تم تحميل وعرض المادة من

موقع حلول كتبي

المدرسة اونلاين

موقع
حلول كتبي

https://hululkitab.co

جميع الحقوق محفوظة للقائمين على العمل

للعودة إلى الموقع ابحث في قوقل عن : موقع حلول كتبي

موقع
حلول كتبي

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

وزارة التعليم
Ministry of Education

المملكة العربية السعودية

فيزياء ٤

التعليم الثانوي- نظام المقررات

(مسار العلوم الطبيعية)

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

طبعة ١٤٤٣ - ٢٠٢١

يوزع مجاناً ولا يباع
وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع
حلول كتبي

ⓒ وزارة التعليم ، ١٤٣٩هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

وزارة التعليم

الفيزياء ٤ التعليم الثانوي ، نظام المقررات ، مسار العلوم الطبيعية.

وزارة التعليم. الرياض ، ١٤٣٩هـ .

٢٧٢ص ؛ ٢١ X ٢٧,٥ سم

ردمك ٩-٦٦٣-٥٠٨-٦٠٣-٩٧٨

١ ـ الفيزياء ـ مناهج ـ السعودية ٢ـ التعليم الثانوي ـ مناهج ـ السعودية. أ ـ العنوان

ديوي ٣٧٥,٥٣ **١٤٣٩/٩٥٢٦**

رقم الإيداع: ١٤٣٩/٩٥٢٦

ردمك: ٩-٦٦٣-٥٠٨-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين"

IEN.EDU.SA

تواصل بمقترحاتك لتطوير الكتاب المدرسي

FB.T4EDU.COM

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع
حلول كتبي

المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
التخلص من المخلفات	مخلفات التجربة قد تكون ضارة بالإنسان.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في 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 طلبًا 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 طلبًا 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 فورًا.
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 فورًا.
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 طلبًا للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات مثل فوق أكسيد 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 طلبًا للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات يسهل اشتعالها باللهب، أوبالشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات البوتاسيوم ، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام الكيماويات.	أبلغ معلمك طلبًا للإسعاف الأولي، واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحًا 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 دائمًا ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.

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

نشاط إشعاعي
يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.

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

موقع
حلول كتبي

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠) وهو: «إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على المهارات الاساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية»، وذلك من منطلق تطوير التعليم وتحسين مخرجاته ومواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

ويأتي كتاب (فيزياء٤) لنظام المقررات في التعليم الثانوي داعماً لرؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠) نحو الاستثمار في التعليم «عبر ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة»، بحيث يكون الطالب فيهما هو محور العملية التعليمية التعلمية.

والفيزياء فرع من العلوم الطبيعية يهتم بدراسة الظواهر الطبيعية واستنباط النظريات وصياغة القوانين الرياضية التي تحكم المادة والطاقة والفراغ والزمن، ويحاول تفسير وإيجاد علاقات لما يدور في الكون من خلال دراسة تركيب المادة ومكوناتها الأساسية، والقوى بين الجسيمات والأجسام المادية، ونتائج هذه القوى، إضافة إلى دراسة الطاقة والشحنة والكتلة. كذلك يهتم علم الفيزياء بدراسة الجسيمات تحت الذرية مرورًا بسلوك المواد في العالم الكلاسيكي إلى حركة النجوم والمجرات.

وجاء هذا الكتاب في سبعة فصول، هي: المجالات المغناطيسية، والحث الكهرومغناطيسي، والكهرومغناطيسية، ونظرية الكم، والذرة، وإلكترونيات الحالة الصلبة، والفيزياء النووية. وسوف تتعرف في هذا الصف مفهوم المجالات المغناطيسية المختلفة، وتحسب القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية، وكيفية توليد التيار الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية، وتستخدم قانون لنز لتحديد اتجاه التيار الحثي، وتتعرف المحولات الكهربائية. كما يعرض كتاب الفيزياء في هذا الصف تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة، والنموذج الجسيمي للموجات وموجات المادة، والذرة ونماذجها، وإلكترونيات الحالة الصلبة والفيزياء النووية. وقد تم بناء محتوى الكتاب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وبما يعزز مبدأ رؤية (٢٠٣٠) «نتعلم لنعمل» وقد جاء تنظيم المحتوى بأسلوب شائق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم، من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة: المبني، والموجه، والمفتوح. فقبل بدء دراسة محتوى كل فصل من فصول الكتاب، يطّلع الطالب على الأهداف العامة للفصل التي تقدم صورة شاملة عن محتواه، وكذلك الاطلاع على أهمية الفصل من خلال عرض

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع
حلول كتبي

ظاهرة أو تقنية ترتبط بمحتوى الفصل، إضافة إلى وجود سؤال فكِّر الذي يحفز الطالب على دراسة الفصل. ثم ينفِّذ أحد أشكال الاستقصاء المبني تحت عنوان «تجربة استهلالية» والتي تساعد أيضًا على تكوين نظرة شاملة عن محتوى الفصل. وتتيح التجربة الاستهلالية في نهايتها ممارسة شكل آخر من أشكال الاستقصاء الموجه من خلال سؤال الاستقصاء المطروح. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية التي يمكن تنفيذها في أثناء دراسة المحتوى، ومنها التجربة العملية، ومختبر الفيزياء الذي يرد في نهاية كل فصل، ويتضمن استقصاءً مفتوحًا في نهايته.

يبدأ محتوى الدراسة في كل قسم بعرض الأهداف الخاصة والمفردات الجديدة التي سيتعلمها الطالب. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة من خلال تطبيق الفيزياء، والربط مع العلوم الأخرى، والربط مع محاور رؤية (٢٠٣٠)وأهدافها الإستراتيجية. وستجد شرحًا وتفسيرًا للمفردات الجديدة التي تظهر باللون الأسود الغامق، وأمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية تعمق معرفة الطالب بمحتوى المقرر واستيعاب المفاهيم والمبادئ العلمية الواردة فيه. كما ستجد أيضًا في كل فصل مسألة تحفيز تطبق فيها ما تعلمته في حالات جديدة. ويتضمن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في التقويم بمراحله وأغراضه المختلفة: القبلي (التشخيصي)، والتكويني (البنائي)، والختامي (التجميعي)؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية في كل فصل والأسئلة المطروحة في التجربة الاستهلالية بوصفها تقويمًا قبليًّا تشخيصيًّا لاستكشاف ما يعرفه الطلاب عن موضوع الفصل. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى تجد تقويمًا خاصًّا بكل قسم من أقسام الفصل يتضمن أفكار المحتوى وأسئلة تساعد على تلمّس جوانب التعلم وتعزيزه، وما قد يرغب الطالب في تعلمه في الأقسام اللاحقة. وفي نهاية كل فصل يأتي دليل مراجعة الفصل متضمنًا تذكيرًا بالمفاهيم الرئيسة والمفردات الخاصة بكل قسم. يلي ذلك تقويم الفصل الذي يشمل أسئلة وفقرات متنوعة تهدف إلى تقويم تعلم الطالب في مجالات عدة، هي: إتقان المفاهيم، وحل المسائل، والتفكير الناقد، والمراجعة العامة، والمراجعة التراكمية، ومهارات الكتابة في الفيزياء. وفي نهاية كل فصل يجد الطالب اختبارًا مقننًا يهدف إلى تدريبه على حل المسائل وإعداده للتقدم للاختبارات الوطنية والدولية، إضافة إلى تقويم فهمه لموضوعات كان قد درسها من قبل.

والله نسأل أن يحقق الكتاب الأهداف المرجوة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.intro.indd 5 5/16/19 3:23 PM

موقع حلول كتبي

قائمة المحتويات

الفصل 1

المجالات المغناطيسية 8

1-1 المغانـط: الدائمة والمؤقتـة 9

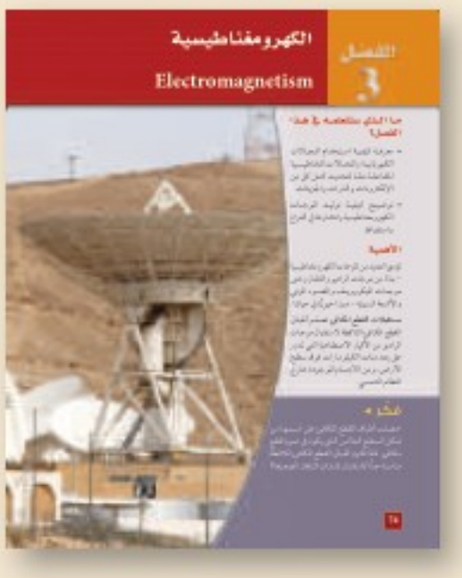
1-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسـة 19

الفصل 2

الحث الكهرومغناطيسي 42

2-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية .. 43

2-2 تغير المجالات المغناطيسية يولِّد قوة دافعة كهربائية حثية 53

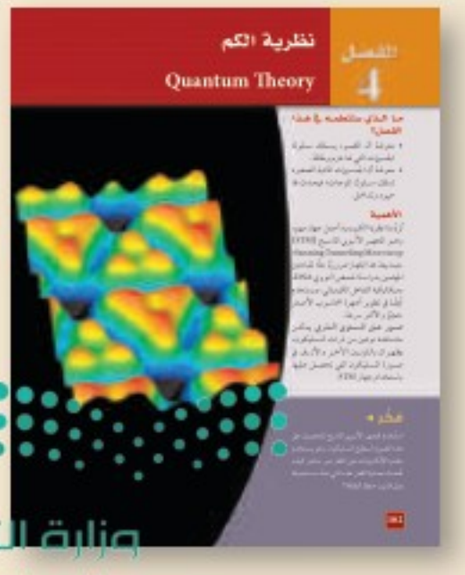


الفصل 3

الكهرومغناطيسية 74

3-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة 75

3-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء 83



الفصل 4

نظرية الكم 102

4-1 النموذج الجسيمي للموجات 103

4-2 موجات المـادة 115

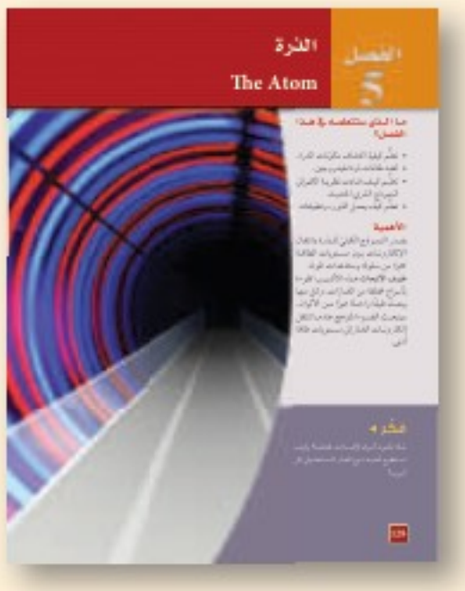
وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 6 4/8/19 2:15 PM

موقع حلول كتبي

قائمة المحتويات

الفصل 5

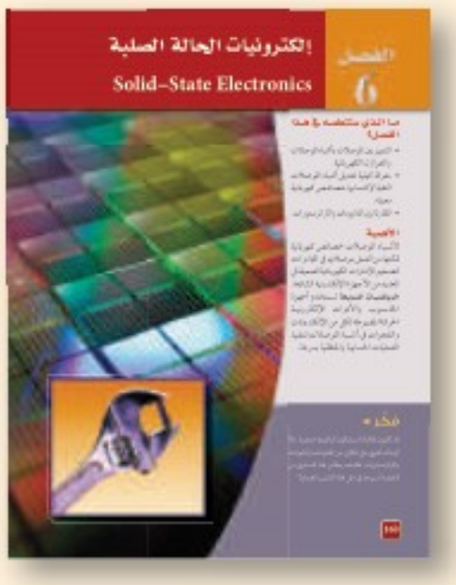


الذرة 128

5-1 نموذج بور الذري **129**

5-2 النموذج الكمي للذرة **143**

الفصل 6

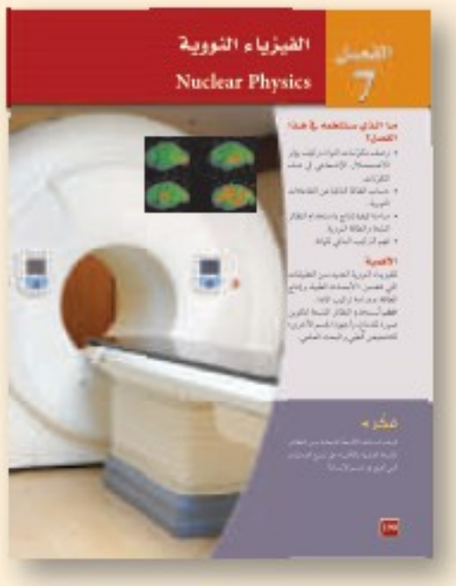


إلكترونيات الحالة الصلبة 160

6-1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة **161**

6-2 الأدوات الإلكترونية **173**

الفصل 7



الفيزياء النووية 190

7-1 النواة **191**

7-2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية **198**

7-3 وحدات بناء المـادة **207**

مصادر تعليمية للطالب **226**

دليل الرياضيات **227**

الجداول **258**

المصطلحات **261**

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

الفصل 1

المجالات المغناطيسية

Magnetic Fields

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تحديد قوى التنافر والتجاذب بين الأقطاب المغناطيسية.
- الربط بين المغناطيسية وكل من الشحنة الكهربائية والتيار الكهربائي.
- وصف كيفية توظيف الكهرومغناطيسية في التطبيقات العملية.

الأهمية

تعدّ المغناطيسية أساسًا للعديد من التطبيقات التقنية. فالمعلومات على قرص الحاسوب الصلب تخزن بنمط مغناطيسي.

مُحطّم الذرّة أنبوب المسارع النووي كالموضّح في الصورة محاط بمغانط فائقة التوصيل، والجسيمات ذات الطاقة الكبيرة تنتقل في مركز الأنبوب حيث لا يوجد مجال مغناطيسي. وإذا ابتعدت هذه الجسيمات عن مركز الأنبوب فإنها تتلقى دفعًا مغناطيسيًّا لإبقائها في المركز.

فكِّر ◄

كيف تسبب القوى التي تبذلها المغانط تسارعًا للجسيمات؟ وهل يمكن لأي جسيم أن يتسارع؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 8 4/8/19 2:16 PM

موقع حلول كتبي
رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

في أي اتجاه تؤثر المجالات المغناطيسية؟

سؤال التجربة ما اتجاه القوة التي تؤثر في جسم ممغنط موضوع في مجال مغناطيسي؟

الخطوات

1. ضع أمامك قضيبًا مغناطيسيًّا أفقيًّا على أن يكون قطبه الشمالي نحو اليسار.
2. ضع قضيبًا مغناطيسيًّا آخر أفقيًّا أيضًا عن يسار القضيب الأول وعلى بُعد 5.0 cm منه بحيث يكون متاحًا وضع بوصلة بين القضيبين المغناطيسيين- على أن يكون قطبه الشمالي نحو اليسار أيضًا.
3. ارسم شكلاً توضيحيًّا لما قمت به على ورقة، وتحقق من تحديد الأقطاب عليه.
4. ضع البوصلة بالقرب من أحد القطبين وارسم الاتجاه الذي يشير إليه سهمها.
5. استمر في تغيير موضع البوصلة نحو القطب الآخر عدة مرات، وفي كل مرة ارسم الاتجاه الذي يشير إليه السهم حتى تحصل على 20-15 سهمًا.
6. كرّر الخطوات 5-3 على أن يكون القطبان الشماليان متقابلين في هذه المرة.

التحليل

ما الاتجاه الذي يشير إليه الطرف الأحمر لإبرة البوصلة عادة؟ وما الاتجاه الذي يبتعد عنه؟ ولماذا قد لا تشير بعض الأسهم إلى أي الموقعين في السؤالين؟

التفكير الناقد يسمى المخطط الذي حصلت عليه بعد رسمك للأسهم، المجال المغناطيسي. تذكر المقصود بكل من مجال الجاذبية الأرضية، والمجال الكهربائي، وعرّف المجال المغناطيسي.

1-1 المغانط: الدائمة والمؤقتة Magnets: Permanent and Temporary

عُرفت المغانط والمجالات المغناطيسية منذ أكثر من 2000 سنة مضت. واستخدم البحارة الصينيون المغانط في صورة بوصلات ملاحية قبل 900 سنة تقريبًا. ودرس العلماء منذ القدم وفي أنحاء العالم كافة الصخور المغناطيسية التي تسمى مغانط طبيعية. وللمغانط اليوم أهمية متنامية في حياتنا اليومية؛ فالمولدات الكهربائية، والمحركات الكهربائية البسيطة، وأجهزة التلفاز، وأجهزة العرض التي تعمل بالأشعة المهبطية، وأشرطة التسجيل، ومشغلات الأقراص الصلبة الموجودة داخل أجهزة الحاسوب، جميعها تعتمد على الآثار المغناطيسية للتيارات الكهربائية.

وإذا كنت قد استخدمت البوصلة يومًا ما، أو التقطت الدبابيس أو مشابك الورق بالمغناطيس فقد لاحظت بعض الآثار المغناطيسية. ولربما صنعت مغناطيسًا كهربائيًّا 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 بالمغانط، كتلك الموضحة في **الشكل 1-1**.

الأهداف

- **تصف** خصائص المغانط ومنشأ المغناطيسية في المواد.
- **تقارن** بين المجالات المغناطيسية المختلفة.

المفردات

المستقطب	المجالات المغناطيسية
التدفق المغناطيسي	القاعدة الأولى لليد اليمنى
الملف اللولبي	المغناطيس الكهربائي
القاعدة الثانية لليد اليمنى	المنطقة المغناطيسية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 9 4/8/19 2:16 PM

موقع
حلول كتبي

الخصائص العامة للمغانط
General Properties of Magnets

■ **الشكل 1–1** المغانط الشائعة التي تباع في معظم محال الأدوات المنزلية والمكتبات.

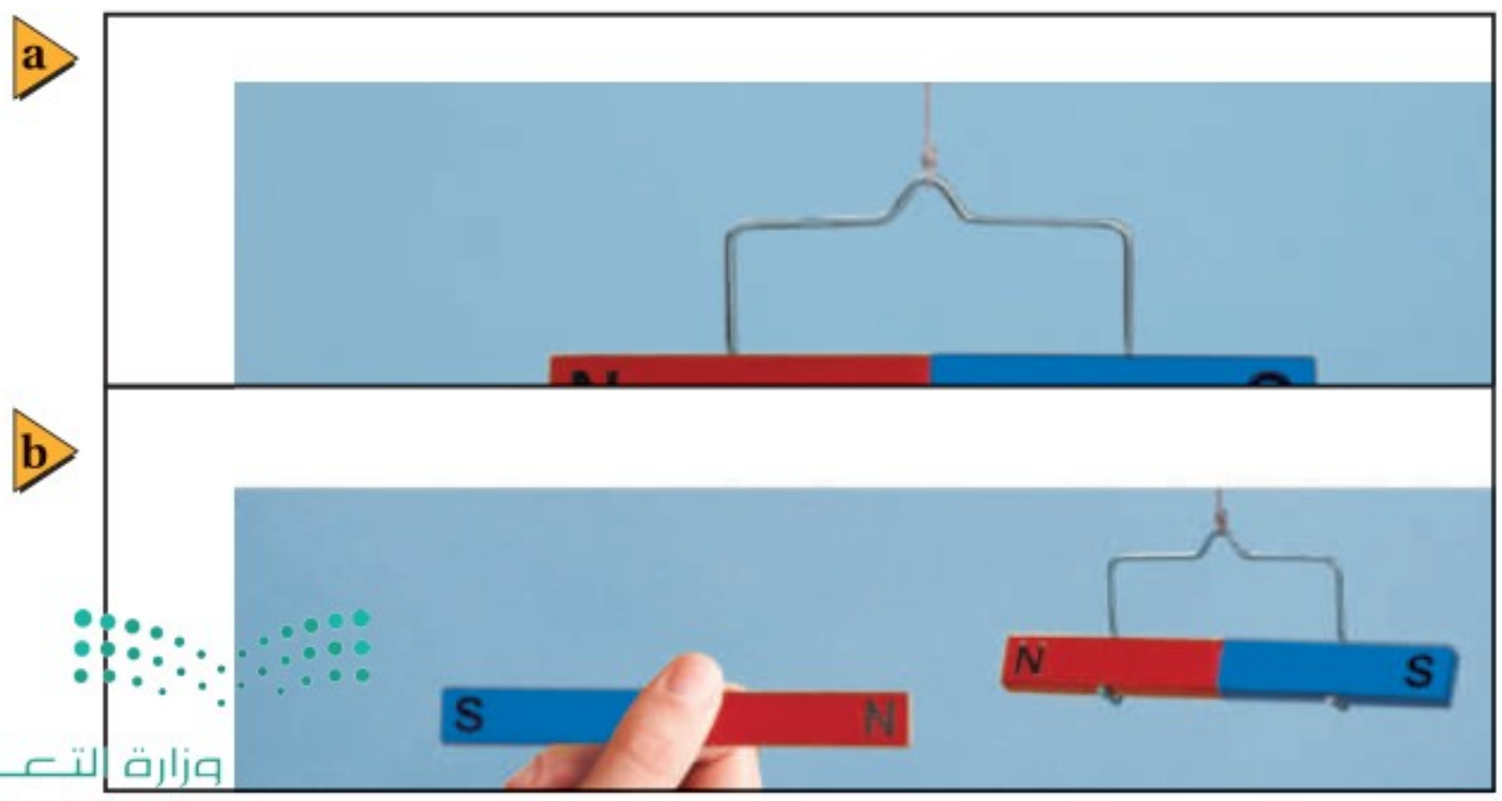
علّق مغناطيسًا بخيط، كما هو موضّح في **الشكل 2a–1**. إذا استخدمت قضيبًا مغناطيسيًّا فعليك تعليقه بسلك ينتهي بخطافين لتجعله أفقيًّا. عندما يستقر المغناطيس يتخذ اتجاهًا معينًا. حرّك المغناطيس بحيث يشير إلى اتجاه مختلف ثم اتركه. هل استقر القضيب المغناطيسي عند الاتجاه الأول نفسه؟ إذا حدث ذلك فإلى أي اتجاه يشير؟

ستجد أن القضيب المغناطيسي قد استقر في اتجاه شمال – جنوب. اكتب الحرف N عند الطرف الذي يشير إلى اتجاه الشمال بوصفه مرجعًا. يمكنك أن تستنتج من خلال هذه التجربة البسيطة أن المغناطيس مستقطب، أي له قطبان متميزان متعاكسان،أحدهما القطب الباحث عن الشمال الجغرافي للأرض، ويسمى القطب الشمالي. والآخر القطب الباحث عن الجنوب الجغرافي للأرض، ويسمى القطب الجنوبي. والبوصلة ليست أكثر من مغناطيس صغير حر الدوران.

علّق مغناطيسًا آخر بالطريقة نفسها، وحدد القطب الشمالي له كما فعلت مع المغناطيس الأول. ولاحظ تفاعل المغناطيسين؛ وذلك بتقريب أحدهما إلى الآخر، كما هو موضح في **الشكل 2b–1**. 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 نصفين فسينتج مغناطيسان جديدان، 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 تنتظم 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 2–1** إذا علّقت مغناطيسًا بخيط فإن المغناطيس سيتخذ اتجاهًا 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**).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 10 4/8/19 2:16 PM

موقع
حلول كتبي

■ **الشكل 3–1** ينجذب المسمار نحو المغناطيس. وفي هذه العملية يصبح المسمار نفسه ممغنطًا، ويمكنك أن ترى أنه عندما يحدث تلامس بين المغناطيس والمسمار 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 حديد. فكيف تفسر هذا السلوك؟ أولاً، إذا لامس المغناطيس مسمارًا، ثم لامس المسمار قطع حديد صغيرة فسيصبح المسمار نفسه مغناطيسًا، كما هو موضّح في **الشكل 3–1**. فالمغناطيس يحفز المسمار ليصبح مستقطبًا. ويعتمد اتجاه قطبية المسمار على قطبية المغناطيس. وإذا أبعدت المغناطيس فسيفقد المسمار بعضًا من مغناطيسيته، ولن يطول جذبه للأجسام الفلزية الأخرى.

وإذا كرّرت التجربة الموضّحة في **الشكل 3–1**، ووضعت قطعة من الحديد المطاوع (حديد يحتوي على القليل من الكربون) بدلاً من المسمار فستلاحظ أن الحديد المطاوع يفقد كل 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.

المغناطيس الدائم تتولد مغناطيسية المغناطيس الدائم بطريقة مشابهة للتي تولدت بها مغناطيسية المسمار. وبسبب التركيب المجهري للمادة التي يتكون منها المغناطيس فإن المغناطيسية المستحثة تصبح دائمة. يُصنع العديد من المغانط الدائمة من سبيكة حديد تحتوي على خليط من الألومنيوم والنيكل والكوبالت. و هناك مجموعة متنوعة من العناصر الترابية النادرة –ومنها النيوديميوم والجادولينيوم– تنتج مغانط دائمة قوية جدًّا مقارنة بأحجامها.

المجالات المغناطيسية حول المغانط الدائمة
Magnetic Fields Around Permanent Magnets

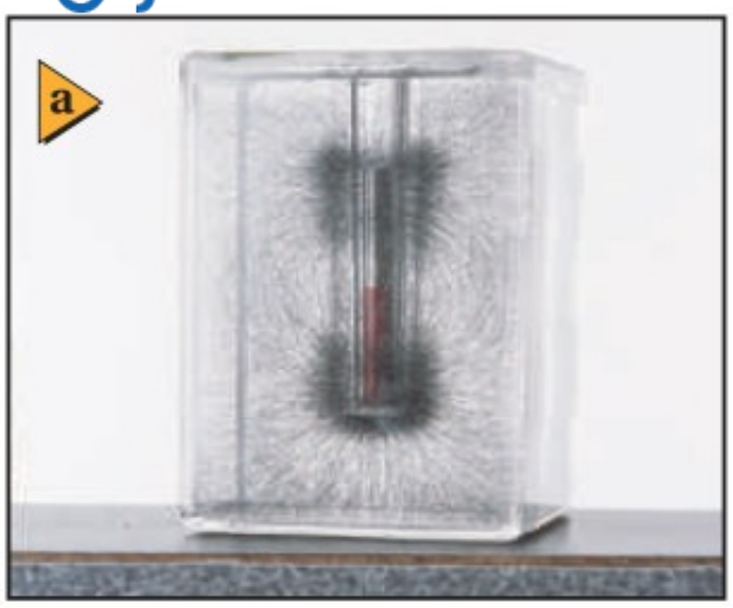
عندما تجري تجربة باستخدام مغناطيسين تلاحظ أن القوى بينهما –سواء أكانت قوة تجاذب أو تنافر– تحدث حتى قبل تلامسهما.

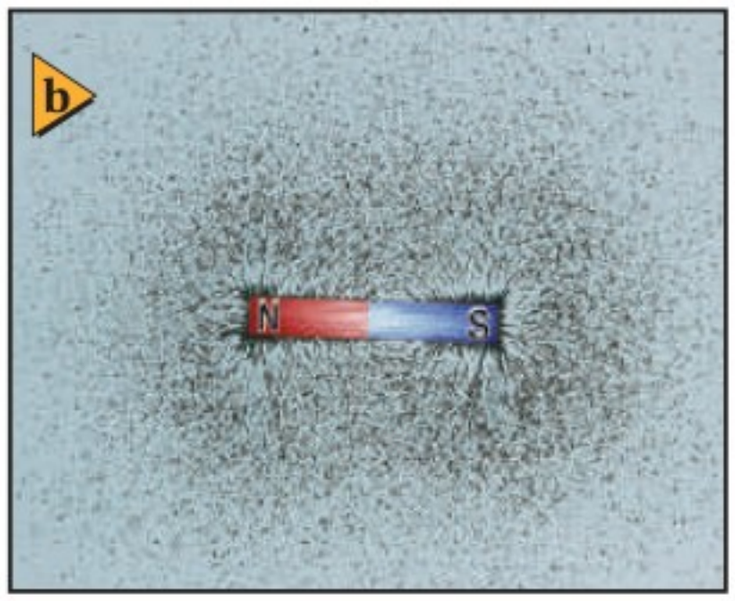
وبالطريقة نفسها التي وصفت بها قوة الجاذبية والقوة الكهربائية من خلال مجال الجاذبية الأرضية والمجال الكهربائي، يمكن وصف القوى المغناطيسية من خلال المجالات

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 11 4/8/19 2:16 PM

موقع حلول كتبي





■ **الشكل 4–1** 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).

المغناطيسية المتولدة حول المغناطيس. وهذه **المجالات المغناطيسية** كميات متجهة توجد في المنطقة التي تؤثر فيها القوة المغناطيسية.

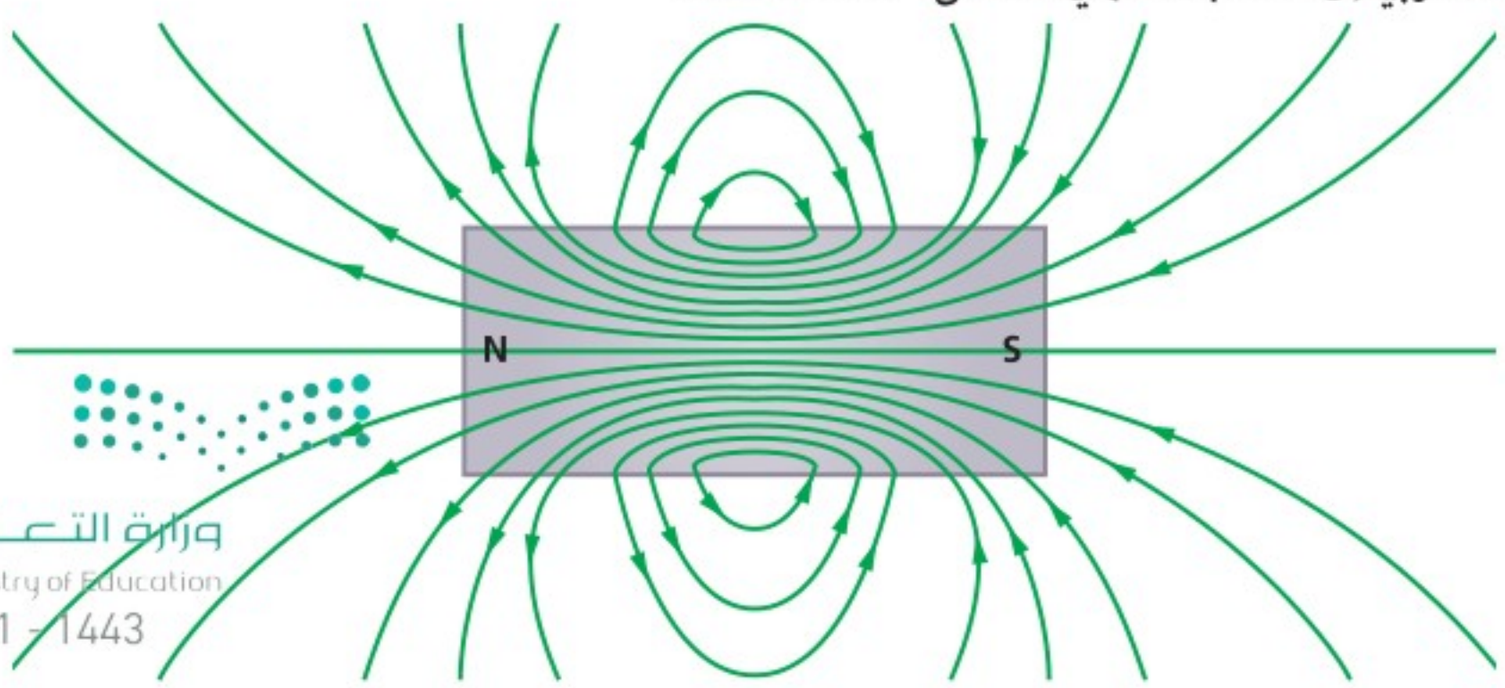
يمكن تمثيل المجال المغناطيسي الموجود حول المغناطيس باستخدام برادة الحديد؛ فكل قطعة صغيرة من برادة الحديد تصبح مغناطيسًا بالحث. وتدور برادة الحديد حتى تصبح موازية للمجال المغناطيسي، مثل إبرة البوصلة تمامًا. ويوضّح **الشكل 4a–1** برادة الحديد في محلول الجليسرول، وهي تحيط بالقضيب المغناطيسي. ويمكن ملاحظة صورة ثلاثية الأبعاد للمجال. وفي **الشكل 4b–1** ترتبت برادة الحديد، وأعطت رسمًا ثنائي الأبعاد للمجال المغناطيسي، ويساعدك ذلك على تصور خطوط المجال المغناطيسي. ويمكن لبرادة الحديد كذلك أن تظهر كيف يتشوّه المجال المغناطيسي بواسطة جسم ما.

خطوط المجال المغناطيسي لاحظ أن خطوط المجال المغناطيسي تشبه خطوط المجال الكهربائي في أنها وهمية، وهي تستخدم لتساعدنا على تصور المجال، وتزوِّدنا بمقياس لشدة المجال المغناطيسي. ويسمّى عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق السطح **التدفق المغناطيسي**. والتدفق عبر وحدة المساحة يتناسب طرديًّا مع شدة المجال المغناطيسي. وكما تلاحظ من **الشكل 4–1** فإن معظم التدفق المغناطيسي مركّز عند القطبين؛ حيث يكون المجال المغناطيسي عندهما أكبر ما يمكن.

يُعرّف اتجاه خط المجال المغناطيسي بأنه الاتجاه الذي يشير إليه القطب الشمالي لإبرة البوصلة عند وضعها في المجال المغناطيسي. ويحدد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي بحيث تكون خارجة من القطب الشمالي للمغناطيس وداخلة إلى القطب الجنوبي له، كما هو موضّح في **الشكل 5–1**. ماذا يحدث داخل المغناطيس؟ لا توجد أقطاب مفردة تنتهي فيها أو تبدأ منها خطوط المجال المغناطيسي، لذا فهي تكمل دورتها داخل المغناطيس دائمًا من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي لتشكّل حلقات مقفلة.

دلالة الألوان

- رُسمت الشحنات الموجبة باللون الأحمر.
- رُسمت الشحنات السالبة باللون الأزرق.
- رُسمت خطوط المجال الكهربائي باللون النيلي (الأزرق الداكن).
- رُسمت خطوط المجال المغناطيسي باللون الأخضر.

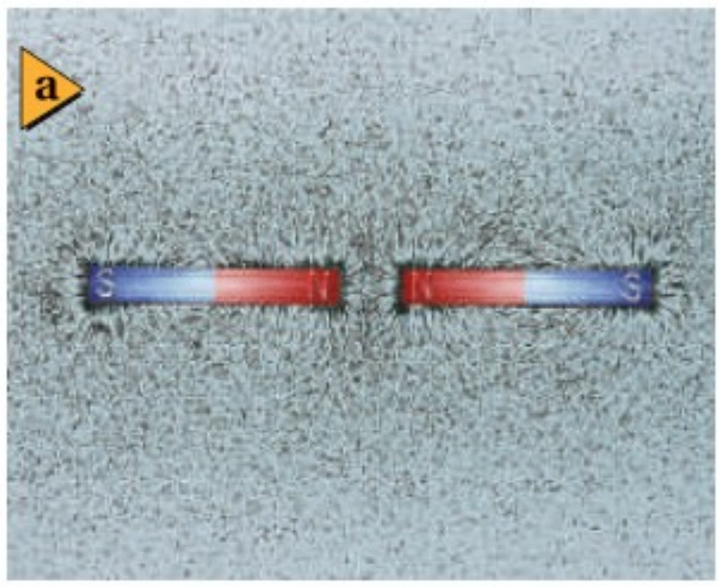


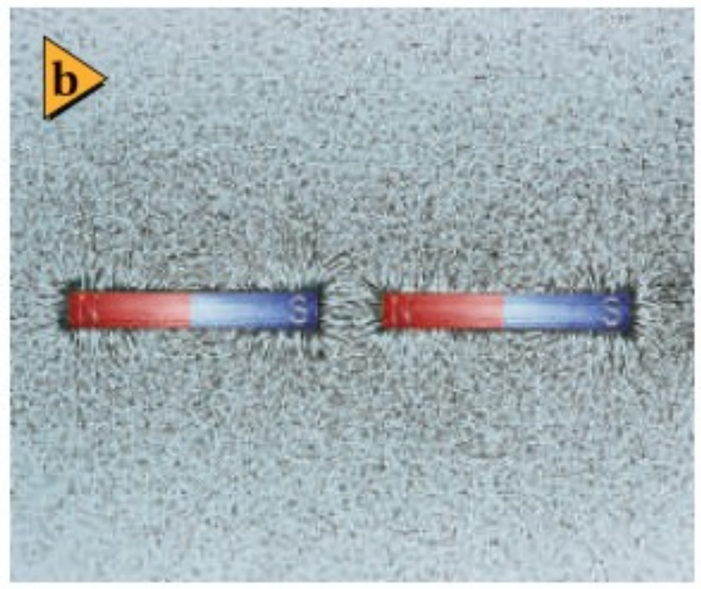
■ **الشكل 5–1** يمكن تصوّر خطوط المجال المغناطيسي على شكل حلقات مغلقة تخرج من القطب الشمالي وتدخل إلى القطب الجنوبي للمغناطيس نفسه لتكمل دورتها إلى القطب الشمالي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COUR.CH01.indd 12 5/13/19 8:40 AM

موقع حلول كتبي





■ **الشكل 6–1** 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 أن خطوط المجال المغناطيسي تنقل مباشرة بين القطبين الشمالي والجنوبي لمغناطيسين.

ما نوع المجالات المغناطيسية المتكونة بواسطة أزواج من القضبان المغناطيسية؟ يمكن مشاهدة هذه المجالات بوضع مغناطيسين أسفل ورقة، ورشّ برادة حديد عليها. يبين **الشكل 6a–1** خطوط المجال بين قطبين متشابهين. وفي المقابل إذا وضع قطبان مختلفان متقاربان فإنهما يكوّنان مجالًا، كما هو موضح في **الشكل 6b–1**. 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 أو الكوبالت 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

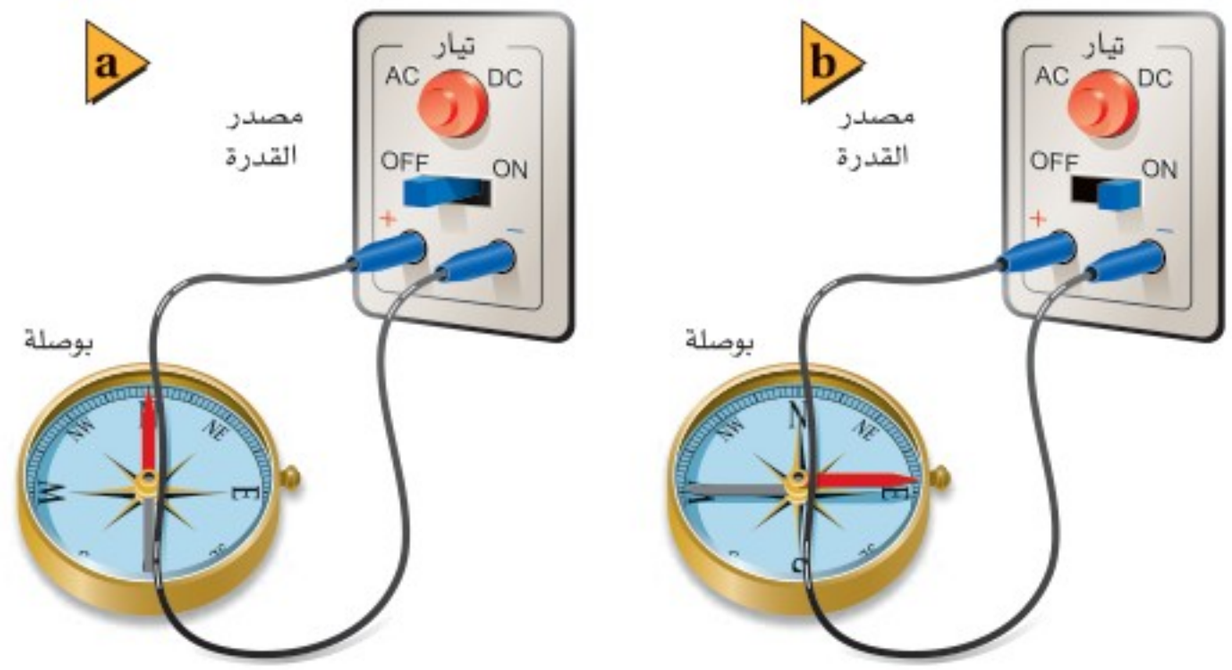
1. إذا حملت قضيبين مغناطيسيين على راحتي يديك، ثم قربت يديك إحداهما إلى الأخرى فهل ستكون القوة تنافرًا أم تجاذبًا في كل من الحالتين الآتيتين؟
   a. تقريب القطبين الشماليين أحدهما إلى الآخر.
   b. تقريب القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي.
2. يبين **الشكل 7–1** خمسة مغانط في صورة أقراص مثقوبة بعضها فوق بعض. فإذا كان القطب الشمالي للقرص العلوي متجهًا إلى أعلى فما نوع القطب الذي يكون نحو الأعلى لكلٍّ من المغانط الأخرى؟
3. يجذب مغناطيس مسمارًا، ويجذب المسمار بدوره قطعًا صغيرة، كما هو موضّح في **الشكل 3–1**. فإذا كان القطب الشمالي للمغناطيس الدائم عن اليسار كما هو موضّح فأي طرفي المسمار يمثل قطبًا جنوبيًّا؟
4. لماذا تكون قراءة البوصلة المغناطيسية غير صحيحة أحيانًا؟

■ **الشكل 7–1**

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 13 4/8/19 2:16 PM

موقع
حلول كتبي



■ **الشكل 8–1** باستخدام أدوات مماثلة لتلك الموضّحة في الشكل (a) تمكن أورستد من توضيح العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية، وذلك بتمرير تيار كهربائي في السلك (b).

المجالات المغناطيسية حول التيارات الكهربائية
Magnetic Fields Around Electric Currents

أجرى الفيزيائي الدنماركي هانز كريستيان أورستد عام 1820م تجارب على التيارات الكهربائية المارة في الأسلاك، فوضع سلكًا فوق محور بوصلة صغيرة، وأوصل نهايتي السلك بدائرة كهربائية مغلقة، كما هو موضّح في **الشكل 8a–1**. وكان يتوقع أن تشير البوصلة إلى اتجاه السلك أو اتجاه سريان التيار، لكن بدلاً من ذلك تعجب لرؤية إبرة البوصلة تدور لتصبح في اتجاه عمودي على السلك، كما هو موضّح في **الشكل 8b–1**. أي أن القوى المؤثرة في قطبي مغناطيس البوصلة كانت متعامدة مع اتجاه التيار داخل السلك. ووجد أورستد أيضًا أنه لو لم يكن هناك تيار في السلك لما كان هناك قوى مغناطيسية.

■ **الشكل 9–1** يظهر المجال المغناطيسي حول سلك يمر فيه تيار كهربائي ويخترق قرصًا كرتونيًا في صورة دوائر متحدة المركز من برادة الحديد حول السلك.

المجال المغناطيسي لسلك مستقيم: إذا انحرفت إبرة البوصلة عند وضعها بالقرب من سلك يحمل تيارًا وجب أن يكون ذلك ناتجًا عن مجال مغناطيسي ولَّده 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 9–1**.

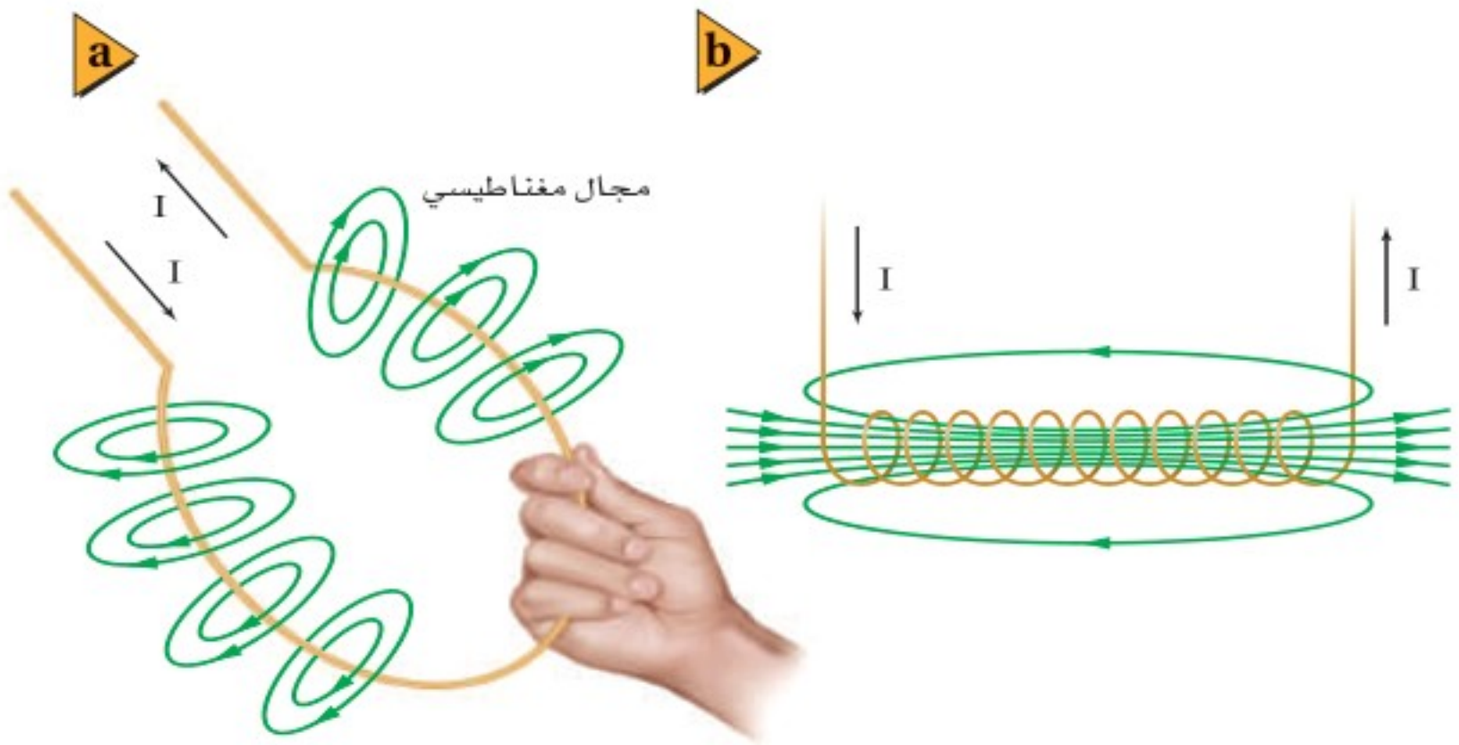
تشير الخطوط الدائرية إلى أن خطوط المجال المغناطيسي حول السلك الطويل (لانهائي) الذي يسري فيه تيار كهربائي تشكل حلقات مغلقة بالطريقة نفسها التي تشكل بها خطوطُ المجال المغناطيسي حلقات مغلقة حول المغانط الدائمة. وتتناسب شدة المجال المغناطيسي المتولد حول سلك مستقيم وطويل طرديًّا مع مقدار التيار المار في السلك، وعكسيًّا مع البعد عنه. وتبين البوصلة اتجاه خطوط المجال. وإذا عكس اتجاه التيار فستعكس إبرة البوصلة اتجاهها أيضًا، كما هو موضّح في **الشكل 10a–1**.

■ **الشكل 10–1** ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك موصل مستقيم عندما ينعكس اتجاه التيار المار فيه (a). ويُحدّد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن سلك مستقيم يحمل تيارًا باستخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى (b).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 14 4/8/19 2:16 PM

موقع
حلول كتبي



■ **الشكل 11–1** يمكن تمثيل المجال المغناطيسي حول حلقة سلكية تحمل تيارًا باستخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى (**a**). يولد التيار المار في الملف اللولبي مجالاً مغناطيسيًّا، بحيث يضاف مجال كل لفة إلى مجالات اللفات الأخرى (**b**).

تُستخدم **القاعدة الأولى لليد اليمنى** في تحديد اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي. تخيل أنك تمسك بيدك اليمنى قطعة من سلك معزول. اجعل إبهامك في اتجاه التيار الاصطلاحي. ستشير أصابعك التي تدور حول السلك إلى اتجاه المجال المغناطيسي، كما هو موضّح في **الشكل 10b–1**.

المجال المغناطيسي لملف دائري: يولّد التيار الكهربائي المار في حلقة سلكية مجالا مغناطيسيًّا حول جميع أجزاء الحلقة. وعند تطبيق القاعدة الأولى لليد اليمنى على أي جزء من أجزاء الحلقة السلكية ستجد أن اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقة يكون دائمًا في الاتجاه نفسه. ففي **الشكل 11a–1** يكون اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقة خارجًا من الصفحة، أما اتجاه المجال المغناطيسي خارج الحلقة فيكون دائمًا داخلاً إلى الصفحة.

المجال المغناطيسي لملف لولبي: وعند لف السلك عدة لفات لتكوين ملف لولبي، ثم تمرير تيار في الملف، يكون اتجاه المجال حول جميع اللفات في الاتجاه نفسه، كما هو موضّح في **الشكل 11b–1**. ويسمى الملف الطويل المكوّن من عدة لفات **الملف اللولبي (المحث)**، ويكون المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي مساويًا لمجموع المجالات الناتجة عن لفاته. وعندما يسري تيار في ملف سلكي يصبح لهذا الملف مجال مغناطيسي يشبه المجال الناتج عن مغناطيس دائم. وعند تقريب الملف الذي يسري فيه تيار من مغناطيس معلّق فإن أحد طرفي الملف سيتنافر مع القطب المماثل له من المغناطيس، وهذا يعني أن الملف الذي يسري فيه تيار يمثّل مغناطيسًا له قطبان، شمالي وجنوبي. ويسمى المغناطيس الذي ينشأ عن سريان تيار كهربائي في ملفٍّ **المغناطيس الكهربائي**. وتتناسب شدة المجال المغناطيسي الناتج في ملف طرديًّا مع مقدار التيار المار فيه ومع عدد لفاته؛ ذلك لأن المجالات المغناطيسية للفات متساوية، وتكون هذه المجالات في الاتجاه نفسه.

يُمكن زيادة قوة المغناطيس الكهربائي أيضًا عن طريق وضع قضيب حديدي (قلب) داخل الملف؛ حيث يدعم هذا القلب المجال المغناطيسي ويقويه. فيعمل القلب على زيادة المجال المغناطيسي؛ لأن مجال الملف اللولبي يولّد مجالاً مغناطيسيًّا مؤقتًا في القلب، تمامًا كما يعمل المغناطيس الدائم عند تقريبه إلى قطعة حديد.

تطبيق الفيزياء

الكهرومغناطيسية تستخدم الكهرومغناطيسية غالبًا في روافع نقل الحديد والفولاذ في مواقع الصناعات. والمغناطيس الذي يعمل بفرق جهد 230 V وتيار 156 A يمكن أن يرفع كتلة مقدارها 11300 kg.

تجربة عملية

كيف يولّد التيار الكهربائي مجالاً مغناطيسيًّا قويًّا؟

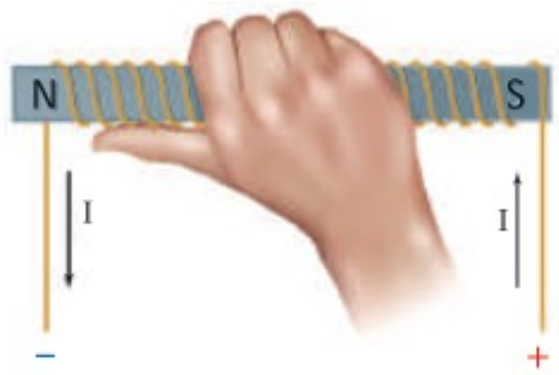
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 15 4/8/19 2:16 PM

موقع
حلول كتبي

وتستخدم **القاعدة الثانية لليد اليمنى** في تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن مغناطيسٍ كهربائي بالنسبة إلى اتجاه سريان التيار الاصطلاحي. تخيل أنك تمسك بيدك اليمنى ملفًا معزولًا، فإذا دوّرت أصابعك حول الحلقات في اتجاه سريان التيار الاصطلاحي، كما هو موضّح في **الشكل 12–1**، فسيشير إبهامك نحو القطب الشمالي للمغناطيس الكهربائي.



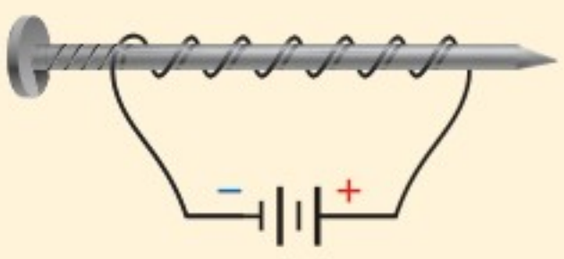
■ **الشكل 12–1** تستخدم القاعدة الثانية لليد اليمنى في تحديد قطبية المغناطيس الكهربائي.

مسائل تدريبية

5. يسري تيار كهربائي في سلك مستقيم طويل من الشمال إلى الجنوب. أجب عما يأتي:
- **a.** عند وضع بوصلة فوق السلك لوحظ أن قطبها الشمالي اتجه شرقًا. ما اتجاه التيار في السلك؟
- **b.** إلى أي اتجاه تشير إبرة البوصلة إذا وضعت أسفل السلك؟

6. ما شدة المجال المغناطيسي على بعد 1 cm من سلك يسرى فيه تيار، مقارنة بما يأتي:
- **a.** شدة المجال المغناطيسي على بعد 2 cm من السلك.
- **b.** شدة المجال المغناطيسي على بعد 3 cm من السلك.

7. صنع طالب مغناطيسًا بلف سلك حول مسمار، ثم وصل طرفي السلك ببطارية، كما هو موضّح في **الشكل 13–1**. أيّ طرفي المسمار (المدبب أم المسطح) سيكون قطبًا شماليًّا؟



■ **الشكل 13–1**

8. إذا كان لديك بكرة سلك وقضيب زجاجي وقضيب حديدي وآخر من الألومنيوم، فأي قضيب تستخدم لعمل مغناطيس كهربائي يجذب قطعًا فولاذية؟ وضّح إجابتك.

9. يعمل المغناطيس الكهربائي الوارد في المسألة السابقة جيدًا، فإذا أردت أن تجعل قوته قابلة للتعديل والضبط باستخدام مقاومة متغيرة فهل ذلك ممكن؟ وضّح إجابتك.

