمر فيه تيار كهربائي.
10. **المغانط الكهربائية** قطعة زجاج رقيقة وشفافة وضعت فوق مغناطيس كهربائي نشط، ورش فوقها برادة الحديد فترتبت بنمط معين. إذا أعيدت التجربة بعد عكس قطبية مصدر الجهد. ما الاختلافات التي ستلاحظها ؟ وضّح إجابتك.
11. **التفكير الناقد** تخيل لعبة بداخلها قضيبان فلزيان متوازيان، وضعا بصورة أفقية أحدهما فوق الآخر، وكان القضيب العلوي حر الحركة إلى أعلى وإلى أسفل. أجب عما يلي:
   a. القضيب العلوي يطفو فوق السفلي، أما إذا عكس اتجاه القضيب العلوي فإنه سيسقط نحو القضيب السفلي. وضّح لماذا قد يسلك القضيبان هذا السلوك؟
   b. افترض أن القضيب العلوي قد فقد واستبدل به قضيب آخر. وفي 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

4-1 مراجعة

7. خطوط المجال ليست حقيقية. أمَّا المجال فهو حقيقي.
8. قد تختلف إجابات الطلبة، ويجب أن تتضمن الإجابات المغانط الموجودة على أبواب الثلاجة، والمجال المغناطيسي الأرضي. ويمكن عرض تأثير هذه القوى عن طريق إحضار مغناطيس آخر أو مادة يمكن مغنطتها بالقرب منها.
9. إذا قبضت على السلك بيدك اليمنى وجعلت إبهامك يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحيّ فسيشير انحناء أصابعك نحو اتجاه المجال المغناطيسي.
10. لا شيء. برادة الحديد ستبيّن شكل المجال نفسه، ولكن البوصلة ستبيّن انعكاس القطبية المغناطيسية.
11. **a.** سيصبح القضيبان الفلزيّان مغناطيسين لهما محاور متوازية، وإذا وضع القضيب العلويّ بحيث يكون قطباه الشماليّ N والجنوبي S فوق القطبين الشماليّ N والجنوبيّ S للقضيب السفليّ، فسيتنافر القضيب العلويّ وسيكون معلقًا أو طافيًا فوق السفليّ، وإذا عُكِسَ طرفا المغناطيس العلويّ فسيحدث تجاذب مع المغناطيس السفليّ.

b. إذا وضع أيّ قضيب من الحديد العاديّ في الأعلى، فسينجذب إلى المغناطيس السفليّ بأي اتجاه.

4-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

1. التركيز

نشاط محفّز

الإلكترونات والمجالات المغناطيسية يحتوي أنبوب الأشعة المهبطيّة (CRT) في شاشة الحاسوب على أنابيب ترسل جسيمات مشحونة على الشاشة، أمّا شاشات البلّورات السائلة (LCD)، فتعمل عن طريق تغيير التركيب البلوريّ، وليس بشحنات متحركة، استخدم مغناطيسًا خزفيًّا صغيرًا مع شاشة أنبوب الأشعّة المهبطيّة CRT، لعرض التفاعل بين المجال المغناطيسيّ والإلكترونات، ثم كرّر العرض نفسه مع شاشة البلورات السائلة LCD، حتى تتبيّن أنه لا يحدث تفاعل، ثم اطرح على الطلبة السؤال الآتي: لماذا تُحاط شاشات CRT غالبًا بملفّات غير ممغنطة. إنها تحمي الشاشة من تغيّرات المجالات المغناطيسيّة. وهذه المجالات المتغيّرة يمكن أن تتولّد بوساطة أجهزة أخرى قريبة. م2 **بصري-مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

المجالات المغناطيسية راجع مع الطلبة، كيف تولّد شحنة كهربائية ساكنة مجالاً كهربائيًّا، يؤثّر بقوة في شحنة كهربائية ساكنة أخرى قريبة منها. وناقش كيف يمكن أن تتولّد المجالات المغناطيسيّة بوساطة مغناطيس دائم أو بوساطة التيار الكهربائيّ. تولّد الشحنة المتحركة مجالاً مغناطيسيًّا، وهذا المجال يولّد قوة تؤثّر في شحنة أخرى متحرّكة. ساعد الطلبة على استخلاص تشابه بين الشحنات الساكنة مع المجال الكهروسكونيّ من جهة، والشحنات المتحركة مع المجال المغناطيسيّ من جهة أخرى. م2

4–2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية
Forces Caused by Magnetic Fields

الأهداف
- **تربط** بين الحث المغناطيسي واتجاه القوى المؤثرة في سلك يحمل تيارًا كهربائيًّا 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

على عكس ما توصل إليه أورستد، فقد حاول أمبير توليد تيار كهربائي من مجال مغناطيسي، وافترض وجود قوة تؤثر في السلك الذي يحمل تيارًا عند وضعه في المجال المغناطيسي.

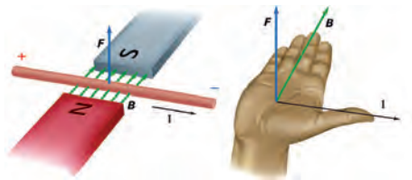
القوى المؤثرة في التيارات الكهربائية المارة في مجالات مغناطيسية Forces on Currents in Magnetic Fields

يوضح **الشكل 15–4** القوة المؤثرة في سلك يحمل تيارًا موضوع في مجال مغناطيسي، فالبطارية تنتج تيارًا كهربائيًّا يسري في السلك الموضوع بين قطبين 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 موضّح في **الشكل 15a–4**، أو نحو الأعلى، كما في **الشكل 15b–4**، وذلك يعتمد على اتجاه التيار الذي يسري 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 وصفًا كافيًا؛ لأن القوة قد تكون إلى أعلى أو إلى أسفل. ويمكن تحديد اتجاه القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار وموضوع في مجال مغناطيسي باستخدام **القاعدة الثالثة لليد اليمنى**، الموضّحة في **الشكل 16–4**، حيث يمثل الرمز **B** المجال المغناطيسي، ويحدّد اتجاهه بوساطة مجموعة أسهم. ولاستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى اجعل أصابع يدك اليمنى في اتجاه المجال المغناطيسي، واجعل إبهامك يشير نحو اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، فسيكون اتجاه القوة المؤثرة في السلك عموديًّا على باطن الكف نحو الخارج. ولرسم الأسهم المتجهة إلى داخل الورقة أو خارجها يستخدم الرمز (×) للإشارة إلى أن السهم داخلاً في الورقة، والرمز (•) للإشارة إلى أن السهم خارجاً من الورقة.

بعد فترة وجيزة من إعلان أورستد عن اكتشافه الذي ينص على أن اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في سلك يكون متعامدًا مع اتجاه سريان التيار فيه، استطاع أمبير أن يبين أن الأسلاك التي تحمل تيارات كهربائية تؤثر بعضها في بعض، ويوضّح **الشكل 17a–4** اتجاه المجال المغناطيسي حول كل سلك يسري فيه تيار، حيث يحدّد هذا الاتجاه بوساطة القاعدة الأولى لليد اليمنى. وبتطبيق القاعدة الثالثة لليد اليمنى على كل سلك يمكن أن تتبين لماذا تجذب الأسلاك بعضها بعضًا. ويبين **الشكل 17b–4** الحالة المعاكسة عندما يكون التياران في اتجاهين متعاكسين فإن قوة تنافر تنشأ بين السلكين.

الشكل 15–4 تتأثر الأسلاك التي تحمل تيارات كهربائية بقوى عند وضعها في مجالات مغناطيسية. وفي هذه الحالة يمكن أن تكون القوة نحو الأسفل (a)، أو نحو الأعلى (b)، وهذا يعتمد على اتجاه التيار الكهربائي.



الشكل 16–4 يمكن استعمال القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة عند معرفة اتجاه كل من التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي.

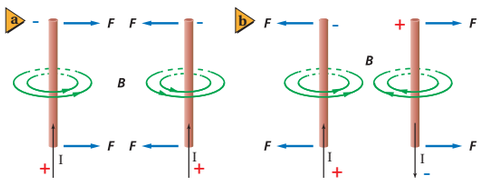
القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في سلك يمكن تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يحمل تيارًا عند وضعه عموديًّا على مجال مغناطيسي؛ حيث دلت التجارب على أن مقدار القوة المؤثرة في السلك F تتناسب طرديًّا مع كل من مقدار المجال المغناطيسي B، ومقدار التيار I، وطول السلك L الموضوع داخل المجال المغناطيسي. وتكون العلاقة بين هذه المتغيرات الأربعة على النحو الآتي:

القوة المؤثرة في سلك يحمل تيارًا كهربائيًّا وموضوع في مجال مغناطيسي $F = ILB$

القوة المؤثرة في سلك يحمل تيارًا وموضوع في مجال مغناطيسي متعامداً معه تساوي حاصل ضرب شدة المجال المغناطيسي في مقدار التيار وطول السلك.

يُقاس مقدار المجال المغناطيسي B بوحدة تسلا، T. حيث واحد تسلا يكافئ 1 N /A.m.

لاحظ أنه إذا كان المجال المغناطيسي غير متعامد مع السلك فسيظهر العامل $\sin\theta$ في المعادلة السابقة لتصبح كما يأتي: $F=ILB\sin\theta$. فإذا أصبح السلك موازيًا للمجال المغناطيسي تصبح $\theta = 0$ صفرًا، وستؤول القوة إلى الصفر. أما عندما تكون الزاوية $\theta=90°$ فستصبح المعادلة مرة أخرى على الصورة الآتية: $F=ILB$.



الشكل 17–4 يتجاذب الموصلان عندما يسري التياران فيهما في الاتجاه نفسه (a)، ويتنافران عندما يسري التياران فيهما في اتجاهين متعاكسين (b).

مكبرات الصوت Loudspeakers

تعدّ مكبرات الصوت إحدى التطبيقات العملية على القوة المؤثرة في سلك يحمل تيارًا كهربائيًّا يمر 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 يشغّل السماعة تيارًا كهربائيًّا خلال الملف، ويتغير اتجاه هذا التيار بين 20 و 20000 مرة في الثانية، وذلك وفقًا لحدة الصوت الذي يمثلها. وعندها يتأثر الملف الخفيف بقوة تدفعه نحو الداخل أو الخارج؛ لأنه موجود في مجال مغناطيسي، وذلك اعتمادًا على اتجاه التيار المرسل من المضخم. وحركة الملف هذه تجعل المخروط الورقي يهتز محدثًا موجات صوتية في الهواء.

عرض سريع

السماعات (مكبرات الصوت)

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات سماعات (مكبرات الصوت)، سلك كهربائي وبطارية 1.5 V

الخطوات اعرض على الطلبة كيف تحول السماعة الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية. لامس السلك مع أحد طرفي البطارية لإحداث صوت خشخشة.

اطلب إلى الطلبة ملاحظة اتجاه حركة الغشاء المخروطي مع مرور التيار الثابت. ثم اعكس قطبي البطارية وَدَعِ الطلبة يلاحظوا حركة الغشاء في الاتجاه المعاكس. ضع مغناطيسًا على الجانب الخلفي للسماعة حتى تبيّن أن الفلزّ ممغنط.

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 الطلبة باستخدام قبضة اليد (اليسرى طبعًا). ولأنك تعرف أن المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي يكون متعامدًا دائمًا 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 السلك الذي يمر فيه التيار.

تعزيز الفهم

تغيير الاتجاهات باستخدام **الشكل 16–4** اطلب إلى الطلبة، أن يبيّنوا 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.

التفكير الناقد

اعمل تجربة ذهنية باستعمال السماعة اسأل الطلبة: ماذا يحدث عند توصيل سماعة قوية مباشرة بقابس التيار الكهربائي المنزلي؟ ونفّذ التجربة على أنها تجربة ذهنية فقط. إذا كانت السماعة غير قوية بدرجة كافية، فإنها قد تنفجر. عندما يبدّل التيار المتردّد اتجاهه سيندفع الغشاء المخروطي إلى الداخل، والخارج مع كل تغيّر للتيار. ولأن تردّد كهرباء المنزل 60 Hz لذا يجب أن يسمع الطلبة نغمة ضعيفة (تشبه النغمة الضعيفة لآلة الكمان). م 2 **سماعي-موسيقي**

مثال صفي

سؤال ما مقدار القوة المؤثّرة في سلك مستقيم طولـه 12 cm يحمـل تيّـارًا مقـداره 25 A موضوع في مجال مغناطيسي مقداره 1.9 T؟

الجواب

$F = ILB = (25A)(0.12\,m)(1.9T) = 5.7\,N$

مسائل تدريبية

12. 0.13 T

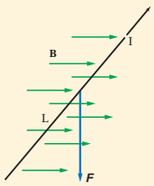
13. 0.15 T

14. 7.8 A

مثـــال 1

حساب شدة المجال المغناطيسي سلك مستقيم يحمل تيارًا كهربائيًّا مقداره 5.0 A وموضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم، فإذا كانت القوة المؤثرة في جزء طوله 0.10 m من السلك تساوي 0.20 N احسب شدة المجال المغناطيسي B؟

1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم رسمًا تخطيطيًّا للسلك، مبينا اتجاه التيار الكهربائي بوساطة 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.

المعلوم		المجهول
$L = 0.10\,m$	$I = 5.0\,A$	$B = ?$
	$F = 0.20\,N$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

إن المجال المغناطيسي B منتظم، ولأن I، B متعامدان فإن:

$F = ILB$

$B = \frac{F}{IL}$

بالتعويض عن $F = 0.20\,N$، $I = 5.0\,A$، $L = 0.10\,m$

$= \frac{0.20\,N}{(5.0\,A)(0.10\,m)}$

$= 0.40\,N/A.m$

$= 0.40\,T$

B تساوي 0.40 T عموديًا على كل من I، 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 كبيرًا، وهذا منطقي.

مسائل تدريبية

12. سلك طولـه 75 cm يحمل تيـارًا مقداره 6.0 A موضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظـم، فتأثر بقوة مقدارها 0.60 N ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

13. سلك نحاسي طوله 40.0 cm ووزنه 0.35 N فإذا كان السلك في وضع أفقي ويحمل تيارًا مقداره 6.0 A، فاحسب مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يؤثر فيه رأسيًّا بحيث يكون كافيًا لموازنة قوة الجاذبية المؤثرة في السلك (وزن السلك).

14. احسـب مقـدار التيار الذي يجب أن يسري في سـلك طولـه 10.0 cm وموضـوع عمـوديًّا في مجـال مغنـاطيسي منتظـم مقداره 0.49 T ليتأثر بقوة مقدارها 0.38 N

نشاط

مشروع فيزياء

استخدامات المغانط فائقة التوصيل اطلب إلى الطلبة البحث حول تطبيقات المغانط الفائقـة التوصيل، وإعداد وصف مـن صفحتين لكيفية اسـتخدامها، وقبول التطبيقات الحالية والمسـتقبلية. تتضمّن بعض الاحتمالات الرفع المغناطيسي، ومفاعلات الاندماج النووي، ومطياف الرنين المغناطيسي النووي، ومسارعات الجسيمات المشحونة، وأنظمة الدفع ذات الكفاءة الكبيرة. ع2 **لغوي**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

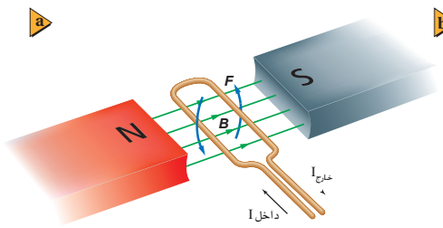
القوى المؤثرة في نهايتي ملف مستطيل الشكل قد يتساءل الطلبة عن القوى التي يعتقدون أنها تؤثّر في نهايتي الملف الموضّح في **الشكل 18–4**. مع افتراض أن نهايتي الملف موجودان داخل المجال المغناطيسي، والتيار المارّ في كل نهاية منهما، إما في نفس اتجاه المجال المغناطيسي أو في اتجاه معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي. ففي كلتا الحالتين، لن تكون هناك قوى مؤثّرة؛ لأن المجال المغناطيسي لا يؤثّر بقوة في السلك الذي يحمل تيّارًا، ويكون موازيًا للمجال المغناطيسي. وتتولّد القوة في حال كان التيار يقطع خطوط المجال المغناطيسي فقط.

مناقشة

سؤال لماذا تنتشر في الوقت الحاضر أجهزة القياس الرقمية أكثر من انتشار أجهزة القياس العادية؟

الإجابة هناك عدة أسباب:

1. المقاييس الرقميّة أسهل للاستخدام والتفسير.
2. المقاييس العادية أجهزة ميكانيكية دقيقة ذات أجزاء عديدة متحركة، ولذلك فهي أكثر هشاشة وسريعة العطب.
3. تقنية الدوائر المتكاملة غالبًا ما تجعل الحلول الإلكترونية أقلّ تكلفة. م 2



الشكل 18–4 إذا وضعت ملف يمر فيه تيار في مجال مغناطيسي فسوف يدور (a). يدور ملف الجلفانومتر بالتناسب مع مقدار التيار (b).

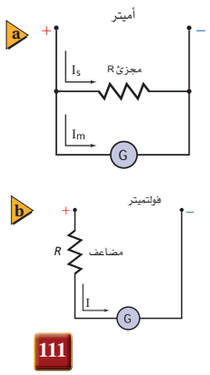
الجلفانومترات Galvanometers

يمكن استخدام القوة المؤثرة في ملف مستطيل الشكل يوضع في مجال مغناطيسي لقياس التيار. فإذا وضع ملف صغير يحمل تيارًا كهربائيًّا في مجال مغناطيسي قوي لمغناطيس دائم، كما في **الشكل 18a–4** فإنه يمكن استخدامه لقياس تيارات كهربائية صغيرة جدًّا. حيث يدخل التيار المار خلال الملف من أحد طرفيه، ويخرج من طرفه الآخر. وبتطبيق القاعدة الثالثة لليد اليمنى على جانبي الملف ستلاحظ أن أحد جانبيه سيتأثر بقوة في اتجاه الأعلى، بينما يتأثر الجانب الآخر بقوة في اتجاه الأسفل. لذا ستعمل محصلة العزم على تدوير الملف؛ حيث يتناسب العزم المؤثر في الملف طرديًّا مع مقدار التيار. وهذا هو المبدأ المستخدم في الجلفانومتر. والجلفانومتر جهاز يستخدم للكشف عن التيارات الكهربائية الصغيرة جدًّا وقياسها، ويمكن تحويله إلى أميتر أو فولتمتر.

يؤثر النابض الصغير في الجلفانومتر بعزم في اتجاه معاكس لاتجاه العزم الناتج عن سريان التيار في الملف، وهكذا فإن مقدار دورانه يتناسب طرديًّا مع التيار. يُدرّج الجلفانومتر ويعاير بمعرفة مقدار الدوران عند مرور تيار معلوم فيه، كما هو موضّح في **الشكل 18b–4**. ويمكن بعد ذلك استخدام الجلفانومتر لقياس تيارات غير معلومة.

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 عن طريق توصيل مقاوم ذي مقاومة أقل من مقاومة الجلفانوميتر ووصلها مع ملفه على التوازي، كما في **الشكل 19a–4**. في هذه الحالة يمر معظم التيار I_s خلال المقاوم الذي يسمّى مجزئ التيار؛ لأن مرور التيار يتناسب عكسيًّا مع المقاومة، في حين يمر تيار صغير (بضعة ميكروأمبيرات) I_m خلال الجلفانومتر. ويمكن اختيار مقاومة مجزئ التيار وفق تدريج الانحراف المطلوب.

وكذلك فإنه يمكن تحويل الجلفانومتر إلى فولتمتر. ولعمل الفولتمتر نصل الجلفانومتر بمقاوم كبير على التوالي يسمى مجزئ الجهد (المضاعف)، كما في **الشكل 19b–4**. حيث يقيس الجلفانومتر التيار المار خلال المقاوم الكبير الذي تمت إضافته. ويحسب التيار بالعلاقة $I=V/R$، حيث V تمثل الجهد الكهربائي (الفولتية) خلال الفولتمتر، بينما R تمثل المقاومة الكلية للجلفانومتر وللمقاوم الذي أضيف. والآن افترض أنك تريد جعل مؤشر الفولتمتر يتحرك إلى أقصى تدريج عند تطبيق فرق جهد مقداره 10 V بين طرفية، فستختار مقاومة بحيث تحرف مؤشر الجلفانومتر إلى أقصى تدريج عند تطبيق 10 V ومرور تيار خلال الجلفانومتر والمقاوم الذي أضيف.



الشكل 19–4 تم توصيل الجلفانومتر بهذه الطريقة لاستخدامه كأميتر (a). وتم توصيل الجلفانومتر بهذه الطريقة لاستخدامه كفولتمتر (b).

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

التفكير بمزيد من العمق في المغناطيسية كوّن مجموعات صغيرة من الطلبة، واطلب إلى كل مجموعة، تحديد العديد من التطبيقات المغناطيسية. ثم اطلب إلى كل مجموعة، إعطاء قائمتها لمجموعة أخرى، وينبغي على كل مجموعة اختيار عنصر من القائمة التي أعطيت لهم، وتحديد الوحدات، والمعادلات ذات الصلة بهذا العنصر. واطلب إلى كل مجموعة تبادل عناصرهم مع سائر الطلبة في الصف. م 1 **بين الأشخاص**

استخدام الشكل 20–4

ستبيّن القاعدة الثالثة لليد اليمنى أن العزم المؤثّر في الملفّ الدوّار يكون في اتجاه حركة عقارب الساعة، فعندما تلامس نصف الحلقة الفرشاة الأخرى سينعكس مرور التيار، ويبقى العزم في اتجاه عقارب الساعة. اسأل الطلبة: لماذا تكون هذه الآلة البسيطة غير عملية؟ لأنه إذا كان الملف رأسي عند تشغيل المحرك فلن يبدأ العمل. م 2

التفكير الناقد

تطوير المحرك اسأل الطلبة: كيف يمكن تطوير المحرك الموضح في **الشكل 20–4**؟ بإضافة ملف آخر متعامد مع الأولى، وتبديل عاكس التيار ذي القطعتين، فيحل محله عاكس تيار آخر ذي أربع قطع، سيعمل هذا المحرك المطوّر دائمًا. م 2

تطوير المفهوم

القواطع المغناطيسية للدوائر الكهربائية تعمل القواطع المغناطيسية للدوائر 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.

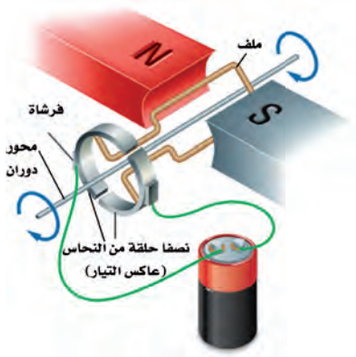
استخدام النماذج

المجال الجيومغناطيسي المرجعي الدولي IGRF تستخدم النماذج المغناطيسية لكوكبنا على الأغلب في أبحاث الاستقصاء، والملاحة، ومسوحات الأراضي. ومن هذه النماذج نموذج المجال الجيومغناطيسي المرجعي الدولي (IGRF). وعلى مستخدمي 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 جزئيًّا.

المحركات الكهربائية تبين لك أن الملف المستخدم في الجلفانومتر لا يمكن أن يدور أكثر من 180° حيث تدفع القوى الجانب الأيمن من الملف إلى أعلى، بينما تدفع الجانب الأيسر إلى أسفل، حتى يصبح الملف في وضع رأسي. ولن يتمكن الملف من الاستمرار في الدوران؛ لأن القوى تبقى إلى أعلى وإلى أسفل، أي موازية لمستوى الملف، فلا تعود قادرة على إحداث أي دوران فيه.

كيف يمكنك السماح للملف بمواصلة دورانه؟ يجب أن ينعكس اتجاه التيار المار في الملف عندما يصبح في وضع رأسي. وهذا الانعكاس يسمح للملف بمواصلة دورانه، كما هو موضّح في **الشكل 20–4**. ولعكس اتجاه التيار يجب المحافظة على استمرار التوصيل الكهربائي بين نقاط التلامس باستخدام شريحتين فلزيتين يسميان الفرشاتين، بالإضافة إلى جعل الحلقة النحاسية تتكون من نصفين متساويين، وتسمى الحلقة عندئذ عاكس التيار. وتصنع الفرشاتان في العادة من الجرافيت، وتثبتان بطريقة ما بحيث تلامسان عاكس التيار لتسمحا للتيار بالمرور خلال الملف. عند دوران الملف يدور عاكس التيار أيضًا، ويترتب نصفا عاكس التيار بحيث تتغير الفرشاة الملامسة لكل نصف منهما عندما يصل الملف إلى وضعه الرأسي. ويؤدي تغير تلامس الفرشاتين إلى عكس اتجاه التيار المار بالملف، مما يؤدي إلى عكس اتجاه القوة المؤثر في جانبي الملف، فيواصل دورانه. ويتكرر ذلك كل نصف دورة، مما يجعل الملف يستمر في دورانه في المجال المغناطيسي. والناتج هو **المحرك الكهربائي**، وهو جهاز يستخدم لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية دورانية.

على الرغم من أن **الشكل 20–4** محدد بلفة واحدة، فإن المحرك الكهربائي يتكون من لفات عديدة تثبت على محور دوران. والقوة الكلية المؤثرة في **الملف ذي القلب الحديدي** تتناسب طرديًّا مع nILB، حيث تمثل n عدد لفات الملف، وتمثل B المجال المغناطيسي، وتمثل I التيار الكهربائي، بينما تمثل L طول السلك في كل لفة تتحرك في المجال المغناطيسي. ويتم إنتاج المجال المغناطيسي إما بوساطة مغناطيس دائم، أو مغناطيس كهربائي. ويتم التحكم في العزم المؤثر في الملف، ونتيجة لذلك يتم التحكم في سرعة المحرك بوساطة تغيير قيمة التيار المار بالمحرك.



الشكل 20–4 يسمح عاكس التيار (نصفا حلقة من النحاس) في المحرك الكهربائي، بتغيير اتجاه التيار المار في الملف، وبذلك تتمكن الملفات في المحرك من الدوران 360°.

112

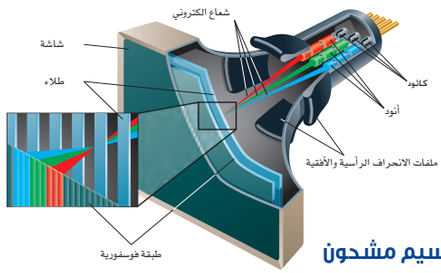
معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

عجلة البيليا المغناطيسية تقلّل 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 بملامسه قطبي المغناطيسي الكهربائي الجاذب له. وهذا يتمّ 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 بالتيار المار بالمغناطيس الكهربائي.

تطوير المفهوم

اتجاه القوة المغناطيسية اكتب على السبورة العلاقة $F = q\,v\,B$ المستخدمة في حساب القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي، وضح للطلبة دلالة كل من هذه الرموز، اسأل الطلبة: كيف يتم تحديد اتجاه هذه القوة؟ باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى بالنسبة للشحنات الموجبة، أما اتجاه القوة المؤثرة في الشحنات السالبة فيكون معاكسًا لاتجاه القوة المؤثرة في الشحنات الموجبة. م2 **بصري-مكاني**



القوة المؤثرة في جسيم مشحون
The Force on a Single Charged Particle

■ **الشكل 21–4** تعمل أزواج من المغانط على انحراف حزمة الإلكترونات رأسيًا وأفقيًا لتشكيل صور للعرض.

لا يقتصر وجود الجسيمات المشحونة في الأسلاك فقط، لكنها قد تتحرك في الفراغ أيضًا، حيث يتم إزالة جزيئات الهواء لمنع حدوث التصادمات. ففي أنبوب الأشعة المهبطية المستخدم في شاشات الحاسوب، وشاشات التلفاز يستخدم انحراف الإلكترونات بوساطة المجالات المغناطيسية لتشكيل صورة على الشاشة، كما في **الشكل 21–4**.

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، وأفقيًا ورأسيًا على الشاشة. وتُطلى الشاشة بطبقة فوسفورية تشع عندما تصطدم الإلكترونات بها، فتنتج الصورة.

تعتمد القوة الناتجة عن المجال المغناطيسي المؤثرة في الإلكترون على كل من سرعة الإلكترون، وشدة المجال المغناطيسي، والزاوية المحصورة بين اتجاه السرعة واتجاه المجال المغناطيس.

افترض أن إلكترونًا مفردًا يتحرك داخل سلك طوله L، وأن حركة هذا الالكترون عمودية على اتجاه مجال مغناطيسي. ولأن التيار I يساوي الشحنة المارة بالسلك لكل وحدة زمن، فإن $I=q/t$. وفي هذه الحالة تمثل q شحنة الإلكترون، وt 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 قيمة $t=L/v$ في معادلة التيار $I=q/t$، نجد أن $I=qv/L$. لذا فإنه يمكن حساب القوة المؤثرة في الإلكترون المتحرك عموديًا على المجال المغناطيسي B عن طريق المعادلة الآتية:

القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في جسيم مشحون متحرك $F=qvB$

القوة المؤثرة في جسيم مشحون متحرك داخل مجال مغناطيسي عمودياً تساوي حاصل ضرب شدة المجال المغناطيسي في كل من سرعة الجسيم وشحنته.

شحنة الجسيم مقيسة بوحدة الكولوم C، والسرعة مقيسة بالمتر لكل ثانية m/s، وشدة المجال المغناطيسي مقيسة بوحدة التسلا T. واتجاه القوة يكون دائمًا عموديًا على كل من اتجاه سرعة الجسيم واتجاه المجال المغناطيسي. والاتجاه الذي يحدد باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى يكون خاصًا بالجسيمات ذات الشحنة الموجبة. أما اتجاه القوة المؤثرة في الإلكترونات فيكون معاكسًا للاتجاه الناتج.

113

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

مهندسو الكهرباء يستخدم مهندسو الكهرباء المبادئ العلمية للمغناطيسية، والكهرومغناطيسية لتصميم المحركات، والمحولات، والمولدات، ووحدات وسائط تخزين المعلومات، ومؤقتات الكهرباء، وقواطع الدوائر الكهربائية، بالإضافة إلى تشكيلة واسعة من الأجهزة الأخرى. وهم غالبًا ما يعملون بالاشتراك مع الفيزيائيين، والمهندسين الميكانيكيين، كما يستخدمون الحاسوب أحيانًا في تصميم نماذج الدوائر المغناطيسية والأجهزة. ويستعمل بعض أصحاب المهن، والوظائف المتنوعة مثل ميكانيكيي السيارات، وفيزيائيي الجسيمات هذه المبادئ العلمية.

مثال صفي

سؤال يصمم مهندس أداة تستخدم لحرف حزمة إلكترونات، ويحتاج النظام الذي صممه إلى قوة مقدارها $2.8\times10^{-14}\ \text{N}$ تؤثر في كل إلكترون في الحزمة. إذا كانت سرعة الحزمة $1.7\times10^{6}\ \text{m/s}$ فما مقدار المجال المغناطيسي اللازم؟

الجواب

$$B=F/qv$$

$$=\frac{2.8\times10^{-14}\ \text{N}}{(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(1.7\times10^{6}\ \text{m/s})}$$

$$=0.10\ \text{T}$$

مسائل تدريبية

15. $1.7\times10^{-13}\ \text{N}$

16. $6.4\times10^{-16}\ \text{N}$

تعزيز الفهم

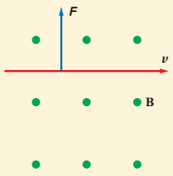
المصباح المغناطيسي ذو الإنارة المتأرجح احصل على مصباح إنارة مغناطيسي ذي إنارة متأرجح، واسأل عن كيفية عمله. يحتوي هذا النوع من المصابيح على فتيل قابل للحركة ومغناطيس دائم، وعند تدفّق التيار خلال الفتيل يتفاعل المجال المغناطيسي الناتج مع مجال المغناطيس الدائم ممّا يولّد قوة تؤثّر في فتيل المصباح.

م 2 **بصري–مكاني**

مثـــال 2

القوة المؤثرة على جسيم مشحون في مجال مغناطيسي تتحرك حزمة إلكترونات بسرعة $3.0\times10^{6}\ \text{m/s}$ عموديًّا على مجال مغناطيسي منتظم مقداره $4.0\times10^{-2}\ \text{T}$، احسب 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 معاكسًا للاتجاه الناتج بوساطة القاعدة الثالثة لليد اليمنى؛ لأن الإلكترون له شحنة سالبة.

المعلوم	المجهول
$v=3.0\times10^{6}\ \text{m/s}$	$F=?$
$B=4.0\times10^{-2}\ \text{T}$	
$q=-1.60\times10^{-19}\ \text{C}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

$F=qvB$

بالتعويض عن $v=3.0\times10^{6}\ \text{m/s}, B=4.0\times10^{-2}, q=-1.60\times10^{-19}\ \text{C}$

$=(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(3.0\times10^{6}\ \text{m/s})(4.0\times10^{-2}\ \text{T})$

$=-1.9\times10^{-14}\ \text{N}$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $T=N.s/(C.\ m)$ و $A=C/s$ و $T=N/(A.\ m)$ وعليه فإن $N=(T.\ C.\ m/s)$ 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 بوساطة القاعدة الثالثة لليد اليمنى.
- **هل الجواب منطقي؟** القوى المؤثرة في البروتونات والإلكترونات دائمًا تشكل جزءًا صغيرًا من النيوتن.

مسائل تدريبية

15. دخلت حزمة من الجسيمات الثلاثية التأين (يحمل كل منها ثلاث شحنات أساسية موجبة) عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته $4.0\times10^{-2}\ \text{T}$ بسرعة $9.0\times10^{6}\ \text{m/s}$ احسب مقدار القوة المؤثرة في كل أيون.

16. تتحرك ذرات هليوم ثنائية التأين (جسيمات ألفا) بسرعة $4.0\times10^{4}\ \text{m/s}$ عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $5.0\times10^{-2}\ \text{T}$ احسب مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم.

114

معلومة للمعلم

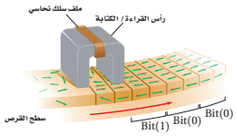
الفيزياء في الحياة

أنوار الشمال تَنْتُجُ أنوار الشمال التي تعرف أيضًا بالشفق القطبي الشمالي من اصطدام الجسيمات المشحونة بجزيئات الهواء الموجودة في الغلاف الجوي للأرض. تأتي الجسيمات المشحونة من الشمس ويتمُّ السيطرة عليها بوساطة القوى المؤثرة فيها بفعل المجال المغناطيسي الأرضي. ويعمل المجال المغناطيسي على دفع الجسيمات المشحونة نحو القطبين، فتصطدم الجسيمات المشحونة بجزيئات الهواء، فتجبرها على الانتقال إلى مستويات إثارة، وعند عودتها إلى وضع الاستقرار تبعث ضوءًا يُسمَّى الشفق القطبي الشمالي.

تخزين المعلومات عن طريق الوسائط المغناطيسية
Storing Information with Magnetic Media

يتم تخزين البيانات وأوامر برمجيات أجهزة الحاسوب رقميًّا في صورة وحدات صغيرة (bits)، وكل وحدة (bit) حددت إما بـ 0 أو بـ 1 فكيف تُخزّن هذه الوحدات؟ يكون سطح قرص التخزين في الحاسوب مغطًّى بجسيمات مغناطيسية موزّعة بصورة متساوية على شريحة. ويتغير اتجاه المناطق المغناطيسية للجسيمات تبعًا للتغير في المجال المغناطيسي. وفي أثناء التسجيل على القرص يُرسل تيار كهربائي إلى رأس القراءة/ الكتابة والذي يعدّ مغناطيسًا كهربائيًّا مكونًا من سلك ملفوف على قلب حديدي، حيث يولّد التيار المار بالسلك مجالاً مغناطيسيًّا في القلب الحديدي.

عندما يمر رأس القراءة/ الكتابة فوق قرص التخزين الدوّار، كما هو موضّح في **الشكل 22–4**، تترتب ذرات المناطق المغناطيسية الموجودة على الشريحة المغناطيسية في صورة حزم. وتعتمد اتجاهات المناطق المغناطيسية على اتجاه التيار. وتمثل شيفرة كل حزمتين وحدة صغيرة (bit) واحدة من المعلومات. وتمثل الحزمتان المغنطتان اللتان تشير أقطابها إلى الاتجاه نفسه الرمز 0، أما الحزمتان المغنطتان اللتان تشير أقطابهما إلى اتجاهين متعاكسين فتمثلان الرمز 1، وينعكس تيار التسجيل دائمًا 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 الممغنطة الموجودة على القرص على توليد تيار في الملف بطريقة الحث عندما يدور القرص تحت الرأس. وتغيرات اتجاه التيار المتولد بالحث تستشعر بوساطة الحاسوب في صورة أصفار 0's أو آحاد 1's.



الشكل 22–4 تكتب المعلومات على قرص الحاسوب بوساطة تغيير المجال المغناطيسي في رأس القراءة/الكتابة في أثناء مرور الوسيطة تحته. وهذا يجعل الجسيمات المغناطيسية في الوسيطة تترتب بنمط يمثل المعلومات المخزنة.

4–2 مراجعة

17. **القوى المغناطيسية** تخيل أن سلكًا يمتد شرق – غرب متعامدًا مع المجال المغناطيسي الأرضي ويسري فيه تيار كهربائي نحو الشرق، فما اتجاه القوة المؤثرة في السلك؟
18. **الانحراف** تقترب حزمة إلكترونات في أنبوب أشعة المهبط من المغانط التي تحرفها. فإذا كان القطب الشمالي في أعلى الأنبوب والقطب الجنوبي في أسفلها، وكنت تنظر إلى الأنبوب من جهة الشاشة الفوسفورية، ففي أي اتجاه تنحرف الإلكترونات؟
19. **الجلفانومترات** قارن بين مخطط الجلفانومتر الموضّح في **الشكل 18–4** ومخطط المحرك الموضّح في **الشكل 20–4**. ما أوجه التشابه والاختلاف بين الجلفانومتر والمحرك؟
20. **المحركات الكهربائية** عندما يتعامد مستوى ملف المحرك مع المجال المغناطيسي لا تنتج القوى عزمًا على الملف، فهل هذا يعني أن الملف لا يدور؟ وضّح إجابتك.
21. **المقاومة الكهربائية** يحتاج جلفانومتر إلى 180 μA لكي ينحرف مؤشره إلى أقصى تدريج. ما مقدار المقاومة الكلية (مقاومة الجلفانومتر ومقاومة المجزئ) اللازمة للحصول على فولتمتر أقصى تدريج يقيسه 5.0 V؟
22. **التفكير الناقد** كيف يمكنك معرفة أن القوى بين سلكين متوازيين يمر فيهما تياران ناتجان عن الجذب المغناطيسي بينهما وليسا ناتجين عن الكهرباء السكونية؟ *مساعدة: فكر في نوع الشحنات عندما تكون القوة تجاذب. 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

4-2 مراجعة

17. إلى أعلى من سطح الأرض.
18. نحو الجانب الأيسر من الشاشة.
19. كلاهما يحتوي على ملف موضوع بين قطبي مغناطيس دائم، ولا يدور ملفّ الجلفانومتر أكثر من 180°، أما ملفّ المحرك فيدور دورات كاملة كل منها 360°، يقيس الجلفانومتر تيارات مجهولة بينما يستخدم المحرك لتحويل الطاقة الكهربائية إلى حركة دورانية.
20. إذا كان الملفّ متحركًا فسوف يعمل القصور الذاتي الدوراني على استمرار تحريكه ليتجاوز النقطة التي يصبح عندها مقدار العزم صفرًا، وتسارع الملفّ هو الذي يصبح صفرًا وليست سرعته.
21. $28\ k\Omega$
22. إذا كانت التيارات في اتجاه واحد فستكون القوة قوة تجاذب. ووفق الكهرباء الساكنة إذا كانت الشحنات متشابهة فإنها ستتنافر. كما ستتجاذب الأسلاك الثلاثة وهذا لا يمكن أن يحدث إذا كان سبب القوى هو الشحنات الكهربائية الساكنة

نشاط

إزالة مغناطيسية وسائط التخزين المغناطيسية اسأل الطلبة: لماذا لا ينصح بوضع أقراص الحاسوب المرنة أو أشرطة التسجيل بالقرب من مغناطيس؟ بوجود مجال مغناطيسي قوي ستصبح جميع المناطق المغناطيسية لوسيطة التخزين المغناطيسية مرتبة في الاتجاه نفسه. وهذا ما يدمر أي معلومات مسجلة على وسيطة التخزين. م 2

3. التقويم

التحقق من الفهم

القاعدة الثالثة لليد اليمنى تحقق من أن الطلبة فهموا القاعدة الثالثة لليد اليمنى. ارسم على السبورة أمثلة متنوعة لأسلاك وملفات ومجالات مختلفة، واسأل الطلبة أن يتوقعوا اتجاهات المجالات والأقطاب والقوى بالاعتماد على الحالات والشروط التي زودتهم بها. م 2

التوسع

حركة السيكلترون عندما تكون السرعة الابتدائية لجسيم مشحون عمودية على مجال مغناطيسي منتظم وليس هناك أي قوى أخرى مؤثرة عليه، يتحرك الجسيم المشحون في مسار دائري منتظم؛ وذلك لأن قوة المجال المغناطيسي المؤثرة في الجسيم المشحون ستكون قوة مركزية. اطلب إلى الطلبة تحديد التسارع المركزي. يحدّد التسارع المركزي بالعلاقة الآتية:

ومنه فإن $F=ma$

أو $qvB= ma$

$a= \frac{qvB}{m}$ م 2

مختبر الفيزياء

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

المهارات العملية وضع الفرضيات، والملاحظة، وجمع البيانات وتنظيمها، وإنشاء الرسوم البيانية واستخدامها، والتحليل والاستنتاج.

احتياطات السلامة على الطلبة أن يكونوا حذرين من الصدمة الكهربائية والحرائق، وعليك إبلاغ الطلبة عن مخاطر كل حالة في أثناء الموافقة على تصاميم التجربة.

المواد والأدوات البديلة تصمم هذه التجربة من قبل الطلبة باستخدام المواد التي يزودها المعلم.

استراتيجيات التدريس

- **قد يحتاج الطلبة إلى المساعدة لمعرفة طريقة تحديد قوة المغناطيس. ومن أسهل الطرائق ملاحظة عدد القطع المتماثلة (مشابك ورق، وقطع فولاذية صغيرة) التي يمكن للمغناطيس أن يحملها.**
- **لجميع رسومات الطلبة البيانية: يجب أن تكون قوة المغناطيس على محور y لأنها المتغير التابع.**
- **تأكد أن المسمار لم يصبح دائم المغناطيسية، وإذا أصبح كذلك فاقترح على الطلبة أن ينفّذوا محاولاتهم أولاً بالمغناطيس الأضعف لتقليل الخطأ الناتج عن استخدام المسمار الدائم المغناطيسية.**

الخطوات المحتملة

1. استخدام المسمار الفولاذي لمحاولة جذب مشابك الورق من الكومة (صفر لفّة). وسجّل عدد المشابك المجذوبة.
2. لف عشر لفات من السلك حول المسمار وصِلْ طرفي السلك بالبطارية 6 V، وحاول رفع مشابك الورق قدر المستطاع. وسجّل عدد المشابك المرفوعة.
3. كرّر الخطوة الثانية باستخدام 20 لفة و30 لفَّة و50 لفَّة.

عدد اللفات	عدد المشابك الكبيرة المرفوعة
0	0
10	1
20	2
30	2
50	3

مختبر الفيزياء

صنع مغناطيس كهربائي

يستخدم المغناطيس الكهربائي المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي لمغنطة قطعة فلزية. ستقوم في هذة التجربة بصنع مغناطيس كهربائي، وتختبر أحد المتغيرات التي تعتقد أنها قد تؤثر في قوة المغناطيس.

سؤال التجربة

ما العوامل التي تحدّد قوة المغناطيس؟

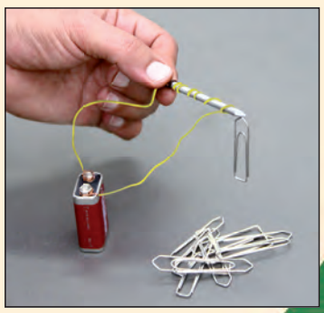
الأهداف

- **تضع 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.
- **تعمل رسومًا بيانية وتستخدمها** للمساعدة على تحديد العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع.
- **تحلل وتستنتج** تأثير المتغير الذي اخترته في قوة المغناطيس.

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

مشابك ورق كبيرة
مشابك ورق صغيرة
قطع فولاذية صغيرة
مسمار فولاذي
سلك معزول
بطارية 6 فولت
بطارية 9 فولت
مصدر قدرة مستمر DC



الخطوات

1. أعدّ قائمة بالمواد التي ستستخدمها في صنع المغناطيس الكهربائي.
2. أعدّ 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 بوساطتها شدة المجال المغناطيسي الناتج عن المغناطيس الكهربائي.
5. أطلع المعلم على القوائم التي أعددتها، واحصل على موافقته قبل متابعة العمل.
6. اكتب ملخصًا يوضح خطوات تجربتك. وتأكد من تضمين جميع القيم للمتغيرات التي ستجعلها ثابتة.
7. أنشئ جدول بيانات مماثلًا للجدول في الصفحة التالية، والذي يبين الكميتين اللتين ستقيسهما.
8. ركّب المغناطيس الكهربائي باستخدام المسمار وجزء من السلك، بلف السلك حول المسمار. وتأكد من ترك بضعة سنتمترات من السلك خارجة من الملف لتصله بالبطارية (مصدر القدرة).

تحذير: قد يكون طرف المسمار، أو السلك حادًا. لذا كن حذرًا عند استخدام هذه المواد، لتجنب حدوث جروح.

9. اطلب إلى معلمك أن يتفحص مغناطيسك قبل المتابعة.
10. نفذ تجربتك ودوّن بياناتك.

تحذير: إذا استخدمت قطع الفولاذ الصغيرة، فتجنب الإصابة بالجروح فور التقاط القطع التي تسقط على الأرض.

جدول البيانات	
عدد.....	عدد.....

التحليل

1. **إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها** اعمل رسمًا بيانيًا يوضّح العلاقة بين متغيرين في تجربتك.
2. ما المتغيرات التي تحاول التحكم فيها في هذه التجربة؟ وهل هناك متغيرات لا تستطيع التحكم فيها؟
3. إذا قدرت 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 وجدها طلبة آخرون في الصف وتؤثر أيضًا في قوة المغناطيس الكهربائي؟
3. هل وجدت أي متغيرات بوساطة أي مجموعة لا تؤثر في قوة المغناطيس الكهربائي؟

التوسع في البحث

1. قارن بين المتغيرات المختلفة التي وجدها الطلبة، التي تؤثر في قوة المغناطيس، وهل تُظهر أي من المتغيرات أنها تُحدث زيادة كبيرة في القوة دون إحداث تغيير كبير في المتغير المستقل؟ وإذا كان كذلك فما هذه المتغيرات؟.
2. إذا أردت زيادة قوة المغناطيس فأي الطرائق تبدو أكثر فاعلية مقارنة بالتكلفة؟ وضّح إجابتك.
3. إذا أردت تغيير قوة المغناطيس الكهربائي بسهولة، فما اقتراحك لذلك؟

الفيزياء في الحياة

1. إذا أردت الحصول على أقوى مغناطيس كهربائي لاستخدامه في حيز صغير داخل حاسوب شخصي مثلاً فما الطريقة التي يمكن من خلالها زيادة قوة المغناطيس الكهربائي خلال هذا الحيز الصغير؟
2. بعض البنايات تحوي مغانط كهربائية معلقة على الجدران وتعمل على جعل أبواب الطوارئ مفتوحة عندما تكون البناية مأهولة بالسكان، وتشبه الأدوات التي توضع خلف الأبواب للتحكم في فتحها أو إغلاقها.
فكر في نظام إنذار الحريق والإجراءات التي ستحتاج 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؟
3. تعمل بعض الأجراس الكهربائية عن طريق ضرب جانب جرس فلزي على شكل قبة بوساطة ذراع فلزي. كيف يعمل المغناطيس الكهربائي في هذا الجرس؟ وكيف يمكن توصيل الجرس بطريقة تسمح للذراع بضرب الجرس باستمرار إلى أن ينقطع التيار الكهربائي؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن المجال المغناطيسي ارجع إلى الموقع الالكتروني

www.obeikaneducation.com

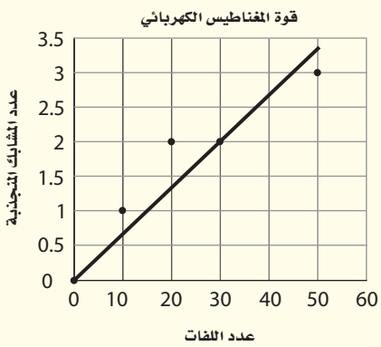
117

3. يستخدم المغناطيس الكهربائي للتحكّم في قرع الجرس. ويوصل الجرس بحيث إنه عندما تغلق الدائرة تنجذب المطرقة بوساطة 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 فتنجذب المطرقة مرة أخرى بوساطة المغناطيس الكهربائي وهكذا يستمرّ قرع الجرس.

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اعرض على الطلبة السيناريو الآتي: لقد كُسر قفل باب المكتبة العامة الكهربائي وخُرّب، وكان الباب يحتوي على قفل كهرومغناطيسي، ويحتاج الآن إلى إعادة تصميم. اطلب إلى الطلبة أن يقترحوا طرائق لجعل القفل أقوى، واطلب إليهم عرض تصميماتهم المُحسّنة أمام الصف، وإذا كان هناك متسع من الوقت، فاطلب إليهم تنفيذ تصميماتهم. وبربط التجارب بواقع الحياة، يصبح موضوع البحث ذا مغزى شخصي وأكثر إثارة لاهتمام الطلبة.

التحليل

1. 

2. يمكن التحكّم في نوع السلك ومشابك الورق وتيّار السلك، ويمكن أن يقلّ التيار تدريجيًّا مع استهلاك البطارية.
3. في عيّنة البيانات لا يمكن التحكّم في هذا الخطأ تحكّمًا جيّدًا، ولمشابك الورق الكبيرة كتلة كبيرة، ومن الأفضل استخدام قطع حديد صغيرة ومشاهدة عدد القطع الصغيرة التي يمكن جذبها وحملها.

الاستنتاج والتطبيق

1. في عيّنة البيانات؛ عند زيادة عدد اللّفّات تزداد قوة المغناطيس.
2. زيادة التيّار تزيد قوة المغناطيس.
3. طول السلك بين المغناطيس الكهربائي والبطارية.

التوسع في البحث

1. ستختلف الإجابات.
2. ستختلف الإجابات. وزيادة عدد اللّفّات مكلّف أكثر من زيادة التيّار.
3. تغيير التيّار الكهربائي.

الفيزياء في الحياة

1. زيادة التيّار في المغناطيس الكهربائي لأن هناك حيّزًا صغيرًا للمزيد من اللّفّات.
2. مزايا: إذا كان هناك حريق فيقوم هذا النظام بقطع التيار الكهربائي عن جزء من المبنى، ويمكن بعد ذلك ضبط هذا النظام إلكترونيًّا لفتح الأبواب. مساوئ: إذا قطعت القدرة الكهربائية خلال وقوع كارثة فإن هذا النظام سيفشل.

الخلفية النظرية

سنناقش هنا خصائص واستخدامات تأثير هول. وتعد الآثار المترتبة على التفاصيل الدقيقة لفولتية هول هائلة، وقد أدت إلى تطوير نظرية "تأثير هول الكميّة". وقد حاز هذا البحث مؤخّرًا على جائزة نوبل في الفيزياء. وتُستعمل أجهزة تأثير هول بشكل واسع في أجهزة استشعار تأثير هول، لتحديد متى يقترب جزآ آلة أحدهم من الآخر.

استراتيجيات التدريس

- اعرض شريط موصل بحيث تمرّ خلاله الإلكترونات بخط مفرد. ثم بين كيف ينحرف الخط باستخدام مجال مغناطيس من أعلى.
- لتوضيح فولتية هول، اطلب إلى الطلبة ملاحظة أن الفولتية خلال الشريط تكون صفرًا عندما لا يؤثر مجال مغناطيسي.

نشاط

تصميم اطلب إلى الطلبة – أو إلى كل طالب على حدة – أن يصمموا أداة يُستخدم فيها جهاز استشعار يعمل وفق تأثير هول.

السيارات إذا اتيحت 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.

التوسع في البحث

1. تكون كثافة التيار خلال الشريط الموصل منتظمة ومتجانسة. ولذلك يكون فرق الجهد خلال الشريط الموصل صفرًا لأن الأطراف المتقابلة تمتلك الفولتية نفسها. إذا كان القطبان غير متقابلين فسيعاني أحدهما هبوطًا في الجهد غير مساوٍ للآخر، لأن مادة الشريط لها المقاومة النوعية نفسها.
2. نعم، بالتأكيد، بعض أدوات تأثير هول القديمة استخدمت هذه الخاصيّة.

المفاهيم الرئيسة

يمكـن أن يسـتخدم الطلبـة العبـارات التلخيصيـة لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل 4
دليل الدراسة

4-1 المغانط: الدائمة والمؤقتة Magnets Permanent and Temporary

المفردات

- المستقطب
- المجال المغناطيسي
- التدفق المغناطيسي
- القاعدة الأولى لليد اليمنى
- الملف الحلزوني
- المغناطيس الكهربائي
- القاعدة الثانية لليد اليمنى
- المنطقة المغناطيسية

الأفكار الرئيسة

- الأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر، والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب.
- تخرج المجالات المغناطيسية من القطب الشمالي للمغناطيس وتدخل في قطبه الجنوبي.
- تشكل خطوط المجال المغناطيسي دائمًا حلقات مقفلة.
- يوجد مجال مغناطيسي حول أي سلك يسري فيه تيار كهربائي.
- للملـف الحلزوني الـذي يحمل تيارًا كهربائيًا مجال مغناطيسي، وهذا المجال يشبه المجال المغناطيسي الذي للمغناطيس الدائم.