تجربة

المجالات المغناطيسية الثلاثية 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 الملف وشغل مصدر الجهد الموصول بالملف، ثم افصل مصدر الجهد، وأخرج 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

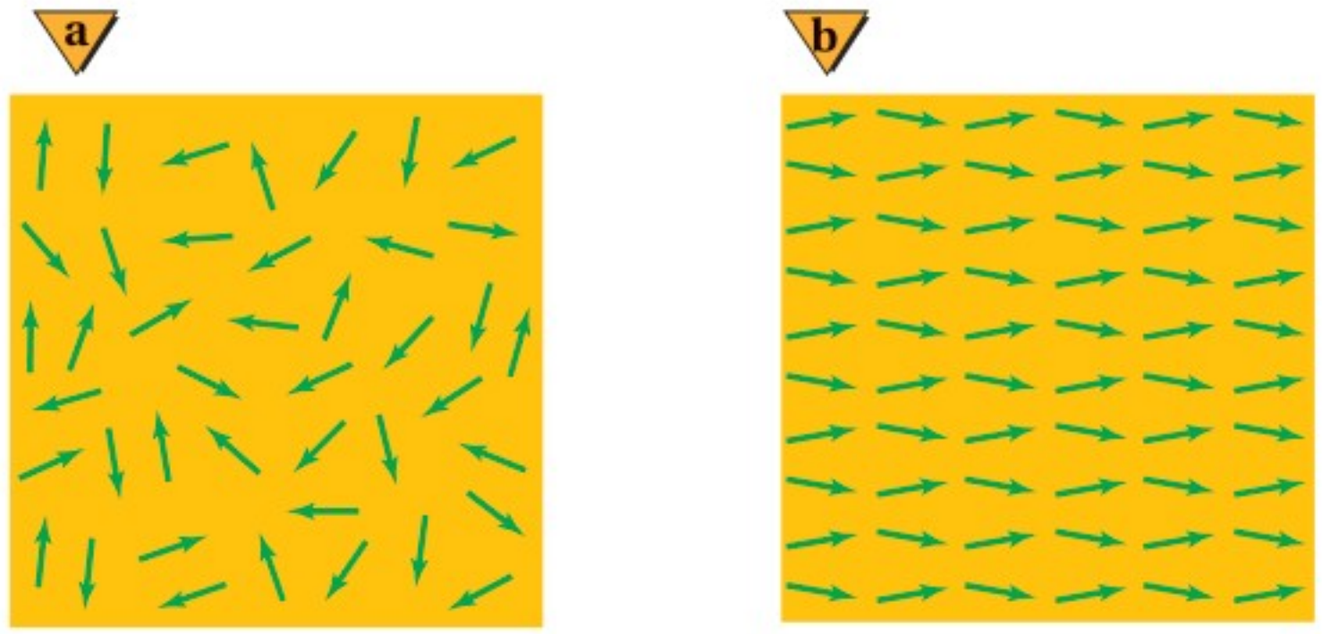
A Microscopic Picture of Magnetic Materials

تعلمت أنه عند وضع قطعة حديد أو كوبالت أو نيكل بالقرب من مغناطيس فإن العنصر يصبح مغناطيسًا أيضًا، وسيكون له قطبان، شمالي وجنوبي، إلا أن هذه المغنطة تكون مؤقتة. ويعتمد توليد هذه القطبية المؤقتة على اتجاه المجال الخارجي. ويفقد العنصر مغناطيسيته عند إبعاد المجال الخارجي. وتسلك العناصر الثلاثة (الحديد والنيكل والكوبالت) سلوك مغانط كهربائية بطرائق عديدة؛ إذ لها خاصية تسمى الفرومغناطيسية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 16 4/8/19 2:16 PM

موقع
حلول كتبي



■ **الشكل 14–1** قطعة الحديد (**a**) تصبح مغناطيسًا فقط عندما تترتب مناطقها المغناطيسية في اتجاه واحد (**b**).

المناطق المغناطيسية على الرغم من أن التفصيلات التي اقترحها أمبير حول منشأ مغناطيسية المغناطيس كانت غير صحيحة إلا أن فكرته الأساسية كانت صائبة؛ فكل إلكترون في الذرة يشبه مغناطيسًا كهربائيًّا صغيرًا. وعندما تترتب مجموعة المجالات المغناطيسية الخاصة بإلكترونات الذرات المتجاورة في الاتجاه نفسه تسمى 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)، لذا فإن عينة صغيرة من الحديد تحتوي على عدد هائل من المناطق المغناطيسية.

عندما لا تكون قطعة الحديد داخل مجال مغناطيسي فإن المناطق المغناطيسية تكون في اتجاهات عشوائية، وتلغي مجالاتها المغناطيسية بعضها بعضًا، كما في **الشكل 14a–1**. 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 14b–1**. وفي حالة المغناطيس المؤقت تعود المناطق إلى عشوائيتها بعد إزالة المجال المغناطيسي الخارجي. وللحصول على مغناطيس دائم يتم خلط الحديد مع مواد أخرى لإنتاج سبائك تحافظ على المناطق المغناطيسية مرتبة بعد إزالة تأثير المجال المغناطيسي الخارجي.

التسجيل في الوسائط تولد المسجلات الصوتية وأجهزة الفيديو نبضات وإشارات كهربائية في رأس التسجيل الذي يتكون من مغانط كهربائية، فيعمل على توليد مجالات مغناطيسية تمثل الصوت والصورة المراد تسجيلهما. وعندما يمر شريط التسجيل المغناطيسي الذي يحتوي على قطع صغيرة جدًّا من مواد مغناطيسية فوق رأس التسجيل، تترتب المناطق المغناطيسية لهذه القطع بواسطة 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 يكفي لتغييرها مرة أخرى. وعند تشغيل الشريط وإعادة قراءته تنتج إشارة بواسطة التيارات المتولّدة عند مرور رأس التسجيل فوق الجسيمات المغناطيسية على الشريط، وترسل هذه الإشارة إلى مضخم وإلى زوج من

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 17 4/8/19 2:17 PM

موقع
حلول كتبي

مكبرات الصوت أو سماعات الأذن. وعند استعمال شريط مسجّل عليه سابقًا لتسجيل أصوات جديدة ينتج رأس المسح مجالاً مغناطيسياً 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 ومنشؤه غير مفهوم بصورة جيدة حتى الآن، كما تعدّ كيفية انعكاس اتجاه هذا المجال لغزًا حتى يومنا هذا.

1–1 مراجعة

10. **المجالات المغناطيسية** هل المجال المغناطيسي حقيقي أم مجرد وسيلة من النمذجة العلمية؟

11. **القوى المغناطيسية** اذكر بعض القوى المغناطيسية الموجودة حولك. كيف يمكنك عرض تأثيرات هذه القوى؟

12. **اتجاه المجال المغناطيسي** صف قاعدة اليد اليمنى المستخدمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يمر فيه تيار كهربائي.

13. **المغانط الكهربائية** وضعت قطعة زجاج رقيقة وشفافة فوق مغناطيس كهربائي نشط، ورش فوقها برادة الحديد فترتبت بنمط معين. إذا أعيدت التجربة بعد عكس قطبية مصدر الجهد فما الاختلافات التي ستلاحظها؟ وضّح إجابتك.

14. **التفكير الناقد** تخيل لعبة داخلها قضيبان فلزيان متوازيان وضعا بصورة أفقية أحدهما فوق الآخر، وكان القضيب العلوي حر الحركة إلى أعلى وإلى أسفل.

a. إذا كان القضيب العلوي يطفو فوق السفلي، وعكس اتجاهه فإنه يسقط نحو القضيب السفلي. وضّح لماذا قد يسلك القضيبان هذا السلوك؟

b. افترض أن القضيب العلوي قد فُقد وحل محله قضيب آخر. في هذه الحالة يسقط القضيب العلوي نحو القضيب السفلي مهما كان اتجاهه. فما نوع القضيب الذي استعمل؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 18 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي
www.ien.edu.sa

2–1 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية
Forces Caused by Magnetic Fields

بينما كان أمبير يدرس سلوك المغانط لاحظ أن التيار الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسيًّا مشابهًا للمجال المغناطيسي الناتج عن مغناطيس دائم. ولأن المجال المغناطيسي يؤثر بقوة في المغانط الدائمة فقد افترض أمبير أنه توجد قوة تؤثر في السلك الذي يسري فيه تيار عند وضعه في المجال المغناطيسي.

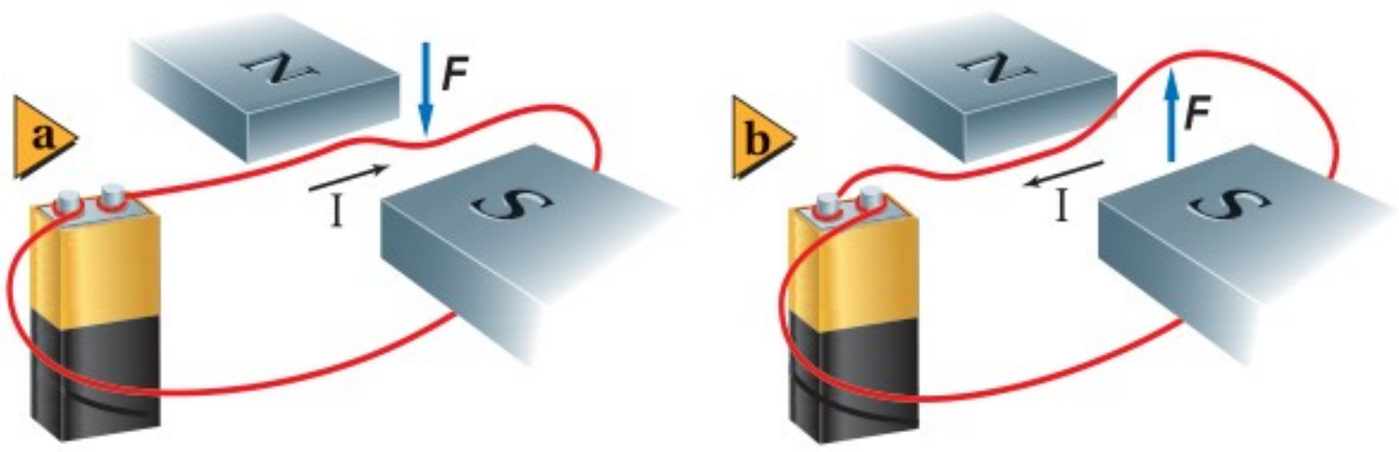
القوى المؤثرة في التيارات الكهربائية المارة في مجالات مغناطيسية
Forces on Currents in Magnetic Fields

يمكن توضيح القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار وضع في مجال مغناطيسي باستعمال الأدوات الموضّحة في **الشكل 15–1**. فالبطارية تولّد تيارًا كهربائيًّا يسري في السلك الموضوع بين قضيبين مغناطيسيين. تذكر أن اتجاه المجال المغناطيسي بين المغناطيسين يكون من القطب الشمالي لأحدهما إلى القطب الجنوبي للآخر. وعندما يسري تيار كهربائي في السلك تتولد قوة مغناطيسية تؤثر فيه، ويكون اتجاه تلك القوة نحو الأسفل، كما هو موضّح في **الشكل 15a–1**، أو نحو الأعلى، كما في **الشكل 15b–1**، وذلك يعتمد على اتجاه التيار المار في السلك. اكتشف مايكل فاراداي أن القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك تكون عمودية على اتجاه كل من التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي.

تحديد اتجاه القوة لم يكن وصف فاراداي لاتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك الذي يسري فيه تيار وصفا كافيًا؛ لأن القوة قد تكون إلى أعلى أو إلى أسفل. ويمكن تحديد اتجاه

الأهداف
- **تربط** بين اتجاه القوى المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي والمجال المغناطيسي الموضوع فيه.
- **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

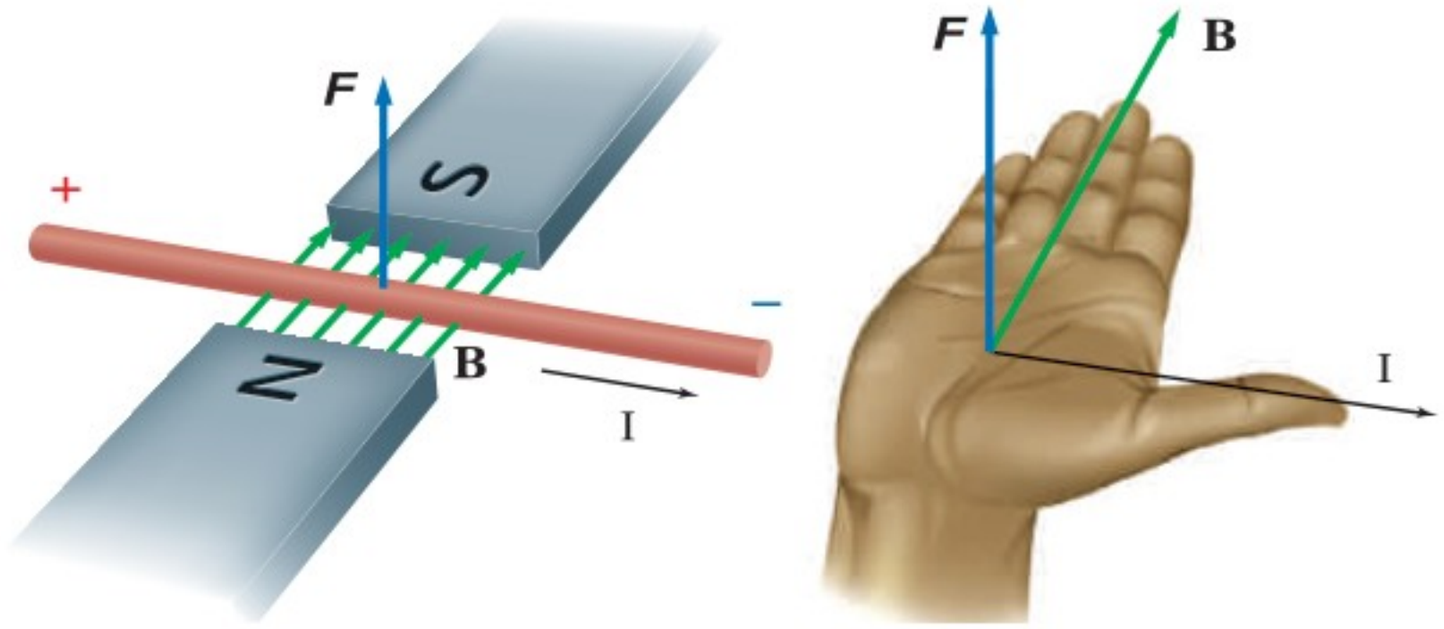


■ **الشكل 15–1** تتأثر الأسلاك التي يسري فيها تيارات كهربائية بقوى عند وضعها في مجالات مغناطيسية. وفي هذه الحالة يمكن أن تكون القوة إلى أسفل (**a**) أو إلى أعلى (**b**)، وهذا يعتمد على اتجاه التيار الكهربائي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 19 4/8/19 2:17 PM

موقع
حلول كتبي

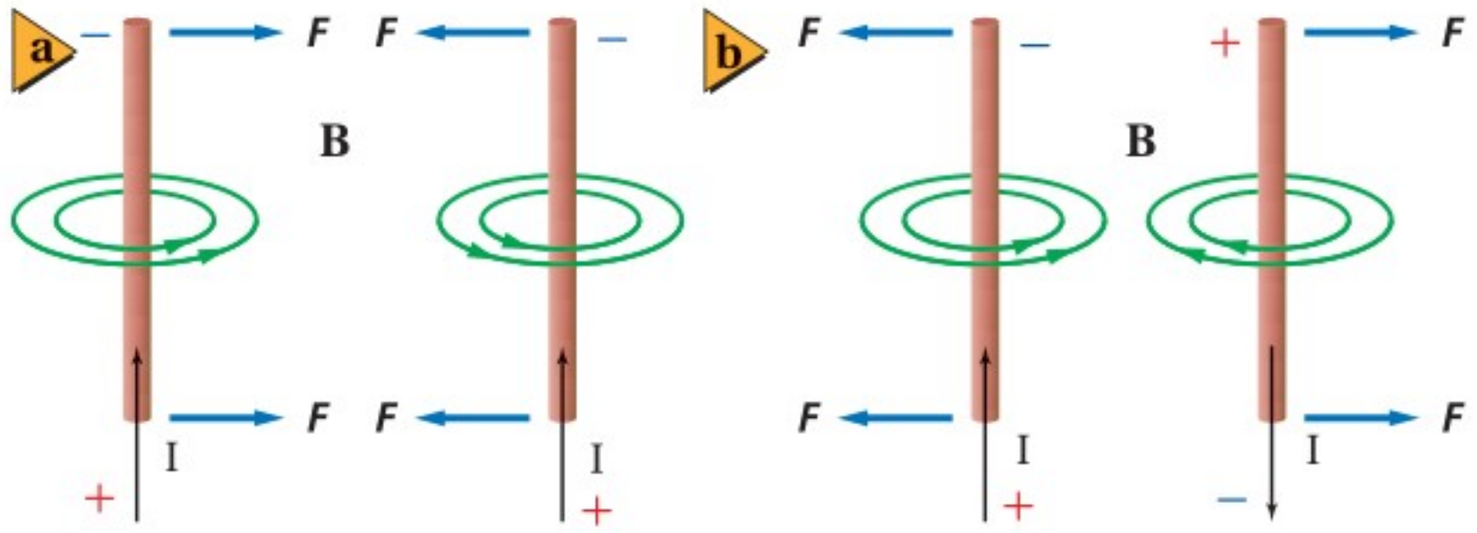


■ **الشكل 16–1** يمكن استعمال القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة عند معرفة اتجاه كل من التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي.

القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار وموضوع في مجال مغناطيسي باستخدام **القاعدة الثالثة لليد اليمنى**، الموضّحة في **الشكل 16–1**؛ حيث يمثِّل الرمز **B** المجال المغناطيسي، ويحدّد اتجاهه بواسطة مجموعة أسهم. ولاستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى اجعل أصابع يدك اليمنى في اتجاه المجال المغناطيسي، واجعل إبهامك يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، فيكون اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك في اتجاه العمودي على باطن الكف نحو الخارج. ولرسم الأسهم المتجهة إلى داخل الورقة أو خارجها يستخدم الرمز (×) للإشارة إلى أن السهم داخل في الورقة، والرمز (•) للإشارة إلى أنه خارج من الورقة.

بعد فترة وجيزة من إعلان أورستد عن اكتشافه الذي ينص على أن اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في سلك يكون متعامدًا مع اتجاه سريان التيار فيه، استطاع أمبير أن يبين أن الأسلاك التي يسري فيها تيارات كهربائية يؤثر بعضها في بعض بقوى. يوضّح **الشكل 17a–1** اتجاه المجال المغناطيسي حول كلٍّ من السلكين، حيث يحدّد هذا الاتجاه بالقاعدة الأولى لليد اليمنى. وبتطبيق القاعدة الثالثة لليد اليمنى على كلٍّ من السلكين يمكن أن تتبين لماذا يجذب السلكان كل منهما الآخر. ويبين **الشكل 17b–1** الحالة المعاكسة؛ فعندما يكون التياران في اتجاهين متعاكسين تنشأ قوة تنافر بينهما.

القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في سلك يمكن تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار عند وضعه عموديًّا على مجال مغناطيسي؛ حيث دلت التجارب على



■ **الشكل 17–1** يتجاذب الموصلان عندما يسري التياران فيهما في الاتجاه نفسه (**a**)، ويتنافران عندما يسري التياران فيهما في اتجاهين متعاكسين (**b**).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 20 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي

أن مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك F تتناسب طرديا 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 المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي

$$F = ILB\ (\sin\theta)$$

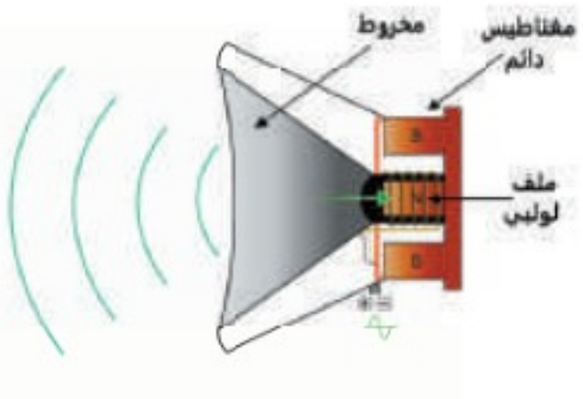
تساوي حاصل ضرب شدة المجال المغناطيسي في مقدار التيار وطول السلك.

يُقاس مقدار المجال المغناطيسي B بوحدة تسلا T؛ وهي تساوي $1\ N/A.m$.

لاحظ أنه إذا كان المجال المغناطيسي غير متعامد مع السلك فستظهر المركبة العمودية للمجال المغناطيسي في المعادلة السابقة لتصبح كما يأتي: $F=ILB\sin\theta$. فإذا أصبح السلك موازيًا للمجال المغناطيسي تصبح $\theta = 0^\circ$، وستؤول القوة إلى الصفر. أما عندما تكون الزاوية $\theta=90^\circ$ فستصبح المعادلة مرة أخرى على الصورة الآتية: $F=ILB$.

مُكبِّرات الصوت Loudspeakers

تعد مكبرات الصوت إحدى التطبيقات العملية على القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي موضوع في مجال مغناطيسي. تعمل السماعة على تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة صوتية باستخدام ملف من سلك رفيع مثبت على مخروط ورقي، وهذا المخروط موضوع في مجال مغناطيسي. يرسل المضخم الذي يشغل السماعة تيارًا كهربائيًا خلال الملف كما هو موضح في **الشكل 18–1**، ويتغير اتجاه هذا التيار بين 20 و 20000 مرة في الثانية، وذلك وفقًا لحدة الصوت التي 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.

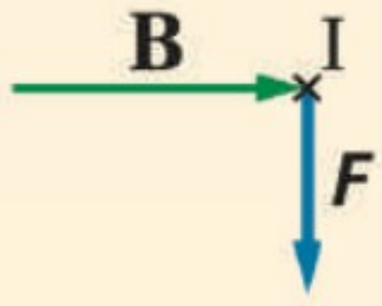


الشكل 18–1 تعمل السماعة على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية.

مثال 1

حساب شدة المجال المغناطيسي يسري تيار كهربائي مقداره 5.0 A في سلك مستقيم موضوع عموديًا على مجال مغناطيسي منتظم، فإذا كانت القوة المغناطيسية المؤثرة في جزء طوله 0.10 m من السلك تساوي 0.20 N فاحسب شدة المجال المغناطيسي B.

1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم رسمًا تخطيطيًّا للسلك، مبينًا اتجاه التيار الكهربائي بواسطة سهم، وارسم خطوط المجال المغناطيسي B والقوة المؤثرة في السلك F.
- حدّد اتجاه القوة المؤثرة في السلك باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى. واعلم أن السلك والمجال والقوة جميعها متعامدة بعضها على بعض.

المعلوم		المجهول
$L = 0.10\ m$	$I = 5.0\ A$	$B=?$
	$F = 0.20\ N$	

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع
حلول كتبي

2 إيجاد الكمية المجهولة

دليل الرياضيات
إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية ص 230

إن المجال المغناطيسي B منتظم، ولأن I و B متعامدان

$$F = ILB$$

$$B = \frac{F}{IL}$$

بالتعويض $F = 0.20\ N$ ، $I = 5.0\ A$ ، $L = 0.10\ m$

$$B = \frac{0.20\ N}{(5.0\ A)(0.10\ m)}$$

$$= 0.40\ N/A.m$$

$$= 0.40\ T$$

B تساوي 0.40 T من اليسار إلى اليمين عموديًّا على كل من F و I

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

15. ما اسم القاعدة المستخدمة لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي متعامد مع المجال المغناطيسي؟ حدّد ما يجب معرفته لاستخدام هذه القاعدة.

16. يسري تيار مقداره 8.0 A في سلك طوله 0.50 m، موضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.40 T. ما مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك؟

17. سلك طوله 75 cm يسري فيه تيار مقداره 6.0 A موضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم، فتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

18. سلك نحاسي طوله 40.0 cm، ووزنه 0.35 N. فإذا كان السلك يمر فيه تيار مقداره 6.0 A فما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يؤثر فيه رأسيًّا بحيث يكون كافيًا لموازنة قوة الجاذبية المؤثرة في السلك (وزن السلك)؟

19. ما مقدار التيار الذي يجب أن يسري في سلك طوله 10.0 cm وموضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.49 T ليتأثر بقوة مغناطيسية مقدارها 0.38 N؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 22 4/8/19 2:17 PM

موقع
حلول كتبي

■ **الشكل 19–1** إذا وضعت حلقة سلكية يمر فيها تيار في مجال مغناطيسي فسوف تدور (**a**). يدور ملف الجلفانومتر بالتناسب مع مقدار التيار (**b**).

الجلفانومترات Galvanometers

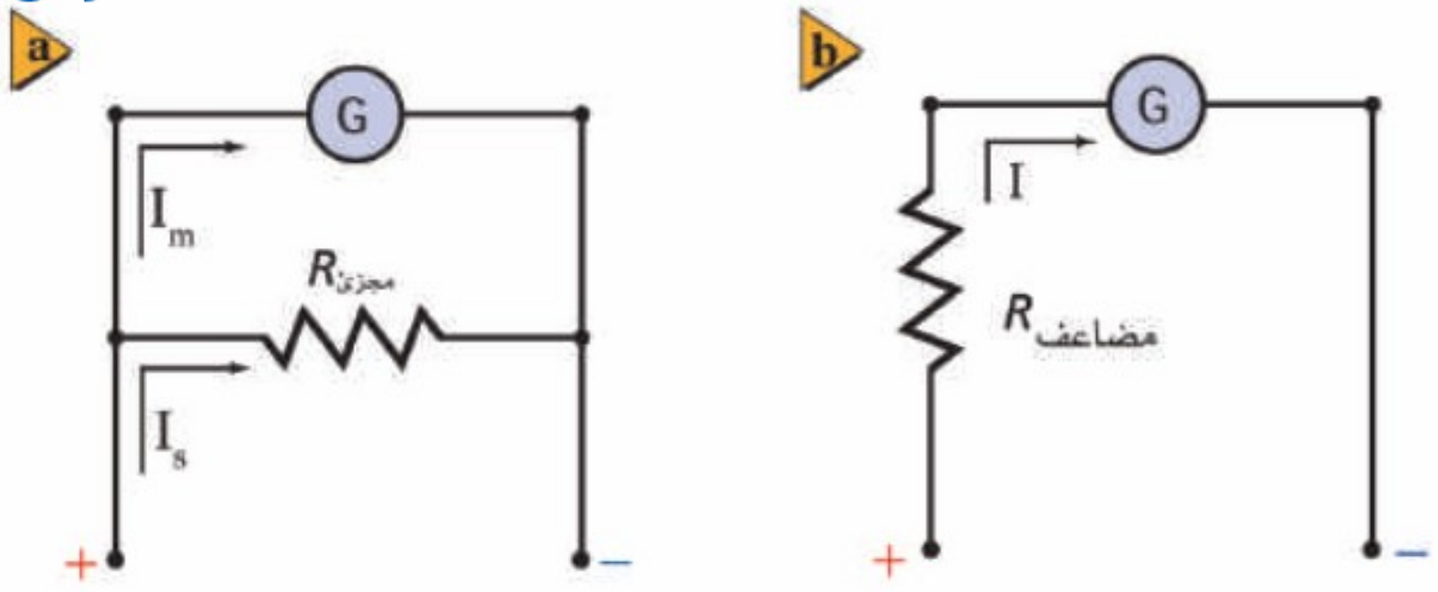
يمكن استخدام القوة المؤثرة في حلقة سلكية موضوعة في مجال مغناطيسي لقياس شدة التيار. فإذا وضعت حلقة سلكية صغيرة يسري فيها تيار كهربائي في مجال مغناطيسي قوي لمغناطيس دائم، كما في الشكل 19a–1 فإنه يمكن استخدام دورانها لقياس تيارات كهربائية صغيرة جدًّا، حيث يدخل التيار المار خلال الحلقة من أحد طرفيها، ويخرج من طرفها الآخر. وبتطبيق القاعدة الثالثة لليد اليمنى على جانبي الحلقة ستلاحظ أن أحد جانبيها يتأثر بقوة إلى أعلى، بينما يتأثر الجانب الآخر بقوة إلى أسفل. لذا ستعمل محصلة العزم على تدوير الحلقة؛ حيث يتناسب العزم المؤثر في الحلقة طرديًّا مع مقدار التيار. وهذا هو المبدأ المستخدم في الجلفانومتر. و**الجلفانومتر** جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية الصغيرة جدًّا، ويمكن تحويله إلى أميتر أو فولتمتر.

يؤثر النابض الصغير في الجلفانومتر بعزم في اتجاه معاكس لاتجاه العزم الناتج عن سريان التيار في الحلقة السلكية، لذا فإن مقدار دورانها يتناسب طرديًّا مع التيار. يُدرّج الجلفانومتر ويعاير بمعرفة مقدار الدوران عند مرور تيار معلوم فيه، كما هو موضّح في **الشكل 19b–1**. ويمكن بعد ذلك استخدام الجلفانومتر لقياس تيارات صغيرة غير معلومة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-2343

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 23 4/8/19 2:17 PM

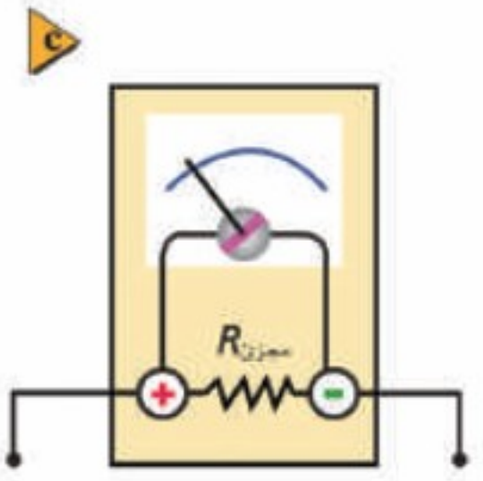
موقع حلول كتبي



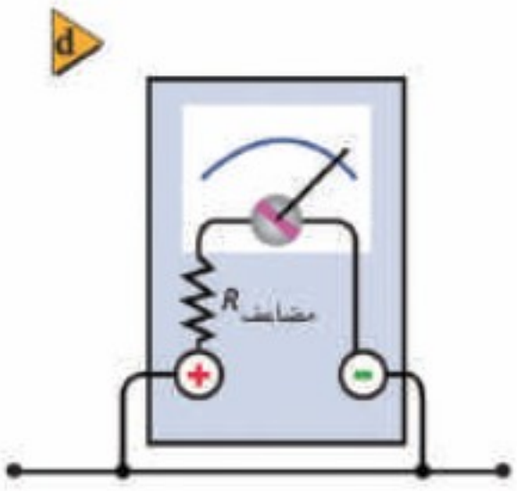
■ **الشكل 20–1** تم توصيل الجلفانومتر بهذه الطريقة لاستخدامه كأميتر (a)، وتم توصيل الجلفانومتر بهذه الطريقة لاستخدامه كفولتمتر (b)، يوصل الأميتر في الدائرة على التوالي (c)، يوصل الفولتميتر في الدائره على التوازي(d).

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.

الأميتر ولقياس تيارات أكبر يمكن تحويل الجلفانومتر إلى أميتر بتوصيل مقاومة صغيرة جدا على التوازي مع الجلفانومتر كما في الشكل **الشكل 20a–1**. لتصبح المقاومة الكلية للأميتر صغيرة جدا ولا تؤثر على مرور التيار عند توصيل الأميتر في الدائرة على التوالي كما في الشكل **الشكل 20c–1**. وبهذا يمر معظم التيار I_s خلال المقاومة التي تسمّى مجزئ التيار؛ لأن مرور التيار يتناسب عكسيًّا مع المقاومة، في حين يمر تيار I_m صغير (بضعة ميكروأمبيرات) في الجلفانومتر. ويمكن اختيار مقاومة مجزئ التيار وفق تدريج الانحراف المطلوب.



الفولتميتر ويمكن تحويل الجلفانومتر إلى فولتمتر بتوصيله بمقاومة كبيرة على التوالي يسمى مجزئ الجهد (المضاعف)، كما في **الشكل 20b–1**. حيث يقيس الجلفانومتر التيار المار في المقاومة الكبيرة الذي تمت إضافته. لتصبح المقاومة الكلية للفولتميتر كبيرة جدا ولا تؤثر على مرور التيار عند توصيل الفولتميتر في الدائرة على التوازي كما في الشكل **الشكل 20d–1**. ويحسب التيار بالعلاقة $I=V/R$؛ حيث V فرق الجهد الكهربائي خلال الفولتمتر، بينما R المقاومة الكلية للجلفانومتر وللمقاومة التي أضيفت. افترض الآن أنك تريد جعل مؤشر الفولتمتر ينحرف إلى أقصى تدريج عند تطبيق فرق جهد مقداره 10 V بين طرفيه، فعليك أن تختار مقاومة مناسبة؛ بحيث يتحقق ذلك الانحراف عندما يمر تيار في الجلفانومتر والمقاومة.



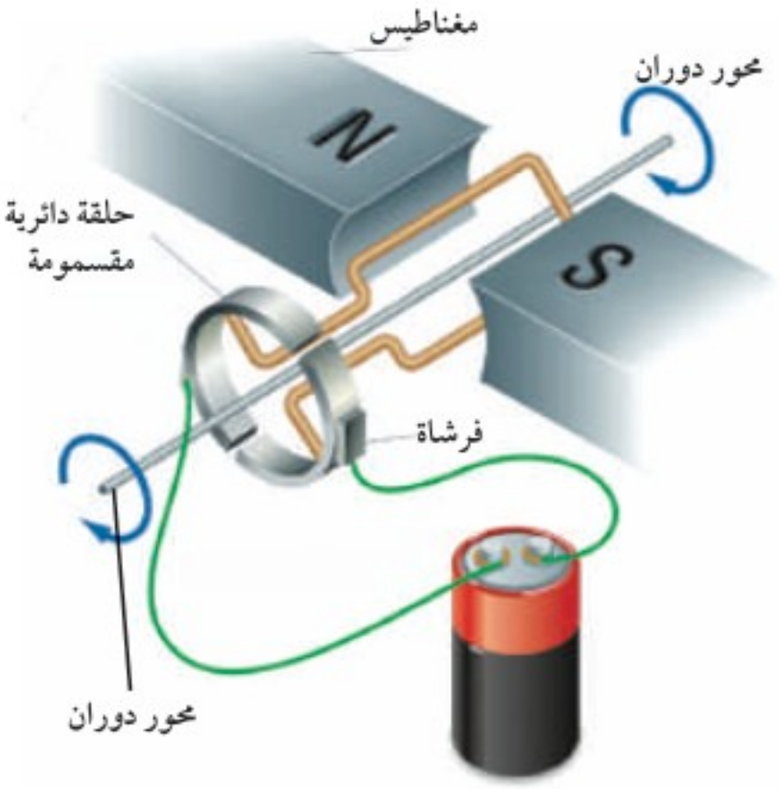
المحركات الكهربائية تَبيّن لك أن الحلقة السلكية البسيطة المستخدمة في الجلفانومتر لا يمكن أن تدور أكثر من 180°؛ حيث تدفع القوى الجانب الأيمن من الحلقة إلى أعلى، بينما تدفع جانبها الأيسر إلى أسفل، حتى تصبح الحلقة في وضع رأسي. ولن تتمكن الحلقة من الاستمرار في الدوران؛ لأن القوى تبقى إلى أعلى وإلى أسفل، أي موازية لمستوى الحلقة، فلا تعود قادرة على إحداث أي دوران فيها.

كيف يمكنك السماح للحلقة بمواصلة دورانها؟ يجب أن ينعكس اتجاه التيار المار في الحلقة عندما تصبح في وضع رأسي. وهذا الانعكاس يسمح للحلقة بمواصلة دورانها، كما هو موضّح في **الشكل 21–1**. ولعكس اتجاه التيار يجب المحافظة على استمرار التوصيلات الكهربائية بين نقطتي تلامس تُسمّيان الفرشاتين، وحلقة مقسومة إلى نصفين تسمى عاكس التيار. وتصنع الفرشاتان في العادة من الجرافيت، وتثبتان بطريقة ما بحيث

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 24 4/8/19 2:17 PM

موقع
حلول كتبي



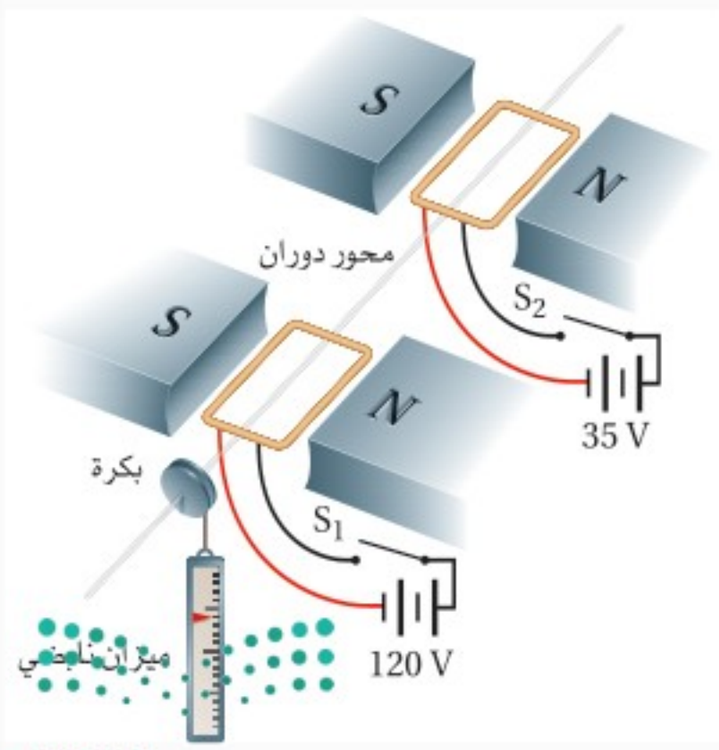
■ **الشكل 21–1** يسمح عاكس التيار (حلقة فلزية مشقوقة) في المحرك الكهربائي بتغيير اتجاه التيار المار في الحلقات السلكية، وبذلك تتمكن الحلقات في المحرك من الدوران 360°.

تلامسان عاكس التيار لتسمحا للتيار بالمرور خلال الحلقة السلكية. عند دوران الحلقة السلكية يدور عاكس التيار أيضًا، ويترتب نصفا عاكس التيار بحيث تتغير الفرشاة الملامسة لكل نصف منهما عندما تصل الحلقة السلكية إلى وضعها الرأسي. ويؤدي تغير تلامس الفرشاتين إلى عكس اتجاه التيار المار في الحلقة السلكية، مما يؤدي إلى عكس اتجاه القوة المؤثر في جانبي الحلقة السلكية، فتُواصل دورانها. ويتكرر ذلك كل نصف دورة، مما يجعل الحلقة تستمر في دورانها في المجال المغناطيسي. والناتج هو **المحرك الكهربائي**، وهو جهاز يستخدم لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية دورانية.

على الرغم من أن **الشكل 21–1** محدد بحلقة سلكية واحدة إلا أن المحرك الكهربائي يتكون من لفات عديدة تثبت على محور دوران وتسمى **الملف ذا القلب الحديدي**. والقوة الكلية المؤثرة فيه تتناسب طرديًّا مع nILB؛ حيث تمثل n عدد لفات الملف، وB المجال المغناطيسي، وI التيار الكهربائي، بينما تمثل L طول السلك في كل لفة تتحرك في المجال المغناطيسي. ويتم إنتاج المجال المغناطيسي إما بمغناطيس دائم، أو بمغناطيس كهربائي. ويتم التحكم في العزم المؤثر في الملف، ومن ثم التحكم في سرعة المحرك، بتغيير التيار المار في المحرك.

مسألة تحفيز

يبين الشكل المجاور محركين كهربائيين متماثلين مستطيلي الشكل طول كل منهما 35 cm وعرضه 17 cm، ومقاومته 12 Ω، وعدد لفاته 48 لفة، على محور دوران واحد في مجال مغناطيسي شدته 0.21 T. (لتبسيط الرسم لم يرسم عاكسَا التيار). وُصل السلك الأحمر بأقصى يسار الضلع الذي يمثل عرض الملف، ثم عاد إلى مؤخرة المحرك على الضلع الذي يمثل طول الملف. ولتعمل جاذبية الأرض على منع محور المحرك من الدوران تم تثبيت بكرة قطرها 7.2 cm على المحور، ومُرِّر عليها حبل كما في الشكل.

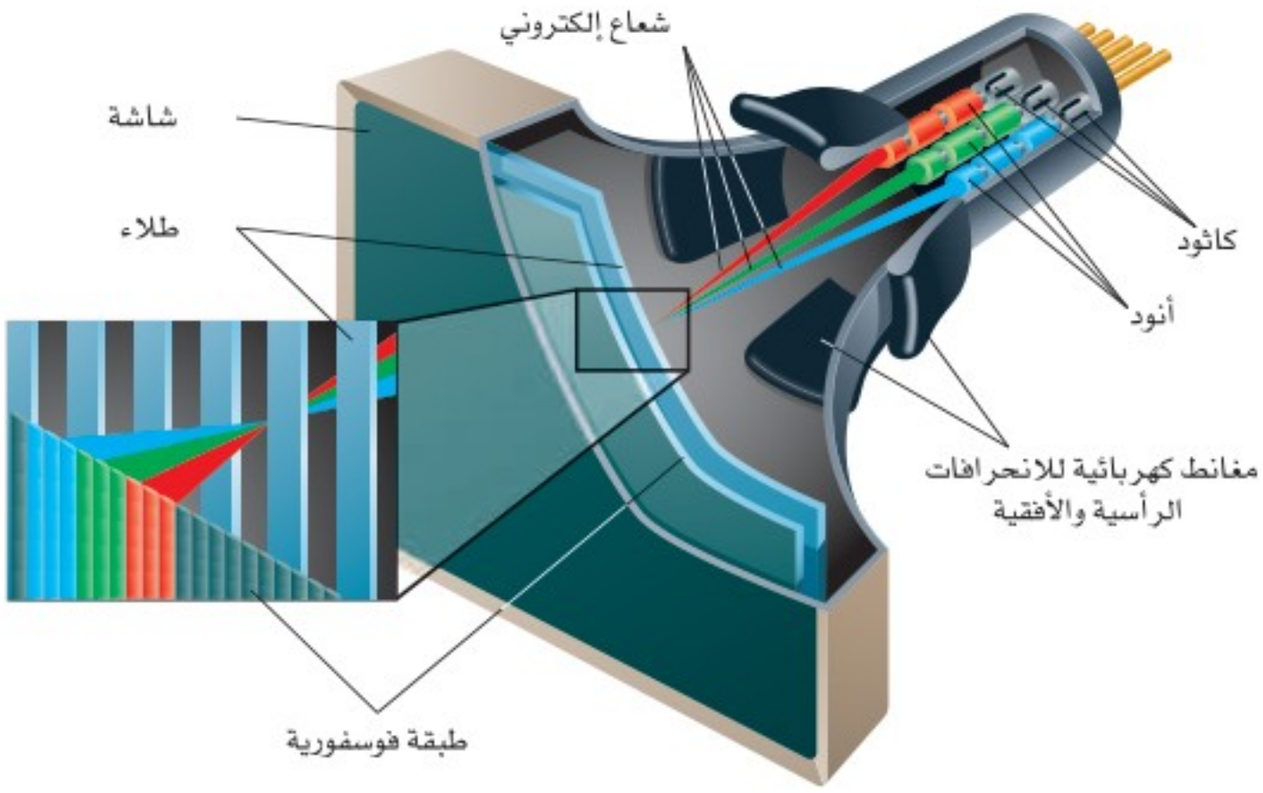


1. اشتق علاقة للعزم المؤثر في الملف وفق الوضع المبين باستخدام $F=ILB$.
2. أوجد مقدار العزم المؤثر في المحور عند إغلاق المفتاح S_1 وفتح المفتاح S_2، وأوجد مقدار القوة المؤثرة في الميزان النابضي.
3. أوجد مقدار العزم المؤثر في المحور عند إغلاق المفتاحين، ومقدار القوة المؤثرة في الميزان النابضي.
4. ماذا يحدث للعزم عند دوران الملف؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 25 4/8/19 2:17 PM

موقع
حلول كتبي



الشكل 22–1 تعمل أزواج من المغانط على انحراف حزمة الإلكترونات رأسيًا وأفقيًا لتشكيل صور للعرض.

القوة المؤثرة في جسيم مشحون
The Force on a Single Charged Particle

لا يقتصر وجود الجسيمات المشحونة في الأسلاك فقط، لكنها قد تتحرك في الفراغ أيضًا؛ حيث يتم إزالة جزيئات الهواء لمنع حدوث التصادمات. ففي أنبوب الأشعة المهبطية المستخدم في شاشات الحاسوب القديمة، وشاشات التلفاز القديمة يستخدم انحراف الإلكترونات بواسطة المجالات المغناطيسية لتشكيل صورة على الشاشة، كما في **الشكل 22–1**.

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، وأفقيًّا ورأسيًّا على الشاشة. وتُطلى الشاشة بطبقة فوسفورية تشع عندما تصطدم الإلكترونات بها، فتنتج الصورة.

تعتمد القوة المغناطيسية الناتجة عن المجال المغناطيسي المؤثرة في الالكترون على كل من سرعة الإلكترون، وشدة المجال المغناطيسي، والزاوية المحصورة بين متجه السرعة واتجاه المجال المغناطيسي. افترض أن إلكترونًا مفردًا يتحرك داخل سلك طوله L، وأن حركة هذا الإلكترون عمودية على اتجاه مجال مغناطيسي؛ لأن التيار I يساوي الشحنة المارة في السلك لكل وحدة زمن، فإن $I = q/t$، حيث q شحنة الإلكترون، 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

موقع حلول كتبي

قيمة $t=L/v$ في معادلة التيار $I=q/t$، نجد أن $I=qv/L$، لذا يمكن حساب القوة المغناطيسية المؤثرة في الإلكترون المتحـــرك عموديا على المجال المغناطيسي B عن طريق المعادلة الآتية:

القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في جسيم مشحون متحرك $F=qvB\ (\sin\theta)$

القوة المؤثرة في جســـيم مشحون متحرك عموديًّا على مجال مغناطيسي تساوي حاصل ضرب شدة المجال المغناطيسي في كل من سرعة الجسيم وشحنته.

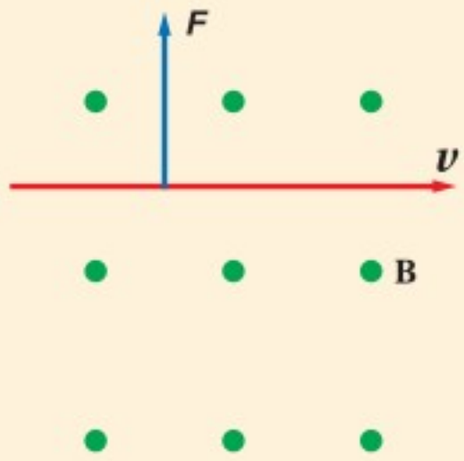
حيث شحنة الجسيم مقيســـة بوحدة الكولوم C، والسرعة مقيســـة بوحدة m /s، وشدة المغناطيس مقيسة بوحدة التسلا T.

ويكون اتجاه القوة دائمًا عموديًّا على كل من اتجاه سرعة الجســـيم واتجاه المجال المغناطيسي. والاتجاه الذي يحدد باســـتخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى يكون خاصًّا بالجسيمات ذات الشحنة الموجبة. أما اتجاه القوة المؤثرة في الإلكترونات فيكون معاكسًا للاتجاه الناتج.

مثـــــال 2

القوة المؤثرة في جسيم مشحون متحرك في مجال مغناطيسي تتحرك حزمة إلكترونات بسـرعة $3.0\times10^{6}\ m/s$ عموديًّا على مجال مغناطيسي منتظم مقداره $4.0\times10^{-2}\ T$. ما مقدار القوة المؤثرة في كل إلكترون؟

1 تحليل المسألة ورسمها



- ارســـم حزمـــة الإلكترونـــات واتجاه حركتها، وخطـــوط المجـــال المغناطيـــسي B والقوة المؤثرة في حزمة الإلكترونـــات F. تذكر أن اتجاه القوة سيكون معاكسًا للاتجاه الناتج بواسطة القاعدة الثالثة لليد اليمنى؛ لأن شحنة الإلكترون سالبة.

المعلوم	المجهول
$v=3.0\times10^{6}\ m/s$	$F=?$
$B=4.0\times10^{-2}\ T$	
$q=-1.60\times10^{-19}\ C$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

$F=qvB$

بالتعويض

$v=3.0\times10^{6}\ m/s$ ،$B=4.0\times10^{-2}\ T$ ،$q=-1.60\times10^{-19}\ C$

$=(-1.60\times10^{-19}\ C)(3.0\times10^{6}\ m/s)(4.0\times10^{-2}\ T)$

$=-1.9\times10^{-14}\ N$

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية ص 230

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** $T=N.s/(C.m)$ و $A=C/s$ و $T=N/(A.m)$
لذا فإن $T.C.m/s=N$ وهي وحدة القوة.
- **هل الاتجاه صحيح؟** استخدم القاعدة الثالثة لليد اليمنى للتأكد من أن اتجاهات القوى صحيحة. وتذكر أن القوة المؤثرة في الإلكترون تكون معاكسة للقوة الناتجة بواسطة القاعدة الثالثة لليد اليمنى.
- **هل الجواب منطقي؟** القوى المؤثرة في البروتونات والإلكترونات دائمًا تشكل جزءًا صغيرًا من النيوتن.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

مسائل تدريبية

20. إلى أي اتجاه يشير الإبهام عند استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لإلكترون يتحرك عموديًّا على مجال مغناطيسي؟

21. يتحرك إلكترون عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 0.50 T بسرعة $4.0\times10^{6}\ m/s$، ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟

22. تتحرك حزمة من الجسيمات الثنائية التأين (فقد كل جسيم إلكترونين، لذا أصبح كل جسيم يحمل شحنتين أساسيتين) بسرعة $3.0\times10^{4}\ m/s$ عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته $9.0\times10^{-2}\ T$، ما مقدار القوة المؤثرة في كل أيون؟

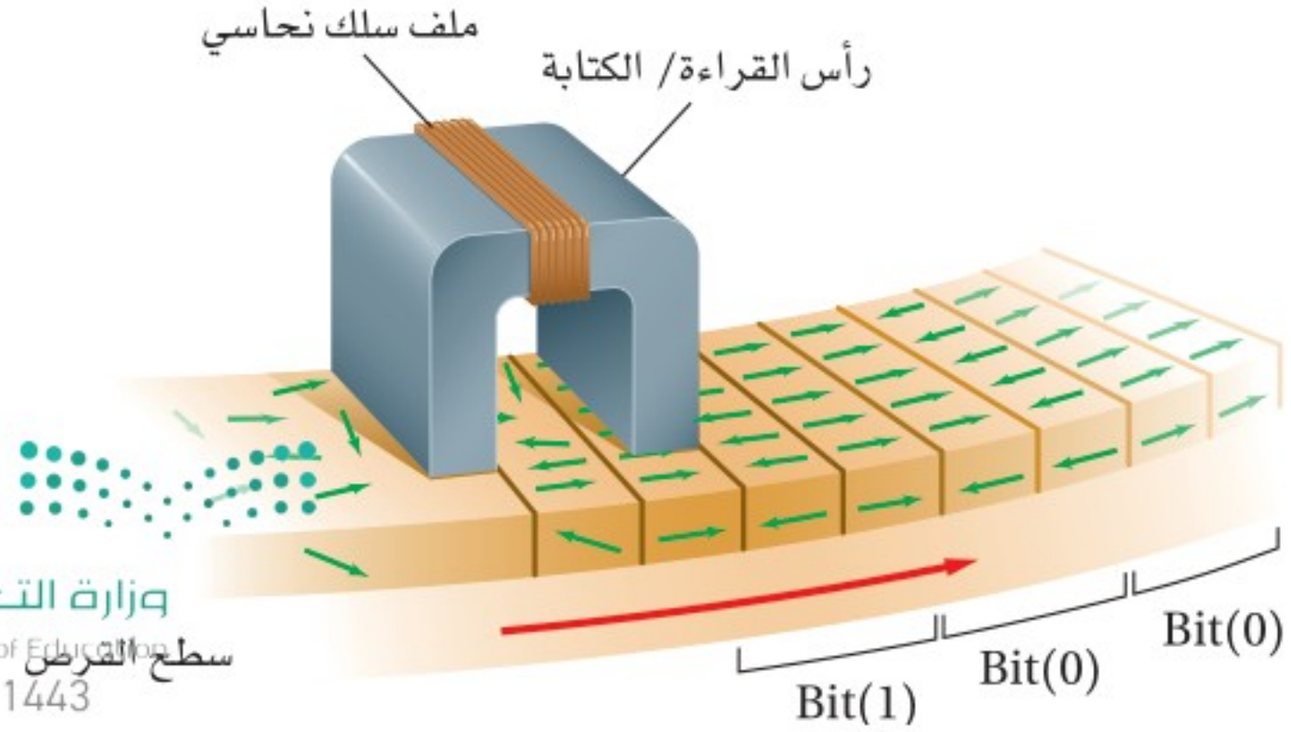
23. دخلت حزمة من الجسيمات الثلاثية التأين (يحمل كل منها ثلاث شحنات أساسية موجبة) عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته $4.0\times10^{-2}\ T$ بسرعة $9.0\times10^{6}\ m/s$. احسب مقدار القوة المؤثرة في كل أيون.

24. تتحرك ذرات هيليوم ثنائية التأين (جسيمات ألفا) بسرعة $4.0\times10^{4}\ m/s$ عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $5.0\times10^{-2}\ T$، ما مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم؟

تخزين المعلومات عن طريق الوسائط المغناطيسية
Storing Information with Magnetic Media

يتم تخزين البيانات وأوامر برمجيات أجهزة الحاسوب 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 في السلك مجالاً مغناطيسيًّا في القلب الحديدي.

عندما يمر رأس القراءة/ الكتابة فوق قرص التخزين الدوّار، كما هو موضّح في **الشكل 23–1**، تترتب ذرات المناطق المغناطيسية الموجودة على الشريحة المغناطيسية في صورة حزم. وتعتمد اتجاهات المناطق المغناطيسية على اتجاه التيار.



الشكل 23–1 تكتب المعلومات على قرص الحاسوب بواسطة تغيير المجال المغناطيسي في رأس القراءة/الكتابة في أثناء مرور الوسيطة تحته. وهذا يجعل الجسيمات المغناطيسية في الوسيطة تترتب بنمط يمثل المعلومات المخزّنة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 28 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي

وتمثل شـفرة كل حزمتين وحدة صغـيرة (bit) واحدة من المعلومـات. وتمثل الحزمتان المغنطتان اللتان تشـير أقطابهما إلى الاتجاه نفسـه الرمز 0. أما الحزمتان المغنطتان اللتان تشـير أقطابهما إلى اتجاهين متعاكسين فتمثلان الرمز 1. وينعكس تيار التسجيل دائمًا عندما يبدأ رأس القراءة/ الكتابة بتسجيل وحدة المعلومة اللاحقة.

لاسـترجاع المعلومات لا يتم إرسـال أي تيار إلى رأس القراءة/ الكتابة، وبدلاً من ذلك تعمل الحزم المغنطة الموجودة عـلى القرص على توليد تيار في الملف بطريقة الحث عندما يـدور القرص تحت الـرأس. وتغيرات اتجاه التيار المتولد بالحث تُستشـعر بالحاسـوب باستعمال النظام الثنائي في العد (صفر، واحد).

2–1 مراجعة

25. **القوى المغناطيسية** تخيل أن سـلكًا يمتد شرق – غـرب متعامدًا مـع المجـال المغناطيسي الأرضي، ويسري فيه تيار إلى الشرق، فما اتجاه القوة المؤثرة في السلك؟

26. **الانحراف** تقترب حزمـة إلكترونـات في أنبوب الأشـعة المهبطية من المغانط التي تحرفها. فإذا كان القطب الشـمالي في أعلى الأنبوب والقطب الجنوبي في أسفله، وكنت تنظر إلى الأنبوب من جهة الشاشة الفوسفورية، ففي أي اتجاه تنحرف الإلكترونات؟

27. **الجلفانومتر** قارن بين مخطـط الجلفانومتر الموضّح في الشـكل **19-1** ومخطـط المحـرك الموضّـح في الشكل **21-1**. ما أوجه التشابه والاختلاف بينهما؟

28. **المحركات الكهربائية** عندما يتعامد مسـتوى ملف المحرك مع المجـال المغناطيسي لا تنتج القوى عزمًا على الملف، فهل هذا يعني أن الملف لا يدور؟ وضّح إجابتك.

29. **المقاومة الكهربائية** يحتاج جلفانومتر إلى 180 μA لكـي ينحرف مؤشره إلى أقصى تدريـج. ما مقدار المقاومـة الكلية (مقاومـة الجلفانومـتر ومقاومة المجزئ) اللازمـة للحصول عـلى فولتمتر أقصى تدريج يقيسه 5.0 V؟

30. **التفكير الناقد** كيف يمكنك معرفة أن القوتين بين سلكين متوازيين يمر فيهما تياران ناتجتان عن الجذب المغناطيـسي بينهما وليسـتا ناتجتين عـن الكهرباء السكونية؟ *تنبيه: فكر في نوع الشحنات عندما تكون القوة تجاذبًا، ثم فكر في القـوى عندما يكون هناك ثلاثة أسلاك متوازية تحمل تيارات في الاتجاه نفسه.*

موقع حلول كتبي

مختبر الفيزياء

صنع مغناطيس كهربائي

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

سؤال التجربة

ما العوامل التي تحدّد قوة مغناطيس كهربائي؟

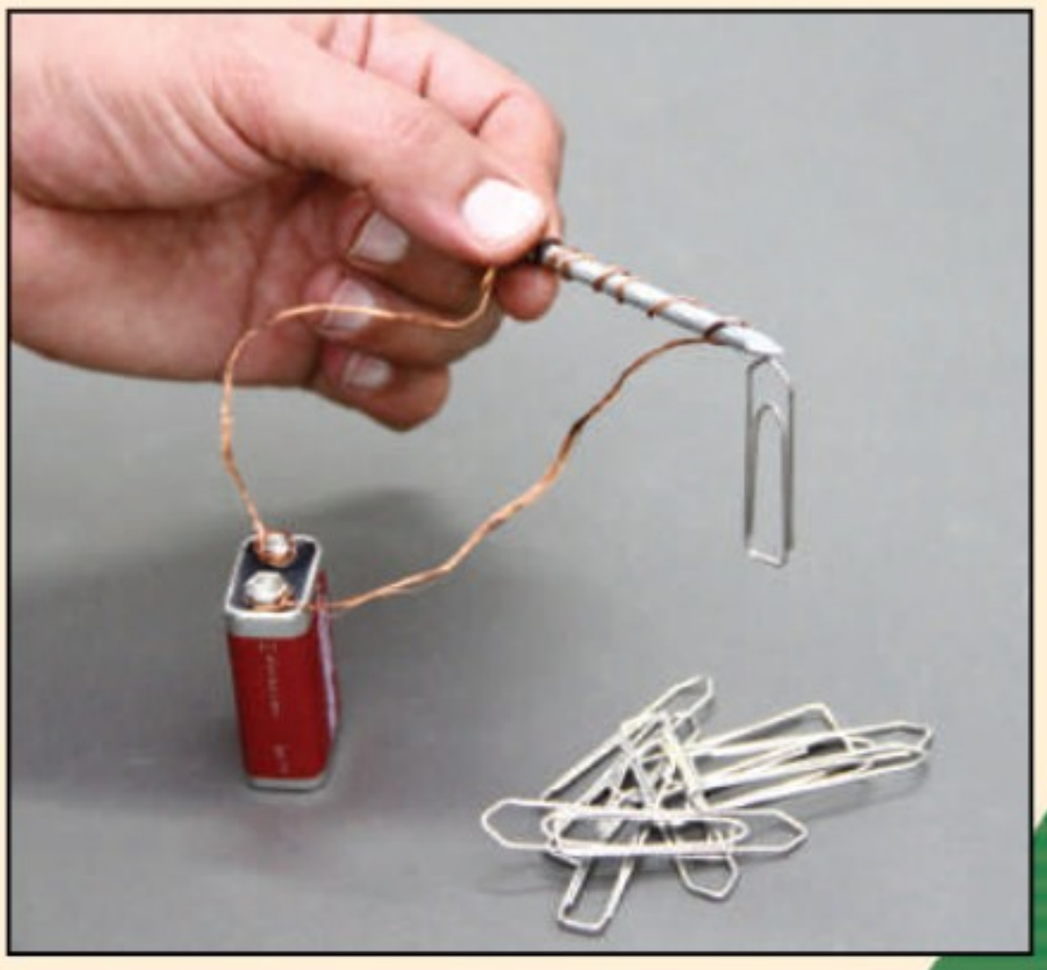
الأهداف

- **تكوِّن فرضية** لتحديد المتغيرات التي قد تؤثر في قوة المغناطيس الكهربائي.
- **تلاحظ** التأثيرات في قوة المغناطيس الكهربائي.
- **تجمع وتنظم البيانات** المتعلقة بمقارنة المتغير الذي اخترته مع قوة المغناطيس.
- **تنشئ 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 V
بطارية 9 V	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 بها 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 حادًّا. لذا كن حذرًا عند استعمال هذه المواد لتجنب حدوث جروح.***
9. اطلب إلى معلمك أن يتفحص مغناطيسك قبل المتابعة.
10. نفذ تجربتك ودوّن بياناتك. ***تحذير: إذا استعملت قطع الفولاذ الصغيرة فتجنب الإصابة بالجروح عند التقاط القطع في أثناء سقوطها على الأرض.***

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 30 4/8/19 2:17 PM

موقع
حلول كتبي

جدول البيانات	
عدد.....	عدد.....

التحليل

1. **أنشئ الرسوم البيانية واستخدمها** ارسم رسمًا بيانيًّا 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 قدّرت 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 طلاب آخرون في الصف وتؤثر أيضًا في قوة المغناطيس الكهربائي؟
3. هل وجدت أي متغيرات، في أي مجموعة، لا تؤثر في قوة المغناطيس الكهربائي؟

التوسع في البحث

1. قارن بين المتغيرات المختلفة التي وجد الطلاب أنها تؤثر في قوة المغناطيس، وهل تُظهر أي من المتغيرات أنها تُحدث زيادة كبيرة في القوة المغناطيسية 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 مغناطيس كهربائي قوي لاستخدامه في حيز صغير، داخل حاسوب شخصي مثلاً، فما الطريقة التي يمكن من خلالها زيادة قوة المغناطيس الكهربائي خلال هذا الحيز الصغير؟
2. تحوي بعض البنايات مغانط كهربائية معلقة على الجدران تعمل على جعل أبواب الطوارئ مفتوحة عندما تكون البناية مأهولة بالسكان، وهي تشبه الأدوات التي توضع خلف الأبواب للتحكم في فتحها أو إغلاقها.
بالتفكير في نظام إنذار الحريق والإجراءات التي يحتاج إليها للسيطرة على الحريق، ما الفائدة من استخدام مثل هذا النظام في جعل الأبواب مفتوحة؟ وكيف يمكن لهذا النظام أن يكون ميزة جيدة أو سيئة في حالة حدوث كارثة طبيعية؟
3. تعمل بعض الأجراس الكهربائية عن طريق ضرب جانب جرس فلزي على شكل قبة بذراع فلزي. كيف يعمل المغناطيس الكهربائي في هذا الجرس؟ وكيف يمكن توصيل الجرس بطريقة تسمح للذراع بضرب الجرس باستمرار إلى أن ينقطع التيار الكهربائي؟

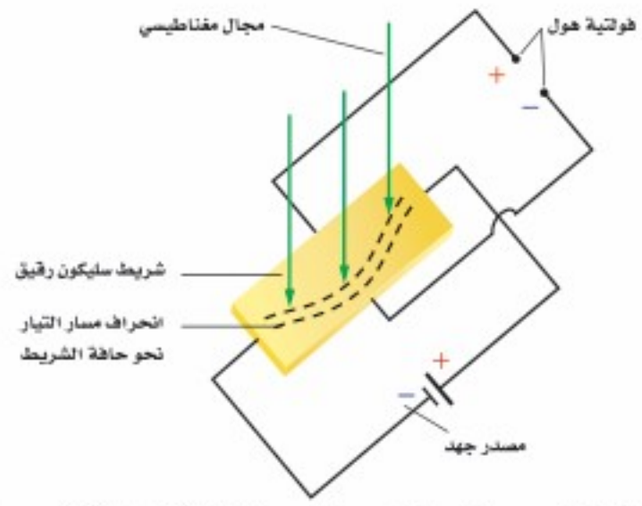
وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 31 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي

تأثير هول The Hall Effect

بعض الأشياء البسيطة ومنها انحراف الجسيمات المشحونة بواسطة المجالات المغناطيسية قادت إلى ثورة في كيفية قياس حركة الأشياء، ومنها دواليب الدراجة الهوائية، وحركة عمود الكرنك في السيارة؛ فجميعها تبدأ عند مرور تيار كهربائي خلال موصل عريض ومسطح في وجود مجال مغناطيسي.



يؤدي المجال المغناطيسي إلى مزيد من انحراف الإلكترونات نحو حافة الشريط الرقيق. وهذا يولد ما يسمى فولتية هول.

تكون خطوط القوى للمجال المغناطيسي متعامدة مع سطح الشريط العريض، وهذا يجعل الإلكترونات المتدفقة تتركّز عند جانب واحد من الشريط. وهذا يؤدي إلى أن تنتج فولتية بين طرفي عرض الشريط تسمى فولتية هول، يعتمد مقدارها على شدة المجال المغناطيسي.

اكتشف العالم إدوين هول هذا التأثير عام 1879م. وفي الآونة الأخيرة فقط اكتشفت الأهمية العلمية والصناعية لهذه الظاهرة؛ لأن فولتية هول في الأشرطة الفلزية التقليدية كانت صغيرة. أما الآن فالطبقات الرقيقة جدًّا من السليكون شبه الموصل تنتج فولتية هول كبيرة ولا يستهان بها.

يمكن استخدام تأثير هول للكشف عن موصلية أنواع مختلفة من المواد؛ حيث تزوِّدنا إشارة فولتية تأثير هول بمعلومات عن إشارة الشحنة المتحركة، ويزوِّدنا مقدار الفولتية بمعلومات عن مقدار كثافة الشحنة وسرعتها.

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

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

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

تطبيقات يومية يستخدم مقياس السرعة في الدراجة الهوائية مغناطيسًا دائمًا يُربط مع الدولاب الأمامي. وفي كل دورة للدولاب يقترب المغناطيس من المجس. وتحصى النبضات الناتجة، كما يتم حساب زمنها. وتُستخدم هذه المجسات أيضًا في توقيت إنتاج الشرارة في محركات السيارات؛ فعندما يتحرك المغناطيس المثبت على عمود الكرنك بالقرب من المجس تنتج نبضة جهد، فيطلق نظام الإشعال فورًا شرارة الاشتعال.

التوسع

1. **حلل** لماذا يوضع قطبَا فولتية هول بحيث يكونان متقابلين؟ وماذا يحدث إذا لم يوضعا كذلك؟
2. **التفكير الناقد** هل يمكن لمجال مغناطيسي قوي يؤثر في شريط فلزي موصل أن يغير من مقاومة ذلك الشريط بسبب تأثير هول؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 32 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 1
دليل مراجعة الفصل

1-1 المغانط: الدائمة والمؤقتة Magnets: Permanent and Temporary

المفردات
- المستقطب
- المجال المغناطيسي
- التدفق المغناطيسي
- القاعدة الأولى لليد اليمنى
- الملف اللولبي
- المغناطيس الكهربائي
- القاعدة الثانية لليد اليمنى
- المنطقة المغناطيسية

المفاهيم 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.
- للملف اللولبي الذي يسري فيه تيار كهربائي مجال مغناطيسي، وهذا المجال يشبه المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم.

1-2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية Forces Caused by Magnetic Fields

المفردات
- القاعدة الثالثة لليد اليمنى
- الجلفانومتر
- المحرك الكهربائي
- ملف ذو قلب حديدي

المفاهيم الرئيسة
- تقاس شدة المجال المغناطيسي بوحدة التسلا.
- عند وضع سلك يسري فيه تيار في مجال مغناطيسي فإنه يتأثر بقوة عمودية على اتجاه كل من المجال والسلك.
- القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي تتناسب طرديًّا مع كل من مقدار التيار المار في السلك وطوله وشدة المجال المغناطيسي. $F = ILB$
- يستخدم الجلفانومتر في قياس التيارات الصغيرة، ويحتوي على ملف موضوع في مجال مغناطيسي، وعند مرور تيار كهربائي في الملف يتأثر الملف بقوة تعمل على انحرافه.
- يمكن تحويل الجلفانومتر إلى أميتر بتوصيل ملفه مع مقاومة تسمى مجزئ التيار على التوازي.
- يمكن تحويل الجلفانومتر إلى فولتمتر بتوصيل ملفه مع مقاومة تسمى المضاعف على التوالي.
- يعمل مكبر الصوت أو السماعة عن طريق تغيير التيار المار في ملف موضوع في مجال مغناطيسي. ويتصل الملف بمخروط ورقي يتحرك عندما يتحرك الملف. وعندما يتغير التيار يهتز المخروط محدثًا صوتًا.
- يحتوي المحرك الكهربائي على ملف سلكي موضوع في مجال مغناطيسي، وعندما يمر تيار كهربائي في هذا الملف يدور بتأثير القوة المغناطيسية المؤثرة فيه. ولإكمال دورة كاملة 360° يستخدم عاكس يغيّر اتجاه التيار في الملف كل نصف دورة في أثناء دورانه.
- تعتمد القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في جسيم مشحون على ثلاثة عوامل: سرعة الجسيم وشحنته ومقدار المجال المغناطيسي. ويكون اتجاه القوة متعامدًا مع كل من اتجاه المجال وسرعة الجسيم. $F = qvB$
- في شاشات الحاسوب والتلفاز تستخدم المغانط في توجيه وتركيز الجسيمات المشحونة على شاشات مفسفرة؛ حيث ينبعث ضوء عند اصطدام تلك الجسيمات بالشاشة، فتتكون الصورة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

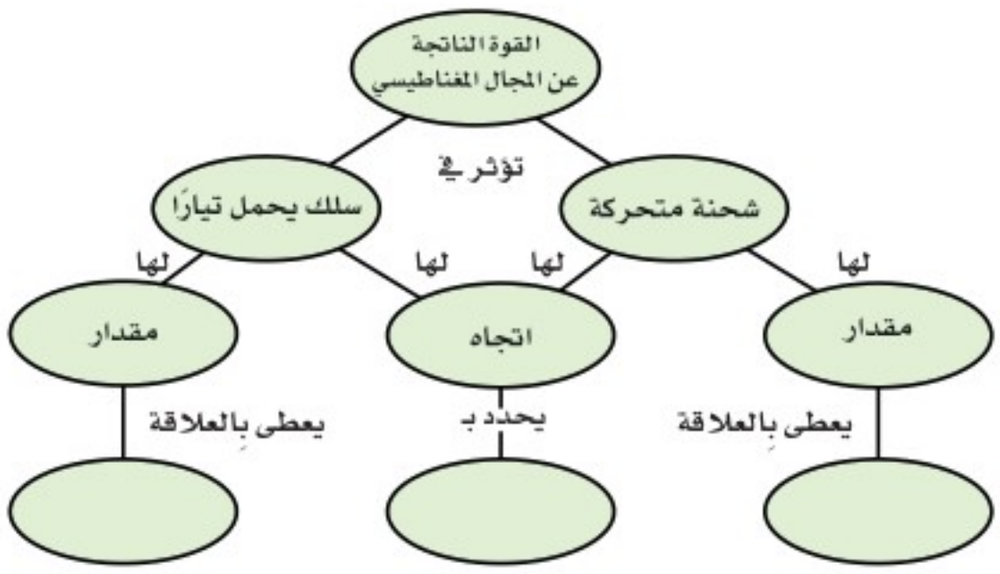
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 33 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 1 التقويم

خريطة المفاهيم

31. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: قاعدة اليد اليمنى، $F=qvB$، $F=ILB$.



إتقان المفاهيم

32. اكتب قاعدة التنافر والتجاذب المغناطيسي.

33. صف كيف يختلف المغناطيس الدائم عن المغناطيس المؤقت.

34. سمِّ العناصر المغناطيسية الثلاثة الأكثر شيوعًا.

35. ارسم قضيبًا مغناطيسيًّا صغيرًا، وبيّن خطوط المجال المغناطيسي التي تظهر حوله، واستخدم الأسهم لتحديد اتجاه خطوط المجال.

36. ارسم المجال المغناطيسي بين قطبين مغناطيسيين متشابهين وبين قطبين مغناطيسيين مختلفين مبينًا اتجاهات المجال.

37. إذا كسرت مغناطيسًا جزأين فهل تحصل على قطبين منفصلين شمالي وجنوبي؟ وضّح إجابتك.

38. صف كيفية استخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يسري فيه تيار كهربائي.

39. إذا مرّ تيار كهربائي في سلك على شكل حلقة يسري فيه تيار كهربائي فلماذا يكون المجال المغناطيسي داخل الحلقة أكبر من خارجها؟

40. صف كيفية استخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى لتحديد قطبي مغناطيس كهربائي.

41. كل إلكترون في قطعة حديد يشبه مغناطيسًا صغيرًا جدًّا، إلا أن قطعة الحديد قد لا تكون مغناطيسًا. لماذا؟ وضّح إجابتك.

42. لماذا يضعف المغناطيس عند طرقه أو تسخينه؟

43. صف كيفية استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي.

44. مر تيار كهربائي كبير في سلك فجأة، ومع ذلك لم يتأثر بأي قوة، فهل تستنتج أنه لا يوجد مجال مغناطيسي في موقع السلك؟ وضّح إجابتك.

45. ما جهاز القياس الكهربائي الناتج عن توصيل مجزئ تيار مع الجلفانومتر؟

تطبيق المفاهيم

46. أُخفِي مغناطيس صغير في موقع محدّد داخل كرة تنس. صف تجربة يمكنك من خلالها تحديد موقع كل من القطب الشمالي والقطب الجنوبي للمغناطيس.

47. انجذبت قطعة فلزية إلى أحد قطبي مغناطيس كبير. صف كيف يمكنك معرفة ما إذا كانت القطعة الفلزية مغناطيسًا مؤقتًا أم مغناطيسًا دائمًا؟

48. 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.

49. **البوصلة** افترض أنك تهت في غابة، لكنك تحمل بوصلة، ولسوء الحظ كان اللون الأحمر المحدد للقطب الشمالي غير واضح، وكان معك مصباح يدوي وبطارية وسلك. كيف يمكنك تحديد القطب الشمالي للبوصلة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 34 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي

50. يمكن للمغناطيس جذب قطعة حديد ليست مغناطيسًا دائمًا، كما يمكن لقضيب مطاط مشحون جذب عازل متعادل. صف العمليات المجهرية المختلفة التي تُنتج هذه الظواهر المتشابهة.

51. سلك موضوع على طول طاولة المختبر، يسري فيه تيار. صف طريقتين على الأقل يمكنك بهما تحديد اتجاه التيار المار فيه.

52. في أي اتجاه بالنسبة للمجال المغناطيسي يمكنك إمرار تيار كهربائي في سلك بحيث تكون القوة المؤثرة فيه صغيرة جدًّا أو صفرًا؟

53. سلكان متوازيان يسري فيهما تياران متساويان.

a. إذا كان التياران متعاكسين فأين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين أكبر من المجال الناتج عن أي منهما منفردًا؟

b. أين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين مساويًا ضعف المجال الناتج عن سلك منفرد؟

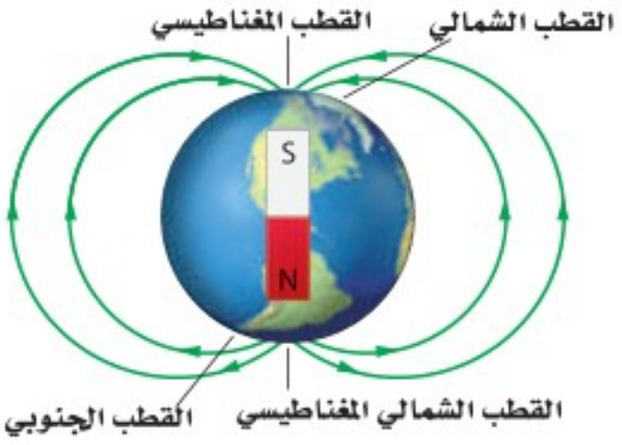
c. إذا كان التياران في الاتجاه نفسه فأين يكون المجال الكلي صفرًا؟

54. كيف يتغير أقصى تدريج للفولتمتر إذا زادت قيمة المقاومة؟

55. يمكن للمجال المغناطيسي أن يؤثر بقوة في جسيم مشحون، فهل يمكن للمجال أن يغير الطاقة الحركية للجسيم؟ وضّح إجابتك.

56. تتحرك حزمة بروتونات من الخلف إلى الأمام في غرفة، فانحرفت إلى أعلى عندما أثر فيها مجال مغناطيسي. ما اتجاه المجال المغناطيسي المسبب لانحرافها؟

57. انظر خطوط المجال المغناطيسي الأرضي الموضحة في **الشكل 24–1**. أين يكون المجال المغناطيسي أكبر: عند القطبين أم عند خط الاستواء؟ وضّح إجابتك.

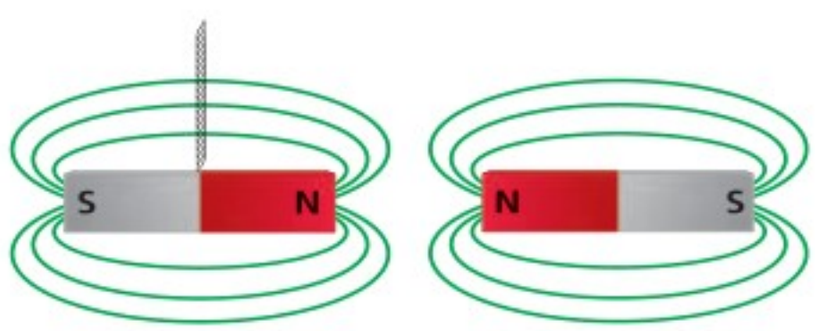


الشكل 24–1

إتقان حل المسائل

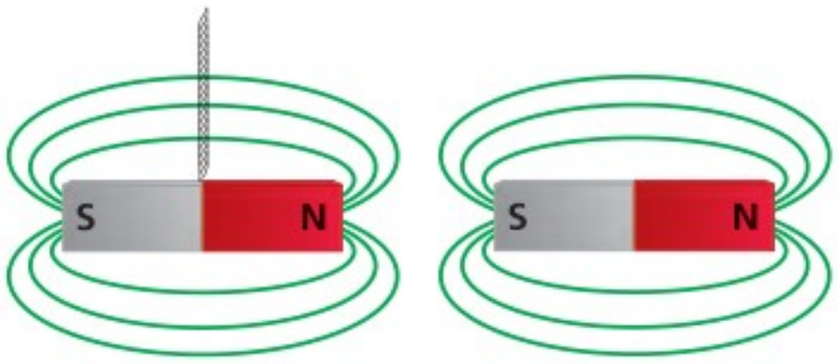
1–1 المغانط: الدائمة والمؤقتة

58. ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط عند تقريب المغناطيس الموضّح في **الشكل 25–1** منه؟



الشكل 25–1

59. ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط عند تقريب المغناطيس الموضّح في **الشكل 26–1** منه؟



الشكل 26–1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 35 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي

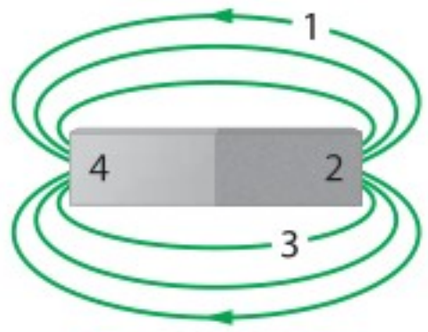
تقويم الفصل 1

60. ارجع إلى **الشكل 27–1** للإجابة عن الأسئلة الآتية:

a. أين يقع القطبان؟

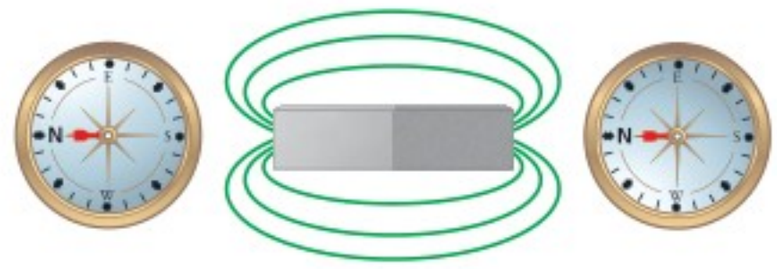
b. أين يقع القطب الشمالي؟

c. أين يقع القطب الجنوبي؟



الشكل 27–1

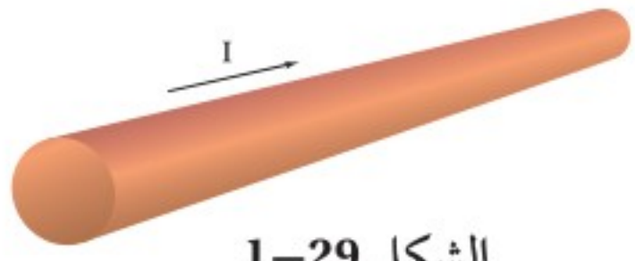
61. يمثل **الشكل 28–1** استجابة البوصلة في موقعين مختلفين بالقرب من مغناطيس. أين يقع القطب الجنوبي للمغناطيس؟



الشكل 28–1

62. سلك طوله 1.50 m يسري فيه تيار مقداره 10.0 A، وضع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

63. يسري تيار اصطلاحي في سلك، كما هو موضّح في **الشكل 29–1**. ارسم قطعة السلك في دفترك، ثم ارسم خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



الشكل 29–1

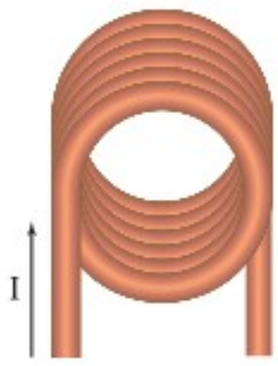
64. إذا كان التيار الاصطلاحي في **الشكل 30–1** خارجًا من مستوى الورقة فارسم الشكل في دفترك، ثم ارسم المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.

الشكل 30–1

65. يبين **الشكل 31–1** طرف مغناطيس كهربائي يسري خلاله تيار كهربائي.

a. ما اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقات؟

b. ما اتجاه المجال المغناطيسي خارج الحلقات؟



الشكل 31–1

66. **المغانط الخزفية** قيست قوى التنافر بين مغناطيسين خزفيين، ووجد أنها تعتمد على المسافة، كما هو موضّح في **الجدول 1–1**.

a. مثّل بيانيًّا القوة كدالة مع المسافة.

b. هل تخضع هذه القوة لقانون التربيع العكسي؟

الجدول 1–1

المسافة d (cm)	القوة F (N)
1.0	3.93
1.2	0.40
1.4	0.13
1.6	0.057
1.8	0.030
2.0	0.018
2.2	0.011
2.4	0.0076
2.6	0.0053
2.8	0.0038
3.0	0.0028

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

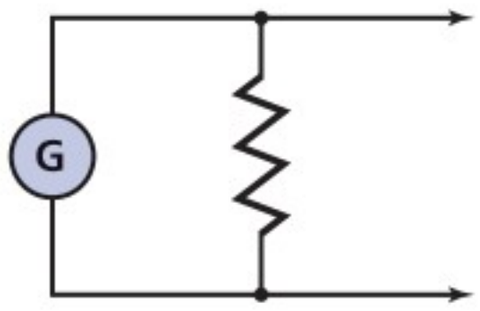
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 36 4/8/19 2:17 PM

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 1

2–1 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

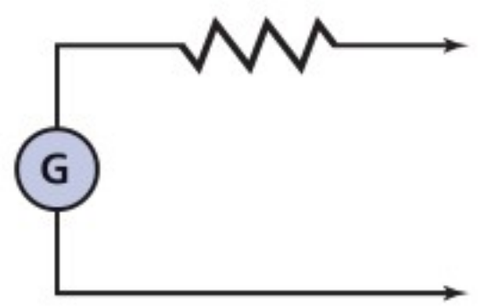
67. يستخدم المخطط الموضّح في **الشكل 32–1** لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



الشكل 32–1

68. ماذا تسمّى المقاومة في **الشكل 32–1**؟

69. يستخدم المخطط الموضّح في **الشكل 33–1** لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



الشكل 33–1

70. ماذا تسمّى المقاومة في **الشكل 33–1**؟

71. سلك طوله 0.50 m، يسري فيه تيار مقداره 8.0 A، وضع عموديًّا على مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.40 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

72. يسري تيار مقداره 5.0 A في سلك طوله 0.80 m، وضع عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T. ما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

73. يسري تيار مقداره 6.0 A في سلك طوله 25 cm، فإذا كان السلك موضوعًا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.30 T عموديًّا عليه فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

74. يسري تيار مقداره 4.5 A في سلك طوله 35 cm، فإذا كان السلك موضوعًا في مجال مغناطيسي مقداره 0.53 T وموازيًا له فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

75. سلك طوله 625 m متعامد مع مجال مغناطيسي مقداره 0.40 T، تأثر بقوة مقدارها 1.8 N، ما مقدار التيار المار فيه؟

76. يؤثر المجال المغناطيسي الأرضي بقوة مقدارها 0.12 N في سلك عمودي عليه طوله 0.80 m. ما مقدار التيار المار في السلك؟ استعمل المقدار 5.0×10^{-5} T للمجال المغناطيسي للأرض.

77. إذا كانت القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي مقداره 0.80 T في سلك يسري فيه تيار 7.5 A متعامد معه تساوي 3.6 N فما طول السلك؟

78. سلك لنقل القدرة الكهربائية يسري فيه تيار مقداره 225 A من الشرق إلى الغرب، وهو موازٍ لسطح الأرض.

a. ما القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي الأرضي في كل متر منه؟ استعمل:

$$B_{\text{أرض}} = 5.0 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

b. ما اتجاه هذه القوة؟

c. تُرى، هل تعدّ هذه القوة مهمة في تصميم البرج الحامل للسلك؟ وضّح إجابتك.

79. **الجلفانومتر** ينحرف مؤشر الجلفانومتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره 50.0 μA

a. ما مقدار المقاومة الكلية للجلفانومتر ليصبح أقصى تدريج له 10.0 V عند انحرافه بالكامل؟

b. إذا كانت مقاومة الجلفانومتر 1.0 kΩ فما مقدار المقاومة الموصولة على التوالي (المضاعف)؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COUR.CH01.indd 37 4/8/19 2:52 PM

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 1

80. استُخدم الجلفانومتر في المسألة السابقة لصنع أميتر أقصى تدريج له 10 mA، فما مقدار:

a. فرق الجهد خلال الجلفانومتر إذا مر فيه 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؟

81. تتحرك حزمة إلكترونات عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $6.0\times10^{-2}\ T$، وبسرعة $2.5\times10^{6}\ m/s$. ما مقدار القوة المؤثرة في كل إلكترون؟

82. **الجسيم الأولي** تحرك ميون (جسيم له شحنة مماثلة لشحنة الإلكترون) بسرعة $4.21\times10^{7}\ m/s$ عموديًّا على مجال مغناطيسي، فتأثر بقوة $5.00\times10^{-12}\ N$، ما مقدار:

a. المجال المغناطيسي؟

b. التسارع الذي يكتسبه الجسيم إذا كانت كتلته $1.88\times10^{-28}\ kg$؟

83. إذا كانت القوة المؤثرة في جسيم أحادي التأين $4.1\times10^{-13}\ N$ عندما تحرك عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.61 T، فما مقدار سرعة هذا الجسيم؟

84. يسري تيار كهربائي في حلقة سلكية موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم قوي داخل غرفة. افترض أنك أدرت الحلقة بحيث لم يعد هناك أي ميل لها للدوران نتيجة للمجال المغناطيسي، فما اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة إلى مستوى الحلقة؟

85. أثرت قوة $5.78\times10^{-16}\ N$ في جسيم مجهول الشحنة، ومتحرك بسرعة $5.65\times10^{4}\ m/s$ عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $3.20\times10^{-2}\ T$، ما عدد الشحنات الأساسية التي يحملها الجسيم؟

مراجعة عامة

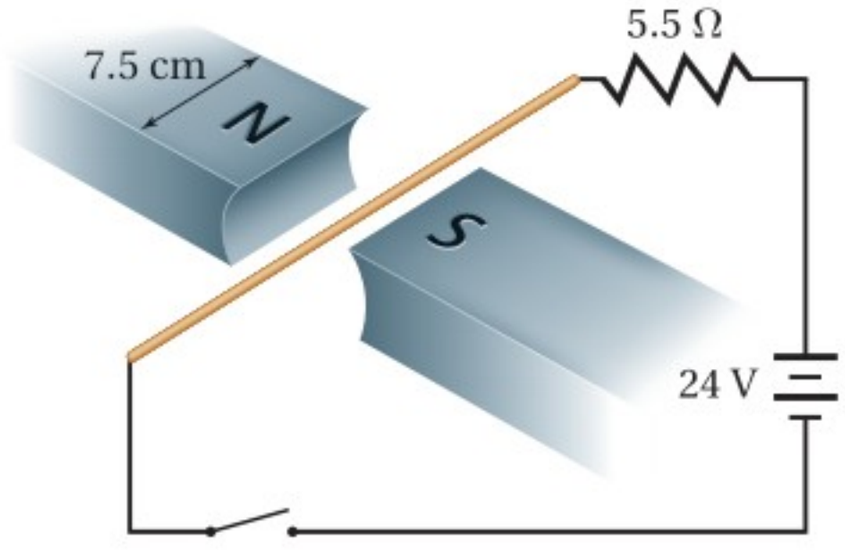
86. وضع سلك نحاسي مهمل المقاومة في الحيز بين مغناطيسين، كما في **الشكل 34–1**. فإذا كان وجود المجال المغناطيسي مقتصرًا على هذا الحيز، وكان مقداره 1.9 T فأوجد مقدار القوة المؤثرة في السلك، واتجاهها في كل من الحالات التالية:

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 34–1

87. لديك جلفانومتران، أقصى تدريج لأحدهما 50.0 μA، وللآخر 500.0 μA، ولملفيهما المقاومة نفسها 855 Ω، والمطلوب تحويلهما إلى أميترين، على أن يكون أقصى تدريج لكل منهما 100.0 mA.

a. ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الأول؟

b. ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الثاني؟

c. حدّد أيهما يعطي قراءات أدق؟ وضّح إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 1

88. الجسيم الأولي يتحرك جسيم بيتا (إلكترون له سرعة كبيرة) عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T بسرعة $2.5\times10^{7}\ m/s$. ما مقدار القوة المؤثرة في الجسيم؟

89. إذا كانت كتلة الإلكترون $9.11\times10^{-31}\ kg$ فما مقدار التسارع الذي يكتسبه جسيم بيتا الوارد في المسألة السابقة؟

90. يتحرك إلكترون بسرعة $8.1\times10^{5}\ m/s$ نحو الجنوب في مجال مغناطيسي مقداره 16 T نحو الغرب. ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون، واتجاهها؟

91. مكبر الصوت إذا كان المجال المغناطيسي في سماعة عدد لفات ملفها 250 لفة يساوي 0.15 T، وقطر الملف 2.5 cm فما مقدار القوة المؤثرة في الملف إذا كانت مقاومته 8.0 Ω، وفرق الجهد بين طرفيه 15 V؟

92. يسري تيار مقداره 15 A في سلك طوله 25 cm موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.85 T. فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك تعطى بالعلاقة $F=ILB\sin\theta$ فاحسب القوة المؤثرة في السلك عندما يصنع مع المجال المغناطيسي الزوايا التالية:

a. 90° **b.** 45° **c.** 0°

93. مسرّع نووي سُرّع إلكترون من السكون خلال فرق جهد مقداره 20000 V بين اللوحين P_1 و P_2، كما هو موضح في **الشكل 35–1**. ثم خرج من فتحة صغيرة، ودخل مجالاً مغناطيسيًّا منتظمًا مقداره B إلى داخل الصفحة.

a. حدّد اتجاه المجال الكهربائي بين اللوحين (من P_1 إلى P_2 أو العكس).

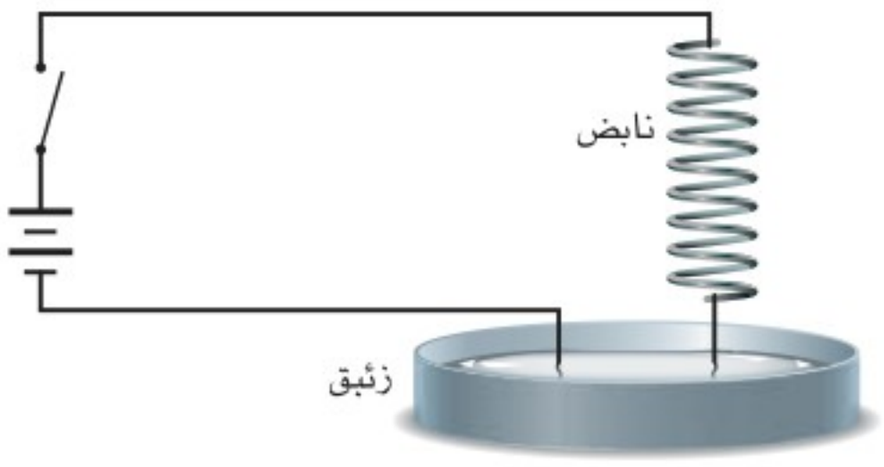
b. احسب سرعة الإلكترون عند P_2 بالاستعانة بالمعلومات المعطاة.

c. صف حركة الإلكترون داخل المجال المغناطيسي.

الشكل 35–1

التفكير الناقد

94. تطبيق المفاهيم ماذا يحدث إذا مر تيار خلال نابض رأسي، كما هو موضّح في **الشكل 36–1** وكانت نهاية النابض موضوعة داخل كأس مملوءة بالزئبق؟ ولماذا؟



الشكل 36–1

95. تطبيق المفاهيم يُعطى المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك طويل بالعلاقة $B=(2\times10^{-7}\ T\cdot m/A)(I/d)$؛ حيث تمثل B مقدار المجال بوحدة T (تسلا)، و I التيار بوحدة A (أمبير)، و d البعد عن السلك بوحدة m. استخدم هذه العلاقة لحساب المجالات المغناطيسية التي تتعرض لها في الحياة اليومية:

a. نادرًا ما يمر في أسلاك التمديدات المنزلية تيار أكبر من 10 A. ما مقدار المجال المغناطيسي على بُعد 0.5 m من سلك مماثل لهذه الأسلاك مقارنة بالمجال المغناطيسي الأرضي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 1

b. يسري في أسلاك نقل القدرة الكهربائية الكبيرة غالبًا تيار 200 A بجهد أكبر من 765 kV. ما مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن سلك من هذه الأسلاك على سطح الأرض على افتراض أنه يرتفع عن سطحها 20 m؟ وما مقدار المجال مقارنة بالمجال في المنزل؟

c. تنصح بعض المجموعات الاستهلاكية المرأة الحامل بعدم استخدام البطانية الكهربائية؛ لأن المجال المغناطيسي يسبب مشاكل صحية. قدِّر المسافة التي يمكن أن يكون فيها الجنين بعيدًا عن السلك، موضحًا فرضيتك. إذا كانت البطانية تعمل على تيار 1 A فأوجد المجال المغناطيسي عند موقع الجنين. وقارن بين هذا المجال والمجال المغناطيسي الأرضي.

96. جمع المتجهات في جميع الحالات الموصوفة في المسألة السابقة هناك سلك آخر يحمل التيار نفسه في الاتجاه المعاكس. أوجد المجال المغناطيسي المحصل على بُعد 0.10 m من السلك الذي يسري فيه تيار 10 A. إذا كانت المسافة بين السلكين 0.01 m فارسم شكلاً يوضّح هذا الوضع. احسب مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن كل سلك، واستخدم القاعدة الأولى لليد اليمنى لرسم متجهات توضّح المجالات. واحسب أيضًا حاصل الجمع الاتجاهي للمجالين مقدارًا واتجاهًا.

الكتابة في الفيزياء

97. ابحث في 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

98. احسب الشغل الذي يتطلبه نقل شحنة مقدارها 6.40×10^{-3} C خلال فرق جهد مقداره 2500 V.

99. إذا تغير التيار المار في دائرة جهدها 120 V من 1.3 A إلى 2.3 A فاحسب التغير في القدرة.

100. وصلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 55 Ω على التوازي، ثم وصلت المقاومات السابقة على التوالي بمقاومتين تتصلان على التوالي، مقدار كل منهما 55 Ω، ما مقدار المقاومة المكافئة للمجموعة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 40 4/8/19 2:18 PM

موقع حلول كتبي

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. يسري تيار مقداره 7.2 A في سلك مستقيم موضوع في مجال مغناطيسي منتظم 8.9×10^{-3} T وعمودي عليه. ما طول جزء السلك الموجود في المجال الذي يتأثر بقوة مقدارها 2.1 N؟

(A) 2.6×10^{-3} m (C) 1.3×10^{-1} m

(B) 3.1×10^{-2} m (D) 3.3×10^{1} m

2. افترض أن جزءًا طوله 19 cm من سلك يسري فيه تيار متعامد مع مجال مغناطيسي مقداره 4.1 T، ويتأثر بقوة مقدارها 7.6 mN، ما مقدار التيار المار في السلك؟

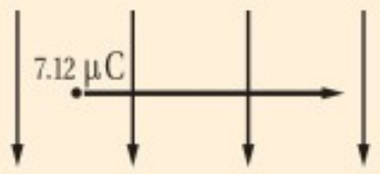
(A) 3.4×10^{-7} A (C) 1.0×10^{-2} A

(B) 9.8×10^{-3} A (D) 9.8 A

3. تتحرك شحنة مقدارها 7.12 μC بسرعة الضوء في مجال مغناطيس مقداره 4.02 mT. ما مقدار القوة المؤثرة فيها؟

(A) 8.59 N (C) 8.59×10^{12} N

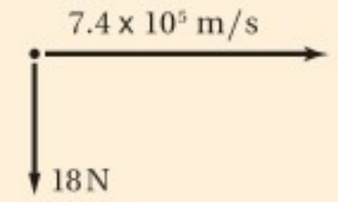
(B) 2.90×10^{1} N (D) 1.00×10^{16} N



4. إذا تحرك إلكترون بسرعة 7.4×10^{5} m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي، وتأثر بقوة مقدارها 18 N فما شدة المجال المغناطيسي المؤثر؟

(A) 6.5×10^{-15} T (C) 1.3×10^{7} T

(B) 2.4×10^{-5} T (D) 1.5×10^{14} T



5. أي العوامل التالية لا يؤثر في مقدار المجال المغناطيسي لملف لولبي؟

(A) عدد اللفات (C) مساحة مقطع السلك

(B) مقدار التيار (D) نوع قلب الملف

6. أي العبارات التالية المتعلقة بالأقطاب المغناطيسية المفردة غير صحيحة؟

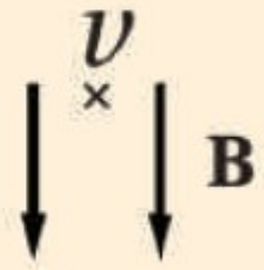
(A) القطب المغناطيسي المفرد قطب افتراضي شمالي مفرد.

(B) استخدمها علماء البحث في تطبيقات التشخيص الطبي الداخلي.

(C) القطب المغناطيسي المفرد قطب افتراضي جنوبي مفرد.

(D) غير موجودة.

7. مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.25 T يتجه رأسيًّا إلى أسفل، دخل فيه بروتون بسرعة أفقية مقدارها 4.0×10^{6} m/s. ما مقدار القوة المؤثرة في البروتون واتجاهها لحظة دخوله المجال؟



(A) 1.6×10^{-13} N إلى اليسار

(B) 1.6×10^{-13} N إلى أسفل

(C) 1.0×10^{6} N إلى أعلى

(D) 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 أدّيت اختبارًا خاصًّا أو امتحانًا. أما الأهم فهو أن تقرأ التوجيهات أو التعليمات التي تزود بها في بداية كل جزء؛ فهي لا تستغرق سوى لحظات. إلا أنها تجنبك ارتكاب أخطاء بسيطة قد تجعلك تؤدي الاختبار بصورة سيئة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COUR.CH01.indd 41 4/8/19 2:55 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 2

الحث الكهرومغناطيسي

Electromagnetic induction

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- وصف كيف يعمل التغير في المجال المغناطيسي على توليد فرق جهد كهربائي.
- تطبيق ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي في تفسير عمل كل من المولدات والمحوّلات الكهربائية.

الأهمية

تشكّل العلاقة بين المجالات المغناطيسية والتيار الكهربائي حجر الأساس للأركان الثلاثة التي تقوم عليها التقنيات الكهربائية: المولدات الكهربائية، والمحركات الكهربائية، والمحولات الكهربائية.

المولدات الكهرومائية تُبنى السدود على الأنهار لتزويد المناطق المجاورة بالطاقة، حيث يتم تحويل طاقة الوضع والطاقة الحركية للماء إلى طاقة كهربائية.

فكِّر

كيف تعمل المولدات الموجودة في السد على تحويل طاقة الوضع والطاقة الحركية للماء إلى طاقة كهربائية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1442

SA.PH12.SE.COURSE34.indb 42 4/8/19 2:18 PM

موقع حلول كتبي
www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

ماذا يحدث في المجال المغناطيسي المتغير؟

سؤال التجربة كيف يؤثر المجال المغناطيسي المتغير في ملف سلكي موضوع فيه؟

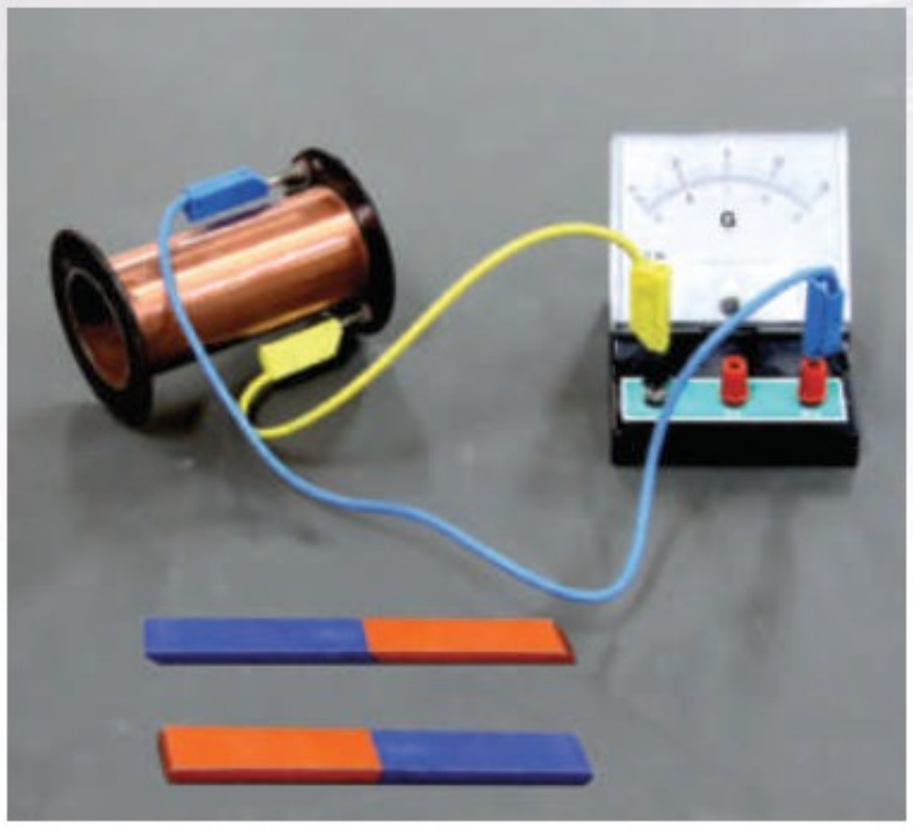
الخطوات

1. ضع قضيبين مغناطيسيين بحيث يبعد أحدهما عن الآخر 8cm. على أنّ تكون أقطابهما المتجاورة مختلفة.
2. صل جلفانومترًا حساسًا بطرفي السلك النحاسي لملف.
3. حرك الملف ببطء بين المغناطيسين، ولاحظ قراءة الجلفانومتر.
4. غيّر زاوية حركة الملف، وسرعة حركته. ماذا تلاحظ؟ دوِّن ملاحظتك.

التحليل

ما الذي يسبب انحراف مؤشر الجلفانومتر؟
ما الحالة التي تجعل قراءة الجلفانومتر أكبر ما يمكن؟

التفكير الناقد ما الذي يحدث في السلك عندما يتحرك الملف السلكي بين المغناطيسين؟



2–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية
Electric Current from Changing Magnetic Fields

درست 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 المدرس الأمريكي في المدارس الثانوية أن تغيُّر المجال المغناطيسي يمكن أن يولد تيارًا كهربائيًّا. أخذ هنري فكرة 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.

الأهداف

- توضح كيف يعمل التغير في المجال المغناطيسي على توليد تيار كهربائي حثي.
- **تعرّف** القوة الدافعة الكهربائية.
- **تحل** مسائل تتضمن حركة أسلاك في مجالات مغناطيسية.

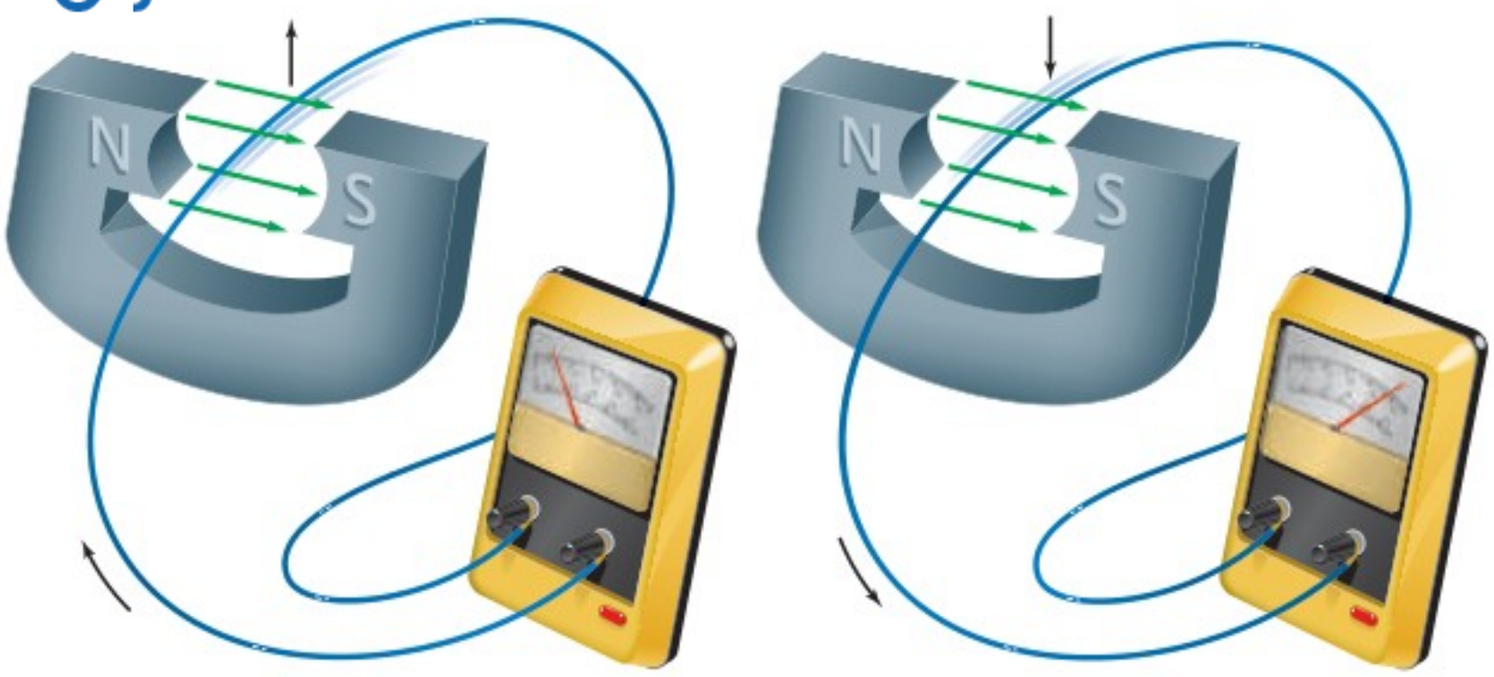
المفردات

التيار الكهربائي الحثي
الحث الكهرومغناطيسي
القاعدة الرابعة لليد اليمنى
القوة الدافعة الكهربائية الحثية
المولد الكهربائي
متوسط القدرة

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 43 4/8/19 2:18 PM

موقع
حلول كتبي



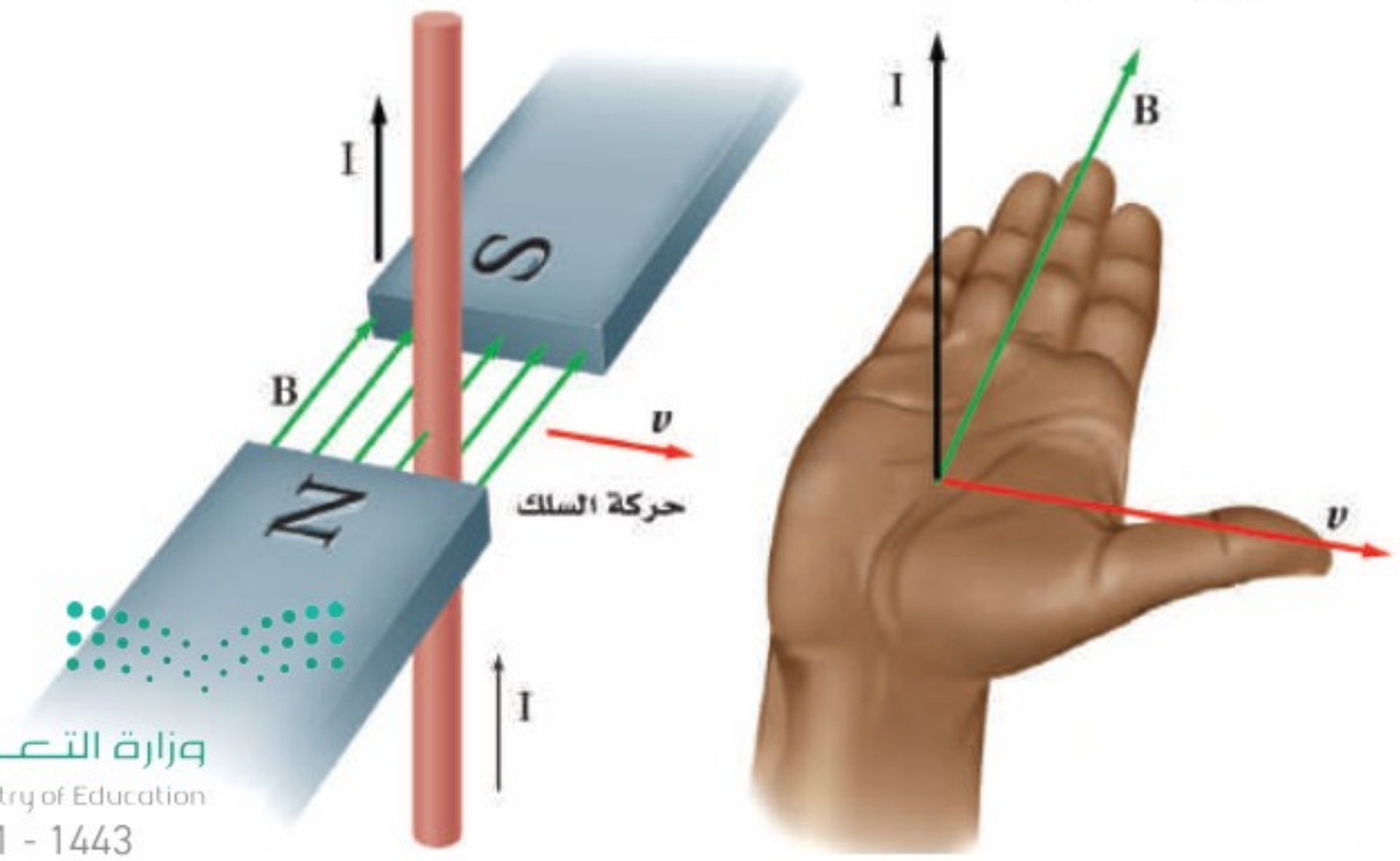
■ **الشكل 1–2** عند تحريك سلك في مجال مغناطيسي يتولد فيه تيار كهربائي في أثناء حركته فقط. ويعتمد اتجاه هذا التيار على اتجاه حركة السلك داخل المجال. وتشير الأسهم إلى اتجاه التيار الاصطلاحي المتولد.

الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction

يوضّح **الشكل 1–2** إحدى تجارب فاراداي التي وضع فيها جزءًا من سلك حلقة لدائرة كهربائية مغلقة 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 عندما تحرك السلك إلى أعلى داخل المجال المغناطيسي، وكذلك عند تحريك السلك إلى أسفل تولد فيه تيار كهربائي، لكن في الاتجاه المعاكس. إنّ تولد هذا التيار الكهربائي الحثي يحدث فقط عندما يقطع السلك خطوط المجال المغناطيسي في أثناء حركته.

وجد فاراداي أنه لتوليد **التيار الكهربائي الحثي** فإما أن يتحرك السلك في المجال المغناطيسي، أو يتحرك مصدر المجال المغناطيسي في منطقة السلك، أي أن الحركة النسبية بين السلك والمجال المغناطيسي هي التي تولد تيارا كهربائيا حثيّا. وتسمى عملية توليد التيار الكهربائي الحثي في دائرة كهربائية مغلقة بهذه الطريقة **الحث الكهرومغناطيسي**.

كيف يمكنك تحديد اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد؟ لتحديد اتجاه القوة المؤثرة في الشحنات والتي تحدد اتجاه التيار نستخدم **القاعدة الرابعة لليد اليمنى**. ابسط يدك اليمنى بحيث تشير الإبهام إلى اتجاه حركة السلك، وتشير الأصابع إلى اتجاه المجال المغناطيسي، وعندئذ سيشير العمودي على باطن الكف نحو الخارج إلى اتجاه التيار الاصطلاحي، كما هو موضّح في **الشكل 2–2**.



■ **الشكل 2–2** يمكن استخدام القاعدة الرابعة لليد اليمنى لتحديد اتجاه التيار الحثي في سلك موضوع داخل مجال مغناطيسي.

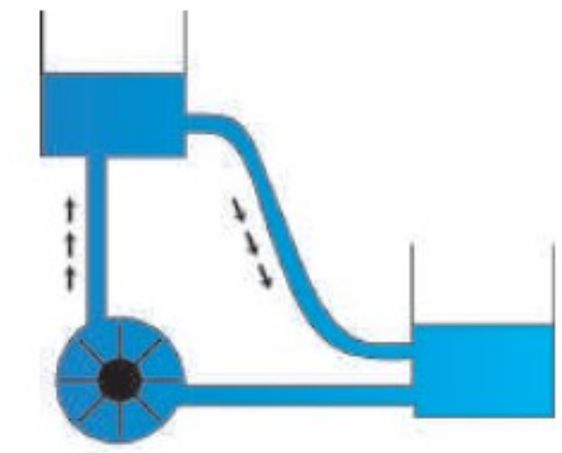
وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 44 4/8/19 2:18 PM

موقع حلول كتبي

القوة الدافعة الكهربائية الحثية Electromotive Force

تعلمت من خلال دراستك للدوائر الكهربائية أن مصادر الطاقة الكهربائية كالبطارية مثلًا تستخدم في توليد تيار مستمر. وفرق الجهد المبذول في البطارية يسمى القوة الدافعة الكهربائية، أو **EMF**، إلا أن القوة الدافعة الكهربائية في الواقع ليست قوة، وإنما هي فرق جهد، وتقاس بوحدة الفولت. لذلك قد يكون مصطلح القوة الدافعة الكهربائية مضللاً، مثل العديد من المصطلحات القديمة الأخرى التي لا تزال تستخدم حتى وقتنا الحاضر. ولقد ظهر هذا المصطلح قبل تبلور المبادئ العامة المتعلقة بالكهرباء وفهمها. وتعمل EMF على سريان التيار من الجهد الأقل إلى الجهد الأعلى، تماما كما في مضخة الماء التي تعمل على رفع الماء من المستوى المنخفض إلى المستوى المرتفع، كما هو موضح في **الشكل 3–2**.



الشكل 3–2 تعمل مضخة الماء على رفع الماء من المستوى المنخفض إلى المستوى المرتفع، وبالمثل تعمل القوة الدافعة الكهربائية الحثية على سريان التيار من الجهد الأقل إلى الجهد الأعلى.

ما الذي يولّد فرق الجهد الذي يسبب التيار الكهربائي الحثي في تجربة فاراداي؟ عندما تُحرك سلكًا داخل مجال مغناطيسي يؤثر المجال المغناطيسي بقوة في الشحنات داخل السلك فيحركها في اتجاه القوة، أي أنه قد بُذل شغل على تلك الشحنات، فزاد مقدار طاقة وضعها الكهربائية أو جهدها. ويسمى الفرق في جهدها **القوةَ الدافعة الكهربائية الحثية** EMF، والتي تعتمد على كل من المجال المغناطيسي B، وطول السلك في المجال المغناطيسي L، والمركّبة العمودية لسرعة السلك على المجال $v\ (\sin\theta)$.

القوة الدافعة الكهربائية الحثية $\text{EMF}=\text{BL}v\ (\sin\theta)$

القوة الدافعة الكهربائية الحثية تساوي حاصل ضرب مقدار المجال المغناطيسي، في كل من طول السلك المتأثر بالمجال، ومُركّبة سرعة السلك العمودية على المجال المغناطيسي.

تجربة عملية

ما الذي يسبب التأرجح؟

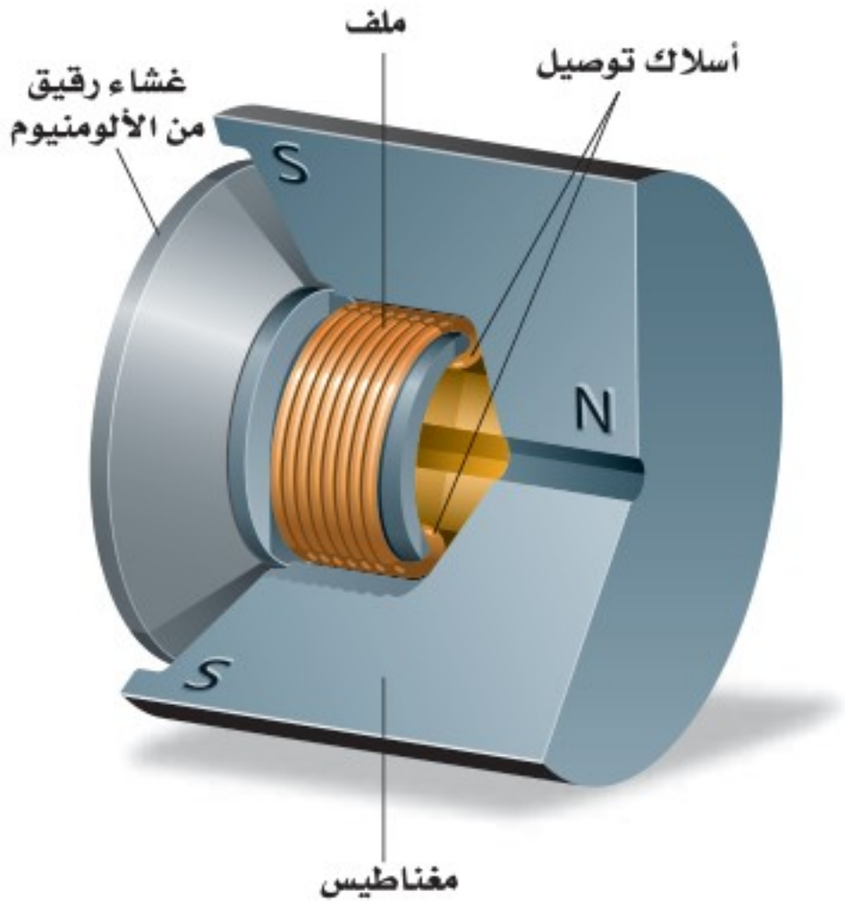
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

إذا تحرك سلك داخل مجال مغناطيسي بحيث يصنع زاوية معه فإن مركّبة السرعة العمودية على المجال المغناطيسي هي فقط التي تولد EMF. أما إذا تحرك السلك بسرعة عمودية على المجال المغناطيسي فإن المعادلة السابقة تصبح كما يأتي: $\text{EMF} = \text{BL}v$؛ لأن $\sin 90^\circ = 1$. ويساعدك التحقق من الوحدات المستخدمة في معادلة EMF على الحصول على الحسابات الجبرية الدقيقة في المسائل المتعلقة بها. إن وحدة قياس EMF هي الفولت V. وقد عرّفت الكمية B في الفصل السابق على أنها $B = F/IL$، لذلك تكون وحدات B هي N/A.m. ووحدة قياس السرعة هي m/s. باستخدام تحليل الوحدات نستنتج أن وحدة القوة الدافعة الكهربائية الحثية هي:

تذكر مما تعلمته سابقًا أن $J=N.m$، و$A=C/s$، و$V=J/C$.

$$(N/A.m)(m)(m/s)=N.m/A.s$$
$$=J/C$$
$$=V$$

موقع حلول كتبي



■ **الشكل 4–2** 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 كهربائيًّا يتناسب مع موجات الصوت.

تطبيق على القوة الدافعة الكهربائية الحثية يعدّ الميكروفون تطبيقًا بسيطًا على القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF. فالميكروفون يشبه السماعة من حيث التركيب؛ حيث يحتوي الميكروفون الموضّح في **الشكل 4–2** على غشاء رقيق يتصل بملف حر الحركة موضوع داخل مجال مغناطيسي. تعمل الموجات الصوتية على اهتزاز الغشاء الرقيق الذي يحرك بدوره الملف داخل المجال المغناطيسي، مما يؤدي إلى توليد EMF بين طرفي الملف. وتتغير EMF الحثية وفق تغير ترددات الصوت؛ إذ تتحول موجات الصوت في هذه العملية إلى نبضات كهربائية، ويكون فرق الجهد المتولد صغيرًا، من رتبة 10^{-3} V، إلا أنه يمكن زيادة فرق الجهد هذا أو تضخيمه باستخدام أدوات إلكترونية.

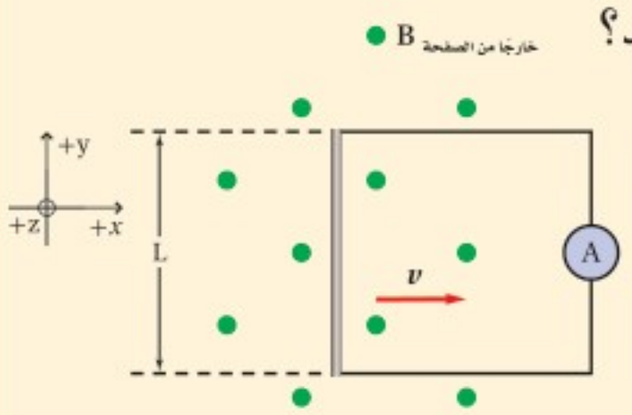
مثـــال 1

القوة الدافعة الكهربائية الحثية يتحرك سلك مستقيم طوله 0.20 m بسرعة ثابتة مقدارها 7.0 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 8.0×10^{-2} T.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 0.50 Ω فما مقدار التيار المار في السلك؟

c. إذا استخدم سلك مصنوع من فلز آخر مقاومته 0.78 Ω فما مقدار 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
$v = 7.0\ m/s$	$L = 0.20\ m$	$EMF = ?$
$B = 8.0 \times 10^{-2}\ T$	$R_1 = 0.50\ \Omega$	$I = ?$
	$R_2 = 0.78\ \Omega$	

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 46 4/8/19 2:18 PM

موقع حلول كتبي

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. بالتعويض $B=8.0\times10^{-2}\ T$ ، $L=0.20\ m$ ، $v=7.0\ m/s$

$$\begin{aligned}EMF &= BLv\\ &=(8.0\times10^{-2}\ T)\,(0.20\ m)\,(7.0\ m/s)\\ &=0.11\ T.m^2/s\\ &=0.11\ V\end{aligned}$$

b. بالتعويض

$$V = EMF$$

بالتعويض $R_1=0.50\ \Omega$ ، $EMF=0.11\ V$

$$\begin{aligned}I &= \frac{V}{R}\\ &= \frac{EMF}{R_1}\\ &= \frac{0.11\ V}{0.50\ \Omega}\\ &= 0.22\ A\end{aligned}$$

باستخدام القاعدة الرابعة لليد اليمنى يكون التيار في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

c. بالتعويض

$$I=\frac{EMF}{R_2}$$

$R_2=0.78\ \Omega$ ، $EMF=0.11\ V$

$$\begin{aligned}&=\frac{0.11\ V}{0.78\ \Omega}\\ &=0.14\ A\end{aligned}$$

اتجاه التيار في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يعدّ الفولت الوحدة الصحيحة للمقدار EMF. ويقاس التيار بوحدة الأمبير.
- **هل الاتجاه صحيح؟** يحدد الاتجاه وفق القاعدة الرابعة لليد اليمنى؛ حيث تكون v في اتجاه الإبهام، وB في اتجاه الأصابع وF في اتجاه العمودي على باطن الكف نحو الخارج، واتجاه التيار هو اتجاه القوة نفسه.
- **هل الجواب منطقي؟** الإجابات قريبة من 10^{-1}، وهذا يتفق مع القيم المعطاة والعمليات الحسابية.

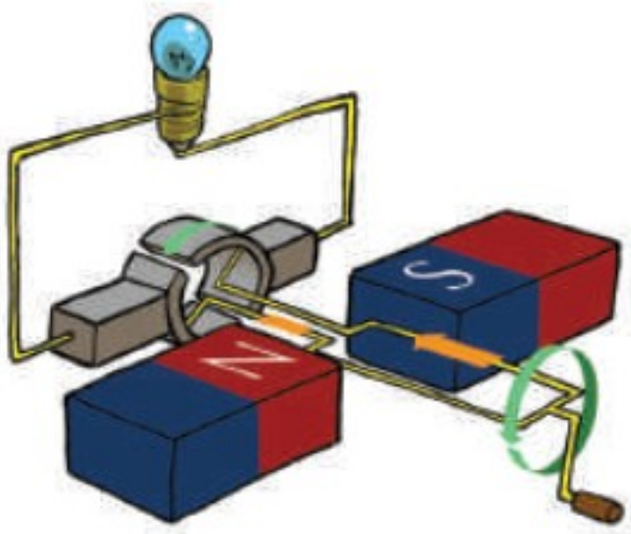
مسائل تدريبية

1. يتحرك سلك مستقيم طوله 0.5 m إلى أعلى بسرعة 20 cm /s عموديًّا على مجال مغناطيسي أفقي مقداره 0.4 T.
   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. يتحرك سلك طوله 30.0 m بسرعة 2.0 m /s عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 1.0 T.
   a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF المتولدة فيه؟
   b. إذا كانت مقاومة الدائرة تساوي 15.0 Ω فما مقدار التيار المار فيها؟
4. وضع مغناطيس دائم على شكل حذوة فرس بحيث تكون خطوط مجاله المغناطيسي رأسية. مرّر طالب سلكًا مستقيمًا بين قطبيه ثم سحبه نحوه خلال المجال المغناطيسي، فتولد فيه تيار من اليمين إلى اليسار. حدّد القطب الشمالي للمغناطيس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 47 4/8/19 2:18 PM

موقع
حلول كتبي



■ **الشكل 5–2** يتولد تيار كهربائي في حلقة سلكية في أثناء دورانها في مجال مغناطيسي.

المولدات الكهربائية Electric Generators

يحوّل **المولد الكهربائي (الدينامو)** – الذي اخترعه مايكل فاراداي – الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. ويتركب المولد الكهربائي من عدد من الحلقات السلكية التي توضع داخل مجال مغناطيسي قوي. والسلك ملفوف حول قلب من الحديد؛ لزيادة شدة المجال المغناطيسي، وهو مماثل للملف المستخدم في المحرك الكهربائي.

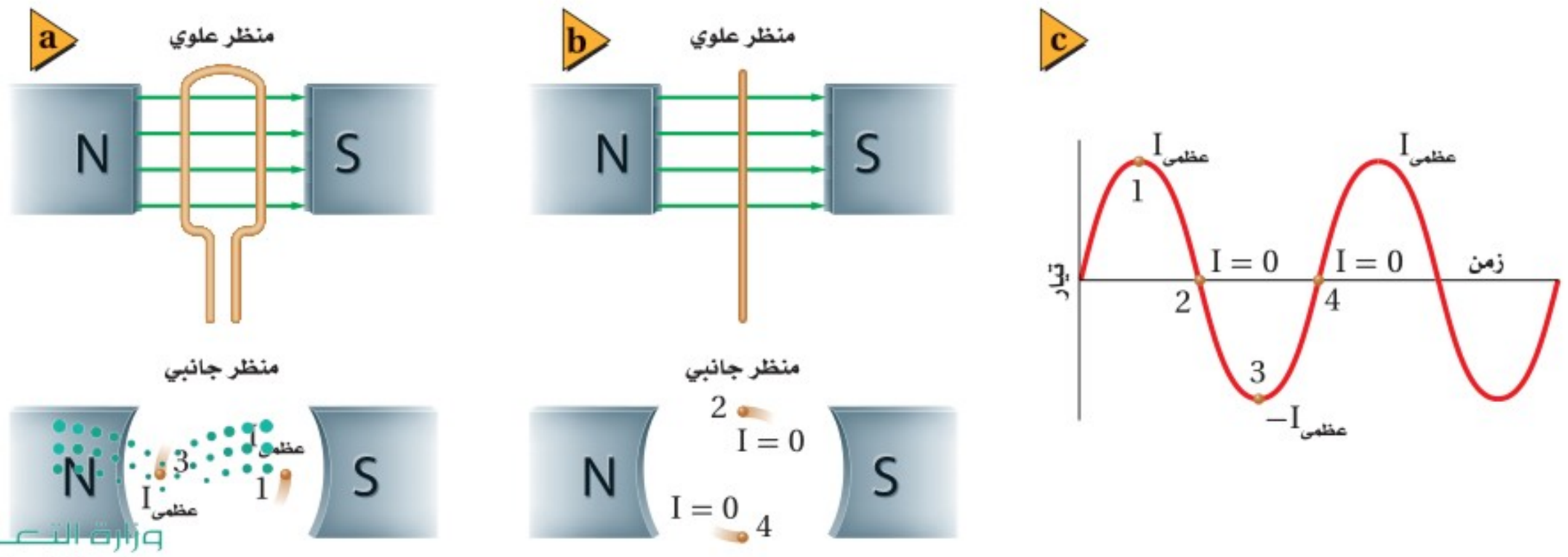
يثبت الملف ذو القلب الحديدي الخاص بالمولد بحيث يكون حر الحركة داخل المجال المغناطيسي، وخلال دورانه تقطع حلقاته خطوط المجال المغناطيسي، فتتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية، تعتمد على طول السلك الذي يدور في المجال. وبزيادة عدد لفات الملف يزداد طول السلك، فتزداد EMF الحثية المتولدة.

لاحظ أنه قد يكون جزء فقط من طول السلك موجودًا داخل المجال المغناطيسي. لذا فإن حركة ذلك الجزء فقط هي التي تولد القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF.

التيار الناتج عن مولد كهربائي عند وصل المولد الكهربائي بدائرة مغلقة تُنتج القوة الدافعة الكهربائية الحثية تيارًا كهربائيًّا. ويوضح **الشكل 5–2** مولدًا كهربائيًّا يتكون من حلقة سلكية مفردة من دون قلب حديد. حيث يمكن تحديد اتجاه التيار الحثي باستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى. ومع دوران الحلقة يتغير مقدار التيار الكهربائي واتجاهه.

نحصل على أكبر قيمة للتيار عندما تكون حركة الحلقة عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي؛ أي عندما تكون الحلقة في وضع أفقي، كما هو موضّح في **الشكل 6a–2**. وفي هذا الوضع

■ **الشكل 6–2** 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 برسم بياني مماثل.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

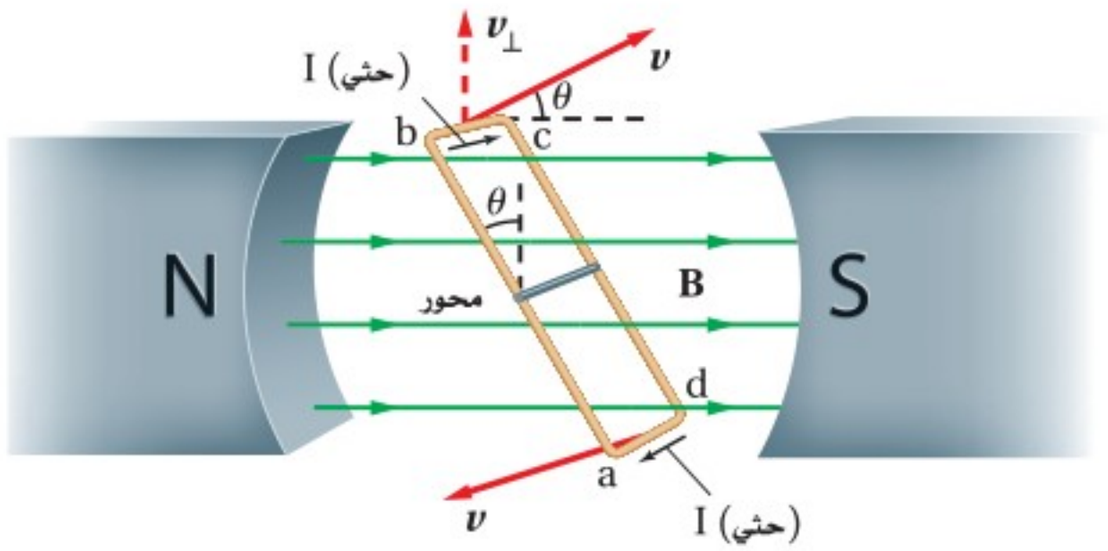
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 48 4/8/19 2:18 PM

موقع
حلول كتبي

تكـون مركّبـة سرعة الحلقة العمودية على المجال المغناطيسي أكبر ما يمكن. ومع اسـتمرار دوران الحلقـة من الوضع الأفقـي إلى الوضع الرأسي، كما هو موضّح في **الشـكل 6b–2**، تـزداد الزاويـة التي تصنعها مع خطـوط المجال المغناطيسي، فتقطع عـددًا أقل من خطوط المجـال المغناطيـسي لكل وحـدة زمن، لذا يقـل التيـار الكهربائي المتولـد. وعندما تصبح الحلقـة في وضـع رأسي تتحرك قطع السـلك بصورة موازية لخطوط المجـال، مما يؤدي إلى تناقص التيار الكهربائي المتولد حتى يصبح صفرًا. ومع اسـتمرار دوران الحلقة فإن الجزء الذي كان يتحرك إلى أعلى سيتحرك إلى أسفل، فينعكس اتجاه التيار المتولد في الحلقة، وهذا التغـير في الاتجـاه يحدث كلما دارت الحلقـة بزاوية مقدارهـا 180°، أي كلما أكملت نصف دورة. ويتغير التيار باسـتمرار على نحو سـلس من صفر إلى قيمة عظمى كل نصف دورة، ثم ينعكس اتجاهه. ويوضّح **الشكل 6c–2** منحنى العلاقة بين التيار والزمن.

هـل تسـهم الحلقة كاملة في توليد قـوة دافعة كهربائية حثية؟ انظر **الشـكل 7–2**، حيث الجوانب الأربعة للحلقة موجودة داخل المجال المغناطيسي. يتولد تيار حثي في الضلعين ad وbc، في حين لا يتولـد تيـار في الضلعين ab و cd. ويمكن تفسـير ذلك بتطبيق القاعـدة الرابعة لليد اليمنى على الأضلاع الأربعة كما يلي: يكون اتجاه التيار الحثي في الضلعين ab وcd في اتجاه نصف قطر كل منهما، أي عموديًّا على طوليهما، لذا لا يكون هناك تيار في اتجاه طوليهما، لكن يتولد تيار حثي في كل مـن ad وbc في اتجـاه طوليهما، أي مـن b إلى c، ومن d إلى a، وهذا يجعل التيار الحثي يسري في الدائرة.

ولأن الحلقــة تتحـرك حركــة دائرية فسـوف يتغير مقـدار الزاوية النسـبية بـين أي نقطة على الحلقة والمجال المغناطيسي باسـتمرار. لذلك تسـتخدم العلاقة $EMF=BL\nu(\sin\theta)$ لحسـاب القـوة الدافعـة الكهربائيـة؛ حيـث تمثـل L طـول الضلـع(bc)، فيكـون أقـصى جهـد (EMF العظمـى) عندما يتحـرك الموصل عمـوديًّـا عـلى المجـال المغناطيسي، أي تكون $\theta = 90°$.

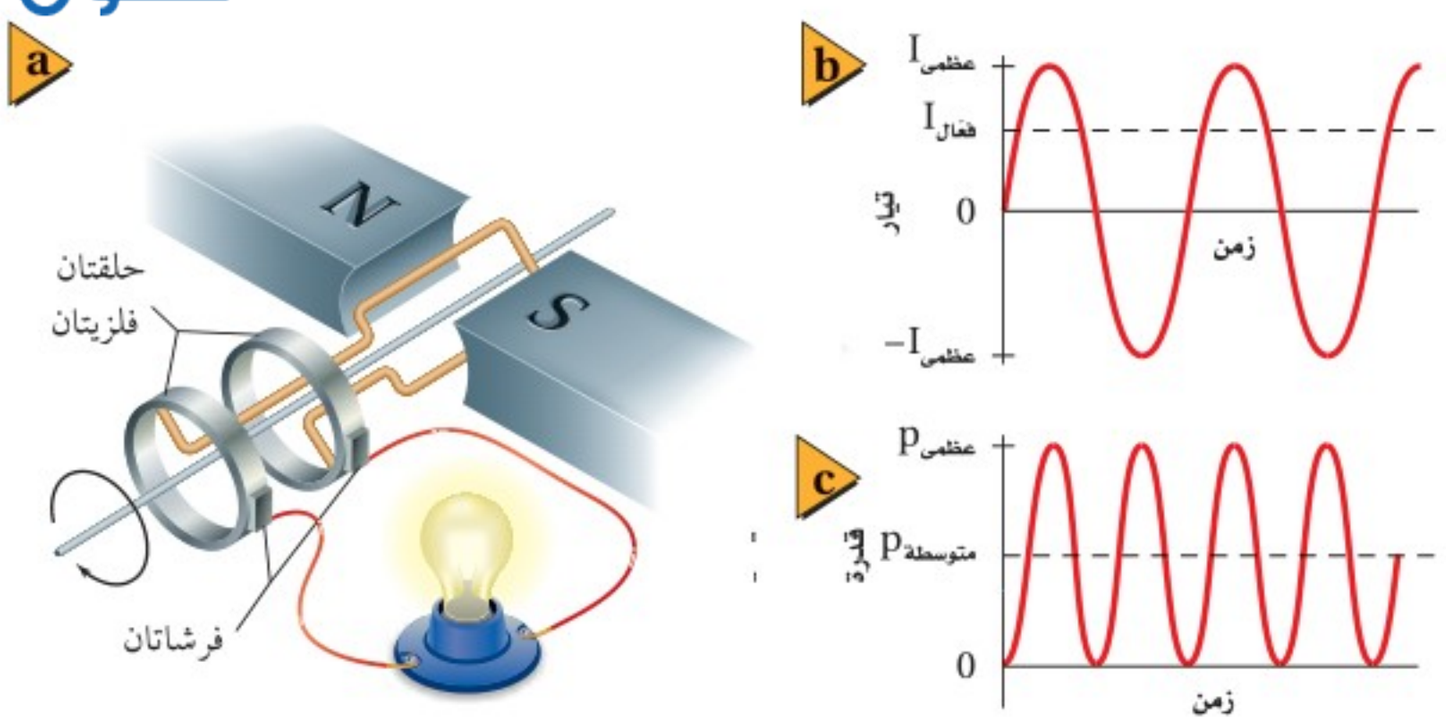


الشكل 7–2 القطعتان ad وbc هما فقـط القطعتان اللتان يتولـد فيهما تيار حثـي يسـري خلالهما. ويمكـن ملاحظة ذلـك باستخـدام القاعـدة الرابعـة لليـد اليمنى.

وزارة التعـليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 49 4/8/19 2:18 PM

موقع
حلول كتبي



■ **الشكل 8–2** 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 أيضًا دالة جيبية (**c**).

تعمل المولدات الكهربائية بطريقة مشابهة؛ حيث تُحوَّل طاقة وضع الماء المحجوز خلف السد إلى طاقة حركية تعمل على إدارة التوربينات، التي تعمل بدورها على تدوير الملفات السلكية داخل مجال مغناطيسي، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية.

مولدات التيار المتناوب Alternating–Current Generators

يعمل مصدر الطاقة على تدوير ملف المولد داخل المجال المغناطيسي بعدد ثابت من الدورات في الثانية. ومعظم الأدوات والأجهزة الكهربائية في الدول العربية تعمل بتيار تردده 60 Hz، حيث ينعكس اتجاه التيار 60 مرة في الثانية الواحدة. ويبين **الشكل 8a–2** كيف ينتقل التيار المتناوب AC في الملف إلى بقية أجزاء الدائرة. ويسمح ترتيب مجموعة الفرشاتين والحلقتين الفلزيتين الزلقتين للملف بالدوران بحرية، مع الاستمرار في السماح بمرور التيار الكهربائي إلى الدائرة الخارجية. ويتغير هذا التيار المتناوب بين صفر وقيمة عظمى في أثناء دوران ملف المولد، كما هو موضّح في **الشكل 8b–2**.

متوسط القدرة القدرة الناتجة عن مولد كهربائي تساوي حاصل ضرب التيار الكهربائي في الجهد. ولأن كلًّا من التيار والجهد متغير فستكون القدرة المرافقة للتيار المتناوب

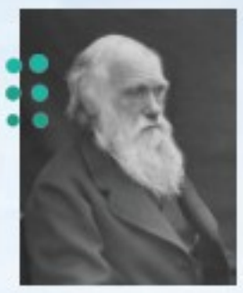
الشكل 9–2 الاكتشافات التي أسهمت في تطور الكهرومغناطيسية.

في سنة **1784** وضع كولوم -والذي سميت باسمه وحدة كمية الكهرباء- قانون كولوم من خلال تجربته الشهيرة.

1800 | 1780 | 1760 | 1740

في القرن السادس قبل الميلاد، لاحظ الإغريق القدماء آثار جذب للمسطرة المدلوكة (الكهرمان).

عمل وليام واتسون تجربته باستخدام قارورة ليدن سنة **1747** اكتشف أن تفريغ الكهرباء الساكنة يعادل التيار الكهربائي. واستخدمها فرانكلين لتخزين الشحنة.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 50 4/8/19 2:18 PM

موقع حلول كتبي

متغيرة أيضًا. يوضّح **الشكل 8c–2** التمثيل البياني للقدرة الناتجة عن مولد تيار متناوب AC. لاحظ أن القدرة تكون دائمًا موجبة؛ لأن I و V يكونان إما موجبين أو سالبين معًا. و**متوسط 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. ولعلك تذكر ممّا تعلمته سابقًا أن $P=I^2R$. لذلك يمكنك 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 $I_{فعّال} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{عظمى}$

التيار الفعّال يساوي $\frac{\sqrt{2}}{2}$ مضروبًا في القيمة العظمى للتيار.

وبالطريقة نفسها يمكن استعمال المعادلة الآتية للتعبير عن الجهد الفعّال:

الجهد الفعّال $V_{فعّال} = (\frac{\sqrt{2}}{2}) V_{عظمى} = 0.707\ V_{عظمى}$

الجهد الفعّال يساوي $\frac{\sqrt{2}}{2}$ مضروبًا في القيمة العظمى للجهد.

ويشار أيضًا إلى الجهد الفعّال بمتوسط الجذر التربيعي للجهد RMS. والجهد الذي يتم تزويد المنازل به قد يكون جهدًا مزدوجًا؛ إذ تزود بعض المقابس بجهد مقداره 120 V، وتزود مقابس أخرى بجهد مقداره 220 V. وتمثل هذه المقادير الجهد الفعّال، وليس القيمة العظمى للجهد. وقد يختلف كل من التردد والجهد الفعّال المستخدم من بلد إلى آخر.

اكتشف أورستد سنة **1820** تأثير تيار كهربائي على انحراف بوصلة مغناطيسية إذا مرر فوقها سلك يمر به تيار كهربائي. مما يعني أن التيار الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسيًّا.

قام ماكسويل بوضع قوانين الكهرومغناطيسية والتي جمعت بين الكهرباء والمغناطيسية.

1900 | 1880 | 1860 | 1840 | 1820

دشن فاراداي سنة **1831م** عهدًا جديدًا للأبحاث فيما يتعلق بالتأثير الكهربائي والحث الكهرومغناطيسي، وساند ذلك ما توصل إليه هنري، حيث تم توليد التيار الكهربائي الحثي من تغير المجال المغناطيسي.

البث الإذاعي وصناعة الراديو.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

مسائل تدريبية

5. 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؟

6. إذا كانت القيمة الفعّالة للجهد المتناوب في مقبس منزلي 117 V فما مقدار القيمة العظمى للجهد خلال مصباح موصول مع هذا المقبس؟ وإذا كانت قيمة التيار الفعّال المار في المصباح 5.5 A فما مقدار القيمة العظمى للتيار المار في المصباح؟

7. مولد تيار متناوب يولد جهدًا قيمته العظمى 425 V.

a. ما مقدار الجهد الفعال في دائرة كهربائية موصولة مع المولد؟

b. إذا كانت مقاومة الدائرة الكهربائية $5.0\times10^{2}\ \Omega$ فما مقدار التيار الفعال؟

8. إذا كان متوسط القدرة المستنفدة في مصباح كهربائي 75 W فما مقدار القيمة العظمى للقدرة؟

عرفت في هذا البند كيف يمكن لأسلاك متحركة داخل مجالات مغناطيسية أن تحث وتولد تيارًا كهربائيًّا خلال الأسلاك. ولكن كما اكتشف فاراداي، فإنه يمكن توليد تيار حثي يسري في موصل بواسطة تغير المجال المغناطيسي حول الموصل. في البند التالي تستكشف تغير المجالات المغناطيسية، وتطبيقات على الحث بواسطة تغيير المجالات المغناطيسية. يبين **الشكل 9–2** في الصفحتين السابقتين خطًّا زمنيًّا يظهر بعض الاكتشافات العلمية التي سبقت فاراداي والتي بنى عليها علمه.

1–2 مراجعة

9. المولد الكهربائي هل يمكنك عمل مولد كهربائي بوضع مغناطيس دائم على محور قابل للدوران مع الإبقاء على الملف ساكنًا؟ وضّح إجابتك.

10. مولد الدراجة الهوائية يعمل مولد الكهرباء في الدراجة الهوائية على إضاءة المصباح. ما مصدر طاقة المصباح عندما يقود راكب دراجته على طريق أفقية مستوية؟

11. الميكروفون ارجع إلى الميكروفون الموضّح في **الشكل 4–2**. ما اتجاه التيار في الملف عندما يُدفع الغشاء الرقيق إلى الداخل؟

12. التردد ما التغيرات اللازم إجراؤها على مولد كهربائي لزيادة التردد؟

13. الجهد الناتج وضّح لماذا يزداد الجهد الناتج عن مولّد عند زيادة المجال المغناطيسي؟ وما الذي يتأثر أيضًا بزيادة مقدار المجال المغناطيسي؟

14. المولد الكهربائي وضّح مبدأ العمل الأساسي للمولد الكهربائي.

15. التفكير الناقد تساءل طالب: لماذا يستهلك التيار المتناوب قدرة، ما دامت الطاقة التي تُحوّل في المصباح عندما يكون التيار موجبًا تلغى عندما يكون التيار سالبًا، ويكون الناتج صفرًا؟ وضح لماذا يكون هذا الاستدلال غير صحيح؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي
www.ien.edu.sa

2–2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية
Changing Magnetic Fields Induce *EMF*

يتولد تيار في مولد عندما يدور الملف داخل مجال مغناطيسي. ونتيجة لتوليد التيار في الملف تؤثر قوة في أسلاكه. فما اتجاه القوة المؤثرة في الأسلاك المكونة للملف؟

قانون لنز Lenz's Law

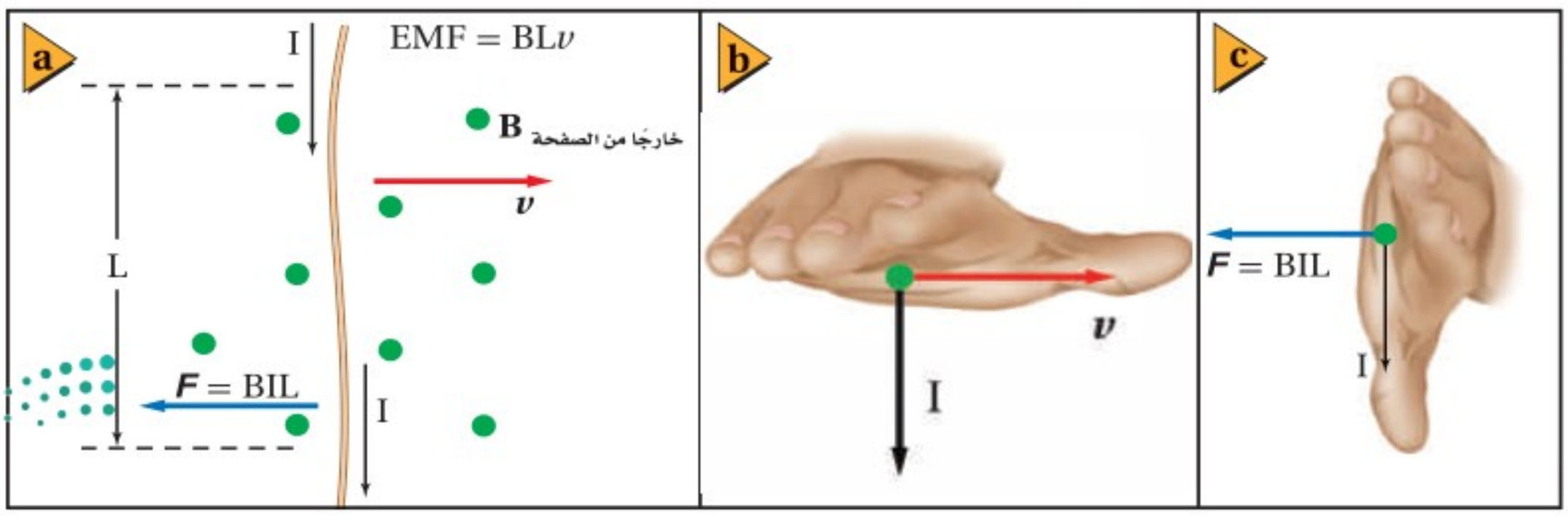
تخيل جزءًا من سلك أحد الحلقات يتحرك عموديًّا على مجال مغناطيسي، كما هو موضح في **الشكل 2–10a**. سيتولد في السلك تيار كهربائي حثي. وإذا كان المجال المغناطيسي خارجًا من الصفحة واتجاه السرعة نحو اليمين فسيكون اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد إلى أسفل؛ وذلك وفقًا للقاعدة الرابعة لليد اليمنى، كما هو موّضح في **الشكل 2–10b**. تعلمت أن السلك الذي يسري فيه تيار والموضوع داخل مجال مغناطيسي سيتأثر بقوة، وهذه القوة تكون ناتجة عن التفاعل بين المجال المغناطيسي الموجود والمجال المغناطيسي المتولد حول التيارات الكهربائية جميعها. ولتحديد اتجاه هذه القوة نستخدم القاعدة الثالثة لليد اليمنى. فإذا كان التيار I متجهًا إلى أسفل، والمجال المغناطيسي B متجهًا إلى الخارج فعندئذ تكون القوة الناتجة في اتجاه اليسار، كما هو موضّح في **الشكل 2–10c**، وهذا يعني أن اتجاه القوة المؤثرة في السلك سيكون معاكسًا لاتجاه حركة السلك الأصلية v، ولذلك تعمل هذه القوة على إبطاء دوران ملف المولد. ولقد ظهرت أول طريقة لتحديد اتجاه هذه القوة في عام 1834م عن طريق العالم لنز، ولذا سميت قانون لنز.

ينص **قانون لنز** على أن المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار الحثي يعاكس التغيّر في المجال المغناطيسي الذي سببه. لاحظ أن التأثيرات المغناطيسية الحثية تُعاكس التغيرات في المجال، وليس المجال نفسه.

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
المحول الكهربائي
الملف الابتدائي
الملف الثانوي
الحث المتبادل
المحول الرافع
المحول الخافض

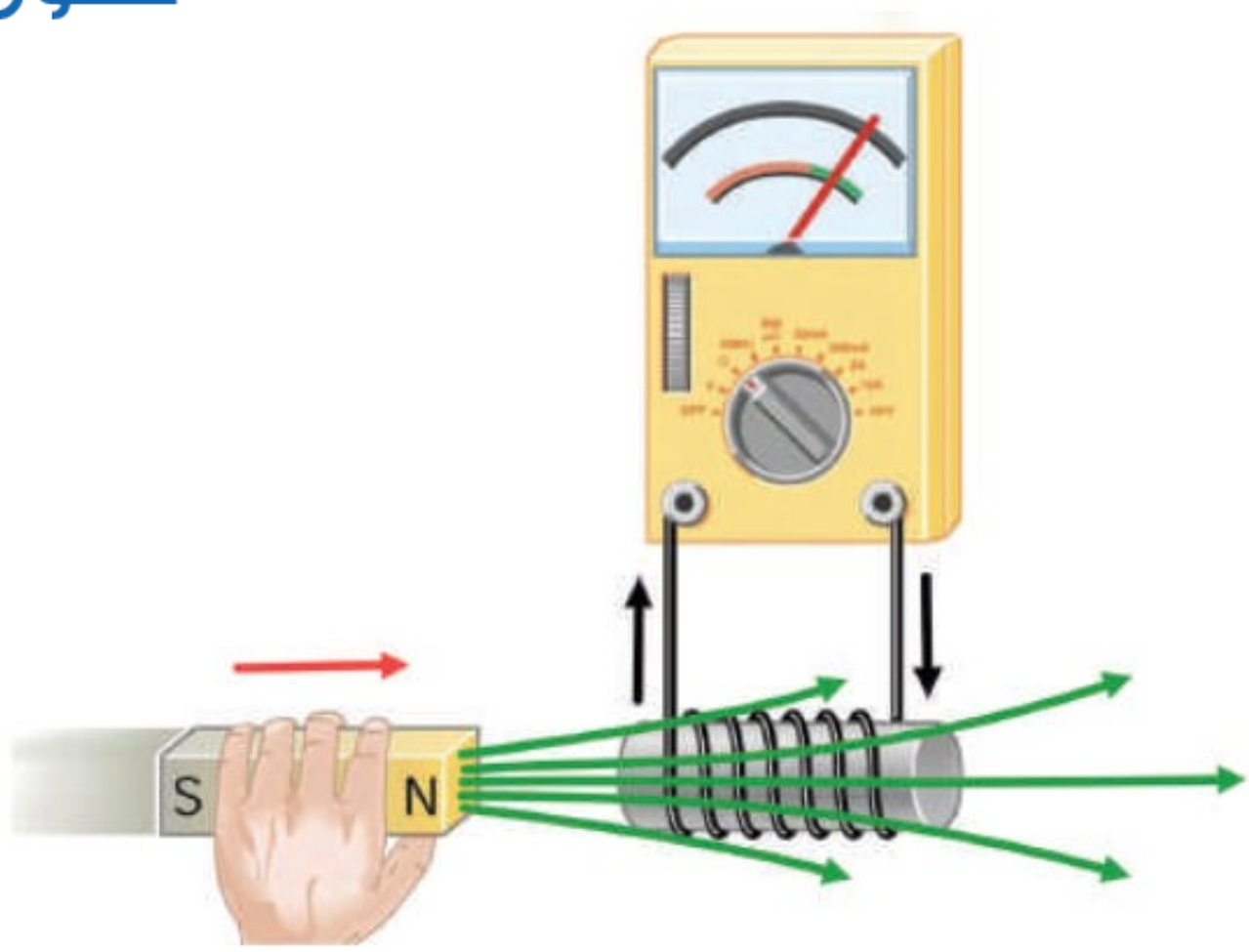
الشكل 10 — 2 عند تحريك سلك طوله L في مجال مغناطيسي B تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية، واذا كان السلك جزءًا من دائرة فسيتولد فيه تيار حثي مقداره I. وهذا التيار يتفاعل مع المجال المغناطيسي وينتج قوة مقدارها F. لاحظ أن القوة الناتجة تمانع حركة السلك v.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 53 4/8/19 2:19 PM

موقع
حلول كتبي



■ **الشكل 11–2** يؤدي اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس من الملف إلى مرور تيار حثي في الملف. ويمكن توقع اتجاه هذا التيار المتولد بواسطة قانون لنز.

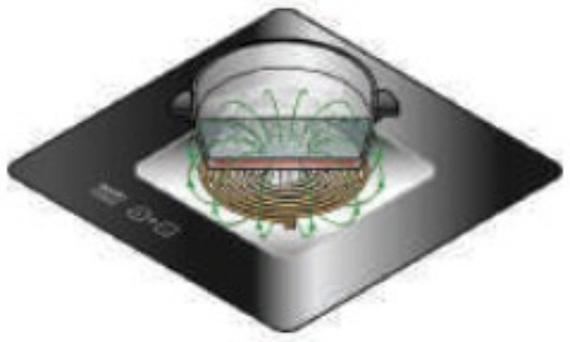
ممانعة التغير يبين **الشكل 11–2** مثالًا على كيفية تطبيق قانون لنز. حيث قُرّب القطب الشمالي لمغناطيس من الطرف الأيسر لملف. لكي تتولد قوة تُمانع اقتراب القطب الشمالي للمغناطيس يجب أن يصبح الطرف الأيسر للملف قطبًا شماليًّا أيضًا؛ أي أن تخرج خطوط المجال المغناطيسي من الطرف الأيسر للملف. باستخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى ستجد أنه إذا كان قانون لنز صحيحًا فإن اتجاه التيار الحثي يجب أن يكون في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إلى الملف من جهة الطرف الذي قُرِّب إليه المغناطيس. وقد دلت التجارب على صحة ذلك. وإذا عُكس المغناطيس بحيث يقترب القطب الجنوبي له إلى الملف فسيمر التيار الحثي في اتجاه حركة عقارب الساعة.

إذا كان التيار الناتج عن المولد الكهربائي صغيرًا فستكون القوة المعاكسة المؤثرة في ملف المولد صغيرة، لذا يدور الملف بسهولة. أما إذا كان التيار الناتج عن المولد كبيرًا فستكون القوة المؤثرة في التيار كبيرة، لذا يكون تدوير الملف أصعب. والمولد الذي يولّد تيارًا كبيرًا ينتج مقدارًا كبيرًا من الطاقة الكهربائية، وللتغلب على قوة الممانعة المؤثرة في الملف يجب تزويده بطاقة ميكانيكية لإنتاج طاقة كهربائية، وهذا يتفق مع قانون حفظ الطاقة.

المحركات وقانون لنز ينطبق قانون لنز أيضًا على المحركات؛ فعندما يتحرك سلك يسري فيه تيار كهربائي داخل مجال مغناطيسي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية، تسمى القوةَ الدافعة الكهربائية الحثية العكسية، ويكون اتجاهها معاكسًا لاتجاه التيار. وعند لحظة تشغيل المحرك يسري فيه تيار كبير بسبب صغر مقاومته. ومع دوران المحرك، تعمل حركة أسلاك الملف خلال المجال المغناطيسي على توليد قوة دافعة كهربائية حثية عكسية تعاكس التيار، لذا يقل التيار الكلي في المحرك. وإذا أثر في المحرك حمل ميكانيكي -كأن يبذل شغلاً لرفع ثقل- فإن سرعة دوران المحرك تقل. مما يؤدي إلى تقليل القوة الدافعة الكهربائية العكسية، فيسمح ذلك بمرور تيار أكبر خلال ملف المحرك. لاحظ أن هذا يتفق مع قانون حفظ الطاقة؛ فإذا ازداد التيار ازدادت القدرة الواصلة للمحرك، وهذه القدرة يُزوّد بها الحمل على شكل قدرة ميكانيكية. إذا أُوقف الحمل الميكانيكي المحرك فقد يصبح التيار كبيرًا إلى درجة تسخن معها أسلاك المحرك كثيرًا.

تطبيق الفيزياء

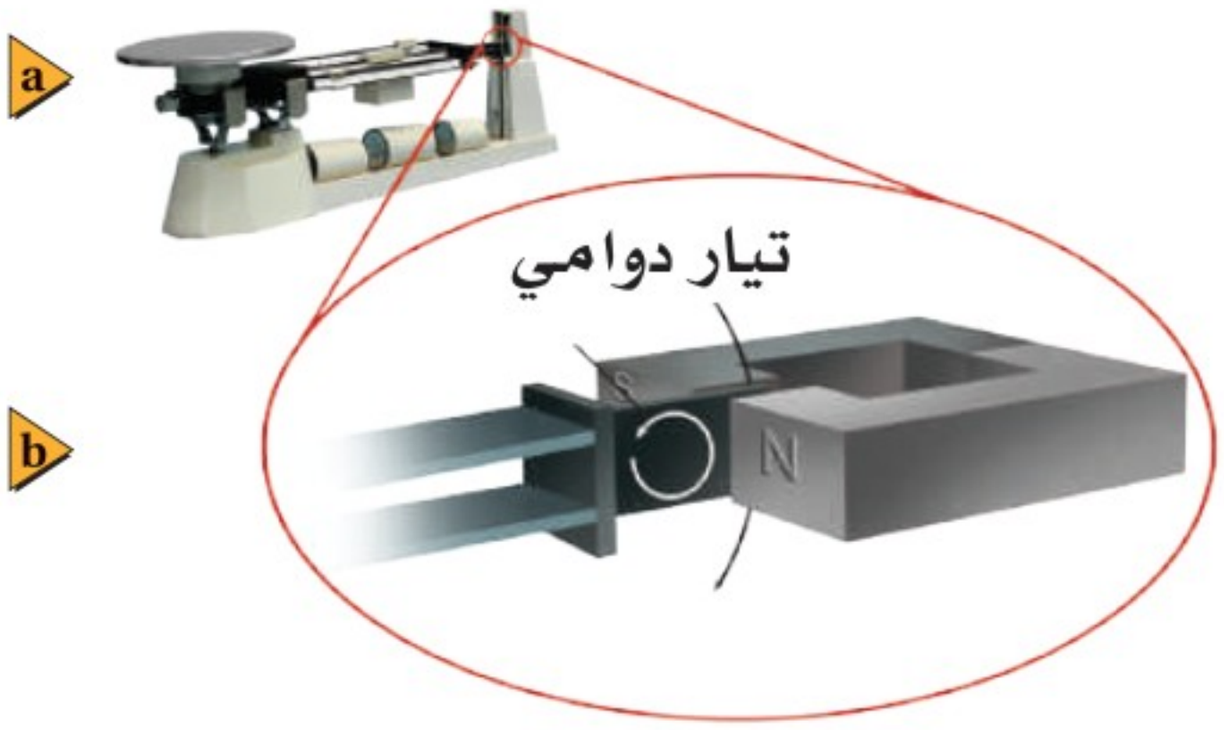
الطباخ الحثي:
عندما يمر تيار كهربائي متردد AC في ملف لولبي أسفل موقد فلزي، فإن المجال المغناطيسي في الملف اللولبي يتغيّر فينشأ تيار كهربائي حثي يُستخدم في تسخين قدور الطبخ ومحتوياتها.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 54 4/8/19 2:19 PM

موقع حلول كتبي



■ **الشكل 12–2** تستخدم الموازين الحساسة التيارات الدوامية المخامدة للتحكم في تذبذب مؤشر الميزان (**a**). فعندما تتحرك قطعة الفلز المثبتة في نهاية المؤشر داخل المجال المغناطيسي يتولد فيها تيار كهربائي، يولد بدوره مجالاً مغناطيسيًا يعاكس الحركة المسببة له، لذا تصبح حركة المؤشر متخامدة (**b**).