4-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية Forces Caused by Magnetic Fields

المفردات

- القاعـدة الثالثة لليد اليمنى
- الجلفانومتر
- المحرك الكهربائي
- ملف ذو قلب حديدي

الأفكار الرئيسة

- تقاس شدة المجال المغناطيسي بوحدة التسلا.
- عند وضع سـلك يحمل تيارًا في مجال مغناطيسي فإنه يتأثر بقوة عمودية على اتجاه كل من المجال والسلك.
- القـوة المؤثرة في سـلك يحمل تيارًا وضـع في مجال مغناطيسي تتناسـب طرديًّا مع كل من مقدار التيار المتدفق، وطول السلك، وشدة المجال المغناطيسي. $F=ILB$
- يستخدم الجلفانومتر في الكشف عن التيارات الصغيرة وقياسها، ويحتوي على ملف موضوع في مجال مغناطيس؛ وعند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثر الملف بقوة تعمل على انحرافه.
- يمكن تحويل الجلفانومتر إلى أميتر بتوصيل ملفه مع مقاوم يسمى مجزئ التيار على التوازي.
- يمكن تحويل الجلفانومتر إلى فولتمتر بتوصيل ملفه مع مقاوم يسمى المضاعف على التوالي.
- يعمـل مكبر الصوت أو السـماعة عـن طريق تغيير التيار المـار في الملف الموضوع في مجال مغناطيسـي. والملف متصل بمخروط ورقي يتحرك عندمـا يتحرك الملف. وعندما يتغير التيار يهتز المخروط محدثًا صوتًا.
- يحتـوي المحـرك الكهربائـي عـلى ملـف موضـوع في مجـال مغناطيسـي، وعندمـا يمـر تيـار كهربائـي في الملـف يـدور بتأثـير القـوة المؤثـرة فيـه، ولإكـمال دورة كاملـة 360° يسـتخدم عاكـس يغـير اتجـاه التيـار في الملـف كل نصـف دورة في أثنـاء دورانـه.
- تعتمد القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في جسيم مشحون على ثلاثة عوامل: سرعة الجسـيم، وشـحنته، ومقدار المجال المغناطيسـي. ويكون اتجاه القوة متعامـدًا مع كل من اتجاه المجال وسرعة الجسيم. $F = qvB$
- في شاشـات الحاسـوب والتلفاز تسـتخدم المغانط في توجيه وتركيز الجسـيمات المشـحونة على شاشات مفسفرة، حيث ينبعث ضوءٌ عند اصطدام تلك الجسيمات بالشاشة، فتتكون الصورة.

خريطة المفاهيم

23. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

24. المغناطيس المؤقّت يشبه المغناطيس الدائم فقط إذا كان تحت تأثير مغناطيس آخر، والمغناطيس الدائم لا يحتاج إلى مؤثرات خارجية ليجذب الأجسام، وتزول مغنطته بإبعاد المغناطيس المؤثر، أما المغناطيس الدائم فلا يحتاج إلى مغناطيسات مؤثرة خارجية.

25. الحديد والكوبالت والنيكل.

26. تأكد أن الطلبة يبينون أن خطوط المجال مغلقة.

27. لا، سيتكون مغناطيسين جديدين بأقطاب جديدة.

28. اقبض على السلك باليد اليمنى، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، وستطوّق الأصابع السلك مشيرة إلى اتجاه المجال المغناطيسي.

29. تتركز خطوط المجال المغناطيسي داخل الحلقة.

30. ستتبعثر المناطق المغناطيسية مقارنة بالنسق الذي كانت عليه.

31. اجعل اصابع يدك اليمنى في اتجاه المجال المغناطيسي، واجعل ابهامك يشير نحو اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، سيكون اتجاه القوة المؤثرة في السلك عموديًا على باطن الكف نحو الخارج.

32. لا، إذا كان المجال موازيًا للسلك فلا توجد قوة مؤثرة.

تطبيق المفاهيم

33. القوى متساوية وفق القانون الثالث لنيوتن.

34. صل السلك مع غطاء البطارية بحيث يكون التيار دائمًا مبتعدًا عنك في أحد الفروع، ثم احمل البوصلة فوق السلك مباشرة وقريبًا من ذلك الفرع من السلك، وباستخدام قاعدة اليد اليمنى سيكون طرف إبرة البوصلة المشير نحو الشرق قطبًا شماليًّا.

35. استخدم البوصلة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي، ثم أحضر مغناطيسًا قويًّا وحدّد اتجاه القوة المؤثرة في السلك ثم استخدم قاعدة اليد اليمنى.

36. اجعل السلك موازيًا للمجال المغناطيسي.

37. a. سيكون المجال المغناطيسي أكبر في أي نقطة بين السلكين.

b. يكون المجال المغناطيسي مساويًا لضعفي المجال الناتج عن أحد السلكين على الخط المنصّف للمسافة العمودية بين السلكين.

c. يكون المجال المغناطيسي صفرًا على الخط المنصّف للمسافة العمودية بين السلكين.

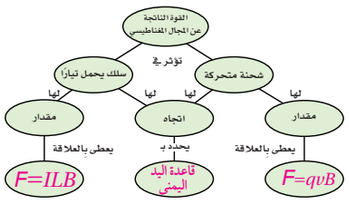
38. سيزداد أقصى تدريج للفولتمتر.

39. لا، القوة دائمًا متعامدة مع اتجاه السرعة، فلا يُبذل شغل، ولذلك لا تتغيّر الطاقة الحركية.

الفصل 4
التقويم

خريطة المفاهيم

23. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: قاعدة اليد اليمنى، $F=qvB$ و $F=ILB$.



إتقان المفاهيم

24. صف كيف يختلف المغناطيس الدائم عن المغناطيس المؤقت.

25. سمِّ العناصر المغناطيسية الثلاثة الأكثر شيوعا.

26. ارسم المجال المغناطيسي بين قطبين مغناطيسيين متشابهين وبين قطبين مغناطيسيين مختلفين مبينًا اتجاهات المجال.

27. إذا كسرت مغناطيسًا إلى جزأين فهل تحصل على قطبين منفصلين شمالي وجنوبي؟ وضّح إجابتك.

28. صف كيفية استخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يحمل تيارًا كهربائيا.

29. إذا ثني سلك يحمل تيارًا ليصبح في صورة حلقة فلماذا يكون المجال المغناطيسي داخل الحلقة أكبر من خارجها؟

30. لماذا يضعف المغناطيس عند طرقه أو تسخينه؟

31. صف كيفية استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يحمل تيارًا، وضع في مجال مغناطيسي.

32. مر تيار كهربائي كبير في سلك فجأة، ومع ذلك لم يتأثر بأي قوة، فهل يمكنك أن تستنتج أنه لا يوجد مجال مغناطيسي في موقع السلك؟ وضّح إجابتك.

120

تطبيق المفاهيم

33. هل القوة المغناطيسية التي تؤثر بها الأرض في الإبرة المغناطيسية للبوصلة أقل أو تساوي أو أكبر من القوة التي تؤثر بها إبرة البوصلة في الأرض؟ وضّح إجابتك.

34. **البوصلة** افترض أنك تهت في غابة، لكنك كنت تحمل بوصلة، ولسوء الحظ كان اللون الأحمر المحدد للقطب الشمالي غير واضح، وكان معك مصباح يدوي وبطارية وسلك. كيف يمكنك تحديد القطب الشمالي للبوصلة؟

35. سلك موضوع على طول طاولة المختبر، يسري فيه تيار. صف طريقتين على الأقل يمكنك بهما تحديد اتجاه التيار المار به.

36. في أي اتجاه بالنسبة للمجال المغناطيسي يمكنك إمرار تيار كهربائي في سلك بحيث تكون القوة المؤثرة فيه صغيرة جدًّا أو صفرًا؟

37. سلكان متوازيان يحملان تيارين متساويين.

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 مساويًا ضعفي المجال الناتج عن سلك منفرد؟

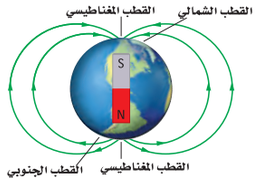
c. إذا كان التياران في الاتجاه نفسه فأين يكون المجال الكلي صفرًا؟

38. كيف يتغير أقصى تدريج للفولتمتر إذا زادت قيمة المقاومة؟

39. يمكن للمجال المغناطيسي أن يؤثر بقوة في جسيم مشحون، فهل يمكن للمجال أن يغير الطاقة الحركية للجسيم؟ وضّح إجابتك.

تقويم الفصل 4

40. انظر خطوط المجال المغناطيسي الأرضي الموضحة في **الشكل 23–4**. أين يكون المجال المغناطيسي أكبر، عند القطبين أم عند خط الاستواء؟ وضّح إجابتك.

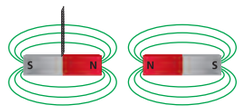


الشكل 23–4

إتقان حل المسائل

4–1 المغانط: الدائمة والمؤقتة

41. عند تقريب المغناطيس الموضّح في **الشكل 24–4** من المغناطيس المعلق ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط؟



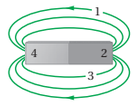
الشكل 24–4

42. ارجع إلى **الشكل 25–4** للإجابة عن الأسئلة الآتية:

a. أين يقع القطبان؟

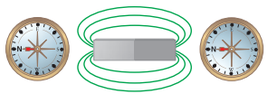
b. أين يقع القطب الشمالي؟

c. أين يقع القطب الجنوبي؟



الشكل 25–4

43. يمثل **الشكل 26–4** استجابة البوصلة في موقعين مختلفين بالقرب من مغناطيس. أين يقع القطب الجنوبي للمغناطيس؟



الشكل 26–4

44. سلك طوله 1.50 m يحمل تيارًا مقداره 10.0 A، وضع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.60 N ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

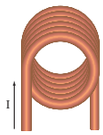
45. إذا كان التيار الاصطلاحي في **الشكل 27–4** خارجًا من مستوى الورقة فارسم الشكل في دفترك، ثم ارسم المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.

الشكل 27–4

46. يبين **الشكل 28–4** طرف مغناطيس كهربائي يسري خلاله تيار كهربائي. ما اتجاه المجال المغناطيسي عند كل من:

a. داخل الحلقات؟

b. خارج الحلقات؟



الشكل 28–4

التقويم

40. يكون مقدار المجال المغناطيسي الأرضي أكبر عند القطبين لأن الخطوط تكون متقاربة عند القطبين.

إتقان حلّ المسائل

4-1 المغانط: الدائمة والمؤقتة

41. يتحرّك نحو اليسار أو يبدأ في الدوران، الأقطاب المتشابهة تتنافر.

42. a. 2 و 4

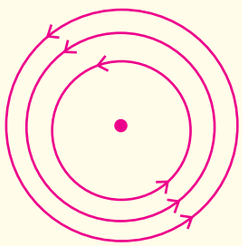
b. 2

c. 4

43. على الطرف الأيمن لأن الأقطاب المختلفة تتجاذب.

44. 0.040 T

45.



46. a. إلى أسفل (داخل الصفحة)

b. إلى أعلى (خارج الصفحة)

4-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

47. أميتر، يمرّ معظم التيار خلال المقاومة وبذلك يسمح بقياس تيارات كبيرة.

48. مجزّئ التيار، ووفق التعريف يُعدّ مجزّئ التيار صيغة أخرى لتوصيل التوازي.

49. فولتمتر، تقلّل المقاومة المضافة التيار إلى أي جهد معطى.

50. المضاعف، وفق التعريف تَضاعف مقدار الجهد المقيس.

51. 0.1 T

52. إذا كان السلك موازيًا للمجال فلا يوجد أي تأثير ولذلك لا توجد قوة مؤثرة.

53. 0.60 m

54. a. $0.011\ \mathrm{N/m}$

b. ستكون القوة إلى أسفل

c. لا، تكون القوة أقل كثيرًا من وزن الأسلاك.

55. a. $2.00\times10^{2}\ \mathrm{k\Omega}$

b. $199\ \mathrm{k\Omega}$

56. a. 0.05 V

b. $5\ \Omega$

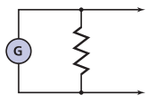
c. $R_1=5\ \Omega$

57. a. 0.742 T

b. $2.66\times10^{16}\ \mathrm{m/s^2}$

4-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

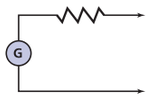
47. يستخدم المخطط الموضّح في **الشكل 4-29** لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



الشكل 4-29

48. ماذا تسمّى المقاومة في **الشكل 4-29**؟

49. يستخدم المخطط الموضّح في **الشكل 4-30** لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



الشكل 4-30

50. ماذا تسمّى المقاومة في **الشكل 4-30**؟

51. سلك طوله 0.50 m، يحمل تيارًا مقداره 8.0 A، وضع عموديًا على مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.40 N، احسب مقدار المجال المغناطيسي المؤثر.

52. سلك طوله 35 cm، يحمل تيارًا مقداره 4.5 A، فإذا كان السلك موضوعًا في مجال مغناطيسي مقداره 0.53 T وموازيًا له، فاحسب مقدار القوة المؤثرة في السلك.

53. إذا كانت القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي مقداره 0.80 T على سلك يسري فيه تيار 7.5 A متعامد معه تساوي 3.6 N، فما مقدار طول السلك؟

54. 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 $B_{\text{الأرضي}}=5.0\times10^{-5}\ \mathrm{T}$

b. ما اتجاه هذه القوة؟

c. تُرى، هل تعدّ هذه القوة مهمة في تصميم البرج الحامل للسلك؟ وضّح إجابتك.

55. الجلفانومتر ينحرف مؤشر الجلفانومتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره 50.0 μA

a. احسب مقدار المقاومة الكلية للجلفانومتر ليصبح أقصى تدريج له يساوي 10 V عند انحرافه بالكامل.

b. إذا كانت مقاومة الجلفانومتر 1.0 kΩ، فاحسب مقدار المقاومة الموصولة على التوالي.

56. استخدم الجلفانومتر في المسألة السابقة لصنع أميتر أقصى تدريج له يساوي 10 mA، فما مقدار:

a. فرق الجهد خلال الجلفانومتر إذا مر به تيار 50 μA، علمًا بأن مقاومة الجلفانومتر تساوي 1.0 kΩ؟

b. المقاومة المكافئة للأميتر الناتج إذا كان التيار الذي يقيسه 10 mA؟

c. المقاومة الموصولة بالجلفانومتر على التوازي للحصول على المقاومة المكافئة الناتجة في الفرع b؟

57. الجسيم دون الذري يتحرك ميون (جسيم له شحنة مماثلة لشحنة الإلكترون) بسرعة $4.21\times10^{7}\ \mathrm{m/s}$ عموديًا على مجال مغناطيسي، فتأثر بقوة $5.00\times10^{-12}\ \mathrm{N}$، ما مقدار:

a. المجال المغناطيسي؟

b. التسارع الذي يكتسبه الجسيم إذا كانت كتلته $1.88\times10^{-28}\ \mathrm{kg}$؟

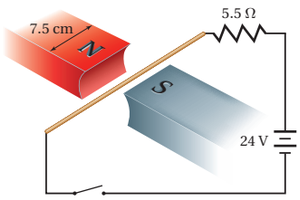
تقويم الفصل 4

58. حلقة سلكية تحمل تيارًا كهربائيًا، ومغمورة في مجال مغناطيسي منتظم قوي داخل غرفة. افترض أنك أدرت الحلقة بحيث لم يعد هناك أي ميل للحلقة ناتج عن المجال المغناطيسي، فما اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة لمستوى الحلقة؟

59. أثرت قوة 5.78×10^{-16} N في جسيم مجهول الشحنة، ومتحرك بسرعة 5.65×10^{4} m/s عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره 3.20×10^{-2} T، ما عدد الشحنات الأساسية التي يحملها الجسيم؟

مراجعة عامة

60. سلك نحاسي مهمل المقاومة، وضع في الحيز بين مغناطيسين، كما في **الشكل 4–31**. فإذا كان وجود المجال المغناطيسي مقتصرًا على هذا الحيز، وكان مقداره 1.9 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 Ω



الشكل 4–31

61. لديك جلفانومتران، أقصى تدريج لأحدهما 50.0 μA وللآخر 500.0 μA وللمفيهما المقاومة نفسها 855 Ω، والمطلوب تحويلهما إلى أميترين، على أن يكون أقصى تدريج لكل منهما يساوي 100.0 mA، اجب عما يلي:
   a. ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الأول؟
   b. ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الثاني؟
   c. حدّد أيهما أفضل للقياس الحقيقي؟ وضّح إجابتك.

62. **الجسيم دون الذري** يتحرك جسيم بيتا (إلكترون له سرعة كبيرة) عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T بسرعة 2.5×10^{7} m/s، ما مقدار القوة المؤثرة في الجسيم؟

63. يتحرك إلكترون بسرعة 8.1×10^{5} m/s نحو الجنوب في مجال مغناطيسي مقداره 16 T نحو الغرب. ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون واتجاهها؟

64. **مكبر الصوت** إذا كان المجال المغناطيسي في سماعة عدد لفات ملفها 250 لفة يساوي 0.15 T، وقطر الملف 2.5 cm، فاحسب مقدار القوة المؤثرة في الملف إذا كانت مقاومته 8 Ω، وفرق الجهد بين طرفيه 15 V

65. سلك طوله 25 cm يحمل تيارًا مقداره 15 A وضع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.85 T فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك تعطى بوساطة العلاقة $F=ILB\sin\theta$، فاحسب القوة المؤثرة في السلك عندما يصنع مع المجال المغناطيسي الزوايا الآتية:
   a. 90° b. 45° c. 0°

التقويم

58. 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.

59. شحنتان

مراجعة عامة

60. a. الاتجاه لا يتغير، المقدار صفر، لا يوجد تيار، لذلك لا يوجد مجال مغناطيسي من السلك، وأيضًا النحاس مادة غير مغناطيسية.
   b. الاتجاه إلى أعلى، القوة 0.62 N اتجاه القوة يحدّد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.
   c. الاتجاه إلى أسفل، القوة 0.62 N اتجاه القوة يحدّد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.
   d. الاتجاه إلى أعلى، القوة 0.31 N ، اتجاه القوة يحدّد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

61. a. 0.428 Ω
   b. 4.30 Ω
   c. الجلفانومتر الأول 50 μA أفضل. لمجزّئ التيار مقاومة أقلّ، لذلك تكون المقاومة الكلية أصغر، تكون مقاومة الأميتر المثالي صفر أوم تقريبًا.

62. 2.4×10^{-12} N

63. 2.1×10^{-12} N إلى أعلى (قاعدة اليد اليمنى)، تذكّر أن حركة الإلكترون عكس اتجاه التيار.

64. 5.5 N

65. a. 3.2 N
   b. 2.3 N
   c. 0 N

التقويم

66. a. من P_2 إلى P_1

b. $8\times10^{7}\,m/s$

c. في اتجاه حركة عقارب الساعة.

التفكير الناقد

67. عند مرور التيار خلال النابض يزداد المجال المغناطيسي، فتعمل القوة على ضغط النابض، ولذلك يخرج طرفه من الزئبق، وتفتح الدائرة، فيقلّ المجال المغناطيسي، وينزل النابض إلى أسفل، ويتذبذب النابض إلى أعلى وإلى أسفل.

الكتابة في الفيزياء

68. قد تختلف إجابات الطلبة، تستخدم المغانط الفائقة التوصيل في التصوير بالرنين المغناطيسي MRI وقطارات الرفع المغناطيسية، وتحتاج المغانط الفائقة التوصيل إلى درجة حرارة منخفضة. يحاول العلماء تطوير مواد فائقة التوصيل عند درجات حرارة مرتفعة.

مراجعة تراكمية

69. 16 J

70. 120 W

71. 128 Ω

66. تحرك إلكترون من السكون خلال فرق جهد مقداره 20000 V بين الصفيحتين P_1، P_2، كما هو موضح في **الشكل 32–4**. ثم خرج من فتحة صغيرة، ودخل مجالاً مغناطيسيًّا منتظمًا مقداره B إلى داخل الصفحة:

a. حدّد اتجاه المجال الكهربائي بين الصفيحتين (من P_1 إلى P_2 أو العكس).

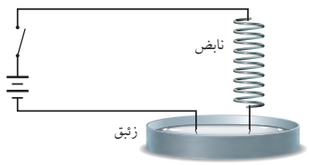
b. احسب سرعة الإلكترون عند P_2 من خلال المعلومات المعطاة.

c. صف حركة الإلكترون داخل المجال المغناطيسي.

الشكل 32–4

التفكير الناقد

67. تطبيق المفاهيم إذا مر تيار خلال نابض رأسي خفيف، كما هو موضّح في **الشكل 3–4**. وكانت نهاية النابض موضوعة داخل كأس مملوءة بالزئبق، فماذا يحدث؟ ولماذا؟



الشكل 33–4

الكتابة في الفيزياء

68. ابحث في المغانط الفائقة التوصيل، واكتب ملخصًا من صفحة واحدة للاستخدامات المحتملة لهذه المغانط. وتأكد من وصف أي عقبات تقف في طريق التطبيقات العملية لهذه المغانط.

مراجعة تراكمية

69. احسب الشغل الذي يتطلبه نقل شحنة مقدارها $6.40\times10^{-3}\,C$ خلال فرق جهد مقداره 2500 V

70. إذا تغير التيار المتدفق خلال دائرة جهدها 120 V من 1.3 A إلى 2.3 A، احسب التغير في القدرة.

71. وصلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 55 Ω على التوازي، ثم وصلت المقاومات السابقة على التوالي بمقاومتين تتصلان على التوالي، مقدار كل منهما 55 Ω، ما مقدار المقاومة المكافئة للمجموعة؟

اختبار مقنن

أسئلة اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. سلك مستقيم يحمل تيارًا مقداره 7.2 A، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم 8.9×10^{-3} T وعمودي عليه. ما طول جزء السلك الموجود في المجال الذي يتأثر بقوة مقدارها 2.1 N؟

Ⓐ 2.6×10^{-3} m Ⓒ 1.3×10^{-1} m

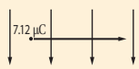
Ⓑ 3.1×10^{-2} m Ⓓ 3.3×10^{1} m

2. افترض أن جزءًا طوله 19 cm من سلك يحمل تيارًا متعامدًا مع مجال مغناطيسي مقداره 4.1 T، ويتأثر بقوة مقدارها 7.6 mN، ما مقدار التيار المار في السلك؟

Ⓐ 3.4×10^{-7} A Ⓒ 1.0×10^{-2} A

Ⓑ 9.8×10^{-3} A Ⓓ 9.8 A

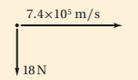
3. شحنة مقدارها 7.12 μC تتحرك بسرعة الضوء في مجال مغناطيس مقداره 4.02 mT، ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة؟



Ⓐ 8.59 N Ⓒ 8.59×10^{12} N

Ⓑ 2.90×10^{1} N Ⓓ 1.00×10^{16} N

4. إذا تحرك إلكترون بسرعة 7.4×10^{5} m/s عموديًا على مجال مغناطيسي، وتأثر بقوة مقدارها 18 N فما شدة المجال المغناطيسي المؤثر؟



Ⓐ 6.5×10^{-15} T Ⓒ 1.3×10^{7} T

Ⓑ 2.4×10^{-5} T Ⓓ 1.5×10^{14} T

5. أي العوامل الآتية لا يؤثر في مقدار المجال المغناطيسي لملف حلزوني؟

Ⓐ عدد اللفات Ⓒ مساحة مقطع سلك الملف

Ⓑ مقدار التيار Ⓓ نوع قلب الملف

6. أي العبارات الآتية المتعلقة بالأقطاب المغناطيسية المفردة غير صحيحة:

Ⓐ القطب المغناطيسي المفرد قطب افتراضي شمالي منفرد.

Ⓑ استخدمها علماء البحث في تطبيقات التشخيص الطبي الداخلي.

Ⓒ القطب المغناطيسي المفرد قطب افتراضي جنوبي منفرد.

Ⓓ غير موجودة .

7. مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.25 T يتجه عموديًا إلى داخل الصفحة، دخل فيه بروتون بسرعة أفقية مقدارها 4.0×10^{6} m/s، ما مقدار القوة المؤثرة في البروتون واتجاهها لحظة دخوله المجال المغناطيسي؟

Ⓐ 1.6×10^{-13} N إلى اليسار

Ⓑ 1.6×10^{-13} N إلى أسفل

Ⓒ 1.0×10^{6} N إلى أعلى

Ⓓ 1.0×10^{6} N إلى اليمين

الأسئلة الممتدة

8. وصل سلك ببطارية جهدها 5.8 V في دائرة تحتوي على مقاومة مقدارها 18 Ω 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 قدمت اختبارًا خاصًا أو امتحانًا. أما الأهم فهو أن تقرأ التوجيهات أو التعليمات التي تزود بها في بداية كل جزء؛ فهي لا تستغرق سوى لحظات، إلا أنها تحول دون ارتكاب أخطاء بسيطة قد تجعلك تقدم اختبارًا بصورة سيئة.

أسئلة اختيار من متعدد

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

الأسئلة الممتدة

8.

$$I=\frac{V}{R}=\frac{5.8\text{ V}}{18\ \Omega}=0.32\text{ A}$$

$$\theta=\sin^{-1}\frac{F}{ILB}$$

$$=\sin^{-1}\left(\frac{0.022\text{ N}}{(0.32\text{ A})(0.14\text{ m})(0.85\text{ T})}\right)$$

$$=35°$$

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

الفصل 5

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
5–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية	
1. **توضّح** كيف يعمل التغيّر في المجال المغناطيسي على توليد تيّار كهربائي. 2. **تعرّف** القوة الدافعة الكهربائية. 3. **تحلّ** مسائل تتضمّن حركة الأسلاك في مجال مغناطيسي.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** قضيبان مغناطيسيان، وملفّ من سلك نحاسي، وجلفانومتر. **عرض المعلم** **عرض سريع** جلفانومتران متماثلان، وسلكان.
5–2 تغير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية	
4. **تطبّق** قانون لنز. 5. **توضّح** القوة الدافعة الكهربائية العكسية، وكيف تؤثّر في عمل المولّدات والمحركات. 6. **توضّح** الحثّ الذاتي وتأثيره في الدوائر الكهربائية. 7. **تحلّ** مسائل متعلّقة بالمحوّلات، تتضمّن الجهد والتيار ونسب عدد اللّفّات.	**تجارب الطالب** **تجربة إضافية** مصدر قدرة DC V(12–0)، ومحرّك DC صغير، وأميتر، وفولتمتر، وأسلاك. **تجربة** محرّك DC، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدته، وأميتر. **مختبر الفيزياء** ملفّ ثانوي، وملفّ ابتدائي، ومصدر جهد متناوب AC صغير، وفولتمتر خاصّ بالتيار المتناوب AC، ومصدر جهد مستمرّ DC (0–6 V, 0–5 A)، وأسلاك توصيل مزودة بمشابك فم التمساح، ومصباح صغير متّصل بأسلاك. **عرض المعلم** **عرض سريع** أنبوب نحاسي طوله 1 m وقطره 1.25 cm، ومغناطيسان من النيوديميوم، وساعة وقف، وكرة فولاذية قطرها 9 mm.

طرائق تدريس متنوعة

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

الفصل الخامس

الفصل 5

الحث الكهرومغناطيسي

نظرة عامة إلى الفصل

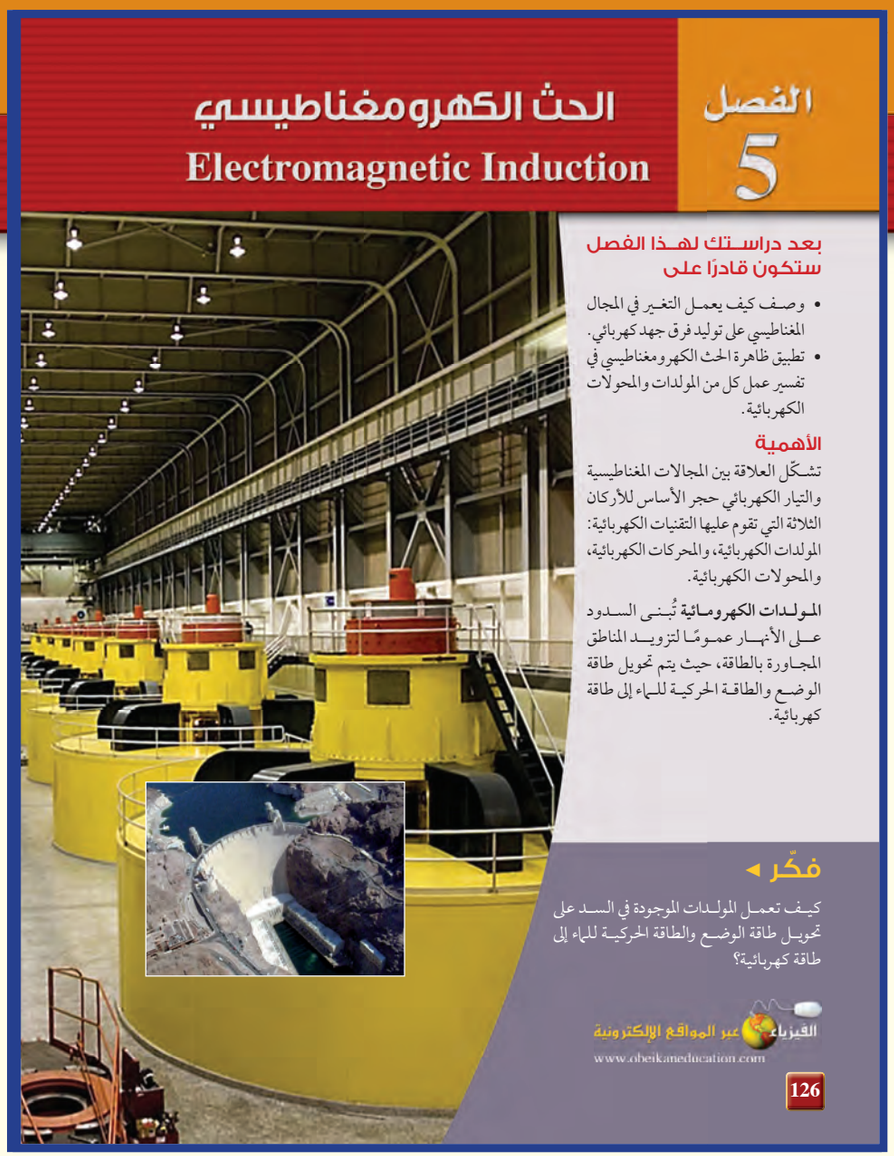
يبدأ هذا الفصل بمناقشة الطرائق التي يمكن الحصول من خلالها على تيار كهربائي من المجال المغناطيسي المتغيّر، وسيُستكشف مفهوم القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة في المولّدات الكهربائية، وسيتم تعرف قانون لنز وعلى العديد من التطبيقات العملية، وسينتهي الفصل بمناقشة الحثّ الذاتي والحثّ المتبادل ودورهما في المحوّلات.

فكّر

تتحوّل طاقة وضع الماء إلى طاقة حركيّة عند سقوط الماء من الأعلى إلى الأسفل. وعندما يجري الماءفإنه يعمل على تدوير التوربينات التي تعمل بدورها على تدوير ملفّات المولّدات التي ينتج عنها فرق في الجهد الكهربائي، وهذا يحوّل الطاقة الميكانيكيّة إلى طاقة كهربائيّة.

المفردات الرئيسة

- الحثّ الكهرومغناطيسيّ
- الحثّ الذاتيّ
- القاعدة الرابعة لليد اليمنى
- المحوّل الكهربائيّ
- الملفّ الابتدائيّ
- القوة الدافعة الكهربائيّة
- الملفّ الثانويّ
- المولّد الكهربائيّ
- الحثّ المتبادل
- متوسّط القدرة
- المحوّل الرافع
- قانون لنز
- المحوّل الخافض
- التيّار الدواميّ



تجربة استهلالية

الهدف يستقصي كيف يعمل المجال المغناطيسيّ المتغيّر على توليد تيّار كهربائي في ملفّ سلكيّ.

المواد والأدوات قضيبان مغناطيسيّان، وملفّ من سلك نحاسيّ، وجلفانومتر.

استراتيجيات التدريس ذكّر الطلبة بضرورة توخّي الحيطة والحذر، عند التعامل مع المغانط لأنها قد تتلف إذا سقطت.

النتائج المتوقعة ستتغيّر قراءة الجلفانومتر بتغيّر أي من مقدار سرعة السلك أواتجاهه أو كليهما.

التحليل سينحرف مؤشّر الجلفانومتر نتيجة تولد تيّار في السلك. وسيكون الإنحراف الأكبر، عندما يتحرّك السلك بسرعة أكبر وبإتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسيّ.

التفكير الناقد عندما يتحرّك السلك بين المغناطيسين، سيتغيّر المجال المغناطيسيّ المؤثّر في السلك، ولذلك سيتولّد تيّار حثّيّ في السلك.

5-1 التيّار الكهربائيّ الناتج عن تغيّر المجالات المغناطيسيّة

1. التركيز

نشاط محفز

المولّد الكهربائيّ احصل على مجموعة المولّد والمصباح الضوئيّ الخاصّ بدرّاجة هوائيّة، ثم دوّر المولّد بواسطة اليد لمحاكاة الطاقة الميكانيكيّة التي يزوِّد بها راكب الدّرّاجة، واطلب إلى الطلبة ملاحظة الضوء، وكتابة توضيح مختصر لتحوّلات الطاقة التي تحدث في المولّد. تحوّل الطاقة الميكانيكيّة إلى طاقة كهربائيّة باستخدام العصف الذهني، اطلب إلى الطلبة التفكير في أشكال أخرى من الطاقة التي يمكن استخدامها بوصفها طاقة داخلة إلى المولّد. م 1 بصري–مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

المجالات المغناطيسيّة والشحنات الكهربائيّة

سيستخدم الطلبة المفاهيم الآتية: فرق الجهد، والتيارالكهربائي والمجال المغناطيسيّ لتحليل القوة المؤثّرة في الشحنات الموجودة في موصّل متحرّك داخل مجال مغناطيسيّ.

تجربة استهلالية

ماذا يحدث في المجال المغناطيسي المتغير؟

سؤال التجربة كيف يؤثر المجال المغناطيسي المتغير في ملف سلكي موضوع فيه؟

الخطوات

1. ضع قضيبين مغناطيسيين على بعد 8 cm من بعضهما بعضاً.
2. صل جلفانومترًا حساسًا بطرفي السلك النحاسي للملف.
3. حرك الملف ببطء بين المغناطيسين، ولاحظ قراءة الجلفانومتر.
4. غيّر زاوية حركة الملف، وسرعة حركته. ماذا تلاحظ؟ دوّن ملاحظاتك.

التحليل

ما الذي يسبب انحراف مؤشر الجلفانومتر؟
ما الحالة التي عندها قراءة الجلفانومتر أكبر ما يمكن؟

التفكير الناقد عندما يتحرك الملف السلكي بين المغناطيسين، ما الذي يحدث في السلك؟

5–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية

Electric Current From Changing Magnetic Field

الأهداف

- **توضح** كيف يعمل التغير في المجال المغناطيسي على توليد تيار كهربائي.
- **تعرّف** القوة الدافعة الكهربائية.
- **تحل** مسائل تتضمن حركة الأسلاك في مجال مغناطيسي.

المفردات

الحث الكهرمغناطيسي
القاعدة الرابعة لليد اليمنى
القوة الدافعة الكهربائية
المولد الكهربائي
متوسط القدرة

تعرّفت في الفصل السابق كيف اكتشف أورستد أن التيار الكهربائي يولّد مجالاً مغناطيسيًّا. ووجد العالم مايكل فاراداي أن العكس يجب أن يكون صحيحًا أيضًا؛ فالمجال المغناطيسي يولد تيارًا كهربائيًّا. وفي عام 1822م سجَّل فاراداي هدفًا في دفتر ملاحظاته، وهو تحويل المغناطيسية إلى كهرباء.

جرّب فاراداي عدة تركيبات للمجال المغناطيسي مع الأسلاك فلم ينجح. وبعد عشر سنوات تقريبًا من التجارب غير الناجحة وجد فاراداي أنه يمكن توليد تيار كهربائي عن طريق تحريك سلك داخل مجال مغناطيسي. وفي السنة نفسها وجد جوزيف هنري أن تغيُّر المجال المغناطيسي يمكن أن يولد تيارًا كهربائيًّا. أخذ هنري هذه الفكرة ثم طوَّرها عالم آخر، ووسع هذا التطبيق على أدوات تعليمية، لجعلها أكثر حساسية أو أكثر فاعلية. ولم تكن رؤية هنري لهذه الأدوات اكتشافًا جديدًا، إلا أنه جعل هذه الأدوات أكثر فاعلية، كأدوات تعليمية مساعدة. ولم يقرر هنري نشر اكتشافاته.

127

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

مايكل فارادي اكتشف مايكل فارادي العديد من القوانين الأساسية في الفيزياء والكيمياء، رغم أنه لم يتلقَّ تعليمًا رسميًّا منتظمًا، فهو ابن حدّاد إنجليزي، وكان يعمل بائعًا للكتب ومُجَلِّدًا لها عندما كان صبيًّا في الرابعة عشرة. وجد فارادي من خلال اكتشافاته العديدة أن التغيّر في المجال المغناطيسي، يمكنه توليد تيار حثّيّ، وقد أجرى العديد من التجارب التي توضّح أن القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة EMF تساوي معدل التغيّر في التدفّق المغناطيسي. ولقد ابتكر كذلك مفهوم خطوط المجالين الكهربائي، والمغناطيسي من خلال الأنماط المتكوّنة بوساطة برادة الحديد حول المغناطيس. وقد اكتشف فارادي أيضًا أوّل مولّد كهربائي، ووضع القوانين الصحيحة للكيمياء الكهربائية.

2. التدريس

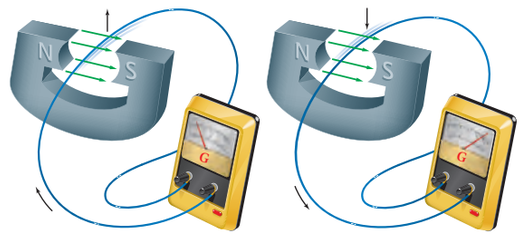
استخدام الشكل 2–5

اطلب إلى الطلبة مقارنة الشكل **2–5** والشكل **16–5**، ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية: ماذا تمثّل B في الشكلين؟ شدّة المجال المغناطيسي. ما اتجاهه 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 2–5** و **16–5**؟ في الشحنة، في السلك، ما الذي يتحرك في كلا **الشكلين 2–5** و **16–5**؟ السلك، الشحنة. م 2

المناقشة

سؤال إذا أسقطت مغناطيسًا إلى أسفل داخل أنبوب مصنوع من مادة موصّلة مثل النحاس، فهل يتولّد تيّار؟ إذا حدث ذلك فأين يتولّد التيار؟

الإجابة نعم، سيتولّد التيار في المسار الموصّل لجدار الأنبوب عندما يعبر التدفّق المغناطيسي المتغيّر خلال مساحة المقطع العرضي للأنبوب. الفترة الزمنيّة التي يتغيّر التدفّق المغناطيسي عندها هي عند اقتراب المغناطيس أو دخوله أو خروجه من أي طرف للأنبوب. أما عندما يكون المغناطيس داخل الأنبوب كليًّا، فسيكون التدفّق المغناطيسي ثابتًا (لا يتغير) فلا يتولّد تيّار.



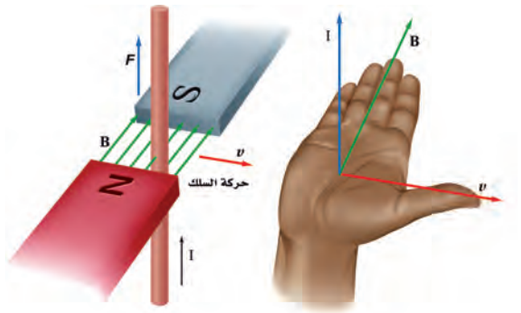
الشكل 1–5 عند تحريك سلك في مجال مغناطيسي يتولد فيه تيار كهربائي في أثناء حركته. ويعتمد اتجاه هذا التيار على اتجاه حركة السلك داخل المجال. وتشير الأسهم إلى اتجاه التيار الاصطلاحي المتولد.

الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction

يوضّح **الشكل 1–5** إحدى تجارب فاراداي التي وضع فيها جزءًا من سلك طرفاه متصلين بجلفانومتر داخل مجال مغناطيسي. حيث لاحظ عدم تولد تيار كهربائي في السلك عندما كان السلك ساكنًا، أو متحركًا بموازاة المجال المغناطيسي ، بينما تولد التيار الكهربائي في اتجاه معين، عند تحريك السلك إلى أعلى داخل المجال المغناطيسي، وكذلك يتولد تيار كهربائي في السلك في الاتجاه المعاكس عند تحريكه إلى أسفل. إن تولد هذا التيار الكهربائي يحدث فقط عندما يقطّع السلك خطوط المجال المغناطيسي في أثناء حركته.

وجد فاراداي أنه لتوليد التيار الكهربائي فإما أن يتحرك السلك في المجال المغناطيسي، أو يتحرك المجال المغناطيسي في منطقة السلك، أي أن الحركة النسبية بين السلك والمجال المغناطيسي هي التي تولد تيارًا كهربائيًّا. وتسمى عملية توليد التيار الكهربائي في دائرة كهربائية مغلقة بهذه الطريقة **الحث الكهرومغناطيسي**.

كيف يمكنك تحديد اتجاه التيار الكهربائي المتولد؟ لتحديد القوة المؤثرة في الشحنات داخل السلك نستخدم **القاعدة الرابعة لليد اليمنى**. ابسط يدك اليمنى بحيث يشير 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 موضّح في **الشكل 2–5**.



الشكل 2–5 يمكن استخدام القاعدة الرابعة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوى المؤثرة في الشحنات التي في الموصل الذي يتحرك داخل مجال مغناطيسي.

القوة الدافعة الكهربائية Electromotive Force

تعلمت من خلال دراستك للدوائر الكهربائية أن مصادر الطاقة الكهربائية كالبطارية مثلًا تستخدم في توليد تيار مستمر. وفرق الجهد المبذول من البطارية يسمى **القوة الدافعة الكهربائية** أو EMF. ومع ذلك فإن القوة الدافعة الكهربائية في الواقع ليست قوة. إنما هي فرق جهد وتقاس بوحدة الفولت.

ما الذي يولّد فرق الجهد الذي يسبب التيار الكهربائي الحثي في تجربة فاراداي؟ عندما تُحرك سلكًا داخل مجال مغناطيسي تؤثر بقوة في الشحنات داخل السلك، فتحركها في اتجاه القوة، أي أنه قد بُذل شغل على تلك الشحنات، فزاد مقدار طاقة وضعها الكهربائية أو جهدها. ويسمى فرق جهدها هذا القوةَ الدافعة الكهربائية الحثية، والتي تعتمد على كل من المجال المغناطيسي B، وطول السلك في المجال المغناطيسي L، والمركبة العمودية لسرعة السلك داخل المجال $v(\sin\theta)$.

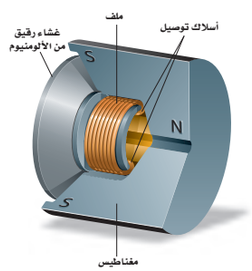
القوة الدافعة الكهربائية الحثية $EMF = BLv(\sin\theta)$

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 السلك داخل المجال المغناطيسي بحيث يصنع زاوية مع المجال المغناطيسي، فإن مركبة السرعة العمودية على المجال المغناطيسي هي فقط التي تولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية. أما إذا تحرك السلك بسرعة عمودية على المجال المغناطيسي فإن المعادلة السابقة ستصبح كما يأتي: $EMF = BLv$ لأن $\sin 90^\circ = 1$. والتحقق من الوحدات المستخدمة يساعدك 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. ولأن السرعة تقاس بوحدة m/s فباستخدام تحليل الوحدات نستنتج أن: $V = J/C = N.m/A.s = (N/A.m)(m)(m/s)$.

تذكر مما تعلمته سابقًا أن $J = N.m$، $A = C/s$ و $V = J/C$.

تطبيق على القوة الدافعة الكهربائية الحثية يعدّ الميكروفون تطبيقًا بسيطًا على القوة الدافعة الكهربائية الحثية. فالميكروفون يشبه السماعة من حيث التركيب؛ حيث يحتوي الميكروفون الموضّح في **الشكل 3–5** على غشاء رقيق يتصل بملف حر الحركة داخل مجال مغناطيسي، وتعمل الموجات الصوتية على اهتزاز الغشاء الرقيق الذي سيحرك الملف داخل المجال المغناطيسي، وتولد حركة الملف هذه بدورها القوة الدافعة الكهربائية الحثية بين طرفي الملف. وتتغير القوة الدافعة الكهربائية الحثية وفق تغير ترددات الصوت؛ إذ تتحول موجات الصوت في هذه العملية إلى نبضات (إشارات) كهربائية، ويكون فرق الجهد المتولد صغيرًا، من رتبة 10^{-3} V، إلا أنه يمكن زيادة فرق الجهد هذا أو تضخيمه باستخدام أدوات إلكترونية.



الشكل 3–5 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 مولّدًا تيارًا كهربائيًا يتناسب مع موجات الصوت.

استخدام التشابه

القوة الدافعة الكهربائية EMF، **البطارية**، **وفرق الجهد** أشر إلى أن القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة المتولّدة خلال قطعة سلك تنتج فرق جهد بين نقطتين (طرفي السلك)، ويشبه فرق الجهد هذا فرق الجهد الناتج عن خلية أو بطارية. اسأل الطلبة عما إذا كانت البطارية تولّد فرق جهد. بين قطبيها؛ ووضّح أنه ليس ضروريًّا أن تكون البطارية أو السلك جزءًا من دائرة لكي يتولّد فرق جهد. م 2

تطوير المفهوم

السماعة والميكروفون قارن السماعة بالميكروفون. تحوّل السماعة الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتيّة، في حين يحوّل الميكروفون الطاقة الصوتيّة إلى طاقة كهربائية. تستخدم بعض أنظمة الاتصال الداخلي (الإنتركم) في المنازل أو المدارس السماعات للغرضين معًا. وهذا مثال جيد على التماثل بين العديد من التأثيرات الكهرومغناطيسية؛ فحلقات السلك المتحرّكة داخل المجال المغناطيسي تسبّب حركة الشحنات خلالها (تيار)، والتيار المارّ في الحلقات السلكية الموضوعة داخل المجال المغناطيسي يُسبّب الحركة لهذه الحلقات.

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

وحدات القوة الدافعة الكهربائية

استخدم الجدول لاشتقاق الوحدة المناسبة للقوة الدافعة الكهربائية الحثية.

المتغيّر	الوحدة الدولية	الوحدات المشتقّة
B	T	N/A.m
I	A	C/s
L	m	
v	m/s	
V	V	J/C
W	J	N.m

$$(T)(m)\left(\frac{m}{s}\right) = \left(\frac{N}{A.m}\right)\left(\frac{m}{1}\right)\left(\frac{m}{s}\right)$$
$$= \left(\frac{N}{\left(\frac{C}{S}\right)\left(\frac{m}{1}\right)}\right)\left(\frac{m}{1}\right)\left(\frac{m}{s}\right)$$
$$= \left(\left(\frac{N}{C.m}\right)\left(\frac{S}{1}\right)\right)\left(\frac{m}{1}\right)\left(\frac{m}{s}\right)$$
$$= \frac{(N.S.m^2)}{(C.m.S)} = \frac{(N.m)}{C} = \frac{J}{C}$$
$$= V$$

م 1 منطقي-رياضي

مثال صفي

سؤال يتحرّك سلك مستقيم طوله 0.30 m بسرعة ثابتة مقدارها 10.0 m/s عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره 0.20 T. ما مقدار:

a. القوة الدافعة الكهربائية الحثّية EMF المتولّدة فيه؟

b. التيار المارّ في السلك إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 25 Ω ؟

الجواب

a. $EMF = BL\upsilon(\sin\theta)$
$= (0.20\ T)(0.30\ m)(10.0\ m/s)(1)$
$= 0.60\ V$

b. $I = \frac{V}{R} = \frac{EMF}{R} = \frac{0.60\ V}{25\ \Omega} = 0.024\ A$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الملفّ السلكي الساكن اسأل الطلبة السؤال الآتي: هل يمكن أن تتولّد قوة دافعة كهربائية حثّيّة في ملفّ سلكي ساكن؟ ستكون إجابات العديد من الطلبة: لا؛ لأن $\upsilon = 0$ خلال المعادلة $EMF = BL\upsilon$. أشر إلى أن المعادلة حالة خاصّة لسلك متحرّك داخل مجال مغناطيسي منتظم. لكن ستتولّد قوة دافعة كهربائية حثّيّة في الملفّ الساكن إذا تغيّر المجال المغناطيسي حوله. فمثلاً تتولد قوة دافعة كهربائية حثّيّة في الملفّ الموجود بين قطبي مغناطيس كهربائي لحظة إغلاق دائرته. وفي هذه الحالة يكون السبب في توليد قوة دافعة كهربائية حثّيّة هو $\Delta B/\Delta t$ وليس B بذاتها.

مثال 1

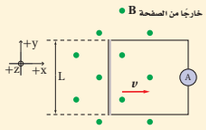
توليد قوة دافعة كهربائية حثية سلك مستقيم طوله 0.20 m يتحرك بسرعة منتظمة مقدارها 7.0 m/s عموديًا على مجال مغناطيسي شدته 8×10^{-2} T، أجب عما يأتي:

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 0.50 Ω فما مقدار واتجاه التيار المار بالسلك؟

c. إذا استخدم سلك مصنوع من فلز آخر مقاومته 0.78 Ω فما مقدار واتجاه التيار الجديد المتولد؟

1 تحليل المسألة ورسمها



- أنشئ نظام محاور.
- ارسم خطًّا مستقيمًا يمثل سلكًا طوله L، وصل معه أميتر لقياس التيار.
- اختر اتجاهًا للمجال المغناطيسي بحيث يكون عموديًّا على طول السلك.
- اختر اتجاهًا للسرعة بحيث يكون عموديًّا على كل من طول السلك والمجال المغناطيسي.

المعلوم	المجهول
$\upsilon = 7.0\ m/s$	$EMF = ?$
$L = 0.20\ m$	$I = ?$
$B = 8.0\times10^{-2}\ T$	
$R_1 = 0.50\ \Omega$	
$R_2 = 0.78\ \Omega$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. بالتعويض عن $B = 8.0\times10^{-2}\ T$، $L = 0.20\ m$، $\upsilon = 7.0\ m/s$، $\sin 90^0 = 1$

$EMF = BL\upsilon\sin\theta$
$= (8.0\times10^{-2}\ T)(0.20\ m)(7.0\ m/s)$
$= 0.11\ T.m^2/s$
$= 0.11\ V$

b.

$I = \frac{V}{R}$
$= \frac{EMF}{R}$
$= \frac{0.11\ V}{0.50\ \Omega}$
$= 0.22\ A$

بالتعويض عن $V = EMF$

بالتعويض عن $EMF = 0.11\ V$ ، $R_1 = 0.50\ \Omega$

باستخدام القاعدة الرابعة لليد اليمنى يكون التيار في عكس اتجاه عقارب الساعة

c. بالتعويض عن $EMF = 0.11\ V$، $R_2 = 0.78\ \Omega$

$I = \frac{EMF}{R}$
$= \frac{0.11\ V}{0.78\ \Omega}$
$= 0.14\ A$

اتجاه التيار عكس عقارب الساعة

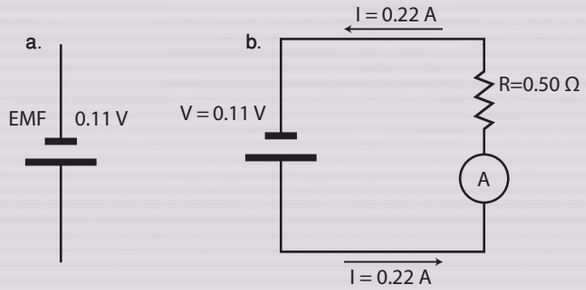
3 تقويم الجواب

- **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 υ في اتجاه الإبهام، وB في اتجاه الأصابع وI في اتجاه العمودي على باطن الكف، واتجاه التيار هو اتجاه القوة نفسه.
- **هل الجواب منطقي؟** الإجابات قريبة من 10^{-1} وهذا يتفق مع القيم المعطاة والعمليات الحسابية.

نشاط

تحدٍّ

رسم مخططات دوائر كهربائية اطلب إلى الطلبة رسم مخطّطات للدائرة الكهربائية الواردة في الجزء b من المثال 1 والمسائل التدريبية 1 و 3، واطلب إليهم أن يوضّحوا كيف أن السلك المتحرّك بسرعة ثابتة عموديًّا على مجال مغناطيسي منتظم، يعمل عمل مصدر لفرق الجهد في الدائرة لتوليد قوة دافعة كهربائية. م 3 **بصري–مكاني**



مسائل تدريبية

1. سلك مستقيم طوله 0.5 m يتحرك إلى أعلى بسرعة 20 cm /s داخل مجال مغناطيسي أفقي مقداره 0.4 T، اجب عما يأتي :
   a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟
   b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 6.0 Ω فما مقدار التيار المار في الدائرة؟
2. سلك مستقيم طوله 25 m مثبت على طائرة تتحرك بسرعة 125 m /s عموديًّا على المجال المغناطيسي الأرضي $B=5.0\times10^{-5}$ T، ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟
3. مغناطيس دائم على شكل حذوة فرس موضوع بصورة بحيث تكون خطوط المجال المغناطيس رأسية. مرر طالب سلكًا مستقيمًا بين قطبيه، وسحبه نحوه خلال المجال المغناطيسي، فتولد فيه تيار من اليمين إلى اليسار. حدّد القطب الشمالي للمغناطيس.