ونتيجة لتغير التيار المسحوب بتغير سرعة المحرك الكهربائي فإن الهبوط في الجهد في مقاومة أسلاك المحرك يتغير أيضًا. وهذا هو سبب ملاحظتك ضعف إضاءة مصابيح المنزل الموصولة على التوازي مع جهاز كهربائي له محرك كبير- مثل أجهزة التكييف والمنشار الكهربائي - لحظة تشغيلها.

عند قطع التيار الكهربائي عن المحرك بمفتاح الدائرة الكهربائية، أو بنزع قابس المحرك من المقبس في الحائط، يعمل التغير المفاجئ في المجال المغناطيسي على توليد قوة دافعة كهربائية عكسية، وهذه الفولتية العكسية قد تكون كبيرة بدرجة كافية لإحداث شرارة خلال المفتاح الكهربائي أو بين القابس والمقبس.

تطبيق على قانون لنز يستخدم الميزان الحساس - كالمستخدم في المختبر - قانون لنز لإيقاف تذبذبه عند وضع جسم في كفته. وكما هو موضح في **الشكل 12–2** توجد قطعة فلزية متصلة بذراع الميزان موضوعة بين قطبي مغناطيس على شكل حذاء فرس. فعندما يتأرجح ذراع الميزان تتحرك قطعة الفلز داخل المجال المغناطيسي، فتتولد تيارات تسمى **تيارات دوامية** خلال الفلز، فتنتج تلك التيارات مجالاً مغناطيسيًّا يؤثر في عكس الحركة المسببة لها، مما يسبب تباطؤ حركة القطعة الفلزية. وعلى الرغم من أن القوة تعاكس حركة قطعة الفلز في الاتجاهين إلا أنها لا تؤثر إذا كانت القطعة ساكنة، لذلك فإنها لا تعمل على تغيير قراءة الميزان، ويسمى هذا التأثير "التيار الدوامي المخامد". وعادة يتركب قلب المحرك أو المحوّل من صفائح حديدية رقيقة معزول بعضها عن بعض للتقليل من دوران التيارات الدوامية.

■ **الشكل 13–2** يتولد تيار دوامي في الحلقة الفلزية الكاملة بينما لا يتولد في الحلقة المقطوعة.

تتولد التيارات الدوامية عندما تتحرك قطعة فلزية داخل مجال مغناطيسي، والعكس صحيح أيضا، حيث تتولد تيارات دوامية إذا وضعت حلقة فلزية داخل مجال مغناطيسي متغير. ووفقًا لقانون لنز فإن التيار المتولد يعاكس التغير في المجال المغناطيسي. فمثلًا، في **الشكل 13–2**، يتولد تيار في حلقة الألومنيوم غير المقطوعة يولد بدوره مجالًا مغناطيسيًّا معاكسًا يجعل الحلقة ترتفع، حيث يمر تيار متناوب في الملف، فيتولد مجال مغناطيسي متغير باستمرار يؤدي بدوره إلى توليد قوة دافعة كهربائية حثية في الحلقتين. فإذا كانت هاتان الحلقتان مكونتين من مواد غير موصلة مثل النايلون فلن تتولد قوة دافعة كهربائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 55 4/8/19 2:19 PM

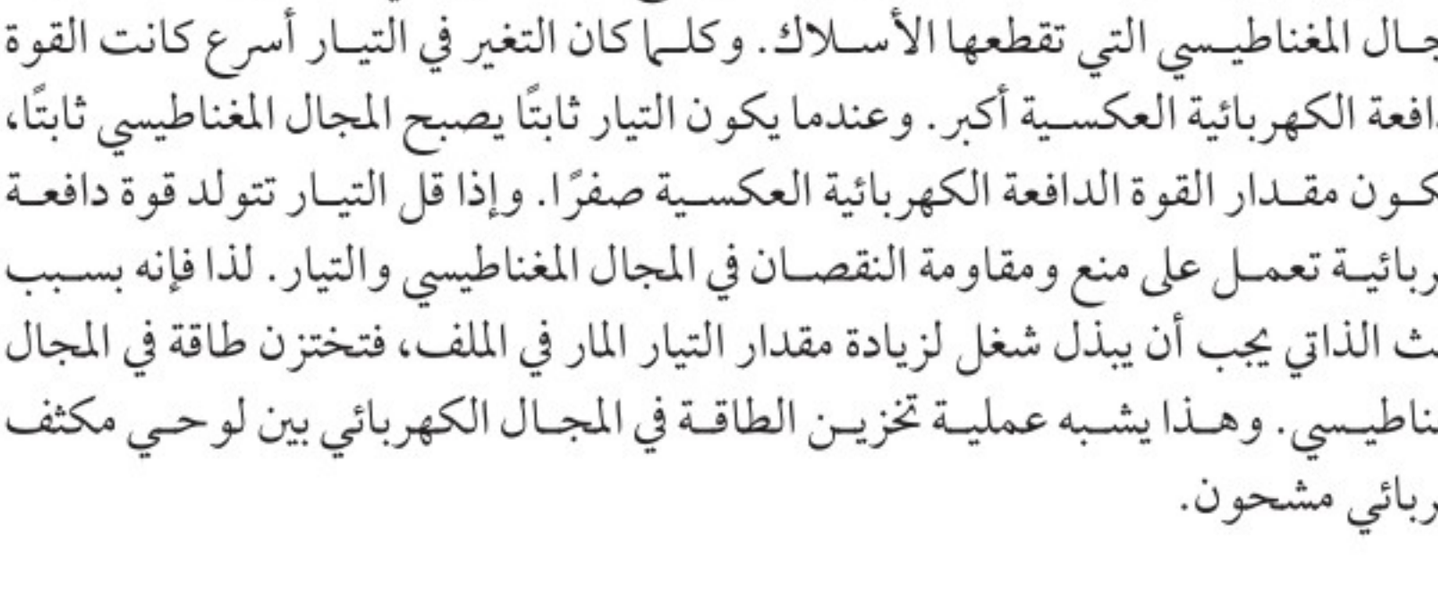
موقع
حلول كتبي

حثيـة فيهما. أما في الحلقة غير المقطوعة فإن القـوة الدافعة الكهربائية الحثية تولد تيارًا ينتج مجالاً مغناطيسـيًّا معاكسًا للتغير في المجال المغناطيسي الذي ولّده. وهذا التفاعل بين هذين المجالين يؤدي إلى دفع الحلقة بعيدًا عن الملف؛ تمامًا كما يبتعد القطبان الشماليان لمغناطيسين أحدهما عن الآخر. وأما الحلقة السـفلى التي قطعت خطوط المجال المغناطيسي فيتولد فيها قوة دافعة كهربائية، لكن دون أن يتولد تيار؛ لأن مسار التيار غير مكتمل، ولذلك لا تولد هذه الحلقة مجالًا مغناطيسيًّا معاكسًا.

الحث الذاتي Self–Inductance

يمكن توضيح القوة الدافعة الكهربائية العكسـية بطريقـة أخرى. فقد بيّن فاراداي أن قوة دافعة كهربائية تتولد عندما يقطع سلك خطوط مجال مغناطيسي. يوضح **الشكل 14–2** أن التيار المار في السـلك يتزايد ابتداءً من **الشـكل 14a–2** حتى **الشكل 14c–2**. حيث يولد التيـار مجالاً مغناطيسـيًّا تُظهره خطـوط المجال المغناطيسي. وبزيـادة كل من التيار والمجال المغناطيسي تنشـأ خطوط مجال جديدة. وبزيادة عدد الخطوط تقطع أسـلاك الملف خطوطًا أكثر، وتولد قـوة دافعـة كهربائية عكسية مولدة تيارًا حثيًّا ينشأ عنه مجال مغناطيسي يقاوم تغيرات التيار. وتسمى هذه القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في سلك يسري فيه تيار متغير **الحث الذاتي**.

يتناسـب مقدار القـوة الدافعة الكهربائيـة الحثية مع المعدل الزمنـي للتغير في عدد خطوط المجـال المغناطيـسي التي تقطعها الأسـلاك. وكلـما كان التغير في التيـار أسرع كانت القوة الدافعة الكهربائية العكسـية أكبر. وعندما يكون التيار ثابتًا يصبح المجال المغناطيسي ثابتًا، ويكـون مقـدار القوة الدافعة الكهربائية العكسـية صفرًا. وإذا قل التيـار تتولد قوة دافعـة كهربائيـة تعمـل على منع ومقاومة النقصـان في المجال المغناطيسي والتيار. لذا فإنه بسـبب الحث الذاتي يجب أن يبذل شغل لزيادة مقدار التيار المار في الملف، فتختزن طاقة في المجال المغناطيـسي. وهـذا يشـبه عمليـة تخزيـن الطاقـة في المجـال الكهربائي بين لوحـي مكثف كهربائي مشحون.



■ **الشـكل 14–2** بزيادة التيـار في الملف من (a) إلى (c) يزداد المجال المغناطيسي المتولـد بواسطة التيار أيضًا. هذه الزيادة في المجـال المغناطيسـي تولـد قـوة دافعـة كهربائية حثية تعاكس اتجاه التيار.

وزارة التعـليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 56 4/8/19 2:19 PM

موقع
حلول كتبي

المحوِّلات الكهربائية Electric Transformers

تستخدم **المحوّلات** لرفع أو خفض الجهد الكهربائي المتناوب AC. واستخدام المحولات شائع جدًّا؛ لأنها تغير الجهد مع فقد قليل من الطاقة. وتحتوي معظم الأجهزة الكهربائية في المنزل – ومنها أنظمة الألعاب والطابعات والمسجلات – على محولات تكون داخل صندوق الجهاز أو خارجه.

كيف تعمل المحولات؟ يولّد الحث الذاتي للملف قوة دافعة كهربائية حثية عندما يتغير التيار المار في ملف. وللمحول الكهربائي ملفان معزولان كهربائيًّا أحدهما عن الآخر، وملفوفان حول القلب الحديدي نفسه. ويسمى أحد الملفين **الملف الابتدائي**، والآخر **الملف الثانوي**. وعند وَصْل الملف الابتدائي بمصدر جهد متناوب، يولّد تغيّر التيار مجالاً مغناطيسيًّا متغيرًا، ويُنقل هذا التغير عبر القلب الحديدي إلى الملف الثانوي، حيث تتولّد فيه قوة دافعة كهربائية حثية متغيرة بسبب هذا التغير في المجال. ويسمى هذا التأثير **الحث المتبادل**.

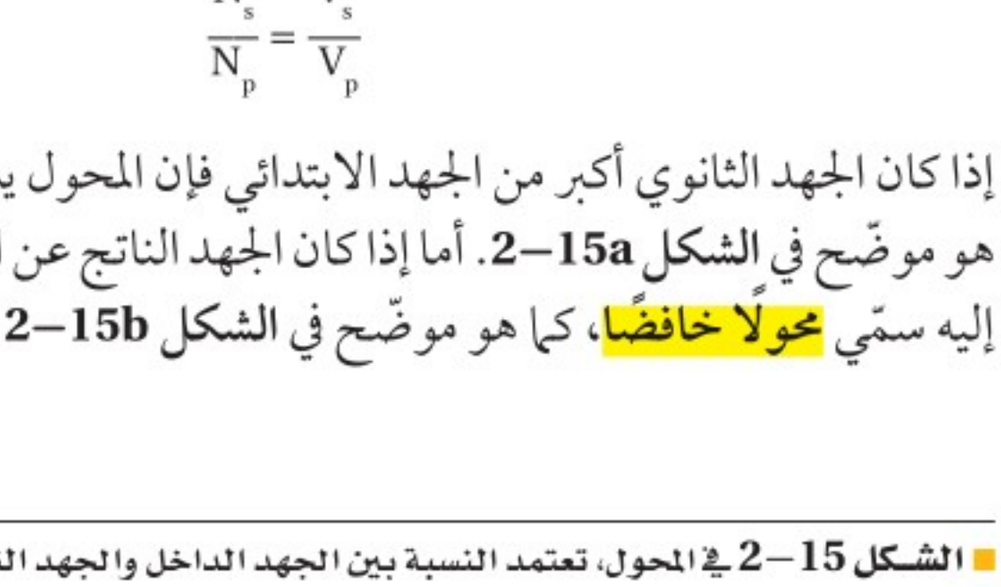
تتناسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف الثانوي – وتسمى الجهدَ الثانوي– مع الجهد الابتدائي. ويعتمد الجهد الثانوي أيضًا على النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي وعدد لفات الملف الابتدائي، كما هو موضّح في العلاقة الآتية:

$$\frac{\text{الجهد الثانوي}}{\text{الجهد الابتدائي}} = \frac{\text{عدد لفات الملف الثانوي}}{\text{عدد لفات الملف الابتدائي}}$$

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

إذا كان الجهد الثانوي أكبر من الجهد الابتدائي فإن المحول يسمّى عندئذ **محولًا رافعًا**، كما هو موضّح في **الشكل 15a–2**. أما إذا كان الجهد الناتج عن المحول أقل من الجهد الداخل إليه سمّي **محولًا خافضًا**، كما هو موضّح في **الشكل 15b–2**.

الشكل 15–2 في المحول، تعتمد النسبة بين الجهد الداخل والجهد الناتج على النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي وعدد لفات الملف الثانوي. ويمكن أن يكون الجهد الناتج أكبر من الجهد الداخل (a)، أو أقل من الجهد الداخل (b).



تجربة

المحرك والمولد

تختلف المحركات والمولدات بصورة رئيسة في طريقة تحويل الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية مقارنة بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهربائية.

1. ركّب دائرة توالٍ 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 وصلت المحرك بمحرك آخر؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 57 4/8/19 2:19 PM

موقع
حلول كتبي

في المحـول المثـالي تكون القدرة الواصلة إلى الملف الابتدائي مسـاوية للقـدرة الخارجة من الملف الثانوي. فالمحول المثالي لا يضيِّع أو يبدد أي جزء من القدرة، ويمكن تمثيله بالمعادلة:

$$P_p = P_s$$

$$V_p I_p = V_s I_s$$

وبترتيب المعادلة للحصول على النسبة V_p / V_s، 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:

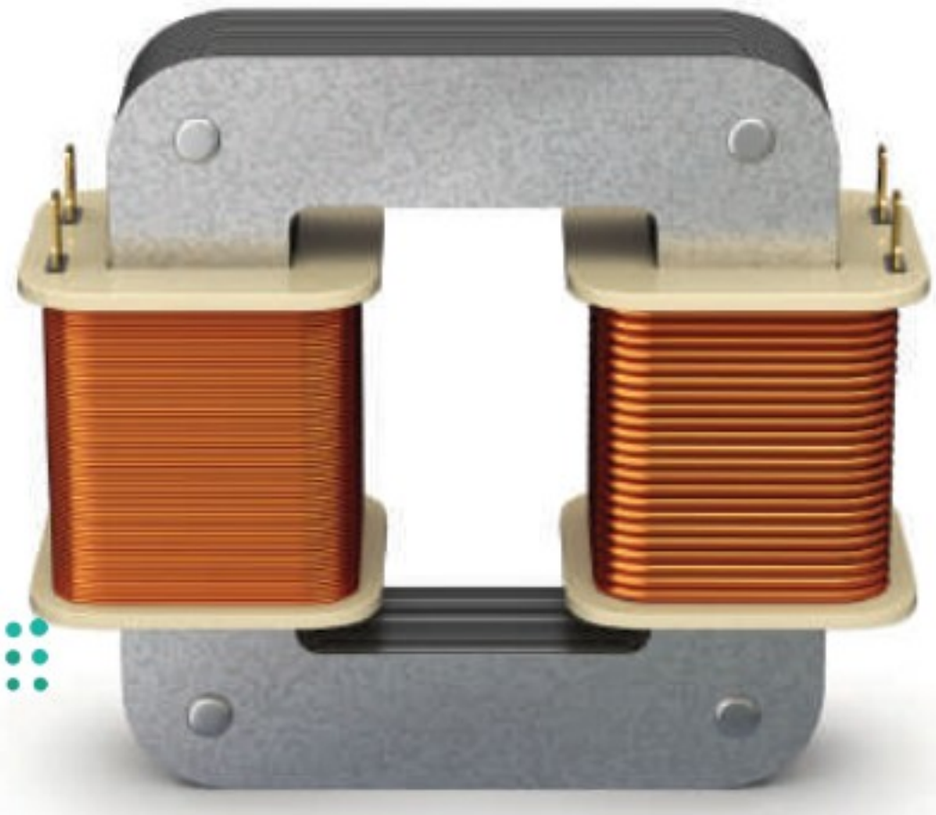
معادلة المحول

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

النسـبة بين تيار الملـف الثانوي وتيار الملف الابتدائي تسـاوي النسـبة بين جهد الملف الابتدائي وجهد الملف الثانوي، وتساوي أيضًا النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي وعدد لفات الملف الثانوي.

تعرفت من قبل أن المحول الرافع يزيد الجهد. ولأن المحول لا يمكنه زيادة القدرة الناتجة، لـذا يجب أن يكـون هناك نقص في التيار المـار خلال الملف الثانوي. ويحدث الشيء نفسـه في المحـول الخافـض؛ إذ يكـون التيار المـار في الملف الثانـوي أكبر من التيار المـار في الملف الابتدائـي؛ فانخفـاض الجهد يقابله زيادة التيـار، كما هو موضّـح في الصفحة المجاورة في الرياضيات في الفيزياء.

يمكن فهم ذلك بطريقة أخرى، وذلك بأن نعتبر أن كفاءة المحول 100%، كما يتم افتراضه عادةً في الصناعة. وبذلك يمكن - في معظم الحالات - افتراض أن القدرة الناتجة تساوي القدرة الداخلة. ويوضّح **الشكل 15–2** مبدأ عمل كلٍّ من المحولات الرافعة والمحولات الخافضـة. ويمكـن للمحـول نفسـه أن يكون رافعًـا أو خافضًـا، وهذا يعتمـد على طريقة توصيله، كما هو موضّح في **الشكل 16–2**.



الشكل 16–2 إذا وصل الجهد الداخل إلى الملف الذي عن اليسار حيث عدد اللفات أكبر، عَمِلَ المحول بوصفه محولًا خافضًا للجهد، وإذا وصل الجهد الداخل إلى الملف الذي عن اليمين فسيعمل المحول بوصفه محولًا رافعًا للجهد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 58 4/8/19 2:19 PM

موقع حلول كتبي

الرياضيات في الفيزياء

عدم المساواة ادرس التعابير الآتية لتساعدك على فهم العلاقات بين الجهد والتيار وعدد اللفات في المحول الرافع والمحول الخافض.

المحول الرافع	المحول الخافض
$V_s > V_p$	$V_s < V_p$
$I_s < I_p$	$I_s > I_p$
$N_s > N_p$	$N_s < N_p$

تطبيق الفيزياء

الوحدات الشائعة تقدّر قيم المحولات المثالية عادةً بوحدات (فولت. أمبير) (VA. kilo VA. Mega VA)

وتقنيًا، يمكن التعبير عن الأحمال ذات المقاومة النقية فقط أو قياسها بوحدة الواط، والأحمال التفاعلية بوحدة فولت. أمبير.

مثـــال 2

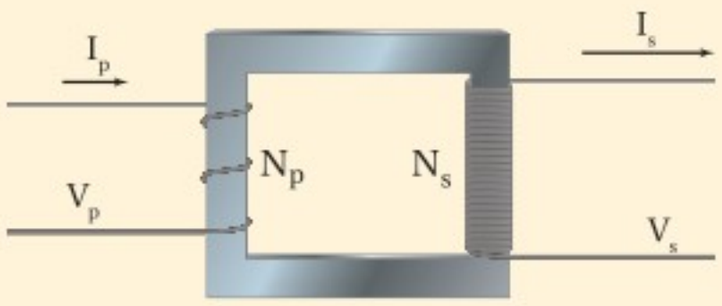
المحولات الرافعة محول رافع عدد لفات ملفه الابتدائي 200 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 3000 لفة. إذا وصل ملفه الابتدائي بجهد متناوب فعّال مقداره 90.0 V فأجب عما يلي:

a. ما مقدار الجهد في دائرة الملف الثانوي؟

b. إذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 2.0 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم قلبًا حديديًّا مع لفات من السلك.
- حدّد المتغيرات N و V و I.



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

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. حل بالنسبة لـ V_s.

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

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

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

$$= \frac{3000 \times 90.0\ V}{200}$$

$$= 1350\ V$$

b. تكون القدرة الداخلة إلى الملف الابتدائي مساوية للقدرة الخارجة من الملف الثانوي على افتراض أن كفاءة المحول 100 %.

$$P_P = P_s$$

بالتعويض $P_s = V_s I_s$، $P_P = V_P I_P$

$$V_P I_P = V_s I_s$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 59 4/8/19 2:19 PM

موقع حلول كتبي

$$I_P = \frac{V_s I_s}{V_P}$$

$$= \frac{(1350\ V)(2.0\ A)}{(90.0\ V)}$$

$$= 3.0 \times 10^1\ A$$

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

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.

16. محول مثالي خافض عدد لفات ملفه الابتدائي 7500 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 125 لفة، فإذا كان الجهد في دائرة الملف الابتدائي 7.2 kV فما مقدار الجهد في دائرة الملف الثانوي؟ وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 36 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

17. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي رافع من 300 لفة، ويتكون الملف الثانوي من 90000 لفة، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية للمولد المتصل بالملف الابتدائي 60.0 V فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية الناتجة عن الملف الثانوي؟ وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 0.50 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

مسألة تحفيز

يتصل الملف الابتدائي لمحوّل توزيع T_1 بمصدر جهد متناوب مقداره 3.0 kV، ويتصل الملف الثانوي له بالملف الابتدائي لمحول آخر T_2 باستخدام وصلات نحاسية، ويتصل الملف الثانوي للمحول T_2 بدائرة حمل (مقاومة) تستخدم قدرة مقدارها 10.0 kW. فإذا كانت نسبة عدد لفات المحول T_1 هي 1 :5، وكان فرق جهد الحمل للمحول T_2 يساوي 120 V، وكفاءة المحوّلين 100% و97.0% على الترتيب، فأجب عما يلي:

1. احسب تيار الحمل.

2. ما مقدار القدرة المستهلكة في المحوّل T_2؟

3. ما مقدار تيار الملف الثانوي للمحول T_1؟

4. ما مقدار التيار الذي يزوده المصدر المتناوب AC للمحول T_1؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 60 4/8/19 2:19 PM

موقع
حلول كتبي

■ **الشكل 17–2** تستخدم المحولات الخافضة للتقليل من الجهود الكهربائية الكبيرة في خطوط نقل القدرة إلى مستويات تناسب المستهلكين في أماكن الاستخدام.

الاستعمالات اليومية للمحوّلات تكون عملية نقل الطاقة الكهربائية لمسافات طويلة اقتصاديةً إذا استخدمت تيارات صغيرة وفروق جهد كبيرة جدًّا. ولذلك تُستخدم المحولات الرافعة عند مصادر القدرة للحصول على جهود كهربائية تصل إلى 480000 V، وتقلل هذه الجهود الكبيرة التيارات المستخدمة في نقل الطاقة عبر الأسلاك، مما يقلل من الطاقة الضائعة في مقاوماتها الكهربائية. وعندما تصل الطاقة إلى المستهلك تُستخدم محولات خافضة، كتلك الموضّحة في **الشكل 17–2**؛ لتزوِّده بجهود منخفضة تناسب الأجهزة الكهربائية المنزلية.

تضبط المحولات الموجودة في الأجهزة المنزلية الجهود الكهربائية إلى مستويات قابلة للاستعمال، فإذا أردت شحن لعبة أو تشغيل أداة كهربائية فعليك توصيلها في مخرج الكهرباء المثبت بالجدار، حيث يعمل المحوّل الموجود داخل هذه الأداة على تحويل التيار الكهربائي من تيار متردد إلى تيار مستمر ويقلل الجهد من 220 V إلى جهد يتراوح بين 3.0 V و 26.0 V.

ولا تستخدم المحولات لخفض الجهد ورفعه فقط؛ إذ يمكن استخدام المحولات لعزل دائرة عن أخرى، وهذا ممكن لأن سلك الملف الابتدائي لا يتصل بسلك الملف الثانوي. ويوجد هذا النوع من المحولات غالبًا في الأجهزة الإلكترونية الصغيرة.

2–2 مراجعة

18. **السلك الملفوف والمغانط** ملف سلكي معلق من نهايتيه بحيث يتأرجح بسهولة. إذا قرّبت مغناطيسًا إلى الملف فجأة فسيتأرجح الملف. بأي طريقة يتأرجح الملف بالنسبة إلى المغناطيس؟ ولماذا؟

19. **المحركات** إذا نزعت قابس مكنسة كهربائية في أثناء تشغيلها من المقبس فستلاحظ حدوث شرارة كهربائية، في حين لا تشاهدها عند نزع قابس مصباح كهربائي. لماذا؟

20. **المحوّلات والتيار** وضح لماذا يعمل المحوّل الكهربائي على تيار متناوب فقط؟

21. **المحوّلات** كثيرًا ما يكون السلك المستخدم في ملفات المحوّل المكون من عدد قليل من اللفات سميكًا (مقاومته قليلة)، بينما يكون سلك الملف المكون من عدد كبير من اللفات رفيعًا. لماذا؟

22. **المحولات الرافعة** بالرجوع إلى المحوّل الرافع الموضّح في **الشكل 13–2**، وضّح ما يحدث لتيار الملف الابتدائي إذا أصبحت دائرة الملف الثانوي دائرة قصر.

23. **التفكير الناقد** هل تصلح المغانط الدائمة لصنع قلب محوّل جيد؟ وضّح إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 61 4/8/19 2:19 PM

موقع
حلول كتبي

مختبر الفيزياء

الحث والمحوِّلات

المحوِّل جهاز ليس فيه أجزاء متحركة، حيث يتركب من دائرتين كهربائيتين ترتبطان بواسطة مجال مغناطيسي. ويستخدم المحوّل لرفع أو خفض فرق الجهد المتناوب AC، والذي يسمى عادة فولتية. وتوجد المحوّلات في كل مكان؛ فجميع الأجهزة الإلكترونية في المنزل تحتوي على محوّلات، تعمل غالبًا على خفض الفولتية التي تدخل إليها. إلا أن لأجهزة التلفاز التي تحتوي على أنبوب أشعة مهبطية لتكوين الصور محوّلاتٍ تنتج فولتية كبيرة؛ إذ تعمل هذه المحوّلات على رفع الفولتية إلى عشرات الآلاف من الفولتات، مما يؤدي إلى مسارعة الإلكترونات من مؤخرة الأنبوب في اتجاه الشاشة. ستستخدم في هذه التجربة ملفين مع قلب حديدي قابل للحركة. يسمّى أحد الملفين الملف الابتدائي، والآخر الملف الثانوي. وعند تطبيق جهد متناوب AC على الملف الابتدائي يعمل المجال المغناطيسي المتغير على توليد تيار وجهد كهربائيين حثيين في الملف الثانوي. ويُعبّر عن هذه الفولتية الحثية بالعلاقة: $V_s / V_p = N_s / N_p$؛ حيث ترمز N إلى عدد اللفات في الملف.

سؤال التجربة

ما العلاقة بين جهدي ملفي المحوّل؟

الأهداف

- **تصف** كيف يعمل المحوّل الكهربائي.
- **تلاحظ** أثر الفولتية المستمرة DC في المحوّل.
- **تلاحظ** أثر الفولتية المتناوبة AC في المحوّل.

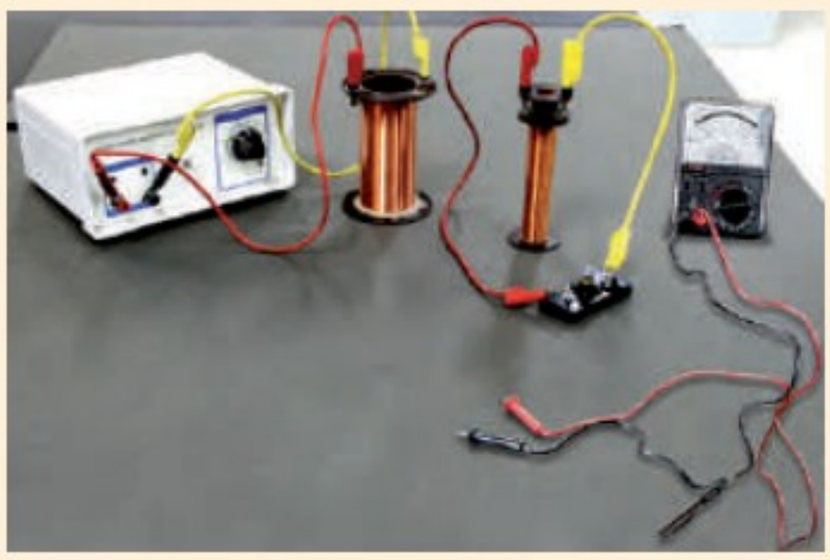
احتياطات السلامة

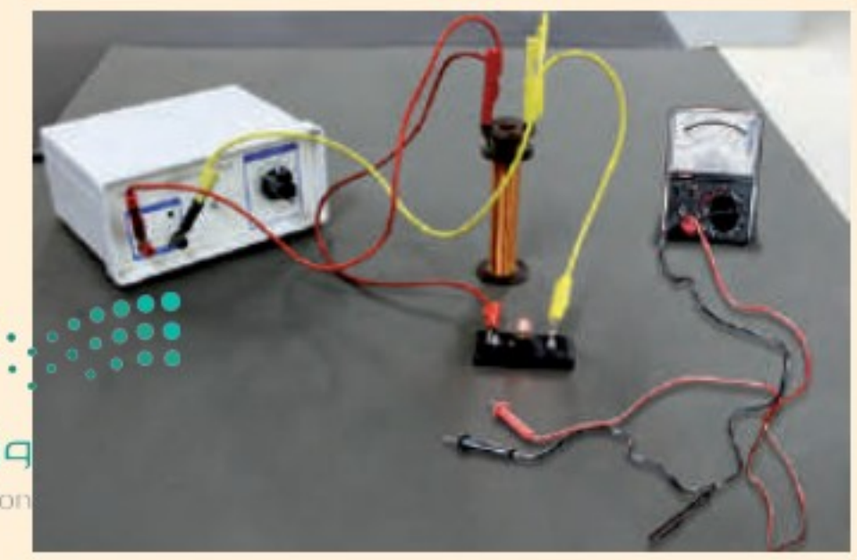
المواد والأدوات

ملف ثانوي، وملف ابتدائي بأعداد لفات مختلفة
مصدر جهد متناوب AC صغير
فولتمتر خاص بالتيار المتناوب AC
مصدر جهد مستمر DC (0–6 V, 0–5 A)
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 عليك مضاعفة عدد لفاته. دوّن نتائجك في جدول البيانات1.
2. صل طرفي التوصيل للمصباح الكهربائي بالملف الثانوي، ثم ضع الملف الثانوي داخل الملف الابتدائي بعناية، ثم أدخل قلب الحديد داخل الملف الثانوي بعناية.
3. صل سلكين بمخرج مصدر قدرة DC. وصل السلك الموجب لمصدر الجهد بأحد طرفي التوصيل في الملف الابتدائي. والآن شغل مصدر الجهد بقيمته العظمى





وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COUR.CH02.indd 62 4/9/19 5:46 AM

موقع
حلول كتبي

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	

تقريبًا، ثم أمسك الطرف الحرّ للسلك الموصول بالطرف السالب للمصدر واجعله يلامس الطرف الثاني لسلك الملف الابتدائي. لاحظ المنطقة التي لامست بها السلك بالتوصيلة. دوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.

4. راقب المصباح الكهربائي في أثناء ملامسة التوصيلة بلطف. ماذا يحدث عند ملامسة السلك للتوصيلة وعند فصله عنها؟ دوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.
5. لامس السلك السالب بتوصيلة الملف الابتدائي مدة 5 ثوانٍ وراقب المصباح، ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.
6. افصل مصدر القدرة DC، وضعه جانبًا مع الإبقاء على المصباح موصولاً بالملف الثانوي، ثم صل مصدر القدرة AC بطرفي التوصيل في الملف الابتدائي، ثم شغّل مصدر القدرة AC وراقب المصباح. ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.
7. اختر تدريج AC للفولتمتر الذي تستخدمه، وأدخل مجسَّيه في نقطتي الفولتمتر، ثم لامس طرفي المجسّين الحرين لطرفي الملف الابتدائي برفق، وقس الجهد المطبق. ثم أبعد المجسين عن الملف الابتدائي، ولامسهما لطرفي 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. دوّن قياساتك في جدول البيانات 2.
9. تحسّس القلب الحديدي بلطف، ماذا تلاحظ؟ دوّن ملاحظاتك في جدول البيانات 2.

التحليل

1. احسب النسبة N_s/N_p من بياناتك المدوّنة في الجدول 1.
2. احسب النسبة V_s/V_p من بياناتك المدوّنة في الجدول 1.
3. **تفسير البيانات** كيف تقارن بين N_s/N_p و V_s/V_p؟
4. **تعرّف 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 الخطوة 8؟
4. **فسر** درجة حرارة القلب الحديدي التي لاحظتها في الخطوة 9.

التوسع في البحث

لماذا يعمل المحوّل بتيار متناوب فقط، ولا يعمل بتيار مستمر؟

الفيزياء في الحياة

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 63 4/8/19 2:19 PM

موقع حلول كتبي

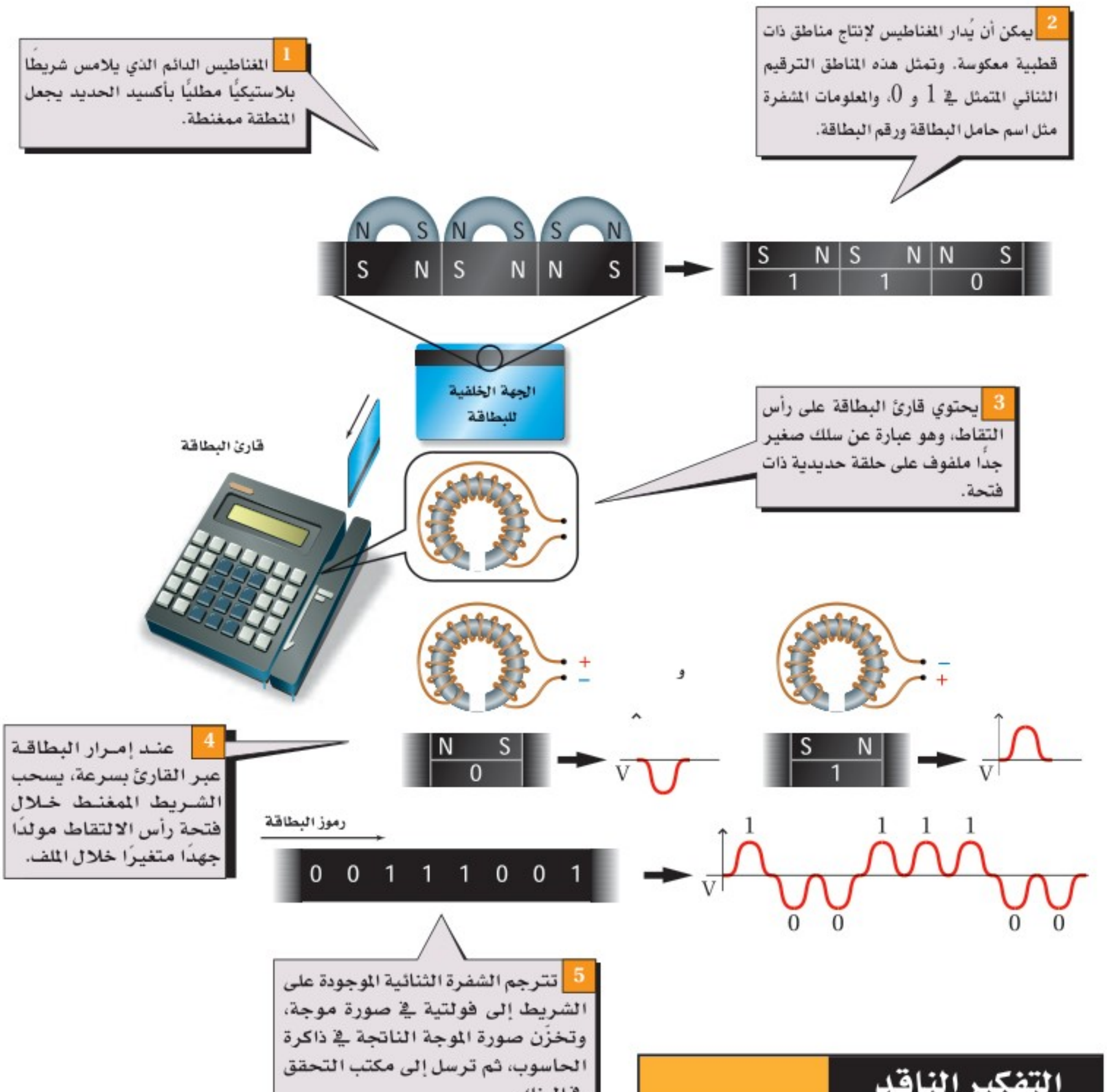
كيف يعمل

How it Works

قارئ بطاقات الائتمان؟

How a Credit - Card Reader Works?

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



التفكير الناقد

1. **لاحظ** لماذا تتحول الأرقام الثنائية في الخطوة 5 من الشريط المغناطيسي إلى جهد في صورة موجة؟
2. **حلّل** ماذا يحدث إذا لم يكن لحلقة الحديد الصغيرة فتحة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 64 4/8/19 2:13 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

2-1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية
Electric Current from Changing Magnetic Fields

المفردات

- التيار الكهربائي الحثي
- الحث الكهرومغناطيسي
- القاعدة الرابعة لليد اليمنى
- القوة الدافعة الكهربائية الحثية
- المولد الكهربائي
- متوسط القدرة

المفاهيم الرئيسة

- اكتشف مايكل فاراداي أنه إذا تحرك سلك داخل مجال مغناطيسي فسوف يسري فيه تيار كهربائي.
- يعتمد التيار المتولد على الزاوية المحصورة بين متجه سرعة السلك واتجاه المجال المغناطيسي، وتكون أكبر قيمة للتيار عندما يتحرك السلك عموديًّا على المجال.
- القوة الدافعة الكهربائية EMF هي فرق الجهد الناتج بين طرفي السلك المتحرك، وتقاس بوحدة الفولت.
- القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في سلك مستقيم يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم تساوي حاصل ضرب مقدار المجال المغناطيسي B، في كل من طول السلك L والمركبة العمودية لسرعة السلك على المجال، v (sin θ).

$$EMF = BLv \sin \theta$$

- يمكن استعمال التيار والجهد الفعّالين لوصف التيار المتناوب والجهد المتناوب.

$$V_{\text{فعّال}} = 0.707\ V_{\text{عظمى}}$$

$$I_{\text{فعّال}} = 0.707\ I_{\text{عظمى}}$$

- المولد الكهربائي والمحرك الكهربائي جهازان متشابهان؛ إذ يحول المولد الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، في حين يحول المحرك الكهربائي الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

2-2 تغيُّر 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

المفاهيم الرئيسة

- ينص قانون لنز على أن اتجاه التيار الحثي يكون بحيث إن المجال المغناطيسي الناشئ عنه يعاكس التغير في المجال المغناطيسي الذي سبّبه.
- تتولد قوة دافعة كهربائية عكسية بتحريك سلك يسري فيه تيار داخل مجال مغناطيسي، وتكون معاكسة للتيار.
- الحث الذاتي خاصية للسلك الذي يسري فيه تيار متغير، وكلما كان تغير التيار في السلك أسرع زادت القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية التي تقاوم هذا التغير.
- يحتوي المحول على ملفين ملفوفين على القلب نفسه. يولد مرور التيار المتناوب AC في الملف الابتدائي قوة دافعة كهربائية متناوبة EMF في الملف الثانوي. والجهود الناتجة عن دوائر التيار المتناوب قد تزداد أو تقل بواسطة المحوّلات.

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

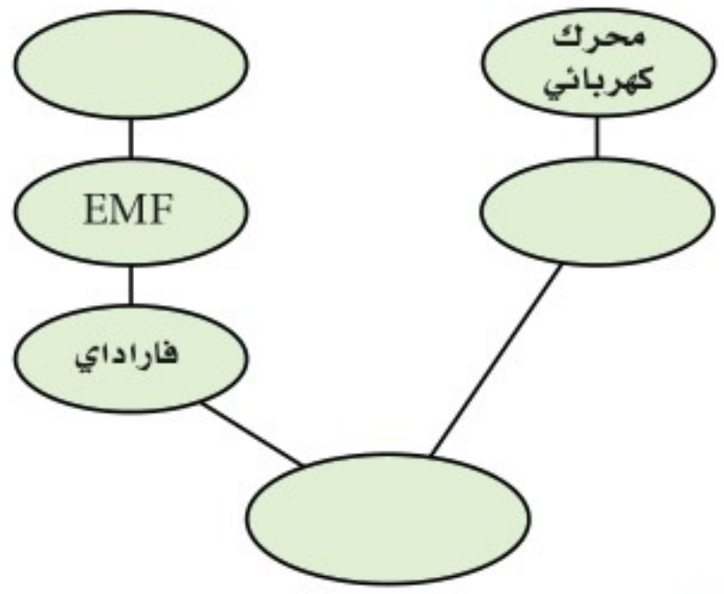
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 65 4/8/19 2:19 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 2 التقويم

خريطة المفاهيم

24. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: المولد الكهربائي، القوة الدافعة الكهربائية العكسية، قانون لنز.



إتقان المفاهيم

25. ما الجزء المتحرك في المولد الكهربائي؟

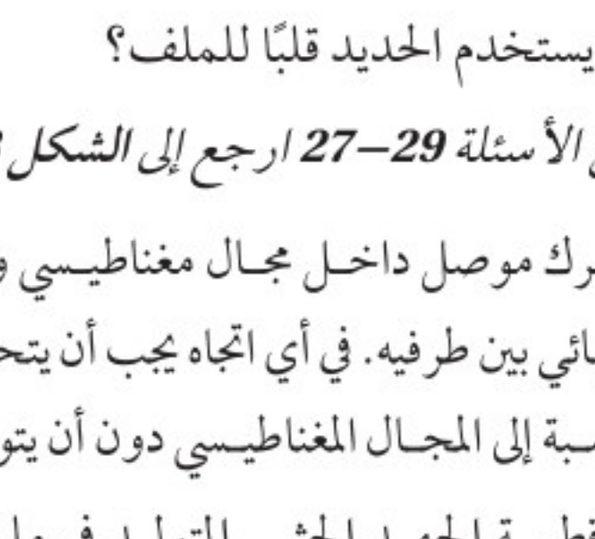
26. لماذا يستخدم الحديد قلبًا للملف؟

*للإجابة عن الأسئلة **29–27** ارجع إلى **الشكل 18–2**.*

27. يتحرك موصل داخل مجال مغناطيسي ويتولد جهد كهربائي بين طرفيه. في أي اتجاه يجب أن يتحرك الموصل بالنسبة إلى المجال المغناطيسي دون أن يتولد جهد؟

28. ما قطبية الجهد الحثي المتولد في ملف لولبي عند تقريب القطب الجنوبي لمغناطيس؟

29. ما أثر زيادة الطول الكلي للموصل داخل مولد كهربائي؟



الشكل 18–2

30. فيم تتشابه نتائج كل من أورستد وفاراداي؟ وفيم تختلف؟

31. لديك ملف سلكي وقضيب مغناطيسي. صف كيف يمكنك استخدامهما في توليد تيار كهربائي؟

32. ما الذي ترمز إليه *EMF*؟ وما سبب عدم دقة الاسم؟

33. ما الفرق بين المولد الكهربائي والمحرك الكهربائي؟

34. اكتب الأجزاء الرئيسة لمولد التيار المتناوب AC.

35. لماذا تكون القيمة الفعالة للتيار المتناوب أقل من القيمة العظمى له؟

36. **الكهرومائية** يدير الماء الذي كان محجوزًا خلف السد التوربينات التي تدوّر المولدات. أعدّ قائمة بجميع أشكال الطاقة وتحولاتها منذ كان الماء محجوزا إلى أن تولدت الكهرباء.

37. اكتب نص قانون لنز.

38. ما الذي يسبب تولد القوة الدافعة الكهربائية العكسية في المحرك الكهربائي؟

39. لماذا لا تحدث شرارة كهربائية عندما تغلق مفتاحًا كهربائيًّا لتمرير تيار إلى محث، في حين تحدث الشرارة عند فتح ذلك المفتاح؟

40. لماذا يكون الحث الذاتي في ملف عاملاً رئيسًا عندما يمر فيه تيار متناوب AC في حين يكون عاملاً ثانويًّا عندما يمر فيه تيار مستمر DC؟

41. وضح لماذا تظهر كلمة "تغير" في هذا الفصل بكثرة؟

42. علام تعتمد النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية في كل من دائرتي الملفين الابتدائي والثانوي للمحول نفسه ؟

تطبيق المفاهيم

43. استخدم الوحدات لإثبات أن المقولبت هو وحدة قياس للمقدار BLv.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 66 4/8/19 2:19 PM

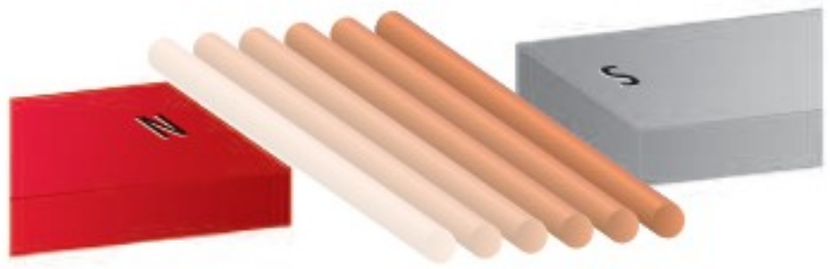
موقع حلول كتبي

44. عندما يتحرك سلك داخل مجال مغناطيسي فهل تؤثر مقاومة الدائرة المغلقة في التيار فقط، أم في القوة الدافعة الكهربائية فقط، أم في كليهما، أم لا يتأثر أي منهما؟

45. **الدراجة الهوائية** عندما يُبطئ أحمد من سرعة دراجته الهوائية ماذا يحدث للقوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن مولد دراجته؟ استخدم مصطلح (*الملف ذو القلب الحديدي*) خلال التوضيح.

46. يتغير اتجاه الجهد المتناوب (AC) 120 مرة في كل ثانية، فهل يعني ذلك أن الجهاز الموصول بجهد متناوب AC يفقد الطاقة ويكتسبها بالتناوب؟

47. يتحرك سلك بصورة أفقية بين قطبي مغناطيس، كما هو موضح في **الشكل 19–2**. ما اتجاه التيار الحثي فيه؟

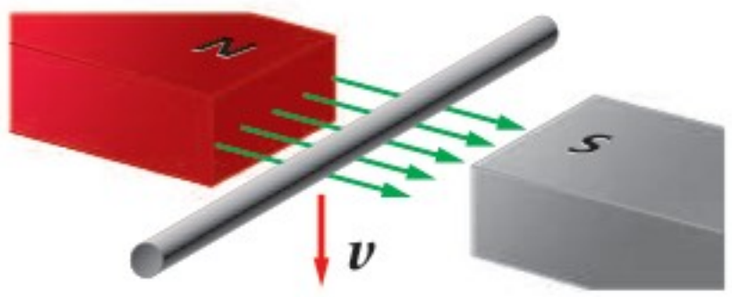


الشكل 19–2

48. عملت مغناطيسًا كهربائيًّا بلف سلك حول مسمار طويل، كما هو موضح في **الشكل 20–2**، ثم وصلته مع بطارية، فهل يكون التيار أكبر بعد التوصيل مباشرة، أم بعد التوصيل بعدة أعشار من الثانية، أم يبقى التيار نفسه دائمًا؟ وضح إجابتك.

الشكل 20–2

49. تتحرك قطعة من حلقة سلكية إلى أسفل بين قطبي مغناطيس، كما هو موضح في **الشكل 21–2**. ما اتجاه التيار الحثي المتولد؟

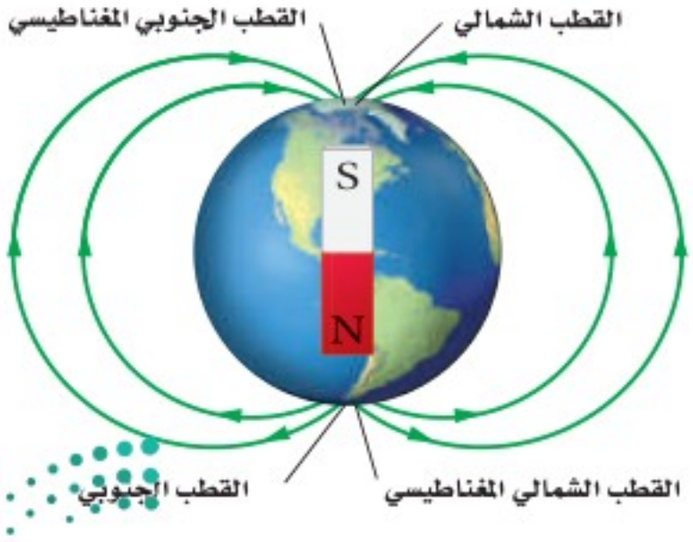


الشكل 21–2

50. وصل محول مع بطارية بواسطة مفتاح كهربائي، ووصلت دائرة الملف الثانوي مع مصباح كهربائي، كما في **الشكل 22–2**. هل يضيء المصباح ما دام المفتاح مغلقًا، أم عند لحظة الإغلاق فقط، أم عند لحظة فتح المفتاح فقط؟ وضح إجابتك.

الشكل 22–2

51. **المجال المغناطيسي الأرضي** اتجاه المجال المغناطيس الأرضي في النصف الشمالي في اتجاه الأسفل ونحو الشمال، كما هو موضح في **الشكل 23–2**. إذا تحرك سلك أفقي (يمتد من الشرق إلى الغرب) من الشمال إلى الجنوب فما اتجاه التيار المتولد؟



الشكل 23–2

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 67 4/8/19 2:19 PM

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 2

52. إذا حركت سلكًا نحاسيًّا إلى أسفل خلال مجال مغناطيسي B كما في **الشكل 21–2** فأجب عما يلي:

a. هل يسري التيار الحثي المتولد في قطعة السلك إلى اليسار أم إلى اليمين؟

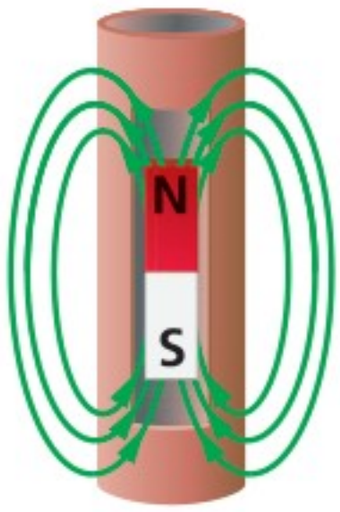
b. عندما يتحرك السلك داخل المجال المغناطيسي سيسري فيه تيار، وعندها تكون القطعة عبارة عن سلك يسري فيه تيار كهربائي وموضوع داخل مجال مغناطيسي، ويجب أن تؤثر فيه قوة مغناطيسية. ما اتجاه القوة التي ستؤثر في السلك نتيجة سريان التيار الحثي؟

53. أسقط مدرس الفيزياء مغناطيسا قويا في أنبوب نحاسي، كما في **الشكل 24–2**، فتحرك المغناطيس ببطء شديد، فاعتقد الطلبة في الصف أنه يجب أن تكون هناك قوة معاكسة لقوة الجاذبية.

a. ما اتجاه التيار الحثي المتولد في الأنبوب بسبب سقوط المغناطيس إذا كان القطب الجنوبي للمغناطيس هو القطب المتجه إلى أسفل؟

b. يُنتج التيار الحثي مجالاً مغناطيسيًّا. ما اتجاه هذا المجال؟

c. كيف يعمل المجال المغناطيسي على تقليل تسارع المغناطيس الساقط؟



الشكل 24–2

54. **المولدات** لماذا يكون دوران المولد أكثر صعوبة عندما يكون متصلًا بدائرة كهربائية يُزوِّدها بالتيار، مقارنة بدورانه عندما لا يكون متصلاً بدائرة ما؟

55. وضح لماذا يكون التيار الابتدائي عند تشغيل المحرك كبيرًا. وضح أيضًا كيف يمكن تطبيق قانون لنز عند اللحظة $t > 0$؟

56. بالرجوع إلى **الشكل 12–2** وبالربط مع قانون لنز، وضح لماذا يتكون قلب المحول الكهربائي من شرائح معزولة؟

57. يصنع محول كهربائي عملي بحيث يحتوي قلبه على شرائح ليست فائقة التوصيل. ولأنه لا يمكن التخلص من التيارات الدوامية نهائيًّا فإنه يكون هناك فقد قليل للقدرة في قلب المحول. وهذا يعني وجود فقد مستمر للقدرة في قلب المحول. ما القانون الأساسي الذي يكون من المستحيل معه جعل الطاقة المفقودة صفرًا؟

58. اشرح كيفية حدوث الحث المتبادل في المحول؟

59. أسقط طالب قضيبًا مغناطيسيًّا بحيث كان قطبه الشمالي إلى أسفل في أنبوب نحاسي رأسي.

a. ما اتجاه التيار الحثي المتولد في الأنبوب النحاسي في أثناء مرور قطبه الجنوبي؟

b. ينتج التيار الحثي المتولد مجالاً مغناطيسيًّا. ما اتجاه هذا المجال؟

إتقان حل المسائل

2–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية

60. 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 فما مقدار المجال المغناطيسي؟

61. **الطائرات** تطير طائرة بسرعة 9.50×10^2 km/h وتمر فوق منطقة مقدار المجال المغناطيسي الأرضي فيها 4.5×10^{-5} T، والمجال المغناطيسي في تلك

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 68 4/8/19 2:19 PM

موقع حلول كتبي

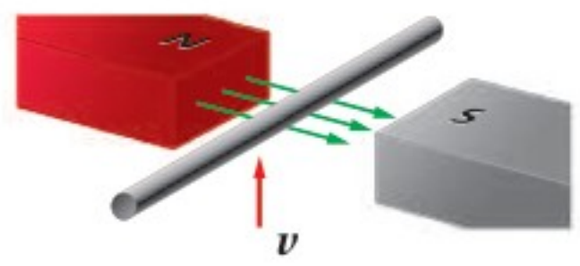
تقويم الفصل 2

المنطقة رأسي تقريبًا. احسب مقدار فرق الجهد بين طرفي جناحيها إذا كانت المسافة بينهما 75 m.

62. 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 25–2**.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة كهربائية مقاومتها 11 Ω فما مقدار التيار المار فيها؟



الشكل 25–2

63. ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها سلك طوله 0.20 m داخل مجال مغناطيسي مقداره 2.5 T؛ لكي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية *EMF* مقدارها 10 V؟

64. مولد كهربائي AC يولد قوة دافعة كهربائية عظمى مقدارها 565 V. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الفعالة التي يزود بها المولد دائرة خارجية؟

65. مولد كهربائي AC 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.