المولدات الكهربائية Electric Generators

يحوّل **المولد الكهربائي (الدينامو)** الذي اخترعه مايكل فاراداي الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. ويتركب المولد الكهربائي من عدد من الملفات الموضوعة داخل مجال مغناطيسي قوي، وتلف حول قلب من الحديد؛ لتركيز خطوط المجال المغناطيسي وزيادة فاعلية المولد.

يثبت الملف ذو القلب الحديدي الخاص بالمولد بحيث يكون حر الحركة داخل المجال المغناطيسي، وخلال دورانه تقطّع لفاته خطوط المجال المغناطيسي، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية، وتعتمد القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على طول السلك الذي يدور في المجال. وبزيادة عدد لفات الملف يزداد طول السلك، فتزداد القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة.

لاحظ أنه قد يكون جزء فقط من طول السلك موجودًا داخل المجال المغناطيسي. لذا فإن حركة ذلك الجزء فقط هي التي تولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية.

التيار الناتج من مولد كهربائي عند وصل المولد الكهربائي بدائرة مغلقة، تُنتج القوة الدافعة الكهربائية الحثية تيارًا كهربائيًّا. ويوضح **الشكل 4–5** مولدًا كهربائيًّا يتكون من لفة واحدة على شكل مستطيل من دون قلب حديد. حيث يمكن تحديد اتجاه التيار الحثي باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى. ومع دوران اللفة يتغير مقدار التيار الكهربائي واتجاهه.

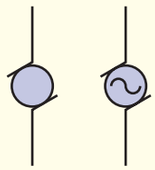
الشكل 4–5 يتولد تيار كهربائي في ملف في أثناء دورانها في مجال مغناطيسي.

مسائل تدريبية

1. a. 0.04 V
   b. 6.7×10^{-3} A
2. 0.16 V
3. القطب الشمالي في الأسفل.

تعزيز الفهم

رمز مولّد التيار المتردّد AC اطلب إلى الطلبة تذكّر رمز مولّد التيار المستمر DC، وأن يقارنوه مع رمز مولّد التيار المتردّد AC. م1 **بصري–مكاني**



تطوير المفهوم

المولدات والمحركات يخلط بعض الطلبة بين جهازي المولّد الكهربائي والمحرّك الكهربائي. اطلب إلى الطلبة إجراء مقارنة بين المولّد الكهربائي والمحرّك الكهربائي، وأشر إلى أن المولّد يحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، بينما يحوّل المحرّك الكهربائي الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية. م2

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

قانون فاراداي اكتشف فاراداي الطريقة التي من خلالها يمكن للمجال المغناطيسي المتغيّر أن يولّد مجالاً كهربائيًّا. فالقوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة حول حوافّ سطح تخيّليّ يتغيّر خلاله المجال المغناطيسي تساوي، سالب المعدل الزمني للتغيّر في التدفّق المغناطيسي خلال هذا السطح، ويعبّر عن التدفّق المغناطيسي في حالة المجال المنتظم بوساطة العلاقة الآتية: $\Phi=B\,A\cos\theta$، حيث θ الزاوية بين المجال والعمودي على السطح. ويمكن استخدام قانون فاراداي 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 المولّد الكهربائي.

عرض سريع

المولّد-المحرّك

الزمن المقدر 5 دقائق

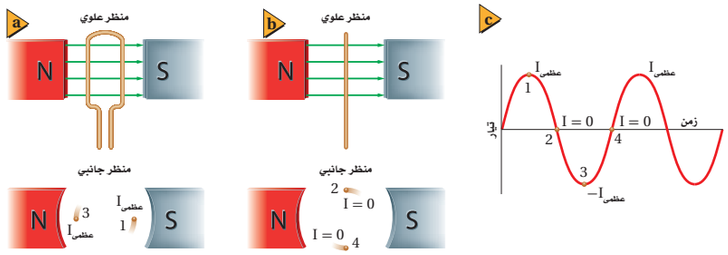
المواد والأدوات جلفانومتران متماثلان، وسلكان.

الخطوات صِل الجلفانومترين على التوالي. خذ أحد الجلفانومترين، وهزّه ودع الطلبة يلاحظوا انحراف مؤشّره. كرّر ذلك، ودع الطلبة يلاحظوا انحراف مؤشّر الجلفانومتر الثاني. سيتحرك مؤشرا الجلفانومترين، وضّح أنه عند إمالة الجلفانومتر الأول، فإنك تجعل ملفّه يدور داخل مجال مغناطيسي، فتتولّد قوة دافعة كهربائية حثّيّة في الملفّ، ولذلك يعمل هذا الجلفانومتر عمل مولّد يحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. سيمرّ تيّار حثّيّ 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 التأرجح في رمز مولّد التيار المتناوب AC؟

الإجابة يبدو تمثيل التيار الناتج إلى حدّ ما، كإشارة التأرجح، كما في **الشكل 5C–5**. م 1

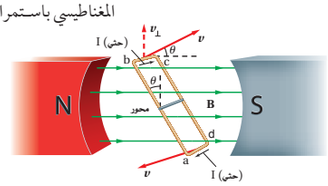


الشكل 5–5 صورة للمقطع العرضي لحلقة سلكية دوّارة تبين موقع الحلقة عندما يتولد أقصى تيار (**a**). عندما تكون الحلقة في وضع رأسي يكون التيار صفرًا (**b**). يتغير التيار مع الزمن عند دوران الحلقة (**c**). ويمكن توضيح تغير EMF مع الزمن من خلال رسم بياني مماثل.

نحصل على أكبر قيمة للتيار عندما تكون حركة الملف عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي، وتتم هذه العملية عندما يكون الملف في وضع أفقي، كما هو موضّح في **الشكل 5a–5**. وفي هذا الوضع تكون مركبة سرعة الملف العمودية على المجال المغناطيسي أكبر ما يمكن. ومع استمرار دوران الملف من الوضع الأفقي إلى الوضع الرأسي، كما هو موضّح في **الشكل 5b–5**، تزداد الزاوية التي يصنعها مع خطوط المجال المغناطيسي، فيقطع عددًا أقل من خطوط المجال المغناطيسي لكل وحدة زمن، لذا يقل التيار الكهربائي المتولد. وعندما يصبح الملف في وضع رأسي، تتحرك قطع السلك بصورة موازية لخطوط المجال، مما يؤدي إلى تناقص التيار الكهربائي المتولد حتى يصبح صفرًا. ومع استمرار دوران الملف، فإن الجزء الذي كان يتحرك في اتجاه الأعلى، سيتحرك في اتجاه الأسفل، فينعكس اتجاه التيار المتولد في الملف، وهذا التغير في الاتجاه يحدث كلما دار الملف زاوية مقدارها 180°، فيتغير التيار باستمرار من صفر إلى قيمة عظمى كل نصف دورة، ثم ينعكس اتجاهه. ويوضّح **الشكل 5c–5** منحنى العلاقة بين التيار والزمن.

هل تساهم أجزاء الملف كاملة في توليد قوة دافعة كهربائية حثية؟ انظر **الشكل 6–5**. لأن الجوانب الأربعة للملف موجودة داخل المجال المغناطيسي يتولد تيار حثي في الضلعين ad وbc، في حين لا يتولد تيار في الضلعين ab و cd. ويمكن تفسير ذلك بتطبيق القاعدة الرابعة لليد اليمنى على الأضلاع الأربع كما يأتي: يكون اتجاه التيار الحثي في الضلعين cd وab في اتجاه عمودي على طوليهما، لذا لا يكون هناك تيار على طول هذين الضلعين. لكن يتولد تيار في كل من ad، bc في اتجاه طوليهما أي من b إلى c، ومن d إلى a، وهذا يجعل التيار الحثي يسري في الدائرة.

الشكل 6–5 القطعتان bc، ad هما فقط القطعتان اللتان لهما تيار حثي يتدفق خلالهما. ويمكن ملاحظة ذلك باستخدام القاعدة الرابعة لليد اليمنى.



ولأن الملف يدور حركة دائرية فسوف يتغير مقدار الزاوية النسبية بين أي نقطة والمجال المغناطيسي باستمرار. لذلك تستخدم العلاقة $EMF = BLv \sin\theta$ لحساب القوة الدافعة الكهربائية؛ حيث تمثل L طول الضلع، فيكون أقصى جهد (EMF عظمى) عندما يتحرك الموصل عموديًا على المجال المغناطيسي، أي تكون $\theta = 90°$.

يقوم مبدأ عمل المولدات الكهربائية على تحويل الطاقة الميكانيكية للماء خلف السد إلى طاقة كهربائية يستثمر جزء منها في إدارة التوربينات، التي تعمل بدورها على تدوير الملفات داخل مجال مغناطيسي، فتتولد قوة دافعة كهربائية.

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

نشاط

العلاقة بين $I_{فعال}$ و $I_{عظمى}$ ساعد الطلبة على الربط بين مقدار التيار المتناوب الفعّال والقيمة العظمى له.

$P_{AC} = \frac{1}{2} P_{AC\ عظمى}$ ، $I^2_{فعّال} R = \frac{1}{2} I^2_{عظمى} R$

$$I_{فعال} = \sqrt{\frac{1}{2} I^2_{عظمى}} = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}} I_{عظمى} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{عظمى} = 0.707\, I_{عظمى}$$

استخدم العلاقة السابقة و $I = \frac{V}{R}$ ، واطلب إلى الطلبة الربط بين $V_{فعال}$ و $V_{عظمى}$

م 1 منطقي-رياضي

تعزيز الفهم

الدائرة المغلقة اسأل الطلبة: ما الذي يبيّن أن المصباح في الشكل **5–7** جزء من دائرة مغلقة؟ أنه مضيء. اطلب إلى الطلبة إنشاء رسم تخطيطي للدائرة المغلقة.

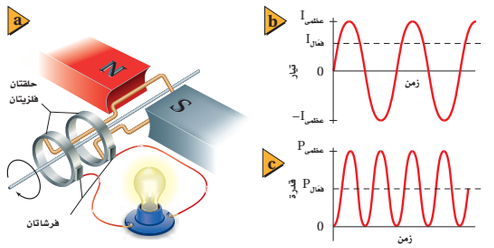
م 2 بصري–مكاني

التفكير الناقد

تفكيك المولد اسأل الطلبة: أيّ أجزاء المولد في الشكل **5–7** تدور، وأيّها ثابتة؟ الأجزاء التي تدور هي الملف ذو القلب الحديدي، والحلقتان، والملفّ. أما الأجزاء التي لا تدور فهي الفرشاتان والمغانط. اسأل الطلبة: كيف يمكن تقليل الأجزاء التي تدور في المولّد؟ بوساطة تدوير المغانط. م 2

تطوير المفهوم

المجال الدوار للمغانط لأن الملفات ذات القلب الحديدي في بعض المولدات الكهربائية تكون ثقيلة جدًّا، لذا من الأفضل والأكثر فاعلية جعل المغانط هي التي تدور حول الملف.



الشكل 7–5 ينقل مولد التيار المتناوب التيار إلى دائرة خارجية عن طريق فرشاتين تلامسان الحلقتين (a). التيار المتناوب الناتج يتغير مع الزمن (b)، تكون القدرة الناتجة دائمًا موجبة، كما تكون (c) أيضًا دالة جيبية.

مولدات التيار المتناوب Alternating–Current Generators

يعمل مصدر الطاقة على تدوير ملف المولد داخل المجال المغناطيسي بعدد محدد من الدورات في الثانية. ومعظم الأدوات والأجهزة الكهربائية في الدول العربية تعمل بوساطة تيار تردده 60 Hz، حيث ينعكس اتجاه التيار 60 مرة في الثانية الواحدة. ويبين **الشكل 5–7a** كيف ينتقل التيار المتناوب AC المتولد في الملف إلى بقية أجزاء الدائرة. ويسمح ترتيب مجموعة الفرشاتين والحلقتين الفلزيتين الزلقتين للملف بالدوران بحرية، مع الاستمرار في السماح بعبور التيار الكهربائي إلى الدائرة الخارجية. ويتغير هذا التيار المتناوب بين صفر وقيمة عظمى في أثناء دوران ملف المولد، كما هو موضّح في **الشكل 5–7b**.

متوسط القدرة القدرة الناتجة بوساطة مولد كهربائي تساوي حاصل ضرب التيار الكهربائي في الجهد. ولأن كلًّا من التيار والجهد متغير فستكون القدرة المرافقة للتيار المتناوب متغيرة أيضًا. يوضّح **الشكل 5–7c** التمثيل البياني للقدرة الناتجة بوساطة مولد تيار متناوب AC. لاحظ أن القدرة تكون دائمًا موجبة؛ لأن كلًّا من I، و V يكونان إما موجبين أو سالبين معًا. **ومتوسط القدرة** P_{AC} يمثل نصف القدرة العظمى، لذا فإن:

$$P_{AC}=\frac{1}{2}P_{AC\,عظمى}$$

التيار الفعّال والجهد الفعّال يوصف التيار المتناوب والجهد المتناوب غالبًا بدلالة التيار الفعّال والجهد الفعّال، بدلاً من الإشارة إلى القيم العظمى لهما، والتي تساوي جذر متوسط مربع القيمة العظمى للتيار(أو الجهد). وحيث أن: $P=I^2R$. فيمكنك التعبير عن التيار الفعّال $I_{فعال}$ بدلالة متوسط القدرة: P_{AC} كما يأتي: $P_{AC}=I^2_{فعال}R$. ولإيجاد التيار الفعّال $I_{فعال}$ بدلالة القيمة العظمى للتيار $I_{عظمى}$، ابدأ بعلاقة القدرة $P_{AC}=\frac{1}{2}P_{AC\,عظمى}$، ثمّ عوّض في I^2R وحل المعادلة لإيجاد $I_{عظمى}$.

التيار الفعّال $I_{فعال}=\frac{\sqrt{2}}{2}I_{عظمى}$

التيار الفعّال يساوي $\frac{\sqrt{2}}{2}$ مضروبًا في القيمة العظمى للتيار.

وبالطريقة نفسها يمكن استعمال المعادلة الآتية للتعبير عن الجهد الفعّال:

الجهد الفعّال $V_{فعال}=(\frac{\sqrt{2}}{2})V_{عظمى}=0.707\,V_{عظمى}$

الجهد الفعّال يساوي $\frac{\sqrt{2}}{2}$ مضروبًا في القيمة العظمى للجهد.

133

نشاط — طرائق تدريس متنوعة

إعاقة بصرية لكي يفهم الطلبة الضعاف البصر وظيفة المولّد الكهربائي بصورة أفضل، وزّع الطلبة في مجموعات ثنائيّة، على أن يرافق الطالب ذا البصر الضعيف في مجموعته طالب آخر مبصر. واطلب إلى مجموعات الطلبة بناء دائرة كهربائية بسيطة باستخدام بطارية، ومفتاح كهربائي، وجرس كهربائي. ثم اطلب إلى الطلبة إغلاق المفتاح الكهربائي والإصغاء إلى صوت الجرس. والآن اطلب إلى الطلبة استخدام مولّد كهربائي ذي ذراع تدوير يدويّ بدلاً من البطارية، وتكرار العرض مرة أخرى، على أن يتمّ العرض أولاً بشرط ألا يُحرّك ذراع التدوير اليدويّ الخاصّ بالمولّد، ثم ينفّذ العرض بتدوير ذراع التدوير اليدويّ. ثم اطلب إليهم أن يستنتجوا أن المولّد ذا ذراع التدوير اليدويّ، ينتج أثرًا في الدائرة مماثلاً لأثر البطارية. ثم وجّه الطلبة إلى إدراك أن دائرة المولّد الكهربائي تحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، وطاقة صوتية. م 1 حركي

مسائل تدريبية

4. 1.2×10^{2} V **a.**

b. 0.49 A

5. 1.5×10^{2} W

3. التقويم

التحقق من الفهم

القوة الدافعة الكهربائية في مولّد التيّار المتناوب اطلب إلى الطلبة أن يوضّحوا لماذا يكون للقوة الدافعة الكهربائية في مولّد التيّار المتناوب صفران في الدورة الواحدة. إن قيمة القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة المتولّدة تغيّر إشارتها مرتين في كل دورة (360°). ولأن القوة الدافعة الكهربائية تتغيّر باستمرار لذا تصبح قيمتها صفرًا كلما غيّرت إشارتها. اسأل عن موضع الملفّ عندما تساوي القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة صفرًا. يكون موازيًا للمجال المغناطيسي. م2 **بصري–مكاني**

إعادة التدريس

$\mathrm{EMF}=BL\upsilon(\sin\theta)$ راجع مع الطلبة المعادلة $\upsilon(\sin\theta)$ واطلب إليهم تحديد الكمّيّات الآتية L,B و $\upsilon(\sin\theta)$ على الترتيب: مقدار المجال المغناطيسي، وطول الموصّل ومركّبة سرعة الملفّ العمودية على المجال المغناطيسي. اطلب إلى الطلبة تحديد كمية واحدة تتغيّر في معظم المولّدات، وأن يوضّحوا لماذا لا تكون ثابتة، وأن يبيّنوا متى تكون قيمتها صفرًا. الكمية هي $\upsilon(\sin\theta)$، وهي ليست ثابتة لأن الملفّ يدور في المجال المغناطيسي، وتكون قيمتها صفرًا عندما تكون... $\theta=0,\ \pi,\ 2\pi,\ 3\pi$ م2 **منطقي–رياضي**

مسائل تدريبية

4. مولد تيار متناوب يولّد جهدًا ذا قيمة عظمى مقدارها 170 V، أجب عما يلي:

a. ما مقدار الجهد الفعّال؟

b. إذا وصل مصباح قدرته 60 W بمولد، وكانت القيمة العظمى للتيار 0.70 A فما مقدار التيار الفعّال في المصباح؟

5. إذا كان متوسط القدرة المستنفدة في مصباح كهربائي 75 W فما مقدار القيمة العظمى للقدرة؟

ويعرّف التيار الفعّال بأنه قيمة التيار المستمر الذي يولّد كمية الحرارة نفسها التي يولدها التيار المتناوب لو مرّ كل منهما على حدة في المقاومة نفسها وفي الزمن نفسه.

لقد عرفت في هذا البند كيف يمكن لحركة الأسلاك داخل المجالات المغناطيسية أن تحث وتولد تيارًا كهربائيًّا خلال هذه الأسلاك. وبالمقابل فإنه يمكن توليد تيار حثي يسري خلال الموصل بوساطة تغير المجال المغناطيسي حول موصل كما أشار فارادي. في البند التالي ستكتشف أثر تغير المجالات المغناطيسية، وتطبيقات على الحث بوساطة تغير المجالات المغناطيسية.

5–1 مراجعة

6. المولد الكهربائي هل يمكنك عمل مولد كهربائي بوضع مغناطيس دائم على محور قابل للدوران مع الإبقاء على الملف ساكنًا؟ وضّح إجابتك.

7. مولد الدراجة الهوائية يعمل مولد الكهرباء في الدراجة الهوائية على إضاءة المصباح. ما مصدر طاقة المصباح عندما يقود راكب الدراجة دراجته على طريق أفقية مستوية؟

8. الميكروفون ارجع إلى الميكروفون الموضّح في **الشكل 3–5**. ما اتجاه التيار في الملف عندما يُدفع الغشاء الرقيق إلى الداخل؟

9. التردد ما التغيرات اللازم إجراؤها على مولد كهربائي لزيادة التردد ؟

10. الجهد الناتج وضّح لماذا يزداد الجهد الناتج عن مولّد عند زيادة المجال المغناطيسي؟ وما الذي يتأثر أيضًا بزيادة مقدار المجال المغناطيسي؟

11. المولد الكهربائي وضح مبدأ العمل الأساسي للمولد الكهربائي.

12. التفكير الناقد سأل طالب: لماذا يستنفد التيار المتناوب قدرة؟ حيث أن الطاقة التي تتحول إلى المصباح عندما يكون التيار موجبًا تلغى عندما يكون التيار سالبًا، ويكون الناتج صفرًا. وضح لماذا يكون هذا الاستدلال غير صحيح.

5-1 مراجعة

6. نعم، الحركة النسبيّة بين الملفّ والمجال المغناطيسي هي المهمة فقط.

7. الطاقة الكيميائية المختزنة لراكب الدراجة.

8. في اتجاه حركة عقارب الساعة من اليسار.

9. زيادة عدد أزواج الأقطاب المغناطيسية.

10. يرتبط مقدار الجهد الحثّيّ المتولّد مباشرة مع مقدار المجال المغناطيسي، يتولّد جهد أكبر في الموصّل عند زيادة مقدار المجال المغناطيسي. ويتأثر التيار والقدرة في دائرة المولّد أيضًا.

11. فرق الجهد يتولّد عندما يتحرك جزء من سلك كهربائي في مجال مغناطيسي، وقد يزداد الجهد الحثّيّ المتولّد باستخدام مجال مغناطيسي أقوى، وبزيادة سرعة الموصّل أو بزيادة الطول الفعّال للموصّل المتحرك، فتتحول الطاقة المغناطيسية إلى طاقة كهربائية.

12. القدرة هي المعدل الزمني لنقل الطاقة، القدرة 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.

5-2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية

5–2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية
Changing Magnetic Fields Induce *EMF*

ينتج التيار في المولد عندما يدور الملف داخل المجال المغناطيسي. وأثر توليد التيار يُنتج قوة تؤثر في الأسلاك المكونة للملف، فما اتجاه القوة المؤثرة في الأسلاك المكونة للملف؟

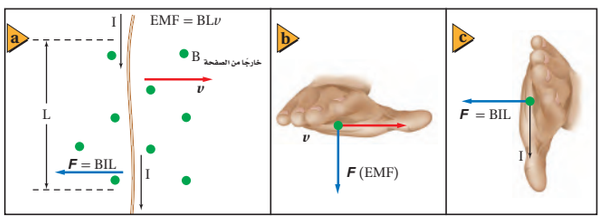
الأهداف
- **تطبق** قانون لنز.
- **توضح** القوة الدافعة الكهربائية العكسية، وكيف تؤثر في عمل المولدات والمحركات.
- **توضح** الحث الذاتي وتأثيره في الدوائر الكهربائية.
- **تحل** مسائل متعلقة بالمحولات، تتضمن الجهد والتيار ونسب عدد اللفات.

المفردات
قانون لنز
التيار الدوامي
الحث الذاتي
المحوّل الكهربائي
الملف الابتدائي
الملف الثانوي
الحث المتبادل
المحول الرافع
المحول الخافض

قانون لنز Lenz's Law

تخيل جزءًا من سلك أحد الحلقات يتحرك عمودياً خلال مجال مغناطيسي، كما هو موضح في **الشكل 5–8a**. ستتولد في السلك قوة دافعة كهربائية حثية تساوي BLv. إذا كان المجال المغناطيسي خارجًا من الصفحة واتجاه السرعة نحو اليمين فستكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة نحو أسفل الصفحة ؛ وذلك وفقًا للقاعدة الرابعة لليد اليمنى، لذا سيتولد تيار نحو أسفل الصفحة، كما هو موّضح في **الشكل 5–8b**. تعلمت مما درسته من قبل أن السلك الذي يحمل تيارًا وموضوعًا 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 متجهًا نحو أسفل الصفحة، والمجال المغناطيسي B متجهًا نحو الخارج فعندئذ تكون القوة الناتجة باتجاه اليسار، كما موضّح في **الشكل 5–6c**، وهذا يعني أن اتجاه القوة المؤثرة في السلك ستكون معاكسة 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 بوساطة العالم لنز، ثم سميت قانون لنز. وينص **قانون لنز** على أن اتجاه التيار الحثي يعاكس التغير في المجال المغناطيسي الذي يسبب ذلك التيار الحثي. لاحظ أن التغير في المجال – وليس المجال نفسه – هو الذي يعاكس التأثيرات المغناطيسية الحثية.

ممانعة التغير **الشكل 5–9** يبين كيفية عمل قانون لنز؛ فعند تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من الطرف الأيسر للملف، تتولد قوة تمانع اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس، لذلك يجب أن يصبح الطرف الأيسر للملف قطبًا شماليًّا أيضًا، أي أنه يجب أن تخرج خطوط المجال المغناطيسي من الطرف الأيسر للملف. وباستخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى ستجد أنه إذا كان قانون لنز صحيحًا، فإنه يجب أن يكون التيار الحثي في اتجاه معاكس لحركة عقارب الساعة عند النظر إلى الملف من جهة الطرف الذي اقترب منه المغناطيس، وقد دلت التجارب على صحة ذلك. وإذا عكس المغناطيس بحيث يقترب القطب الجنوبي للمغناطيس إلى الملف مرور التيار الحثي في اتجاه حركة عقارب الساعة.



الشكل 5–8 سلك طوله L يتحرك في مجال مغناطيسي B يحث على توليد قوة دافعة كهربائية فيه، إذا كان السلك جزءًا من دائرة فسيتولد تيار حثي مقداره I. وهذا التيار يتفاعل مع المجال المغناطيسي وتنتج قوة مقدارها F. لاحظ أن القوة الناتجة تمانع حركة السلك v.

1. التركيز

نشاط محفّز

المحولات الإلكترونية الصغيرة خذ مجموعة أجهزة إلكترونية تعمل بوساطة محوّل خارجي يوصّل مع مصدر القدرة (مثل مشغّل الأقراص المدمجة CD، وآلة حاسبة)، ثم حثّ الطلبة أن يستنتجوا وظيفة المحولات التي وصلتها بها. تزويد الأجهزة الصغيرة بقدرة كهربائية واسألهم: ما الدليل على أن هذه المحولات ليست مولّدات؟. يبدو من المنظر والصوت، فعند الإصغاء إليها بوضوح تستنتج أنها لا تحتوي على أي أجزاء متحركة. **بصري-مكاني** 1م

الربط مع المعرفة السابقة

الحث يوظف الطلبة ما تعلموه سابقًا عن قواعد اليد اليمنى، ومفهوم القوة الدافعة الكهربائية الحثّية، لاستكشاف الحثّ المتبادل، والحثّ الذاتي بالإضافة إلى عمل المحوّلات.

2. التدريس

تطوير المفهوم

الطاقة، المجالات المغناطيسية، والمجالات الكهربائية في هذا البند يتم التأكيد على العلاقة بين الملفّات، والمكثّفات، حيث تعمل الأولى على تخزين الطاقة في المجال المغناطيسي، أمّا الثانية فتعمل على تخزين الطاقة في المجال الكهربائي.

استخدام الشكل 9–5

أشر إلى أن التيار الحثّي سيكون في الاتجاه المعاكس إذا تحرك قضيب المغناطيس مبتعدًا عن الملفّ، واسأل الطلبة: ماذا يحدث للتيار الحثّي إذا توقّف قضيب المغناطيس عن الحركة؟ سيصبح التّيّار الحثّي صفرًا. م 2

تجربة إضافية

تباطؤ المحرك الكهربائي

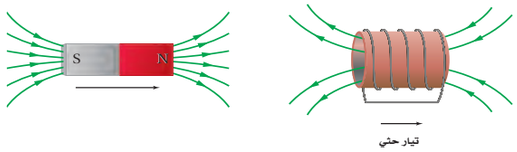
الهدف يلاحظ أثر القوة الدافعة الكهربائية العكسيّة في المحرك.

المواد والأدوات مصدر قدرة DC(0–12)V، ومحرك DC صغير، وأميتر، وفولتمتر، وأسلاك.

الخطوات

1. كون دائرة توالٍ من الأدوات، واصِلاً الفولتمتر مع المحرك، واضبط إعدادات مصدر القدرة بحيث يدور المحرك بسرعة متوسطة.
2. قِسْ تيّار الدائرة، وفرق الجهد بين طرفي المحرك ودوّن القِيَم.
3. على الطلبة أن يلاحظوا أن دوران المحرك، سيولّد قوة دافعة كهربائية عكسيّة.

التقويم توقّع ما يحدث للتيّار، إذا أُوقف محور المحرك عن الدوران، دوّن البيانات، وفسّر النتائج، عندما يأخذ محور المحرك بالتوقف تقلّ القوة الدافعة الكهربائية العكسيّة، ويزداد التيار.



تيار حثي

الشكل 9–5 يؤدي اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس من الملف إلى تدفق تيار حثي في الملف. ويمكن توقع اتجاه هذا التيار المتولد بوساطة قانون لنز.

إذا كان التيار الناتج عن المولد الكهربائي صغيرًا فستكون القوة المعاكسة المؤثرة في ملف المولد صغيرة، لذا سيدور الملف بسهولة. أما إذا كان التيار الناتج من المولد كبيرًا فستكون القوة المؤثرة في التيار كبيرة، لذا يكون تدوير الملف أصعب. والمولد الذي يولّد تيارًا كبيرًا ينتج مقدارًا كبيرًا من الطاقة الكهربائية، وعندئذ تتطلب قوة الممانعة المؤثرة في الملف تزويده بطاقة ميكانيكية كبيرة لإنتاج طاقة كهربائية، وهذا يتفق مع قانون حفظ الطاقة.

المحركات وقانون لنز ينطبق قانون لنز أيضًا على المحركات؛ فعندما يتحرك سلك يحمل تيارًا كهربائيًّا داخل مجال مغناطيسي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية عكسيه، ويكون اتجاه التيار الحثي الناتج عنها معاكسًا لاتجاه التيار الأصلي. وعند لحظة دوران المحرك يتولد تيار كبير بسبب المقاومة الصغيرة لأسلاك المحرك، وبدوران المحرك تعمل حركة أسلاك الملف عبر المجال المغناطيسي على توليد قوة دافعة كهربائية حثية عكسية في الأسلاك تعاكس التيار. وبناءً على ذلك يقل التيار الكلي في المحرك. وإذا أثر على المحرك حمل ميكانيكي كأن يقوم ببذل شغل لرفع ثقل، فإن سرعة دوران المحرك سوف تنقص. مما يؤدي إلى تقليل القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية، فيسمح بمرور تيار أكبر خلال ملف المحرك. لاحظ أن هذا يتفق مع قانون حفظ الطاقة. فإذا زاد التيار تزداد القدرة المعطاة للمحرك، وهذه القدرة يزود بها الحمل على شكل قدرة ميكانيكية، وإذا أوقف الحمل الميكانيكي المحرك عن الدوران قد يصبح التيار كبيرًا إلى درجة تسخن معها أسلاك المحرك كثيرًا.

وعندما يتغير التيار المسحوب بتغير سرعة المحرك الكهربائي يتغير هبوط الجهد في مقاومة أسلاك المحرك أيضًا. وهذا هو سبب ملاحظتك لضعف إضاءة مصابيح المنزل، وبعض الأجهزة الأخرى عند بدء تشغيل أداة أو جهاز كهربائي له محرك كبير، مثل أجهزة التكييف، والمنشار الكهربائي وغيرها.

عند قطع التيار الكهربائي عن المحرك بوساطة مفتاح الدائرة الكهربائية، يعمل التغير المفاجئ في المجال المغناطيسي على توليد قوة دافعة كهربائية حثية عكسية، وهذه الفولتية العكسية قد تكون كبيرة بدرجة كافية لإحداث شرارة خلال المفتاح الكهربائي.

تطبيق على قانون لنز يستخدم الميزان الحساس قانون لنز لإيقاف التأرجح عند وضع جسم في كفته. كما هو موضح في **الشكل 10–5** حيث توجد قطعة فلزية متصلة بذراع الميزان موضوعة بين قطبي مغناطيس حذاء الفرس.

الشكل 10–5 تستخدم الموازين الحساسة التيارات الدوامية المخامدة للتحكم في تأرجح مؤشر الميزان (a). فعندما تتحرك صفيحة الفلز المثبتة في نهاية المؤشر داخل المجال المغناطيسي يتولد فيها تيار كهربائي. هذا التيار بدوره يولد مجالاً مغناطيسيًا يمانع الحركة المسببة له، لذا تصبح حركة المؤشر متخامدة (b).

نشاط تحدٍّ

المحركات يقوم مبدأ عمل المحرك الكهربائي على القوة المؤثّرة في سلك يحمل تيّارًا كهربائيًّا موضوعًا في مجال مغناطيسي. ويمكن استخدام قانون أمبير لحساب المجال المغناطيسي، لكن من الناحية العملية، نادرًا ما يستخدم هذا القانون. اطلب إلى الطلبة أن يوضّحوا كيف يكون قانون فارادي مفيدًا في توضيح سبب سحب المحرك لتيار أكبر عند دورانه ببطء، منه عند دورانه بسرعة. عندما يدور المحرك بسرعة تتولد في الملفّ قوة دافعة كهربائية عكسية نتيجة للتغيّر في التدفّق المغناطيسي خلال الملفّ، وتكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية المتولّدة، معاكسة لفرق الجهد المزوّد للمحرك من المصدر الخارجي، ولذلك يقلّ التيار خلال المحرك، وعندما تقل سرعة المحرك أو عند توقفه بصورة مفاجئة، يسحب تيارًا كبيرًا قد يتلف المنصهر وقد يسخن المحرك بصورة كبيرة. م 3

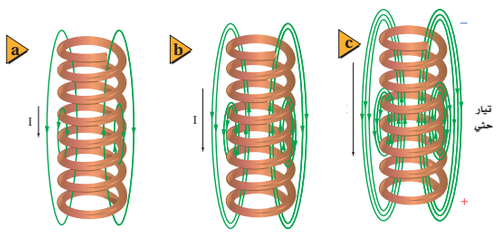
فعندما يتأرجح ذراع الميزان تتحرك قطعة الفلز داخل المجال المغناطيسي، فتتولد تيارات تسمى **تيارات دوامية** خلال الفلز، فتنتج تلك التيارات مجالاً مغناطيسيًّا يؤثر في عكس الحركة المسببة لتلك التيارات، مما يسبب تباطؤ حركة القطعة الفلزية. وبالرغم من أن القوة تعاكس حركة قطعة الفلز في الاتجاهين إلا أنها لا تؤثر إذا كانت القطعة ساكنة، لذلك فإنها لا تعمل على تغيير قراءة الكتلة في الميزان، ويسمى هذا التأثير "التيار الدوامي المخامد". وعادة يتركب قلب المحرك أو المحوّل 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 أيضًا، حيث تتولد تيارات حثية إذا وضعت حلقة فلزية داخل مجال مغناطيسي متغير. ووفقًا لقانون لنز فإن التيار المتولد يعاكس التغير في المجال المغناطيسي. ويولد مجالاً مغناطيسيًّا معاكسًا، بحيث يجعل حلقة الألومنيوم غير المقطوعة ترتفع، كما هو موضّح في **الشكل 11–5**، يمر تيار متناوب في الملف، فيتولد مجال مغناطيسي متغير باستمرار. والتغير في المجال المغناطيسي يولد قوة دافعة كهربائية حثية في الحلقات، تولد تيارًا ينتج مجالاً مغناطيسيًّا معاكسًا للتغير في المجال المغناطيسي المتولد. وهذا التفاعل بين هذين المجالين يؤدي إلى دفع الحلقة بعيدًا عن الملف؛ تمامًا كما يبتعد القطبان الشماليان لمغناطيسين أحدهما عن الآخر. أما الحلقة السفلى التي قطّعت خطوط المجال المغناطيسي فيتولد فيها قوة دافعة كهربائية، لكن دون أن ينتج تيار لعدم اكتمال المسار، ولذلك لا يتولد مجال مغناطيسي معاكس بوساطة هذه الحلقة، وإذا كانت هذه الحلقات مكوّنة من مواد غير موصلة مثل النايلون فلن تتولد فيها قوة دافعة كهربائية حثية.

الشكل 11–5 يتولد تيار حثي في الحلقة الفلزية الكاملة بينما لا يتولد في الحلقة المقطوعة.

الحث الذاتي Self-Inductance

يمكن توضيح القوة الدافعة الكهربائية العكسية بطريقة أخرى، كما بيّنها فاراداي، حيث تتولد قوة دافعة كهربائية عندما يقطع السلك خطوط المجال المغناطيسي. فالتيار المار في السلك الموضّح في **الشكل 12–5** يتزايد ابتداء من **الشكل 12a–5** حتى **الشكل 12c–5**. حيث يولد التيار مجالاً مغناطيسيًّا يعبر عنه بوساطة خطوط المجال المغناطيسي. وعند تزايد كل من التيار والمجال المغناطيسي تنشأ خطوط مجال مغناطيسية جديدة. وبزيادة عدد الخطوط تقطع أسلاك الملف خطوطا أكثر، وتولد قوة دافعة كهربائية لتقاوم تغيرات التيار. وهذه القوة الدافعة الكهربائية ستجعل جهد الطرف العلوي أكثر سالبية من أسفله. وتسمى هذه القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك الذي يحمل تيارًا متغيرًا **الحث الذاتي**.



الشكل 12–5 بزيادة التيار في الملف من (a) إلى (c) يزداد المجال المغناطيسي المتولد بوساطة التيار أيضًا. هذه الزيادة في المجال المغناطيسي تولد قوة دافعة كهربائية بحيث تعاكس التيار.

نشاط

قدرة المحرك اطلب إلى الطلبة حساب القدرة من خلال القيم التي دونوها في التجربة الإضافية، واسأل: كيف تتبدّد القدرة؟ تتبدّد القدرة في صورة طاقة حرارية م2 **منطقي-رياضي**

التفكير الناقد

التيارات الدوامية في الأجهزة الكهربائية

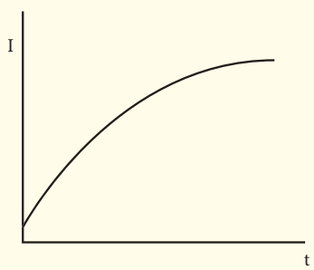
اسأل الطلبة: لماذا يكون تقليل التيّارات الدواميّة في الأجهزة الكهربائية – ومنها المحركات والمحولات – مفيدًا؟ تقليل التيارات الدواميّة يقلّل الآثار الحرارية. م2

تعزيز الفهم

قطع خطوط المجال المغناطيسي أشر إلى أن العبارة الآتية "السلك يقطّع خطوط المجال المغناطيسي" تدلّ على وجود حركة نسبية بين خطوط المجال المغناطيسي والسلك.

استخدم النماذج

منحنى I–t لنشاط الحثّ الذاتي ارسم المنحنى الآتي على السبورة، ثم وضّح أن المنحنى يبيّن أثر القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة الذاتيّة في زيادة التيّار في دائرة تحتوي على مقاومة ثابتة بعد فتح الدائرة مباشرة.



ثم اطلب إليهم ملاحظة أن القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة المتولّدة تتناقص بنفس معدل تزايد التيار. م2 **بصري-مكاني**

من معلم لآخر

نشاط

المجالات المغناطيسية الحثّيّة اطلب إلى الطلبة في البداية مشاهدة عدم انجذاب قطع النحاس نحو مغناطيس حذاء الفرس. ثم اربط أحد طرفيه بخيط، واجعله يتحرّك دورانيًّا فوق صفيحة نحاس. سيولّد التّيار الحثّيّ المتولّد في صفيحة النحاس مجالاً مغناطيسيًّا ليجعل قطعة النحاس تنجذب إلى المغناطيس. م1 **بصري-مكاني**

تجربة

المحرك والمولد

الهدف ملاحظة كيف تعمل كل من المحركات والمولّدات الكهربائية.

المواد والأدوات محرك DC، ومصباح كهربائي صغير مع قاعدته، وأميتر.

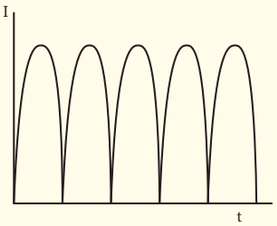
النتائج المتوقعة يضيء المصباح عند تدوير المقبض اليدوي للمحرك.

التحليل والاستنتاج

3. تدوير محور دوران المحرك بسرعة أكبر يزيد من توهّج المصباح.
4. عند استبدال المصباح الكهربائي في دائرة التوالي بمحرك فإن أحد المحركين يعمل عمل مولّد والآخر عمل محرك.

المناقشة

سؤال اسأل عما إذا كان بالإمكان استخدام التيار الخارج من مولّد DC المبيّن أدناه كدائرة ابتدائية تشغل محوّل.



الإجابة نعم؛ لأنه يتغيّر باستمرار مع الزمن، وبذلك يمكنه توليد قوة دافعة كهربائية حثّيّة في الملفّ الثانوي.

تجربة

المحرك والمولد

تختلف المحركات والمولدات بصورة رئيسة في طريقة تحويل الطاقة الكهربائية إلى مكيانيكية مقارنة بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهربائية.

1. ركّب دائرة توالي تحتوي على محرك DC ومصباح كهربائي صغير وأميتر.
2. دوّر المقبض اليدوي للمحرك أو عمود دورانه؛ لإضاءة المصباح الكهربائي.

التحليل والاستنتاج

3. ماذا يحدث عندما تغير سرعة دوران المقبض اليدوي للمحرك؟
4. **توقع** ماذا يحدث إذا استبدلت المصباح الكهربائي في دائرة التوالي بمحرك آخر؟

يتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية مع المعدل الزمني الذي تتقاطع فيه خطوط المجال المغناطيسي مع الأسلاك. وكلما كان التغير في التيار أسرع كانت القوة الدافعة الكهربائية المعاكسة أكبر. وإذا بلغ التيار قيمة ثابتة يصبح المجال المغناطيسي ثابتًا، وتكون قيمة القوة الدافعة الكهربائية صفرًا. وإذا قل التيار تتولد قوة دافعة كهربائية تعمل على منع النقصان في المجال المغناطيسي والتيار. وبسبب الحث الذاتي يجب أن يبذل شغل لزيادة مرور التيار في الملف. فتختزن طاقة في المجال المغناطيسي، وهذا يشبه عملية تخزين الطاقة في المجال الكهربائي بين لوحي مكثف كهربائي مشحون.

المحولات Transformers

تستخدم **المحولات** لرفع أو خفض الجهد الكهربائي المتناوب AC. واستخدام المحولات شائع جدًا؛ لأن الكثير من الأجهزة تحتاج إلى جهد أقل أو أكبر لتعمل. وفي الواقع معظم الأجهزة الكهربائية في المنزل – ومنها أنظمة التلفاز والطابعات وأجهزة الإتصال – تحتوي على محولات تكون إما داخل صندوق الجهاز أو خارجه.

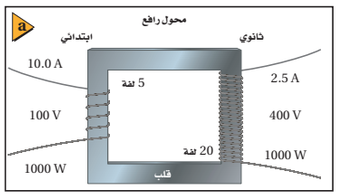
كيف تعمل المحولات؟ يولّد الحث الذاتي للملف قوة دافعة كهربائية عندما يتغير التيار المار بملف مفرد. وللمحول الكهربائي ملفان معزولان كهربائيًّا أحدهما عن الآخر، وملفوفان حول القلب الحديدي نفسه. ويسمى أحد الملفين **الملف الابتدائي**، ويسمى الآخر **الملف الثانوي**. وعند وَصْل الملف الابتدائي بمصدر جهد متناوب يولّد تغيّر التيار مجالاً مغناطيسيًّا متغيرًا، ويُنقل هذا التغير في المجال عبر القلب الحديدي إلى الملف الثانوي، فتتولّد فيه قوة دافعة كهربائية متغيرة. ويسمى هذا التأثير **الحث المتبادل**.

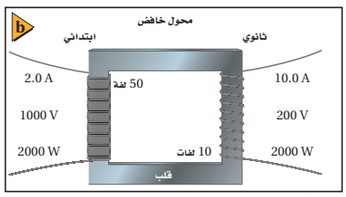
تسمى القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الملف الثانوي الجهد الثانوي، والذي يتناسب مع الجهد الابتدائي، ويعتمد الجهد الثانوي أيضًا على النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي وعدد لفات الملف الابتدائي، كما هو موضّح بوساطة العلاقة الآتية:

$$\frac{\text{الجهد الثانوي}}{\text{الجهد الإبتدائي}} = \frac{\text{عدد لفات الملف الثانوي}}{\text{عدد لفات الملف الإبتدائي}}$$

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p}$$

إذا كان الجهد الثانوي أكبر من الجهد الابتدائي فيسمّى المحول عندئذ **محول رافع**، كما هو موضّح في **الشكل 13a–5**. وإذا كان الجهد الناتج عن المحول أقل من الجهد الداخل إليه سمّي المحول **محولًا خافضًا**، كما هو موضّح في **الشكل 13b–5**.





الشكل 13–5 في المحول، النسبة بين الجهد الداخل والجهد الناتج تعتمد 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).

نشاط مشروع فيزياء

مولد التيار المستمر اطلب إلى الطلبة اقتراح طرائق لتعديل مولد التيار المتناوب الموضّح في **الشكل 7–5** للحصول على مخرج تيّار مستمر. على الطلبة أن يصمّموا مخططًا يمثّل المولّد الذي عدّلوه، وكتابة تقرير يلخّص الخطوط العريضة للتحسينات، وتبيان سبب وفائدة كل تعديل. يتلخّص أحد الحلول المحتملة أن يحل محل الحلقة الكاملة، نصفا حلقة (حلقة مشقوقة) مشابهة للحلقة الموجودة في محرك DC؛ حيث يلامس أحد طرفي سلك الملفّ نصف حلقة، بينما يلامس طرف السلك الآخر للملفّ النصف الثاني من الحلقة المشقوقة. اطلب إلى الطلبة أن يوضحوا، لماذا تعمل نصفَا الحلقة على منع انعكاس اتجاه الكهرباء في كلّ مرّة ينقلب فيها تلامس السلكين. م 2 **بصري-مكاني**

في المحول المثالي تكون القدرة الواصلة إلى الملف الابتدائي مساوية للقدرة المأخوذة من الملف الثانوي. فالمحول المثالي لا يضيع أو يبدد أي جزء من القدرة، ويمكن تمثيله بالمعادلة الآتية:

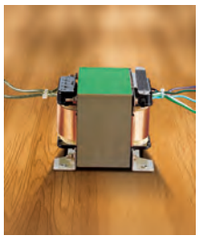
$$P_p = P_s$$

$$V_p I_p = V_s I_s$$

وبترتيب المعادلة، ستجد أن التيار في الدائرة الابتدائية يعتمد على مقدار التيار المطلوب في الدائرة الثانوية. وعند ربط هذه العلاقة بالمعادلة السابقة التي تربط الجهد بعدد اللفات نحصل على:

معادلة المحول $\frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$

النسبة بين التيار في الملف الثانوي والتيار في الملف الابتدائي تساوي النسبة بين جهد الملف الابتدائي وجهد الملف الثانوي، وتساوي النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي وعدد لفات الملف الثانوي أيضًا.



الشكل 14–5 إذا وصل الجهد الداخل بالملف الذي عن اليسار حيث عدد اللفات أكبر، عمل المحول بوصفه محولًا خافضًا للجهد، وإذا وصل الجهد الداخل بالملف الذي عن اليمين فسيعمل المحول بوصفه محولًا رافعًا للجهد.

كما تعرفت سابقًا فإن المحول الرافع يزيد الجهد. ولأن المحول لا يمكنه زيادة القدرة الناتجة، لذا يجب أن يكون هناك انخفاض 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 موضّح أدناه من خلال جدول (الرياضيات في الفيزياء).

يمكن فهم ذلك بطريقة أخرى، وذلك بأن تعتبر أن كفاءة المحول تساوي 100%، كما يتم افتراضه عادةً في الصناعة. وبناءً عليه يمكن – في معظم الحالات – افتراض أن القدرة الناتجة تساوي القدرة الداخلة. ويوضّح **الشكل 13–5** أنواع المحولات. ويمكن للمحول نفسه أن يكون رافعًا أو خافضًا للجهد، وهذا يعتمد على طريقة توصيله، كما هو موضّح في **الشكل 14–5**.

عدم المساواة ادرس التعابير الآتية لتساعدك على فهم العلاقات بين الجهد، والتيار، وعدد اللفات في المحول الرافع والمحول الخافض.

المحول الرافع	المحول الخافض
$V_s > V_p$	$V_s < V_p$
$I_s < I_p$	$I_s > I_p$
$N_s > N_p$	$N_s < N_p$

عرض سريع

السقوط البطيء للمغناطيس

الزمن المقدر 10 دقائق

المواد والأدوات أنبوب نحاسي طوله 1 m وقطره 1.25 cm، ومغناطيسان من النيوديميوم، وساعة وقف، وكرة فولاذية قطرها 9 mm

الخطوات أسقط الكرة الفولاذيّة من خلال الأنبوب الرأسي، واطلب إلى الطلبة قياس زمن السقوط، ثم كرّر العملية السابقة على أن تسقط في هذه المرة زوجًا من المغانط، وتحقّق من التقاط الكرات الفولاذيّة كيلا تصطدم بسطح الطاولة أو الأرض، وتتحطم. على الطلبة أن يلاحظوا أن المغانط تحتاج إلى زمن أكبر للسقوط. وضّح لهم أن سقوط المغانط يولّد تيارًا حثّيًّا في الأنبوب النحاسي، وهذا بدوره يولّد مجالاً مغناطيسيًّا يعمل على مقاومة حركة المغانط الساقطة.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

جيمس وست عمل الأمريكي من أصل إفريقي جيمس وست المختصّ في الفيزياء التجريبيّة بالاشتراك مع آخرين في اختراع رقاقة الإلكتريت، وهي مكوَّنةً من شريحة بلاستيكية رقيقة أحد وجهيها مغطى بفلزّ. وهي تعمل على تحويل الصوت إلى إشارات كهربائية. وتُستخدم هذه الرقاقة في المعينات السمعيّة (سمّاعات الأذن)، والميكروفونات الصغيرة، وأجهزة تسجيل الأشرطة المحمولة. ونتيجة لهذا التطوّر يمكن تصنيع كافة الأجهزة المذكورة أعلاه بأبعاد أصغر كثيرًا من السابق، مع المحافظة على كفاءتها وفاعليّتها.

مثال صفي

سؤال محول عدد لفات ملفه الابتدائي 400 لفّة وعدد لفات ملفه الثانويّ 200 لفّة. إذا كان جهد الملف الثانويّ 6.0 V وتيّاره 0.03 A، ما مقدار:

a. الجهد في الدائرة الابتدائيّة؟

b. التيّار في الدائرة الابتدائيّة؟

الجواب

a.
$$\frac{V_s}{V_p}=\frac{N_s}{N_p},\ V_p=\frac{V_sN_p}{N_s}$$
$$=\frac{(6.0\text{ V})(400)}{200}=12\text{ V}$$

b.
$$p_p=p_s,\ V_pI_p=V_sI_s$$
$$I_p=\frac{V_sI_s}{V_p}=\frac{(0.03\text{ A})(6.0\text{ V})}{12\text{ V}}=0.015\text{ A}$$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

كفاءة المحول يفترض بعض الطلبة أن المحوّلات الحقيقة تكون محوّلات مثاليّة، كفاءتها 100%، اسأل الطلبة عن وجود دليل يثبت عدم صحة ذلك. تصبح المحوّلات عادة ساخنة. ولذلك يتحوّل جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية مما يقلّل من كفاءة المحوّل. م2

مسائل تدريبية

13. 1.2×10^2 V, 0.60 A

14. 1.8×10^4 V, 1.5×10^2 A

مثـــال 2

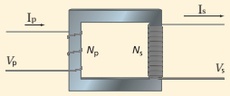
المحولات الرافعة محول مثالي رافع عدد لفات ملفه الابتدائي 200 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 3000 لفة. إذا وصل ملفه الابتدائي بجهد متناوب فعّال مقداره 90.0 V، أجب عما يلي:

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 قلبًا حديديًّا مع لفات من السلك.
- حدّد المتغيرات I وV وN



المعلوم	المجهول
$V_p=90.0$ V	$V_s=?$
$N_p=200$	$N_s=3000$
$I_s=2.0$ A	$I_p=?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. حل المسألة لـ V_s.

$$\frac{V_s}{V_p}=\frac{N_s}{N_p}$$
$$V_s=\frac{N_sV_p}{N_p}$$
$$=\frac{3000\times(90.0\text{ V})}{200}=1350\text{ V}$$

بالتعويض عن $V_p=90.0$ V، $N_s=3000$ ، $N_p=200$

b. تكون القدرة المعطاة للملف الابتدائي مساوية للقدرة المعطاة للملف الثانوي

$$P_p=P_S$$
$$V_pI_p=V_SI_S$$
$$I_p=\frac{V_SI_S}{V_p}$$
$$=\frac{(1350\text{ V})(2.0\text{ A})}{(90.0\text{ V})}=3.0\times10^1\text{ A}$$

بالتعويض عن $P_p=V_pI_p$، $P_s=V_sI_s$

بالتعويض عن $P_p=90.0$ V، $I_s=2.0$ A، $V_s=1350$ V

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يجب أن يكون الجهد مقيسًا 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 والجهود المشار إليها هي التيارات والجهود الفعّالة.

13. 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، فاحسب مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي.

14. 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 تساوي 60.0 V، فاحسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الملف الثانوي. وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي يساوي 0.50 A، فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

المحولات الموفّرة للطاقة على الرغم من أن معظم محوّلات التوزيع ذات كفاءة تصل إلى أكثر من 98% إلا أنها تعاني من ضياع الطاقة في القلب والملفّات، ويحدث الضياع في القلب سواءً أكان هناك حمل على المحوّل أم لم يكن. فضياع الطاقة مستمر؛ لأن المحوّلات تُزوَّد بالطاقة باستمرار لتكون قادرة على تلبية الطلب. أما الضياع الناجم عن الملفّات فيحدث عند استخدام المحوّلات فعليًّا فقط، ويكون الضياع بسبب مقاومة أسلاك الملفّات، هذا الضياع للطاقة يتغير بالتناسب مع مربّع الحمل. ولأن عدد محولات التوزيع المستعملة في مملكة البحرين كبير فإجراء تحسينات صغيرة في كفاءة المحوّلات من شأنه توفير كمّيّات كبيرة من الطاقة.

مسألة تحدٍّ

يتصل الملف الابتدائي لمحول توزيع T_1 بمصدر جهد متناوب مقداره 3.0 kV، ويتصل الملف الثانوي له بالملف الابتدائي لمحول آخر T_2 باستخدام وصلات نحاسية، ويتصل الملف الثانوي للمحول T_2 بدائرة حمل (مقاومة) تستخدم قدرة مقدارها 10.0 kW فإذا كانت نسب عدد لفات المحول T_1 هي 1 :5 وكان فرق جهد الحمل للمحول T_2 يساوي 120 V، وكانت كفاءة المحولات 100%، 97.0% على الترتيب. اجب عما يأتي:

1. احسب تيار الحمل.
2. ما مقدار القدرة المستهلكة في المحول T_2؟
3. ما مقدار التيار الثانوي للمحول T_1؟
4. ما مقدار التيار الذي يزوده المصدر المتناوب AC للمحول T_1؟

الاستعمالات اليومية للمحولات تكون عملية نقل الطاقة الكهربائية لمسافات طويلة اقتصاديةً إذا استخدمت تيارات صغيرة وفروق جهد كبيرة جدًا. ولذلك تستخدم 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 المقاومات الكهربائية للأسلاك، وعندما تصل الطاقة إلى المستهلك تستخدم محولات خافضة، كتلك الموضّحة في **الشكل 15–5**؛ لتزود المستهلك بجهود منخفضة إلى درجة ملائمة تناسب الأجهزة الكهربائية المنزلية.

تضبط المحولات الموجودة في الأجهزة المنزلية الجهود الكهربائية إلى مستويات قابلة للاستعمال، فإذا أردت شحن هاتفك الخلوي أو تشغيل أداة كهربائية، فعليك توصيل الشاحن (المحول) في مخرج الكهرباء المثبت بالجدار. وفي هذه الحالة يقل الجهد من 220 V إلى جهد يتراوح بين 3.0 V و 20 V.

الشكل 15–5 تستخدم المحولات الخافضة للتقليل من الجهود الكهربائية الكبيرة في خطوط نقل القدرة إلى مستويات تناسب المستهلكين في أماكن الاستخدام.

5–2 مراجعة

15. **السلك الملفوف والمغانط** ملف سلكي معلق من نهايتيه بحيث يمكنه التأرجح بسهولة. إذا قرّبت مغناطيسًا إلى الملف بصورة مفاجئة فسيتأرجح الملف. بأي طريقة يتأرجح الملف بالنسبة للمغناطيس؟ ولماذا؟
16. **المحركات** إذا نزعت قابس مكنسة كهربائية أثناء تشغيلها عن مخرج التيار في الحائط، فستلاحظ حدوث شرارة كهربائية، في حين لا تشاهدها عند إطفاء المصباح الكهربائي. لماذا؟
17. **المحولات والتيار** وضح لماذا يعمل المحول الكهربائي على تيار متناوب فقط؟
18. **المحوّلات** كثيرًا ما يكون السلك المستخدم في ملفات المحول المكون من عدد قليل من اللفات سميكًا (مقاومته قليلة)، بينما يكون سلك الملف المكون من عدد كبير من اللفات رفيعًا. لماذا؟
19. **المحولات الرافعة** بالرجوع إلى المحول الرافع الموضّح في **الشكل 13–5**، وضّح ما يحدث لتيار الملف الابتدائي إذا أصبحت دائرة الملف الثانوي دائرة قصر.
20. **التفكير الناقد** هل تصلح المغانط الدائمة لصنع قلب محول جيد؟ وضّح إجابتك.

مسألة تحدٍّ

1. $I_L = \frac{P_L}{V_L} = \frac{10.0\ kW}{120\ V} = 83\ A$
2. $p_2 = \frac{P_L}{0.97} = \frac{10.0\ kW}{0.97} = 10.3\ kW$
   من الـ 10.3 kW ستستنفد 0.3 kW في T_2، والباقي 10.0 kW ستستنفد في الحمل.
3. $V_{SI} = \left(\frac{1}{5}\right)(3.0\times10^3\ V) = 6.0\times10^2\ V$
   $I_{SI} = \frac{P_2}{V_{SI}} = \frac{10.3\times10^3\ W}{6.0\times10^2\ V} = 17\ A$
4. $I_{PI} = \left(\frac{1}{5}\right) I_{SI} = \left(\frac{1}{5}\right) 17\ A = 3.4\ A$

3. التقويم

التحقق من الفهم

التيّار المستمرّ والمحوّلات اسأل الطلبة: هل من الممكن تشغيل المحوّل على تيّار مستمرّ؟ لا من حيث المبدأ؛ لأن التيّار المستمرّ لا يولّد مجالاً مغناطيسيًّا متغيرًا يعمل على توليد الحثّ الكهرومغناطيسي المطلوب لتشغيل المحوّل. م ع 2

التوسّع

تردّد المحول اسأل الطلبة عن الصفة التي يتشابه فيها I_P و I_s في أيّ محوّل. التردّد. م ع 2

5-2 مراجعة

15. بعيدًا عن المغناطيس. يولّد تغيّر المجال المغناطيسي تيّارًا حثّيًّا في الملفّ، وهذا التيّار يولّد مجالاً مغناطيسيًّا، وهذا المجال يعاكس مجال المغناطيس، ولذلك تكون القوة بين الملفّ والمغناطيس قوة تنافر.
16. سيولّد حثّ محرك المكنسة قوة دافعة كهربائية عكسيّة، وهذا ما يسبب الشرارة، أما المصباح فلا يولد في الغالب قوة دافعة كهربائية عكسيّة.
17. لربط الملفّ الابتدائيّ بالملفّ الثانويّ يجب أن يتدفّق تيّار متغيّر خلال الملفّ الابتدائيّ، وهذا التيار المتغيّر يولد مجالاً مغناطيسيًّا متغيرًا ينشأ عنه تيار حثي في الملف الثانوي.
18. سيتدفق تيار أكبر خلال الملفّ ذي اللّفّات الأقل، ولذلك يجب أن تكون المقاومة قليلة للحدّ من الهبوط في الجهد، وللحد من القدرة الضائعة I^2R وللحد من سخونة الأسلاك.
19. إذا زاد التيار الثانويّ فسيزداد التيار الابتدائيّ.
20. لا، يعتمد الجهد الحثّيّ المتولّد على تغيّر المجال المغناطيسي خلال القلب، وتصنع المغانط الدائمة من موادّ تقاوم التغيّر في المجال المغناطيسي.

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

المهارات العملية استخدام التفسيرات العلميّة، والملاحظة والاستنتاج، والمقارنة، وتكوين النماذج، والتفكير الناقد، والقياس، واستخلاص النتائج، وجمع البيانات وتنظيمها، وتعرف السبب والنتيجة، وتفسير البيانات.

احتياطات السلامة يجب أخذ الحيطة والحذر وعدم لمس الملفّ مباشرة أو توصيلات التّيار المتناوب. على الطلبة ألا يعملوا وأيديهم مبللة أو رطبة خلال هذه التجربة. كما عليهم أنْ يتأكّدوا أنّ عدد لفّات الملفّ الابتدائيّ أكبر من عدد لفّات الملفّ الثانويّ ليكون المحوّل خافضًا. وإذا كان العكس فسيتولّد جهد كبير أكثر خطورة. وبسبب طبيعة مخاطر الصدمة الكهربائية التي قد تحدث في هذه التجربة ينبغي على الطلبة ألا يحيدوا عن الخطوات المحددة.

المواد والأدوات البديلة تتوافر أنواع مختلفة من الملفّات الابتدائيّة والثانويّة. لا تحتاج جميع مجموعات العمل في المختبر المجموعةَ نفسها من الملفّات. هذه التجربة مصمّمة لنموذج (جهد 9 V وتيار 1 A). لكن يمكن استخدام أيّ نموذج آخر بشرط أن يكون التيّار متناوباً AC، ويمكن أيضًا استخدام جهاز (محول DC) لتحويل التيّار المستمر إلى تيار متناوب.

استراتيجيات التدريس

- **استعرض مع الطلبة الطريقة الصحيحة لإعداد الفولتمتر، وضبطه حتى يناسب قياسات التيار المتناوب AC. القطبيّة ليست ذات قيمة.**
- **ذكّر الطلبة أن عليهم إدخال القلب الحديديّ ببطء في الخطوة الثانية. وعند إخراج القلب الحديديّ في الخطوة 8 عليهم إخراجه ببطء أيضًا؛ وذلك لأن الحركة البطيئة بسرعة ثابتة تحقّق أفضل النتائج.**

مختبر الفيزياء

الحث والمحولات

المحول عبارة عن جهاز لا يتكون من أجزاء متحركة، حيث يتركب من دائرتين كهربائيتين ترتبطان بوساطة مجال مغناطيسي. ويستخدم المحول لرفع أو خفض فرق الجهد المتناوب AC.

سؤال التجربة

ما العلاقة بين جهدي ملفي المحول؟

الأهداف

- **تصف** كيف يعمل المحول الكهربائي.
- **تلاحظ** أثر الجهد الكهربائي المستمر DC في المحول.
- **تلاحظ** أثر الجهد الكهربائي المتناوب AC في المحول.

احتياطات السلامة

المواد والأدوات

ملف ثانوي، وملف ابتدائي بأعداد لفات مختلفة
مصدر قدرة متناوب AC صغير
فولتمتر خاص بالتيار المتناوب AC
مصدر قدرة مستمر DC صغير
أسلاك توصيل مزودة بمشابك
مصباح كهربائي صغير متصل بأسلاك

الخطوات

1. قدّر عدد لفات كل من الملفين الابتدائي والثانوي، وذلك عن طريق عدّ اللفات في كل 1 cm، ثم ضرب ذلك في طول الملف بالسنتمترات. يتكون الملف الابتدائي من طبقة واحدة، أما الملف الثانوي فيتكون من طبقتين من الأسلاك، لذا يتعين عليك مضاعفة عدد لفاته. دوّن نتائجك في جدول البيانات 1.
2. صل طرفي التوصيل للمصباح الكهربائي مع الملف الثانوي، ثم ضع الملف الثانوي داخل الملف الابتدائي بعناية، ثم أدخل قلب الحديد داخل الملف الثانوي بعناية.
3. شغل مصدر القدرة المستمر DC. وصل السلك الموجب لمصدر القدرة بأحد طرفي التوصيل في الملف الابتدائي. وصل السلك السالب لمصدر القدرة بالطرف الثاني للملف الابتدائي. لاحظ المنطقة التي لامست بها السلك بطرف الملف. ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.

142

عيّنة بيانات

ستختلف البيانات اعتمادًا على نوع الملفّات المستخدمة. والجدول أدناه يمثّل عيّنة للبيانات.

عدد لفّات الملفّ الابتدائيّ	1250
عدد لفّات الملفّ الثانويّ	200
ملاحظة الخطوة 3	شرارة، قفزة في الجهد
ملاحظة الخطوة 4	يُضيء المصباح عند الإغلاق والفتح
ملاحظة الخطوة 5	يُضيء المصباح عند الإغلاق والفتح
ملاحظة الخطوة 6	تخفت إضاءة المصباح
الخطوة 7 جهد الملفات	الابتدائيّ = 10 V، الثانوي = 1.1 V
ملاحظة الخطوة 8	تخفت الإضاءة، يقلّ الجهد
الخطوة 9 القلب الحديديّ	يسخن

جدول البيانات 1			
عدد لفات الملف الابتدائي N_p	عدد لفات الملف الثانوي N_s	جهد الملف الابتدائي V_p	جهد الملف الثانوي V_s

جدول البيانات 2	
ملاحظة الخطوة 3	
ملاحظة الخطوة 4	
ملاحظة الخطوة 5	
ملاحظة الخطوة 6	
ملاحظة الخطوة 8	
ملاحظة الخطوة 9	

4. راقب المصباح الكهربائي في أثناء التوصيل. ماذا يحدث عند ملامسة السلك لطرف الملف الابتدائي وعند فصله عنه؟ دوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.
5. المس السلك السالب بطرف الملف الابتدائي مدة 5 ثوان وراقب المصباح، ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات.
6. افصل مصدر القدرة المستمر، ثم صل مصدر القدرة المتناوب AC بطرفي التوصيل في الملف الابتدائي، ثم شغّل المصدر وراقب المصباح. ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.
7. اختر تدريج AC للفولتمتر الذي تستخدمه، وصله بطرفي الملف الابتدائي، وقس الجهد المطبق. ثم افصل الفولتمتر عن الملف الابتدائي، وصله مع طرفي الملف الثانوي، وقس الجهد. دوّن قراءتي الفولتمتر في جدول البيانات 1.
8. أعد الخطوة 7 لكن مع سحب القلب الحديدي تدريجيًّا من الملف الثانوي. ماذا يحدث لإضاءة المصباح؟ قس الجهد في الملفين الابتدائي والثانوي عند سحب القلب. ودوّن قياساتك في جدول البيانات 2.
9. المس القلب الحديدي بلطف، ماذا تلاحظ؟ ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات2

التحليل

1. احسب النسبة N_s/N_p من بياناتك المدوّنة في الجدول.
2. احسب النسبة V_s/V_p من بياناتك المدوّنة في الجدول.
3. **تفسير البيانات** كيف تقارن بين N_s/N_p و V_s/V_p؟
4. **تعرف السبب والنتيجة** استنادًا 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 الخطوة8؟
4. **فسر** درجة حرارة القلب الحديدي التي لاحظتها في الخطوة9.

التوسع في البحث

لماذا يعمل المحول بوساطة التيار المتناوب فقط، ولا يعمل بوساطة التيار المستمر؟

الفيزياء في الحياة

5. ناقش استخدام المحولات في المساعدة على نقل الكهرباء من محطات توليد الكهرباء إلى منزلك.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

مزيد من المعلومات عن البحث والمحوّلات ارجع إلى الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

143

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية: كيف يعمل عزل القلب قبل إدخاله في الملفّ الثانويّ على تقليل الطاقة الحرارية المتولّدة في القلب؟ اطلب إلى الطلبة ابتكار نوع من العزل للقلب الحديديّ، وملاحظة أثر ذلك في الحرارة المتولّدة بوساطة القلب، سيساعد هذا النشاط الطلبة على تذكّر مفهوم التيّارات الدواميّة، ومسبباتها وكيفيّة التقليل منها. وما يجب أن تنجزه الشركات المصنّعة للمحوّلات، لتطويرها لتقليل ضياع الطاقة في قلب المحوّلات لزيادة كفائتها.

التحليل

1. ستختلف الإجابات، عيّنة بيانات:
$1250 = 0.16$ لفة/200 لفة
2. ستختلف الإجابات. عيّنة بيانات:
$1.1\ V/10.0\ V = 0.11$
3. ستكون ضمن الخطأ التجريبيّ.
4. خافض؛ سينخفض الجهد.

الاستنتاج والتطبيق

1. مع استمرار التغير في التيّار المستمر للملفّ الابتدائيّ، سيتولد تيّار حثّيّ في الملفّ الثانويّ.
2. تدلّ الشرارة على وجود جهد كبير.
3. يساعد قلب الحديد على تركيز المجال المغناطيسي الذي يولّد 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

لتوليد تيّار كهربائي حثّيّ يجب تغيير المجال المغناطيسي.

الفيزياء في الحياة

ترفع المحوّلات الجهد لنقل التيّار الكهربائي من محطّات التوليد إلى المحطّات الفرعيّة. وهذه تسمح بنقلٍ أكثرَ كفاءة للتيّار الكهربائي، لأن الطاقة المفقودة تعتمد على مربع التيار، ثم تقوم المحولات الخافضة بتقليل الجهد الواصل إلى المنازل.

الخلفيّة النظرية

إن تمرير سلك فولاذيّ طويل أمام مغناطيس كهربائيّ مع فتح، وإغلاق دائرة المغناطيس الكهربائيّ باستمرار يُنتج سلسلة من المناطق الممغنطة على طول السلك. وإذا عُكس تيّار المغناطيس فسيكون للمناطق المتجاورة على السلك قطبيّات مختلفة. كذلك، فإن حركة المغناطيس خلال ملفّ، سلكيّ سيغيّر التدفّق المغناطيسيّ خلال الملفّ، وستتولّد فولتيّة عند طرفيه. وإذا سُحب السلك الممغنط خلال هذا الملفّ، فسوف تتوافق الفولتيّة خلال الملفّ مع قطبيّة مناطق السلك. وبتمثيل المناطق ذات القطبيّة المختلفة بالرقمين 0 و1، يمكن ترميز (تشفير) الأرقام الثنائيّة مغناطيسيًّا. وستكون النتائج أفضل كثيرًا، إذا استُخدم شريط بلاستيكيّ مطليّ بطبقة سوداء أو بنيّة من جزيئات أكسيد الحديد. وهذا يتمثل في الطلاء الموجود على شريط البطاقات الائتمانيّة.

التعليم البصري

احصل على شريط قياس فولاذيّ، ومغناطيس دائم، ومغناطيس كهربائيّ محاط بالكثير من الأسلاك، وجلفانومتر. صِلِ الجلفانومتر مع المغناطيس الكهربائيّ. مرّر الشريط أمام سطح المغناطيس الكهربائيّ، ولاحظ انحراف الجلفانومتر قليلاً.

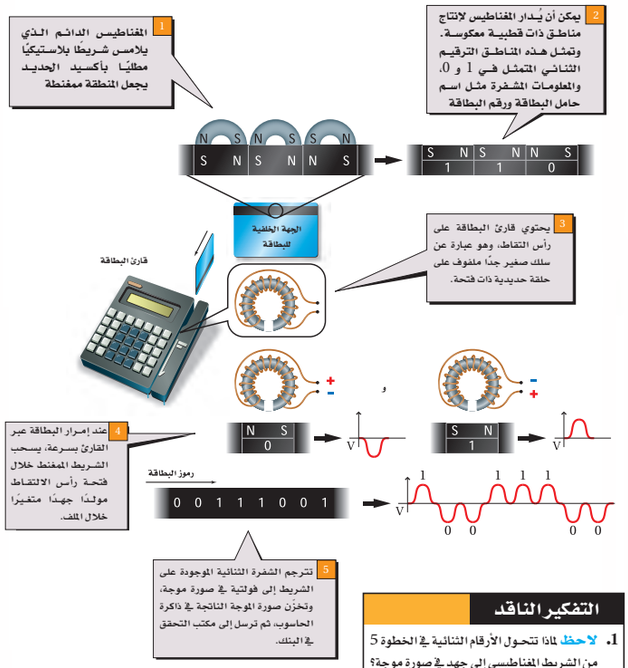
اجعل الآن المغناطيس الدائم يلامس مناطق طول كل منها 3 cm على الشريط، على أن تكون هذه المناطق متباعدة بعضها عن بعض مسافة 9 cm، اسحب الشريط الفولاذيّ أمام المغناطيس الكهربائي مرّة أخرى، ستلاحظ أن إبرة الجلفانومتر تنحرف، وتتذبذب تذبذبًا مطابقًا للإشارات المسجّلة على الشريط. وهذا يبيّن كيفيّة عمل الشريط المغناطيسيّ على البطاقات الائتمانيّة.

التوسع

اطلب إلى الطلبة، استقصاء كيفيّة عمل مشغّل الأقراص في الحاسوب. يخزّن مشغّل الأقراص الأعداد الثنائيّة، ويقرأها تمامًا كعمل البطاقة المغناطيسيّة وقارئها.

قارئ بطاقات الائتمان؟
How a credit-card reader works?

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



التفكير الناقد

1. **لاحظ** لماذا تتحول الأرقام الثنائية في الخطوة 5 من الشريط المغناطيسي إلى جهد في صورة موجة؟
2. **حلل** ماذا سيحدث إذا لم يكن لحلقة الحديد الصغيرة فتحة؟

التفكير الناقد

1. لاحظ اتجاه حركة الشريط المغناطيسيّ. تمرّ الأرقام الأولى المرمّزة (المشفّرة) الموجودة على الشريط من خلال رأس الالتقاط أولاً، وبذلك تكون هذه الأرقام في بداية الجهد الموضّح في صورة موجة.
2. لن يكون هناك فرق جهد خلال الحلقة.

المفاهيم الرئيسة

يمكن أن يستخدم الطلبة العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل 5
دليل الدراسة

5-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية
Electric Current from Changing Magnetic Fields

المفردات

- الحث الكهرمغناطيسي
- القاعدة الرابعة لليد اليمنى
- القوة الدافعة الكهربائية
- المولد الكهربائي
- متوسط القدرة

الأفكار الرئيسة

- اكتشف مايكل فاراداي أنه إذا تحرك سلك داخل مجال مغناطيسي فسوف يتدفق تيار كهربائي خلاله.
- يعتمد التيار المتولد على الزاوية المحصورة بين متجه سرعة السلك، واتجاه المجال المغناطيسي، وتكون أعظم قيمة للتيار عندما يتحرك السلك عموديًّا على المجال.
- القوة الدافعة الكهربائية EMF هي فرق الجهد الناتج بين طرفي السلك المتحرك داخل المجال المغناطيسي. 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 في المجال، $v (\sin \theta)$.

$$EMF = BLv \sin \theta$$

- يمكن استعمال التيار والجهد الفعّالان لوصف التيار المتناوب والجهد المتناوب.

$$I_{\text{فعّال}} = 0.707\, I_{\text{عظمى}}$$

$$V_{\text{فعّال}} = 0.707\, V_{\text{عظمى}}$$

- يعد كل من المولد الكهربائي، والمحرك الكهربائي جهازين متشابهين ونواتجهما متعاكسة؛ إذ يحول المولد الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، في حين يحول المحرك الكهربائي الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

5-2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية
Changing Magnetic Fields Induce *EMF*

المفردات

- قانون لنز
- التيار الدوامي
- الحث الذاتي
- المحوّل الكهربائي
- الملف الابتدائي
- الملف الثانوي
- الحث المتبادل
- المحول الرافع
- المحول الخافض

الأفكار الرئيسة

- ينص قانون لنز على أن اتجاه التيار الحثي المتولد في موصل يعاكس التغير في اتجاه المجال المغناطيسي الذي يسببه.
- تتولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية بوساطة حركة سلك يحمل تيارًا داخل مجال مغناطيسي، وهذه القوة تكون معاكسة للتيار.
- الحث الذاتي هو خاصية للسلك الذي يحمل تيارًا متغيرًا، وكلما كان تغير التيار في السلك أسرع، زادت القوة الدافعة الكهربائية الحثية 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. والجهود الناتجة بين طرفي الملف الثانوي قد تزداد أو تقل.

$$\frac{I_S}{I_P} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

خريطة المفاهيم

21. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

22. الملف ذو القلب الحديدي.

23. يستخدم الحديد في الملف ذو القلب الحديدي لزيادة تركيز المجال المغناطيسيّ.

24. أقلّ جهد متولّد (صفر فولت) ينتج عندما يتحرّك الموصّل بصورة موازية لخطوط المجال المغناطيسيّ.

25. ستكون قطبية A سالبة.

26. زيادة طول الموصل تزيد الجهد المتولّد.

27. إمّا بتحريك المغناطيس في داخل الملفّ أو إلى خارجه أو بتحريك الملفّ إلى أعلى أو إلى أسفل فوق قطبي المغناطيس.

28. يتكوّن مولّد التيار المتناوب AC من مغناطيس دائم، وملفّ الملف ومجموعة الفرشاتين، وحلقة.

29. تتغيّر القدره المتولّدة بين صفر وقيمة عظمى في مولّد التيار المتناوب، عند دوران الملف. والتيّار الفعّال أو القيمة الفعّالة للتيار هي القيمة الثابتة للتيّار التي تسبّب تبديد القدرة المتوسطة في مقاومة الحمل.

30. هناك طاقة وضع في الماء المحجوز أو المخزّن خلف السدّ، والطاقة الحركية للماء الساقط تدير التوربينات، وتولد طاقة كهربائية في المولد.

31. التيار الحثّيّ المتولّد يؤثّر دائمًا في اتجاه يجعل المجال المغناطيسي الناتج عنه يقاوم التغيير في التيار المولّد له.

32. هذا هو قانون لنز، عندما يبدأ المحرّك في الدوران يسلك سلوك مولّد، ويولد تيّارًا معاكسًا للتيّار الذي زوّد به المحرك.

33. تنتج الشرارة عن القوة الدافعة الكهربائية العكسيّة التي تحاول الحفاظ على استمرار تدفّق التيار، وتكون القوة الدافعة الكهربائية العكسيّة كبيرة لأن التيار نقص إلى الصفر بسرعة، وعند إغلاق المفتاح لا تكون زيادة التيار سريعة بسبب مقاومة الأسلاك.

تطبيق المفاهيم

34. وحدات $BL\upsilon$ هي $T=N/$
$(T)(m)(m/s)$
$T=N/A.m$ و $A=C/s$
ولذلك فإن وحدات $BL\upsilon$ هي
$(N.s/C.m)(m/s)$ ،
وبالتحليل الجبري نحصل على
$N.m/C$ ؛لأن $J=N.m$ و $V=J/C$،
ولذلك وحدة $BL\upsilon$ هي V (الفولت).

35. التيار فقط

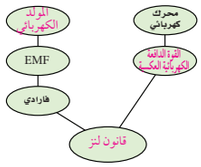
36. عندما يبُطئ أحمد دراجته الهوائية ستقل سرعة دوران الملف الموجود داخل المجال المغناطيسي في المولد، ولذلك ستقل القوة الدافعة الكهربائية.

37. لا يتولد تيار حثي لأن اتجاه حركة السلك موازٍ لخطوط المجال المغناطيسي.

الفصل 5
التقويم

خريطة المفاهيم

21. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: المولد الكهربائي، القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية، قانون لنز.



إتقان المفاهيم

22. ما الجزء المتحرك في المولد الكهربائي؟

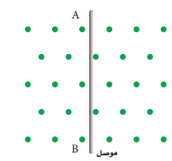
23. لماذا يستخدم الحديد في الملف الكهربائي؟

للإجابة عن الأسئلة 26–24 ارجع إلى الشكل 16–5

24. يتحرك موصل منفرد داخل مجال مغناطيسي، ويولد جهدًا كهربائيًّا. في أي اتجاه يتحرك الموصل بالنسبة للمجال المغناطيسي دون أن يتولد جهد؟

25. ما قطبية النقطة A إذا تحرك الموصل نحو يمين الصفحة؟

26. ما أثر زيادة الطول الكلي للموصل داخل المولد الكهربائي؟



الشكل 16–5

27. لديك ملف وقضيب مغناطيسي. صف كيف يمكنك استخدامها في توليد تيار كهربائي؟

28. اكتب الأجزاء الرئيسة لمولد التيار المتناوب AC.

29. لماذا تكون القيمة الفعالة للتيار المتناوب أقل من القيمة العظمى له؟

30. **الكهرومائية** يدير الماء الذي كان محجوزا خلف السد التوربينات التي تدوّر المولدات. أعدّ قائمة بجميع أشكال الطاقة وتحولاتها منذ أن كان الماء محجوزا إلى أن نتجت الكهرباء.

31. اكتب نص قانون لنز.

32. ما الذي يسبب تولد القوة الدافعة الكهربائية العكسية في المحرك الكهربائي؟

33. لماذا لا تحدث شرارة كهربائية عندما تغلق مفتاحًا كهربائيًّا لتمرير تيار إلى محث، في حين تحدث الشرارة عند فتح ذلك المفتاح الكهربائي؟

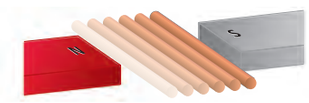
تطبيق المفاهيم

34. استخدم الوحدات لإثبات أن الفولت (V) هو وحدة قياس للمقدار $BL\upsilon$.

35. عندما يتحرك سلك داخل مجال مغناطيسي، فهل مقاومة الدائرة المغلقة تؤثر في التيار فقط ، أم في القوة الدافعة الكهربائية فقط، أم في كلاهما، أم أن أيًّا منهما لا يتأثر؟

36. **الدراجة الهوائية** عندما يُبطئ أحمد سرعة دراجته الهوائية، ماذا يحدث للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة من مولد دراجته؟ استخدم مصطلح الملف ذي القلب الحديدي خلال التوضيح.

37. يتحرك سلك بصورة أفقية بين قطبي مغناطيس، كما هو موضح في **الشكل 17–5**. ما اتجاه التيار الحثي فيه؟



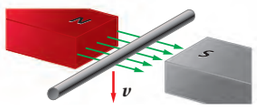
الشكل 17–5

تقويم الفصل 5

38. إذا حركت سلكًا نحاسيًّا إلى أسفل خلال مجال مغناطيسي B كما في **الشكل 18–5**: اجب عما يأتي:

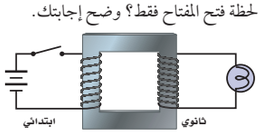
a. هل يسري التيار الحثي المتولد في قطعة السلك نحو اليسار أم نحو اليمين؟

b. عندما تحرك السلك داخل المجال المغناطيسي سيتولد 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 للتيار الحثي؟



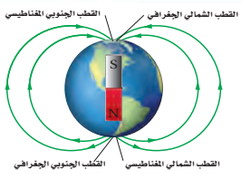
الشكل 18–5

39. وصل محول مع بطارية بوساطة مفتاح كهربائي، ووصلت دائرة الملف الثانوي مع مصباح كهربائي، كما في **الشكل 19–5**. هل يضيء المصباح ما دام المفتاح مغلقًا، أم عند لحظة الإغلاق فقط، أم عند لحظة فتح المفتاح فقط؟ وضح إجابتك.



الشكل 19–5

40. **المجال المغناطيسي الأرضي** اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي في النصف الشمالي يكون باتجاه الشمال الجغرافي، كما هو موضح في **الشكل 20–5**. إذا تحرك سلك أفقي (يمتد من الشرق إلى الغرب) من الشمال إلى الجنوب، فما اتجاه التيار المتولد؟



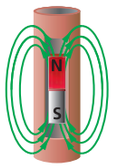
الشكل 20–5

41. أسقط مدرس الفيزياء مغناطيسًا خلال أنبوب نحاسي، كما في **الشكل 21–5**، فتحرك المغناطيس ببطء شديد، فاعتقد الطلبة في الصف أنه يجب أن تكون هناك قوة معاكسة لقوة الجاذبية. اجب عما يأتي:

a. ما اتجاه التيار الحثي المتولد في الأنبوب بوساطة سقوط المغناطيس إذا كان القطب الجنوبي للمغناطيس هو القطب المتجه نحو الأسفل؟

b. ينتج التيار الحثي مجالاً مغناطيسيًّا. ما اتجاه هذا المجال؟

c. كيف يعمل المجال المغناطيسي على تقليل تسارع المغناطيس الساقط؟



الشكل 21–5

38. a. ستبين قاعدة اليد اليمنى أن التيار يتحرك إلى اليسار.

b. ستؤثّر القوة في اتجاه الأعلى.

39. سيضيء المصباح لوجود تيار في الدائرة الثانوية وهذا يحدث كلّما تغيّر تيّار الملفّ الابتدائي، ولذلك يتوهّج المصباح عند فتح المفتاح أو إغلاقه.

40. اتجاه التيار من الغرب إلى الشرق.

41. a. القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة متعامدة مع كل من المجال والسرعة، ويجب أن يكون التيار محيطًا بالأنبوب. وخطوط المجال تدخل في القطب الجنوبي S وتخرج من القطب الشمالي N، ووفق قاعدة اليد اليمنى يكون اتّجاه التيار في اتجاه حركة عقارب الساعة بالقرب من القطب S وعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بالقرب من القطب N.

b. بالقرب من القطب S الجنوبي يكون المجال داخل الأنبوب إلى أسفل، وبالقرب من القطب N الشمالي يكون المجال إلى أعلى.

c. المجال المتولّد يؤثّر بقوة إلى أعلى في القطبين.

التقويم

42. عندما يدور الملف في المولّد تنشأ القوة المعاكسة لاتجاه الدوران نتيجة للتيار الحثّيّ [قانون لنز]، في حين أنه عندما يكون ساكنًا لا يتولّد تيار، لذا لا توجد قوة معاكسة.

43. لحظة بداية الحركة، لا يدور الملف، ولذلك لا يتقاطع مع خطوط المجال، ولا يتولد فرق جهد. ولهذا تكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية صفرًا. ولا يكون هناك تيار أو مجال حول الموصل الساكن. وفي اللحظة التي يبدأ فيها الملف الدوران، سيتقاطع مع خطوط المجال، فيتولّد فيه جهد حثّيّ، وسيكون لهذا الجهد قطبيّة بحيث يولّد مجالاً مغناطيسيًّا معاكسًا للمجال المولّد له. وهذا من شأنه تقليل التيار في المحرك. ولذلك تزداد ممانعة المحرك للحركة.

44. إن إمرار تيّار متناوب في الملف الابتدائي لمحوّل ينتج تدفّق تيّار متغيّر خلال الملفّ، وهذا التيار بدوره يولّد تدفّقًا مغناطيسيًّا متغيّرًا، ويولّد التدفّق المغناطيسي فولتيّة في الملفّ الثانوي الثابت على الجانب الآخر من القلب، وتعتمد الفولتيّة أو القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة المتولّدة على معدّل التغيّر في التدفّق المغناطيسي (تردّد المصدر)، وعدد لفّات الملفّ ومقدار التدفّق المغناطيسي.

إتقان حلّ المسائل

5-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغيّر المجالات المغناطيسية

45. 0.5 T

46. 0.89 V

47. a. 3.6 V

b. 0.33 A

48. a. 106 V

b. 21.2 A

c. 2.2 kW

49. a. 339.5 V

b. 22 A

50. 17 mA

51. a. 0.039 T

b. 0.23 V

52. a. 0.13 V

b. 0.13 A

c. يكون في اتجاه عقارب الساعة عند النظر من أعلى.

d. النقطة A سالبة بالنسبة للنقطة B.

42. **المولدات** لماذا يكون دوران المولد أكثر صعوبة عندما يكون متصلًا بدائرة كهربائية تزوده بالتيار، مقارنة بدورانه عندما لا يكون متصلاً بدائرة ما؟

43. وضح لماذا يكون التيار الابتدائي عند تشغيل المحرك كبيرًا. وضح أيضًا كيف يمكن تطبيق قانون لنز في اللحظة $t>0$؟

44. اشرح كيفية حدوث الحث المتبادل في المحول؟

إتقان حل المسائل

5–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية

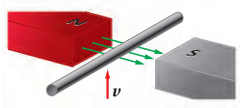
45. يتحرك سلك طوله 20.0 m بسرعة 4.0 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي. فإذا تولدت قوة دافعة كهربائية حثية خلاله مقدارها 40 V فاحسب مقدار المجال المغناطيسي.

46. **الطائرات** تطير طائرة بسرعة 9.50×10^{2} km/h وتمر فوق منطقة مقدار المجال المغناطيسي الأرضي فيها يساوي 4.5×10^{-5} T، والمجال المغناطيسي في تلك المنطقة رأسيًا تقريبًا. ما مقدار فرق الجهد بين طرفي جناحيها إذا كانت المسافة بين الطرفين 75 m؟

47. يتحرك سلك مستقيم طوله 0.75 m إلى أعلى بسرعة 16 m/s في مجال مغناطيسي أفقي مقداره 0.30 T، كما هو موضّح في **الشكل 22–5**. أجب عما يأتي:

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة كهربائية مقاومتها 11 Ω فاحسب مقدار التيار المار فيها.



الشكل 22–5

48. مولد كهربائي متناوب يولد فولتية عظمى مقدارها 150 V، ويزود دائرة خارجية بتيار قيمته العظمى 30.0 A، احسب:

a. الجهد الفعّال للمولد.

b. التيار الفعّال الذي يزود به المولد الدائرة الخارجية.

c. القدرة الفعّالة المستهلكة في الدائرة.

49. **الفرن الكهربائي** يتصل فرن كهربائي بمصدر تيار متناوب AC جهده الفعّال 240 V، اجب عما يأتي

a. احسب القيمة العظمى للجهد خلال أحد أجزاء الفرن عند تشغيله.

b. إذا كانت مقاومة عنصر التشغيل 11 Ω، فما مقدار التيار الفعّال؟

50. يتحرك سلك طوله 40.0 cm عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.32 T بسرعة 1.3 m/s، فإذا اتصل السلك بدائرة مقاومتها 10.0 Ω، فاحسب مقدار التيار المار فيها.

51. تحرك سلك طوله 2.5 m أفقيًّا بسرعة 2.4 m/s داخل مجال مغناطيسي مقداره 0.045 T في اتجاه يصنع زاوية مقدارها 60° فوق الأفقي. احسب:

a. المركبة الرأسية للمجال المغناطيسي.

b. القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك.

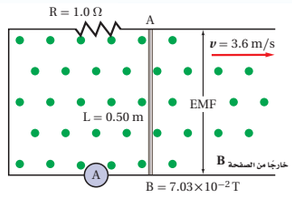
52. ارجع إلى المثال 1 و**الشكل 23–5** لإيجاد ما يأتي:

a. الجهد الحثي المتولد في الموصل.

b. مقدار التيار I.

c. اتجاه التيار الكهربائي في الحلقة.

d. قطبية النقطة A بالنسبة للنقطة B.



الشكل 23–5

5–2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثّية

53. محول مثالي رافع يتكون ملفه الابتدائي من 80 لفة، ويتكون ملفه الثانوي من 120 لفة، إذا زوّدت دائرة الملف الابتدائي بفرق جهد متناوب مقداره 120 V، اجب عما يأتي:

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؟

54. **الحواسيب الشخصية** محول مثالي في حاسوب شخصي يحتاج إلى جهد فعّال مقداره 9.0 V من خط 120 V، اجب عما يأتي:

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؟

55. **مجففات الشعر** صنع مجفف شعر ليعمل على تيار مقداره 10 A وفرق 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 اللفات في ملفه الابتدائي إلى عدد اللفات في ملفه الثانوي.

b. مقدار التيار الذي يعمل عليه في البلد الجديد.

56. محول مثالي قدرته 150 W يعمل على جهد 9 V لينتج تيارًا 5.0 A، أجب عما يأتي:

a. هل المحول رافع أم خافض؟

b. ما النسبة بين جهد الملف الثانوي إلى جهد الملف الابتدائي؟

مراجعة عامة

57. 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 تساوي 120 V، أجب عما يأتي:

a. احسب القوة الدافعة الكهربائية في دائرة الملف الثانوي.

b. إذا كان تيار دائرة الملف الثانوي يساوي 3.0 A، فاحسب تيار دائرة الملف الابتدائي.

c. ما مقدار القدرة المسحوبة بوساطة دائرة الملف الابتدائي؟ وما مقدار القدرة التي تزودها دائرة الملف الثانوي؟

58. ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها موصل طوله 50 cm عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.2 T لكي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية مقدارها 1.0 V؟

59. دائرة إنارة منزلية تعمل على جهد فعّال مقداره 120 V، ما أكبر قيمة متوقعة للجهد في هذه الدائرة؟

5-2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثّية

53. **a.** 180 V

b. 3 A

c. 3.6×10^{2} W

54. **a.** 36 لفة

b. 9.4 mA

55. **a.** 2 إلى 1

b. 5 A

56. **a.** محول رافع

b. 10 إلى 3

مراجعة عامة

57. **a.** 3.6×10^{3} V

b. 9.0×10^{1} A

c. 1.1×10^{4} W، 1.1×10^{4} W

58. 1×10^{1} m/s

59. 170 V

التقويم

60. 15.03 A

61. الابتدائي: الثانوي
1: 545

62. 4.7 A

63. **a.** 64 V

b. 10 A

64. يجب أن يستهلك المقاوم 34.7 W

التفكير الناقد

65. هذا سينقض قانون حفظ الطاقة، وستنتج طاقة أكبر من الطاقة الداخلة. وينتج المولّد في هذه الحالة طاقة من العدم، ولن يقتصر عمله على تحويل الطاقة من شكل إلى آخر. وهذا غير صحيح.

66. كفاءة المحول $= \frac{P_S}{P_P} \times 100$,6.05 A

67. 4 kW ؛67 kW

الكتابة في الفيزياء

68. يستخدم محرك الـDC كلًّا من الملف ذو القلب الحديدي والملفّ الموصول على التوالي معًا. عند تشغيله بوساطة تيار متناوب تتغيّر القطبية في المجالين لحظيًّا، ولذلك تبقى قطبيّة المجال المغناطيسي دون تغيّر، وبذلك يصبح اتجاه الدوران ثابتًا.

مراجعة تراكمية

69. 1.1×10^{-3}C

70. 71 Ω

60. المنصهر الكهربائي يعمل قاطع الدائرة المغناطيسي على فتح دائرته إذا بلغ التيار اللحظي فيها 21.25 A، ما مقدار أكبر تيار فعّال يمكن أن يمر بالدائرة؟

61. إذا كان فرق الجهد الكهربائي الداخل إلى محطة كهربائية يساوي 240000 V، فما النسبة بين عدد اللفات في المحول المستخدم إذا كان الجهد الخارج من المحطة يساوي 440 V؟

62. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي خافض من 100 لفة، ويتكون الملف الثانوي من 10 لفات. إذا وصلت بالمحول مقاومة حمل قدرتها 2.0 kW، فما مقدار التيار الفعّال الابتدائي؟ افترض أن مقدار الجهد في الملف الثانوي يساوي 60.0 V

63. سلك طوله 4.0 m يقطع خطوط مجال مغناطيسي شدته 2.0 T عموديًّا، بسرعة 8.0 m/s

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 6.4 Ω، فما مقدار التيار المار فيه؟

64. القيمة العظمى للجهد المتناوب، والذي يطبق على مقاوم مقداره 144 Ω تساوي 1.00×10^{2} V، ما مقدار القدرة التي يمكن أن يعطيها المقاوم الكهربائي؟

التفكير الناقد

65. تطبيق المفاهيم افترض أن هناك معارضاً لقانون لنز، يفيد أن القوة تعمل على زيادة التغير في المجال المغناطيسي. لذلك عندما تحتاج إلى طاقة أكبر يلزمنا قوة أقل لتشغيل المولد. فما قانون الحفظ الذي ينتهك بوساطة هذا القانون الجديد؟ وضّح إجابتك.

66. حلل لا تصل كفاءة المحولات العملية إلى 100% اكتب تعبيرًا 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 25.0 A، فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي؟

67. حلل واستنتج محول كهربائي كفاءته 95 % يزود ثمانية منازل. وكل منزل يشغل فرنًا كهربائيًّا يسحب تيارًا مقداره 35 A بفرق جهد مقداره 240 V ما مقدار القدرة التي تزود بها الأفران الثمانية؟ وما مقدار القدرة المستنفدة في المحول في صورة حرارة؟

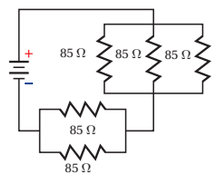
الكتابة في الفيزياء

68. صمّمت الأجهزة الشائعة مثل المثقب الكهربائي بصورة مثالية بحيث يحتوي على محرك عالمي. ارجع إلى مكتبتك وبعض المصادر الأخرى لتوضح كيف يمكن لهذا النوع من الأجهزة استخدام تيار متناوب أو تيار مستمر.

مراجعة تراكمية

69. ما مقدار الشحنة على مكثف سعته 22 μF عندما يكون فرق الجهد بين لوحيه 48 V؟

70. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الموضحة في الشكل 24–5.



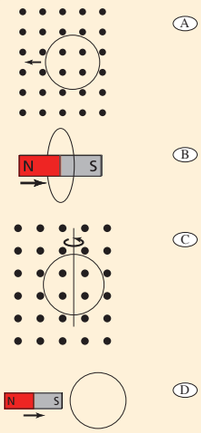
الشكل 24–5

اختبار مقنن

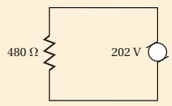
أسئلة اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. أي تحليل للوحدات يعدّ صحيحًا لحساب القوة الدافعة الكهربائية؟
   - (A) (N.A.m)(J)
   - (B) (N. A/m)(m)(m/s)
   - (C) J.C
   - (D) (N.m.A/s)(1/m)(m/s)
2. تولدت قوة دافعة كهربائية حثية مقدارها 4.20 V في سلك طوله 427 mm، يتحرك بسرعة 18.6 cm /s، ما مقدار المجال المغناطيسي الذي حث على توليد هذه القوة الدافعة الكهربائية؟
   - (A) 5.29×10^{-4} T
   - (B) 1.89×10^{-2} T
   - (C) 0.334 T
   - (D) 52.9 T
3. في أي الأشكال الآتية لايتولد تيار حثي في السلك؟



4. يتحرك سلك طوله 15 cm بسرعة 0.12 m /s عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره 1.4 T احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه.
   - (A) 0 V
   - (B) 0.018 V
   - (C) 0.025 V
   - (D) 2.5 V
5. يستخدم محول 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؟
   - (A) 0.27 A
   - (B) 0.70 A
   - (C) 4.8 A
   - (D) 13.3 A
6. مولد تيار متناوب يعطى جهدًا مقداره 202 V كقيمة عظمى لسخان كهربائي مقاومته 480 Ω، ما مقدار التيار الفعّال في السخان؟



   - (A) 0.298 A
   - (B) 1.68 A
   - (C) 2.38 A
   - (D) 3.37 A

الأسئلة الممتدة

7. قارن بين القدرة المستهلكة في الأسلاك 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 Ω، ما الاستنتاج الذي يمكن التوصل إليه؟

✓ إرشاد

استقص

استفسر من معلمك عن نوع الأسئلة المتوقعة في الاختبار، واطلب إليه أيضًا تزويدك باختبارات تدريبية حتى تصبح مواد الاختبار مألوفة لك.

151

أسئلة اختيار من متعدد

1. B	2. D	3. D
4. C	5. A	6. A

الأسئلة الممتدة

7. $I_1 = \frac{P}{V} = \frac{800}{160} = 5\ A$

$I_2 = \frac{P}{V} = \frac{800}{960} = 0.8\ A$

القدرة المستنفذة $P = I^2R$

$P_1 = 50\ W$

$P_2 = 1\ W$

من الأفضل نقل الطاقة بالجهود الكبيرة.

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

الفصل 6

مخطط الفصل

الأهـــداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
6–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة	
1. **تحلّ** مسائل تتضمّن التفاعل بين الجسيمات المشحونة والمجالات الكهربائية والمغناطيسية في أنبوب الأشعّة المهبطيّة ومطياف الكتلة. 2. **توضّح** كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة.	**تجارب الطالب** **تجربة استهلالية** مذياع FM /AM، وخرائط للمنطقة المحليّة والمناطق المجاورة. **تجربة** كرة صلصال، ومسطرة طولها 30 cm وفيها مجرى، وكرة فولاذية قطرها 6 mm، ومغناطيس قوي.
6–2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء	
3. **تصف** كيف تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء. 4. **تحلّ** مسائل تتضمّن خصائص الموجات الكهرومغناطيسية. 5. **تصف** العوامل المؤثّرة في قدرة الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بطول موجيّ محدّد. 6. **تحلّ** مسائل تتضمّن انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في المواد العازلة للكهرباء.	**تجارب الطالب** **تجربة إضافية** خليّة شمسية مع قطبين كهربائيين، وسمّاعة صوت صغيرة مزوّدة بأسلاك توصيل، وورقة، وجهاز تحكم في التلفاز، وجهاز راسم ذبذبات (اختياري). **مختبر الفيزياء** مذياع AM–FM صغير يعمل ببطارية، وصندوقان صغيران من الكرتون، وصندوق فلزّيّ أو علبة بغطاء، ورقائق ألومنيوم، وأكياس تحمي من التفريغ الكهربائي (كالمستخدمة في حماية قطع الحاسوب)، وشاشة فلزّيّة، وشريط لاصق، وقفازات جلدية، ومكبس ورق. **عرض المعلم** **عرض سريع** مذياع AM محمول، وقطعة من شبك السياج. **عرض سريع** مغناطيس كبير، وجلفانومتر مخصّص للعرض، وملفّ سلكي.

طرائق تدريس متنوعة

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

الفصل السادس

الفصل 6

الكهرومغناطيسية

نظرة عامة إلى الفصل

ستتوسع في هذا الفصل في استكشاف المجالات الكهربائية، والمغناطيسية، وستوضّح الموجات الكهرومغناطيسية كموجات الراديو، وأشعة جاما بدلالة اهتزاز الموجات الكهربائية، والموجات المغناطيسية. وعلى الرغم من أن معظم الإشعاع في الكون خارج حدود الإدراك الحسّي للإنسان، إلا أنه قد اخترعت أدوات لإنتاج وقياس جميع أنواع الموجات الكهرومغناطيسية.

فكّر

تكون المساحة السطحية الكبيرة لأطباق القطع المكافئ قادرة على تجميع الإشارات الضعيفة القادمة وتركيزها، مما يجعلها أسهل للكشف والاستقبال.

المفردات الرئيسة

- النظير
- مطياف الكتلة
- موجة كهرومغناطيسية
- العوازل الكهربائية
- الهوائي
- الطيف الكهرومغناطيسي
- الإشعاع الكهرومغناطيسي
- الكهرباء الإجهادية
- المُستقبِل

تجربة استهلالية

الهدف توضيح فكرة انتقال الموجات الكهرومغناطيسية وإرسالها مسافات بعيدة.

المواد والأدوات مذياع FM/AM، وخرائط للمنطقة المحليّة والمناطق المجاورة.

استراتيجيات التدريس

- تجرى التجربة في يوم فيه برق فإذا لم يكن هناك برق فاستعمل هاتفًا خلويًّا واتصل به من هاتف آخر. اطلب إلى الطلبة توليف المذياع وضبطه على موقع في حزمة التردّد، على ألا يكون هناك بثّ لأي محطة، واطلب إليهم الإصغاء لتشويش يشبه الضجيج مدة 5–10 دقائق. يجب أن يسمع الطلبة خشخشات وفرقعات ناتجة عن التفريغات الكهربائية للبرق.
- توفّر العديد من مواقع الإنترنت معلومات حول إشارات بعض المحطات الإذاعية وتردداتها وأسمائها ومواقعها.
- ستؤثّر القدرة التي تبثّ فيها المحطة في النتائج أيضًا.

6-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

1. التركيز

نشاط محفز

مسار الإلكترون أحضر راسم ذبذبات قديمًا لا يعمل أو تلفزيون قديم ثم أزِل الغطاء، وأفرغ جميع المكثفات (صِل طرفي المكثّف بسلك لعمل دائرة قِصْر، مما يجعل فرق الجهد بين طرفي المكثّف قريبًا من الصفر). اطلب إلى الطلبة إنشاء رسم تخطيطي يوضح كيفيّة انبعاث حزمة الإلكترونات والتحكم في اتجاهها. يجب أن تتضمن الرسومات صفائح الانحراف الأفقية والرأسية. اسأل الطلبة كيف يتغيّر مسار الإلكترون. يمكن التحكّم في مسار الإلكترون عن طريق تغيير الجهد المطبّق على صفائح الانحراف. م2 **بصري–مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

ما يحتاج الطلبة إلى معرفته مفاهيم الكتلة، والشحنة، والقوى من المجالات الكهربائية. وعلى الطلبة فهم الموجات قبل البدء في هذا البند. وسيستخدم الطلبة أيضًا معادلات الحركة الدائرية.

6–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

Interactions of Electric and Magnetic Fields and Matter

الأهداف

- **تحل** مسائل تتضمن التفاعل بين الجسيمات المشحونة والمجالات الكهربائية والمغناطيسية في مطياف الكتلة.
- **توضح** كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة.

المفردات

النظير

مطياف الكتلة

لعلك استخدمت أو سمعت بعض الرموز والمصطلحات، مثل موجات الراديو القصيرة، وموجات الميكروويف، وإشارات التلفاز UHF و VHF، رغم أنك قد لا تعرف المعنى الدقيق لها؛ فكل منها يستخدم لوصف أحد أنواع الموجات الكهرومغناطيسية التي تبث عبر الهواء، وتصلك من خلال المذياع أو التلفاز أو أشكال الاتصالات الأخرى لتزودك بالمعلومات. وجميع هذه الموجات تتكون من مجالات كهربائية، ومغناطيسية تنتشر في الفضاء.

ومفتاح فهم سلوك هذه الموجات هو فهم طبيعة الإلكترون. لماذا؟ لأن الموجات الكهرومغناطيسية تنتج عن مسارعة الإلكترونات، وتنتج شحنة الإلكترونات مجالات كهربائية، وتنتج حركتها مجالات مغناطيسية. وفوق ذلك تبث هذه الموجات وتلتقط بوساطة الهوائيات. والهوائي يعدّ أداة مصنوعة من مادة تحتوي على إلكترونات أيضًا.

153

تجربة استهلالية

من أين تبث محطات الإذاعة؟

سؤال التجربة كم تبعد أجهزة الإرسال التي تبث إشارات محطة الإذاعة التي يمكنك الاستماع إليها على موجات AM؟

الخطوات

1. مدى تردد موجات الراديو AM يكون بين 540 kHz و1690 kHz، اعمل جدولاً للبيانات يتضمن أعمدة لكل من التردد (kHz)، واسم محطة إذاعة، وشدة الإشارة، والموقع، والبعد (km).
2. شغّل المذياع، واضبطه على التردد 540 kHz، واضبط علو الصوت عند مستوى معتدل.
3. **جمع البيانات وتنظيمها** عدّل التردد ببطء إلى أن تسمع محطة إذاعة تبث بوضوح. أصغ إلى البث فترة قصيرة لتسمع إشارتها واسمها، إذا ذكرت المحطة الإذاعية ذلك. ودوّن في جدول البيانات كلًا من: تردد المحطة، وشدة الإشارة (قوية، متوسطة، ضعيفة) واسم المحطة.
4. كرّر الخطوة 3 حتى تصل إلى أعلى تردد في حزمة الـ AM لموجات الراديو؛ 1960 kHz.
5. حدّد المكان الذي تبث منه كل محطة إشاراتها، ودوّن اسم المدينة التي تبث منها كل محطة في جدول البيانات.
6. **القياس باستعمال الوحدات الدولية SI** باستخدام الخرائط، حدّد مواقع المدن التي تبث منها محطات الإذاعة، وقدّر بُعد هذه المدن عنك، ودوّن ذلك في جدول البيانات.