66. **الفرن الكهربائي** يتصل فرن كهربائي بمصدر تيار متناوب AC جهده الفعّال 240 V.

a. احسب القيمة العظمى للجهد خلال أحد أجزاء الفرن عند تشغيله.

b. إذا كانت مقاومة عنصر التشغيل 11 Ω فما مقدار التيار الفعّال؟

67. إذا أردت توليد قوة دافعة كهربائية مقدارها 4.5 V عن طريق تحريك سلك بسرعة 4.0 m /s خلال مجال مغناطيسي مقداره 0.050 T فما طول السلك اللازم؟ وما مقدار الزاوية بين المجال واتجاه الحركة لكي نستخدم أقصر سلك؟

68. 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 فما مقدار التيار المار فيها؟

69. إذا وصلت طرفي سلك نحاسي مقاومته 0.10 Ω بطرفي جلفانومتر مقاومته 875 Ω، ثم حركت 10.0 cm من السلك إلى أعلى بسرعة 1.0 m /s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 2.0×10^{-2} T، فما مقدار التيار الذي سيقيسه الجلفانومتر؟

70. 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 *EMF* المتولدة في السلك.

71. **السدود** يُنتج مولد كهربائي على سدٍّ قدرةً كهربائية مقدارها 375 MW، إذا كانت كفاءة المولّد والتوربين 85% فأجب عما يلي:

a. احسب معدل الطاقة التي يجب أن يزود بها التوربين من المياه الساقطة.

b. طاقة الماء الساقط تكون نتيجة للتغير في طاقة الوضع $P.E = mgh$. ما مقدار التغير في طاقة الوضع اللازمة في كل ثانية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 69 4/8/19 2:19 PM

موقع حلول كتبي

c. إذا كان الماء يسقط من ارتفاع 22 m فما مقدار كتلة الماء التي يجب أن تمر خلال التوربين في كل ثانية لتعطي هذه القدرة؟

72. يتحرك موصل طوله 20 cm عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 4.0 T بسرعة 1 m /s. احسب فرق الجهد المتولد.

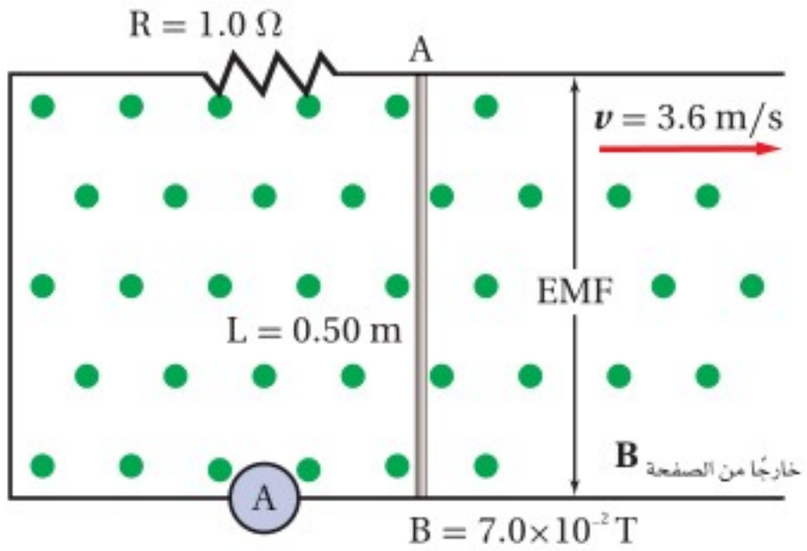
73. ارجع إلى المثال 1 والشكل **26–2** لإيجاد ما يلي:

a. الجهد الحثي المتولد في الموصل.

b. مقدار التيار I.

c. اتجاه دوران المجال المغناطيسي المتولد حول الموصل.

d. قطبية النقطة A بالنسبة إلى النقطة B.



الشكل 26–2

2–2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية

74. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي من 150 لفة، ويتصل بمصدر جهد مقداره 120 V، احسب عدد لفات الملف الثانوي الضرورية للتزويد بالجهود التالية:

a. 625 V

b. 35 V

c. 6.0 V

75. محول مثالي رافع يتكون ملفه الابتدائي من 80 لفة، ويتكون ملفه الثانوي من 1200 لفة، إذا زوّدت دائرة الملف الابتدائي بفرق جهد متناوب مقداره 120 V، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار فرق الجهد في الملف الثانوي؟

b. إذا كان تيار الملف الثانوي 2.0 A فما مقدار تيار الملف الابتدائي؟

c. ما مقدار القدرة الداخلة والقدرة الناتجة عن المحول؟

76. **الحواسيب الشخصية** محول مثالي في حاسوب شخصي يحتاج إلى جهد فعّال مقداره 9.0 V من مصدر جهد مقداره 120 V

a. ما عدد لفات الملف الثانوي إذا كان عدد لفات الملف الابتدائي 475 لفة؟

b. إذا كان التيار المار في الحاسوب يساوي 125 mA فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي للمحول؟

77. **مجففات الشعر** صنع مجفف شعر ليعمل على تيار مقداره 10 A 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 لفات ملفه الابتدائي وعدد لفات ملفه الثانوي.

b. مقدار التيار الذي يعمل عليه في البلد الجديد.

78. محول مثالي قدرته 150 W يعمل على جهد 9.0 V لينتج تيارًا 5.0 A.

a. هل المحول رافع أم خافض للجهد؟

b. ما النسبة بين جهد الملف الثانوي وجهد الملف الابتدائي؟

79. وصل أحمد محولًا مثاليًّا بمصدر جهد مقداره 24 V وقاس 8.0 V في الملف الثانوي، إذا عُكست دائرتا الملف الابتدائي والثانوي فما مقدار الجهد الناتج في هذه الحالة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 70 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 2

مراجعة عامة

80. عـدد لفـات الملـف الابتدائـي في محـول مثـالي رافـع 500 لفـة وعدد لفـات الملـف الثانـوي 15000 لفة. إذا وصلت دائـرة الملف الابتدائي بمولد تيار متناوب قوته الدافعة الكهربائية 120 V، فأجب عما يلي:

a. احسـب القـوة الدافعـة الكهربائيـة في دائـرة الملف الثانوي.

b. إذا كان تيـار دائـرة الملـف الثانـوي يسـاوي 3.0 A، فاحسب تيار دائرة الملف الابتدائي.

c. ما مقدار القدرة المسحوبة بواسطة دائرة الملف الابتدائـي؟ ومـا مقدار القـدرة التـي تُزوِّدها دائرة الملف الثانوي؟

81. مـا مقدار السرعة التـي يجب أن يقطع فيها موصل طولـه 0.20 m مجـالًا مغناطيسـيًّا مقـداره 2.5 T عموديًّـا عليـه لتكـون القـوة الدافعـة الكهربائية الحثية المتولدة فيه 10 V؟

82. ما مقدار السرعـة التي يجب أن يتحرك بها موصل طوله 50 cm عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.20 T لكـي تتولـد فيه قوة دافعـة كهربائية حثية مقدارها 1.0 V؟

83. دائـرة إنـارة منزلية تعمـل على جهد فعّـال مقداره 120 V، ما أكبر قيمة متوقعة للجهد في هذه الدائرة؟

84. **محمصـة الخبـز** تعمل محمصة خبز بتيـار متناوب مقداره 2.5 A، ما أكبر قيمة للتيار في هذا الجهاز؟

85. يحـدث تلـف للعـزل في مكثـف إذا تجـاوز الجهد اللحظـي المقـدار 575 V، مـا مقـدار أكـبر جهـد متناوب فعّال يمكن استخدامه في المكثف؟

86. **المنصـهر 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؟

87. إذا كان فـرق الجهـد الكهربائي الداخـل إلى محطة كهربائية فرعية يسـاوي 240000 V فما النسبة بين عدد لفات المحول المستخدم إذا كان الجهد الخارج من المحطة يساوي 440 V؟

88. يـزود مولد تيـار متناوب سـخانًا كهربائيًّـا بقدرة مقدارهـا 45 kW، فـإذا كان جهد النظام يسـاوي 660 V فعال فما القيمة العظمى للتيار المزوّد للنظام؟

89. يتكون الملـف الابتدائي في محول مثالي خافض من 100 لفـة، ويتكـون الملف الثانوي مـن 10 لفات. فـإذا وصل بالمحول مقاومة حمـل قدرتها 2.0 kW فـما مقـدار التيـار الفعّـال الابتدائـي؟ افترض أن مقدار الجهد في الملف الثانوي يساوي 60.0 V.

90. قدرة محول 100 kVA، وكفاءته 98%.

a. إذا اسـتهلك الحمـل الموصول بـه 98 kW فما مقدار القدرة الداخلة إلى المحول؟

b. مـا مقـدار أكـبر تيـار في الملـف الابتدائـي الـضروري لجعـل المحـول يسـتهلك قدرتـه الفعالة؟ افترض أن $V_p = 600\ V$.

91. يقطع سـلك طولـه 0.40 m عموديًّا خطوط مجال مغناطيسي شدته 2.0 T، بسرعة 8.0 m /s

a. مـا مقـدار القـوة الدافعـة الكهربائيـة الحثيـة المتولدة في السلك؟

b. إذا كان السـلك جـزءًا مـن دائـرة مقاومتهـا 6.4 Ω فما مقدار التيار المار فيه؟

92. يتحرك ملف سـلكي طولـه 7.50 m عموديًّا على المجال المغناطيسي الأرضي بسرعة 5.50 m /s، إذا كانـت المقاومـة الكلية للسـلك $5.0\times10^{-2}\ \Omega$، فما مقدار التيار المار فيه؟ افترض أن المجال المغناطيسي للأرض يساوي $5\times10^{-5}\ T$.

93. القيمة العظمى للجهـد المتناوب، الذي يطبق على مقاومة مقدارها 144 Ω هي $1.00\times10^{2}\ V$، ما مقدار القدرة التي يمكن أن تعطيها المقاومة الكهربائية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 71 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 2

94. التلفاز يستخدم محول رافع في أنبوب الأشعة المهبطية CRT في التلفاز لتحويل الجهد من 120 V إلى 48000 V، إذا كان عدد لفات الملف الثانوي للمحول 20000 لفة، وكان الملف يعطي تيارًا مقداره 1.0 mA، فأجب عما يلي:

a. ما عدد لفات الملف الابتدائي؟

b. ما مقدار التيار الداخل إلى الملف الابتدائي؟

التفكير الناقد

95. تطبيق المفاهيم افترض أن هناك معارضًا لقانون لنز يقول إن القوة تعمل على زيادة التغير في المجال المغناطيسي. لذلك عندما تحتاج إلى طاقة أكبر فإنه تلزمنا قوة أقل لتدوير المولد. فما قانون الحفظ الذي ينتهكه هذا القانون الجديد؟ وضّح إجابتك.

96. حلّل 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 25.0A فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي؟

97. حلّل 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

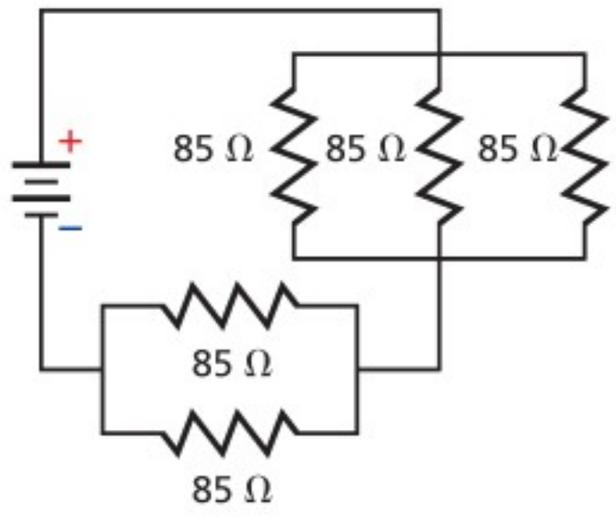
98. صمّمت الأجهزة الشائعة مثل المثقب الكهربائي بصورة مثالية بحيث يحتوي على محرك توالٍ. ارجع إلى مكتبتك وبعض المصادر الأخرى لتوضح كيف يمكن لهذا النوع من المحركات استخدام تيار متناوب أو تيار مستمر.

مراجعة تراكمية

99. ما مقدار الشحنة على مكثف سعته 22 μF عندما يكون فرق الجهد بين لوحيه 48 V؟

100. ما مقدار فرق الجهد بين طرفي مقاومة كتب عليها 22 Ω و5.0 W عندما تصبح القدرة نصف قيمتها العظمى؟

101. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الموضحة في الشكل 27-2.



الشكل 27-2

102. يتحرك إلكترون بسرعة $2.1\times10^{6}\ m/s$ عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.81 T، ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟ وما مقدار تسارعه؟ علمًا بأن كتلته $9.11\times10^{-31}\ kg$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 72 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. أي تحليل للوحدات يعدّ صحيحًا لحساب القوة الدافعة الكهربائية *EMF* ؟

(A) (N.A.m)(J)

(B) J.C

(C) (N/A.m)(m)(m/s)

(D) (N.m.A/s)(1/m)(m/s)

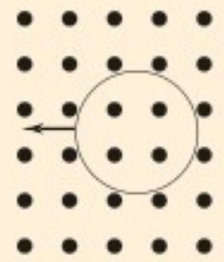
2. تولدت قوة دافعة كهربائية حثية مقدارها 4.20×10^{-2} V في سلك طوله 427 mm، يتحرك بسرعة 18.6 cm /s عموديًّا على مجال مغناطيسي. ما مقدار هذا المجال؟

(A) 5.29 T (C) 3.34×10^{-3} T

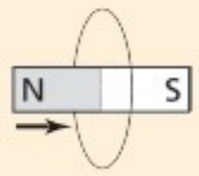
(B) 1.89 T (D) 5.29×10^{-1} T

3. في أي الأشكال التالية لا يتولد تيار حثي في السلك؟

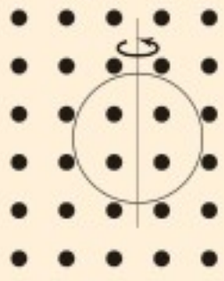
(A)



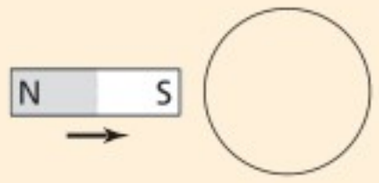
(B)



(C)



(D)



4. يتحرك سلك طوله 15 cm بسرعة 0.12 m /s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 1.4 T، ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية *EMF* المتولدة فيه؟

(A) 0 V (C) 0.025 V

(B) 0.018 V (D) 2.5 V

5. يستخدم محول مثالي مصدرًا للجهد مقداره 91 V لتشغيل جهاز يعمل بجهد مقداره 13 V. فإذا كان عدد لفات ملفه الابتدائي 130 لفة، والجهاز يعمل على تيار مقداره 1.9 A فما مقدار التيار المعطى للملف الابتدائي؟

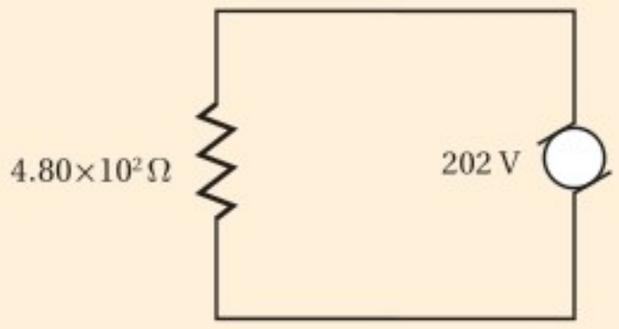
(A) 0.27 A (C) 4.8 A

(B) 0.70 A (D) 13.3 A

6. مولد تيار متناوب يعطى جهدًا مقداره 202 V بوصفه قيمة عظمى لسخان كهربائي مقاومته 480 Ω. ما مقدار التيار الفعّال في السخان؟

(A) 0.298 A (C) 2.38 A

(B) 1.68 A (D) 3.37 A



الأسئلة الممتدة

7. قارن بين القدرة الضائعة في المحول عند نقل قدرة مقدارها 800 W بفرق جهد مقداره 160 V في سلك والقدرة الضائعة عند نقل القدرة نفسها بفرق جهد مقداره 960 V، افترض أن مقاومة السلك 2 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 73 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 3

الكهرومغناطيسية
Electromagnetism

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- معرفة كيفية استخدام المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية المتفاعلة معًا لتحديد كتل كل من الإلكترونات والذرات والجزيئات.
- توضيح كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية وانتشارها في الفراغ واستقبالها.

الأهمية

تؤدي العديد من الموجات الكهرومغناطيسية – بدءًا من موجات الراديو والتلفاز وحتى موجات الميكروويف والضوء المرئي والأشعة السينية – دورًا حيويًّا في حياتنا.

مستقبلات القطع المكافئ تصمّم أطباق القطع المكافئ اللاقطة لاستقبال موجات الراديو من الأقمار الاصطناعية التي تدور على بعد مئات الكيلومترات فوق سطح الأرض، ومن الأجسام الموجودة خارج النظام الشمسي.

فكِّر

حصلت أطباق القطع المكافئ على اسمها من شكل السطح العاكس الذي يكون في صورة قطع مكافئ. لماذا تكون أطباق القطع المكافئ اللاقطة مناسبة جدًّا لاستقبال إشارات التلفاز الضعيفة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - ١٤٤٣

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 74 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي
www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

من أين تبث محطات الإذاعة؟

سؤال التجربة إشارات الراديو موجات كهرومغناطيسية. كم تبعد أجهزة الإرسال التي تبث إشارات محطة الإذاعة على حزمة موجات AM والتي يمكنك الاستماع إليها؟

الخطوات

1. مدى تردد موجات الراديو في حزمة AMيكون بين 540 kHz و1690 kHz. اعمل جدولاً للبيانات يتضمن أعمدة لكل من التردد (kHz)، واسم محطة الإذاعة، وقوة الإشارة، والموقع، والبعد (km).
2. شغّل المذياع، واضبطه على التردد 540 kHz، واضبط ارتفاع الصوت عند مستوى معتدل.
3. **جمع البيانات ونظمها** عدّل التردد ببطء إلى أن تسمع محطة إذاعة تبث بوضوح. أصغ إلى البث فترة قصيرة لتسمع ما إذا ذكرت المحطة إشارتها واسمها. ودوّن في جدول البيانات كلًّا من: تردد المحطة، وقوة الإشارة من خلال جودة الصوت(قوية، متوسطة، ضعيفة) واسم المحطة.
4. كرّر الخطوة 3 حتى تصل إلى أعلى تردد في حزمة الـ AM لموجات الراديو، 1690 kHz.
5. حدّد المكان الذي تبث منه كل محطة إشاراتها، ودوّن اسم المدينة التي تبث منها كل محطة في جدول البيانات.
6. **قس 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 إشارتها؟

التفكير الناقد يؤثر تغيير موقع الهوائي غالبًا في قوة إشارة المحطة. ما دلالة ذلك على طبيعة موجات الراديو؟

3–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة
Interactions of Electric and Magnetic Fields and Matter

لعلك استخدمت أو سمعت ببعض 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 لتزوّدك بأشكال مختلفة من الاتصالات منها المذياع والتلفاز. 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؛ فشحنة الإلكترون تنتج مجالات كهربائية، وتُنتج حركته مجالات مغناطيسية. تبث هذه الموجات وتلتقط بالهوائيات؛ وهي أدوات مصنوعة من مواد تحتوي على إلكترونات أيضًا. لذا يعدّ تعرف خصائص الإلكترون الخطوة المنطقية الأولى لفهم كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية وانتشارها واستقبالها واستخدامها في العديد من الأجهزة.

الأهداف

- **تصف** عمل أنبوب الأشعة المهبطية.
- **تحل** مسائل تتضمن التفاعل بين الجسيمات المشحونة والمجالات الكهربائية والمغناطيسية في أنبوب الأشعة المهبطية ومطياف الكتلة.
- **توضح** كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة.

المفردات

النظير

مطياف الكتلة

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

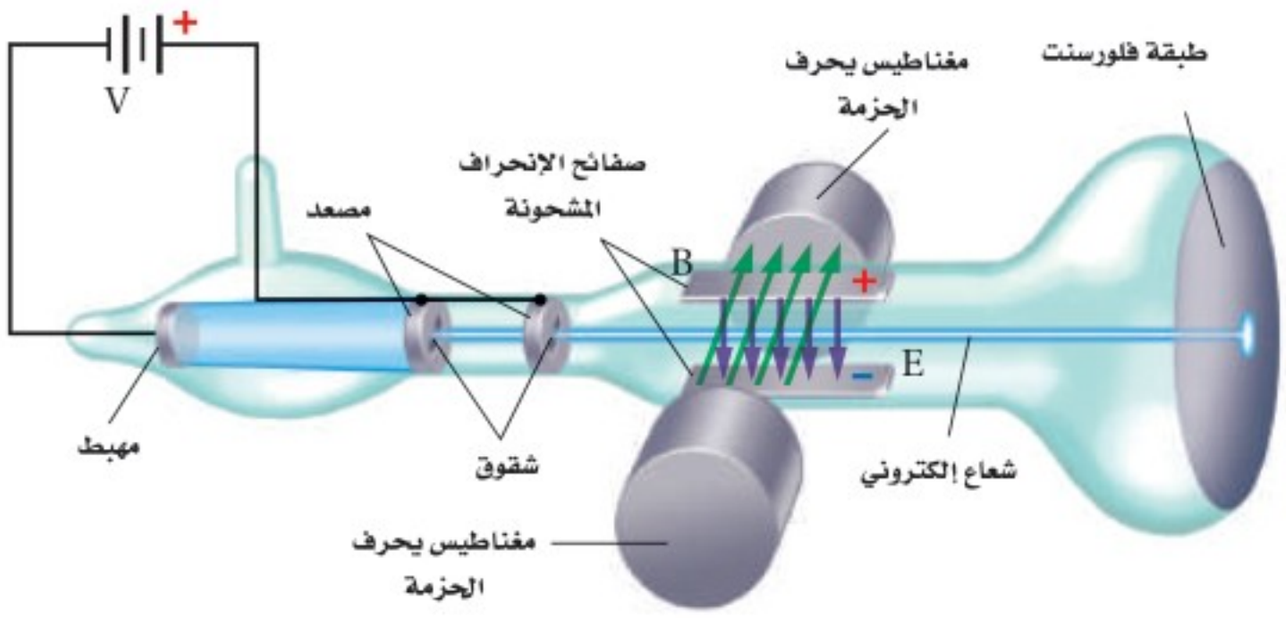
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 75 4/8/19 2:20 PM

موقع
حلول كتبي

كتلة الإلكترون Mass of an Electron

كيف يمكن قياس كتلة جسم صغير جدًّا لا يمكن رؤيته بالعين المجردة، ولا يمكن قياسها بأكثر الموازين حساسية؟ كان هذا هو التحدي (تحديد كتلة الإلكترون)؛ فقد واجه الفيزيائيون هذا التحدي في أواخر القرن التاسع عشر، وتطلَّب الحل سلسلة من الاكتشافات، فكشف العالم روبرت مليكان أول قطعة من الأحجية حيث تمكّن مليكان من تعليق قطرة زيت مشحونة داخل مجال كهربائي، وموازنتها فيه ليتمكن بعدها من تحديد شحنة الإلكترون q، وهي تساوي(1.602×10^{-19} C) . ثم تمكن العالم البريطاني تومسون من تحديد نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته q/m. وبمعرفة كل من شحنة الإلكترون q، ونسبة شحنته إلى كتلته تمكن تومسون من حساب كتلة الإلكترون.

تجارب تومسون مع الإلكترونات في عام 1897 م أجرى تومسون أول قياس تجريبي لنسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته باستخدام أنبوب أشعة المهبط، وهو جهاز يولد حزمة إلكترونات. يبين **الشكل 1–3** الإعدادات المستخدمة في التجربة. ولتقليل التصادمات بين الإلكترونات وجزيئات الهواء؛ فرّغ تومسون الأنبوب من الهواء بدرجة كبيرة.



■ **الشكل 1–3** قيست نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته أولاً باستخدام تعديلات تومسون على أنبوب الأشعة المهبطية. وقد استخدم كلًّا من المغانط الكهربائية وصفائح الانحراف المشحونة للتحكم في مسار حزمة الإلكترونات.

باستخدام فرق جهد كبير بين المهبط (الكاثود) والمصعد (الأنود) داخل أنبوب أشعة المهبط يتولد مجال كهربائي، فتنبعث الإلكترونات من المهبط، وتتسارع نحو المصعد بالمجال الكهربائي، فتمر بعض هذه الإلكترونات من خلال شقوق موجودة في المصعد لتشكل حزمة ضيقة، وعندما تصل هذه الإلكترونات إلى نهاية الأنبوب تصطدم بطلاء فلورسنت فتسبب توهجها.

تجربة عملية

ما مقدار كتلة الإلكترون؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

استخدم تومسون مجالات كهربائية وأخرى مغناطيسية لتوليد قوة تؤثر في حزمة الإلكترونات المارة في الأنبوب وتحرفها. ويكون المجال الكهربائي E – الذي تم توليده عن طريق صفيحتين مشحونتين ومتوازيتين – متعامدًا مع اتجاه حزمة الإلكترونات، وينتج قوة مقدارها qE تؤثر في الإلكترونات وتحرفها إلى أعلى نحو الصفيحة الموجبة. أما المجال المغناطيسي الناتج عن مغناطيسين كهربائيين فهو متعامد مع كل من اتجاه الحزمة واتجاه المجال الكهربائي. ولعلك تتذكر ممّا درسته سابقًا أن القوة الناتجة عن المجال المغناطيسي تتعامد مع كل من المجال المغناطيسي واتجاه حركة الإلكترونات، لذلك ينتج المجال المغناطيسي B قوة تساوي Bqv (حيث تمثل v سرعة الإلكترون) تؤثر في الإلكترونات، وتحرفها إلى أسفل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 76 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

ويمكن تعديل المجالين الكهربائي والمغناطيسي بحيث تسلك حزمة الإلكترونات مسارًا مستقيمًا دون انحراف. وعند ها تكون القوة المغناطيسية مساوية للقوة الكهربائية ومعاكسة لها في الاتجاه. ورياضيًّا يمكن تمثيل ذلك بما يأتي: $Bqv = qE$

بحل المعادلة لحساب v نحصل على ما يأتي: $v = \frac{Eq}{Bq} = \frac{E}{B}$

تبين هذه المعادلة أن القوى تكون متزنة فقط للإلكترونات ذات السرعة المحددة v. وإذا أزيل المجال الكهربائي فستبقى القوة الناتجة عن المجال المغناطيسي فقط. وهي عمودية على اتجاه حركة الإلكترونات، مما يؤدي إلى خضوع الإلكترونات لتسارع مركزي، فتسلك الإلكترونات مسارًا دائريًّا نصف قطره يساوي r. ويمكن كتابة المعادلة الآتية لوصف مسار الإلكترون؛ وذلك باستخدام القانون الثاني لنيوتن في الحركة. $Bqv = \frac{mv^2}{r}$

وبحل المعادلة لإيجاد q/m نحصل على المعادلة الآتية:

نسبة الشحنة إلى الكتلة في أنبوب تومسون $\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$

نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته في أنبوب تومسون تساوي سرعة الإلكترون مقسومة على حاصل ضرب مقدار المجال المغناطيسي في نصف قطر المسار الدائري للإلكترون.

حسب تومسون سرعة الإلكترونات في المسار المستقيم v باستخدام القيم المقيسة في المجالين E و B، ثم قاس المسافة بين البقعة المتكونة بواسطة الحزمة غير المنحرفة للإلكترونات والبقعة المتكونة عندما أثر المجال المغناطيسي في تلك الحزمة. وبالاستعانة بهذه المسافة أوجد نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الإلكترون r. وبمعرفة قيمة r تمكن تومسون من إيجاد النسبة q/m. وبعد إيجاد المتوسط الحسابي لعدة محاولات تجريبية وجد أن $q/m = 1.759 \times 10^{11}\ C/kg$، وباستخدام القيمة للنسبة q/m وتعويض مقدار q المعروف يمكن حساب كتلة الإلكترون.

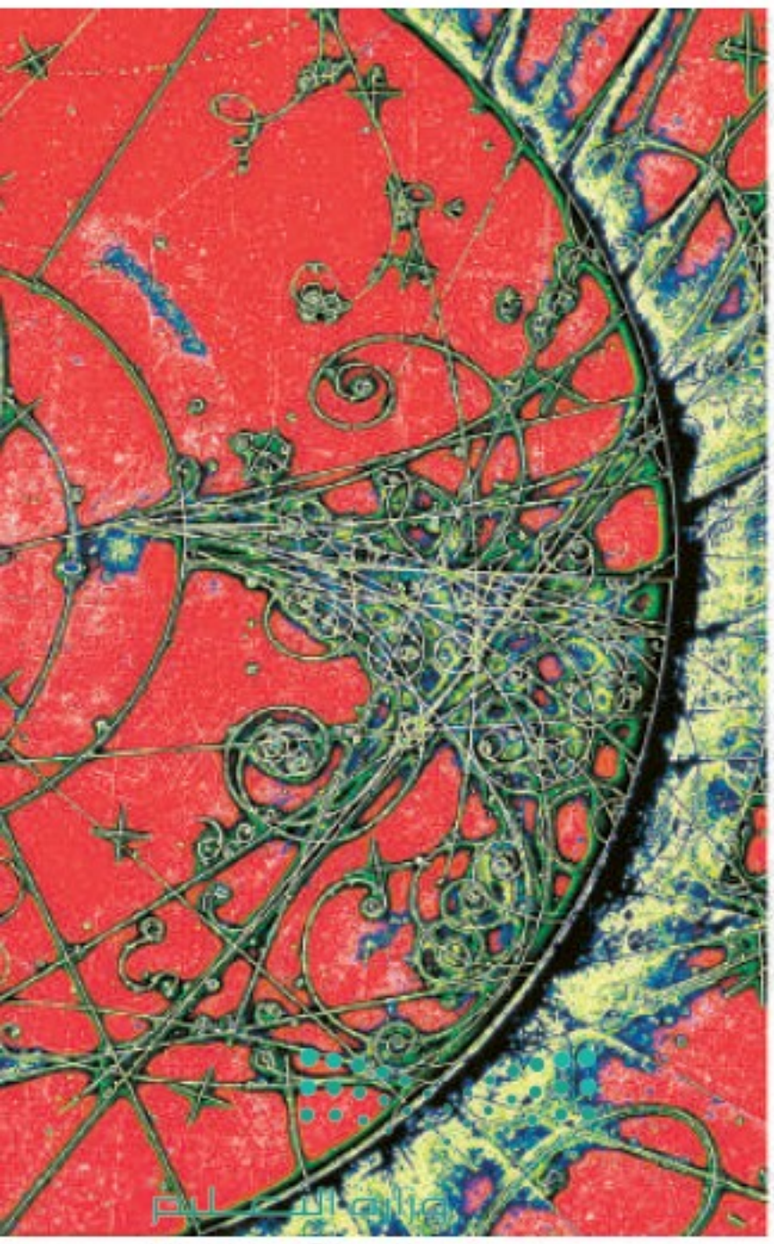
$$m = \frac{q}{q/m} = \frac{1.602 \times 10^{-19}\ C}{1.759 \times 10^{11}\ C/kg} = 9.107 \times 10^{-31}\ kg$$

$$m \cong 9.11 \times 10^{-31}\ kg$$

تجارب تومسون مع البروتونات استخدم تومسون أنبوب أشعة المهبط أيضًا لتحديد نسبة شحنة الأيونات الموجبة إلى كتلتها. واستغل حقيقة أن الجسيمات المشحونة بشحنة موجبة تخضع لانحرافات معاكسة للانحرافات التي تحدث للإلكترونات المتحركة داخل المجالات الكهربائية أو المغناطيسية. ويمكن ملاحظة الاختلاف بين انحراف الإلكترونات والأيونات الموجبة من خلال **الشكل 2–3**.

لمسارعة الجسيمات ذات الشحنة الموجبة في منطقة الانحراف، عكَسَ تومسون المجال الكهربائي بين المهبط والمصعد، كما أضاف كمية قليلة من غاز الهيدروجين إلى الأنبوب، فعمل المجال الكهربائي على انتزاع الإلكترونات من ذرات الهيدروجين، فحوَّلها إلى أيونات موجبة، ثم سارعها أيونات الهيدروجين أو البروتونات من خلال شق ضيق في المصعد، فمرت الحزمة الناتجة خلال المجالين الكهربائي والمغناطيسي في طريقها نحو نهاية الأنبوب.

الشكل 2–3 تبين الصورة المسارات الدائرية للإلكترونات e^- والبوزترونات e^+ المتحركة داخل مجال مغناطيسي في غرفة فقاعية؛ وهي نوع من أجهزة الفحص والكشف المستخدمة سابقًا في فيزياء الطاقة العالية. تنحرف الإلكترونات والبوزترونات في اتجاهين متعاكسين.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 77 4/8/19 2:20 PM

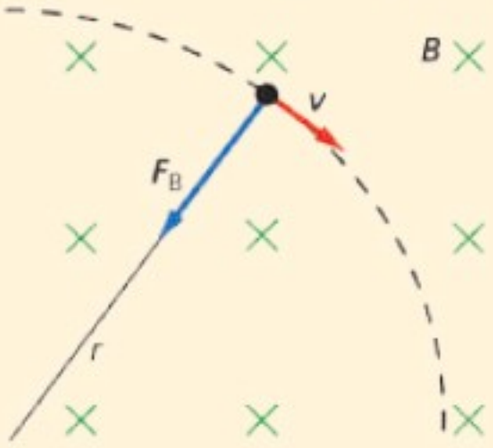
موقع حلول كتبي

باستخدام هذه التقنية أمكن حساب كتلة البروتون؛ أي بالطريقة نفسها التي حسب بها كتلة الإلكترون، ووجد أن كتلة البروتون $1.67\times10^{-27}\,kg$. واستمر تومسون في استعمال هذه التقنية لتحديد كتل الأيونات الثقيلة المُنتَجة بعد انتزاع الإلكترونات من غازات منها: الهيليوم والنيون والأرجون.

مثـــــال 1

نصف قطر المسار يتحرك إلكترون كتلته $9.11\times10^{-31}\,kg$ بسرعة $2.0\times10^{5}\,m/s$ داخل أنبوب أشعة المهبط عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $3.5\times10^{-2}\,T$. فإذا فصل المجال الكهربائي، فما مقدار نصف قطر المسار الدائري الذي سلكه الإلكترون؟

1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم مسار الإلكترون، وثبت عليه السرعة v.
- ارسم المجال المغناطيسي متعامدًا مع السرعة.
- حدّد اتجاه القوة المؤثرة في الإلكترون، وأضف نصف قطر المسار الذي يسلكه الإلكترون إلى رسمك.

المعلوم

$v= 2.0\times10^{5}\,m/s$
$B= 3.5\times10^{-2}\,T$
$m= 9.11\times10^{-31}\,kg$
$q= 1.602\times10^{-19}\,C$

المجهول

r=?

دليل الرياضيات

الأرقام الصغيرة واستخدام الأسس السالبة ص 238 و 239.

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم القانون الثاني لنيوتن في الحركة لوصف حركة الإلكترون في أنبوب أشعة المهبط والمعرض لمجال مغناطيسي.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

بالتعويض عن $m= 9.11\times10^{-31}\,kg$، $B= 3.5\times10^{-2}\,T$، $v= 2.0\times10^{5}\,m/s$، $q= 1.602\times10^{-19}\,C$

$$r = \frac{(9.11\times10^{-31}\,kg)(2.0\times10^{5}\,m/s)}{(3.5\times10^{-2}\,T)(1.602\times10^{-19}\,C)}$$

$$r = 3.3\times10^{-5}\,m$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة نصف قطر المسار الدائري هي وحدة قياس الطول، ويقاس الطول بالأمتار.

مسائل تدريبية

افترض أن الجسيمات المشحونة جميعها تتحرك عموديًّا على المجال المغناطيسي المنتظم.

1. يتحرك بروتون بسرعة $7.5\times10^{3}\,m/s$ عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $0.60\,T$. احسب نصف قطر مساره الدائري. لاحظ أن الشحنة التي يحملها البروتون مساوية للشحنة التي يحملها الإلكترون، إلا أنها موجبة.
2. تتحرك إلكترونات خلال مجال مغناطيسي مقداره $6.0\times10^{-2}\,T$، قد اتزنت بفعل مجال كهربائي مقداره $3.0\times10^{3}\,N/C$. ما مقدار سرعة الإلكترونات عندئذ؟
3. احسب نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه الإلكترونات في المسألة السابقة في غياب المجال الكهربائي.
4. عبرت بروتونات مجال مغناطيسي مقداره $0.60\,T$ فلم تنحرف بسبب اتزانها مع مجال كهربائي مقداره $4.5\times10^{3}\,N/C$. ما مقدار سرعة هذه البروتونات؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

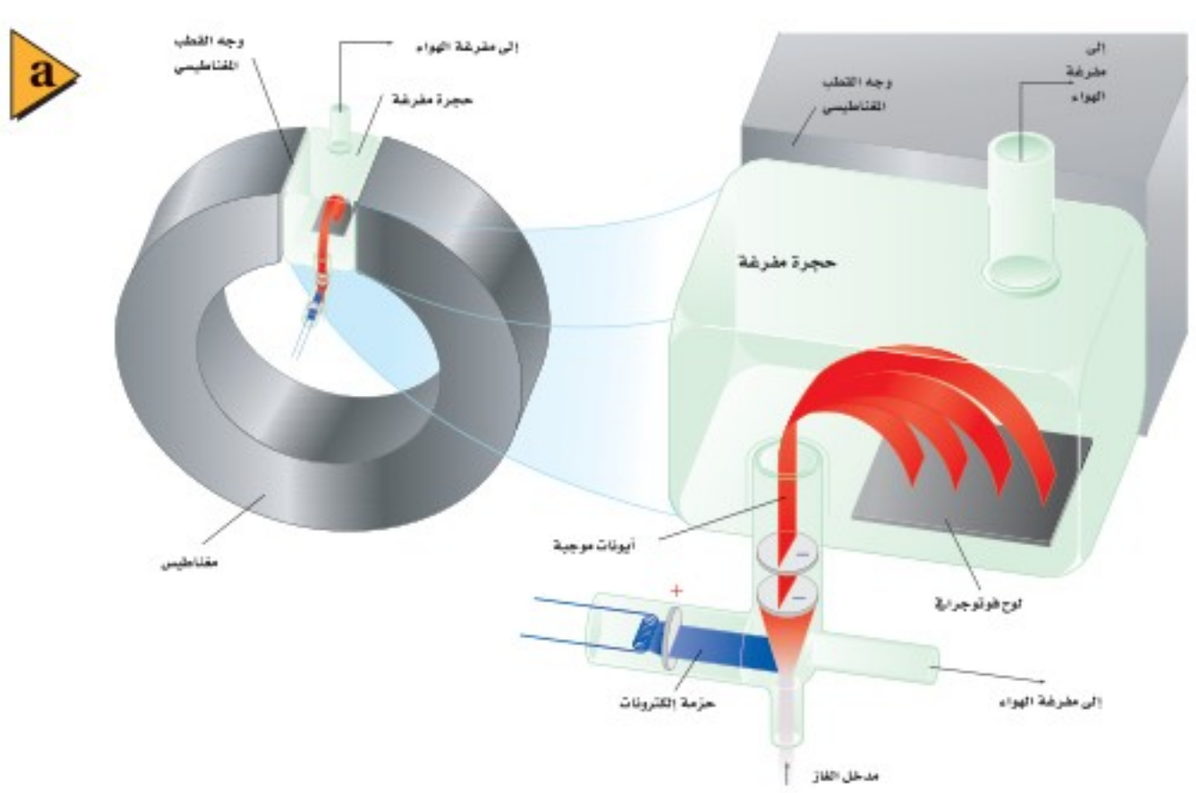
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 78 4/8/19 2:20 PM

موقع
حلول كتبي

مطياف الكتلة The Mass Spectrometer

حدث شيء مثير للاهتمام عندما وضع تومسون غاز النيون في أنبوب الأشعة المهبطية، فقد لاحظ توهج نقطتين مضيئتين على الشاشة بدلاً من نقطة واحدة. وكل نقطة تتوافق مع نسبة من نسب الشحنة إلى الكتلة؛ لذلك تمكّن من حساب قيمتين مختلفتين للمقدار q/m. وخلص تومسون إلى أن الذرات المختلفة من العنصر نفسه لها خصائص كيميائية متماثلة؛ لكن لها كتلًا مختلفة. ويطلق على الأشكال المختلفة للذرة والتي لها الخصائص الكيميائية نفسها ولكنها مختلفة الكتل **النظائر**.

ويسمّى الجهاز المماثل لأنبوب أشعة المهبط لتومسون والذي يستخدم لدراسة النظائر وقياس النسبة بين الأيون الموجب وكتلته **مطياف الكتلة**. وتسمى المادة التي قيد الفحص والاستقصاء مصدرَ الأيون، وتستخدم لإنتاج الأيونات الموجبة. ويجب أن يكون مصدر الأيون هذا غازًا أو مادة يمكن تسخينها لتشكّل بخارًا. وتتشكل الأيونات الموجبة عند اصطدام الإلكترونات المسرّعة بالغاز أو بذرات البخار؛ حيث تؤدي تلك التصادمات إلى تحرير إلكترونات من الذرات لتتشكّل الأيونات الموجبة. يولِّد فرق الجهد V بين الأقطاب مجالاً كهربائيًّا يستخدم لمسارعة الأيونات. ويوضّح **الشكل 3a–3** مخطط توضيحي لمطياف الكتلة، وفي **الشكل 3b–3** أحد أجهزة مطياف الكتلة بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم التقنية.



الشكل 3–3 يستخدم مطياف الكتلة لتحليل نظائر العنصر؛ حيث يعمل المغناطيس داخل المطياف على انحراف الأيونات الموجبة في الحجرة المفرغة وفق كتلها. وتسجّل العملية في الحجرة المفرغة على لوح فوتوجرافي أو على كاشف مصنّع من مادة في حالتها الصلبة. (a) باحث سعودي يجري تجربة باستخدام جهاز مطياف الكتلة في مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية (b).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 79 4/8/19 2:20 PM

موقع
حلول كتبي

لاختيار أيونات بسرعة محددة تمرر الأيونات داخل مجالات كهربائية ومغناطيسية والأيونات التي تعبر المجالين دون حدوث انحراف لمسارها تدخل منطقة تتعرض فيها لمجال مغناطيسي منتظم فقط، حيث تتحرك الأيونات في مسارات دائرية. وتستخدم أنصاف أقطار تلك المسارات لتحديد نسبة شحنة الأيونات إلى كتلتها. ويمكن حساب نصف القطر r لمسار الأيون بالقانون الثاني لنيوتن في الحركة.

$$\mathrm{Bq}v = \frac{mv^2}{r}$$

وبحل المعادلة السابقة بالنسبة إلى r نجد أن:

$$r = \frac{mv}{\mathrm{Bq}}$$

يمكن حساب سرعة الأيون غير المنحرف من علاقة الطاقة الحركية للأيونات المتسارعة من السكون خلال فرق جهد معلوم V.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \mathrm{qV}$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

و يعطي تعويض قيمة v في المعادلة $r=mv/qB$ نصف قطر المسار الدائري .

$$r = \frac{mv}{\mathrm{Bq}}$$

$$= \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{qB}}\sqrt{\frac{2\mathrm{q}V}{m}}$$

$$= \frac{1}{\mathrm{B}}\sqrt{\frac{2Vm}{\mathrm{q}}}$$

بتبسيط المعادلة عن طريق ضرب كلا طرفيها في المقدار B نحصل على:

$$Br = \sqrt{\frac{2mV}{\mathrm{q}}}$$

ويمكن استخدام هذه المعادلة لحساب نسبة شحنة الأيون إلى كتلته.

نسبة شحنة الأيون إلى كتلته في مطياف الكتلة

$$\frac{\mathrm{q}}{m} = \frac{2\mathrm{V}}{\mathrm{B}^2r^2}$$

نسبة شحنة أيون إلى كتلته في مطياف الكتلة تساوي مثليْ فرق الجهد مقسومًا على حاصل ضرب مربع مقدار المجال المغناطيسي في مربع نصف قطر المسار الدائري للأيون.

كما يوضح **الشكل 3–3** أن الأيونات تصطدم بصفائح أفلام فوتوجرافية تاركة نقطة (علامة). ويمكن قياس قطر مسار 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 فلزية 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 الخطوة1 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.

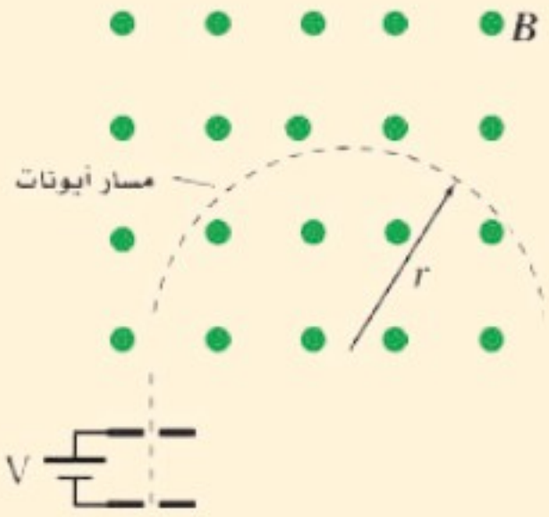
وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 80 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

مثـــــال 2

كتلة ذرة النيون ينتج مشغل مطياف الكتلة حزمة ذرات نيون ثنائية التأين (+2). حيث تُسرّع هذه الحزمة أولاً بواسطة 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

$V = 34\ V$

$B = 0.050\ T$

$r = 0.053\ m$

$m_{\text{بروتون}} = 1.67 \times 10^{-27}\ kg$

$q = 2(1.60 \times 10^{-19}\ C)$

$= 3.20 \times 10^{-19}\ C$

المجهول

$m_{\text{نيون}} = ?$

$N_{\text{بروتون}} = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم معادلة نسبة شحنة الأيون إلى كتلته في مطياف الكتلة.

بالتعويض عن

$q = 3.20 \times 10^{-19}\ C$، $V = 34\ V$، $r = 0.053\ m$،

$B = 0.050\ T$

$$\frac{q}{m_{\text{نيون}}} = \frac{2V}{B^2 r^2}$$

$$m_{\text{نيون}} = \frac{qB^2r^2}{2V}$$

$$m_{\text{نيون}} = \frac{(3.2 \times 10^{-19}\ C)(0.050T)^2\,(0.053m)^2}{2(34\ V)}$$

$$m_{\text{نيون}} = 3.3 \times 10^{-26}\ kg$$

بقسمة كتلة النيون على كتلة البروتون نجد عدد البروتونات.

$$N_{\text{بروتون}} = \frac{m_{\text{نيون}}}{m_{\text{بروتون}}} = \frac{3.3 \times 10^{-26}\ kg}{1.67 \times 10^{-27}\ kg/\text{بروتون}} \cong 20 \text{ بروتون}$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس الكتلة إما بالجرام أو بالكيلوجرام، وعدد البروتونات ليس له وحدة.
- **هل الجواب منطقي؟** النيون له نظيران بكتل تساوي تقريبًا 20 و 22 ضعف كتلة البروتون.

مسائل تدريبية

5. تمر حزمة من ذرات الأكسجين الأحادية التأين (+1) خلال مطياف الكتلة. فإذا كانت: $B = 7.2 \times 10^{-2}\ T$، $q = 1.60 \times 10^{-19}\ C$، و $r = 0.085\ m$، و $V = 110\ V$ فأوجد كتلة ذرة الأكسجين.
6. يحلل مطياف كتلة ويزود ببيانات عن حزمة من ذرات أرجون ثنائية التأين (+2). إذا كانت قيم كل من v, r, q, B كما يأتي: $q = 2(1.60 \times 10^{-19} C)$، $r = 0.106\ m$، و $B = 5.0 \times 10^{-2}\ T$ و $V = 66.0\ V$ فأوجد كتلة ذرة الأرجون.
7. تمر حزمة من ذرات ليثيوم أحادية التأين (+1) خلال مجال مغناطيسي مقداره $1.5 \times 10^{-3}\ T$ متعامد مع مجال كهربائي مقداره $6.0 \times 10^{2}\ N/C$ ولا تنحرف. أوجد سرعة ذرات الليثيوم التي تمر خلال المجالين؟
8. تم تحديد كتلة نظير النيون في المثال 2. فإذا وجد أن هناك نظيرًا آخر للنيون كتلته تعادل كتلة 22 بروتونًا فما المسافة بين نقطتي سقوط النظيرين على الفيلم الفوتوجرافي الحساس؟

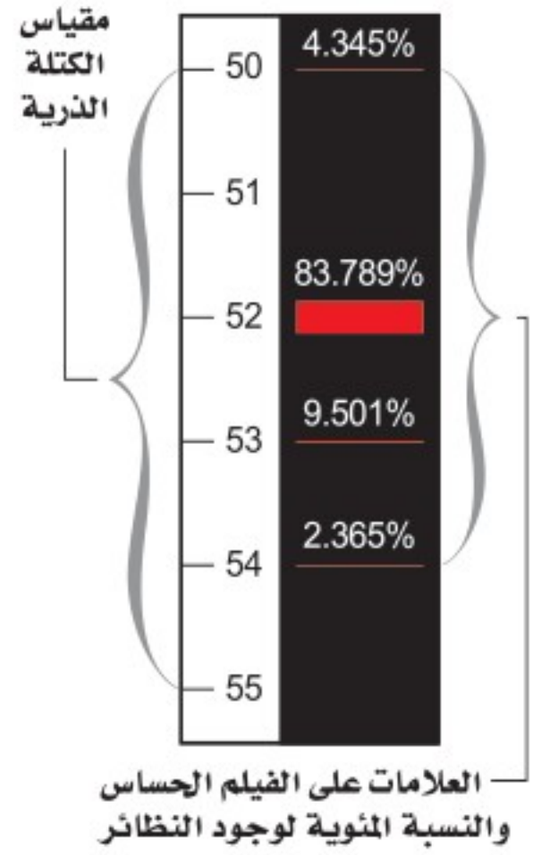
وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 81 4/8/19 2:20 PM

موقع
حلول كتبي

الربط مع الكيمياء

تحليل النظائر يوضّح **الشكل 4–3** المسافات التقريبية بين العلامات التي تتركها عينة كروم متأينة (Cr^{+}) على الفيلم. وعلى الرغم من 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 النظير. لاحظ أن النظير 52 هو النظير الأكثر وجودًا، وأن مجموع نسب النظائر يساوي 100%. وكما تتذكر من الكيمياء فإن كتلة كل عنصر من العناصر المدرجة في الجدول الدوري تمثل في الحقيقة متوسط كتل جميع النظائر المستقرة لذلك العنصر.



الشكل 4–3 يستخدم مطياف الكتلة على نطاق واسع لتحديد نسب نظائر العنصر. ويبين التمثيل أعلاه نتائج تحليل العلامات الظاهرة على الفيلم بنظائر الكروم.

وتذكر أن الأيونات تتكون عند استخدام إلكترونات متسارعة في تحرير إلكترونات الذرات المتعادلة. 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 لدراستها.

تطبيقات أخرى لمطياف الكتلة استخدامات متعددة. فمثلاً يمكن استخدام مطياف الكتلة لفصل عينة من اليورانيوم إلى النظائر المكونة لها. ويستخدم أحيانًا مطياف الكتلة لالتقاط وتحديد أثر كميات الجزيئات في عينة ما، وهذا التطبيق يستخدم على نطاق واسع في علوم البيئة والعلوم الجنائية. ويكون الجهاز حساسًا جدًّا، بحيث يستطيع الباحثون فصل أيونات ذات كتل تختلف في جزء من عشرة آلاف جزء من واحد في المائة، ويتمكنون أيضًا من تحديد وجود جزيء واحد في عينة تحتوي على عشرة مليارات جزيء.

1–3 مراجعة

9. **أنبوب الأشعة المهبطية** صف كيف يعمل أنبوب أشعة المهبط على تكوين حزمة إلكترونات؟
10. **المجال المغناطيسي** يحسب نصف قطر المسار الدائري لأيون في مطياف الكتلة بالعلاقة: $r=(1/B)\sqrt{2mV/q}$. استخدم هذه العلاقة لبيان كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة بعضها عن بعض.
11. **المجال المغناطيسي** باستعمال مطياف الكتلة الحديث يمكن تحليل الجزيئات التي تعادل كتلتها كتلة مائة بروتون. إذا تم إنتاج أيونات أحادية التأين من هذه الجزيئات باستخدام الجهد المسارع نفسه فكيف يجب أن يكون التغير في المجال المغناطيسي للمطياف بحيث تصطدم الأيونات بالفيلم؟
12. **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.
13. **الكتلة** تم تسريع حزمة ذرات أكسجين ثنائية التأين (+2) بتطبيق 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.
14. **التفكير الناقد** بغض النظر عن طاقة الإلكترونات المستخدمة لإنتاج الأيونات لم يتمكّن تومسون مطلقًا من تحرير أكثر من إلكترون واحد من ذرة الهيدروجين. ما الذي استنتجه تومسون عن الشحنة الموجبة لذرة الهيدروجين؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 82
4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي
www.ien.edu.sa

3–2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء
Electric and Magnetic Fields in Space

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 بُعد، والهواتف الخلوية وغيرها. وستتعلم في هذا الجزء عن المجالات التي تعمل بالموجات الكهرومغناطيسية، وكيفية إنتاج هذه الموجات واستقبالها.

الأهداف
- **تصف** كيف تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء.
- **تحل** مسائل تتضمن خصائص الموجات الكهرومغناطيسية.
- **تصف** العوامل المؤثرة في قدرة الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية لها طول موجي محدّد.
- **تحل** مسائل تتضمن انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في المواد العازلة للكهرباء.