التحليل

ما بُعد أبعد محطة راديو عنك يمكنك التقاط موجاتها؟ وهل يؤثر بُعد محطة الإرسال في قوة إشارة المحطة؟

التفكير الناقد يؤثر تغيير موقع الهوائي غالبًا في قوة إشارة المحطة. ما دلالة ذلك على طبيعة موجات الراديو؟

النتائج المتوقعة ستختلف نتائج الطلبة؛ لأن انتشار موجات الراديو تتأثّر بعدة عوامل، منها: الوقت من اليوم، والموقع، والتفاعل الشمسيّ مع طبقة الغلاف الجويّ المتأيّنة (الأيونوسفير). وعمومًا يجب أن تكون المحطات الأقرب هي الأقوى. وقد تكون المحطات البعيدة أحيانًا أقوى من تلك القريبة، على الرغم من أن إشاراتها تضعف وتتلاشى مع الزمن.

التحليل قد تسمع في النهار بعض المحطات التي تبعد مئات الكيلومترات، وعادة ما تكون الإشارات القادمة من المحطات القريبة هي الأقوى، في حين تضعف الإشارات الصادرة عن المحطات البعيدة وتتلاشى. تبثّ الموجات من محطات الإذاعة في الاتجاهات جميعها، ويلتقط هوائي المذياع آلاف الموجات من مُرسلات عديدة.

التفكير الناقد يضبط الهوائي لمحاولة جعله في أفضل وضع لالتقاط المزيد من موجات الراديو المنتشرة في الفضاء حوله لاختيارِ التردّد المطلوب. أشر إلى أن موجة الراديو مستقطبة بقوة، ويجب أن يكون الهوائي في نفس اتجاه المجال الكهربائي للموجة؛ للتفاعل مع الإشارة.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الجسيمات المشحونة اسأل الطلبة: هل يتأثر الجسيم المشحون الساكن الموضوع بين مغناطيسين بقوة محصلة؟ لا؛ لأن الجسيم الساكن المشحون لا يتأثّر بأي قوة محصلة من المغناطيسين. م2

تطوير المفهوم

مسار البروتون اطلب إلى الطلبة مقارنة مسار البروتون بمسار الإلكترون عند حركتهما داخل مجال مغناطيسي. واطلب إليهم استخدام معرفتهم عن كيفية تأثر الإلكترون بالمجال المغناطيسي، ثم أشر إلى أن شحنة البروتون مخالفة لشحنة الإلكترون. سيكون مقدار القوة الكهربائية، مساويًا لمقدار القوة المغناطيسية في الحالتين، فعلى الرغم من أن الإلكترون والبروتون سينحرفان في اتجاهين متعاكسين. ولأن كتلة البروتون، أكبر كثيرًا من كتلة الإلكترون فإن مسار البروتون سيكون أقل انحناءً. م2

التفكير الناقد

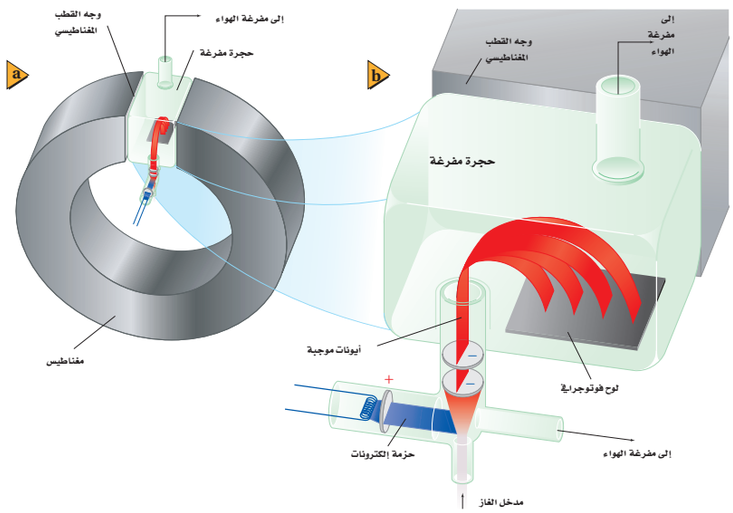
تسارع ذرات الهيدروجين اسأل الطلبة عما إذا كان تومسون قد استعمل ذرات هيدروجين متعادلة لمسارعتها في الأنبوب المفرغ، بدلاً من الإلكترون أو البروتون. ثم وضّح لهم أن ذلك غير ممكن مطلقًا لأن الذرات المتعادلة لا تتأثّر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية. م2

مطياف الكتلة Mass Spectrometer

مطياف الكتلة جهاز يستخدم لدراسة النظائر، وقياس النسبة بين شحنة الايون الموجب وكتلته q/m بدقة. والنظائر تمثل اشكالاً مختلفة للذرة نفسها لها الخصائص الكيميائية نفسها لكنها مختلفة الكتل، ويمكن حساب كتلة كل نظير بوساطة النسبة q/m.

وتسمى المادة التي تكون قيد الفحص والاستقصاء مصدرَ الأيون، وتستخدم لإنتاج الأيونات الموجبة. ويجب أن يكون مصدر الأيون هذا إما غازًا أو مادة يمكن تسخينها لتشكّل بخارًا. وتتشكل الأيونات الموجبة عند اصطدام الإلكترونات المسرّعة بالغاز أو بذرات البخار. حيث تؤدي تلك التصادمات إلى انتزاع الإلكترونات من الذرات لتتشكّل الأيونات الموجبة. وينتج فرق الجهد V بين الأقطاب مجالاً كهربائيًّا يستعمل لمسارعة الأيونات. ويوضّح **الشكل 1–6** أحد أنواع أجهزة مطياف الكتلة.

الشكل 1–6 يستخدم مطياف الكتلة لتحليل نظائر العنصر؛ حيث يعمل المغناطيس داخل المطياف على انحراف الأيونات الموجبة في الحجرة المفرغة وفق كتلها (a). وتسجّل العملية في الحجرة المفرغة على لوح فوتوجرافي أو على كاشف مصنّع من مادة في حالتها الصلبة (b).



154

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

فصل نظائر اليورانيوم اقترح إرنست لورنتز عام 1941م، أنه يمكن فصل نظائر اليورانيوم باستعمال مطياف كتلة ضخم. وهذا الجهاز يُسمَّى كالوترون. وقد استكمل بناؤه في ديسمبر عام 1941م، واستعمل لفصل اليورانيوم 235 عن اليورانيوم 238 ثم استعملت المئات من هذه الأجهزة من عام 1943م وحتى 1945م لإنتاج يورانيوم عالي التخصيب U–238، الضروري لمشروع منهاتن، مما أدّى إلى تطوير القنبلة الذرية. واليوم تستخدم هذه الأجهزة نفسها لإنتاج النظائر المشعّة للأغراض الطبية.

تمر الأيونات أولاً داخل مجالات كهربائية لإكسابها سرعة محددة ثم مجالات مغناطيسية تؤدي إلى انحراف مسارها. وهناك تسلك مسارًا دائريًّا. ويمكن استخدام أنصاف أقطار المسارات لتحديد نسبة شحنة الأيونات إلى كتلتها. ويمكن حساب نصف القطر r لمسار الأيون بوساطة القانون الثاني لنيوتن في الحركة.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

وبحل المعادلة السابقة بالنسبة لـ r نجد أن:

$$r = \frac{mv}{qB}$$

يمكن حساب سرعة الأيون غير المنحرف من علاقة الطاقة الحركية للأيونات المتسارعة من السكون خلال فرق جهد معلوم V.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = qV$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

وتعويض قيمة v في المعادلة $r = mv/qB$ يعطي نصف قطر المسار الدائري .

$$r = \frac{mv}{qB}$$

$$= \frac{m}{qB}\sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

$$= \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm}{q}}$$

بتبسيط المعادلة عن طريق ضرب كلا طرفيها في المقدار B نحصل على:

$$Br = \sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

ويمكن استخدام هذه المعادلة لحساب نسبة شحنة الأيون إلى كتلته.

نسبة شحنة الأيون إلى كتلته في مطياف الكتلة

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

نسبة شحنة أيون إلى كتلته في مطياف الكتلة تساوي ضعفي فرق الجهد مقسومًا على حاصل ضرب مربع مقدار المجال المغناطيسي في مربع نصف قطر المسار الدائري للأيون.

وكما هو موضّح في **الشكل 1–6** ففي أحد أنواع مطياف الكتلة تصطدم الأيونات بصفائح أفلام فوتوجرافية تاركة نقطة. ويمكن قياس قطر المسار المنحنى الذي يسلكه الأيون في الحجرة المفرّغة بسهولة؛ لأنه يمثل المسافة بين تلك النقطة على الفيلم والشق الموجود في القطب. ولذلك يكون نصف قطر المسار r هو نصف هذه المسافة المقيسة.

تجربة

عمل نموذج لمطياف الكتلة

هيئ مستوى مائلاً بوضع كرة من الصلصال تحت أحد طرفي مسطرة فيها أخدود. ثم ضع كرة فولاذية قطرها 6 mm في منتصف المنحدر واتركها.

1. **لاحظ** الكرة في أثناء تدحرجها إلى أسفل المنحدر وعلى طول سطح الطاولة.
2. **جرّب** ضع مغناطيسًا قويًا بالقرب من المسار الذي تسلكه الكرة على سطح الطاولة. اجعل المغناطيس قريبًا من المسار بحيث تنحرف الكرة في مسار منحنٍ على ألا تصطدم بالمغناطيس. كرر الخطوة 1 وفق الحاجة.
3. **توقع** ماذا يحدث لمسار الكرة إذا تركت لتتدحرج من مكان أعلى أو من مكان أقل ارتفاعًا من السابق على المنحدر؟
4. اختبر توقعك.

التحليل والاستنتاج

5. **وضّح** ما إذا كانت النتائج الملاحظة تتفق مع الملاحظات الخاصة بالجسيمات المشحونة عند حركتها داخل المجال المغناطيسي.

تجربة

عمل نموذج لمطياف الكتلة

الهدف يلاحظ كيف يتأثر نصف قطر المسار المنحني بسرعة الجسيم.

المواد والأدوات كرة صلصال، ومسطرة طولها 30 cm وفيها مجرى، وكرة فولاذية قطرها 6 mm، ومغناطيس قوي.

النتائج المتوقعة كلما كانت سرعة تدحرج الكرة أكبر، كان انحناء المسار أقل. يعتمد انحناء هذا المسار على طول الفترة الزمنية التي أثرت بها قوة التجاذب بين المغناطيس، والكرة، وعندما تتحرك الكرة بسرعة أكبر تكون مدة تأثير قوة المغناطيس أقلّ، مما يجعل انحراف المسار أقلّ.

التحليل والاستنتاج

5. نعم، النتائج الملاحظة متوافقة، ومع ذلك ففي هذه الحالة يكون مسار الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي أقلّ انحناءً لأن $r = \frac{mv}{qB}$ وليس لأن المجال أثّر فيها فترة زمنيّة أقلّ.

تقوية

تسارع الأجسام اطلب إلى الطلبة كتابة مقارنة بسيطة تبيّن تقديرات تسارع أجسام مختلفة تتضمن السيارات الرياضية، وكرة التنس (عند الإرسال) وإلكترونًا موضوعًا داخل مجال كهربائي مقداره 100 V/m ثم اطلب إلى الطلبة مقارنة تسارع هذه الأجسام.

القيم النموذجية:

السيارة الرياضية $8\ m/s^2$

كرة التنس $500\ m/s^2$

الإلكترون $1\times10^{13}\ m/s^2$

م 2 **لغوي**

معلومة للمعلم

مهن في الحياة اليومية

فني الإرسال الإذاعي يتطلب عمل الشخص بوصفه خبيرًا فنيًّا (تقنيًّا) في محطة تلفاز، معرفة واسعة في مجال الإلكترونيات، وبرامج الحاسوب لمراقبة الأجهزة وضبطها، فضلاً عن تحديد أعطال الأجهزة، وإصلاحها تحت ظروف عالية التوتر، والشهادة التي يجب أن يمتلكها الفنيّ، أو المهنة الملائمة يجب أن تكون خلفيتها من مدرسة مهنية أو صناعية. إن معرفة أحكام وقوانين وقواعد الاتصالات، وشروط منح الشهادات من المؤهلات الضرورية في هذه المهنة.

مثال صفي

سؤال يُنتِج مطياف كتلة معيّن حزمةً من ذرات النيون ثنائية التأيّن (+2) بكتلة مقدارها $3.3\times10^{-26}\ \text{kg}$ إذا سُرِّعت بوساطة فرق جهد مقداره 30.0 V ومرّت الأيونات خلال مجال مغناطيسي مقداره 0.025 T فأوجد نصف قطر مسارها؟

الجواب

بداية اشتق العلاقة

$$q/m_{\text{نيون}} = \frac{2V}{B^2R^2}$$

$$r^2q = \frac{(m_{\text{نيون}})(2V)}{B^2} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{(m_{\text{نيون}})(2V)}{qB^2}}$$

في حين أن m هي كتلة أيون النيون

ثم حلّ المعادلة:

$$r = \sqrt{\frac{(3.3\times10^{-26}\ \text{kg})(2)(30.0\ \text{V})}{(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(0.025\ \text{T})^2}}$$

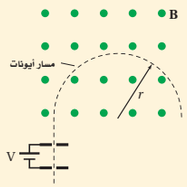
$$= 2.0\times10^{-2}\ \text{m}$$

مسائل تدريبية

1. $2.7\times10^{-26}\ \text{kg}$
2. $4.0\times10^{5}\ \text{m/s}$

مثـــال 1

كتلة ذرة النيون ينتج مشغل مطياف الكتلة حزمة ذرات نيون ثنائية التأين (+2). حيث تُسرّع هذه الحزمة أولا بوساطة فرق جهد مقداره 34 V، ثم يتم إدخالها في مجال مغناطيسي مقداره 0.050 T، فتنحرف في مسار دائري نصف قطره 53 mm أوجد كتلة ذرة النيون إلى أقرب عدد صحيح من كتلة البروتون.



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مسارًا دائريًّا للأيونات، وحدّد عليه نصف القطر.
- ارسم فرق الجهد بين القطبين وحدّده.

المعلوم

$m_{\text{بروتون}} = 1.67\times10^{-27}\ \text{kg}$
$q = 2(1.60\times10^{-19}\ \text{C})$
$q = 3.2\times10^{-19}\ \text{C}$
$V = 34\ \text{V}$
$B = 0.050\ \text{T}$
$r = 0.053\ \text{m}$

المجهول

$m_{\text{نيون}} = ?$
$m_{\text{بروتون}} = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم معادلة نسبة شحنة الأيون إلى كتلته في مطياف الكتلة.

$$\frac{q}{m_{\text{نيون}}} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

$$m_{\text{نيون}} = \frac{qB^2r^2}{2V}$$

بالتعويض عن

$q = 3.20\times10^{-19}\ \text{C}$، $V = 34\ \text{V}$، $r = 0.053\ \text{m}$

$B = 0.050\ \text{T}$

$$m_{\text{نيون}} = \frac{(3.2\times10^{-19}\ \text{C})(0.050\ \text{T})^2(0.053\ \text{m})^2}{2(34\ \text{V})}$$

$$m_{\text{نيون}} = 3.3\times10^{-26}\ \text{kg}$$

بقسمة كتلة النيون على كتلة البروتون نجد عدد البروتونات.

$$N_{\text{بروتون}} = \frac{m_{\text{نيون}}}{m_{\text{بروتون}}} = \frac{3.3\times10^{-26}\ \text{kg}}{1.67\times10^{-27}\ \text{kg/بروتون}} \cong 20\ \text{بروتون}$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس الكتلة إما بالجرام أو الكيلوجرام، وعدد البروتونات ليس له وحدة.
- **هل الجواب منطقي؟** النيون له نظيران بكتل تساوي تقريبًا 20 و 22 ضعف كتلة البروتون.

مسائل تدريبية

1. تمر حزمة من ذرات أكسجين أحادية التأين (+1) خلال مطياف الكتلة. فإذا كانت: $B = 7.2\times10^{-2}\ \text{T}$، $V = 110\ \text{V}$، $q = 1.60\times10^{-19}\ \text{C}$، $r = 0.085\ \text{m}$، فأوجد كتلة ذرة الأكسجين.
2. تمر حزمة من ذرات ليثيوم أحادية التأين (+1) خلال مجال مغناطيسي مقداره $1.5\times10^{-3}\ \text{T}$ متعامد مع مجال كهربائي مقداره $6.0\times10^{2}\ \text{N/C}$ ولا تنحرف. أوجد سرعة ذرات الليثيوم التي تمر خلال المجالين.

156

نشاط

مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

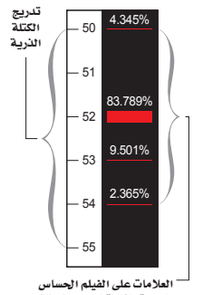
استعمال مطياف الكتلة خذ كرتين لهما القطر نفسه تقريبًا، ومختلفتين في الكتلة، ثم اطلب إلى أحد الطلبة أن يمسك كرة بكل يد، وأن يفترض أنهما مكونتان من المادة نفسها (لهما خصائص كيميائية متماثلة). أي الكرتين أثقل؟ وضح أنه باستخدام قوة مغناطيسية مؤثّرة في جسيم مشحون متحرك، فإنه يمكن لمطياف الكتلة قياس الكتل، والتراكيز النسبية للذرات والجزيئات، وبذلك تنفصل النظائر المتماثلة كيميائيًّا، والمختلفة في الكتلة. ع 1 حركي

تحليل النظائر يوضّح **الشكل 2–6** المسافات التقريبية بين العلامات التي تتركها عينة كروم متأينة (Cr^{+}) على الفيلم. وعلى الرغم أن جميع أيونات الكروم التي اصطدمت بالفيلم لها الشحنة نفسها؛ حيث تعتمد شحنتها على عدد الإلكترونات التي فقدت من الذرات المتعادلة التي استخدمت مصدرًا للأيونات إلا أن العلامات الأربع الحمراء تشير إلى أن عينة الكروم تحتوي على أربعة نظائر. ويدل عرض العلامة على توافر وجود الأيون. لاحظ أن النظير 52 هو النظير الأكثر وجوداً، وأن مجموع نسب النظائر يساوي 100%، وكما تتذكر من الكيمياء فإن كتلة كل عنصر من العناصر المدرجة في الجدول الدوري يمثل متوسط كتل جميع النظائر المستقرة لذلك العنصر.

وتذكر أن الأيونات تتكون عند استخدام إلكترونات متسارعة في ضرب إلكترونات الذرات المتعادلة وتحريرها. وعند تحرير أول إلكترون نحصل على ذرة أحادية التأين (+1). وهناك حاجة إلى طاقة أكبر لتحرير الإلكترون الثاني من الذرة للحصول على ذرة ثنائية التأين (+2). ويمكن توفير هذه الطاقة الإضافية عن طريق مسارعة الإلكترونات إلى درجة كبيرة بتعريضها لمجال كهربائي كبير، أي أن الإلكترونات المتسارعة ذات الطاقة العالية يمكنها إنتاج أيونات أحادية وأيونات ثنائية. بهذه الطريقة يعمل مشغل مطياف الكتلة على اختيار شحنة الأيون الذي يجب دراسته.

تطبيقات أخرى لمطياف الكتلة استخدامات أخرى متعددة؛ فمثلاً يمكن استخدام مطياف الكتلة لفصل عينة من اليورانيوم إلى النظائر المكونة لها. كما يستخدم أحيانًا لالتقاط وتحديد أثر كميات الجزيئات من عينة ما، وهذا التطبيق يستخدم على نطاق واسع في علوم البيئة والعلوم الجنائية. ويكون الجهاز حساسًا جدًّا، بحيث يكون الباحثون قادرين على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة، ويتمكنون أيضًا من تحديد وجود جزيء واحد في عينة تحتوي على عشرة مليارات جزيء.

الربط مع الكيمياء



الشكل 2–6 يستخدم مطياف الكتلة على نطاق واسع لتحديد نسب نظائر العنصر. ويبين التمثيل أعلاه نتائج تحليل العلامات الظاهرة على الفيلم بنظائر الكروم.

1–6 مراجعة

3. **المجال المغناطيسي** يحسب نصف قطر المسار الدائري للأيون في مطياف الكتلة بوساطة العلاقة: $r=(1/B)\sqrt{2mV/q}$. استخدم هذه العلاقة لبيان كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة بعضها عن بعض.
4. **المجال المغناطيسي** باستعمال مطياف الكتلة الحديث، يمكن تحليل الجزيئات التي تعادل كتلتها كتلة مائة بروتون. إذا تم إنتاج أيونات أحادية من هذه الجزيئات باستخدام الجهد المسارع نفسه، فكيف يتغير المجال المغناطيسي للمطياف، بحيث تصطدم الأيونات بالفيلم؟
5. **نصف قطر المسار** يتحرك بروتون بسرعة $4.2\times10^{4}\ m/s$ لحظة مروره داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.20 T احسب نصف قطر مساره الدائري.
6. **الكتلة** تم تسريع حزمة ذرات أكسجين ثنائية التأين (+2) بوساطة فرق جهد مقداره 232 V وعندما عبرت مجالاً مغناطيسيًّا مقداره 75 mT، سلكت مسارًا منحنيًا نصف قطره 8.3 cm أوجد مقدار كتلة ذرة الأكسجين.
7. **التفكير الناقد** كيف استنتج العالم بور أن شحنة ذرة الهيدروجين مفردة موجبة (+1)؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

3. التقويم

التحقق من الفهم

نصف قطر مسار الانحناء اكتب على السبورة معادلة نصف قطر مسار الانحناء لجسيم مشحون متحرك في مجال مغناطيسي $r=\frac{mv}{qB}$، ثم وزّع طلبة الصف إلى أربع مجموعات، وعيّن لكل مجموعة متغيرًا واحدًا من المتغيرات الموجودة عن يمين المعادلة، ثم اطلب إلى كل مجموعة أن تحدّد كل متغيّر في المعادلة وأن تذكر الوحدات التي تعبّر عن المتغير. واسأل الطلبة عن كيفية تغير نصف قطر انحناء مسار الجسيم المشحون الموضوع داخل المجال المغناطيسي، عند كل حالة من الحالات الآتية: تقليل m إلى النصف، مضاعفة v، مضاعفة B ثلاث مرات، تقليل q إلى النصف.

تقليل m إلى النصف سيقلل r للنصف، $\left(r=\frac{mv}{2qB}\right)$. مضاعفة v سيضاعف r، $\left(r=\frac{2mv}{qB}\right)$. مضاعفة B ثلاث مرات سيقلل r إلى الثلث $\left(r=\frac{mv}{3qB}\right)$. تقليل q إلى النصف سيضاعف r. $r=\frac{mv}{(\frac{1}{2}q)(B)}=2mv/qB$

م 2 بين الأشخاص

التوسع

مطيافيّة الكتلة اطلب إلى الطلبة البحث في تطبيقات مطياف الكتلة في واقع الحياة، وتجميع النتائج التي توصلوا إليها في صورة وسيلة عرض صفية. **م 2 لغوي**

6-1 مراجعة

3. مع افتراض أن الأيونات جميعها لها الشحنة نفسها سيكون المتغيّر الوحيد غير الثابت في المعادلة هو كتلة الأيون m، لذا إذا زادت كتلة الأيون m فسيزداد أيضًا نصف قطر مسار الأيون. وهذا يؤدّي إلى فصل مسارات الأيونات ذات الكتل المختلفة
4. لأن $r=(\frac{1}{B})\sqrt{\frac{2Vm}{q}}$ فإنه عند زيادة m يجب أن تزداد B أيضًا. وإذا زادت m بمعامل مقداره 10 فإن B تزداد بمعامل مقداره 3؛ فللإبقاء على r ثابتة يجب أن تزداد B بمقدار $\sqrt{m}$.
5. $3.7\times10^{-4}\ m$
6. $2.7\times10^{-26}\ kg$
7. من خلال معرفة نسبة شحنة الأيون إلى كتلته.

6-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

1. التركيز

نشاط محفّز

الموجات المتعامدة لتصور شكل القوتين المتعامدتين للموجة الكهرومغناطيسية. دع أحد الطلبة يهز حبلاً مربوطًا إلى الحائط طوله (4–6)m إلى أعلى وإلى أسفل في صورة موجة جيبية موازية للحائط. وتحقّق من أن كل شخص يقف بحيث يُرى بوضوح، وأنه لا يوجد أي عائق أمام حركة الحبل. اطلب إلى طالب آخر الوقوف بجانب الطالب الأول، والانحناء إلى أسفل ليهز حبلاً آخر جانبيًّا بموازاة الأرضية، وتحقّق مرة أخرى من عدم وجود أي عائق أمام حركة الحبلين، وأن الحبلين لا يتداخلان معًا. بيّن أن كلًّا من الموجة الكهربائية والمغناطيسية تهتزان متعامدتين إحداهما على الأخرى، ومتعامدتين أيضًا مع اتجاه حركتهما في الفضاء. م2 بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

خصائص الموجات يحتاج الطلبة هنا إلى استدعاء معلوماتهم عن تعريف الموجة، وطول الموجة، كما يكون مفيدًا لهم تذكر المعلومات المتعلقة بخصائص الموجات والمتمثلة بالسرعة، والسعة، وفرق الطور، والزمن الدوري.

2. التدريس

استخدام الشكل 3–6

اطلب إلى الطلبة تأمّل الشكل 3c–6، ثم وصف اتجاه المجال الكهربائي بالنسبة إلى المجال المغناطيسي. ويمكنك أن تستخدم هذا الفهم لمساعدة الطلبة في الشكل 3–6. م2 بصري-مكاني

الأهداف

- **تصف** كيف تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء.
- **تحل** مسائل تتضمن خصائص الموجات الكهرومغناطيسية.
- **تصف** العوامل المؤثرة في قدرة الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بطول موجي محدّد.
- **تحل** مسائل تتضمن انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في المواد العازلة للكهرباء.

المفردات

موجة كهرومغناطيسية
العوازل الكهربائية
الهوائي
الطيف الكهرومغناطيسي
الإشعاع الكهرومغناطيسي
الكهرباء الإجهادية
المُستقبِل

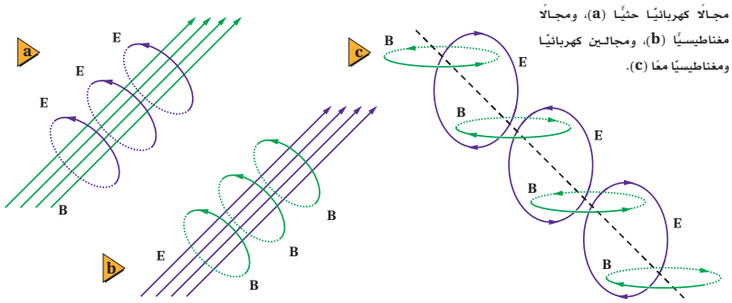
على الرغم من أنك قد لا تدرك الموجات الكهرومغناطيسية إلا أنك تعتمد عليها يوميًّا. فبث الإشارات من محطات الإذاعة والتلفزة، والأقمار الاصطناعية التي تدور حول الأرض، وحتى تلك الموجات الصادرة عن المجرات البعيدة، تعدّ جميعها موجات كهرومغناطيسية. وتستخدم الموجات الكهرومغناطيسية أيضًا في منتجات استهلاكية شائعة مثل أفران الميكروويف، وأجهزة التحكم عن بعد، والهواتف الخلوية وغيرها.

الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Waves

حدث تقدم كبير في فهم الموجات الكهرومغناطيسية خلال القرن التاسع عشر؛ وأدّت هذه التطورات إلى تطوير أجهزة، وتقنيات جديدة كان لها أثر كبير في المجتمع الحديث.

سلسلة من الإنجازات في عام 1821م بينما كان العالم الدنماركي أورستد يقدم عرضًا لطلابه لاحظ انحراف إبرة البوصلة عند اقترابها من سلك يسري فيه تيار كهربائي. ثم وجد العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية. وتوصل امبير إلى أن التيار المار بموصل يولد مجالاً مغناطيسيًّا، وأن التيار المتغير يولد مجالاً مغناطيسيًّا متغيرًا. ولقد أحدثت هذه الاكتشافات ثورة في الأوساط العلمية، وقادت إلى سيل من البحوث الجديدة.

وبعد مرور إحدى عشرة سنة على هذه التجارب، اكتشف كل من العالمين مايكل فارادي وجوزيف هنري كل على حدة، الحث الكهرومغناطيسي؛ والحث الكهرومغناطيسي هو إنتاج مجال كهربائي بسبب مجال مغناطيسي متغير. ومن المثير للاهتمام أن المجالات الكهربائية الحثية تتولد حتى لو لم يكن هناك أسلاك. كما هو موضّح في **الشكل 3a–6**. لذا فإن المجال المغناطيسي المتغير يولد مجالاً كهربائيًّا متغيرًا مماثلاً. لاحظ أن خطوط المجال الكهربائي الحثي تشكل حلقات مغلقة، كما هو موضّح في **الشكل 3a–6**؛ وذلك لأنه لا توجد شحنات عند النقاط التي تبدأ منها خطوط المجال، أو عند النقاط التي تنتهي فيها، خلافًا للمجال الكهروسكوني.



الشكل 3–6 هذه الأشكال تمثل مجالاً كهربائيًا حثيًّا (a)، ومجالاً مغناطيسيًّا (b)، ومجالين كهربائيًا ومغناطيسيًا معًا (c).

افترض الفيزيائي الأسكتلندي جيمس ماكسويل في عام 1860م، أن عكس الحث صحيح أيضًا؛ فالتغير في المجال الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسيًّا متغيّرًا. وهذا موضّح في **الشكل 3b–6**. واقترح ماكسويل أيضًا أن الشحنات الكهربائية ليست ضرورية؛ فالمجال الكهربائي المتغير وحده يمكن أن يولد مجالاً مغناطيسيًّا، وبعد ذلك توقع ماكسويل أن كلًّا من الشحنات المتسارعة، والمجالات المغناطيسية المتغيرة، تولد مجالات كهربائية ومغناطيسية تتحرك معًا في الفضاء.

ويسمى المجالان المغناطيسي والكهربائي المنتشران معًا في الفضاء **الموجات الكهرومغناطيسية**، أو موجة EM. واتجاهات المجالات التي تكوّن موجة كهرومغناطيسية موضّحة في **الشكل 5c–6**. وفي عام 1887م أثبت الفيزيائي الألماني هنريش هيرتز عمليًّا صحة نظرية ماكسويل. كما أدت نظرية ماكسويل إلى وضع تصور كامل للكهرباء والمغناطيسية.

خصائص الموجات الكهرومغناطيسية وجد مؤخرًا أن سرعة الموجة الكهرومغناطيسية تساوي تقريبًا $3.00\times10^{8}\ m/s$، ويرمز لها الآن بالرمز c، وهي سرعة الضوء. والضوء نوع من الموجات الكهرومغناطيسية. وتنتقل سائر أنواع الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء بسرعة c. ويرتبط كل من طول الموجة الكهرومغناطيسية وترددها وسرعتها بالعلاقة الآتية:

العلاقة بين الطول الموجي والتردد لموجة $\lambda = \frac{v}{f}$

الطول الموجي للموجة يساوي مقدار سرعتها مقسومة على ترددها.

في هذه المعادلة يقاس الطول الموجي λ بوحدة m، وتقاس السرعة v بوحدة m/s، ويقاس التردد f بوحدة Hz. لاحظ أن السرعة v لأي موجة كهرمغناطيسية تنتقل في الهواء أو الفراغ تساوي سرعة الضوء c، ولذلك فإن العلاقة الخاصة بالموجة الكهرومغناطيسية تصبح كما يأتي:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

حيث $c=3.00\times10^{8}\ m/s$

لاحظ أن حاصل ضرب الطول الموجي – لأي موجة كهرومغناطيسية – في التردد يكون مقدارًا ثابتًا يساوي c. ولذلك عندما يزداد الطول الموجي يقل التردد، والعكس صحيح. أي أن الموجة الكهرومغناطيسية ذات الطول الموجي الكبير لها تردد قليل، بينما الموجة الكهرومغناطيسية ذات الطول الموجي الصغير لها تردد كبير.

مسائل تدريبية

8. ما مقدار طول موجة كهرومغناطيسية في الهواء إذا كان ترددها $3.2\times10^{19}\ Hz$؟
9. ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $2.2\times10^{-2}\ m$؟

159

تقوية

الطول الموجي، والتردد، والطاقة عزّز فهم الطلبة أنه من الدقّة، وصف الموجات الكهرومغناطيسية بأطوالها الموجيّة، وتردداتها، وطاقاتها، لكن الاتفاقات العلمية، صنّفت موجات الراديو بدلالة التردّد بملايين الهرتز، وصنّفت الموجات الضوئية، والأشعّة تحت الحمراء بدلالة أطوالها الموجيّة بالنانومتر. أما الأشعة السينية وأشعّة جاما فصُنّفت بدلالة طاقاتها بالإلكترون فولت eV.

تطوير المفهوم

انتقال الموجة اسأل الطلبة أن يوضّحوا لماذا تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ في حين لا يمكن لموجات الصوت ذلك؟ موجات الصوت هي موجات ضغط، تُحمل بوساطة اهتزاز الجسيمات. والفضاء هو فراغ لا يحتوي على ذرات أو جزيئات غاز يمكنها أن تهتز. أما الموجات الكهرومغناطيسية، فيمكنها أن تنتشر خلال الفراغ، وذلك لأنها لا تحتاج إلى وسط لتنتقل فيه.

مسائل تدريبية

8. $0.94\times10^{-11}\ m$
9. $1.4\times10^{10}\ Hz$

استعمال النماذج

انتشار موجات الراديو اطلب إلى الطلبة أن يصمّموا نموذجًا يوضّحون من خلاله كيفيّة انتشار موجات الراديو من مصدر نقطيّ. ثم اطلب إليهم أن يثبتوا كرة زجاجية في مركز قطعة من لوح فلين، ثم يرسموا حلقات دائرية، تتحرك حولها مبتعدة عن الكرة الزجاجية، ووضع الغراء على هذه الخطوط، ثم اطلب إليهم رشّ الرمل على الغراء بلطف. سيبدو المظهر مشابهًا تمامًا للموجات الناتجة عن عملية إلقاء حجر في بركة ماء ساكنة. م 2 حركي

معلومة للمعلم — **الخلفية النظرية للمحتوى**

ماكسويل طوّر جيمس كلارك ماكسويل "نموذجًا" حول كيف يمكن لخطوط المجال أن تنقل القوى الكهربائية والمغناطيسية، وتمكّن من ترجمة ذلك إلى معادلات تصف المجالات الكهربائية والمغناطيسية E و B. وشملت هذه المعادلات قانون كولوم، وقانون أمبير، وقانون فارادي، والقانون الذي يرجع وجود المجالات المغناطيسية إلى عدم وجود قطب مغناطيسي منفرد. وعند دَمْج المعادلات الممثّلة للقوانين، كان التوقّع هو أن الشحنة المهتزة ستولد مجالاً كهربائيًّا، وآخر مغناطيسيًّا ينتقلان في الفراغ بسرعة تعطى بالعلاقة $v=\sqrt{E_0\,\mu_0}$ وعند تعويض القيم، نجد أن النتيجة هي $3\times10^{8}\ m/s$ وهي تساوي سرعة الضوء. لقد قاد عمل ماكسويل هذا إلى توقع وجود الموجات الكهرومغناطيسية، وأن الضوء ضمن هذه الموجات.

عرض سريع

موجات الراديو

الزمن المقدر 15 دقيقة

المواد والأدوات مذياع AM محمول، وقطعة من شبك السياج.

الخطوات

1. شغّل المذياع على محطة إذاعة معينة.
2. اعمل غطاءً من السلك المشبك على أن يكون كافيًا لتغطية المذياع.
3. ضع الغطاء فوق المذياع، (ستلاحظ أن صوت الإذاعة قد اختفى).
4. أبعد الغطاء بحيث يظهر الهوائي، ستلاحظ أن صوت الإذاعة عاد مرة أخرى. اسأل الطلبة عما إذا كانت الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة لها قدرات مختلفة، لاختراق المواد. نعم. اسأل: هل يمكن إيقاف موجات الراديو بسهولة؟ سيستنتج الطلبة أنه يمكن إيقاف موجات الراديو بسهولة نسبيًّا، أشر أيضًا إلى أن الأطوال الموجيّة المختلفة لها قدرات مختلفة على اختراق المواد. ثم جرّب هذا العرض باستخدام هاتف خلويّ، لمعرفة هل يمكن إيقاف هذه الموجات.

مسائل تدريبية

10. 2.99712×10^{8} m/s
11. 2.25×10^{8} m/s
12. 1.52

انتشار الموجات الكهرومغناطيسية خلال مادة يمكن أن تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية خلال المادة أيضًا؛ فسقوط أشعة الشمس على كأس زجاجية بها ماء مثال على انتقال موجات الضوء خلال ثلاث مواد مختلفة؛ الهواء والزجاج والماء. وهي مواد غير موصلة للكهرباء، وتسمى **العوازل الكهربائية**. وتكون سرعة الموجة الكهرومغناطيسية خلال العازل دائمًا أقل من سرعتها خلال الفراغ، ويمكن حسابها بالعلاقة الآتية:

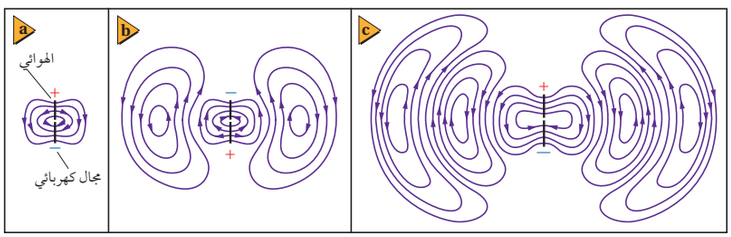
$$v=\frac{c}{\sqrt{k}}$$

في هذه المعادلة تقاس سرعة الموجة v بوحدة m/s، وتقاس سرعة الضوء c بوحدة m/s، وقيمتها تساوي 3.00×10^{8} m/s، أما ثابت العزل الكهربائي النسبي K فليس له وحدات. وفي الفراغ فإن K=1.00000 وسرعة الموجة تساوي c. أما في الهواء فإن K=1.00054، ولذلك تنتقل الموجة الكهرومغناطيسية في الهواء بسرعة أقل قليلًا من c.

مسائل تدريبية

10. ما مقدار سرعة الموجة الكهرومغناطيسية المنتقلة في الهواء؟ استخدم c = 299792458 m/s في حساباتك.
11. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للماء 1.77 فما مقدار سرعة انتقال الضوء في الماء؟
12. إذا كانت سرعة الضوء خلال مادة يساوي 2.43×10^{8} m/s فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة؟

انتشار الموجات الكهرومغناطيسية عبر الفضاء تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية من مصدرها كما هو موضح في **الشكل 4–6**. **والهوائي** سلك يتصل بمصدر تيار متناوب مصمّم لبث واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية. يولد المصدر المتناوب فرقًا متغيرًا في الجهد خلال الهوائي الذي يهتز بتردد مساوٍ لتردد مصدر الجهد، وهذا الفرق في الجهد المتناوب يولّد مجالاً كهربائيًّا متغيرًا مماثلاً؛ منتشرًا ومبتعدًا عن الهوائي. والمجال الكهربائي المتغير يولد أيضًا مجالاً مغناطيسيًّا متغيرًا متعامدًا مع الصفحة. وعلى الرغم من أن المجال المغناطيسي غير ظاهر في **الشكل 4–6** إلا أنه ينتشر مبتعدًا عن الهوائي. وينشأ عن ترابط المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية معًا موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفضاء بسرعة الضوء.

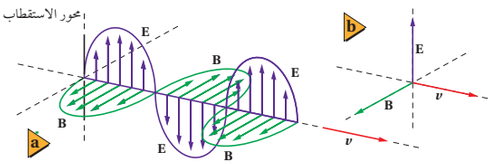


الشكل 4–6 يولد مصدر التيار المتناوب الموصول بالهوائي فرق جهد متغيرًا في الهوائي، وهذا التغير في فرق الجهد يولد مجالًا كهربائيًا متغيرًا (a). يولد المجال الكهربائي المتغير مجالاً مغناطيسيًا متغيرًا. والمجال المغناطيسي المتولد بدوره يولد مجالاً كهربائيًا. وتستمر هذه العملية فتنتشر الموجة الكهرومغناطيسية مبتعدة عن الهوائي. (b) و (c).

نشاط

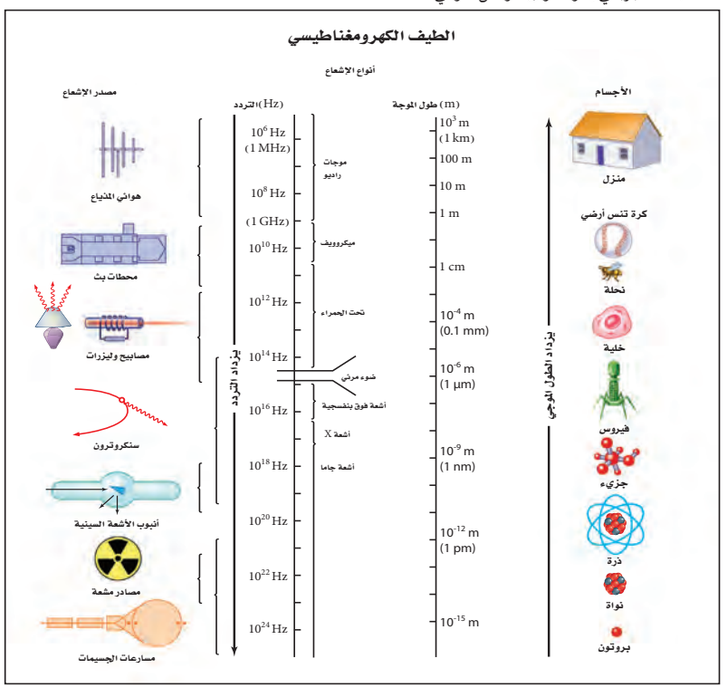
طرائق تدريس متنوعة

إعاقة جسدية اطلب إلى الطلبة تصور الموجات، استنادًا إلى مشاهداتهم اليومية للتعبير عن طبيعة الطيف الكهرومغناطيسي ومداه، دون استخدام الحبل أو النابض، واطلب إليهم في البداية تخيّل وجود موجة طولها يساوي طول المدرسة، تتحرك بسرعة كبيرة جدًّا، بحيث تدور حول الأرض سبع دورات في الثانية. بعد الاستماع إلى إجابات الطلبة، وضح لهم إن هذه الصورة تصف موجة الراديو. ثم اطلب إليهم تكرار التمرين مع موجة أخرى، تنتقل بالسرعة نفسها لكن طولها الموجيّ يعادل عرض الإصبع، ثم وضح لهم أن هذه الصورة تمثّل موجة الميكروويف. ويمكن للطلبة إجراء عدة جولات في هذا النشاط، وستجدهم يعصفون ذهنيًّا لتصور موجات كهرومغناطيسية أخرى ذات الأطوال الموجية المختلفة. م 1 **بصري-مكاني**



الشكل 5–6 أجزاء من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين بوساطة الهوائي قد تبدو في لحظة ما كما هو موضّح (a). لاحظ أن المجالين الكهربائي والمغناطيسي متعامدان، وعموديان على اتجاه سرعة الموجة v (b).

ولو أمكن رؤية الموجات الكهرومغناطيسية فستظهر على شكل مجالات متغيرة، كما في **الشكل 5–6**. حيث يتذبذب المجال الكهربائي إلى أعلى وإلى أسفل، بينما يتذبذب المجال المغناطيسي بزوايا قائمة مع المجال الكهربائي. وكلا المجالين متعامدين على اتجاه حركة الموجة. لاحظ أن الموجة الكهرومغناطيسية الناتجة بوساطة الهوائي تكون مستقطبة؛ وذلك لأن المجال الكهربائي يكون موازيًا لموصل الهوائي.



الشكل 5–6 يزودنا المخطط أدناه بأمثلة لأنواع مختلفة من الأشعة الكهرومغناطيسية وأطوالها الموجية.

استخدام الشكل 5–6

اطلب إلى الطلبة النظر عن قرب إلى **الشكل 5–6** وأن يذكروا أي الموجات لها أكبر تردّد؟ أشعة جاما لها أكبر تردّد، وأيها لها أكبر طول موجيّ؟ موجات الراديو لها أكبر طول موجيّ، ثم ما العلاقة بين التردّد والطول الموجيّ؟ العلاقة بين التردّد والطول الموجيّ علاقة عكسيّة $c = f\lambda$ اطلب إلى الطلبة التحقّق من صحة العلاقة: $c = f\lambda$ وذلك بأخذ قيم لكل من f و λ من الجدول وضرب بعضها في بعض. بسبب شُحّ التفاصيل في الجدول ستؤكّد الحسابات صحة النتيجة ($f\lambda \approx 10^8$) (القيمة الحقيقة $c = 3.0 \times 10^8\ m/s$).

م 2

التفكير الناقد

ضوء الليزر اسأل الطلبة عن أوجه الشبه بين استخدام الليزرات في مشغّلات الـDVD وطابعات الحاسوب. تستخدم كلّ من مشغّلات الـ DVD، وطابعة الليزر الموجات الكهرومغناطيسية لضوء الليزر لنقل المعلومات. في مشغّلات الـDVD يعمل الليزر على تحويل المعلومات الثنائيّة المشفّرة الموجودة على سطح القرص إلى إشارات كهربائية استنادًا إلى التغيرات في شدة الضوء المنعكس. أمّا في طابعة الليزر فسيتمّ تعريض الأسطوانة الحسّاسة للضوء إلى أشعّة الليزر، وهذا يغيّر الشحنة الكهربائية للبقع الموجودة على الأسطوانة، والذي بدوره يحدّد ما إذا كانت البقعة على الأسطوانة، ستجذب الحبر لعمل بقعة على الورقة أم لا. م 2

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

هيرتز استخدم هنريش هرتز كُرتين فلزّيّتين تفصل بينهما مسافة صغيرة، متصلتين بمحول ذي جهد كبير ليختبر نظرية ماكسويل. عندما أصبح ΔV بين الكرتين كبيرًا إلى درجة كافية شاهد شرارة كهربائية تقفز بينهما، وشاهد الأيونات تهتز بينهما. ثم استخدم كرتين فلزّيّتين (بينهما مسافة صغيرة) في نهايتي سلك دائري ليرى ما إذا كانت الأيونات المهتزة تولّد أمواجًا كهرومغناطيسية قابلة للالتقاط (الاستقبال) أم لا. وقد توقّع أن تولّد الموجات تيارات حثّيّة في السلك تسبّب تولد ΔV بين الكرتين، مما يؤدي إلى تكوّن الشرارة. ستحدث الشرارة حتى لو كان الباعث يبعد أمتارًا. ووجد سرعة هذه الموجات $3 \times 10^8\ m/s$، وهي التي كان ماكسويل قد توقعها من قبل. وبعد أقل من 20 سنة تمكن ماركوني من إرسال موجات كهرومغناطيسية عبرت المحيط الأطلسي، وأدت إلى ظهور مجالات الراديو والتلفاز.

تجربة إضافية

مشاهدة وسماع تعديل الموجات الكهرومغناطيسية

الهدف يشاهد ويسمع إشارات الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من جهاز التحكّم عن بعد.

المواد والأدوات خليّة شمسيّة مع قطبين كهربائيين، وسماعة صوت صغيرة مزوّدة بأسلاك توصيل، وورقة، جهاز التحكّم في التلفاز، وجهاز راسم ذبذبات (اختياري).

الخطوات

1. صِل أسلاك السماعة بالخليّة الشمسيّة.
2. شغّل السماعة، وأصغِ للصوت الناتج عن سقوط الضوء في الغرفة على الخليّة الشمسيّة.
3. ضع ورقة أو ورقتين فوق الخليّة لحجب الضوء، حتى لا تسمع أي صوت من السماعة.
4. أمسك جهاز التحكّم من بعد 50 cm فوق الخليّة، ووجّهه نحوها.
5. اضغط على أحد الأزرار في جهاز التحكم، وأصغِ بعناية.
6. لمشاهدة الإشارات صِل الخليّة مع جهاز راسم الذبذبات

التقويم يجب أن يسمع الطلبة نبضات صوت سريعة، ومتعاقبة عند الضغط على زرّ جهاز التحكّم. ستكون الأصوات الناتجة عن أزرار مختلفة متشابهة، لأن الأذن غير حساسة بدرجة كافية لتمييز الفرق بين الأصوات.

مسألة تحدٍّ

1. أحمر
2. تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بالسرعة نفسها في الفراغ.
3. سيحيد الضوء الأحمر بدرجة أكبر، أما البنفسجي فسيحيد بدرجة أقل.
4. البنفسجي من 6.59×10^{14} Hz حتى 7.69×10^{14} Hz

   الأزرق 6.10×10^{14} Hz حتى 6.59×10^{14} Hz

   الأخضر 5.20×10^{14} Hz حتى 6.10×10^{14} Hz

   الأصفر 5.03×10^{14} Hz حتى 5.20×10^{14} Hz

   البرتقالي 4.82×10^{14} Hz حتى 5.03×10^{14} Hz

   الأحمر 4.29×10^{14} Hz حتى 4.82×10^{14} Hz.

مسألة تحدٍّ

يشكّل الضوء المرئي جزءًا بسيطًا فقط من الطيف الكهرومغناطيسي. وأطوال الموجات لبعض ألوان الضوء المرئي موضحة في **الجدول 1–6**.

1. أي ألوان الضوء له أكبر طول موجي؟
2. أي الألوان ينتقل أسرع في الفراغ؟
3. الموجات ذات الطول الموجي الأكبر تحيد حول الأجسام التي تعترض مساراتها أكثر من الموجات ذات الطول الموجي الأقصر. أي الألوان سيحيد بدرجة أكبر، وأيها سيحيد بدرجة أقل؟
4. احسب مدى التردد لكل لون من ألوان الضوء المعطاة في **الجدول 1–6**.

الجدول 1–6

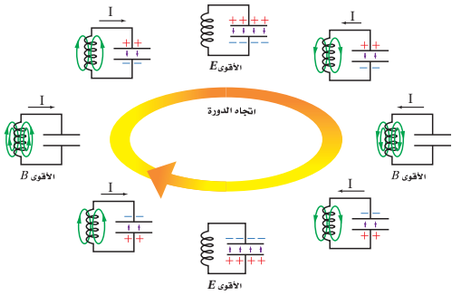
أطوال موجات الضوء المرئي

اللون	الطول الموجي (nm)
نيلي–بنفسجي	390 حتى 455
أزرق	455 حتى 492
أخضر	492 حتى 577
أصفر	577 حتى 597
برتقالي	597 حتى 622
أحمر	622 حتى 700

توليد الموجات الكهرومغناطيسية
Producing Electromagnetic Waves

الموجات من مصدر متناوب يمكن لمصدر متناوب متصل بالهوائي أن يرسل موجات كهرومغناطيسية، ويكون تردد الموجة مساويًا لتردد دوران مولد التيار المتناوب، ويُحدد بـ 1 kHz تقريبًا. ومدى الترددات والأطوال الموجية التي تشكل جميع أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي موضّحة في **الشكل 8–6**، وتسمى **الطيف الكهرومغناطيسي**.

الموجات الناتجة من ملف ومكثف كهربائي الطريقة الشائعة لتوليد موجات كهرومغناطيسية ذات ترددات كبيرة هي استخدام ملف ومكثف كهربائي يتصلان معًا على التوالي. فإذا شحن المكثف بوساطة بطارية فسوف يُنتج فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه مجالاً كهربائيًا. وعند فصل البطارية يفقد المكثف شحنته المخزّنة عن طريق تدفق الإلكترونات خلال الملف، مولدة فيه مجالاً مغناطيسيًّا. وعندما يفقد المكثف كامل شحنته ينهار المجال المغناطيسي للملف، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية عكسية، ويعاد شحن المكثف بحيث يصبح اللوح الموجب سالبًا واللوح السالب موجبًا، وتتكرر العملية. وعند توصيل هوائي بالمكثف تُبث مجالات المكثف في الفضاء. ويوضّح **الشكل 7–6** دورة اهتزازية كاملة.



الشكل 7–6 يوضح الشكل دورة اهتزازية كاملة لدائرة مكثف كهربائي وملف. ويحدد حجم كل من المكثف والملف عدد الاهتزازات كل ثانية للدائرة والتي تساوي تردد الموجة الناتجة.

تطبيق الفيزياء

كما هو ملاحظ سابقًا، فإن الطيف الكهرومغناطيسي مستخدم على نطاق واسع في أجهزة الإرسال، والاستقبال، ولمنع التداخل تضع وزارة الإعلام في كل دولة ترددات محدّدة لكل مرسل (محطة إذاعية).

مناقشة

سؤال اسأل الطلبة: كيف يعمل المحول؟ واطلب إليهم أن يحدّدوا الجزء الكهربائي، والجزء المغناطيسي.