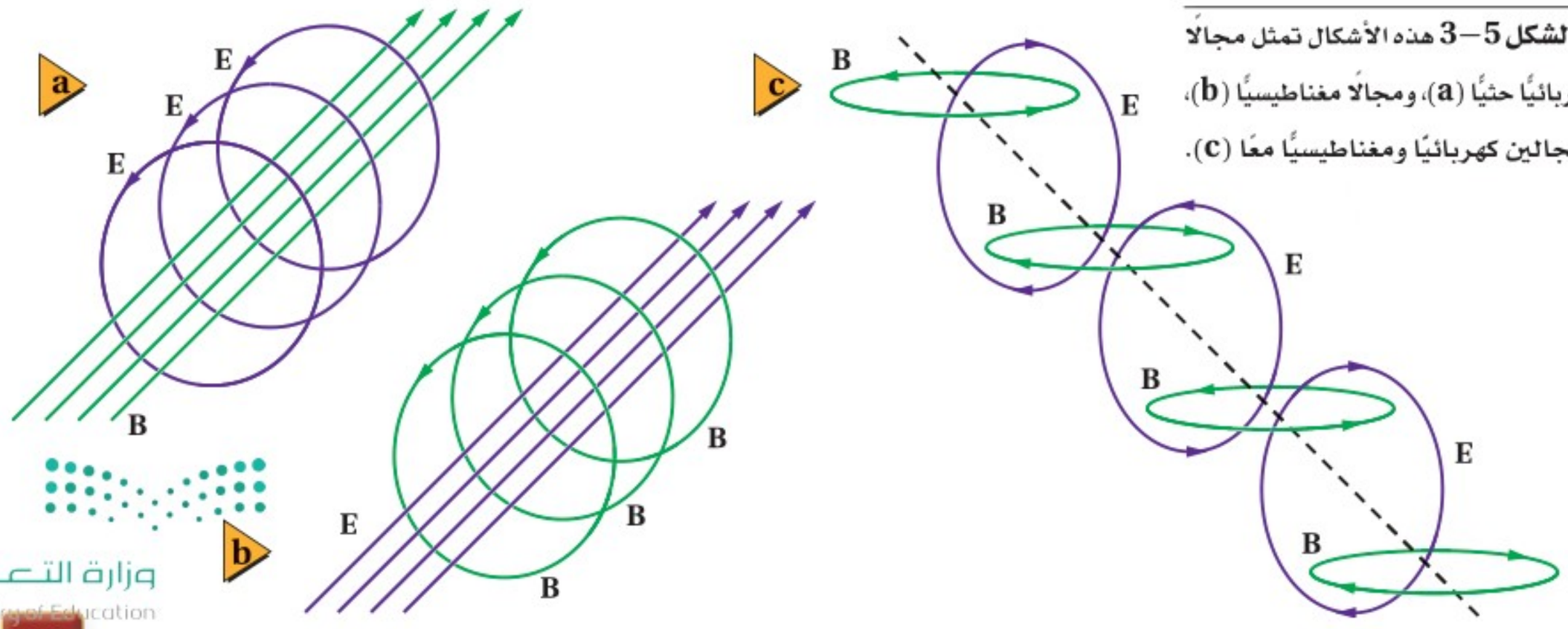
المفردات
الموجات الكهرومغناطيسية
العوازل الكهربائية
الهوائي
الطيف الكهرومغناطيسي
الإشعاع الكهرومغناطيسي
الكهرباء الإجهادية
المستقبِل

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 أورستيد يقدم عرضًا لطلابه لاحظ انحراف إبرة البوصلة عند اقترابها من سلك يسري فيه تيار كهربائي، وأدرك أن ملاحظته تعرض ربطًا أساسيًّا بين الكهرباء والمغناطيسية. وتوصل أورستيد إلى أن التيار المار في موصل يولد مجالاً مغناطيسيًّا، وأن التيار المتغير يولد مجالاً مغناطيسيًّا متغيرًا. ولقد أحدثت هذه الاكتشافات ثورة في الأوساط العلمية، وقاد 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 5a–3**. لذا فإن المجال المغناطيسي المتغير يولد مجالاً كهربائيًّا متغيرًا مماثلاً. لاحظ أن خطوط المجال الكهربائي الحثي تشكل حلقات مغلقة، كما هو موضّح في **الشكل 5a–3**؛ وذلك لأنه لا توجد شحنات عند النقاط التي تبدأ منها خطوط المجال، أو عند النقاط التي تنتهي فيها، خلافًا للمجال الكهروسكوني.



الشكل 5–3 هذه الأشكال تمثل مجالًا كهربائيًا حثيًا (a)، ومجالًا مغناطيسيًا (b)، ومجالين كهربائيًا ومغناطيسيًا معًا (c).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 83 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

افترض الفيزيائي الإسكتلندي جيمس ماكسويل في عام 1860م أن عكس الحث صحيح أيضًا؛ فالتغير في المجال الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسيًّا متغيّرًا. وهذا موضّح في **الشكل 5b–3**. واقترح ماكسويل أيضًا أن الشحنات الكهربائية ليست ضرورية؛ فالمجال الكهربائي المتغير وحده يمكن أن يولد مجالاً مغناطيسيًّا. ثم توقع ماكسويل أن كلًّا من الشحنات المتسارعة والمجالات المغناطيسية المتغيرة تولد مجالات كهربائية ومغناطيسية تتحرك معًا في الفضاء.

ويسمَّى المجالان المغناطيسي والكهربائي المنتشران معًا في الفضاء **الموجات الكهرومغناطيسية**، أو موجة EM. ويوضح **الشكل 5c–3** اتجاهات المجالات التي تكوّن موجة كهرومغناطيسية. وفي عام 1887م أثبت الفيزيائي الألماني هنريش هرتز 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 بالرمز c، وهي سرعة الضوء. وتنتقل الموجات الكهرومغناطيسية- ومنها الضوء- 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 مقسومًا على ترددها.

في هذه المعادلة يقاس الطول الموجي λ بوحدة m، وتقاس السرعة v بوحدة m/s، ويقاس التردد f بوحدة Hz. ولاحظ أن السرعة v لأي موجة كهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ تساوي سرعة الضوء c، ولذلك فإن العلاقة الخاصة بالموجة الكهرومغناطيسية تصبح:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

حيث $c = 3.00\times 10^{8}\ m/s$

لاحظ أن حاصل ضرب الطول الموجي في التردد لأي موجة كهرومغناطيسية هو مقدار ثابت ويساوي c. ولذلك عندما يزداد الطول الموجي يقل التردد، والعكس صحيح. أي أن الموجة الكهرومغناطيسية ذات الطول الموجي الكبير لها تردد صغير، بينما الموجة الكهرومغناطيسية ذات الطول الموجي الصغير لها تردد كبير.

مسائل تدريبية

15. ما مقدار سرعة موجة كهرومغناطيسية في الهواء إذا كان ترددها $3.2\times10^{19}\ Hz$؟
16. ما طول موجة الضوء الأخضر إذا كان تردده $5.70\times10^{14}\ Hz$؟
17. ما طول موجة كهرومغناطيسية ترددها $8.2\times 10^{14}\ Hz$؟
18. ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $2.2\times 10^{-2}\ m$؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 84 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

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 في الفراغ، ويمكن حسابها بالعلاقة:

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

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 K=1.00000 وسرعة الموجة في الفراغ تساوي c. وفي الهواء K=1.00054، ولذلك تنتقل الموجة الكهرومغناطيسية في الهواء أبطأ قليلًا من c.

مسائل تدريبية

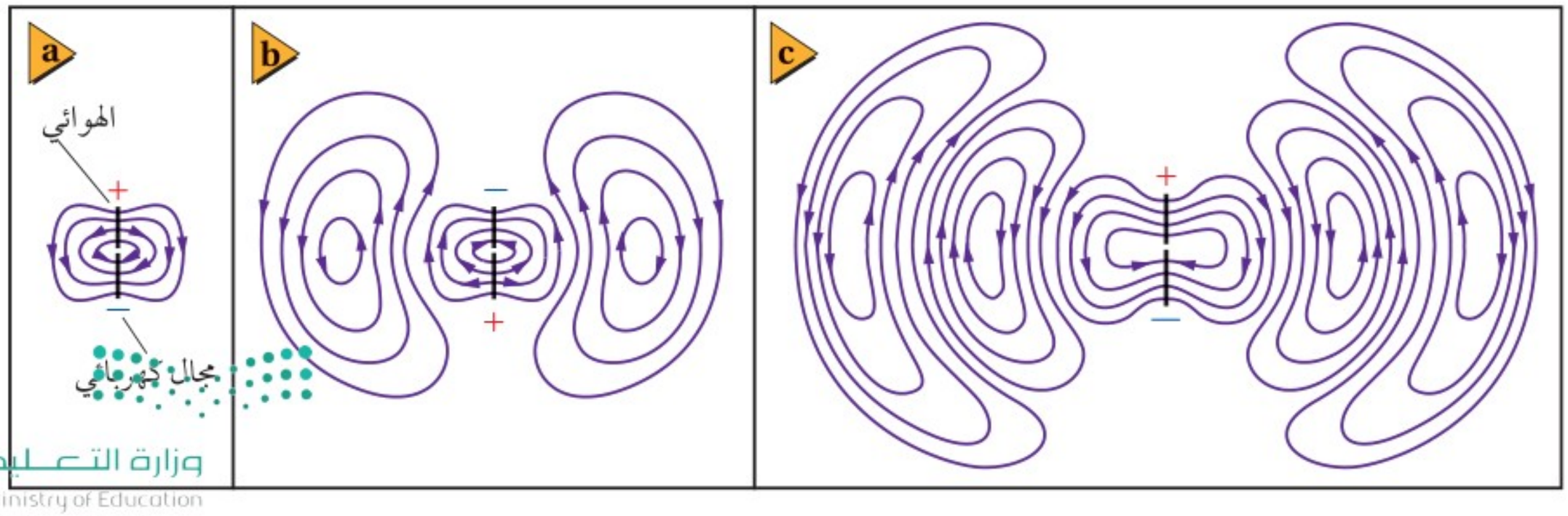
19. ما مقدار سرعة الموجة الكهرومغناطيسية المنتقلة في الهواء؟ استخدم c = 299792458 m /s في حساباتك.

20. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للماء 1.77 فما مقدار سرعة انتقال الضوء في الماء؟

21. إذا كانت سرعة الضوء خلال مادة 2.43×10^{8} m /s، فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة؟

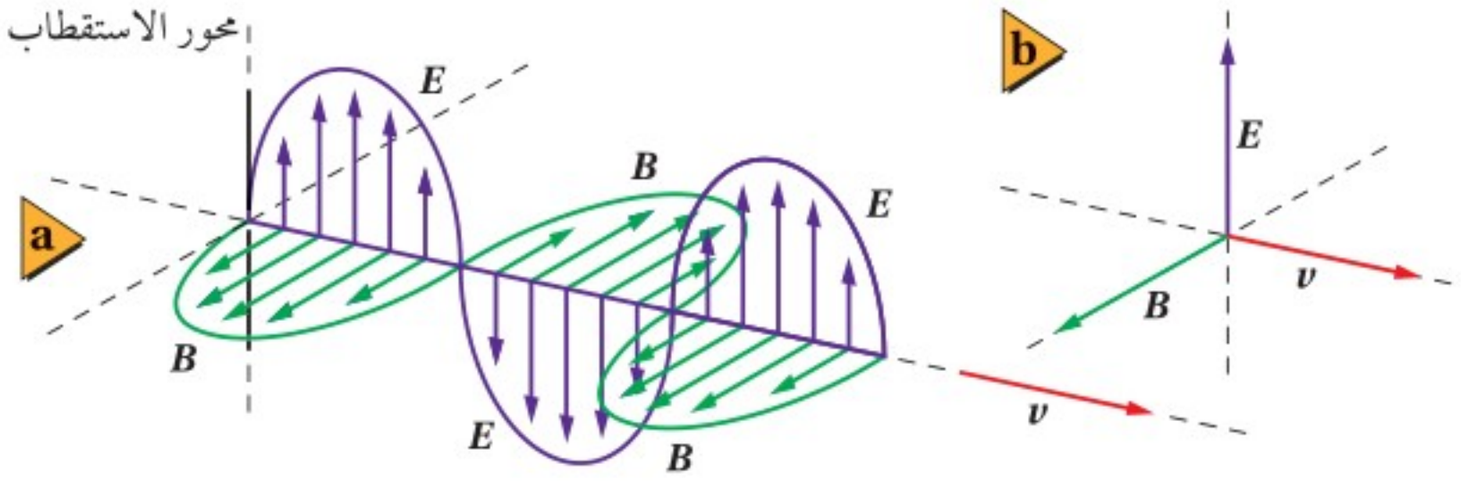
انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية كما في **الشكل 6–3**. والهوائي هو سلك يتصل بمصدر تيار متناوب مصمّم لبث واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية. ويولد المصدر المتناوب فرق جهد متغيرًا في الهوائي الذي يهتز بتردد مساوٍ لتردد مصدر التيار المتناوب، ويولّد فرق الجهد المتناوب هذا 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 6–3** إلا أنه ينتشر مبتعدًا عن الهوائي. وينشأ عن ترابط المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية معًا موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفضاء بسرعة الضوء.

الشكل 6–3 يولّد مصدر التيار المتناوب الموصول بالهوائي فرق جهد متغيرًا في الهوائي، وهذا التغير في فرق الجهد يولد مجالاً 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**).



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

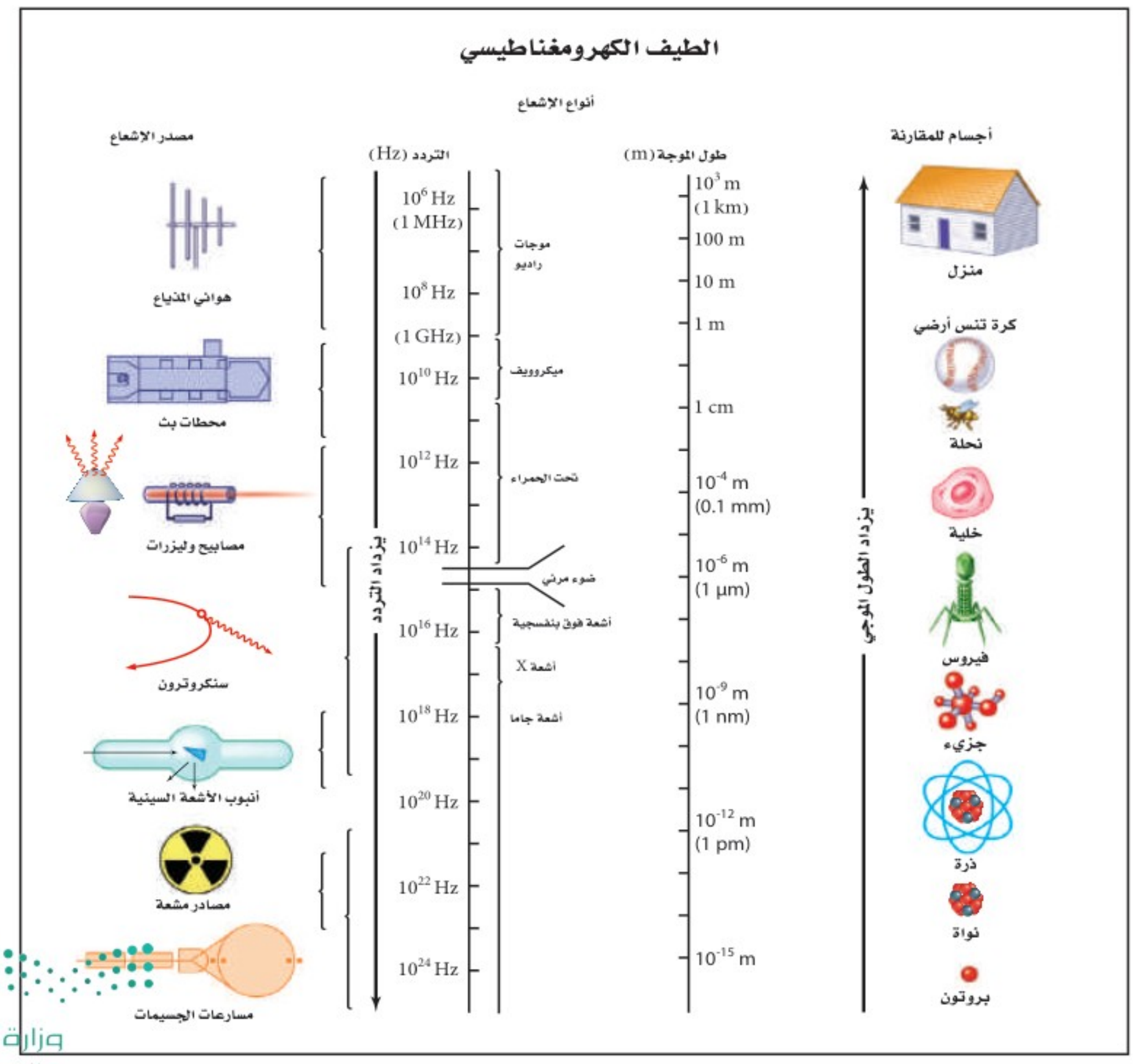
موقع
حلول كتبي



■ **الشكل 7–3** أجزاء من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين بواسطة الهوائي قد تبدو في لحظة ما، كما هو موضّح (a). لاحظ أن المجالين الكهربائي والمغناطيسي متعامدان، وعموديان على اتجاه سرعة الموجة v (b).

لـو أمكن رؤيـة الموجـات الكهرومغناطيسـية القادمة فسـتظهر المجالات المتغـيرة، كما في **الشـكل 7–3**. حيث يتذبذب المجال الكهربائي إلى أعلى وإلى أسـفل، بينما يتذبذب المجال المغناطيـسي بزوايا قائمة مع المجـال الكهربائي. وكلا المجالين متعامدان على اتجاه انتشـار الموجة. لاحظ أن الموجة الكهرومغناطيسـية الناتجة بواسـطة الهوائي مستقطبة؛ وذلك لأن المجال الكهربائي موازٍ لموصل الهوائي.

■ **الشـكل 8–3** المخطط يبـين أنواعًا من الإشعاعات الكهرومغناطيسية وأطوالها الموجية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 86 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

مسألة تحفيز

يشكّل الضوء المرئي جزءًا بسيطًا فقط من الطيف الكهرومغناطيسي. وأطوال الموجات لبعض ألوان الضوء المرئي موضحة في **الجدول 1–3**.

1. أي ألوان الضوء له أكبر طول موجي؟
2. أي الألوان ينتقل أسرع في الفراغ؟
3. تحيد الموجات ذات الطول الموجي الأكبر 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 1–3**.

الجدول 1–3

أطوال موجات الضوء المرئي

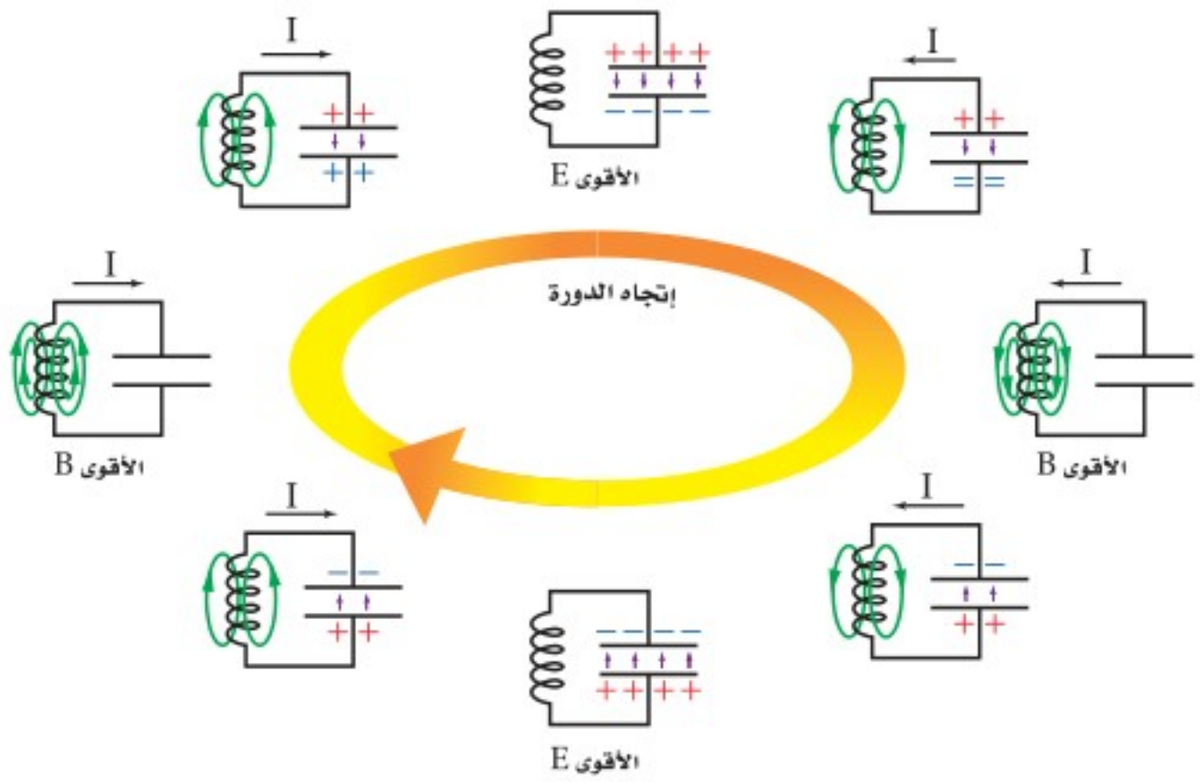
اللون	الطول الموجي (nm)
نيلي-بنفسجي	390 حتى 455
أزرق	455 حتى 492
أخضر	492 حتى 577
أصفر	577 حتى 597
برتقالي	597 حتى 622
أحمر	622 حتى 700

توليد الموجات الكهرومغناطيسية

Producing Electromagnetic Waves

الموجات من مصدر متناوب تعلمت أنه يمكن لمصدر متناوب متصل بهوائي أن يرسل موجات كهرومغناطيسية، ويكون تردد الموجة مساويا لتردد دوران مولد التيار المتناوب AC، ويُحدد بـ 1 kHz تقريبًا. ويوضح **الشكل 8–3** مدى الترددات والأطوال الموجية التي تشكل جميع أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي، وتسمى **الطيف الكهرومغناطيسي**.

الموجات الناتجة عن ملف ومكثف كهربائي (دائرة RC) الطريقة الشائعة لتوليد موجات كهرومغناطيسية ذات ترددات كبيرة هي استخدام ملف (محث) ومكثف كهربائي يتصلان معًا على التوالي. فإذا شحن المكثف ببطارية فسوف يخزن فيه شحنات كهربائية وبذلك يُنتج فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه مجالاً كهربائيًّا. وعند فصل البطارية يفقد المكثف شحنة عن طريق تدفق الإلكترونات المختزنة فيه خلال الملف، مولدة مجالاً مغناطيسيًّا. وعندما يفقد المكثف شحنته ينهار المجال المغناطيسي للملف، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية عكسية، ويعاد شحن المكثف في اتجاه معاكس، وتتكرر العملية. وعند توصيل هوائي بالمكثف تُبث مجالات المكثف في الفضاء. ويوضّح **الشكل 9–3** دورة اهتزازية كاملة.



الشكل 9–3 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

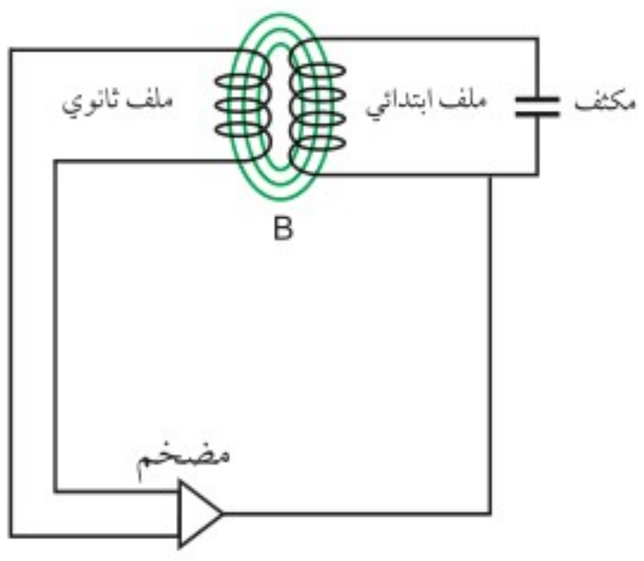
موقع
حلول كتبي

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 بالمذياع أو التلفاز تنفصل الموجة الحاملة بعيدًا، وتعالج المعلومات التي تحملها الموجة، بحيث يمكنك السماع أو المشاهدة.

الطاقة في دائرة المكثف والملف في دائرة الملف والمكثف، يحتوي كل من المجال المغناطيسي المتولد في الملف والمجال الكهربائي المتولد في المكثف على طاقة. عندما يكون للتيار قيمة عظمى يكون للطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي قيمة عظمى، وعندما يصبح التيار صفرًا يكون للمجال الكهربائي في المكثف قيمة عظمى، وتصبح الطاقة جميعها ممثلة في المجال الكهربائي. وتكون الطاقة الكلية للدائرة (مجموع طاقتي المجالين الكهربائي والمغناطيسي والطاقة الحرارية الضائعة في الأسلاك، والطاقة المحمولة بعيدًا بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية المتولدة) مقدارًا ثابتًا. وتسمى الطاقة التي تحمل أو تشع على شكل موجات كهرومغناطيسية **الإشعاع الكهرومغناطيسي**.



■ **الشكل 10–3** في المحول تكون الذبذبة المكبرة الناتجة عن الملف الثانوي في حالة رنين مع دائرة الملف والمكثف، وتحافظ على استمرار حدوث الاهتزازات.

وإذا 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 كهربائي. ففي المحول الموضّح في **الشكل 10–3** يزداد التيار المتناوب الحثي الناتج في الملف الثانوي بواسطة مضخم، ويعاد إلى الملف والمكثف. في هذا النوع من الدوائر يمكن توليد ترددات تصل إلى 400 MHz تقريبًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 88 4/8/19 2:20 PM

موقع
حلول كتبي

الموجات الناتجة يمكن زيادة تردد الاهتزاز الناتج بواسطة دائرة الملف والمكثف عن طريق تقليل حجم كل من الملف والمكثف المستخدمين. ومع ذلك لا تستخدم الملفات أو المكثفات المنفردة للترددات التي تزيد على 1 GHz؛ حيث يستخدم التجويف الرنان لتوليد الموجات الميكروية ذات الترددات الكبيرة التي تتراوح بين 1 GHz و 100 GHz. والتجويف الرنان صندوق على شكل متوازي مستطيلات يعتمد في عمله على الملف والمكثف معًا. ويحدد حجمُ الصندوق ترددَ الاهتزاز. فأفران الميكروويف مثلاً لها تجاويف رنانة تولد موجات ميكروويف تستخدم في طهي الطعام.

ولتوليد أعلى تردد للموجات تحت الحمراء يجب تصغير حجم التجويف الرنان ليصبح بحجم الجزيء. فالإلكترونات المهتزة التي تولد موجات تحت حمراء هي في الحقيقة ضمن أبعاد الجزيئات. أما موجات الضوء المرئي والموجات فوق البنفسجية فتتولد بواسطة الإلكترونات الموجودة داخل الذرات. وأما الأشعة السينية X-ray وأشعة جاما فتنشآن عن مسارعة الشحنات في نوى الذرات. وجميع الموجات الكهرومغناطيسية تنشأ عن مسارعة الشحنات، وتنتشر بسرعة الضوء.

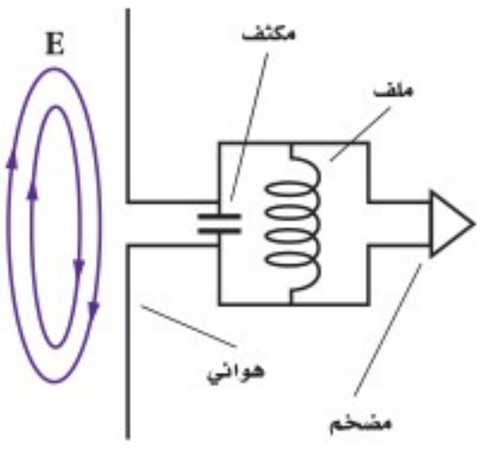
الموجات الناتجة بالكهرباء الإجهادية لا تعدّ الملفات والمكثفات الطريقة الوحيدة لتوليد الجهود المتذبذبة. فبلورات الكوارتز تتشوّه عند تطبيق جهد كهربائي عبرها، وتعرف هذه الخاصية باسم **الكهرباء الإجهادية**. فعند تطبيق جهد متناوب على مقطع عرضي من بلورة كوارتز تنتج اهتزازات مستمرة. وتكون العلاقة بين سمك البلورة وتردد الاهتزازة خطية عكسية، تمامًا كما في اهتزاز قطعة فلزية عند ثنيها وتركها تهتز؛ حيث يمكن قطع بلورة الكوارتز وتطبيق جهد معين عليها، فتتشوه وتبدأ في الاهتزاز بترددات محدّدة. وتولد خاصية الكهرباء الإجهادية 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 89 4/8/19 2:20 PM

موقع حلول كتبي

استقبال الموجات الكهرومغناطيسية
Reception of Electromagnetic Waves



الشكل 11–3 المجالات الكهربائية المتغيرة لإشارة محطة البث الإذاعية تعمل على مسارعة الإلكترونات الموجودة في الهوائي. ثم تحلل المعلومات المحمولة على الموجة الإذاعية وتضخمها ثم تستخدم لتشغيلها في سماعة أو مكبر صوت.

الآن وبعد أن عرفت كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية وبثها، كيف تتوقع طريقة استقبالها؟ إن التقاط هذه الموجات يتطلب هوائيًّا. كما هو موضح في **الشكل 11–3**، حيث تعمل المجالات الكهربائية للموجات على تسارع إلكترونات 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 بين طرفي الهوائي بتردد الموجة الكهرومغناطيسية نفسه. ويصبح للجهد قيمة عظمى عندما يكون طول الهوائي مساوٍ لنصف الطول الموجي للموجة التي نريد التقاطها. لذلك يصمم طول الهوائي بحيث يساوي نصف الطول الموجي للموجة التي يفترض التقاطها. فالهوائي المصمم لالتقاط موجات الراديو وموجات التلفاز أطول كثيرًا من الهوائي المصمم لالتقاط موجات الميكروويف.

إن استخدام هوائي مكون من سلك واحد يمكننا من الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية إلا أن استخدام عدة أسلاك أكثر فاعلية؛ حيث يتكون هوائي التلفاز غالبًا من سلكين أو أكثر تفصل بينهما مسافة تعادل ربع الطول الموجي للموجة. وتكوِّن المجالات الكهربائية الناتجة عن الأسلاك منفردة أنماط تداخل بنّاء تعمل على زيادة قوة الإشارة.

من المهم أن تعرف أن جميع الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص الانعكاس والانكسار والحيود. ولذلك لا نستغرب أن الأطباق اللاقطة تعكس 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 قطعة أو جهاز يسمى اللاقط. ويثبت اللاقط بثلاثة قوائم فوق الطبق. ويحتوي اللاقط على هوائي قصير ثنائي القطب، يرسل إشارات إلى المستقبل وهو جهاز يتكون من جهاز هوائي ودائرة ملف ومكثف وكاشف لفك شفرة الإشارة وتحليلها بالإضافة إلى مضخم.

اختيار الموجات 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 الموالف؛ وهو دائرة مكثف وملف متصل بهوائي. 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.

الطاقة من الموجات تحمل الموجات الطاقة والمعلومات؛ فالموجات التي ترددتها ضمن منطقة الأشعة تحت الحمراء وأشعة الميكروويف 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؛ فمثلًا يستفاد من هذه الحقيقة في الأفلام الفوتوجرافية؛ 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، والأمراض الخطيرة أحيانًا.

الربط مع الأحياء

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

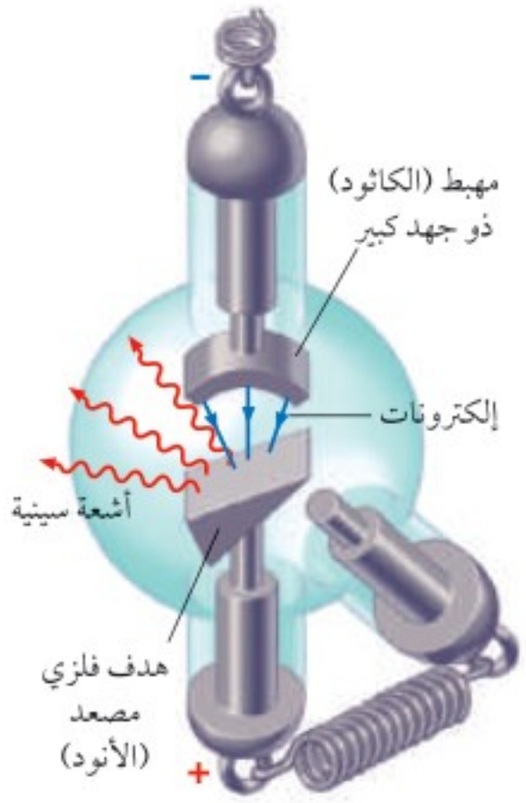
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 90 4/8/19 2:20 PM

موقع
حلول كتبي

الأشعة السينية X Rays

أسقط الفيزيائي الألماني وليام رونتجن عام 1895م إلكترونات خلال أنبوب مفرّغ مماثل للأنبوب الموضّح في **الشكل 12–3**. 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. واستمر التوهج حتى عند وضع قطعة خشب بين الأنبوب والشاشة، فاستنتج رونتجن أن هناك نوعًا من الأشعة ذات نفاذية كبيرة خرجت من الأنبوب.

ولأن رونتجن لم يعرف هذه الإشعاعات الغريبة فقد سماها الأشعة السينية. وبعد أسابيع قليلة لاحظ رونتجن أن الشاشة الفسفورية 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.



الشكل 12–3 تنبعث الأشعة السينية عند اصطدام إلكترونات ذات طاقة كبيرة بهدف فلزي داخل أنبوب الأشعة السينية. ويمكن تغيير الهدف لإنتاج أشعة سينية بأطوال موجية مختلفة.

ومن المعلوم الآن أن الأشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير. وفي أنبوب الأشعة السينية تُسرّع الإلكترونات أولاً بواسطة فرق جهد كبير يصل إلى 20000 V، أو أكثر لإكسابها سرعات كبيرة جدًّا. وعندما تصطدم الإلكترونات بالمادة تتحول طاقاتها 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 القديم CRT. 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.

2–3 مراجعة

22. **انتشار الموجات** وضح كيف يمكن للموجات الكهرومغناطيسية أن تنتشر في الفضاء؟
23. **التردد** ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $1.5\times10^{-5}\ m$؟
24. **إشارات التلفاز** تحتوي هوائيات التلفاز عادة على قضبان فلزية أفقية. استنادًا إلى هذه المعلومات ما استنتاجك حول اتجاهات المجالات الكهربائية في إشارات التلفاز؟
25. **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 ذات الترددات الأقل، أم القنوات ذات الترددات الأكبر؟ علل إجابتك.
26. **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 $3.00\times10^{8}\ m/s$ ؟
27. **التفكير الناقد** تُحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية UV الناتجة عن الشمس بطبقة الأوزون في الغلاف الجوي للأرض. وقد 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 استنزاف طبقة الأوزون؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 91 4/8/19 2:20 PM

موقع
حلول كتبي

مختبر الفيزياء

حجب الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Wave Shielding

يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من عدة أنواع من الإشعاعات الكهرومغناطيسية. ويمكن تصنيف هذه الإشعاعات وفق ترددتها أو أطوالها الموجية؛ فأشعة جاما الأكبر ترددًا والأكبر طاقةً، طولها الموجي يشكل جزءًا من النانومتر. والإشعاعات التي تلي أشعة جاما يزداد طولها الموجي (يقل كل من ترددها وطاقتها)، وهي على الترتيب: الأشعة السينية، الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي، الأشعة تحت الحمراء، موجات الميكروويف، وموجات الراديو. والعين البشرية يمكنها فقط رؤية الأطوال الموجية الواقعة ضمن مدى الضوء المرئي فقط ، بينما جميع الأشكال الأخرى للإشعاعات غير مرئية. مستقبلات الموجات الكهرومغناطيسية – كتلك الموجودة في المذياع والتلفاز – تكشف الموجات باستخدام الهوائي. ولأن كل جهاز كهربائي يغيّر مقدار التيار أو يعمل على تيار متناوب، يُصدر موجات كهرومغناطيسية؛ فالموجات المنبعثة من هذه المصادر يمكن أن تتداخل مع الإشارات المستقبلة المطلوبة. ولبعض المواد فاعلية في إيقاف أو حجب موجات الراديو. 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 بالبطارية، صندوقان صغيران من الكرتون، صندوق فلزي أو علبة بغطاء، ورق ألومنيوم، أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي (كالمستخدمة في حماية قطع الحاسوب)، أسلاك مشبكة، شريط لاصق، قفازات جلدية، مكبس.

الخطوات

1. غلف السطح الخارجي لأحد الصندوقين بورق الألومنيوم وغلف الغطاء وحده بحيث يمكن إزالته ودفعه بسهولة.
2. حضر صندوقًا مصنوعًا من أسلاك مشبكة. وذلك بطيّ قطعة منها، بحيث تصبح على هيئة صندوق له أربعة أوجه ومفتوح الطرفين. استخدم المكبس لتثبيت نهايات قطعة الأسلاك المشبكة بعضها ببعض، وتأكد أن الصندوق واسع وكبير بحيث يمكن إدخال المذياع فيه. ثم اقطع جزءًا من الأسلاك المشبكة بحيث تغلق بها أحد طرفي الصندوق المفتوح بإحكام، ثم استخدم 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؛ حيث يمكنك معرفة التردد من خلال مؤشر المذياع أو من خلال الاستماع إلى بث المحطة؛ فقد يذكر التردد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COUR.CH03.indd 92 4/22/13 8:34 AM

موقع
حلول كتبي

جدول البيانات							
الحزمة	التردد (Hz)	الحاجب	الملاحظات	الحزمة	التردد (Hz)	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. ضُمَّ المذياع إلى صدرك وأحطه بذراعيك، وأهمل انخفاض الصوت؛ لأنك تغطي السماعة. كيف تأثر استقبال المذياع للإشارة بذلك؟ دوّن ملاحظاتك.
5. ضع المذياع داخل صندوق الكرتون، وضع غطاء الصندوق، وأصغ إلى المذياع هل تأثر استقباله للإشارة؟ 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 $3.00\times10^{8}\ m/s$
3. **قارن** 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 لها ترددات صغيرة جدًّا Hz (80–40) للتواصل مع الغواصات تحت الماء. لماذا قد يكون موقع محطة إرسال الموجات الراديوية ذات القدرة العالية والمستخدمة للاتصال بغواصة ما موجودًا في منطقة نائية بعيدة عن المحيط *(مساعدة: قدر طول الهوائي المستخدم إذا كان 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؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 93 4/8/19 2:21 PM

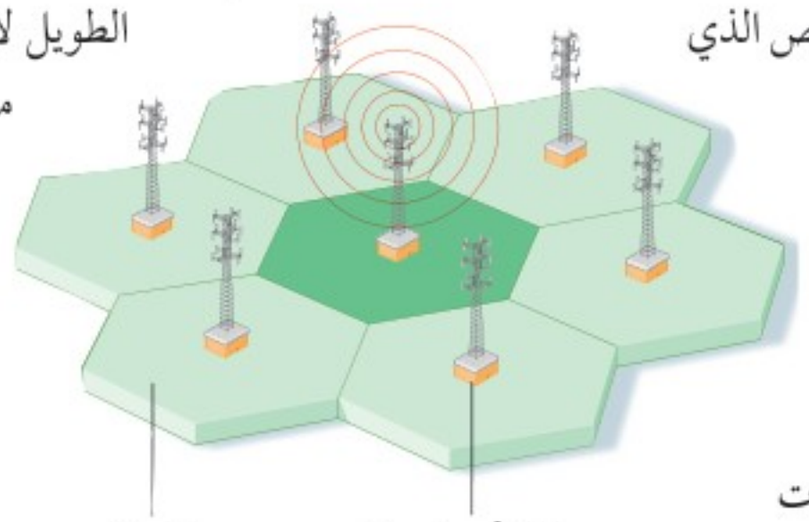
موقع حلول كتبي

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 الخلوي 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 تجري 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 في 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. 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 أثناء القيادة. تزيد أربع مرات على الحوادث التي تحدث مع الأشخاص الذين لا يستخدمون الهاتف أثناء القيادة. وحسب نظام المرور السعودي فإن استخدام الجوال أثناء القيادة مخالفة مرورية، لضمان مستوى السلامة المرورية على الطرق في المملكة العربية السعودية. وتضع بعض محطات الوقود ملصقات تحذر من استعمال الهاتف الخلوي؛ وذلك لأن الكهرباء الساكنة الناتجة عن الهاتف الخلوي قد تعمل على إشعال بخار الديزل المتصاعد.

وهناك خطر آخر محتمل، وهو أن الهاتف يبث موجات راديوية أثناء تشغيله، لذا تنبعث منه طاقة كهرومغناطيسية تعرف بالتردد الراديوي RF. وهناك بعض الأدلة على أن الهواتف الخلوية تبعث من الإشعاع قد يسبب مشاكل صحية خطيرة. وحتى الآن لم يُعرف يقينًا الآثار الصحية على المدى الطويل لاستعمال الهواتف الخلوية، إن وجدت. وتعمل منظمة الصحة العالمية على إجراء تقييم مستمر لهذه المخاطر، كما توصي المنظمة بالاستخدام الرشيد للهواتف الخلوية، وإجراء المكالمات الطويلة عبر الهواتف الثابت، وإبعاد الهاتف الخلوي عن الرأس قدر الامكان حين استخدامه (استخدام مكبر الصوت، أو السماعات السلكية أو سماعة البلوتوث) ، وتجنب النوم بالقرب منها.

الربط مع رؤية 2030

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

مجتمع حيوي

من أهداف الرؤية:

٢.٣.٤ تعزيز السلامة المرورية.

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 القليلة القدرة المستخدمة في الهواتف الخلوية، مهمة في المحافظة على إبقاء وزن الهواتف الخلوية خفيفة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

الفصل 3
دليل مراجعة الفصل

3-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة
Interactions of Electric and Magnetic Fields and Matter

المفردات

- النظير
- مطياف الكتلة

المفاهيم الرئيسة

- قيست النسبة بين شحنة الإلكترون وكتلته من قبل تومسون باستخدام الاتزان بين مجالين كهربائي ومغناطيسي في أنبوب أشعة المهبط. $\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$
- يمكن إيجاد كتلة الإلكترون بربط نتائج تومسون بقياسات ملّيكان لشحنة الإلكترون .
- يمكن أن يكون لذرات العنصر الواحد 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. $\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2}$

3-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء
Electric and Magnetic Fields in Space

المفردات

- الموجات الكهرومغناطيسية
- العوازل الكهربائية
- الهوائي
- الطيف الكهرومغناطيسي
- لإشعاع الكهرومغناطيسي
- الكهرباء الإجهادية
- المستقبِل

المفاهيم الرئيسة

- تقترن الموجات الكهرومغناطيسية بمجالين كهربائي ومغناطيسي متغيرين، ومتحركين معًا في الفضاء.
- الطول الموجي للموجة يساوي سرعتها مقسومة على ترددها. $\lambda = \frac{v}{f}$

أما الموجة 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 في الأوساط المادية أو الفراغ.
- الكهرباء الإجهادية خاصية للبلورات تسبب لها انحناء أو تشوهًا، وتولد اهتزازات كهربائية عند تطبيق فولتية خلالها.
- تحوّل الهوائيات المستقبلة الموجات الكهرومغناطيسية إلى مجالات كهربائية متغيرة في الموصلات.
- يمكن الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية من خلال القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الهوائي. ويمكن اختيار الترددات المحددة للموجات باستخدام 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.
- يمكن لموجات الميكروويف، والأشعة تحت الحمراء، مسارعة الإلكترونات خلال الجزيئات، ولذلك يمكنها توليد طاقة حرارية.
- الأشعة السينية موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير تنبعث باستخدام إلكترونات متسارعة وسريعة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

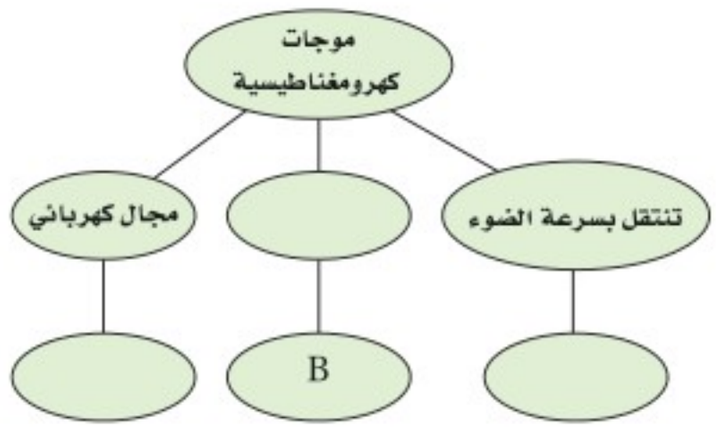
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 95 4/8/19 2:21 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 3 التقويم

خريطة المفاهيم

28. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات والرموز الآتية: E، c، مجال مغناطيسي .



إتقان المفاهيم

29. ما مقدارکل من كتلة الإلكترون وشحنته؟

30. ما النظائر؟

31. ما الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائما؟

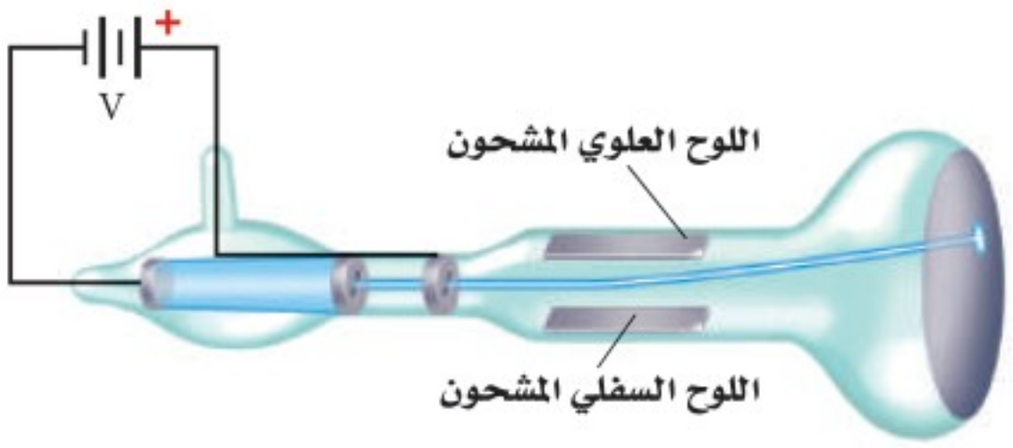
32. لماذا يجب استخدام مولد تيار متناوب لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية؟ وإذا استخدم مولد مستمر فمتى يمكنه توليد موجات كهرومغناطيسية؟

33. يبث سلك هوائي رأسي موجات راديو. ارسم الهوائي وكلاً من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين؟

34. ماذا يحدث لبلورة الكوارتز عند تطبيق فولتية خلالها؟

35. كيف تعمل دائرة استقبال الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بتردد محدّد ورفض سائر الموجات الأخرى؟

36. تنطلق الإلكترونات في أنبوب تومسون من اليسار إلى اليمين، كما هو موضّح في **الشكل 13-3**. أي اللوحين سيشحن بشحنة موجبة لجعل حزمة الإلكترونات تنحرف إلى أعلى؟



الشكل 13-3

تطبيق المفاهيم

37. يستخدم أنبوب تومسون الموضح في المسألة السابقة المجال المغناطيسي لحرف حزمة الإلكترونات. ما اتجاه المجال المغناطيسي اللازم لحرف الحزمة إلى أسفل؟

38. بين أن وحدات **E /B** هي وحدات السرعة نفسها.

39. **الشكل 14-3** يبيّن 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 14-3

40. إذا تغيرت إشارة شحنة الجسيم في المسألة السابقة من الموجبة إلى السالبة فهل يتغير اتجاه أحد المجالين أو كليهما للحفاظ على الجسيمات دون انحراف؟ وضّح إجابتك.

41. أي من موجات الراديو، وموجات الضوء، والأشعة السينية له قيمة عظمى من:

a. الطول الموجي

b. التردد

c. السرعة

42. **موجات التلفاز** إذا كان تردد الموجات التي تبث على إحدى القنوات في التلفاز 58 MHz، بينما تردد الموجات على قناة أخرى 180 MHz فأي القناتين تحتاج إلى هوائي أطول؟

43. افترض أن عين شخص ما أصبحت حساسة لموجات الميكروويف، فهل تتوقع أن تكون عينه أكبر أم أصغر من عينك؟ ولماذا؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 96 4/8/19 2:21 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 3 التقويم

إتقان حل المسائل

3–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

44. تتحـرك إلكترونات بسرعـة $3.6\times10^{4}\ m/s$ خلال مجـال كهربائـي مقـداره $5.8\times10^{3}\ N/C$. مـا مقدار المجـال المغناطيسي الـذي يجب أن يتعرض له مسـار الإلكترونات حتى لا تنحرف؟

45. يتحرك بروتون في مسـار دائري نصف قطره 0.20m في مجـال مغناطيسي مقـداره 0.36T ، كـما موضّح في **الشكل 15–3**. احسب مقدار سرعته؟

الشكل 15–3

46. دخـل بروتون مجالاً مغناطيسـيًّا مقداره $6.0\times10^{-2}\ T$ بسرعة $5.4\times10^{4}\ m/s$. ما مقدار نصف قطر المسـار الدائري الذي يسلكه؟

47. تسـارع إلكترون خـلال فرق جهد مقـداره 4.5kV. مـا مقـدار المجـال المغناطيسي الذي يجـب أن يتحرك فيـه الإلكترون لينحرف في مسـار دائري نصف قطره 5.0 cm؟

48. حصلنا على المعلومات الآتية من مطياف الكتلة حول ذرات صوديوم ثنائية التأين (+2):

$q = 2(1.60\times10^{-19}C)$، $B = 8.0\times10^{-2}T$،

$r = 0.077\ m$ ، و $V = 156\ V$

احسب كتلة ذرة الصوديوم.

49. تحرك جسـيم ألفا كتلته $6.6\times10^{-27}\ kg$ وشحنته +2 في مجـال مغناطيـسي مقـداره 2.0 T فسـلك مسـارًا دائريًّـا نصف قطره 0.15 m. ما مقـدار كل مما يأتي؟

a. سرعة الجسيم.

b. طاقته الحركية.

c. فرق الجهد اللازم لإنتاج هذه الطاقة الحركية.

50. اسـتخدم مطياف كتلة لتحليل كربون 12 يحتوي على جزيئـات كتلتها تعادل 175×10^{3} من كتلة البروتون. ما النسـبة اللازمة للحصول على عينـة من الجزيئات تحتـوي على الكربون 12 ولا تظهـر فيها أي جزيئات من الكربون 13؟

51. **نظائـر السـليكون** سـلكت ذرات السـليكون المتأينـة المسـارات الموضّحـة في **الشـكل 16–3** في مطيـاف الكتلـة. فـإذا كان نصـف القطر الأصغـر يتوافق مع كتلة البروتون 28، فما كتلة النظير الآخر للسليكون؟

الشكل 16–3

3–2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

52. **موجـات الراديـو** انعكسـت موجـات راديـو طولها الموجـي 2.0 cm عـن طبـق قطـع مكافئ. مـا طول الهوائي اللازم للكشف عنها؟

53. **التلفاز** نقلت إشارة تلفاز على موجات حاملة ترددها 66 MHz. فـإذا كانـت أسـلاك الالتقـاط في الهوائي تتباعـد $\frac{1}{4}\lambda$ فأوجـد البعـد بـين أسـلاك الالتقـاط في الهوائي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021-1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 97 4/8/19 2:21 PM

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 3

54. **الماسح الضوئي لشريط الشيفرة** يستخدم الماسح الضوئي لشريط الشفرة مصدر ضوء ليزر طوله الموجي 650 nm. أوجد تردد مصدر شعاع الليزر.
55. ما طول الهوائي اللازم لاستقبال إشارة راديو ترددها 101.3MHz؟
56. موجة كهرومغناطيسية EM ترددها 100MHz تبث خلال كابل محوري ثابت العزل الكهربائي له 2.30. ما مقدار سرعة انتشار الموجات؟
57. **الهاتف الخلوي** يعمل جهاز إرسال هاتف خلوي على موجات حاملة ترددها 8.00×10^8 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

58. **المذياع** محطة إذاعية FM تبث موجاتها بتردد 94.5 MHz. ما مقدار طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال لهذه المحطة؟
59. إذا كان طول هوائي هاتف خلوي 8.3cm فما مقدار التردد الذي يرسل ويستقبل عليه هذا الهاتف؟ لعلك تذكر من المسألة 57 أن الهوائيات ذات الطرف الواحد – ومنها المستخدم في الهاتف الخلوي – تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طولها مساويًا ربع الطول الموجي للموجة التي ترسلها وتستقبلها.
60. سُرّع جسيم مجهول بتطبيق فرق جهد مقداره 1.50×10^2 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

61. **تطبيق المفاهيم** تستخدم العديد من محطات الشرطة الرادار لضبط السائقين الذين يتجاوزون السرعة المسموح بها. والرادار جهاز يستعمل إشارة كهرومغناطيسية ذات تردد كبير لقياس سرعة جسم متحرك، وتردد إشارة الرادار المرسلة معلوم، وعندما تنعكس هذه الإشارة المرسلة عن الجسم المتحرك تلتقط من قبل الرادار. ولأن الجسم متحرك بالنسبة إلى الرادار لذا يكون تردد الإشارة المستقبلة مختلفاً عن تردد الإشارة المرسلة. وتسمى هذه الظاهرة إزاحة دوبلر. فإذا كان الجسم متحركًا نحو الرادار كان تردد الموجة المستقبلة أكبر من تردد الموجة المرسلة. ما مقدار سرعة الجسم المتحرك إذا كان تردد الموجة المرسلة 10.525 GHz وكان للموجة المستقبلة إزاحة دوبلر مقدارها 1850 Hz؟

$$v_{\text{هدف}} = c\frac{f_{\text{دوبلر}}}{2f_{\text{بث}}}$$

حيث $v_{\text{هدف}}$: سرعة الهدف (m /s)

c سرعة الضوء (m /s)

$f_{\text{دوبلر}}$: إزاحة تردد دوبلر (Hz)

$f_{\text{بث}}$: تردد الموجة المرسلة (Hz)

62. **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؟
63. **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 0.10mm، ويجب أن تُسرّع الجزيئات بتطبيق فرق جهد 5000 V على الأقل؛ حتى يتم الكشف عنها، فما قيم كل من V، B، r التي يجب أن تكون لجهازك؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 98 4/8/19 2:21 PM

موقع
حلول كتبي

الكتابة في الفيزياء

64. اكتب تقريرًا في صفحة أو صفحتين تَبيّن 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 المتعدد الأغراض. يجب أن يحوي تقريرك مخططات وأشكالًا.

مراجعة تراكمية

65. سلك طوله 440 cm يحمل تيارًا مقداره 7.7 A عموديًّا على مجال مغناطيسي. فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك 0.55N، فما مقدار المجال المغناطيسي؟

66. 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؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 99 4/8/19 2:21 PM

موقع حلول كتبي

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. عندما يتحرك جسيم مشحون في مسار دائري فإن:

(A) القوة المغناطيسية تكون موازية للسرعة المتجهة، وموجهة نحو مركز المسار الدائري .

(B) القوة المغناطيسية قد تكون متعامدة مع السرعة المتجهة وموجهة بعيدًا عن مركز المسار الدائري.

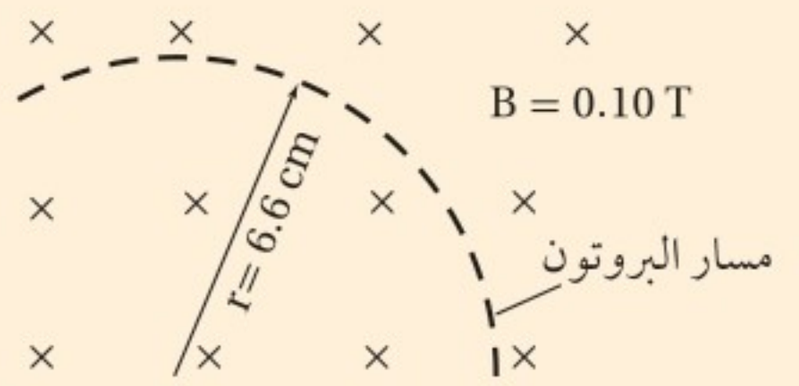
(C) القوة المغناطيسية تكون دائمًا موازية للسرعة المتجهة وموجهة بعيدًا عن مركز المسار الدائري.

(D) القوة المغناطيسية تكون دائمًا عمودية على السرعة المتجهة وموجهة نحو مركز المسار الدائري.

2. إذا كان نصف قطر مسار حركة بروتون يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.10T يساوي 6.6 cm فما مقدار السرعة المتجهة للبروتون؟

(A) 6.3×10^{5}m/s (C) 6.3×10^{7}m/s

(B) 2.0×10^{6} m /s (D) 2.0×10^{12} m/s



3. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للميكا 5.4، فما مقدار سرعة الضوء في الميكا؟

(A) 3.2×10^{3} m /s (C) 5.6×10^{7} m /s

(B) 9.4×10^{4} m /s (D) 1.3×10^{8} m /s

4. تبث محطة راديوية موجاتها بطول موجي 2.87m ما مقدار تردد هذه الموجات؟

(A) 9.57×10^{-9} Hz (C) 1.04×10^{8} Hz

(B) 3.48×10^{-1} Hz (D) 3.00×10^{8} Hz

5. في أي الحالات الآتية لا تتولد موجة كهرومغناطيسية؟

(A) فولتية تيار مستمر DC يطبق على بلورة كوارتز لها خاصية الكهرباء الإجهادية.

(B) تيار يمر في سلك داخل أنبوب بلاستيكي.

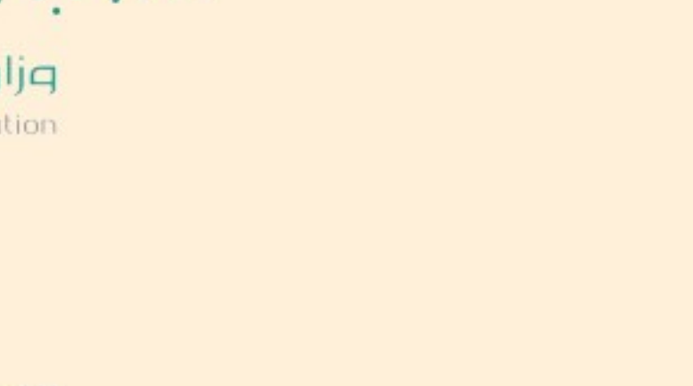
(C) تيار يمر في دائرة ملف ومكثف يعد تجويفًا رنانًا في حجم الجزيء.

(D) إلكترونات ذات طاقة كبيرة تصطدم بالهدف الفلزي في أنبوب أشعة سينية.

6. تتحرك حزمة بروتونات عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.45 T في مسار دائري نصف قطره 0.52m، فإذا كانت كتلة كل بروتون تساوي 1.67×10^{-27}kg فما مقدار سرعة البروتونات المكونة للحزمة؟

(A) 1.2 m /s (C) 2.2×10^{7} m /s

(B) 4.7×10^{3} m /s (D) 5.8×10^{8} m /s



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 100 4/8/19 2:21 PM

موقع
حلول كتبي

الأسئلة الممتدة

7. يتحرك ديوترون (نواة الديتيريوم) كتلته 3.34×10^{-27} kg وشحنته $+e$. في مسار دائري نصف قطره 0.0400m داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.50T ، ما مقدار سرعته؟

✓ إرشاد

راقب الكلمات البسيطة والصغيرة

ضع خطًّا تحت كلمات مثل: مطلقًا، دائمًا، على الأقل، لا، ما عدا – عندما تجدها في الأسئلة؛ إذ تؤثر هذه الكلمات الصغيرة في معنى السؤال كثيرًا.

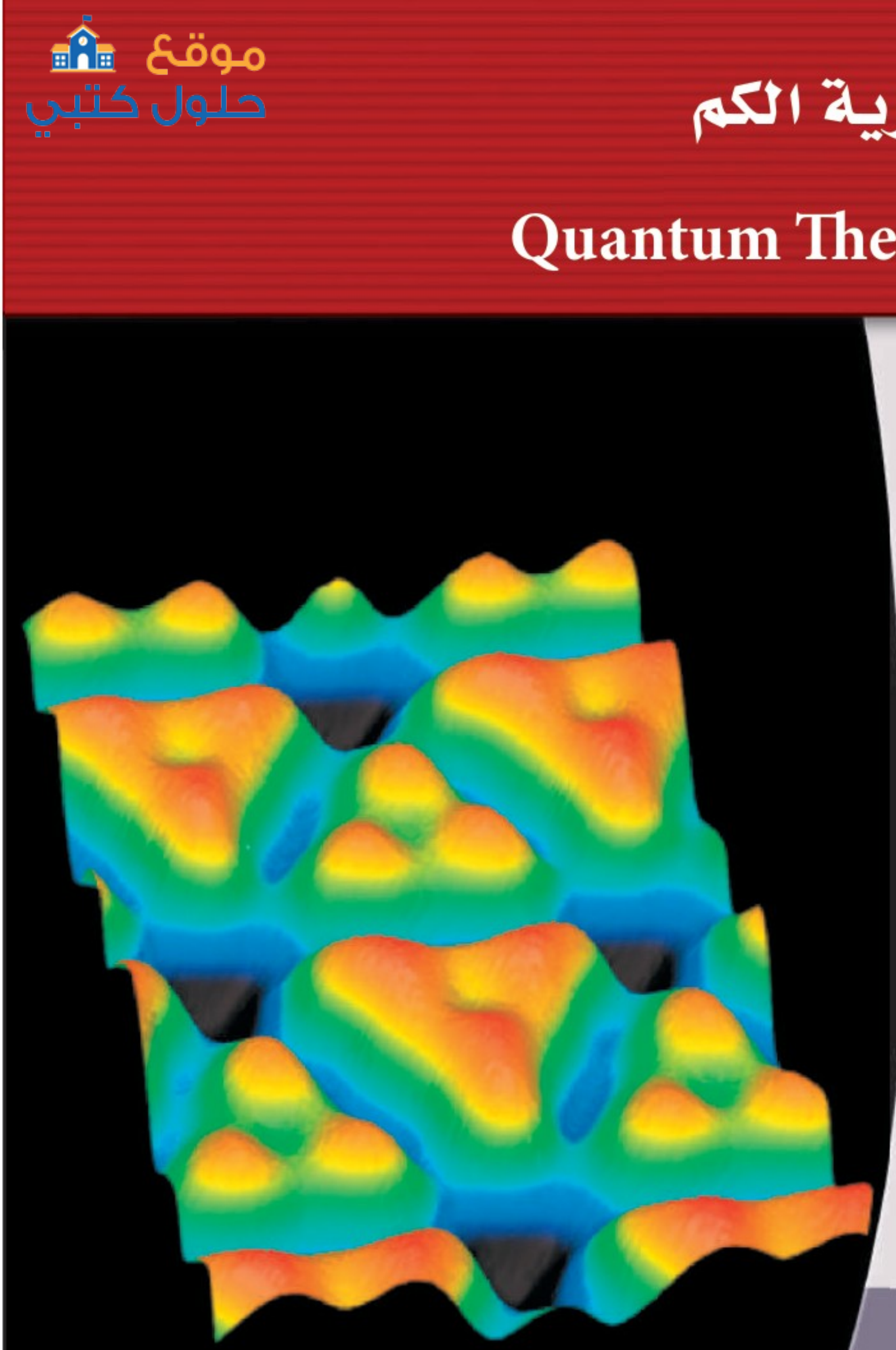
وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 101 4/8/19 2:21 PM

موقع
حلول كتبي

الفصل 4

نظرية الكم
Quantum Theory



ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- معرفة أن الضوء يسلك سلوك الجسيمات التي لها زخم وطاقة.
- معرفة أن الجسيمات المادية الصغيرة تسلك سلوك الموجات؛ فيحدث لها حيود وتداخل.

الأهمية

تُزوِّدنا نظرية الكم بمبدأ عمل جهاز مهم، وهو المجهر الأنبوبي الماسح (STM) Sanning Tunneling Microscop؛ حيث يعدّ هذا الجهاز ضروريًّا جدًّا للباحثين المهتمين بدراسة الحمض النووي DNA، وميكانيكية التفاعل الكيميائي، ويستخدم أيضًا في تطوير أجهزة الحاسوب الأصغر حجمًا والأكبر سرعة.

صور على المستوى الذري يمكن مشاهدة نوعين من ذرات السليكون، يظهران باللونين الأحمر والأزرق في صورة السليكون التي نحصل عليها باستخدام جهاز STM.

فكِّر

استُخدم المجهر الأنبوبي الماسح للحصول على هذه الصورة لسطح السليكون. وهو يستخدم مقدرة الإلكترونات على القفز عبر حاجز. كيف تحدث عملية القفز هذه التي تعدّ مستحيلة وفق قانون حفظ الطاقة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي
www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

ماذا يشبه طيف المصباح الكهربائي المتوهّج؟

سؤال التجربة ما ألوان الضوء المرئي المنبعثة من مصباح كهربائي متوهج وساطع؟

الخطوات

1. ثبت المصباح الكهربائي المتوهج في قاعدته.
2. صل المصباح مع مصدر جهد كهربائي يمكن التحكم فيه بمفتاح تحكم، وأضئ المصباح بحيث يصدر ضوءًا خافتاً. **تحذير: تجنب لمس المصباح المتوهج؛ لأنه يؤدي إلى إحداث حروق عندما يكون ساخنًا.**
3. أطفئ المصابيح الأخرى في الغرفة أو اجعل إضاءتها خافتة.
4. قف على بُعد 1–2 m من المصباح الكهربائي، وأمسك بمحزوز حيود هولوجرافي؛ بحيث يكون قريبًا من عينك، وشاهد المصباح من خلاله. **تحذير: لا تنظر مباشرة إلى المصباح الكهربائي الساطع دون استخدام محزوز الحيود؛ لأن ذلك يؤدي إلى إلحاق الأذى بقدرتك على الرؤية.**
5. **أنشئ رسومًا توضيحية علمية واستخدمها** استعمل أقلام رصاص ملونة لعمل رسم توضيحي لما تشاهده.
6. أدِرْ مفتاح التحكم لزيادة سطوع المصباح الكهربائي إلى حدّه الأقصى.
7. **أنشئ رسومًا توضيحية علمية واستخدمها** استعمل أقلام رصاص ملونة لعمل رسم توضيحي لما تشاهده.

التحليل

صف الطيف المنبعث من المصباح الكهربائي. هل هو متصل أم سلسلة من الخطوط الملونة والمميّزة؟ صف كيف يتغير الطيف المشاهد عندما يزداد سطوع المصباح؟

التفكير الناقد ما مصدر الضوء المنبعث من المصباح؟ ماذا يحدث لدرجة حرارة فتيلة المصباح عندما يزداد سطوع المصباح الكهربائي؟

1–4 النموذج الجسيمي للموجات A Particle Model of Waves

آثبت هينرش هرتز صحة نظرية الموجات الكهرومغناطيسية للعالم ماكسويل، والتي درستها من قبل، من خلال تجاربه التي أجراها عام 1889م. واعتُبر الضوء بعد ذلك موجات كهرومغناطيسية. وبدا أن جميع الظواهر البصرية – ومنها التداخل والحيود والاستقطاب – قابلة للتفسير باستخدام نظرية الموجات الكهرومغناطيسية.

ورغم ذلك بقيت بعض المشكلات لدى الفيزيائيين بحاجة إلى حل؛ لأن ما أشارت إليه نظرية ماكسويل – أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية محضة – لم يستطع تفسير بعض الظواهر المهمة الأخرى. وتتعلق هذه المشكلات عمومًا بعملية امتصاص أو انبعاث الإشعاع الكهرومغناطيسي. ومن هذه المشكلات: الطيف المنبعث من جسم ساخن، وتحرير الجسيمات المشحونة كهربائيا من سطح فلزي عند سقوط أشعة فوق بنفسجية عليه. وسوف تتعلم في هذا الفصل أن هاتين الظاهرتين يمكن تفسيرهما عندما تدرك أن الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص جسيمية إضافة إلى خصائصها الموجية.

الأهداف

- **تصف** الطيف المنبعث من جسم ساخن.
- **تفسر** التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون.
- **تحل** مسائل تتضمن التأثير الكهروضوئي.

المفردات

طيف انبعاث
مكمّاة
تردد العتبة
التأثير الكهروضوئي (الانبعاث الكهروضوئي)
الفوتون
دالة (اقتران) الشغل
تأثير كومبتون

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 103 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

الإشعاع من الأجسام المتوهجة

Radiation from Incandescent Bodies

لماذا حيّر الإشعاع المنبعث من الجسم الساخن الفيزيائيين؟ لاحظ أنه يجب التعامل مع المشكلة من حيث شدة الإشعاع المنبعث - كمية الطاقة الإشعاعية التي تسقط عموديًا على وحدة المساحات خلال ثانية، وتقاس بوحدة W/m^2- وتردده عند درجات حرارة مختلفة. لم تستطع نظرية الموجات الكهرومغناطيسية لماكسويل تفسير الإشعاعات المشاهدة المنبعثة من الأجسام الساخنة. إذن فما طبيعة الإشعاع المُنبعث من الأجسام الساخنة؟

عندما يستخدم مفتاح التحكم لزيادة الجهد المطبّق على المصباح فإن درجة حرارة الفتيلة المتوهجة تزداد. ونتيجة لذلك فإن اللون يتغير من الأحمر الداكن إلى البرتقالي، ثم إلى الأصفر وأخيرًا إلى الأبيض. ويحدث تغير اللون هذا لأن الفتيلة ذات درجة الحرارة الأعلى تبعث إشعاعًا بتردد أعلى. إن الإشعاع ذا التردد الأعلى يَنتج عن التردد الأعلى للطيف المرئي (اللون البنفسجي)، وهذا يؤدي إلى أن تظهر الفتيلة بيضاء.

ويسمى الرسم البياني لشدة الضوء المنبعث من جسم ساخن على مدى من الترددات **طيف الانبعاث**. ويوضح **الشكل 1–4** أطياف الانبعاث لجسم متوهج عند درجات الحرارة 4000 k و 5800 k و8000 K. لاحظ أنه عند كل درجة حرارة هناك تردد تنبعث عنده كمية عظمى من الطاقة. وإذا قارنت موقع قمة كل منحنى فستلاحظ أنه كلما ازدادت درجة الحرارة فإن التردد الذي تنبعث عنده الكمية العظمى من الطاقة يزداد أيضًا.

إن القدرة الكلية المنبعثة من جسم ساخن تزداد أيضًا بازدياد درجة حرارته. تتناسب القدرة (الطاقة المنبعثة في كل ثانية) للموجات الكهرومغناطيسية طرديًّا مع درجة حرارة الجسم الساخن بوحدة كلفن مرفوعة للقوة الرابعة؛ أي $P \propto T^4$، لذا تشع الأجسام الأسخن قدرة أكبر مقارنة بالأجسام الأبرد. وتعد الشمس من أكثر الأمثلة شيوعًا على الأجسام الساخنة التي تشع كمية كبيرة من الطاقة. وهي كرة كثيفة من الغازات سخنت حتى توهّجت؛ وذلك بسبب الطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية فيها.

تجربة

السطوع في الظلام

أسدِل الستائر، وأطفئ المصابيح في الغرفة، ثم سلِّط ضوء مصباح يدوي على إناء مختبري يحتوي على مادة الفلوريسين. ضع الآن مرشّح ضوء أحمر على المصباح اليدوي لكي يسقط ضوء أحمر فقط على الإناء.

1. **صف** النتائج.
2. توقع كيف تتأثر النتائج عند استعمال مرشّح ضوء أخضر بدلاً من المرشّح الأحمر؟
3. اختبر توقعاتك.
4. فسّر النتائج.
5. توقع ما إذا كان الفلوريسين سيتوهج عند استعمال مرشح ضوء أزرق مع ذكر تفسير لتوقعك.
6. **اختبر** توقعاتك.

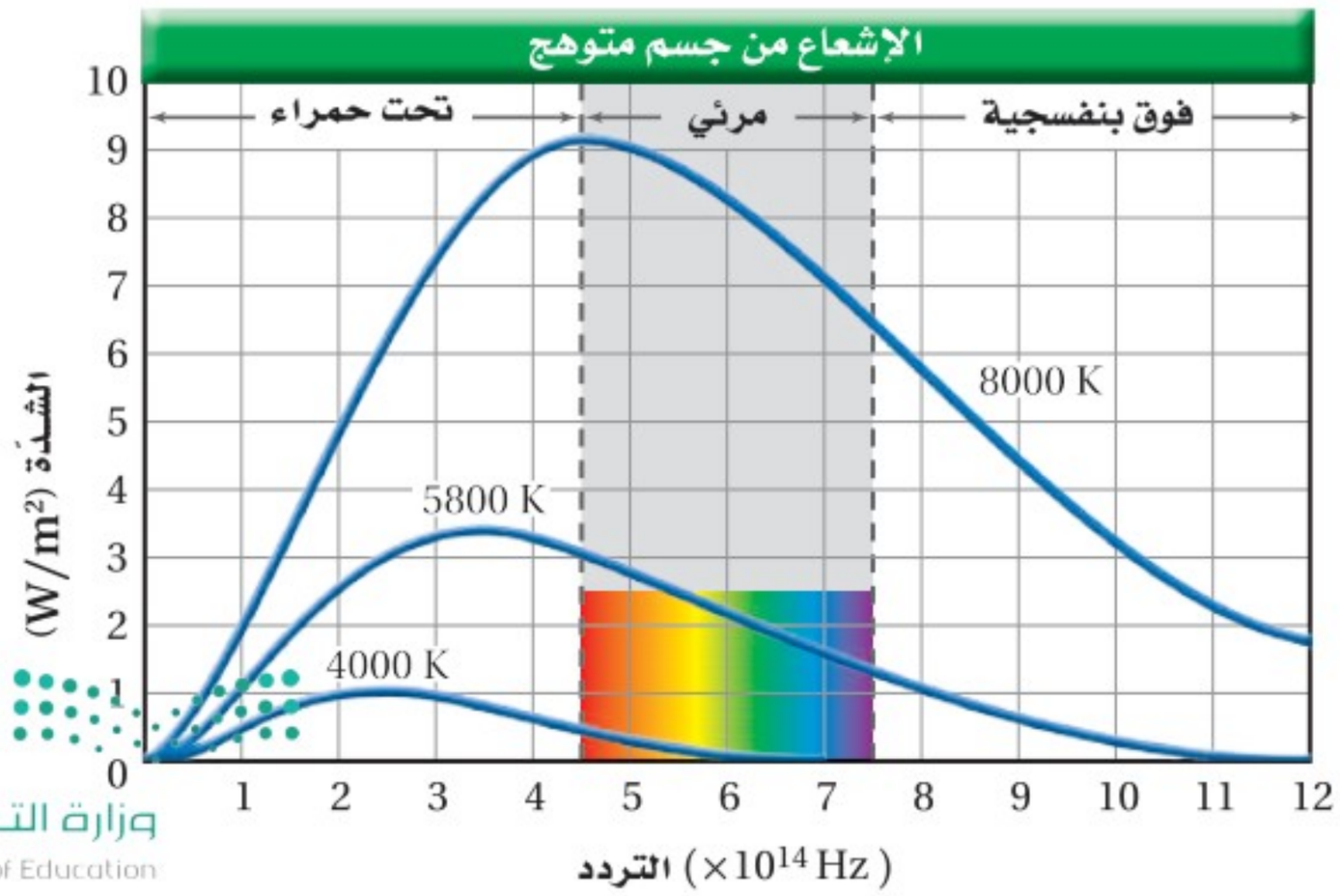
التحليل والاستنتاج

7. **اكتب** تفسيرًا مختصرًا، تلخّص وتوضح فيه مشاهداتك.

تجربة عملية

ما العلاقة بين لون الضوء المنبعث من دايود مشع للضوء والهبوط في الجهد خلاله؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين



■ **الشكل 1–4** يوضح الرسم البياني أطياف الانبعاث لجسم متوهج عند ثلاث درجات حرارة مختلفة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 104 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

تكمن مشكلة النظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل في أنها غير قادرة على تفسير شكل الطيف الموضّح في **الشكل 1–4**. وقد حاول كثير من الفيزيائيين خلال الفترة بين 1887 و 1900م تفسير شكل هذا الطيف باستخدام النظريات الفيزيائية الكلاسيكية التي كانت موجودة آنذاك، ولكنها فشلت جميعًا. وفي عام 1900م وجد الفيزيائي الألماني ماكس بلانك أن باستطاعته حساب الطيف اعتمادًا على فرضية ثورية قدّمها تنص على أن الذرات غير قادرة على تغيير طاقتها بشكل مستمر. وافترض بلانك أن طاقة اهتزاز الذرات في الجسم الصلب لها ترددات محددة فقط، كما هو موضح في المعادلة التالية:

طاقة الاهتزاز $E = nhf$

طاقة الذرة المهتزة تساوي حاصل ضرب عدد صحيح في ثابت بلانك وفي تردد الاهتزاز.

في المعادلة أعلاه، يمثل f تردد اهتزاز الذرة، وh ثابت بلانك ومقداره $6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz}$، و n عدد صحيح مثل ... 0,1,2,3.

$$n = 0:\ E = (0)\ hf = 0$$
$$n = 1:\ E = (1)\ hf = hf$$
$$n = 2:\ E = (2)\ hf = 2\ hf$$
$$n = 3:\ E = (3)\ hf = 3\ hf \quad \text{وهكذا}$$

لذا فإن الطاقة E يمكن أن يكون لها المقادير hf و $2\ hf$ و $3hf$... وهكذا، ولكن لن يكون لها المقدار $\frac{2}{3}hf$ أو $\frac{3}{4}hf$. أي أن الطاقة **مكمّاة**، أي أنها توجد فقط على شكل حزم أو كميات معينة. ويُقرّب الثابت h عادة إلى $6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}$ لتبسيط إجراء الحسابات.

واقترح بلانك أيضًا أن الذرات لا تشع دائمًا موجات كهرومغناطيسية عندما تكون في حالة اهتزاز، كما توقع ماكسويل، وبدلاً من ذلك اقترح بلانك أن الذرات تبعث إشعاعًا فقط عندما تتغير طاقة اهتزازها. فإذا تغيرت طاقة اهتزاز ذرة مثلاً من $3\ hf$ إلى $2\ hf$ فإن الذرة تبعث إشعاعًا. والطاقة المنبعثة تساوي التغير في طاقة اهتزاز الذرة، وهي تساوي hf في هذه الحالة.

وجد بلانك أن الثابت h له قيمة صغيرة جدًّا، وهذا يعني أن مراحل تغير الطاقة صغيرة جدًّا بحيث لا يمكن ملاحظتها في الأجسام العادية. وبقي تقديم مفهوم تكمية الطاقة يمثل مشكلة كبيرة للفيزيائيين، وخصوصًا لبلانك نفسه. وكانت هذه أول إشارة إلى أن الفيزياء الكلاسيكية لنيوتن وماكسويل قد تكون صحيحة تحت ظروف خاصة فقط.

درجة حرارة الكون

الكون مليء بالإشعاع الذي بعثه عندما كان جسمًا ساخنًا جدًّا. وفي الوقت الحالي، طيف الانبعاث للكون مماثل لطيف الانبعاث لجسم درجة حرارته 2.7 K، وهو بهذا يعدّ باردًا جدًّا. وكما تعلم فإن 0 K تمثل أقل درجة حرارة ممكنة في مقياس كلفن وتسمى الصفر المطلق.

رموز الكتب

يرمز لكمية التردد Frequency في كتاب الكيمياء بالرمز ν (نيو) وبالرمز f في كتاب الفيزياء؛ وكلاهما صحيحان ويعبران عن نفس الكمية.

فاز ماكس بلانك بجائزة نوبل في الفيزياء لعام 1918م، لنظريته الكمية.

موقع حلول كتبي

التأثير الكهروضوئي The Photoelectric Effect

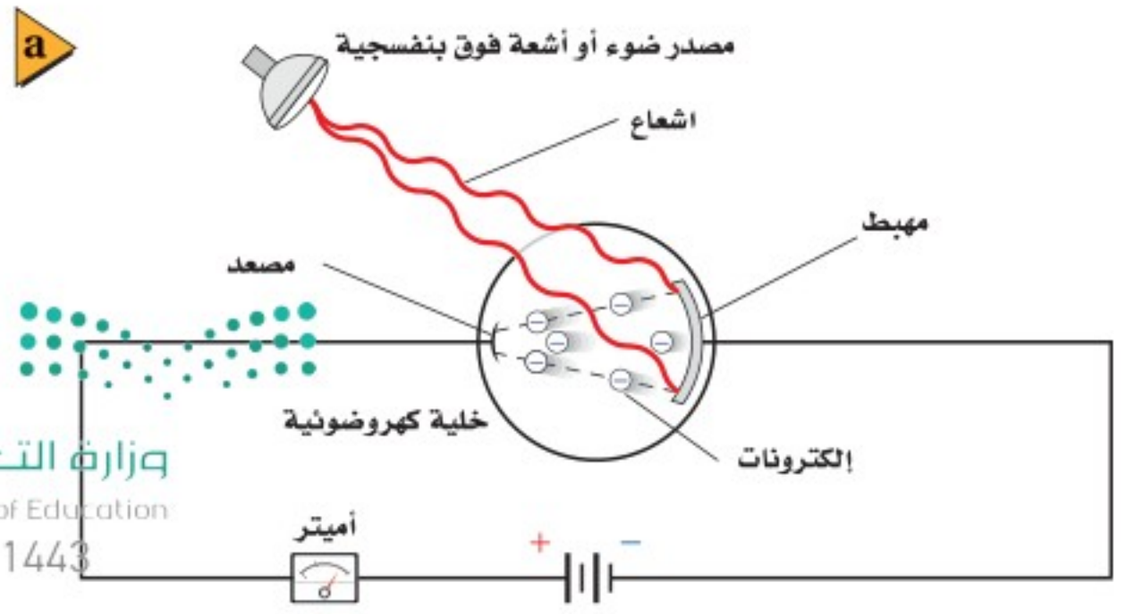
واجه الفيزيائيون في بداية القرن العشرين أيضًا بعض التحديات المتعلقة ببعض النتائج العملية التي لا يمكن تفسيرها من خلال النظرية الموجية لماكسويل؛ حيث لوحظ أنه عند سقوط أشعة فوق بنفسجية على لوح زنك مشحون بشحنة سالبة فإنه يفقد شحنته. أما عند سقوط ضوء مرئي عادي على اللوح المشحون نفسه فإنه لا يفقد شحنته. وهذ النتيجة مناقضة للنظرية الكهرومغناطيسية؛ حيث إن كلًّا من الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي يتكونان من إشعاع كهرومغناطيسي، فلماذا إذن يفقد لوح الزنك شحنته بأحدهما ولا يفقدها بالآخر؟ ولماذا لا يفقد لوح الزنك الموجب الشحنة شحنته بطريقة مماثلة؟ وقد بيّنت دراسات إضافية أن لوح الزنك السالب الشحنة يفقد شحنته نتيجة انبعاث أو فقد إلكترونات. ويسمى انبعاث إلكترونات عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي على جسم **التأثير الكهروضوئي**.

يمكن دراسة التأثير الكهروضوئي باستخدام خلية ضوئية، كتلك الموضحة في **الشكل 2–4**؛ حيث تحتوي الخلية على قطبين كهربائيين فلزيين في أنبوب مفرغ من الهواء ومحكم الإغلاق. والهدف من الأنبوب المفرغ هو منع تأكسد سطوح الفلزين، ومنع الإلكترونات من التباطؤ أو التوقف نتيجة تفاعلها مع الجسيمات الموجودة في الهواء. وعادة يطلى القطب الأكبر (المهبط) بمادة السيزيوم، أو أي فلز قلوي آخر، في حين يصنع القطب الأصغر (المصعد) من سلك رفيع؛ لكي يحجب كمية قليلة فقط من الإشعاع. ويصنع الأنبوب عادة من الكوارتز؛ لكي يسمح للأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية بالنفاذ من خلاله. ويؤدي تطبيق فرق جهد على القطبين إلى جذب الإلكترونات في اتجاه المصعد.

لا يسري تيار في الدائرة الكهربائية إذا لم يسقط إشعاع مناسب على المهبط، لكن عندما يسقط الإشعاع عليه ينتج تيار كهربائيّ يتم قياسه بجهاز الأميتر، كما هو موضح في **الشكل 2–4**. وينتج هذا التيار لأن التأثير الكهروضوئي أدّى إلى تحرير إلكترونات – تسمى الإلكترونات الضوئية – من المهبط، وتدفق الإلكترونات هذا عبارة عن تيار كهربائي في الدائرة؛ حيث تتدفق الإلكترونات في اتجاه المصعد (القطب الموجب).

تردد العتبة ليس كل إشعاع يسقط على المهبط يولد تيارًا كهربائيًا؛ فالإلكترونات تنبعث من المهبط فقط عندما يكون تردد الإشعاع الساقط أكبر من قيمة صغرى معينة، تسمى **تردد العتبة** f_0. ويتغير تردد العتبة بتغير نوع الفلز. فمثلاً تُحرر كل الأطوال الموجية للضوء المرئي – ما عدا الضوء الأحمر – إلكترونات من السيزيوم، بينما لا يُحرر أي طول موجي للضوء المرئي إلكترونات من الزنك؛ حيث إننا نحتاج إلى الأشعة فوق البنفسجية ذات التردد العالي لحدوث التأثير الكهروضوئي في الزنك.

الشكل 2–4 في الخلية الضوئية الموضحة، تتدفق الإلكترونات المحررة من المهبط إلى المصعد، ومن ثم تكتمل الدائرة الكهربائية، ويتولد تيار كهربائيّ (**a**). يعمل مقياس الضوء اليدوي بسبب التأثير الكهروضوئي، ويستخدمه مصورو الفوتوجرافيا لقياس مستويات الضوء (**b**).



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 106 4/8/19 2:22 PM

موقع
حلول كتبي

يكون الإشعاع الساقط على فلز غير قادر على تحرير إلكترونات منه مهما كانت شدة هذا الإشعاع إذا كان تردده أقل من f_0. في حين يؤدي سقوط إشعاع شدته قليلة جدًّا وتردده مساوٍ أو أكبر من تردد العتبة إلى تحرير إلكترونات من الفلز مباشرة. عندما يكون تردد الإشعاع الساقط مساويًا أو أكبر من تردد العتبة فإن زيادة شدة هذا الإشعاع تؤدي إلى زيادة تدفق الإلكترونات الضوئية.

كيف تفسّر نظرية الموجات الكهرومغناطيسية التأثير الكهروضوئي؟ إنها غير قادرة على ذلك؛ فبناءً على نظرية الموجات الكهرومغناطيسية فإن المجال الكهربائي يحرر الإلكترونات من الفلز ويسرّعها، وترتبط شدة المجال الكهربائي مع شدة الإشعاع (لا مع تردده). ولذلك فإن الإلكترونات في الفلز يمكن أن تمتص طاقة من مصدر ضوء خافت فترة زمنية طويلة جدًّا لتكتسب طاقة كافية لتحررها. لكن كما درست قبل قليل فإن ما يحدث غير ذلك؛ حيث تبين المشاهدات أن الإلكترونات تنطلق مباشرة حتى عندما يسقط على الفلز إشعاع ذو شدة منخفضة وتردده مساوٍ أو أكبر من تردد العتبة.

الفوتونات وتكمية الطاقة نشر العالم أينشتاين في عام 1905م نظرية جريئة تفسر التأثير الكهروضوئي. وبناءً على نظرية أينشتاين، يتكون الضوء والأشكال الأخرى من الإشعاع الكهرومغناطيسي من حزم مكمّاة ومنفصلة من الطاقة، سُمّي كل منها فيما بعد **فوتون**. وتعتمد طاقة الفوتون على تردده.

طاقة الفوتون $E = hf$

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الفوتون.

في المعادلة أعلاه تمثل f التردد بوحدة Hz، و h ثابت بلانك. ولأن $\text{Hz} = 1/\text{s}$ فإن وحدة J /Hz لثابت بلانك مكافئة أيضًا للكمية J.s. ولأن وحدة الجول وحدة طاقة كبيرة جدًّا لاستخدامها في الأنظمة ذات الحجم الذري، لذا فالوحدة الأكثر شيوعًا للطاقة هي وحدة الإلكترون فولت (eV). وكل إلكترون فولت يساوي طاقة إلكترون يتسارع عبر فرق جهد مقداره فولت واحد.

$$1\,\text{eV} = (1.60\times10^{-19}\,\text{C})(1\,\text{V})$$

$$= 1.60\times10^{-19}\,\text{C.V}$$

$$= 1.60\times10^{-19}\,\text{J}$$

يسمح استخدام تعريف الإلكترون فولت بإعادة كتابة معادلة طاقة الفوتون في شكل مبسّط، كما هو موضح أدناه.

طاقة الفوتون $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240\ \text{eV.nm})}{\lambda}$

تساوي طاقة الفوتون حاصل قسمة 1240 eV.nm على الطول الموجي للفوتون.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 107 4/8/19 2:22 PM

موقع
حلول كتبي

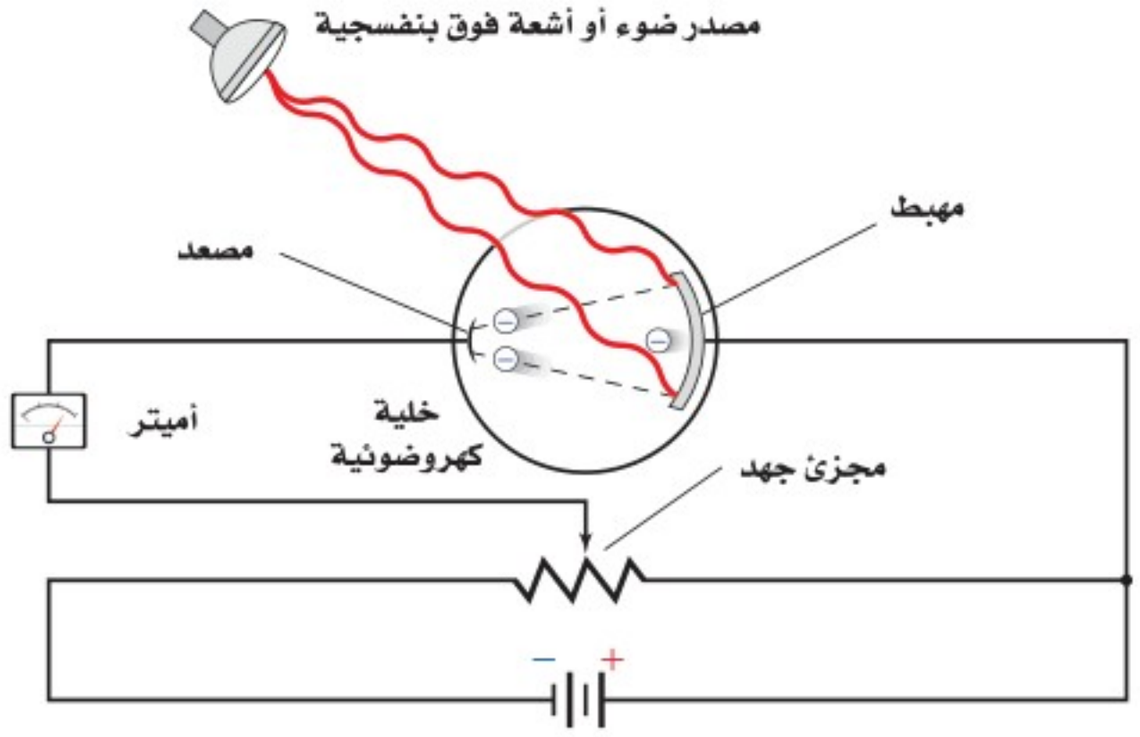
من المهم ملاحظة أن نظرية أينشتاين للفوتون أشمل وأعم من نظرية بلانك للإشعاع المنبعث من الأجسام الساخنة. فبينما توقع بلانك أن الذرات المهتزة تبعث إشعاعًا كهرومغناطيسيًّا بطاقة تساوي nhf، فإنه لم يتوقع أن الضوء والأشكال الأخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي تسلك سلوك الجسيمات. أما نظرية أينشتاين للفوتون فتعيد تفسير نظرية بلانك للإشعاع المنبعث من الأجسام الساخنة وتوسعها.

تستطيع نظرية أينشتاين للتأثير الكهروضوئي تفسير وجود تردد العتبة كما يلي: يلزم فوتون له أقل تردد f_0، وأقل طاقة hf_0، ليحرر إلكترونًا من فلز. أما إذا كان تردد الفوتون الساقط أقل من f_0 فلن يكون له الطاقة الكافية لتحرير الإلكترون. ولأن فوتونًا واحدًا فقط يتفاعل مع إلكترون واحد فإن الإلكترون لا يستطيع تجميع طاقة فوتونات ترددتها أقل من تردد العتبة حتى يكون له الطاقة الكافية اللازمة لتحريره. أما الإشعاع الذي تردده أكبر من f_0 فإن له طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون؛ فتتحول هذه الطاقة الزائدة $hf - hf_0$ إلى طاقة حركية للإلكترونات المتحررة.

الطاقة الحركية لإلكترون كهروضوئي $KE = hf - hf_0$

الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر تساوي الفرق بين طاقة الفوتون الساقط hf والطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون من الفلز hf_0.

الشكل 3–4 يمكن قياس الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من المهبط باستخدام هذا الجهاز؛ حيث يقيس الأميتر التيار المار في الدائرة. وبتعديل مجزئ الجهد يمكن للشخص الذي يجري التجربة تحديد فرق الجهد الذي يصبح عنده التيار المار في الدائرة صفرًا. عندها يمكن قياس الطاقة الحركية العظمى الممكنة للإلكترونات المتحررة.



اختبار النظرية الكهروضوئية كيف يمكن اختبار نظرية أينشتاين؟ يمكن قياس الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بطريقة غير مباشرة بواسطة جهاز خاص بذلك، كالموضح في **الشكل 3–4**. يستخدم فرق جهد كهربائي متغير لتعديل فرق الجهد المطبق عبر الأنبوب. عندما يعدل فرق الجهد لجعل المصعد سالبًا فإن الإلكترونات المتحررة تخسر طاقة للوصول إلى المصعد. وسيصل إليه فقط الإلكترونات المتحررة من المهبط ذات الطاقة الحركية الكافية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 108 4/8/19 2:22 PM

موقع
حلول كتبي

وكما هو موضح في **الشكل 3–4**، يتم اختيار ضوء بتردد معين لإضاءة المهبط. يقوم الشخص الذي يجري التجربة بزيادة فرق الجهد المعاكس تدريجيًّا، بحيث يجعل المصعد أكثر سالبية. وكلما ازداد فرق الجهد المعاكس، لزمت طاقة حركية أكبر للإلكترونات للوصول إلى المصعد، لذا يصل إليه عدد أقل من الإلكترونات لتكمل الدائرة. وعند فرق جهد معين يسمى جهد الإيقاف أو القطع، لن تكون هنالك إلكترونات لها طاقة حركية كافية للوصول إلى المصعد، وعندها يتوقف سريان التيار.

عند جهد الإيقاف تكون الطاقة الحركية للإلكترونات عند المهبط مساوية للشغل المبذول من المجال الكهربائي لإيقافها. ويعبر عن هذا بالمعادلة: $KE = -qV_0$، حيث تمثل V_0 مقدار جهد الإيقاف بوحدة الفولت J /c، و q شحنة الإلكترون، وهي -1.60×10^{-19} C. لاحظ أن الإشارة السالبة في المعادلة والمقدار السالب للشحنة q ينتجان مقدارًا موجبًا للطاقة الحركية KE.

تطبيقات يستخدم التأثير الكهروضوئي في التطبيقات اليومية المختلفة. فالألواح الشمسية الموضحة في **الشكل 4–4** تَستخدم التأثير الكهروضوئي لتحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية. كما تحتوي فاتحات أبواب مواقف السيارات على حزم من الأشعة تحت الحمراء تنشئ تيارًا في المستقبِل من خلال التأثير الكهروضوئي. فإذا قُطعت حزمة الضوء هذه بجسم في أثناء إغلاق باب الموقف فإن التيار يتوقف في المستقبِل، مما يؤدي إلى فتح الباب. ويستخدم التأثير الكهروضوئي أيضًا في التحكم في إضاءة مصابيح الشوارع وإطفائها آليًّا؛ اعتمادًا على ما إذا كان الوقت نهارًا أو ليلاً.

الربط مع رؤية 2030

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

اقتصاد مزدهر

من أهداف الرؤية

٣.٢.٤ زيادة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة

■ **الشكل 4–4 من مشاريع الشركة السعودية للكهرباء ومدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية تركيب خلايا كهروضوئية تعتمد على الطاقة الشمسية في توليد الطاقة لمدرستين بالرياض بهدف إنتاج الطاقة النظيفة ضمن البرامج الهادفة إلى التوسع في مشاريع "الطاقة البديلة" لتوفير الوقود والمحافظة على البيئة.**

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

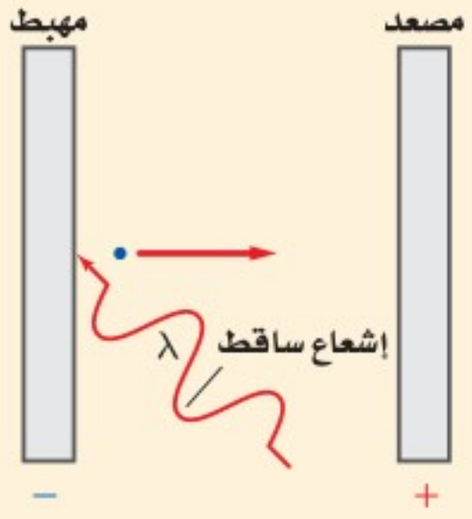
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 109 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

مثـــال 1

الطاقة الحركية لإلكترون ضوئي إذا كان جهد الإيقاف لخلية ضوئية معينة 4.0 V فما مقدار الطاقة الحركية التي يُكسبها الضوء الساقط للإلكترونات المتحررة؟ عبّر عن إجابتك بوحدتي الجول والإلكترون فولت.

1 تحليل المسألة ورسمها



- ارسم المهبط والمصعد والإشعاع الساقط واتجاه حركة الإلكترون المتحرر.

لاحظ أن جهد الإيقاف يحول دون تدفق الإلكترونات عبر الخلية الضوئية.

المعلوم	المجهول
$V_0 = 4.0\ V$	KE (بوحدة J و eV) =?
$q = -1.60\times10^{-19}\ C$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

يبذل المجال الكهربائي شغلاً على الإلكترونات. عندما يكون الشغل المبذول W يساوي سالب الطاقة الحركية الابتدائية KE فإن الإلكترونات لا تتدفق عبر الخلية الضوئية.

$KE + W = 0\ J$

حل المعادلة لحساب الطاقة الحركية KE.

$KE = -W$

بالتعويض عن $W = q\,V_0$

$= -q\,V_0$

بالتعويض عن $V_0 = 4.0\ V$، $q = -1.60\times10^{-19}\ C$

$= -(-1.60\times10^{-19}\ C)(4.0\ V)$

$= +6.4\times10^{-19}\ J$

دليل الرياضيات

الأرقام الصغيرة واستخدام الأسس السالبة ص 238 و 239.

حوّل وحدة قياس الطاقة الحركية من جول إلى إلكترون فولت

$KE = (+6.4\times10^{-19}\text{J})\left(\frac{1\ eV}{1.60\times10^{-19}\ J}\right)$

$= 4.0\ eV$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** الجول والإلكترون فولت كلاهما وحدات قياس للطاقة.
- **هل للإشارات معنى؟** الطاقة الحركية دائمًا موجبة.
- **هل الجواب منطقي؟** الطاقة بوحدة الإلكترون فولت تساوي في المقدار فرق جهد الإيقاف بوحدة فولت.

مسائل تدريبية

1. ما طاقة إلكترون بوحدة الجول إذا كانت طاقته 2.3 eV؟
2. إذا كانت سرعة إلكترون $6.2\times10^{6}\ m/s$ فما طاقته بوحدة eV؟
3. ما سرعة الإلكترون في المسألة 1؟
4. إذا كان جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 5.7 V فاحسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV.
5. يلزم جهد إيقاف مقداره 3.2 V لمنع سريان التيار الكهربائي في خلية ضوئية. احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة بوحدة الجول.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

مسألة تحفيز

افترض أن قطعة نقدية كتلتها 5.0 g معلقة بنابض تهتز إلى أعلى وإلى أسفل، وكانت السرعة القصوى لهذه القطعة في أثناء اهتزازها 1.0 cm /s. اعتبر أن قطعة النقد المهتزة تمثِّل الاهتزازات الكمية للإلكترونات في الذرة، حيث تعطى طاقة الاهتزازات بالمعادلة $E = nhf$.

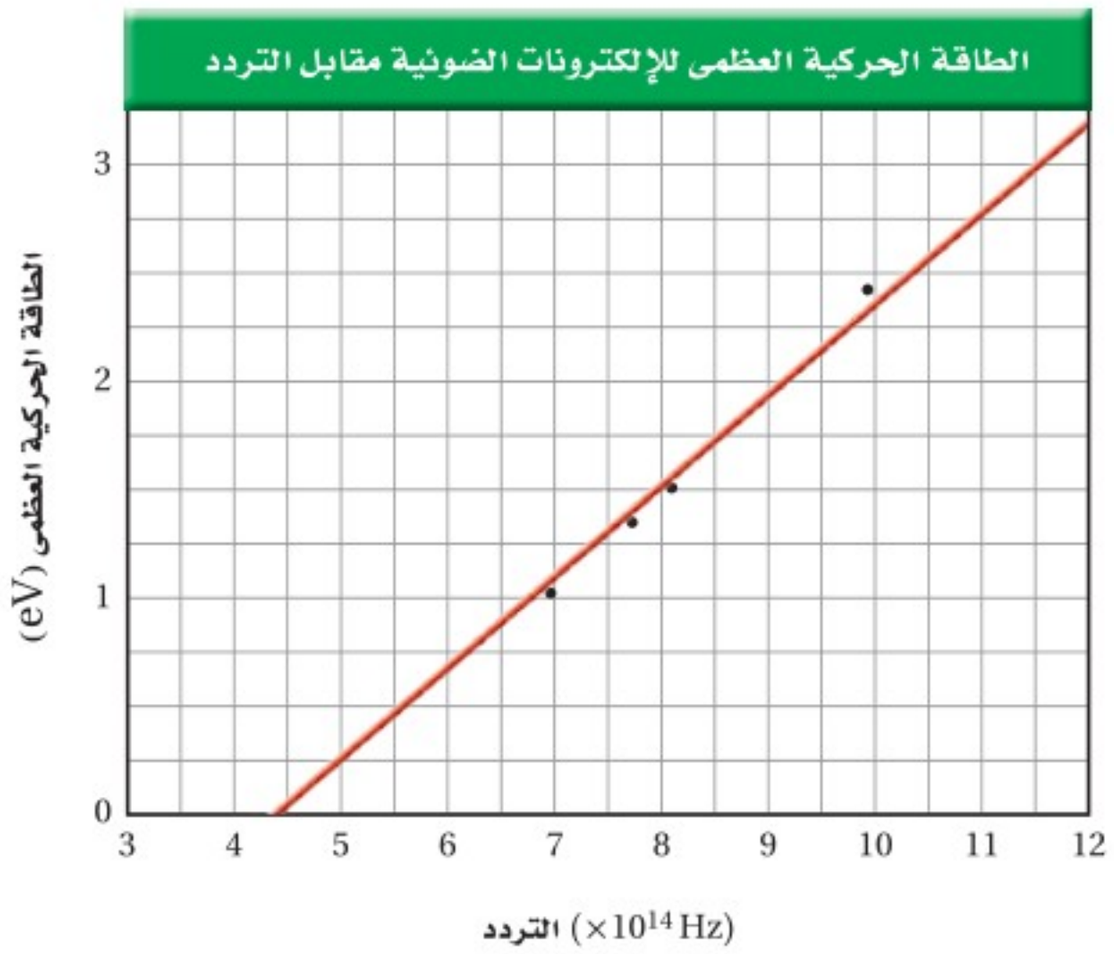
1. احسب الطاقة الحركية العظمى للجسم المهتز.
2. يبعث الجسم المهتز طاقة على شكل ضوء بتردد 5.0×10^{14} Hz إذا كانت هذه الطاقة تُبعث في مرحلة واحدة فاحسب الطاقة التي يفقدها الجسم.
3. حدد عدد المراحل التي ستقل فيها طاقة الجسم بمقادير متساوية حتى يفقد طاقته كلها.

تختلف الرسوم البيانية للفلزات المختلفة فقط في تردد العتبة اللازم لتحرير الإلكترونات. في **الشكل 5–4** تردد العتبة f_0 هو النقطة التي تكون عندها $KE = 0$. وفي هذه الحالة تقع f_0 على نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور x، ويساوي هنا 4.4×10^{14} Hz تقريبًا. ويرتبط تردد العتبة مع دالة الشغل (اقتران الشغل) للفلز. **دالة الشغل** لفلز هي الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطًا في الفلز، ومقدارها يساوي hf_0. وعندما يسقط فوتون تردده f_0 على فلز تكون طاقته كافية لتحرير الإلكترون فقط، دون تزويده بأي طاقة حركية.

فاز ألبرت أينشتاين بجائزة نوبل في الفيزياء لعام 1921م، لنظريته التي فسرت التأثير الكهروضوئي.

فاز روبرت مليكان بجائزة نوبل في الفيزياء لعام 1923م، لحسابه شحنة الإلكترون وأبحاثه في التأثير الكهروضوئي.

أجرى العالم الأمريكي روبرت ملّيكان بين عامي 1905 و 1916م مجموعة من التجارب الجيدة، حاول من خلالها أن يدحض النظرية الكهروضوئية لأينشتاين. ومع أن نتائج تجاربه أكدت صحة معادلة أينشتاين إلا أنه لم يقبل فكرة أينشتاين عن الفوتون.



الشكل 5–4 يوضح الرسم البياني أنه كلما زاد تردد الإشعاع الساقط ازدادت الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بشكل متناسب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 111 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

مثـــــال 2

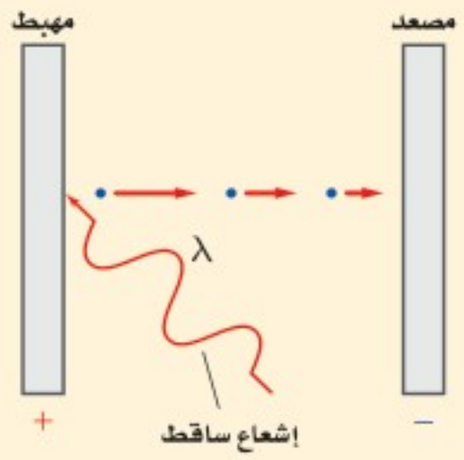
دالة الشغل والطاقة تستخدم خلية ضوئية مهبطًا من الصوديوم. فإذا كان طول موجة العتبة λ_0 لمهبط الصوديوم 536 nm:

a. فاحسب دالة الشغل للصوديوم بوحدة eV.

b. إذا سقط إشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 348 nm على الصوديوم فما طاقة الإلكترونات المتحررة بوحدة eV؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم المصعد والمهبط، والإشعاع الساقط، واتجاه الإلكترون المتحرر.



المعلوم	المجهول
$\lambda_0 = 536$ nm	W = ?
$hc = 1240$ eV.nm	KE = ?
$\lambda = 348$ nm	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. استخدم ثابت بلانك وطول موجة العتبة لإيجاد دالة الشغل.

$$W = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

بالتعويض $\lambda_0 = 536$ nm, $hc = 1240$ eV.nm

$$= \frac{1240 \text{ eV.nm}}{536 \text{ nm}} = 2.31 \text{ eV}$$

b. استخدم معادلة التأثير الكهروضوئي لأينشتاين لحساب طاقة الإشعاع الساقط.

$$E = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{\lambda}$$

بالتعويض $\lambda = 348$ nm

$$= \frac{1240 \text{ eV.nm}}{348 \text{ nm}} = 3.56 \text{ eV}$$

لحساب طاقة الإلكترون المتحرر اطرح دالة الشغل من طاقة الإشعاع الساقط.

$$KE = hf - hf_0 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$$

بالتعويض $W = \frac{hc}{\lambda_0}$، $E = \frac{hc}{\lambda}$

بالتعويض $E = 3.56$ eV، $W = 2.31$ eV

$$= E - W$$

$$= 3.56 \text{ eV} - 2.31 \text{ eV}$$

$$= 1.25 \text{ eV}$$

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المعنوية ص 230.

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** إجراء التحليل البعدي على الوحدات يؤكد أن وحدة eV هي الوحدة المناسبة للطاقة الحركية KE.
- **هل للإشارة معنى؟** الطاقة الحركية موجبة دائمًا.
- **هل الجواب منطقي؟** ينبغي أن تكون الطاقات مقادير قليلة من الإلكترون فولت.

مسائل تدريبية

6. احسب تردد العتبة للزنك بوحدة Hz ودالة الشغل بوحدة eV إذا كان طول موجة العتبة للزنك 310 nm.

7. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV للإلكترونات المتحررة من السيزيوم عندما يسقط عليه ضوء بنفسجي طوله الموجي 425 nm إذا كانت دالة الشغل له 1.96 eV؟

8. تتحرر من فلز إلكترونات بطاقات 3.5 eV عندما يضاء بإشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 193 nm. ما مقدار دالة الشغل لهذا الفلز؟

9. إذا كانت دالة الشغل لفلز 4.50 eV فما مقدار أكبر طول موجي للإشعاع الساقط عليه، بحيث يكون قادرًا على تحرير إلكترونات منه؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 112 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

تأثير كومبتون The Compton Effect

يُظهر التأثير الكهروضوئي أن للفوتون – رغم أنه ليس له كتلة – طاقة حركية، تمامًا كما للجسيمات. وفي عام 1916م اقترح أينشتاين أن الفوتون يجب أن يكون له خاصية جسيمية أخرى، هي الزخم. وبيّن أن زخم الفوتون يجب أن يساوي E /c. ولأن $E = hf$ و $f /c = 