الإجابة تعمل المحوّلات الكهربائية على تحويل القدرة المتردّدة من جهد محدّد إلى جهد آخر بالتردّد نفسه، ويوجد داخل المحوّل عدة ملفّات ملفوفة على قلب مغناطيسي. يوصّل الخط الداخل بالملفّ الابتدائي، بينما يوصّل الخط الخارج منه مع الملفّ الثانوي، وبتلك الطريقة تخرج خطوط القدرة الكهربائية من المحطة الفرعيّة إلى الحيّ. ويولّد التيار المار في الملفّ الابتدائي، تدفّقًا مغناطيسيًّا متغيّرًا حول القلب المغناطيسي، فيتغيّر اتجاهه كل دورة مولدا تيّارًا متناوبًا AC في الملفّات الثانوية. يعتمد التغيّر في الجهد على عدد اللفّات في كل من الملفّين. م 2

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

أفران الميكروويف قد يعتقد بعض الطلبة أن موجات الميكروويف داخل فرن الميكروويف، تثير الرنين الطبيعي في الماء وتهيّجه. إن تردّد فرن الميكروويف أقلّ من أيِّ رنين طبيعي في جزيئات الماء المعزولة. وفي الماء يكون هذا الرنين مشوّهًا إلى درجة يصعب جدًّا معها ملاحظته، تمامًا كعزف الكمان تحت الماء؛ فإنه لا يمكنك سماع الصوت المنبعث من الوتر بوضوح، لأن الماء يحدّ من اهتزازات الوتر. ففي فرن الميكروويف تتعرض جزيئات الماء لمجالات كهرومغناطيسية كثيفة ومركزة، وليس بالرنين.

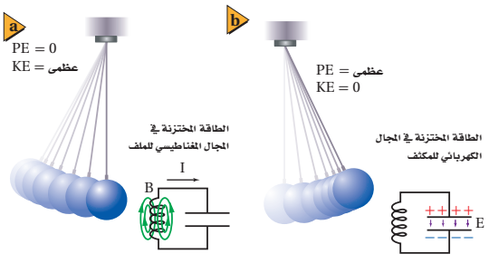
يمكن مقارنة العملية التي تحدث في دائرة الملف والمكثف بدورة اهتزاز بندول متأرجح، كما هو موضّح في **الشكل 8–6**. افترض أن الإلكترونات في الملف والمكثف تمثل بكرة البندول. سيكون لكرة البندول المتحركة أكبر سرعة متجهة عند أخفض نقطة في مسارها؛ حيث تكون طاقتها الحركية KE أكبر ما يمكن، أما طاقة وضعها PE الناتجة عن الجاذبية فتساوي صفرًا. وهذه النقطة في حركة البندول الموضّحة في **الشكل 8a–6** تماثل تمامًا القيمة العظمى للتيار المار في الملف عندما تبلغ شحنة المكثف صفرًا. وعندما تصل كرة البندول إلى قمة مسار تأرجحها تصبح كل من إزاحتها الرأسية وطاقة وضعها PE قيمًا عظمى، في حين تكون طاقتها الحركية صفرًا؛ لأن سرعتها المتجهة صفراً. وهذه النقطة في الحركة الموضّحة في **الشكل 8b–6** تشبه الحالة التي يكون فيها للمكثف أكبر شحنة، في حين يكون التيار في الملف صفرًا.

الطاقة في دائرة المكثف والملف كما درست في الفقرة السابقة تكون طاقة الوضع PE لبندول أكبر ما يمكن عندما تكون إزاحته الرأسية أكبر ما يمكن. وتكون طاقته الحركية KE أكبر ما يمكن عندما تصبح سرعته المتجهة أكبر ما يمكن. ويكون مجموع KE و PE –الطاقة الكلية– ثابتًا خلال حركة البندول. في دائرة الملف والمكثف، يحتوي كل من المجال المغناطيسي المتولد بوساطة الملف والمجال الكهربائي المتولد في المكثف على طاقة. وعندما يكون التيار في قيمته العظمى تكون الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي في قيمتها العظمى أيضاً، وعندما يصبح التيار صفرًا يكون المجال الكهربائي في المكثف قيمة عظمى، وتصبح الطاقة جميعها ممثلة في المجال الكهربائي. وتكون الطاقة الكلية للدائرة (مجموع طاقتي المجالين الكهربائي المغناطيسي والطاقة الحرارية الضائعة في الأسلاك، والطاقة المحمولة بعيدًا بوساطة الموجات الكهرومغناطيسية المتولدة) تساوي مقدارًا ثابتًا. والطاقة التي تحمل أو تشع على شكل موجات كهرومغناطيسية تسمى **الإشعاع الكهرومغناطيسي**.

كما يتوقف البندول المتأرجح في نهاية المطاف إذا ترك وحده، فإن الاهتزازات الناتجة عن دائرة الملف والمكثف تتخامد بعد فترة بسبب مقاومة الدائرة وسواها. ويمكن المحافظة على الاهتزازات في النظامين عن طريق إضافة مصدر طاقة؛ فالتأثير بدفعة خفيفة في أوقات مناسبة سيحافظ على تأرجح البندول واستمراره في الاهتزاز. ويحدث أكبر اتساع للتأرجح عندما يتطابق تردد الدفعات مع تردد الحركة التأرجحية، وهذا هو شرط الرنين

تطبيق الفيزياء

الترددات تحدّد الوزارة المعنية في كل دولة موجة حاملة بترددات محددة لكل محطة من محطات الإذاعة أو التلفاز التي تبث من أراضيها. تبث المحطة عن طريق تغيير موجاتها الحاملة. وعند التقاط الموجة بوساطة المذياع أو التلفاز تنتزع الموجة الحاملة بعيدًا، وتتم معالجة المعلومات التي تحملها الموجة، بحيث يمكنك السماع أو المشاهدة.



الشكل 8–6 حركة البندول مماثلة لفعل الإلكترونات في دائرة الملف والمكثف. فحركة كرة البندول مماثلة لسريان التيار في الدائرة (a). النقطة التي تتوقف عندها حركة البندول في النهاية مماثلة لحالة انعدام التيار في الدائرة (b).

معلومة للمعلم

الخلفية النظرية للمحتوى

أشباه الموصلات بوصفها مصادر للموجات لقد كان للمصادر شبه الموصّلة الدور الأكبر في أن تحل مصادر الميكروويف ذات القدرة المتوسطة محل مصادرُ ميكروويف أخرى ذات قدرة منخفضة. وأحد هذه المصادر هو "مذبذب غان"، وهو شبه موصّل غير نقي من نوع N أمكن صنعه ليهتز عند التأثير فيه بمجال كهربائي قوي. وعندما يكون منحازًا كهربائيًّا فإنه يبدي مقاومة سالبة (ينتج عن زيادة الجهد نقصان في التيّار). مصادر أخرى للميكروويف تصنع من أشباه موصّلات تتضمّن ترانزستور ميكروويف ودايود. وتستخدم الأنابيب المفرّغة في صناعة المذبذبات ذات القدرة الكبيرة، كتلك الموجودة في أفران الميكروويف.

عرض سريع

توليد تيّار حثّيّ بين الملفّات

الزمن المقدر 5 دقائق

المواد والأدوات مغناطيس كبير، وجلفانومتر مخصّص للعرض، وملفّ سلكي.

الخطوات

1. صِل الملف بالجلفانومتر.
2. مرّر الملفّ بين قطبي المغناطيس.
3. اطلب إلى الطلبة ملاحظة قراءات الجلفانومتر.
4. اطلب إلى الطلبة الاستمرار في ملاحظة القراءات على الجلفانومتر، عند تغيير موقع الملفّ بالنسبة للمغناطيس.

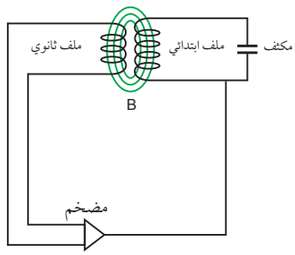
إن وجود قراءة للجلفانومتر تدلّ على أن التيار يتولّد عند إمرار الملفّ بين قطبي المغناطيس. ويجب أن يلاحظ الطلبة كيفية تغيّر القراءة عندما يتحرك الملفّ

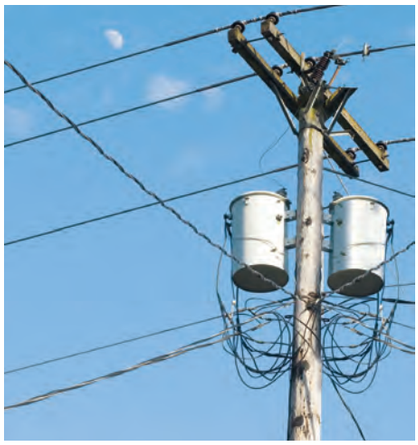
تقوية

التداخل الهدمي أسقط هرتز في إحدى تجاربه موجة راديو على صفيحة فلزّيّة، وقارن شدة الإشارة على أبعاد مختلفة من الصفيحة الفلزّيّة. وقد وجد أن الأماكن التي ضعفت فيها الإشارات كانت على أبعاد متساوية من الصفيحة. اطلب إلى الطلبة، تقديم تفسير لهذه النتائج. كانت البقع الضعيفة في الأماكن التي يحدث فيها تداخل هدمي (نقاط العقد). م2

نشاط

الكهرباء الإجهادية أمسك رقاقة تعمل بالكهرباء الإجهاديّة متّصلة مع مصباح نيون صغير. عتّم الغرفة، ثم اضغط الرقاقة لإضاءة المصباح، فتلاحظ أنه قد أضاء. تفسير ذلك أن الشغل المبذول لضغط الرقاقة تَحَوّل إلى طاقة كهربائية عملت على جعل المصباح يشعّ، وتعمل بعض المصابيح الصغيرة بالطريقة نفسها. م2 بصري - مكاني





الشكل 9–6 في المحول تكون الاهتزازة المكبرة الناتجة عن الملف الثانوي في حالة رنين مع دائرة الملف والمكثف، وتحافظ على استمرار حدوث الاهتزازات.

وبالمثل إذا زودت دائرة الملف والمكثف بنبضات جهد بترددات مناسبة فإنها تحافظ على استمرار حدوث الاهتزازات في الدائرة. وهناك طريقة لعمل ذلك تتمثل في إضافة ملف آخر إلى الدائرة لتشكيل محول. ففي المحول الموضّح في **الشكل 9–6** يزداد التيار المتناوب الحثي الناتج في الملف الثانوي بوساطة مضخم، ويعاد إلى الملف والمكثف. في هذا النوع من الدوائر يمكن توليد ترددات تصل إلى 400 MHz تقريبًا.

الموجات الناتجة بوساطة الكهرباء الاجهادية لا تعدّ الملفات والمكثفات الطريقة الوحيدة لتوليد الجهود المتذبذبة. فبلورات الكوارتز تتشوه عند تطبيق جهد كهربائي عبرها، وتعرف هذه الخاصية باسم **الكهرباء الإجهادية**. فعند تطبيق جهد متناوب على مقطع عرضي من بلورة كوارتز تنتج اهتزازات مستمرة. ، تمامًا كما في اهتزاز قطعة فلزية عند ثنيها وتركها تهتز؛ حيث يمكن فصل بلورة الكوارتز وتطبيق جهد معين عليها، فتتشوه وتبدأ في الاهتزازة بترددات محدّدة، وتكون العلاقة بين سمك البلورة وتردد الاهتزازة خطية عكسية، وخاصية الكهرباء الإجهادية تولد أيضًا قوة دافعة كهربائية عندما تتشوه البلورة. ولأن هذه القوة الدافعة الكهربائية تنتج بتردد مساوٍ لتردد البلورة نفسه، فإنه يمكن تضخيمها وإعادتها إلى البلورة؛ للمحافظة على استمرار الاهتزاز. وتستخدم بلورات الكوارتز عادة في الساعات؛ لأن ترددات اهتزازاتها ثابتة تقريبًا.

مشروع فيزياء

نشاط

مشاهدة غير المرئي تنجَز معظم أبحاث الفلك، باستخدام الموجات غير المرئيّة للعين البشريّة. اطلب إلى الطلبة البحث عن صور للمجرّات والعناقيد النجميّة، وبعض الظواهر الأخرى التي التقطت بوساطة مستقبلات الراديو، والأشعّة تحت الحمراء، والأشعّة السينيّة، وإحضارها إلى غرفة الصف، ليتبادلوها معًا في الصف. وينبغي أن يحدّدوا الصورة، ونوع الجسم الفلكي، وكيف تمّ الحصول على الصورة، وبعد الجسم الفلكي عن الأرض، وأيَّ معلومات أخرى مثيرة للاهتمام أو ذات صلة. م2 لغوي

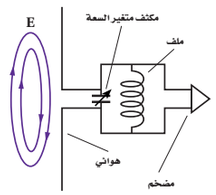
استقبال الموجات الكهرومغناطيسية
Reception of Electromagnetic Waves

الآن وبعد أن عرفت كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية وبثها، فكيف تتوقع طريقة استقبالها؟ إن التقاط هذه الموجات يتطلب هوائيًا. كما هو موضح في **الشكل 10–6**، حيث أن المجالات الكهربائية للموجة تسارع الإلكترونات في المادة المكونة للهوائي، ويكون التسارع أكبر ما يمكن عندما يوجه الهوائي في اتجاه استقطاب الموجة نفسه. وهذا يحدث عندما يكون الهوائي موازيًا لاتجاه المجالات الكهربائية للموجة. حيث يتذبذب فرق الجهد الذي يعبر الهوائي بتردد الموجة الكهرومغناطيسية نفسه. ويصبح الجهد عند القيمة العظمى له، عندما يكون طول الهوائي مساويًا لنصف الطول الموجي للموجة التي نريد التقاطها. لذلك يصمم طول الهوائي بحيث يساوي نصف الطول الموجي للموجة التي يفترض التقاطها. ولهذا السبب يكون الهوائي المصمم لالتقاط موجات الراديو وموجات التلفاز أطول كثيرًا من الهوائي المصمم لالتقاط موجات الميكروويف.

عندما يتمكن هوائي مكون من سلك واحد من الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية، فإن استخدام عدة أسلاك يكون أكثر فعالية. فغالبًا يتكون هوائي التلفاز من سلكين أو أكثر تفصل بينها مسافة تعادل ربع الطول الموجي للموجة. وتشكل المجالات الكهربائية الناتجة عن أسلاك منفردة أنماط تداخل بنائي تعمل على تقوية شدة الإشارة.

من المهم أن تعرف أن جميع الموجات الكهرومغناطيسية – وليس موجات الضوء المرئية فقط – لها خصائص الانعكاس والانكسار والحيود، ولذلك يجب ألا نستغرب أن الأطباق اللاقطة كتلك الموضحة في بداية هذا الفصل تعمل على عكس الموجات الكهرومغناطيسية القصيرة جدًّا، تمامًا كما تعكس مرايا القطع المكافئ موجات الضوء المرئي، وتكون مساحة سطح الطبق اللاقط كبيرة؛ وذلك لجمع الموجات وتركيزها، وهذه المساحة تجعله قادرًا على التقاط موجات الراديو الضعيفة. ويعمل الطبق اللاقط على عكس الموجات التي يستقبلها، وتركيزها على جهاز يسمى اللاقط يثبت بوساطة ثلاثة قوائم فوق الطبق، ويحتوي اللاقط على هوائي قصير ثنائي القطب، ويعمل على إرسال إشارات إلى **المستقبل** الذي يتكون من جهاز هوائي يحوي دائرة ملف ومكثف، وكاشف لفك شفرة الإشارة وتحليلها، بالإضافة إلى مضخم.

اختيار الموجات كما تعلم، هناك العديد من محطات الإذاعة والتلفاز التي تبث الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة في الوقت نفسه. فإذا أردنا أن نستقبل المعلومات التي تبث من محطة ما، فإنه يجب اختيار الموجات الخاصة بهذه المحطة، ولاختيار موجات ذات تردد معين (ورفض باقي الموجات) يستخدم المولف، وهو عبارة عن دائرة مكثف وملف متصل بالهوائي. وتعدل السعة الكهربائية للمكثف حتى يصبح تردد اهتزازات الدائرة مساويًا لتردد الموجة المطلوبة. وعندما يحدث ذلك تعمل الموجات ذات التردد المطلوب اهتزازات محددة للإلكترونات في الدائرة.



الشكل 10–6 المجالات الكهربائية المتغيرة لإشارة المحطة الإذاعية تعمل على مسارعة الإلكترونات الموجودة في الهوائي. ثم تحلل المعلومات المحمولة على الإشارة وتضخمها ثم تستخدم لتشغيل سماعة أو مكبر صوت.

مناقشة

سؤال اسأل الطلبة: لماذا يكون للهوائي الذي يولف الترددات المطلوبة مساحة فعّالة أكبر، وبالتالي أداء أفضل من الهوائي غير القادر على توليف تلك الترددات؟

الإجابة يوجد التشويش دائمًا في الجزء الأمامي للمستقبل؛ نتيجة تداخل المصادر، ومنها الإشعاعات الكونيّة، ويجب أن تكون الطاقة التي يلتقطها الهوائي أكبر بدرجة كافية من الطاقة الناتجة عن التشويش لتسيطر عليها وتلغي أثرها. والموجات المحدّدة الملتقطة تحمل دائمًا مقدارًا محدّدًا من الطاقة، والتردّد، لذلك يجب أن يكون للهوائي المولف مع تلك الموجة مساحة فعّالة أكبر من الهوائي غير المولف مع ذلك التردّد؛ حتى يصدر رنينًا مع تردّد الموجة القادمة، وكلما كانت مولفة الهوائي أقرب للتردّد المطلوب، كان الاقتران بين الطاقة والرنين أكبر، وتحدث قمة الرنين عندما يضبط الهوائي تمامًا مع الموجة القادمة. (لاحظ أيضًا أن أداء الهوائي يعتمد على طريقة توجيهه نحو الموجة القادمة). م 2

استخدام التشابه

التقاط الموجات لبعض أنواع القطط آذان كبيرة على شكل قطع مكافئ، تمكّنها من التقاط موجات الصوت الضعيفة، وتشبه هذه الآذان الهوائي الكبير، الذي على شكل قطع مكافئ، ليلتقط موجات الراديو الضعيفة. وللعديد من الحيوانات – ومنها الكلاب والبوم والأرانب البرية – آذان دوّارة متحركة لتحديد مصدر الموجة الكهرومغناطيسية.

نشاط
مساعدة الطلبة ذوي صعوبات التعلّم

كشف التيار المتردد لضوء الفلورسنت صِل خليّة شمسيّة مع مضخّم، وسماعة، عرّض الخليّة لضوء فلورسنت، ينبغي أن تسمع طنينًا تردّده 60 Hz من السماعة. أطفئ مصدر الضوء وشغّله أو غَطِّ الخليّة واكشفها، ولاحظ الفرق. ثم حاول تسليط ضوء آخر من الجهاز الومّاض بتردّد مقداره 59 Hz أو 61 Hz أصغ للأصوات. ارجع إلى الوسائل البصرية التي توضح الموجات، والتداخل البنائي لها (لاحظ أن الاهتزاز يحدث عند التردّد 120 Hz وليس عند التردّد 60 Hz، لذلك حاول أن تجعل الجهاز الومّاض يعمل عند 120 Hz تقريبا. م 1

تقوية

الربـط مع علـم الأحياء قسِّـمْ طلبـة الصف إلى مجموعات صغيرة، واطلب إليهم توضيح أثر الأشعّة السينية في الأنسجة الحيّة، واسألهم كيف يمكن أن تكون الأشعّة السينية مفيدة في علاج بعض الأمراض. م 2

بين الأشخاص

الطاقـة من الموجـات تحمل الموجات الطاقة بالإضافة إلى حملها للمعلومات؛ فترددات موجات الميكروويف والأشعة تحت الحمراء تجعل الموجات تعمل على مسارعة الإلكترونات في الجزيئات؛ حيث تتحول طاقة الموجات إلى طاقة حرارية في الجزيئات. وهذه هي طريقة عمل فرن الميكروويف في تسخين الطعام.

ويمكن لموجات الضوء أيضًا نقل الطاقة إلى الإلكترونات؛ ففي الأفلام الفوتوجرافية تستخدم هذه الحقيقة؛ حيث تعمل الطاقة في موجات الضوء على إحداث تفاعلات كيميائية داخل الفيلم، فتكون النتيجة تسجيلًا دائمًا للضوء القادم من الجسم، والساقط على الفيلم. وفي الترددات الكبيرة – ومنها الأشعة فوق البنفسجية UV – تسبب الإشعاعات حدوث العديد من التفاعلات الكيميائية، ومنها تلك التي تحدث في الخلايا الحية وتسبب حروق الشمس وسمرة الجلد، واحياناً الأمراض الخطيرة.

الربـط مع الأحيـاء

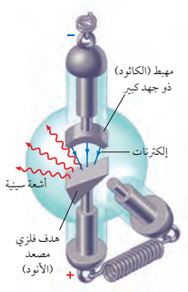
الأشعة السينية X Rays

أسقط الفيزيائي الألماني وليام رونتجن عام 1895م إلكترونات خلال أنبوب مفرّغ مماثل للأنبوب الموضّح في **الشكل 11–6**. واستخدم فرق جهد كبيرًا جدًّا خلال الأنبوب لإكساب الإلكترونات طاقات حركية كبيرة. وعند اصطدام الإلكترونات بهدف فلزي (الأنود) داخل الأنبوب لاحظ رونتجن توهج شاشة فوسفورية قريبة. استمر التوهج حتى عند وضع قطعة خشب بين الأنبوب والشاشة، فاستنتج رونتجن أن هناك نوعًا من الأشعة ذات النفاذية الكبيرة قد خرجت من الأنبوب.

ولأن رونتجن لم يتعرف هذه الإشعاعات الغريبة فقد سماها الأشعة السينية. وبعد أسابيع قليلة لاحظ رونتجن أن الألواح الفوتوجرافية أصبحت معتمة بسبب الأشعة السينية، كما اكتشف أيضًا أن أنسجة الجسم اللينة كانت شفافة بالنسبة للأشعة السينية، في حين لا تنفذ الأشعة السينية من العظام. ولقد عمل صورة بالأشعة السينية لكف زوجته. وفي غضون أشهر استفاد الأطباء من الاستعمالات الطبية القيمة لهذه الظاهرة.

ومن المعلوم الآن أن الأشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير. وفي أنبوب الأشعة السينية تُسرّع الإلكترونات أولاً بوساطة فرق جهد كبير قد يصل إلى 20000 V، أو أكثر لإكسابها سرعة كبيرة جدًّا. وعندما تصطدم الإلكترونات بالمادة تتحول طاقتها الحركية الكبيرة إلى موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير تسمى الأشعة السينية.

وتسارع الإلكترونات في أنابيب الأشعة السينية يشبه تسارعها في أنبوب الأشعة المهبطية كأنبوب تكوّن الصور في التلفاز. فعندما تصطدم الإلكترونات بالسطح الداخلي لشاشة التلفاز تتوقف فجأة مسببة توهج الفوسفور الملوّن. ويمكن لهذا التوقف المفاجئ للإلكترونات أيضًا توليد أشعة سينية ضارة، ولذلك يحتوي السطح الداخلي لشاشة التلفاز على مادة الرصاص لإيقاف الأشعة السينية وحماية المشاهدين.



الشكل 11–6 تنبعث الأشعة السينية عند اصطدام إلكترونات ذات طاقة كبيرة بهدف فلزي داخل أنبوب الأشعة السينية. ويمكن تغيير الهدف لإنتاج أشعة سينية بأطوال موجية مختلفة.

3. التقويم

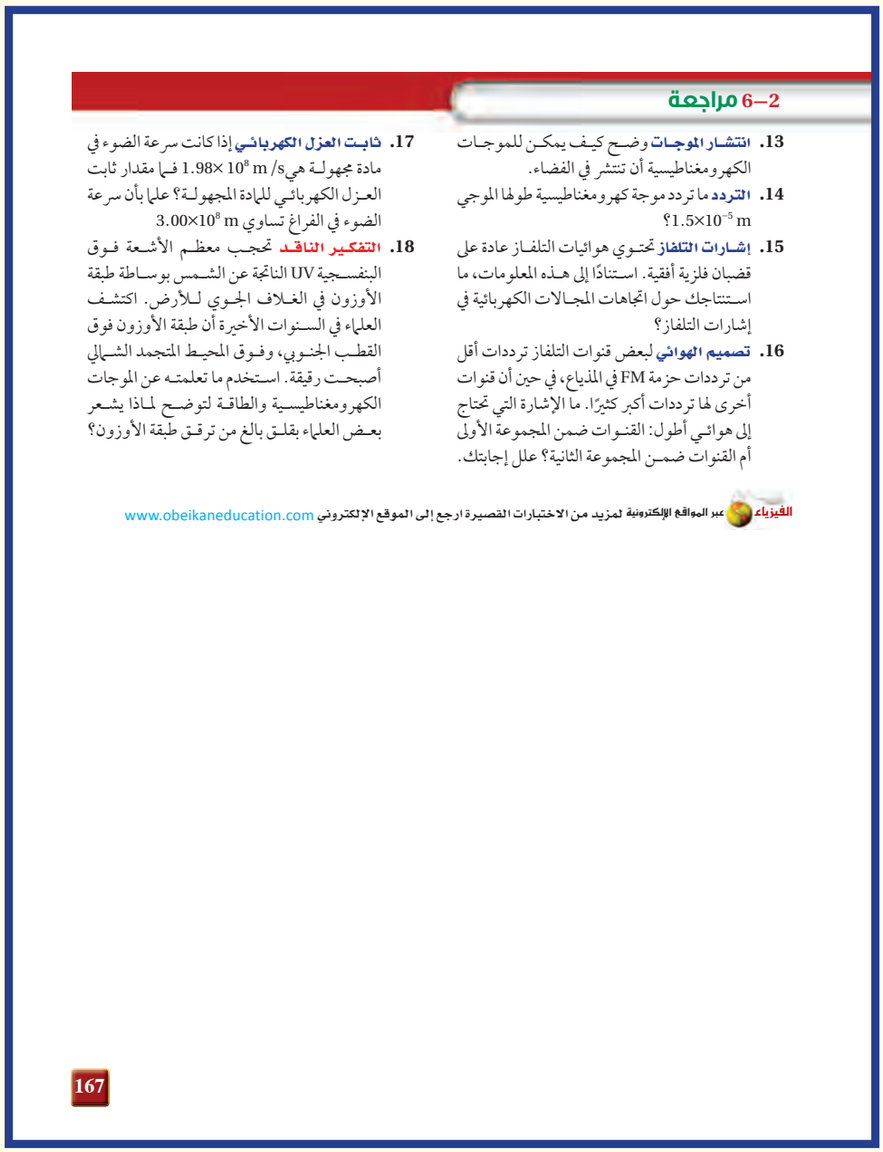
التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة أن يفتحوا كتبهم، وأن ينظروا إلى صورة الصفحة الافتتاحية للفصل، واسألهم: هل يجب أن يختلف وضع الطبق اللاقط باختلاف الطول الموجي؟ لا، تنعكس الموجات جميعها بالكيفيّة نفسها، وتتجمع في النقطة نفسها.

م 2 بصري–مكاني

إعادة التدريس

أمسك مذياع AM وهاتفًا خلويًّا، ثم اطلب إلى الطلبة مقارنة السرعة، والطول الموجيّ للموجات المستخدمة في هذه الأجهزة. الموجات القصيرة، والطويلة جميعها تنتشر بالسرعة نفسها. م 1



6–2 مراجعة

13. **انتشار الموجات** وضح كيف يمكن للموجات الكهرومغناطيسية أن تنتشر في الفضاء.
14. **التردد** ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $1.5\times10^{-5}\ m$؟
15. **إشارات التلفاز** تحتوي هوائيات التلفاز عادة على قضبان فلزية أفقية. استنادًا إلى هذه المعلومات، ما استنتاجك حول اتجاهات المجالات الكهربائية في إشارات التلفاز؟
16. **تصميم الهوائي** لبعض قنوات التلفاز ترددات أقل من ترددات حزمة FM في المذياع، في حين أن قنوات أخرى لها ترددات أكبر كثيرًا. ما الإشارة التي تحتاج إلى هوائي أطول: القنوات ضمن المجموعة الأولى أم القنوات ضمن المجموعة الثانية؟ علل إجابتك.
17. **ثابت العزل الكهربائي** إذا كانت سرعة الضوء في مادة مجهولة هي $1.98\times10^{8}\ m/s$ فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة المجهولة؟ علمًا بأن سرعة الضوء في الفراغ تساوي $3.00\times10^{8}\ m$
18. **التفكير الناقد** تحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية UV الناتجة عن الشمس بوساطة طبقة الأوزون في الغلاف الجوي للأرض. اكتشف العلماء في السنوات الأخيرة أن طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي، وفوق المحيط المتجمد الشمالي أصبحت رقيقة. استخدم ما تعلمته عن الموجات الكهرومغناطيسية والطاقة لتوضح لماذا يشعر بعض العلماء بقلق بالغ من ترقق طبقة الأوزون؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

167

6-2 مراجعة

13. يولّد تغيّر المجال الكهربائي مجالاً مغناطيسيًّا، ويولّد تغيّر المجال المغناطيسي مجالاً كهربائيًّا، ولذلك تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية عندما يولّد كلّ من المجالين الآخر.
14. $2.0\times10^{13}\ Hz$
15. يجب أن تكون أفقيّة أيضًا.
16. القنوات ضمن المجموعة الأولى.
17. 2.30
18. الطول الموجيّ لموجات الأشعة فوق البنفسجية صغير وطاقتها كبيرة إلى درجة تكون كافية لتحطيم الخلايا في الجلد، ولذلك فإن تعرّض الإنسان للأشعّة فوق البنفسجية بكثرة يزيد من احتمال إصابته بسرطان الجلد.

الزمن المقدر حصة مختبر واحدة.

المهارات العملية الملاحظة، وجمع البيانات، وتفسير البيانات.

احتياطات السلامة كن حذرًا في أثناء استخدام الغطاء المصنوع من الأسلاك المشبّكة؛ لأن حوافّه قد تخدش أو تجرح، واطلب إلى الطلبة ارتداء القفازات عند الإمساك بالغطاء أو حمله.

المواد والأدوات البديلة يمكن استخدام ستيريو AM/FM شخصي مع المذياع الصغير على أن تبقى سماعات الأذن والأسلاك داخل الوعاء، ويمكن استخدام قفص مشبّك أو صفيحة فلزّيّة بدلاً من الغطاء.

استراتيجيات التدريس

- **إذا استخدم الستيريو الشخصي فإنه يجب وضع سماعات الأذن لكل مذياع داخل الوعاء الحاجب إلى جانب المذياع لأن أسلاك السماعات تعمل عملاً مزدوجًا، كأسلاك هوائي لمذياع FM.**
- **قد يكون الطلبة مهتمين باختبار فاعليّة المواد الإضافية للحجب، أو قد يرغبون في استقصاء جودة استقبال المذياع في مواقع مختلفة حول المدرسة. (لاحظ أن الكثير من الفولاذ عادة يستخدم في بناء الأرضيات والأسقف في المباني).**

مختبر الفيزياء

حجب الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Wave Shielding

يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من عدة أنواع من الإشعاعات الكهرومغناطيسية. ويمكن تصنيف هذه الإشعاعات وفق ترددها أو أطوالها الموجية؛ فالأشعة جاما أكبر تردد وأكبر طاقة، بينما طولها الموجي يشكل جزءًا من النانومتر. وسوف تستقصي في هذه التجربة قدرة المواد المختلفة على حجب موجات الراديو.

سؤال التجربة

ما المواد التي تحجب الموجات الكهرومغناطيسية (موجات الراديو)؟

الأهداف

- **تجرب** مواد مختلفة لمعرفة فاعليتها في حجب الموجات الكهرومغناطيسية.
- **تلاحظ وتستنتج** أنواع المواد التي تحجب موجات الراديو.
- **تجمع وتحلل** بيانات عن أنواع الحجب.

احتياطات السلامة

- **استخدم دائمًا نظارة واقية ومعطفًا.**
- **البس القفازين عند ثني سلك الشاشة أو حمله.**
- **كن حذرًا عند استعمال الدبابيس لتجنب خدش الجلد.**

المواد والأدوات

مذياع AM–FM صغير يعمل على بطارية
صندوقان صغيران من الكرتون
صندوق فلزي أو علبة بغطاء
رقائق ألومنيوم
أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي (كالمستخدمة في حماية قطع الحاسوب)
شاشة فلزية
شريط لاصق
قفازات جلدية
مكبس

الخطوات

1. غلف السطح الخارجي لاحد الصندوقين برقائق الألومنيوم.
2. حضر صندوقًا مصنوعًا من أسلاك مشبكة. وذلك بطيّ قطعة من الأسلاك المشبكة، بحيث تصبح على هيئة صندوق له أربعة أوجه ومفتوح الطرفين. استخدم المكبس لتثبيت نهايات قطعة الأسلاك المشبكة بعضها ببعض، وتأكد من أن الصندوق واسع وكبير بحيث يمكن إدخال المذياع فيه. اقطع جزءًا من الأسلاك المشبكة بحيث تغلق بوساطتها أحد طرفي الصندوق المفتوح بإحكام، ثم استعمل قطعة أخرى من الأسلاك المشبكة لتغلق الطرف الآخر للصندوق بحيث يصبح كالباب يمكن فتحه أو إغلاقه.
3. شغّل المذياع ووالفه مع أقوى إشارة من محطة AM. دوّن تردد المحطة. ويمكن معرفة التردد من خلال مؤشر المذياع أو من خلال الاستماع إلى بث المحطة؛ فقد يذكر التردد.

عينة بيانات

الحزمة	التردّد	الحاجب	الملاحظات
AM	610 Hz	ذراع شخص	صوت المذياع قوي
AM	610 Hz	صندوق كرتون	صوت المذياع قوي
AM	610 Hz	صندوق كرتون مغطى بألومنيوم	لا يوجد صوت
AM	610 Hz	صندوق الأسلاك المشبّكة	لا يوجد صوت، يوجد تشويش
AM	610 Hz	صندوق فلزي	لا يوجد صوت
AM	610 Hz	أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي	صوت قليل أو لا يوجد صوت

الحزمة	التردّد	الحاجب	الملاحظات
FM	94.7 MHz	ذراع شخص	صوت المذياع قوي
FM	94.7 MHz	صندوق كرتون	صوت المذياع قوي
FM	94.7 MHz	صندوق كرتون مغطى بألومنيوم	لا يوجد صوت
FM	94.7 MHz	صندوق الأسلاك المشبّكة	لا يوجد صوت، يوجد تشويش
FM	94.7 MHz	صندوق فلزي	لا يوجد صوت
FM	94.7 MHz	أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي	صوت قليل أو لا يوجد صوت

جدول البيانات							
الحزمة	التردد	الحاجب	الملاحظات	الحزمة	التردد	الحاجب	الملاحظات
AM		ذراع شخص		FM		ذراع شخص	
AM		صندوق كرتون		FM		صندوق كرتون	
AM		صندوق كرتون مغطى بألومنيوم		FM		صندوق كرتون مغطى بألومنيوم	
AM		صندوق الأسلاك المشبكة		FM		صندوق الأسلاك المشبكة	
AM		صندوق فلزي		FM		صندوق فلزي	
AM		أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي		FM		أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي	

4. احمل المذياع، وغطه بذراعيك، وأهمل انخفاض الصوت لأنك تغطي السماعة. كيف تأثر استقبال الإشارة؟ دوّن ملاحظاتك.
5. ضع المذياع داخل صندوق الكرتون، وضع غطاء الصندوق، وأضع إلى استقبال المذياع، ودوّن ملاحظاتك.
6. كرر الخطوة 5 أربع مرات أخرى باستخدام الصندوق المغطى بالألومنيوم، والصندوق المصنوع من الأسلاك المشبكة (المغلق الباب)، والصندوق الفلزي (المغلق الغطاء) والكيس الذي يحمي من التفريغ الكهربائي على الترتيب.
7. غيّر مؤشر المذياع إلى حزمة FM، ووالفه مع أقوى محطة. ودوّن تردد المحطة. ثم كرر الخطوات 6–4.

التحليل

1. **التلخيص** أي المواد أكثر فاعلية لحجب موجات الراديو؟
2. **استخدام** الأرقام احسب الطول الموجي لكل تردد استخدمته في المذياع. وتذكر أن $c = f\lambda$، حيث c سرعة الموجات الكهرومغناطيسية وتساوي 3.00×10^8 m/s
3. **المقارنة** ما العلاقة بين الطول الموجي للموجة المستخدمة في المذياع واتساع الفتحة أو الفتحات في المواد المستخدمة لحجب موجات الراديو؟
4. **تفسير البيانات** ما الصفات المشتركة بين المواد التي تعمل على حجب موجات الراديو؟

الاستنتاج والتطبيق

1. **اشرح** قدم شرحًا حول ما قد يحدث للمجالات الكهربائية والمغناطيسية لموجات الراديو التي منعت من الوصول إلى المذياع باستخدام المواد الحاجبة.
2. **استنتج** لماذا لم تكن تغطية المذياع بذراعيك فعّالة في إيقاف موجات الراديو؟
3. **استخدم التفسير العلمي** تمتص مياه المحيط موجات الراديو وتحدّ من اختراقها بحيث تصل إلى عمق يساوي طول الموجة تقريبًا تحت السطح. وبسبب ذلك تستخدم موجات بترددات صغيرة جدًا Hz (80–40) للتواصل مع الغواصات تحت الماء. لماذا قد تستخدم مواقع الإرسال في منطقة نائية وبعيدة عن المحيط إشارات راديو ذات قدرة كبيرة في الاتصالات البحرية؟ *(مساعدة: قدر الطول لهوائي طوله يساوي نصف الطول الموجي).*

التوسع في البحث

كيف يكون حجم الثقوب في الأسلاك الفلزية المشبكة الموضوعة على باب فرن الميكروويف، مقارنة بطول موجة الميكروويف التي ترددها 2.4 GHz؟

الفيزياء في الحياة

افترض أنك تريد إرسال بعض الصور أو المعلومات المخزّنة على القرص المغناطيسي لحاسوبك إلى صديقك، فما الذي يتعين عليك عمله لحماية القرص من الموجات الكهرومغناطيسية خلال الإرسال؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن الموجات الكهرومغناطيسية ارجع إلى الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

169

التحليل

1. تحجب الفلزّات موجات الراديو.
2. ستختلف الإجابات (عيّنة إجابات).

f=610 kHz= 498 m, f=94.7 MHz=3.17 m

3. اتساع الفتحة صغير مقارنة مع طول موجة الراديو.
4. المواد المصنوعة من الفلزّات موصّلات، وتعمل المجالات الكهربائية للموجات الكهرومغناطيسية على مسارعة الإلكترونات داخل الفلزّات، ولذلك تنقل طاقة الموجات إلى الفلزّ بدلاً من جعلها تذهب إلى المذياع.

الاستنتاج والتطبيق

1. تُمتصّ طاقة المجال الكهربائي على سطح الفلزّ من قبل الإلكترونات الحرّة الحركة.
2. تَنْفُذُ موجات الراديو من خلال جسم الإنسان ومن خلال الأجسام غير الفلزّيّة، مع حدوث امتصاص قليل جدًّا، والمواد غير الفلزّيّة، كالأشجار، والإنسان لا تعدّ موصّلات جيدة.
3. يكون طول هوائي الإرسال المستخدم للاتصال مع الغوّاصات طويلاً للغاية، ويكون طول الهوائي الصحيح لنصف الطول الموجيّ 5000 km تقريبًا. ويكون الموقع ذو الكثافة السكانية القليلة مرغوبًا أكثر بوصفه موقعًا لمثل هذا الإرسال؛ لأنه لن يؤثّر كثيرًا في المناطق المأهولة بالسكان المتمثّل بالمخاطر المحتملة على الصحة والبيئة والقبول العام.

التوسع في البحث

لفرن الميكروويف النموذجيّ طول موجة راديو تساوي 12.5 cm [2.4 GHz] وهو أكبر كثيرًا من حجم الثقب وبسبب ذلك يحدث تسرّب صغير في الفرن.

الفيزياء في الحياة

يجب أن تركّز إجابات الطلبة على تغليف الأقراص بمادة توقف نفاذ الموجات الكهرومغناطيسية وتحجبها. وعلى الطلبة أن يأخذوا في الاعتبار، أن المجال المغناطيسي للموجة الكهرومغناطيسية ضعيف جدًّا مقارنة بالمجال الكهربائي، ولذلك فإن حماية الأقراص في أثناء الشحن النموذجيّ لا تشكّل مشكلة أبدًا، فعلى سبيل المثال تكون الرقائق المغلّفة للرسائل فعّالة في حجب الموجات الكهرومغناطيسية وتمنع محو البيانات المسجّلة على الأقراص.

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية قد يرغب الطلبة بتقصي صناديق أخرى تحجب جزئيًا كنماذج المباني التي تحتوي على فلزّات تقوية للأرضيات والأسقف. فمثلاً قد تعمل الهواتف الخلويّة بصورة جيدة في بعض المناطق من هذه المباني، في حين لا تعمل في مناطق أخرى. ولذلك على الطلبة تقصّي المادة الحاجبة للإشارات في المبنى. ستساعد هذه التجربة على تطوير مهارات التفكير الناقد من خلال تطبيق مفاهيم الفيزياء في واقع الحياة.

الخلفيّة النظرية

تُعَدّ الهواتف الخلويّة سببًا رئيسيًّا للحوادث المروريّة. ولذلك فرضت معظم الدول مخالفات على استعمالها في أثناء القيادة. إلاّ أن الشركات المصنّعة للهواتف الخلويّة اعترضت على هذا التشريع.

ولقد ادعت تلك الشركات أن الهواتف الخلويّة لا تعدّ آمنة للاستخدام في أثناء القيادة فحسب، وإنما تسهم أيضًا في سلامة السائقين من خلال إتاحة الإبلاغ عن السيارات المعطلة أو الحوادث أو حالات الطرق الخطيرة، أو حالات الطوارئ الطبّيّة، والجرائم. ومع ذلك، وحتى مع منافع السلامة والأمان هذه فهناك عيوب ومعوقات، فمثلاً بعض محطات الاستجابة والردّ على حالات الطوارئ تبيّن أنها قد تتلقى أكثر من 100 تقرير عن الحادث الواحد، وهذا يفوق طاقتها، ويجعل الشبكات غير متاحة للإبلاغ عن الحالات الطارئة الأخرى.

استراتيجيات التدريس

- قبل إجراء هذا النشاط، على المعلمين أن يأخذوا الإذن من مدير المدرسة؛ إذ إن بعض المدارس تحظر على الطلبة استخدام الهاتف الخلويّ.
- اسأل الطلبة من منهم لديه هاتف خلويّ ليحضره للمدرسة، أو استَعِرْ بعض الهواتف الخلويّة من الناس الذين تعرفهم، وناقش ميزات هذه الهواتف داخل الصف.

نشاط

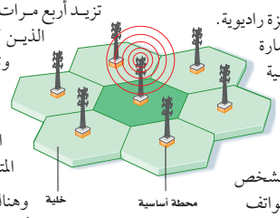
إرسال موجات الراديو واستقبالها احصل على بطارية جديدة 9V وقطعة نقد، ثم والف مذياع AM بحيث لا تسمع بثّ أي محطة، ثم أمسك البطارية بالقرب من الهوائي، وبسرعة صِل قطبي البطارية بقطعة النقد فترة قصيرة. سوف يسمع الطلبة صوت خشخشة في المذياع. يَنتُجُ صوت الخشخشة عند وصل القطبين معًا، وفصلهما بوساطة قطعة النقد. وتعمل البطارية وقطعة النقد على بثّ موجة راديو.

التقنية والمجتمع

الهواتف الخلوية Cellular Phones

هل لديك هاتف خلوي؟ كان الهاتف الخلوي (الجوال) في الماضي القريب نادر الاستعمال وباهظ الثمن، أما الآن فقد أصبح شائعًا ومتوافرًا، ويستخدمه معظم الناس.

شبكات الجوال أخذ الهاتف الخلوي هذا الاسم من طريقة تقسيم الشركات للمدن إلى مناطق صغيرة تسمى الخلايا، ولكل خلية شكل سداسي خلال شبكة سداسية كبيرة. وتكون مساحة الخلايا عادة 26 كيلومترًا مربعًا، وتتغير وفق طبيعة المنطقة، وعدد مالكي الأجهزة الخلوية في المنطقة. ويوجد في كل خلية محطة أساسية تتكون من برج وصناديق أو غرف تحتوي على معدات وأجهزة راديوية.



عندما تجرى مكالمة فإنك تُرسل الإشارة من هاتفك إلى المحطة الأساسية الواقعة في خليتك، ثم ترسل هذه الإشارة من المحطة الأساسية المحلية إلى المحطة الأساسية الواقعة في المنطقة التي يكون فيها الشخص الذي اتصلت به. كيف تتواصل الهواتف الخلوية مع المحطات الأساسية؟

تستخدم الهواتف الخلوية موجات راديوية لإرسال المعلومات واستقبالها من المحطات الأساسية وإليها. ويعمل الهاتف الخلوي مرسلًا ومستقبلًا للموجات الراديوية في آن واحد، فيعمل جهاز الإرسال في الهاتف على تحويل الصوت إلى موجة مشفرة على صورة موجة ترددية راديوية، ثم يرسل الموجة الراديوية إلى أقرب محطة أساسية. تستقبل المحطة الأساسية الموجة المشفرة من هاتفك وتحللها وترسلها إلى المحطة الأساسية المطلوبة في صورة موجات راديوية خلال الهواء. وعند استقبال الموجة يعمل الهاتف على التقاط الموجة الراديوية وتحويلها إلى موجة صوتية مسموعة يمكنك فهمها. وباستخدام ترددين مختلفين (تردد للتحدث وتردد للسمع) يمكن لشخصين أن يتحدث أحدهما إلى الآخر في اللحظة نفسها.

ويمكن لأنظمة شركات الهواتف الخلوية من خلال محطاتها الأساسية أن تبث مكالمتك في جميع أنحاء البلاد، حتى إذا كنت أنت والشخص الذي تتحدث معه متحركين. فعندما تتحرك تنتقل من خلية إلى أخرى. وتعمل المحطات الأساسية آليًّا على إرسال الإشارة إلى المحطة الأساسية الصحيحة في النظام.

مخاطر استعمال الهواتف الخلوية لا يخلو استخدام الهاتف الخلوي من بعض المخاطر، فالتحدث بالهاتف في أثناء قيادة السيارة مثلاً خطر، ويسبب حوادث مرورية؛ وقد بينت الدراسات أن عدد الحوادث المرورية التي تحدث مع الأشخاص الذين يستخدمون الهاتف في أثناء القيادة تزيد أربع مرات عن الحوادث التي تحدث مع الأشخاص الذين لا يستخدمون الهاتف في أثناء القيادة. وتضع بعض محطات الوقود ملصقات تحذر من استعمال الهاتف الخلوي؛ وذلك لأن الكهرباء الساكنة الناتجة عن الهاتف الخلوي قد تعمل على إشعال بخار البنزين المتصاعد.

وهناك خطر آخر محتمل أكثر إثارة للجدل، وهو أن الهاتف يبث موجات راديوية، لذا تنبعث منه طاقة كهرومغناطيسية تعرف بالتردد الراديوي. وهناك بعض الأدلة على أن الهواتف الخلوية تبعث من الإشعاع ما يكفي لتسبب مشاكل صحية خطيرة، منها سرطان الدماغ، ومرض الزهايمر. وهناك أدلة تدعم طرفي الجدال كليهما. وإلى الآن لم يعرف أحد يقينًا الآثار الصحية على المدى الطويل التي يسببها استعمال الهواتف الخلوية، إن وجدت.

التفكير الناقد

1. **استخدم التفسير العلمي** من أين اكتسبت الهواتف الخلوية هذا الاسم؟
2. **قارن** فيم تتشابه أجهزة المذياع AM/FM والهواتف الخلوية؟ وفيم تختلف؟
3. **التفكير الناقد** فسّر لماذا تعدّ المرسلات قليلة القدرة، المستخدمة في الهواتف الخلوية، هامة في المحافظة على إبقاء وزن الخلويات خفيفًا؟

التوسع

1. أخذ الهاتف الخلوي اسمه من نظام التواصل بين الهاتف الخلوي وأبراج الاتصالات الذي أعدته شركات الاتصالات، حيث يتم استقبال المكالمات ونقلها داخل الخلايا، بالإضافة إلى تبديل التواصل بين الهاتف وبرج الاتصال مع برج آخر عند الانتقال من خلية إلى أخرى.
2. كلاهما يستخدم موجات الراديو لإرسال المعلومات واستقبالها.
3. لا تحتاج المُرسِلات ذات القدرة المنخفضة إلى الكثير من قدرة البطارية، حتى تعمل، وهذا يجعل الهاتف الخلويَ يحتاج إلى بطاريات صغيرة وخفيفة الوزن.

وسريعًا ما يصبح الرادیو خارج مدى البث الإذاعي، بينما يمكن لشبكة الهاتف الخلويّ أن تُرَحِّل الإشارة من محطة أساسية إلى أخرى، وتعمل على توسيع مدى الإشارة.

المفاهيم الرئيسة

يمكـن أن يسـتخدم الطلبـة العبـارات التلخيصيـة لمراجعة المفاهيم الرئيسة في الفصل.

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

الفصل 6
دليل الدراسة

6–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة
Interactions of Electric and Magnetic Fields and Matter

المفردات
- النظير
- مطياف الكتلة

الأفكار الرئيسة
- يمكن أن يكون لذرات العنصر نفسه كتل مختلفة.
- يستخدم مطياف الكتلة المجالين الكهربائي والمغناطيسي لقياس كتل الذرات المتأينة والجزيئات.
- يمكن استخدام مطياف الكتلة أيضًا لتحديد نسبة شحنة أي أيون إلى كتلته.

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

6–2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء Electric and Magnetic Fields in Space

المفردات
- موجة كهرومغناطيسية
- عوازل كهربائية
- هوائي
- طيف كهرومغناطيسي
- إشعاع كهرومغناطيسي
- الكهرباء الإجهادية
- مُستقبِل

الأفكار الرئيسة
- الموجات الكهرومغناطيسية مقترنة بمجالين كهربائي مغناطيسي متغيرين، ومتحركين معًا في الفضاء.
- الطول الموجي للموجة يساوي سرعتها مقسومة على ترددها.

$$\lambda=\frac{v}{f}$$

أما للموجة الكهرومغناطيسية التي تنتشر في الفراغ فإن السرعة في المعادلة السابقة v تساوي سرعة الضوء c.

- سرعة الموجات الكهرومغناطيسية ومنها الضوء في العوازل الكهربائية أقل من سرعتها في الفراغ.
- يستعمل التيار الكهربائي المتغير في هوائي الإرسال لتوليد موجات كهرومغناطيسية.
- ينقل الإشعاع الكهرومغناطيسي الطاقة أو المعلومات خلال الأوساط المادية أو الفراغ.
- الكهربـاء الإجهاديـة خاصيـة للبلورات تسـبب لها انحناء أو تشـوهًا وتولـد اهتزازات كهربائية عند تطبيق فولتية خلالها.
- تحوّل الهوائيات المستقبلة الموجات الكهرومغناطيسية إلى مجالات كهربائية متغيرة في الموصلات.
- يمكـن الكشـف عن الموجـات الكهرومغناطيسـية من خلال القـوة الدافعـة الكهربائية المتولـدة في الهوائي. ويمكـن اختيار الـترددات المحددة للموجات باسـتخدام دائرة رنين ملف ومكثف تعرف باسم الموالف.
- يحصل المستقبل على المعلومات من الموجات الكهرومغناطيسية.
- طول معظم الهوائيات الفعالة يعادل نصف الطول الموجي للموجة المراد التقاطها.
- يمكـن لموجـات الميكروويف، والأشـعة تحـت الحمـراء، مسـارعة الإلكترونات خلال الجزيئات، ولذلك يمكنها توليد طاقة حرارية.
- الأشـعة السينية موجات كهرومغناطيسـية ذات تردد كبير تنبعث باستخدام إلكترونات متسارعة وسريعة.

171

خريطة المفاهيم

19. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

20. النظائر ذرات للعنصر نفسه (العدد الذري متساوٍ) مختلفة الكتلة.

21. الزوايا قائمة.

22. مولّد AC يُزَوَّد بمجال كهربائي متغيّر وهو بدوره يولّد مجالاً مغناطيسيًّا متغيّرًا، أمَّا مولّد DC فسيولّد مجالاً كهربائيًّا متغيّرًا لحظة تشغيله أو إطفائه فقط.

23. انظر دليل حلول المسائل.

24. تنحني بلّورة الكوارتز أو تتشوّه عند تطبيق الفولتيّة خلالها ثم تهتز بعد ذلك بمجموعة تردّدات.

25. بتعديل السعة الكهربائية لدائرة الهوائي يصبح تردّد اهتزاز الدائرة مساويًا لتردّد موجات الراديو المطلوبة. وتستقبل تلك الموجة، أما سواها فتخامدها يحدث رنينًا مما يؤدي إلى اهتزاز الإلكترونات في الدائرة بذلك التردّد.

تطبيق المفاهيم

26. سيكون اتجاه المجال المغناطيسي خارجًا في مستوى الورقة.

27. يمكنك أن تغيّر كلا المجالين، أو لا تغيّر أيًّا منهما، ولكن لا يمكنك أن تغيّر مجالاً واحدًا فقط.

28. a. موجات راديو

b. أشعّة سينيّة

c. جميعها تنتقل بالسرعة نفسها.

29. تحتاج القناة الثانية إلى هوائيّ أطول.

30. ستكون العيون أكبر لأن الطول الموجيّ لموجات الميكروويف أكبر كثيرًا من الطول الموجيّ للضوء المرئيّ.

إتقان حلّ المسائل

6-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

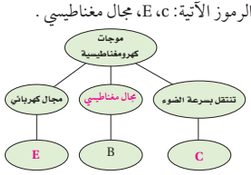
31. 0.16 T

32. 6.9×10^{6} m/s

الفصل 6
التقويم

خريطة المفاهيم

19. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات والرموز الآتية: c، E، مجال مغناطيسي.



إتقان المفاهيم

20. ما النظائر؟

21. ما الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائما؟

22. لماذا يجب استخدام مولد متناوب لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية؟ وإذا استخدم مولد مستمر فمتى يمكنه توليد موجات كهرومغناطيسية؟

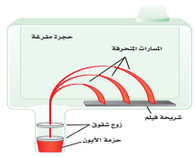
23. يبث سلك هوائي رأسي موجات راديو. ارسم الهوائي وكلا من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين.

24. ماذا يحدث لبلورة الكوارتز عند تطبيق فولتية خلالها؟

25. كيف تعمل دائرة استقبال الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بتردد محدّد ورفض سائر الموجات الأخرى؟

تطبيق المفاهيم

26. يبين الشكل 12–6 الحجرة المفرغة في مطياف كتلة. إذا اختبرت عينة من غاز النيون المتأين في هذا المطياف، فما اتجاه المجال المغناطيسي اللازم لجعل الأيونات تنحرف بشكل نصف دائري في اتجاه عقارب الساعة؟



الشكل 12–6

27. إذا تغيرت إشارة شحنة الجسيم في المسألة السابقة من الموجبة إلى السالبة فهل يتغير اتجاه أحد المجالين أو كلاهما للحفاظ على الجسيمات دون انحراف؟ وضّح إجابتك.

28. أي من موجات الراديو، وموجات الضوء، والأشعة السينية له قيمة عظمى من الخصائص التالية:
a. الطول الموجي
b. التردد
c. السرعة

29. **موجات التلفاز** إذا كان تردد الموجات التي تبث على إحدى القنوات في التلفاز يساوي 58 MHz، بينما تردد الموجات على قناة أخرى يساوي 180 MHz، فأي القناتين تتطلب هوائيًّا أطول؟

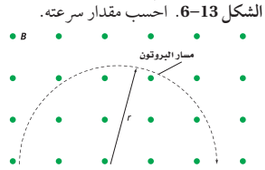
30. افترض أن عين شخص ما أصبحت حساسة لموجات الميكروويف، فهل تتوقع أن تكون عينه أكبر أم أصغر من عينك؟ لماذا؟

إتقان حل المسائل

6–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

31. تتحرك إلكترونات بسرعة 3.6×10^{4} m/s خلال مجال كهربائي مقداره 5.8×10^{3} N/C، ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتعرض له مسار الإلكترونات حتى لا تنحرف؟

32. يتحرك بروتون في مسار دائري نصف قطره 0.20 m في مجال مغناطيسي مقداره 0.36 T، كما موضّح في الشكل 13–6. احسب مقدار سرعته.



الشكل 13–6

التقويم

تقويم الفصل 6

33. دخل بروتون مجالاً مغناطيسيًّا مقداره $6.0\times10^{-2}\,T$ بسرعة $5.4\times10^{4}\,m/s$، ما مقدار نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه؟

34. تسارع إلكترون خلال فرق جهد مقداره 4.5kV، ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتحرك فيه الإلكترون لينحرف في مسار دائري نصف قطره 5.0 cm؟

35. تحرك جسيم ألفا كتلته $6.6\times10^{-27}\,kg$ وشحنته (+2) في مجال مغناطيسي مقداره 2.0 T فسلك مسارًا دائريًّا نصف قطره 0.15 m، احسب مقدار كل من:

a. سرعة الجسيم.

b. طاقته الحركية.

c. فرق الجهد اللازم لإنتاج هذه الطاقة الحركية.

6–2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

36. **موجات الراديو** انعكست موجات راديو طولها الموجي 2.0 cm عن طبق قطع مكافئ. ما طول الهوائي اللازم للكشف عنها؟

37. **الماسح الضوئي لشريط الشيفرة** يستخدم الماسح الضوئي لشريط الشيفرة مصدر ضوء ليزر طوله الموجي 650 nm أوجد تردد مصدر شعاع الليزر.

38. ما طول الهوائي اللازم لاستقبال إشارة راديو ترددها 101.3 MHz؟

39. موجة كهرومغناطيسية ترددها 100 MHz تبث خلال كابل محوري ثابت العزل الكهربائي له 2.30، ما مقدار سرعة انتشار الموجات؟

40. **الهاتف الخلوي** يعمل جهاز إرسال هاتف خلوي على موجات حاملة ترددها $8.00\times10^{8}\,Hz$، ما طول هوائي الهاتف الأمثل لالتقاط الإشارة؟ لاحظ أن الهوائيات ذات الطرف الواحد تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طول الهوائي فيه مساويًا ربع الطول الموجي للموجة.

مراجعة عامة

41. **المذياع** محطة إذاعية FM تبث موجاتها بتردد 94.5 MHz، ما مقدار طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال لهذه المحطة؟

42. سرّع جسيم مجهول بوساطة فرق جهد مقداره $1.50\times10^{2}\,V$ إذا دخل هذا الجسيم مجالاً مغناطيسيًّا مقداره 50.0 mT وسلك مسارًا منحنيًا نصف قطر 9.80 cm، فما مقدار النسبة q/m؟

التفكير الناقد

43. **تطبيق المفاهيم** كتب طارق قصة خيال علمي تسمى (الرجل الخفي)، وفيها يشرب الرجل جرعة دواء فيصبح غير مرئي. ثم يستعيد طبيعته مرة أخرى. وضح لماذا لا يستطيع الرجل غير المرئي الرؤية؟

44. **تصميم تجربة** إذا طلب إليك أن تصمم مطياف كتلة باستخدام المبادئ التي نوقشت في هذا الفصل، لكن باستخدام أداة إلكترونية بدل الفيلم الفوتوجرافي. وتريد فصل الجزيئات الأحادية التأين (+1) ذات الكتل الذرية 175 بروتونًا عن الجزيئات ذات الكتل الذرية 176 بروتونًا، وكانت المسافة الفاصلة بين الخلايا المتجاورة في الكاشف الذي تستخدمه 0.10 mm، ويجب أن تُسرّع الجزيئات بوساطة فرق جهد 5000 V على الأقل؛ حتى يتم الكشف عنها، فما قيم كل من v، B، r التي يجب أن تكون لجهازك؟

33. $9.4\times10^{-3}\,m$

34. $4.5\times10^{-3}\,T$

35. **a.** $1.5\times10^{7}\,m/s$

b. $7.0\times10^{-13}\,J$

c. $2.2\times10^{6}\,V$

6-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

36. طولها 1. 0 cm

37. $4.6\times10^{14}\,Hz$

38. 1.48 m

39. $1.98\times10^{8}\,m/s$

40. 0.0938 m

مراجعة عامة

41. 1.59 m

42. $1.25\times10^{7}\,C/kg$

التفكير الناقد

43. لترى، يجب أن تستكشف الضوء، وهذا يعني أن الضوء سوف يمتصّ أو ينعكس بصورة أساسية، سيكون الشخص غير المرئيّ شفّافًا لذلك سيمرّ الضوء خلال العين دون امتصاص أو انعكاس.

44. انظر دليل حلول المسائل، عند تصميم مطياف الكتلة يمكنك أن تختار أيَّ قيمة لـ V و B بحيث لا تقلّ عن 500.0 V ولأن $\frac{q}{m}$ ثابتة فإن v ستتناسب مع B^2r^2.

التقويم

الكتابة في الفيزياء

45. تستخدم أجهزة التحكّم مدًى محدّدًا من ترددات الأشعة تحت الحمراء المعدّلة، والمضمّنة في صورة نبضات، ويولّد كلّ زر في الجهاز سلسلة خاصة من النبضات القصيرة أو الطويلة. إن المدى الواسع للترددات المستخدمة في أجهزة التحكم المختلفة المصنّعة من قبل شركات مختلفة، ورموز النبضات الفريدة من نوعها التي يستخدمها كل جهاز عن بعد يجعل من المستبعد أن تتداخل هذه الأجهزة معًا.

مراجعة تراكمية

46. $3.8\times10^{3}\ \text{V/m}$

47. 158.8 فلس

48. شمال

الكتابة في الفيزياء

45. اكتب تقريرًا في صفحة أو صفحتين بيّن فيه عمل جهاز التحكم عن بعد لكل من التلفاز والفيديو وجهاز DVD. والذي يعمل بالأشعة تحت الحمراء. اشرح لماذا لا يحدث تداخل بين الأجهزة عند استخدام جهاز التحكم عن بعد متعدد الأغراض. ويجب أن يحوي تقريرك مخططات وأشكال.

مراجعة تراكمية

46. ما مقدار المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين المسافة بينهما 1.2 cm إذا كان فرق الجهد بينهما 45 V؟

47. احسب التكاليف اليومية لتشغيل مكيف مدة 6 ساعات إذا كان يعمل على تيار مقداره 12.0 A وفرق جهد 245 V وكان ثمن الكيلو ساعة 9.0 فلسا؟

48. إذا حُرّك سلك يمتد من الشمال إلى الجنوب نحو الشرق داخل مجال مغناطيسي يتجه إلى أسفل نحو الأرض فما اتجاه التيار الحثي المتولد في السلك؟

اختبار مقنن

أسئلة اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. عندما يتحرك جسيم مشحون في مسار دائري فإن القوة المغناطيسية:

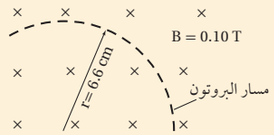
Ⓐ تكون موازية للسرعة المتجهة، وموجهة نحو مركز المسار الدائري

Ⓑ قد تكون متعامدة مع السرعة المتجهة وموجهة بعيدًا عن مركز المسار الدائري.

Ⓒ تكون دائمًا موازية للسرعة المتجهة وموجهة بعيدًا عن مركز المسار الدائري

Ⓓ تكون دائما عمودية على السرعة المتجهة وموجهة نحو مركز المسار الدائري

2. إذا كان نصف قطر مسار حركة بروتون يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.10 T يساوي 6.6 cm فما مقدار السرعة المتجهة للبروتون؟



Ⓐ 6.3×10^{5} m/s Ⓒ 6.3×10^{7} m/s

Ⓑ 2.0×10^{6} m/s Ⓓ 2.0×10^{12} m/s

3. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للميكا 5.4، فما مقدار سرعة الضوء في الميكا؟

Ⓐ 3.2×10^{3} m/s Ⓒ 5.6×10^{7} m/s

Ⓑ 9.4×10^{4} m/s Ⓓ 1.3×10^{8} m/s

4. تبث محطة راديوية موجاتها بطول موجي 2.87 m، ما مقدار تردد هذه الموجات؟

Ⓐ 9.57×10^{-9} Hz Ⓒ 1.04×10^{8} Hz

Ⓑ 3.48×10^{-1} Hz Ⓓ 3.00×10^{8} Hz

5. في أي الحالات الآتية **لا تتولد** موجة كهرمغناطيسية؟

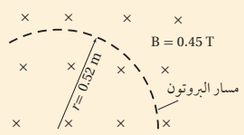
Ⓐ فولتية تيار مستمر DC يطبق على بلورة كوارتز لها خاصية الكهرباء الإجهادية

Ⓑ تيار يمر خلال سلك موضوع داخل أنبوب بلاستيكي.

Ⓒ تيار يمر خلال دائرة ملف ومكثف يعد تجويفًا رنانًا بحجم الجزيء

Ⓓ إلكترونات ذات طاقة كبيرة تصطدم بالهدف الفلزي في أنبوب أشعة سينية

6. تتحرك حزمة بروتونات عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره 0.45 T في مسار دائري نصف قطره 0.52 m، فإذا كانت كتلة كل بروتون تساوي 1.67×10^{-27} kg فما مقدار سرعة البروتونات المكونة للحزمة؟



Ⓐ 1.2 m/s Ⓒ 2.2×10^{7} m/s

Ⓑ 4.7×10^{3} m/s Ⓓ 5.8×10^{8} m/s

الأسئلة الممتدة

7. يتحرك ديوترون (نواة الديتيريوم) كتلته 3.34×10^{-27} kg وشحنته e+ في مسار دائري نصف قطره 0.0400 m داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.5 T، ما مقدار سرعته ؟

✓ إرشاد

راقب الكلمات البسيطة والصغيرة

ضع خطًّا تحت الكلمات مثل: مطلقًا، دائمًا، على الأقل، لا، ما عدا، عندما تجدها في الأسئلة؛ إذ تؤثر هذه الكلمات الصغيرة في معنى السؤال بصورة كبيرة.

سلّم تقدير

يمثّل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير لإجابات الأسئلة الممتدة.

العلامات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمّن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للمواضيع الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًّا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًّا للمواضيع الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحلّ، أو قدّم حلًّا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًّا للمواضيع الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًّا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

أسئلة اختيار من متعدد

1. D	**2.** A	**3.** D
4. C	**5.** A	**6.** C

الأسئلة الممتدة

7.

$$v = \frac{Brq}{m}$$

$$= \frac{(1.5\ \text{T})(0.0400\ \text{m})(1.60\times10^{-19})}{3.34\times10^{-27}\ \text{kg}}$$

$$= 2.9\times10^{6}\ \text{m/s}$$

مصادر تعليمية للطالب

- دليل الرياضيات
- حلول بعض المسائل التدريبية
- الجداول
- المصطلحات

دليل الرياضيات

I. الرموز symbols

Δ	التغير في الكمية
$\pm$	زائد أو ناقص الكمية
$\propto$	يتناسب مع
$=$	يساوي
$\approx$	تقريبًا يساوي
$\cong$	تقريبًا يساوي
$\leq$	أقل من أو يساوي
$\geq$	أكبر من أو يساوي
$>>$	أقل جدًّا من
$\equiv$	يعرف كـ
$a \times b$ ab $a(b)$	a مضروبة في b
$a \div b$ a/b $\frac{a}{b}$	a مقسومة على b
$\sqrt{a}$	الجذر التربيعي لـ a
$\lvert a \rvert$	القيمة المطلقة لـ a
$\log_b x$	لوغاريتم x بالنسبة إلى الأساس b

II. القياسات والأرقام المعنوية Measurement and Significant Digits

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء تعتبر الرياضيات لغة الفيزياء؛ فباستعمال الرياضيات يستطيع الفيزيائيون وصف العلاقات بين مجموعة من القياسات عن طريق المعادلات. ويرتبط كل قياس مع رمز معين في المعادلات الفيزيائية، وتسمى هذه الرموز المتغيرات.

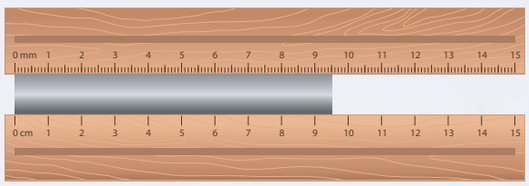
الأرقام المعنوية Significant Digits

إن جميع القياسات تقريبية وتُمثل بأرقام معنوية، بحيث يعبر عدد الأرقام المعنوية عن الدقة في القياس. وتعتبر الدقة مقياسًا للقيمة الحقيقية. ويعتمد عدد الأرقام المعنوية في القياس على الوحدة الأصغر في أداة القياس، بحيث يتم تقدير الرقم الأبعد إلى اليمين في نتيجة القياس.

مثال: ما الرقم المقدَّر لكل من مساطر القياس الموضحة في الشكل أدناه والمستخدمة لقياس طول القضيب الفلزي؟

باستعمال أداة القياس السفلية نجد أن طول القضيب الفلزي بين 9 cm و 10 cm لذلك فإن القياس سوف يقدَّر إلى أقرب جزء عشري من السنتمتر. وإذا كان الطول المقيس يقع تمامًا عند 9 cm أو 10 cm فإنه يجب عليك تسجيل نتيجة القياس 9.0 cm أو 10.0 cm.

وعند استعمال أداة القياس العليا. فإن نتيجة القياس تقع بين 9.5 cm و 9.6 cm، لذلك فإن القياس سوف يقدر إلى أقرب جزء مئوي من السنتمتر، وإذا كان الطول المقيس يقع تمامًا عند 9.5 cm أو 9.6 cm، فيجب عليك تسجيل القياس 9.50 cm أو 9.60 cm



177

دليل الرياضيات

كل الأرقام غير الصفرية في القياسات أرقام معنوية. وبعض الأصفار أرقام معنوية، وبعضها ليست معنوية، وكل الأرقام من اليسار وحتى الرقم الأخير من اليمين والمتضمنة الرقم الأول غير الصفري تعتبر أرقامًا معنوية.

استعمال القواعد الآتية عند تحديد عدد الأرقام المعنوية:

1. الأرقام غير الصفرية أرقام معنوية.
2. الأصفار الأخيرة بعد الفاصلة العشرية أرقام معنوية.
3. الأصفار بين رقمين معنويين أرقام معنوية.
4. الأصفار التي تستعمل بهدف حجز منازل فقط هي أرقام ليست معنوية.

مثال: حدد عدد الأرقام المعنوية في كل من القياسات الآتية:

5.0 g يتضمن رقمين معنويين	استعمال القاعدتين 1و2
14.90 g يتضمن أربعة أرقام معنوية	استعمال القاعدتين 1و2
0.0 يتضمن رقمًا معنويًا واحدًا	استعمال القاعدتين 2و4
300.00 mm يتضمن خمسة أرقام معنوية	استعمال القواعد 1و2و3
5.06 s يتضمن ثلاثة أرقام معنوية	استعمال القاعدتين 1و3
304 s يتضمن ثلاثة أرقام معنوية	استعمال القاعدتين 1و3
0.0060 mm يتضمن رقمين معنويين (6 والصفر الأخير)	استعمال القواعد 1و2و4
140 mm يتضمن رقمين معنويين (1و4 فقط)	استعمال القاعدتين 1و4

مسائل تدريبية

1. حدد عدد الأرقام المعنوية في كل من القياسات الآتية:

a. 1405 m	d. 12.007 kg
b. 2.50 km	e. 5.8×10^{6} kg
c. 0.0034 m	f. 3.03×10^{-5} ml

هناك حالتان تُعتبر الأعداد فيهما دقيقة:

1. الأرقام الحسابية، وهي تتضمن عددًا لا نهائيًا من الأرقام المعنوية.
2. معاملات التحويل، وهي تتضمن عددًا لا نهائيًا من الأرقام المعنوية.

1.
a. 4
b. 3
c. 2
d. 5
e. 2
f. 3

دليل الرياضيات

التقريب Rounding

يمكن تقريب العدد إلى خانة (منزلة) معينة (مثل المنزلة المئوية أو العشرية) أو إلى عدد معين من الأرقام المعنوية. وحتى تقوم بذلك حدد المنزلة المراد تقريبها، ثم استعمال القواعد الآتية:

1. عندما يكون الرقم الواقع عن أقصى يسار العدد والمراد إسقاطه أقل من 5 يجب إسقاطه هو والأرقام الأخرى التي تليه، ومن ثَم يبقى الرقم الأخير في العدد المقرّب دون تغيير.
2. عندما يكون الرقم الواقع عن أقصى يسار العدد والمراد إسقاطه أكبر من 5 يجب إسقاطه هو والأرقام الأخرى التي تليه، ومن ثم يزيد الرقم الأخير في العدد المقرّب بمقدار واحد.
3. عندما يكون الرقم الواقع عن أقصى اليسار والمراد إسقاطه هو 5 متبوعًا برقم غير صفري يتم إسقاط ذلك الرقم والأرقام الأخرى التي تليه، ومن ثم يقرّب الرقم الأخير في العدد بمقدار واحد.
4. إذا كان الرقم الواقع عن يمين الرقم المعنوي الأخير يساوي 5 ومتبوعًا بالصفر، أو لا يتبعه أي أرقام أخرى، فانظر إلى الرقم المعنوي الأخير، فإذا كان فرديًّا فزده بمقدار واحد، وإذا كان زوجيًّا فلا تقربه.

أمثلة: قرّب الأرقام الآتية للعدد المعيّن إلى الأرقام المعنوية:

8.7645 تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 8.76	استعمال القاعدة 1
8.7676 تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 8.77	استعمال القاعدة 2
8.7519 تقريبه إلى رقمين معنويين ينتج 8.8	استعمال القاعدة 3
92.350 تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 92.4	استعمال القاعدة 4
92.25 تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 92.2	استعمال القاعدة 4

مسائل تدريبية

2. قرّب كل رقم إلى عدد الأرقام المعنوية المتضمنة بين الأقواس الآتية:

a. 1405 m (2)　　c. 0.0034 m (1)

b. 2.50 km (2)　　d. 12.007 kg (3)

179

2.

a. 1400 m

b. 2.5 km

c. 0.003 m

d. 12.0 kg

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية Operations with Significant Digits

عندما تستعمل الآلة الحاسبة نفّذ العمليات الحسابية بأكبر قدر من الدقة التي تسمح بها الآلة الحاسبة، ثم قرب النتيجة إلى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية. يعتمد عدد الأرقام المعنوية في النتيجة على القياسات وعلى العمليات التي تجريها.

الجمع والطرح Addition and subtraction

انظر إلى الأرقام عن يمين الفاصلة العشرية، وقرّب النتيجة إلى أصغر قيمة دقيقة بين القياسات، وهو العدد الأصغر من الأرقام الواقعة عن يمين الفاصلة العشرية.

مثال: اجمع الأعداد 1.456 m ، 4.1 m و 20.3 m

القيم الأقل دقة هي 4.1 m و 20.3 m؛ لأن كليهما يتضمن رقمًا معنويًّا واحدًا فقط يقع عن يمين الفاصلة العشرية.

اجمع الأعداد

$$\begin{array}{r} 1.456\ \text{m} \\ 4.1\ \text{m} \\ +20.3\ \text{m} \\ \hline 25.856\ \text{m} \end{array}$$

وفي النتيجة تكون دقة حاصل عملية الجمع هي دقة الرقم المُضاف الأقل دقة.

قرب النتيجة إلى القيمة الكبرى 25.9m

الضرب و القسمة Multiplication and division

حدد عدد الأرقام المعنوية في كل عملية قياس. ونفذ العملية الحسابية، ثم قرّب النتيجة بحيث يكون عدد الأرقام المعنوية فيها مساويًا لتلك الموجودة في قيمة القياس ذي الأرقام المعنوية الأقل.

مثال: أوجد حاصل ضرب الكميتين 20.1 m و 3.6 m

$$(20.1\ \text{m})(3.6\ \text{m}) = 72.36\ \text{m}^2$$

القيمة الصغرى الدقيقة هي 3.6 m التي تتضمن رقمين معنويين. وحاصل عملية الضرب يجب أن يتضمن فقط عدد الأرقام المعنوية في العدد ذي الأرقام المعنوية الأقل.

قرّب النتيجة إلى رقمين معنويين 72 m

مسائل تدريبية

3. بسّط التعابير الرياضية الآتية مستعملًا العدد الصحيح من الأرقام المعنوية:

a. $2.33\ \text{km} + 3.4\ \text{km} + 5.012\ \text{km}$

b. $8.3\ \text{g} - 45\ \text{g}$

c. $3.40\ \text{cm} \times 7.125\ \text{cm}$

d. $6.5\ \text{s} \div 54\ \text{m}$

3. a. 10.7 km
b. 24.2 cm
c. 37 g
d. 8.3 m/s

دليل الرياضيات

المجاميع Combination

عند إجراء الحسابات التي تتضمن عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة استعمل قاعدة عملية الضرب/ عملية القسمة.

أمثلة:

$$d=19\ m + (25.0\ m/s)(2.50\ s) + \frac{1}{2}\ (-10.0\ m/s^2)(2.50)^2$$
$$= 5.0 \times 10^1\ m$$

المقدار 19 m يتضمن رقمين معنويين فقط، لذلك يجب أن تتضمن النتيجة رقمين معنويين.

$$m\ (\text{الميل}) = \frac{70.0\ m - 10.0\ m}{29\ s - 11\ s}$$
$$= 3.3\ m/s$$

29 s و 11 s يتضمن كل منهما رقمين معنويين فقط، لذلك يجب أن تتضمن الإجابة رقمين معنويين فقط.

الحسابات المتعددة الخطوات Multistep Calculation

لا تُجرِ عملية تقريب الأرقام المعنوية خلال إجراء الحسابات المتعددة الخطوات. وبدلاً من ذلك قم بالتقريب إلى العدد المعقول من المنازل العشرية، بشرط ألا تفقد دقة إجابتك. وعندما تصل إلى الخطوة النهائية في الحل فعليك أن تقرّب الجواب إلى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية.

$$F = \sqrt{(24\ N)^2 + (36\ N)^2}$$
$$= \sqrt{576\ N^2 + 1296\ N^2}$$

لا تجر التقريب إلى $580N^2$ و $1300N^2$

$$\sqrt{1872\ N^2}$$

لا تجر التقريب إلى $1800N^2$

$$= 43\ N$$

النتيجة النهائية، هنا يجب أن نقرّب إلى رقمين معنويين

181

III. الكسور والنسب والمعدلات والتناسب Fractions, Ratios, Rates, and Proportions

الكسور Fractions

يقصد بالكسر جزء من الكل أو جزء من مجموعة. ويعبّر الكسر أيضًا عن النسبة.

ويتكوّن الكسر من البسط وخط القسمة والمقام.

$$\frac{\text{البسط}}{\text{المقام}} = \frac{\text{عدد الأجزاء المختارة}}{\text{عدد الأجزاء الكليّ}}$$

التبسيط من السهل أحيانًا تبسيط التعبير الرياضي قبل عملية تعويض قيم المتغيرات المعلومة، وغالبًا تُختصر المتغيرات من التعبير الرياضي.

مثال: بسّط $\frac{pn}{pw}$

افصل المتغير P في البسط والمقام، وجزِّئ الكسر إلى حاصل ضرب كسرين. $\left(\frac{pn}{pw}\right) = \left(\frac{p}{p}\right)\left(\frac{n}{w}\right)$

بالتعويض عن $\left(\frac{p}{p}\right) = 1$ $= (1)\left(\frac{n}{w}\right)$

$\frac{n}{w}$

عمليتا الضرب والقسمة لإجراء عملية ضرب الكسور اضرب القيم الممثلة للبسط، واضرب القيم الممثلة للمقام.

مثال: أوجد حاصل ضرب الكسر $\frac{s}{a}$ في الكسر $\frac{t}{b}$.

نفّذ عملية ضرب القيم في البسط والقيم في المقام $\left(\frac{s}{a}\right)\left(\frac{t}{b}\right) = \frac{st}{ab}$

ولإجراء عملية قسمة الكسور اضرب الكسر الأول في مقلوب الكسر الثاني. ولإيجاد مقلوب الكسر. اعكس الكسر بحيث يحل كل من البسط والمقام مكان الآخر.

مثال: أوجد عملية القسمة للكسر $\frac{s}{a}$ على الكسر $\frac{t}{b}$.

أوجد حاصل ضرب الكسر الأول في مقلوب الكسر الثاني. $\frac{s}{a} \div \frac{t}{b} = \left(\frac{s}{a}\right)\left(\frac{b}{t}\right)$

اضرب القيم في البسط والقيم في المقام. $= \frac{sb}{at}$

عمليتا الجمع والطرح لإجراء عملية جمع أو طرح كسرين اكتبهما أولاً في صورة كسرين لهما مقام مشترك، أي المقام نفسه. ولإيجاد المقام المشترك أوجد حاصل ضرب مقام كل من الكسرين، ثم اجمع بسطي كل منهما أو اطرحهما واستعمل بعد ذلك المقام المشترك.

مثال: أوجد حاصل جمع $\frac{1}{a}$ و $\frac{2}{b}$.

اضرب كلًّا كسر في كسر يساوي 1. $\frac{1}{a} + \frac{2}{b} = \left(\frac{1}{a}\right)\left(\frac{b}{b}\right) + \left(\frac{2}{b}\right)\left(\frac{a}{a}\right)$

اضرب كلًّا من قيم البسط وكلًّا من قيم المقام. $= \frac{b}{ab} + \frac{2a}{ab}$

اكتب كسرًا مفردًا مقامه المقام المشترك. $= \frac{b+2a}{ab}$

مسائل تدريبية

4. نفّذ العمليات التالية، ثم اكتب الإجابة في أبسط صورة.

a. $\frac{y}{3}+\frac{1}{x}$ c. $(\frac{1}{y})(\frac{3}{x})$

b. $\frac{3}{b}-\frac{a}{2b}$ d. $\frac{1}{2}\div\frac{2a}{5}$

النسب Ratios

تمثل النسب عملية مقارنة بين عددين باستعمال عملية القسمة. ويمكن كتابة النسب بعدة طرائق مختلفة، فالنسبة للعددين 2 ، 3 يمكن كتابتها بأربع طرائق مختلفة: 2 إلى 3 أو 2 على 3 أو 2:3 أو $\frac{2}{3}$

المعدّلات Rates ,

المعدل نسبة تقارن بين كميتين لهما وحدات قياس مختلفة. إن معدل الوحدة هو المعدل الذي يمكن تبسيطه بحيث يساوي المقام الرقم 1.

مثال: اكتب 98km في 2.0 ساعة كمعدل وحدة.

$98km$ في 2.0 ساعة عبارة عن النسبة $\frac{98km}{2.0h}$

جزّئ الكسر إلى حاصل ضرب الكسر العددي بكسر الوحدات

بسّط الكسر العددي

$$\frac{98km}{2.0h}=(\frac{98}{2.0})(\frac{km}{h})$$
$$=(49)(\frac{km}{h})$$
$$=49 \text{ km per h أو } \text{km/h}$$

التناسبات Proportions التناسب عبارة عن معادلة تنص على أن النسبتين متساويتان: $\frac{a}{d}=\frac{c}{b}$ ، بشرط أن b ،d لا تساويان صفر. تستعمل التناسبات لحل مسائل النسبة التي تتضمن ثلاثة أرقام ومتغيرًا واحدًا. ويمكنك حل علاقة التناسب لإيجاد قيمة المتغير. ولحل التناسب استعمل الضرب التبادلي.

مثال: حل التناسب $\frac{c}{d}=\frac{a}{b}$ بالنسبة للمتغير a.

بإجراء عملية الضرب التبادلي للتناسب $\frac{c}{d}=\frac{a}{b}$

اكتب المعادلة الناتجة من الضرب التبادلي $ad=bc$

حل المعادلة بالنسبة للمتغير a $a=\frac{bc}{d}$

مسائل تدريبية

5. حل التناسبات التالية:

a. $\frac{2}{3}=\frac{4}{x}$ c. $\frac{s}{16}=\frac{36}{12}$

b. $\frac{n}{75}=\frac{13}{15}$ d. $\frac{7.5}{w}=\frac{2.5}{5.0}$

183

4.

a. $\frac{3+xy}{3x}$

b. $\frac{a-6}{2b}$

c. $\frac{3}{xy}$

d. $\frac{4a}{5}$

5.

a. 6

b. 65

c. 48

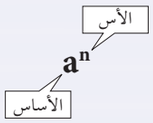
d. 15

IV. الأسس والقوى والجذور والقيمة المطلقة Exponents, Powers, Roots, and Absolute value

الأسس Exponents

الأس عبارة عن عدد يخبرك بعدد المرات التي استعمل فيها الأساس a كعامل، ويكتب الأس على صيغة رمز علوي. كما في الحد a^n، فيمثل الرمز a الأساس ويمثل الرمز n الأس.

ويسمى المقدار a^n القوة النونية للرقم a أو أن الرقم a مرفوع للقوة n.



ارتباط الرياضيات مع الفيزياء

إن الرمز السفلي لا يمثل الأس، وفي الفيزياء يمثل الرمز السفلي تعبيرًا آخر للمتغير.

فمثلا v_0 يمكن أن تستعمل لتعبر عن السرعة عند الزمن 0، ولذلك فإن الرمز السفلي يعتبر جزءًا من المتغير.

الأس الموجب لأي رقم غير صفري a ، ولأي عدد صحيح n ،

$$a^n = (a_1)(a_2)(a_3)\dots(a_n)$$

مثال: بسّط الحدود الأسية التالية:

$10^4 = (10)(10)(10)(10) = 10.000$

$2^3 = (2)(2)(2) = 8$

الأس الصفري لأي رقم a غير صفري،

$$a^0 = 1$$

مثال: بسّط الحدود الأسية الصفرية التالية:

$2^0 = 1$

$13^0 = 1$

الأس السالب لأي رقم a غير صفري، ولأي عدد صحيح n ،

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

مثال: اكتب الحدود الأسية السالبة الآتية في صورة كسور.

$2^{-2} = \frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$ $\qquad$ $2^{-1} = \frac{1}{2^1} = \frac{1}{2}$

الجذور التربيعية والجذور التكعيبية Square and Cube Roots

الجذر التربيعي للرقم يساوي أحد معامليه الاثنين المتساويين. ويعبّر الرمز الجذري $\sqrt{\ }$ ، عن الجذر التربيعي. ويمكن أن يُعبّر عن الجذر التربيعي بالأس $\frac{1}{2}$ كما في $\sqrt{b} = b^{\frac{1}{2}}$. ويمكنك استعمال الآلة الحاسبة لإيجاد قيمة الجذور التربيعية.

أمثلة: بسّط حدود الجذور التربيعية الآتية:

$\sqrt{a^2} = \sqrt{(a)\,(a)} = a$

$\sqrt{9} = \sqrt{(3)\,(3)} = 3$

$\sqrt{64} = \sqrt{(8.0)\,(8.0)} = 8.0$ تتضمن الإجابة صفرًا عن اليمين من الفاصلة العشرية وذلك للإبقاء على رقمين معنويين.

$\sqrt{38.44} = 6.200$ ضع صفرين عن اليمين من إجابة الآلة الحاسبة للإبقاء على أربعة أرقام معنوية.

$\sqrt{39} = 6.244997 = 6.2$ قرّب إجابة الآلة الحاسبة للإبقاء على رقمين معنويين.

إن الجذر التكعيبي للرقم يمثل أحد معاملاته الثلاثة المتساوية. ويعبر الرمز الجذري $\sqrt[3]{\ }$ أي استعمال الرقم 3، عن الجذر التكعيبي. كما يمكن تمثيل الجذر التكعيبي أيضًا في صورة أس $\frac{1}{3}$ كما في $\sqrt[3]{b} = b^{\frac{1}{3}}$.

مثال: بسّط حدود الجذر التكعيبي التالية:

$\sqrt[3]{125} = \sqrt[3]{(5.00)(5.00)(5.00)} = 5.00$

$\sqrt[3]{39.304} = 3.4000$

مسائل تدريبية

6. أوجد ناتج كل جذر، ومن ثم قرّب الإجابة إلى أقرب مئة.

a. $\sqrt{22}$ c. $\sqrt{676}$

b. $\sqrt[3]{729}$ d. $\sqrt[3]{46.656}$

7. بسّط الجذور التالية من دون استعمال الرمز الجذري:

a. $\sqrt{16a^2b^4}$ b. $\sqrt{9t^6}$

8. اكتب الجذور الآتية على الصورة الأسية:

a. $\sqrt{n^3}$ b. $\frac{1}{\sqrt{a}}$

6. **a.** 4.7

b. 9.00

c. 26.0

d. 3.6000

7. **a.** $4ab^2$

b. $3t^3$

8. **a.** $n^{\frac{3}{2}}$

b. $\frac{1}{a^{\frac{1}{2}}} = a^{-\frac{1}{2}}$

إجراء العمليات باستخدام الأسس Operations With Exponents

لإجراء العمليات التالية باستخدام الأسس فإن كلًّا من a ، b يمكن أن يكونا أرقامًا أو متغيرات.

ضرب القوى: لإجراء عملية ضرب حدود لها الأساس نفسه اجمع الأسس، كما هو موضح في الصيغة التالية:

$(a^m)(a^n) = a^{m+n}$

قسمة القوى: لإجراء عملية قسمة حدود لها الأساس نفسه اطرح الأسس، كما هو موضح في الصيغة التالية:

$a^m / a^n = a^{m-n}$

القوة مرفوعة لقوة: لإيجاد ناتج قوة مرفوعة لقوة استخدم الأساس نفسه وقسّم أس القوة على أس الجذر، كما هو موضح في الصيغة التالية: $\sqrt[n]{a^m} = a^{m/n}$

القوة لحاصل الضرب: لإيجاد ناتج القوة لحاصل الضرب a و b ، ارفع كليهما للقوة نفسها، ثم أوجد حاصل ضربهما معًا، كما في $(ab)^n = a^n b^n$

مسائل تدريبية

9. اكتب الصيغة المكافئة مستعملًا خصائص الأسس.

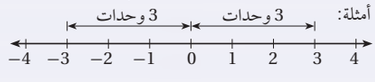
a. $x^2 t / x^3$ b. $\sqrt{t^3}$ c. $(d^2n)^2$ d. $x^2\sqrt{x}$

10. بسّط $\frac{m}{q}\sqrt{\frac{2qv}{m}}$

القيمة المطلقة Absolute Value

إن القيمة المطلقة للرقم n عبارة عن قيمته بغض النظر عن إشارته. وتكتب القيمة المطلقة للرقم n على صورة $|n|$، ولأن المقادير لا تكون أقل من الصفر فإن القيم المطلقة دائمًا أكبر من صفر أو تساوي صفرًا.

أمثلة:

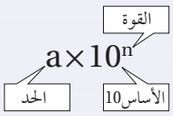


$|3| = 3$

$|-3| = 3$

V. الدلالة العلمية Scientific Notation

إن الرقم على الصيغة $a\times10^n$ مكتوب بدلالته العلمية، حيث $1 \le a \le 10$، والرقم n عدد صحيح. الأساس 10 مرفوع للقوة n والحد a يجب أن يكون أقل من 10.



9. a. $x^{-1}t$

b. $t^{\frac{3}{2}}$

c. d^4n^2

d. $x^{\frac{5}{2}}$

10. $\sqrt{\frac{2vm}{9}} = (2vm)^{\frac{1}{2}} 9^{\frac{-1}{2}}$

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء

يستعمل الفيزيائيون الدلالة العلمية مع القياسات التي تزيد على 10 أو الأقل من 1 للتعبير عنها، والمقارنة بينها، وحسابها. فمثلاً تكتب كتلة البروتون على صورة 6.73×10^{-28} kg، وتكتب كثافة الماء على الصورة 1.000×10^{3} kg/m^3 وهذا يوضح استعمال قواعد الأرقام المعنوية، حيث يساوي هذا القياس 1000 تمامًا، وذلك لأربعة أرقام معنوية. ولذلك فعند كتابة كثافة الماء على الصورة 1000 kg/m^3 سوف يشير ذلك إلى أن الرقم يتضمن رقمًا معنويًّا واحدًا، وهذا غير صحيح؛ فقد ساعدت الدلالة العلمية الفيزيائيين على الحفاظ على المسار الدقيق للأرقام المعنوية.

الأرقام الكبيرة، واستعمال الأسس الموجبة Large Numbers – Using Positive Exponents

إن عملية الضرب للقوة 10 تشبه تمامًا عملية تحريك النقطة العشرية لنفس عدد المنازل إلى يسار العدد (إذا كانت القوة سالبة) أو إلى اليمين (إذا كان القوة موجبة).

وللتعبير عن الرقم الكبير في الدلالة العلمية حدد أولاً قيمة الحد a ، $1 \leq a < 10$، ثم عد المنازل العشرية من النقطة العشرية في الحد a لغاية النقطة العشرية في العدد. ثم استعمل العدد كقوة للرقم 10. وتبين الآلة الحاسبة الدلالة العلمية باستعمال e للأسس كما في $2.4 \times 10^{11} = 2.4\ e{+}11$ وبعض الآلات الحاسبة تستخدم E لتبيان الأس أو يوجد غالبًا على الشاشة موضع مخصص، حيث تظهر أرقام ذات أحجام صغيرة نسبيًّا لتمثل الأسس في الآلة الحاسبة.

مثال: اكتب 7,530,000 لدلالته العلمية.

إن قيمة a هي 7.53 (النقطة العشرية عن يمين أول رقم غير صفري)، لذلك سيكون الشكل في صورة 7.53×10^{n}.

هناك ستة منازل عشرية، لذلك فإن القوة هي 6 $7{,}530{,}000 = 7.53 \times 10^{6}$

لكتابة الصورة القياسية للرقم المعبَّر عنه بدلالته العلمية اكتب قيمة a، وضع أصفارًا إضافية عن يمين الرقم. استعمل القوة وحرّك النقطة العشرية للرقم a عدة منازل إلى اليمين.

مثال: اكتب الرقم التالي في صورته القياسية

$2.389 \times 10^{5} = 2.38900 \times 10^{5} = 238{,}900$

الأرقام الصغيرة: استخدام الأسس السالبة Small Numbers–Using Negative Exponents

للتعبير عن الأرقام الصغيرة بدلالتها العلمية حدد أولاً قيمة a، $1 \le a < 10$، ثم احسب عدد المنازل العشرية مبتدئًا من النقطة العشرية للرقم a حتى النقطة العشرية في الرقم.

استعمل ذلك العدد قوةً للأساس 10 . إن عملية ضرب الرقم في قوة سالبة مماثل تمامًا لعملية القسمة على ذلك الرقم مع القوة الموجبة المرافقة.

مثال: اكتب 0.000000285 بدلالته العلمية

إن قيمة a هي 2.85 (النقطة العشرية تقع عن يمين الرقم الأول غير الصفري) لذلك فإن الشكل سيكون في صورة 2.85×10^{n}.

توجد سبعة منازل عشرية، لذلك فإن القوة هي 7 – $0.000000285 = 2.85\times10^{-7}$

وللتعبير عن الأرقام الصغيرة بصورتها القياسية، اكتب قيمة الرقم a، وقم بإضافة أصفار إضافية عن يسار الرقم a. استعمل القوة وحرّك النقطة العشرية في a عدة منازل إلى اليسار.

مثال: $1.6 \times 10^{-4} = 00001.6 \times 10^{-4} = 0.00016$

مسائل تدريبية

11. عبّر عن كل رقم بدلالته العلمية:

a. 456,000,000 b. 0.000020

12. عبّر عن كل رقم بصورته القياسية.

a. 3.03×10^{-7} b. 9.7×10^{10}

إجراء العمليات الرياضية بدلالتها العلمية Operations with Scientific Notation

لإجراء العمليات الرياضية للأرقام المعبّر عنها بدلالتها العلمية نستخدم خصائص الأسس.

عملية الضرب أوجد حاصل عملية ضرب الحدود، ثم اجمع القوى للأساس 10.

جمّع الحدود والأرقام ذات الأساس 10 $(4.0\times10^{-8})\,(1.2\times10^{5}) = (4.0\times1.2)\,(10^{-8}\times10^{5})$

أوجد حاصل ضرب الحدود $= (4.8)\,(10^{-8+5})$

اجمع القوى للأساس 10 $= (4.8)\,(10^{-3})$

أعد صياغة النتيجة بدلالتها العلمية $= 4.8\times10^{-3}$

عملية القسمة قم بإجراء عملية قسمة الأرقام الممثلة للقواعد، ثم اطرح أسس الأساس 10.

مثال: بسّط

جمّع الحدود والأرقام ذات الأساس 10 $\frac{9.60\times10^{7}}{1.60\times10^{3}} = \left(\frac{9.60}{1.60}\right)\times\left(\frac{10^{7}}{10^{3}}\right)$

قسّم الحدود واطرح القوس للأساس 10 $= 6.00 \times 10^{7-3}$

$= 6.00 \times 10^{4}$

11. a. 4.56×10^{8}

b. 2.0×10^{-5}

21. a. 0.000000303

b. 97,000,000,000

31. **a.** 2.1×10^4

b. 8.2×10^4

دليل الرياضيات

عمليتا الجمع والطرح إن إجراء عملية الجمع وعملية الطرح للأرقام بدلالتها العلمية هي عملية تحدٍّ أكبر؛ لأن قوى الأساس 10 يجب أن تكون متماثلة لكي تستطيع جمع أو طرح الأرقام. وهذا يعني أن أحد تلك الأرقام يمكن أن يحتاج إلى إعادة كتابته بدلالة قوة مختلفة للأساس 10 بينما إذا كانت القوى للأساس 10 متساوية فاستعمل الخاصية التوزيعية للأعداد.

مثال: بسّط

جمّع الحدود $(3.2\times10^5) + (4.8\times10^5) = (3.2+4.8)\times10^5$

اجمع الحدود $= 8.0\times10^5$

مثال: بسّط

أعد كتابة 4.8×10^4 على صورة 0.48×10^5 $(3.2\times10^5) + (4.8\times10^4) = (3.2\times10^5) + (0.48\times10^5)$

جمّع الحدود $= (3.2+0.48)\times10^5$

اجمع الحدود $= 3.68\times10^5$

قرّب النتيجة مستعملًا قاعدة الجمع / الطرح للأرقام المعنوية. $= 3.7\times10^5$

مسائل تدريبية

13. احسب نتيجة كل من التعابير التالية، عبّر عن النتيجة بدلالتها العلمية.

a. $(4.0\times10^8)\ (5.2\times10^{-4})$ b. $(8.0\times10^4) + (2.4\times10^3)$

المعادلات Equations

ترتيب العمليات Order of Operations

اتفق العلماء والرياضيون على مجموعة من الخطوات أو القواعد، وتسمى ترتيب العمليات، لذلك يفسّر كل شخص الرموز الرياضية بالطريقة نفسها.

اتّبع هذه الخطوات بالترتيب عندما تريد تقدير نتيجة تعبير رياضي أو عند استخدام صيغة رياضية معينة.

1. بسّط التعابير الرياضية داخل الرموز التجميعية، مثل القوسين ( )، والقوسين المعقوفين [ ]، والأقواس المزدوجة { }، وأعمدة الكسر.
2. قدّر قيمة جميع القوى والجذور.
3. نفّذ جميع عمليات الضرب و / أو جميع عمليات القسمة من اليسار إلى اليمين.
4. نفّذ جميع عمليات الجمع و / أو جميع عمليات الطرح من اليسار إلى اليمين.

مثال: بسّط التعبير التالي:

الخطوة 1 ترتيب العمليات $4+3\ (4-1)-2^3 = 4+3\ (3)-2^3$

الخطوة 2 ترتيب العمليات $=4+3\ (3)-8$

الخطوة 3 ترتيب العمليات $=4+9-8$

الخطوة 4 ترتيب العمليات $= 5$

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء يوضح المثال السابق تنفيذ عملية ترتيب العمليات خطوة بخطوة. فعند حل المسائل الفيزيائية لا تجري عملية التقريب للرقم الصحيح للأرقام المعنوية إلا بعد حساب النتيجة النهائية. في حالة الحسابات التي تتضمن تعابير رياضية في البسط وتعابير رياضية في المقام عليك معاملة كل من البسط والمقام بوصفهما مجموعتين منفصلتين، ثم جد نتيجة كل مجموعة قبل أن تجري عملية قسمة البسط على المقام، لذلك فإن قاعدة الضرب / القسمة تستخدم لحساب الرقم النهائي للأرقام المعنوية.

حل المعادلات Solving Equations

إن حل المعادلة يعني إيجاد قيمة المتغير الذي يجعل المعادلة تعبيرًا رياضيًّا صحيحًا. وعند حل المعادلات طبّق خاصية التوزيع وخصائص التكافؤ، وإذا طبقت أيًّا من خصائص المتكافئات في أحد طرفي المعادلة وجب أن تطبق الخصائص نفسها في الطرف الآخر.

الخاصية التوزيعية لأي من الأعداد a ، b ، c يكون:

$a(b+c) = ab+ac$ $\qquad$ $a(b-c) = ab-ac$

مثال: استعمل الخاصية التوزيعية لتفكيك التعابير الآتية:

$$3(x+2) = 3x + (3)(2)$$
$$= 3x + 6$$

خصائص الجمع والطرح للمتكافئات إذا تساوت كميتان وأضيف العدد نفسه أو طرح العدد نفسه من كليهما، فإن الكميات الناتجة متساوية أيضًا.

مثال: حل المعادلة $x-3=7$ مستعملًا خاصية الجمع

$$x-3 = 7$$
$$x-3+3 = 7+3$$
$$x=10$$

مثال: حل المعادلة $t+2 = -5$ مستعملًا خاصية الطرح

$$t+2 = -5$$
$$t+2-2 = -5-2$$
$$t = -7$$

خصائص الضرب والقسمة للمتكافئات إذا ضربت أو قسمت كميتين متساويتين في/ على العدد نفسه، فستكون الكميات الناتجة متساوية أيضًا.

$$ac = bc$$
$$\frac{a}{c} = \frac{b}{c}, \text{ for } c \neq 0$$

مثال: حل المعادلة $\frac{1}{4}a = 3$ مستعملًا خاصية الضرب

$$\frac{1}{4}a = 3$$
$$\left(\frac{1}{4}a\right)(4) = 3(4)$$
$$a = 12$$

دليل الرياضيات

مثال: حل المعادلة $6n = 18$ مستخدمًا خاصية القسمة

$$6n = 8$$
$$\frac{18}{6} = \frac{6n}{6}$$
$$n = 3$$

مثال: حل المعادلة $2t + 8 = 5t - 4$ بالنسبة للمتغير t

$$2t + 8 = 5t - 4$$
$$8 + 4 = 5t - 2t$$
$$12 = 3t$$
$$4 = t$$

فصل المتغير Isolating a Variable

افترض معادلة تتضمن أكثر من متغير، لفصل المتغير– وذلك لحل المعادلة بالنسبة لذلك المتغير– اكتب المعادلة المكافئة بحيث يتضمن كل طرف متغير ذا معامل 1.

الرياضيات في الفيزياء افصل المتغير P (الضغط) في معادلة قانون الغاز المثالي.

$$PV = nRT$$

قسّم طرفي المعادلة على v
$$\frac{PV}{V} = \frac{nRT}{V}$$

جمّع $(\frac{V}{V})$
$$P(\frac{V}{V}) = \frac{nRT}{V}$$

بالتعويض عن $\frac{V}{V} = 1$
$$P = \frac{nRT}{V}$$

مسائل تدريبية

14. حل المعادلات الآتية بالنسبة للمتغير x.

a. $2 + 3x = 17$
b. $x - 4 = 2 - 3x$
c. $t - 1 = \frac{x+4}{3}$
d. $a = \frac{b+x}{c}$
e. $6 = \frac{2x+3}{x}$
f. $ax + bx + c = d$

خاصية الجذر التربيعي

إذا كان كل من a ، n أعدادًا حقيقية، $n > 0$ و $a^2 = n$ ، فإن $a = \pm \sqrt{n}$.

41. a. 5

b. $\frac{3}{2}$

c. $3t-7$

d. $ac-b$

e. $\frac{3}{4}$

f. $\frac{d-c}{a+d}$

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء حل المعادلة بالنسبة للمتغير v في القانون الثاني لنيوتن لقمر يدور حول الأرض.

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{Gm_E m}{r^2}$$

اضرب طرفي المعادلة كليهما في المتغير r

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{rGm_E m}{r^2}$$

بالتعويض عن $\frac{r}{r} = 1$

$$mv^2 = \frac{Gm_E m}{r}$$

قسّم طرفي المعادلة كليهما على m .

$$\frac{mv^2}{m} = \frac{Gm_E m}{rm}$$

بالتعويض عن $\frac{m}{m} = 1$

$$v^2 = \frac{Gm_E}{r}$$

ضع الجذر التربيعي على طرفي المعادلة

$$\sqrt{v^2} = \pm\sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$

استعمل القيمة الموجبة للسرعة.

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$

عندما تستعمل خاصية الجذر التربيعي من المهم الانتباه لأي متغير ستقوم عليه حل المعادلة بالنسبة له. لأننا قمنا بحل المعادلة السابقة بالنسبة للسرعة v، لذلك لم يكن من المنطق أن نستعمل القيمة السالبة للجذر التربيعي، وأنت بحاجة أيضًا للأخذ بعين الاعتبار ما إذا كانت القيمة السالبة أو الموجبة ستعطيك الحل الصحيح، فمثلاً عندما تستعمل خاصية الجذر التربيعي لحل المعادلة بالنسبة للمتغير t فإن القيمة السالبة تشير إلى الفترة الزمنية قبل بدء الحالة التي تدرسها.

المعادلات التربيعية Quadratic Equations

التعبير العام للمعادلة التربيعية $ax^2 + bx + c = 0$ ، حيث $a \neq 0$، وتتضمن المعادلة التربيعية متغيرًا واحدًا مرفوعًا للقوة (الأس) 2 بالإضافة إلى المتغير نفسه مرفوعًا للأس 1 . كما يمكن تقدير حلول المعادلة التربيعية بوساطة التمثيل البياني باستعمال الآلة الحاسبة الرسامة بيانيًّا.

إذا كانت $b = 0$ فإن الحد a غير موجود في المعادلة التربيعية. يمكن حل المعادلة بفصل المتغير المربع، ثم إيجاد الجذر التربيعي لكل من طرفي المعادلة باستخدام خاصية الجذر التربيعي.

الصيغة التربيعية Quadratic Formula

إن حلول أي معادلة تربيعية يمكن إيجادها باستعمال الصيغة التربيعية، لذلك فإن حلول المعادلة $ax^2 + bx + c = 0$، حيث $a \neq 0$، تعطى من خلال المعادلة التالية:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

وكما في حالة خاصية الجذر التربيعي من المهم الأخذ بعين الاعتبار ما إذا كانت حلول الصيغة التربيعية تعطيك الحل الصحيح للمسألة التي بصدد حلّها. عادة من الممكن إهمال أحد الحلول لكونه حلاً غير حقيقي. تتطلب حركة المقذوف غالبًا استعمال الصيغة التربيعية عند حل المعادلة، لذلك حافظ على واقعية الحل في ذهنك عند حل المعادلة.

51. a. ± 3

b. ± 2.65

c. -4 أو 6

d. -0.3 أو 0.9

دليل الرياضيات

مسائل تدريبية

15. حل المعادلات الآتية بالنسبة للمتغير x.

a. $4x^2 - 19 = 17$

b. $12 - 3x^2 = -9$

c. $x^2 - 2x - 24 = 0$

d. $24x^2 - 14x - 6 = 0$

حسابات الوحدات Dimensional Calculations

عند إجراء الحسابات عليك أن ترفق وحدة كل قياس مكتوبة في الحسابات، وجميع العمليات التي تتم في صورة أعداد تُجرى أيضًا مرفقة بوحداتها.

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء

إن معادلة تسارع الجاذبية الأرضية a يعطى من خلال المعادلة $a = \frac{2\Delta x}{\Delta t^2}$.

يسقط جسم سقوطًا حرًّا على القمر مسافة 5.02 m خلال 5.00s . أوجد التسارع a على سطح القمر.

يقاس التسارع بوحدة m/s^2.

$$a = \frac{2\Delta x}{\Delta t^2}$$

العدد 2 عدد دقيق، لذلك لن يؤثر في حساب الأرقام المعنوية

$$a = \frac{2(20.5\text{m})}{(5.00\text{s})^2}$$

احسب وقرّب حتى ثلاثة أرقام معنوية

$$a = \frac{1.64\text{m}}{s^2} \text{ أو } .64\ \text{m/s}^2$$

تحويل الوحدة استعمل معامل التحويل للتحويل من وحدة قياس إلى وحدة قياس أخرى من النوع نفسه، من وحدة الدقائق مثلاً إلى وحدة الثواني، وهذا يكافئ عملية الضرب في العدد 1 .

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء جد Δx عندما $v_0 = 67\ \text{m/s}$ و $\Delta t = 5.0\ \text{min}$. استخدم المعادلة $\Delta x = v_0 \Delta t$

$$\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}} = 1$$

$$\Delta x = v_0 \Delta t$$

اضرب في معامل التحويل $\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$

$$\Delta x = \frac{67\text{m}}{\text{s}} \left(\frac{5.0\text{min}}{1}\right)\left(\frac{60\text{s}}{1\ \text{min}}\right)$$

احسب ثم قرّب إلى رقمين معنويين، والعددان 60 s و 1 min متساويان، لذلك لن يؤثرا في حساب الأرقام المعنوية.

$$\Delta x = 20100\ \text{m} = 2.0 \times 10^4\ \text{m}$$

مسائل تدريبية

16. بسّط المعادلة $\Delta t = \frac{4.0 \times 10^2 \text{ m}}{16 \text{ m/s}}$

17. احسب سرعة قطعة قرميد ساقطة بعد مضي زمن 5.0 s ، استعمل

$a = -9.80 \text{ m/s}^2$ و $v = a \Delta t$.

18. أوجد حاصل ضرب الحدود: $\left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}\right)\left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{h}}\right)\left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right)\left(\frac{32 \text{ cm}}{1 \text{s}}\right)$

19. في سجلّ الألعاب الأولمبية تم تسجيل المسافة 100.00 m خلال 9.87 s. ما السرعة بوحدة الكيلومترات لكل ساعة؟

تحليل الوحدات Dimensional Analysis

يعتبر تحليل الوحدات طريقة لتنفيذ العمليات الجبرية باستعمال الوحدات، وغالبًا ما يستعمل لاختبار صحة وحدات النتيجة النهائية وصحة المعادلة المستعملة، من دون إعادة تنفيذ الحسابات بصورة كاملة.

مثال فيزيائي تحقق من أن الإجابة النهائية للمعادلة $d_f = d_i + v_i t + \frac{1}{2} at^2$ وحدتها m

d_i تقاس بوحدة m

t تقاس بوحدة s

v_i تقاس بوحدة m/s

a تقاس بوحدة m/s^2

بالتعويض عن وحدات كل متغير $d_f = \text{m} + (\frac{\text{m}}{\text{s}})(\text{s}) + \frac{1}{2}(\frac{\text{m}}{\text{s}^2})(\text{s})^2$

بسّط الكسور مستعملًا الخاصية التوزيعية $= \text{m} + (\text{m})(\frac{\text{s}}{\text{s}}) + \frac{1}{2}(\text{m})(\frac{\text{s}^2}{\text{s}^2})$

بالتعويض عن $\text{s/s} = 1, \text{s}^2/\text{s}^2 = 1$ $= \text{m} + (\text{m})(1) + \frac{1}{2}(\text{m})(1)$

بسّط جميع الحدود للحد m لذلك فإن d_f بوحدة m $= \text{m} + \text{m} + \frac{1}{2}\text{m}$

لا يطبّق المعامل $\frac{1}{2}$ في المعادلة أعلاه بالنسبة للوحدات، ويطبّق فقط لأي من القيم العددية التي يتم تعويضها بدلاً من المتغيرات لحل المعادلة. ومن السهل إزالة المعاملات الرقمية مثل الرقم $\frac{1}{2}$ عندما تبدأ بإجراء تحليل الوحدات.

61. 25s

71. −49 m/s

81. 22 mph

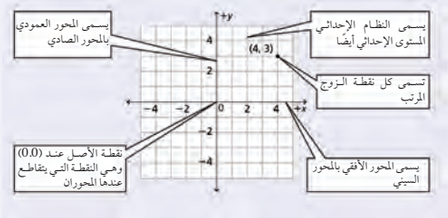
91. 36.5 km/h

VII. التمثيل البياني للعلاقات Graphs of Relations

المستوى الإحداثي (الديكارتي) The Coordinate Plane

تعين النقاط بالنسبة إلى خطين مدرجين متعامدين يطلق على كل منهما اسم المحور، و يسمى خط الأعداد الأفقي المحور السيني (x). أما خط الأعداد العمودي فيسمى المحور الصادي (y). ويمثل المحور السيني عادة المتغير المستقل، فيما يمثل المحور العمودي المتغير التابع، بحيث تُمثّل النقطة بإحداثيين (x،y) يسميان أيضًا الزوج المرتب.

تَرد دائماً قيمة المتغير التابع (x) أولًا في الزوج المرتب الذي يمثل (0,0) نقطة الأصل، وهي النقطة التي يتقاطع عندها المحوران.



استعمال التمثيل البياني لتحديد العلاقة الرياضية Grahping Data to Determine Relationships

استعمل الخطوات الآتية لعمل رسوم بيانية:

1. ارسم محورين متعامدين.
2. حدّد المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة، وعيّن محور كل منهما مستعملًا أسماء المتغيرات.
3. عيّن مدى البيانات لكل متغير، لتحديد المقياس المناسب لكل محور، ثم حدّد ورقّم المقاييس.
4. عيّن كل نقطة بيانيًا.
5. عندما تبدو لك البيانات واقعة على خط مستقيم واحد ارسم الخط الأكثر ملاءمة خلال مجموعة النقاط. وعندما لا تقع النقاط على خط واحد ارسم منحنى بيانيًا بسيطًا، بحيث يمر بأكبر عدد ممكن من النقاط. وعندما لا يبدو هناك أي ميل لاتجاه معين فلا ترسم خطًا أو منحنًى.
6. اكتب عنوانًا يصف بوضوح ماذا يمثل الرسم البياني.

نوع الخدمة	دينار	دولار
الفندق (الإقامة)	150	398
الوجبات	85	225
الترفيه	67	178
المواصلات	22	58

الاستيفاء والاستقراء Interpolating and Extrapolating

تستعمل طريقة الاستيفاء في تقدير قيمة تقع بين قيمتين معلومتين على الخط الممثل لعلاقة ما، في حين أن عملية تقدير قيمة تقع خارج مدى القيم المعلومة تسمى الاستقراء. إن معادلة الخط الممثل لعلاقة ما تساعدك في عمليتي الاستيفاء والاستقراء.

مثال: مستعينًا بالرسم البياني استعمل طريقة الاستيفاء لتقدير القيمة (السّعْر) المقابلة لـ 50 دينارًا.

حدد نقطتين على كل من جانبي القيمة 50 (40 دينارًا، 60 دينارًا)، ثم ارسم خطًّا مستمرًّا يصل بينهما.

ارسم الآن خطًّا متقطعًا عموديًّا من النقطة (50 دينارًا) على المحور الأفقي حتى يتقاطع مع الخط المرسوم، ثم ارسم من نقطة التقاطع خطًّا متقطعًا أفقيًّا يصل إلى المحور الرأسي. سوف تجد أنه يتقاطع معه عند القيمة 131 أو 132 دولارًا.

مثال2: استعمل الاستقراء لتحديد القيمة المقابلة لـ 1100 دينار.

ارسم خطًّا متقطعًا من النقطة (1100 دينار) على المحور الأفقي حتى يتقاطع مع الخط المستمر الذي رسمته في المثال (1)، ثم ارسم من نقطة التقاطع خطًّا متقطعًا أفقيًّا. ستجد أنه يتقاطع مع المحور الرأسي عند النقطة 290 دولارًا.

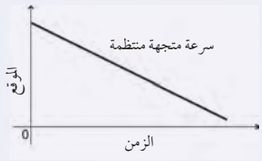
تفسير الرسم البياني الخطي Interpreting Line Graphs

يوضح الرسم البياني الخطي العلاقة الخطية بين متغيرين، وهناك نوعان من الرسوم البيانية الخطية التي تصف الحركة. تستخدم عادة في الفيزياء.

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء

أ – يوضح الرسم البياني علاقة خطية متغيرة بين (الموقع – الزمن).

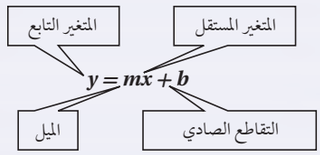
ب – يوضح الخط البياني علاقة خطية ثابتة بين متغيرين (الموقع – الزمن)



المعادلة الخطية Linear Equation

يمكن كتابة المعادلة الخطية بالشكل: $y = mx + b$.

حيث m ، b أعداد حقيقية، و(m) يمثل ميل الخط، و(b) يمثل التقاطع الصادي؛ وهي نقطة تقاطع الخط البياني مع المحور الصادي.



تمثل المعادلة الخطية بخط مستقيم، ولتمثيلها بيانيًّا قم باختيار ثلاث قيم للمتغير المستقل (يلزم نقطتان فقط، والنقطة الثالثة تستخدم لإجراء اختبار). احسب القيم المقابلة للمتغير التابع، ثم عيّن زوجين مرتبين $(x ، y)$، وارسم أفضل خط يمر بجميع النقاط.

مثال: مثّل بيانيًّا المعادلة

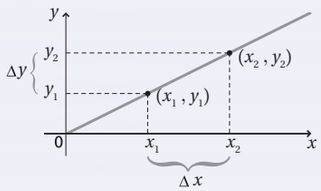
$y=-(\frac{1}{2})x+3$

احسب ثلاثة أزواج مرتبة للحصول على نقاط لتعيينها.

الأزواج المرتبة	
x	y
0	3
2	2
6	0

الميل Slope

ميل الخط هو النسبة بين التغير في الإحداثيات الصادية، والتغير في الإحداثيات السينية، أو النسبة بين التغير العمودي (المقابل) والتغير الأفقي (المجاور). وهذا الرقم يخبرك بكيفية انحدار الخط البياني، ويمكن أن يكون رقمًا موجبًا أو سالبًا. ولإيجاد ميل الخط قم باختيار نقطتين $(x_1 ، y_1)$ ، $(x_2 ، y_2)$، ثم احسب الاختلاف (الفرق) بين الإحداثيين السينيين $\Delta x = x_2 - x_1$، والاختلاف (الفرق) بين الإحداثيين الصادين $\Delta y = (y_2 - y_1)$، ثم جد النسبة بين Δy و Δx .



$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

التغير الطردي Direct variation

إذا احتوت المعادلة على ثابتٍ غير صفري m، بحيث كانت $y = mx$، فإن y تتغير طرديًّا بتغير x؛ وهذا يعني أنه عندما يزداد المتغير المستقل x فإن المتغير التابع y يزداد أيضًا، ويقال عندئذٍ إن المتغيرين x و y يتناسبان تناسبًا طرديًّا. وهذه معادلة خطية على الصورة $y = mx + b$ حيث قيمة b صفر، ويمر الخط البياني من خلال نقطة الأصل $(0,0)$.

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء في معادلة قوة الاسترداد للنابض المثالي $\boldsymbol{F} = -k\boldsymbol{x}$ ، حيث $\boldsymbol{F}$ قوة استرداد النابض، k ثابت النابض و x استطالة النابض، تتغير قوة استرداد النابض طرديًّا مع تغير استطالته؛ ولذلك تزداد قوة استرداد النابض عندما تزداد استطالة النابض.

التغير العكسي Inverse Variation

إذا احتوت المعادلة على ثابت غير صفري m، بحيث كانت $y=m/x$ ، فإن y تتغير عكسيًّا بتغير x ؛ وهذا يعني أنه عندما يزداد المتغير المستقل x فإن المتغير التابع y يتناقص، ويقال عندئذ إن المتغيرين x و y يتناسبان تناسبًا عكسيًّا. وهذه ليست معادلة خطية؛ لأنها تشتمل على حاصل ضرب متغيرين، والتمثيل البياني لعلاقة التناسب العكسي عبارة عن قطع زائد. ويمكن كتابة هذه العلاقة على الشكل:

$$xy = m$$
$$y = m\,\frac{1}{x}$$
$$y = \frac{m}{x}$$

مثال: مثِّل المعادلة $xy = 90$ بيانيًّا

الأزواج المرتبة	
x	**y**
-10	-9
-6	-15
-3	-30
-2	-45
2	45
3	30
6	15
10	9

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء في معادلة سرعة الموجة $\lambda = \frac{v}{f}$ ، حيث λ الطول الموجي، f التردد، و v سرعة الموجة، نجد أن الطول الموجي يتناسب عكسيًّا مع التردد؛ وهذا يعني أنه كلما يزداد تردد الموجة فإن الطول الموجي يتناقص، أما v فتبقى قيمتها ثابتة.

التمثيل البياني للمعادلة التربيعية Quadratic Graph

الصيغة العامة للعلاقة التربيعية هي:

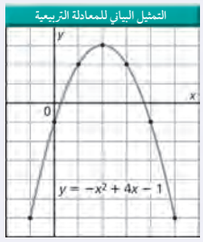
$$y = ax^2 + bx + c$$

حيث $a \neq 0$

التمثيل البياني للعلاقة التربيعية يكون على صورة قطع مكافئ، ويعتمد اتجاه فتحة هذا القطع على معامل مربع المتغير المستقل (a)، إذا كان موجبًا أو سالبًا.

مثال: مثّل بيانيًّا المعادلة $y = -x^2 + 4x - 1$

التمثيل البياني للمعادلة التربيعية

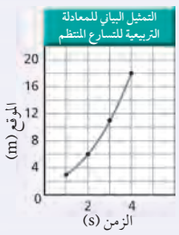


الأزواج المرتبة	
x	y
−1	−6
0	−1
1	2
2	3
3	2
4	−1
5	−6

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء عندما يكون منحنى (الموقع – الزمن) على شكل المنحنى البياني للمعادلة التربيعية فهذا يعني أنه يمثل جسمًا يتحرك بتسارع منتظم.

الأزواج المرتبة	
الزمن (s)	الموقع (m)
1	3
2	6
3	11
4	18

التمثيل البياني للمعادلة التربيعية للتسارع المنتظم



VIII. علم الهندسة والمثلثات (Geometry and Trigonometry)

المحيط (Perimeter)، والمساحة (Area)، والحجم (Volume)

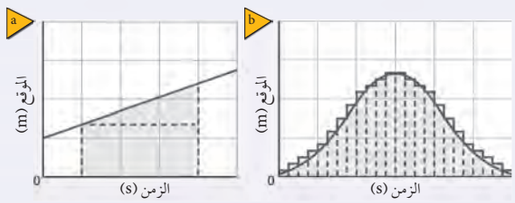
	المحيط وحدات خطية	المساحة وحدات مربعة	مساحة السطح وحدات مربعة	الحجم وحدات مكعبة
المربع الضلع a	$P=4a$	$A=a^2$		
المستطيل الطول l العرض w	$P=2l+2w$	$A=lw$		
المثلث القاعدة b الارتفاع h		$A=(\frac{1}{2})bh$		
المكعب الضلع a			$SA=6a^2$	$V=a^3$
الدائرة نصف القطر r	$C=2\pi r$	$A=\pi r^2$		
الأسطوانة نصف القطر r الارتفاع h			$SA=2\pi rh+2\pi r^2$	$V=\pi r^2h$
الكرة نصف القطر r			$SA=4\pi r^2$	$V=(\frac{4}{3})\pi r^3$

دليل الرياضيات

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء ابحث في مسائل الفيزياء التي درستها عن أشكال هندسية، يمكن أن تكون ثلاثية الأبعاد أو ذات بعدين. ويمكن أن تمثل الأشكال ذات البعدين السرعة المتجهة أو متجهات الموقع.

المساحة تحت المنحنى البياني Area Under a Graph

لحساب المساحة التقريبية الواقعة تحت المنحنى البياني، قسم المساحة إلى عدة أجزاء أصغر، ثم أوجد مساحة كل جزء مستعملًا الصيغ الرياضية في الجدول السابق، لإيجاد المساحة التقريبية الواقعة تحت الخط البياني، قسم المساحة إلى: مستطيل ومثلث، كما هو موضح في الشكل a. ولإيجاد المساحة تحت المنحنى ارسم عدة مستطيلات من المحور السيني كما في الشكل b. إن رسم مستطيلات أكثر ذات قاعدة أصغر تمنحنا دقة أكثر في حساب المساحة المطلوبة.

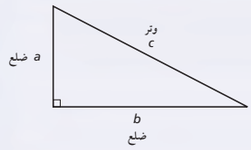


المساحة الإجمالية تساوي
المساحة 1 + المساحة 2 + المساحة 3 + ...

المساحة الإجمالية تساوي
مساحة المستطيل + مساحة المثلث

202

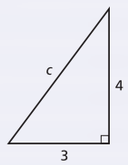
المثلثات القائمة Right Triangles



تنص نظرية فيثاغورس على أنه إذا كان كل من a، b يمثلان قياس ضلعي المثلث القائم الزاوية وكانت c تمثل قياس الوتر فإن $c^2 = a^2 + b^2$ ولحساب طول الوتر استعمل خاصية الجذر التربيعي. ولأن المسافة موجبة فإن القيمة السالبة للمساحة ليس لها معنى.

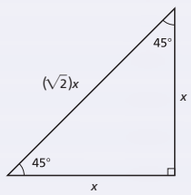
$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

مثال: احسب طول الوتر C في المثلث حيث $a = 4\ cm$ و $b = 3\ cm$

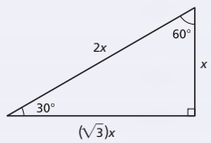


$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$
$$= \sqrt{(4\ cm)^2 + (3\ cm)^2}$$
$$= \sqrt{16\ cm^2 + 9\ cm^2}$$
$$= \sqrt{25\ cm^2}$$
$$= 5\ cm$$

إذا كان قياس زوايا المثلث القائم الزاوية ′45 ،′45، ′90 فإن طول الوتر يساوي $\sqrt{2}$ مضروبًا في طول ضلع المثلث.



إذا كان قياس زوايا المثلث القائم الزاوية ′90، ′60، ′30 فإن طول الوتر يساوي ضعفي طول الضلع الأقصر، وطول الضلع الأطول يساوي $\sqrt{3}$ مرة من طول الضلع الأصغر.



النسب المثلثية Trigonometric Ratios

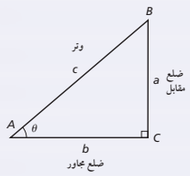
النسب المثلثية عبارة عن نسب أطوال أضلاع المثلث القائم الزاوية. والنسب المثلثية الأكثر شيوعًا هي الجيب $\sin\theta$، والجتا $\cos\theta$ والظل $\tan\theta$. ولاختصار هذه النسب تعلم الاختصارات التالية SOH–CAH–TOA. تشير SOH إلى جيب ، مقابل الوتر، وتشير CAH إلى جيب تمام، مجاور الوتر وتشير TOA إلى ظل تمام، مقابل المجاور.

التعابير	مساعدة الذاكرة	الرموز
يشير الـ sin إلى نسبة المقابل للزاوية إلى طول الوتر	$\sin\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$	$\sin\theta = \frac{a}{c}$
يشير الـ cos إلى نسبة طول الضلع المجاور للزاوية إلى طول الوتر.	$\cos\theta = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$	$\cos\theta = \frac{b}{c}$
يشير الـ tan إلى نسبة طول الضلع المقابل للزاوية إلى طول الضلع المجاور للزاوية	$\tan\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$	$\tan\theta = \frac{a}{b}$

مثال: في المثلث القائم الزاوية ABC. إذا كانت $a = 3\text{ cm}$ ، $b = 4\text{ cm}$ ، $c = 5\text{ cm}$ ، فأوجد كلًّا من $\sin\theta$ و $\cos\theta$

$$\sin\theta = \frac{3\text{ cm}}{5\text{ cm}} = 0.6$$

$$\cos\theta = \frac{4\text{ cm}}{5\text{ cm}} = 0.8$$



مثال: في المثلث القائم الزاوية ABC، إذا كانت $\theta = 30.0^\circ$ ، $c = 20.0\text{ cm}$، فأوجد a و b .

$$\sin 30.0^\circ = \frac{a}{20.0\text{ cm}} \qquad \cos 30.0^\circ = \frac{b}{20.0\text{ cm}}$$

$$a = (20.0\text{ cm})(\sin 30.0^\circ) = 10.0\text{ cm}$$

$$b = (20.0\text{ cm})(\cos 30.0^\circ) = 17.3\text{ cm}$$

قانون جيب التمام وقانون الجيب Law of Cosines and Law of Sines

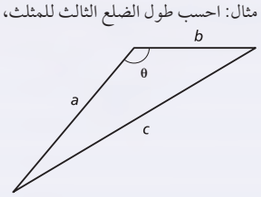
يمنحك قانونا جيب التمام والجيب القدرة على حساب أطوال الأضلاع والزوايا في أي مثلث.

قانون جيب التمام: يشبه قانون جيب التمام نظرية فيثاغورس. إلا الحد الأخير، تمثل θ الزاوية المقابلة للضلع C. فإذا كان قياس الزاوية $\theta = 90^\circ$ فإن جتا $\theta = 0$ والحد الأخير يساوي صفرًا.

وإذا كان قياس الزاوية θ أكبر من 90° فإن جتا (هـ) عبارة عن رقم سالب.

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta$$

مثال: احسب طول الضلع الثالث للمثلث، إذا كان $a = 10.0\text{ cm}$ ، $b = 12.0\text{ cm}$ ، $\theta = 110.0°$.



$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta$$
$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta}$$
$$= \sqrt{(10.0\text{ cm})^2 + (12.0\text{ cm})^2 - 2(10.0\text{ cm})(12.0\text{ cm})(\cos 110.0°)}$$
$$= \sqrt{1.00 \times 10^2\text{ cm}^2 + 144\text{ cm}^2 - (60.0\text{ cm}^2)(\cos 110.0°)}$$
$$= 16.3\text{ cm}$$

قانون الجيب Law of Cosines and Law of Sines

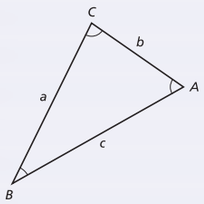
قانون الجيب عبارة عن معادلة مكوّنة من ثلاثة نسب، حيث a ،b ،c الأضلاع المقابلة للزوايا A ،B ،C بالترتيب.

استعمل قانون الجيب عندما يكون قياس زاويتين وأي من الأضلاع الثلاثة للمثلث معلومة.

$$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$$

مثال: في المثلث ABC إذا كان $C = 60.0°$ ، $a = 4.0\text{ cm}$ ، $c = 4.6\text{ cm}$، احسب قياس الزاوية A.

$$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin C}{c}$$
$$\sin A = \frac{a\sin C}{c}$$
$$= \frac{(4.0\text{ cm})(\sin 60.0°)}{4.6\text{ cm}}$$
$$= 49°$$



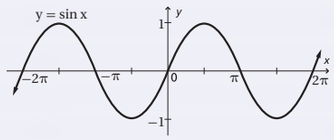
معكوس الجيب، ومعكوس جيب التمام، ومعكوس الظل Inverses of Sine, Cosine, and Tangent

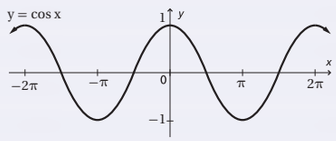
إن معكوس كل من الجيب، جيب التمام، وظل التمام يمنحك القدرة على عكس اقترانات الجيب وجيب التمام وظل التمام، ومن ثم إيجاد قياس الزاوية، والاقترانات المثلثية ومعكوسها على النحو الآتي:

الاقتران المثلثي	المعكوس
$y = \sin x$	$x = \sin^{-1} y$ أو معكوس $x = \sin y$
$y = \cos x$	$x = \cos^{-1} y$ أو معكوس $x = \cos y$
$y = \tan x$	$x = \tan^{-1} y$ أو معكوس $x = \tan y$

التمثيل البياني للاقترانات المثلثية Graphs of Trigonometric Functions

إن كل اقتران الجيب، $y = \sin x$ و اقتران جيب التمام، $y = \cos x$ هي اقترانات دورية. وفترة كل اقتران يمكن أن تكون كل من y ، x أي عدد حقيقي.





اللوغاريتميات Logarithms

افترض أن b و x عددان موجبان، بحيث $b \neq 1$. فإن لوغاريتم x للأساس b يكتب في صورة $(\log_b x)$ ويساوي y، حيث تمثل y الأس الذي يجعل المعادلة $x = b^y$ صحيحة. إن لوغاريتم x للأساس b عدد أسي يرفع للعدد b للحصول على x.

$\log_b x = y$ إذا وفقط إذا $b^y = x$

أمثلة: أوجد ناتج كل من اللوغاريتمات التالية:

لأن $2^{-4} = \frac{1}{16}$ $\log_2 \frac{1}{16} = -4$

لأن $10^3 = 1000$ $\log_{10} 1000 = 3$

عندما تريد إيجاد لوغاريتم عددٍ ما يمكنك استعمال الآلة الحاسبة.

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء يستعمل الفيزيائيون اللوغاريتمات للعمل بمقاييس تمتد إلى مقادير متعددة القيمة أو القوة للعدد 10، ويستعمل الجيوفيزيائيون مقياس ريختر وهو مقياس لوغاريتمي يوفر لهم القدرة على تقدير معدل الزلازل من 5 إلى 7 أو أكبر، وتختلف قوة الزلازل بمقدار 7 أو بقوى أكبر للأساس 10.

اللوغاريتمات الطبيعية Common Logarithms

تسمى اللوغاريتمات للأساس 10 اللوغاريتمات الطبيعية، وتكتب غالبًا بدون الرقم الدليل 10.

$$\log_{10} x = \log x \quad x > 0$$

المقابلات اللوغاريتمية أو معكوس اللوغاريتمات Antilogarithms or Inverse Logarithms

المقابل اللوغاريتمي هو معكوس اللوغاريتم، ويمثل العدد الذي له لوغاريتم.

مثال: حل $\log x = 4$ بالنسبة للمتغير x

$\log x = 4$

$x = 10^4$ — 10^4 هي المقابل اللوغاريتمي للعدد 4

ارتباط الرياضيات مع الفيزياء إن معادلة درجة الصوت L، بوحدة الديسبل، هي $L = 10 \log_{10} R$. حيث R الشدة النسبية للصوت. احسب R لشوكة رنانة تصدر شدة صوت مقدارها 130 ديسيبل.

قسّم طرفي المعادلة على العدد 10 — $130 = 10 \log_{10} R$

استعمل قاعدة اللوغاريتم — $13 = \log_{10} R$

$R = 10^{13}$

عندما تعلم قيمة اللوغاريتم لعدد وتريد معرفة العدد نفسه يمكنك استعمال الآلة الحاسبة لإيجاد معكوس اللوغاريتم.

مسائل تدريبية

20. اكتب الصيغة الأسية للمعادلة $\log_3 81 = 4$

21. اكتب الصيغة اللوغاريتمية للمعادلة $10^{-3} = 0.001$

22. إذا كان $\log x = 3.125$، فأوجد قيمة x.

.02 $3^4 = 81$

.12 $\log_{10} 0.001 = -3$

.22 $x \approx 1.334 \times 10^3$

أو 1334

الفصل الأول

1. $F=\dfrac{K q_A q_B}{d_{AB}^{\,2}}$

$=\dfrac{(9.0\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-4}\ \text{C})(8.0\times10^{-4}\ \text{C})}{(0.30\ \text{m})^2}$

$=1.6\times10^{4}\ \text{N}$ تجاذب

8. $E=F/q=\dfrac{0.060\ \text{N}}{2.0\times10^{-8}\ \text{C}}=3\times10^{6}\ \text{N/C}$

10. a. لا. القوة المؤثرة في الشحنة 2 μC ستكون ضعفي القوة المؤثرة في الشحنة 1 μC.

b. نعم. بقسمة القوة على شحنة الإختبار سيحصل على النتيجة نفسها.

16. $\Delta V=Ed$

$E=\dfrac{\Delta V}{d}=\dfrac{400\ \text{V}}{0.020\ \text{m}}=2\times10^{4}\ \text{N/C}$

18. $W=q\Delta V$

$=qEd$

$=(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(4.5\times10^{5}\ \text{N/C})(0.25\ \text{m})$

$=1.8\times10^{-14}\ \text{J}$

20. $q=C\Delta V$ لذا فإن المكثف ذو السعة الأكبر يختزن شحنة أكبر

$q=(6.8\times10^{-6}\ \text{F})(24\ \text{V})=1.6\times10^{-4}\ \text{C}$

الفصل الثاني

1. $P=IV=(0.50\ \text{A})(125\ \text{V})=63\ \text{J/s}=63\ \text{W}$

2. $P=IV$

$I=\dfrac{P}{V}=\dfrac{75\ \text{W}}{125\ \text{V}}=0.60\ A$

4. a. $R=\dfrac{V}{I}=\dfrac{120\ \text{V}}{0.50\ \text{A}}=2.4\times10^{2}\ \Omega$

b. $P=IV=(0.50\ \text{A})(120\ \text{V})=6.0\times10^{1}\ \text{W}$

6. a. مقدار التيار الجديد هو $\dfrac{0.60\ \text{A}}{2}=0.30\ \text{A}$

إذا

$V=IR=(0.30\ \text{A})(2.1\times10^{2}\ \Omega)=6.3\times10^{1}\ \text{V}$

b. المقاومة الكلية للدائرة الآن هي

$R_{\text{مكافئة}}=\dfrac{V}{I}=\dfrac{125\ \text{V}}{0.30\ \text{A}}=4.2\times10^{2}\ \Omega$

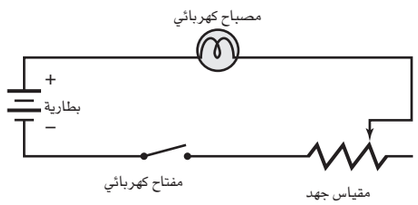
وعليه فإن $R_{\text{مقاومة}}=R_{\text{مكافئة}}-R_{\text{مصباح}}$

$=4.2\times10^{2}\ \Omega-2.1\times10^{2}\ \Omega$

$=2.1\times10^{2}\ \Omega$

c. $P=IV=(0.30\ \text{A})(6.3\times10^{1}\ \text{V})=19\ \text{W}$

9.



17. a. $E=Pt=(0.78)(100.0\ \text{J/s})(1.0\ \text{min})\left(\dfrac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$

$=4.7\times10^{3}\ \text{J}$

b. $E=Pt=(0.22)(100.0\ \text{J/s})(1.0\ \text{min})\left(\dfrac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$

$=1.3\times10^{3}\ \text{J}$

19. a. $I=\dfrac{V}{R}=\dfrac{115\ \text{V}}{12{,}000\ \Omega}=9.6\times10^{-3}\ \text{A}$

b. $P=VI=(115\ \text{V})(9.6\times10^{-3}\ \text{A})=1.1\ \text{W}$

c. $\text{Cost}=(1.1\times10^{-3}\ \text{kW})(9.0/\text{kWh})$

$(30\ \text{days})(24\ \text{h/day})=7.13$ فلس

الفصل الثالث

2. a. ستزداد

b. $I=\dfrac{V}{R}$ لذا تقل

c. لا. لا تعتمد على مقدار المقاومة.

4. a. $I=\dfrac{V}{R}=\dfrac{17.0\ \text{V}}{255.0\ \Omega}=66.7\ \text{mA}$

b. أولاً احسب مقدار المقاومة ثم حل لحساب فرق الجهد

$R=R_A+R_B=255\ \Omega+292\ \Omega=547\Omega$

$V=IR=(66.7\ \text{mA})(547\ \Omega)=36.5\ \text{V}$

c. $P=IV=(66.7\ \text{mA})(36.5\ \text{V})=2.43\ \text{W}$

$P_A=I^2R_A=(66.7\ \text{mA})^2(225\ \Omega)=1.13\ \text{W}$

$P_B=I^2R_B=(66.7\ \text{mA})^2(292\ \Omega)=1.30\ \text{W}$

d. نعم. قانون حفظ الطاقة ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، وعليه فإن معدل الطاقة المتحولة أو القدرة الضائعة سيساوي القدرة الكلية المستنفذة في الدائرة.

5. $V_B=\dfrac{VR_B}{R_A+R_B}$

$=\dfrac{(45\ \text{V})(235\ \text{k}\Omega)}{475\ \text{k}\Omega+235\ \text{k}\Omega}$

$=15\ \text{V}$

15. عندما تصبح جميع المصابيح موصولة على التوالي ستضيئ جميع المصابيح بنفس شدة الإضاءة.

الفصل الرابع

2. الطرف السفلي

4. a. من الجنوب إلى الشمال

b. غرب

5. الطرف المدبب

13. وزن السلك $= F = BIL$

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.35\ \text{N}}{(6.0\ \text{A})(0.400\ \text{m})} = 0.15\ \text{T}$$

16. $F = Bqv$

$$= (5.0\times10^{-2}\ \text{T})(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})$$

$$= 6.4\times10^{-16}\ \text{N}$$

الفصل الخامس

1. a. $EMF = \text{BL}v$

$$= (0.4\ \text{T})(0.5\ \text{m})(0.20\ \text{m/s})$$

$$= 0.04\ \text{V}$$

b.

$$I = \frac{EMF}{\text{R}}$$

$$= \frac{4\ \text{V}}{6.0\ \Omega}$$

$$= 0.7\ \text{A}$$

$(4.0\times10^{4}\ \text{m/s})$

4. a.

$$V_{\text{فعال}} = (0.707)\ V_{\text{عظمى}}$$

$$= (0.707)(170\ \text{V})$$

$$= 1.2\times10^{2}\ \text{V}$$

b.

$$\text{I}_{\text{فعال}} = (0.707)\ \text{I}_{\text{عظمى}}$$

$$= (0.707)(0.70\ \text{A}) = 0.49\ \text{A}$$

14.

$$\frac{V_{\text{P}}}{V_{\text{s}}} = \frac{\text{N}_{\text{P}}}{\text{N}_{\text{S}}}$$

$$V_{\text{s}} = \frac{V_{\text{P}}\text{N}_{\text{s}}}{\text{N}_{\text{P}}}$$

$$= \frac{(60.0\ \text{V})(90{,}000)}{300}$$

$$= 1.80\times10^{4}\ \text{V}$$

$$V_{\text{P}}\text{I}_{\text{P}} = V_{\text{S}}\text{I}_{\text{S}}$$

$$\text{I}_{\text{P}} = \frac{V_{\text{s}}\text{I}_{\text{s}}}{V_{\text{P}}}$$

$$= \frac{(1.80\times10^{4}\ \text{V})(0.50\ \text{A})}{60.0\ \text{V}}$$

$$= 1.5\times10^{2}\ \text{A}$$

الفصل السادس

1.

$$m = \frac{B^2r^2q}{2V}$$

$$= \frac{(7.2\times10^{-2}\ \text{T})^2(0.085\ \text{m})^2(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{2(110\ \text{V})}$$

$$= 2.7\times10^{-26}\ \text{kg}$$

2.

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B}$$

$$= \frac{6.0\times10^{2}\ \text{N/C}}{1.5\times10^{-3}\ \text{T}}$$

$$= 4.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

10.

$$v = \frac{\text{c}}{\sqrt{\text{K}}}$$

$$= \frac{299792458\ \text{m/s}}{\sqrt{1.00054}}$$

$$= 2.99712\times10^{8}\ \text{m/s}$$

12. لذا فإن

$$v = \frac{\text{c}}{\sqrt{\text{K}}}$$

$$\text{K} = \left(\frac{\text{c}}{v}\right)^2$$

$$= \frac{(3.00\times10^{8})^2\ \text{m/s}}{(2.43\times10^{8})^2\ \text{m/s}}$$

$$= 1.52$$

الوحدات الأساسية SI		
الكمية	الاسم	الرمز
الطول	meter	m
الكتلة	kilogram	kg
الزمن	second	s
درجة الحرارة	kelvin	K
مقدار المادة	mole	mol
التيار الكهربائي	ampere	A
شدة الإضاءة	candela	cd

وحدات SI المشتقة				
القياس	الوحدة	الرمز	معبرة بالوحدات الأساسية	معبرة بوحدات SI أخرى
التسارع		m/s^2	m/s^2	
المساحة		m^2	m^2	
الكثافة		kg/m^3	kg/m^3	
الشغل، الطاقة	joul	J	$kg.m^2/s^2$	N.m
القوة	newton	N	$kg.m/s^2$	
القدرة	watt	W	$kg.m^2/s^3$	J/s
الضغط	bascal	Pa	$kg/m.s^2$	N/m^2
السرعة		m/s	m/s	
الحجم		m^3	m^3	

تحويلات مفيدة		
1 in = 2.54 cm	$1kg = 6.02 \times 10^{26}$ 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	$1ev = 1.60 \times 10^{-19}$ J
1 gal = 3.79 L	1 lb = 4.45 N	1kwh = 3.60 MJ
$1\ m^3 = 264$ gal	1 atm = 14.7 lb/in^2	1 hp = 746 W
	$1atm = 1.01 \times 10^5\ N/m^2$	$1\ mol = 6.022 \times 10^{23}$

ثوابت فيزيائية			
الكمية	الرمز	المقدار	القيمة التقريبية
وحدة كتلة الذرة	u	$1.66053886\times 10^{-27}$ kg	1.66×10^{-27} kg
عدد أفوجادرو	N_A	6.0221415×10^{23} mol^{-1}	6.022×10^{23} mol^{-1}
ثابت بولتزمان	k	1.3806505×10^{-23} $Pa.m^3/K$	1.38×10^{-23} $Pa.m^3/K$
ثابت الغاز	R	8.314472 $Pa.m^3/mol.K$	8.31 $Pa.m^3/mol.K$
ثابت الجاذبية	G	6.6742×10^{-11} $N.m^2/kg^2$	6.67×10^{-11} $N.m^2/kg^2$

البادئات		
البادئة	الرمز	الدلالة العلمية
femto	f	10^{-15}
baico	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
micro	μ	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}

كثافة بعض المواد الشائعة	
المادة	الكثافة (g/cm^3)
ألومنيوم	2.702
كادميوم	8.642
نحاس	8.92
جرمانيوم	5.35
ذهب	19.31
هيدروجين	8.99×10^{-5}
إنديوم	7.30
حديد	7.86
رصاص	11.34
زئبق	13.546
أكسجين	1.429×10^{-3}
سليكون	2.33
فضة	10.5
ماء (4 C°)	1.000
خارصين	7.14

درجات الانصهار والغليان لبعض المواد		
المادة	درجة الذوبان (C°)	درجة الغليان (C°)
ألومنيوم	660.37	2467
نحاس	1083	2567
جرمانيوم	937.4	2830
ذهب	1064.43	2808
إنديوم	156.61	2080
حديد	1535	2750
رصاص	327.5	1740
سيليكون	1410	2355
فضة	961.93	2212
ماء	0.000	100.000
خارصين	419.58	907

السعة الحرارية النوعية لبعض المواد الشائعة			
المادة	السعة الحرارية النوعية (J/kg.K)	المادة	السعة الحرارية النوعية (J/kg.K)
ألومنيوم	897	رصاص	130
نحاس أصفر	376	ميثانول	2450
كربون	710	فضة	235
نحاس	385	بخار	2020
زجاج	840	ماء	4180
جليد	2060	خارصين	388
حديد	450		

الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتبخر لبعض المواد الشائعة		
المادة	الحرارة الكامنة للانصهار (J/kg)	الحرارة الكامنة للتبخر(J/kg)
نحاس	2.05×10^5	5.07×10^6
ذهب	6.30×10^4	1.64×10^6
حديد	2.66×10^5	6.29×10^6
رصاص	2.04×10^4	8.64×10^5
زئبق	1.15×10^4	2.72×10^5
ميثانول	1.09×10^5	8.78×10^5
فضة	1.04×10^5	2.36×10^6
ماء (جليد)	3.34×10^5	2.26×10^6

المصطلحات

أ

الإشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation طاقة محمولة أو منبعثة من الموجات الكهرومغناطيسية.

الأشعة السينية X-Ray موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير تنبعث بوساطة الإلكترونات المتسارعة.

الأمبير Ampere تدفق الشحنة الكهربائية أو التيار الكهربائي، وهو يساوي واحد كولوم لكل ثانية (1C /s).

الأميتر Ammeter جهاز مقاومته قليلة جدًّا، يوصل على التوالي لقياس التيار الكهربائي المار في أيّ جزء من أجزاء الدائرة.

ت

التدفق المغناطيسي Magnetic Flux عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تمر خلال السطح.

التوصيل على التوازي Parallel Connection نوع من التوصيل يكون فيه عنصر الدائرة والفولتمتر مُصطفّين متوازيين في الدائرة، ويكون فرق الجهد عبر الفولتمتر مساويًا لفرق الجهد عبر عنصر الدائرة، كما يكون هناك أكثر من مسار للتيار في الدائرة الكهربائية.

التوصيل على التوالي Series Connection نوع من التوصيل يكون فيه مسار واحد للتيار فقط في الدائرة الكهربائية.

التيار الاصطلاحي Conventional Current سريان الشحنات الموجبة من منطقة الجهد المرتفع إلى منطقة الجهد المنخفض.

التيار الدوامي Eddy Current تيار يتولد في قطعة فلزية موضوعة في مجال مغناطيسي متغير أو متحركة في مجال مغناطيسي منتظم، وتولد مجالًا مغناطيسيًّا معاكسًا لاتجاه الحركة التي ولّدت التيار.

التيار الفعّال Effective Current قيمة التيار المستمر الذي يولّد كمية الحرارة نفسها التي يولدها التيار المتناوب لو مرّ كل منهما على حدة في المقاومة نفسها في الزمن نفسه.

التيار الكهربائي Electric Current تدفق جسيمات مشحونة.

ج

الجلفانومتر Galvanometer جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية الصغيرة جدًّا أوالكشف عنها، ويمكن تحويله إلى أميتر أو فولتمتر.

ح

الحث الذاتي Self- Inductance حث قوة دافعة كهربائية EMF في سلك يتدفق فيه تيار متغير.

الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction 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.

الحث المتبادل Mutual -Inductance تأثير التغير في التيار الكهربائي المار بالملف الابتدائي لمحول كهربائي، والذي يحدث تغيرًا في المجال المغناطيسي ينتقل خلال القلب الحديدي إلى الملف الثانوي في المحول ليولد التغير في المجال قوة دافعة كهربائية حثية متغيرة EMF.

خ

خطوط المجال الكهربائي Electric Field Lines خطوط وهمية تمثل مسار وحدة الشحنات الموجبة، وتشير إلى شدة المجال الكهربائي من خلال المسافات بينها، وهي لا تتقاطع، كما أنها تخرج دائمًا من الشحنات الموجبة وتدخل إلى الشحنات السالبة.

د

دائرة التوازي Parallel Circuit أحد أنواع الدوائر الكهربائية، تحتوي على مسارات متعددة للتيار الكهربائي، بحيث يكون مجموع التيارات في هذه المسارات مساويًا للتيار الرئيس، وإذا فُتحت دائرة أيّ مسار للتيار لا تتأثر تيارات المسارات الأخرى.

دائرة التوالي Series Circuit أحد أنواع الدوائر الكهربائية، يمر في كل جهاز فيها التيار نفسه، ويكون للتيار القيمة نفسها عند كلِّ جزء من أجزائها، وهو يساوي فرق الجهد مقسومًا على المقاومة المكافئة للدائرة.

دائرة القصر Short Circuit تحدث عند تشكّل دائرة كهربائية ذات مقاومة صغيرة جدًّا، ممّا يؤدي إلى تدفق تيار كهربائي كبير جدًّا، قد يسبب حدوث حريق بسهولة؛ نتيجة ارتفاع درجة حرارة الأسلاك.

الدائرة الكهربائية Electric Circuit حلقة مغلقة أو مسار موصل يسمح بتدفق الشحنات الكهربائية.

الدوائر المُركّبة Combination Series – Parallel Circuit دائرة كهربائية معقدة تتضمن توصيلات على التوالي وعلى التوازي معًا.

س

سطح تساوي الجهد Equipotential موضعان أو أكثر داخل المجال الكهربائي يكون فرق الجهد الكهربائي بينها صفرًا.

السعة الكهربائية Capacitance النسبة بين الشحنة المُخزّنة على جسم وفرق جهده الكهربائي.

ش

الشحنة الأساسية (الأولية) Elementary Charge مقدار الشحنة الكهربائية لإلكترون واحد.

ط

الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum مدى كلي للترددات والأطوال الموجية، يشكّل كل الموجات الكهرومغناطيسية ومنها موجات الراديو والميكروويف والضوء المرئي والأشعة السينية.

ع

العوازل الكهربائية Dielectrics مواد غير موصلة – منها الزجاج والهواء والماء – تنتقل خلالها الموجات الكهرمغناطيسية بسرعة أقل من سرعتها في الفراغ.

ف

فرق الجهد الكهربائي Electric Potential Difference التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة داخل مجال كهربائي.

الفولت Volt وحدة قياس الجهد الكهربائي وتساوي واحد جول لكل كولوم 1 J/1 C.

الفولتمتر Voltmeter جهاز ذو مقاومة كبيرة، يستخدم في قياس الهبوط في الجهد خلال أيّ جزء من أجزاء الدائرة الكهربائية، ويوصل على التوازي مع الجزء المراد قياس فرق الجهد بين طرفيه.

ق

قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ Ground – Fault Interrupter جهاز يحتوي دائرة إلكترونية تستشعر الفروقات 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 الدائرة الكهربائية Circuit Breaker مفتاح آلي يعمل كجهاز حماية في الدائرة الكهربائية؛ حيث يفتح الدائرة ويوقف مرور التيار فيها عندما تصبح قيمته أكبر من القيمة المسموح بها.

القاعدة الأولى لليد اليمنى First Right – Hand Rule طريقة مستخدمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي نسبة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي.

القاعدة الثانية لليد اليمنى Second Right- Hand Rule طريقة مستخدمة في تحديد اتجاه المجال المتولد بوساطة مغناطيس كهربائي بالنسبة إلى اتجاه تدفق التيار الاصطلاحي.

القاعدة الثالثة لليد اليمنى Third Right- Hand Rule طريقة يمكن استخدامها لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يحمل تيارًا والسلك موجود داخل مجال مغناطيسي.

القاعدة الرابعة لليد اليمنى Fourth Right – Hard Rule الطريقة المستخدمة لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنات الموجودة داخل الموصل المتحرك في مجال مغناطيسي.

قانون كولوم Coulomb's Law ينص على أن القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين تتناسب طرديًّا مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسيًّا مع مربع المسافة بينهما.

قانون لنز Lenz's Law ينص على أن التيار الحثي المتولد يكون اتجاهه دائمًا بحيث يقاوم المجال المغناطيسي الذي كان سببًا في توليده أو التغير في المجال المغناطيسي الذي ولده.

القوة الدافعة (المحركة) الكهربائية Electromotive Force فرق جهد مقيس بالفولت، معطى للشحنات بوساطة البطارية، ويرمز له بالرمز EMF.

ك

الكهرباء الإجهادية Piezoelectricity خاصية للبلورة تسبب انحناءها أو تشوهها فتولد تذبذبات كهربائية عند تطبيق فرق جهد عليها.

الكولوم Coulomb وحدة قياس الشحنة الكهربائية حسب النظام الدولي للوحدات SI، وهو يساوي مقدار شحنة 6.24×10^{18} إلكترون أو بروتون.

الكيلوواط.ساعة Kilowatt.Hour وحدة طاقة تستخدمها شركات الكهرباء لقياس الطاقة المُستهلكة؛ 1KWh يساوي 1000W تصل بشكل مستمر لمدة 3600 s (1h).

م

متوسط القدرة Average Power نصف القيمة القصوى للقدرة المرتبطة مع التيار المتناوب.

المجال الكهربائي Electric Field المنطقة المحيطة بأي جسم مشحون وتظهر فيها آثار القوى الكهربائية.

المجالات المغناطيسية Magnetic Field منطقة محيطة بالمغناطيس أو حول سلك أو ملف سلكي يتدفق فيه تيار؛ حيث توجد قوة مغناطيسية.

مجزّئ الجهد Voltage Divider دائرة توال، تستخدم لإنتاج مصدر جهد بالمقدار المطلوب من مصدر ذو جهد كبير، ويستخدم عادة بوصفه مجسًّا حساسًا كما في المقاومات الضوئية.

المحرك الكهربائي Electric Motor جهاز يحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية دورانية.

المحول الخافض Step- down Transformer نوع من المحولات، يكون فيه فرق الجهد الناتج من المحول أقل من فرق الجهد المدخل إليه.

المحول الرافع Step-up Transformer نوع من المحولات، يكون فيه فرق الجهد الناتج من المحول أكبر من فرق الجهد المدخل إليه.

المحوّل الكهربائي Transformer جهاز يمكنه رفع أو خفض فرق الجهد في دوائر AC مع فقدان قليل من الطاقة.

المُستقبِل Receiver جهاز يستعمل للحصول على معلومات من الموجات الكهرمغناطيسية، ويتكون من هوائي ودائرة ملف ومكثف وكاشف لفك شفرة الإشارة ومضخم.

المستقطب Polarization الضوء الذي تتذبذب موجاته في مستوى واحد فقط بالنسبة للمغناطيس؛ ويصف خاصية امتلاك جسم ما منطقتين مختلفتين عند نهايتيه، إحداهما تُسمّى الباحثة عن القطب الشمالي أما الأخرى فتسمى الباحثة عن القطب الجنوبي.

مطياف الكتلة Mass spectrometer جهاز يستخدم المجالين الكهربائي والمغناطيسي في قياس كتلة الذرات المتأينة والجزيئات ويحدّد نسبة شحنة الأيون إلى كتلته.

المغناطيس الكهربائي Electromagnet مغناطيس ناتج عن مرور التيار الكهربائي بملف سلكي.

المقاوم الكهربائي Resistor أداة ذات مقاومة محددة، قد تكون مصنوعة من أسلاك رفيعة وطويلة أو من الجرافيت أو من مادة شبه موصلة، وتستخدم عادة للتحكم في التيار المار في الدوائر الكهربائية أو في أجزاء منها.

المقاومة الكهربائية Resistance خاصية تحدد مقدار التيار المتدفق، وتساوي فرق الجهد مقسومًا على التيار.

المقاومة المكافئة Equivalent Resistance مقاومة مفردة تحل محل مجموعة مقاومات (موصولة على التوالي أو التوازي أو كليهما معًا)، بحيث يكون لهذه المقاومة نفس التيار والجهد الذي لمجموعَة المقاومات؛ أي يمر فيها نفس التيار المار في مجموعة المقاومات، ويكون لها نفس هبوط الجهد على طرفي مجموعة المقاوماتَ.

الملف الابتدائي Primary Coil أحد ملفي المحول الكهربائي، يولد قوة دافعة كهربائية حثية متناوبة EMF في الملف الثانوي، عند وصله بمصدر فرق جهد متناوب AC.

الملف الثانوي Secondary Coil أحد ملفي المحول الكهربائي، تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية متناوبة بوساطة مرور تيار AC بالملف الابتدائي.

الملف ذو القلب الحديدي Armature ملف سلكي لمحرك كهربائي، مصنوع من عدة لفات حول محور أو أسطوانة حديدية.

الملف الحلزوني Solenoid ملف سلكي طويل يتكون من عدة لفات، ويضاف المجال الناتج عن كل لفة إلى مجال اللفة الأخرى بحيث يوّلد مجالاً مغناطيسيًّا كليًّا قويًّا.

المنصهر الكهربائي Fuse قطعة صغيرة من فلز تعمل بوصفها جهاز حماية في الدائرة الكهربائية؛ حيث تنصهر، فيتوقف مرور التيار إذا مرّ في الدائرة تيار كهربائي كبير قد يُشكّل خطرًا عليها.

المنطقة المغناطيسية Domain مجموعة صغيرة جدًّا في حدود 10–1000μ تتشكل عندما تترتب خطوط المجال المغناطيسي للإلكترونات في مجموعة الذرات المتجاورة في الاتجاه نفسه.

الموجة الكهرمغناطيسية Electromagnetic Wave موجة ناتجة عن التغير المزدوج في المجالين الكهربائي والمغناطيسي، وتنتقل في الفضاء.

الموصل فائق التوصيل Superconductor مادة مقاومتها صفر، وتوصل الكهرباء دون فقدان أو ضياع في الطاقة.

المولد الكهربائي Electric Generator جهاز يحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، ويتكون من عدد من الملفات الموضوعة في مجال مغناطيسي قوي.

ن

النظير Isotope كل شكل من الأشكال المختلفة للذرة نفسها، له كتلة مختلفة والخصائص الكيميائية نفسها.

هـ

الهوائي Antenna سلك مصمّم لإرسال أو استقبال الموجات الكهرمغناطيسية.

التعليم
مستقبل البحرين

طبعت بمطبعة أوال لصالح وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين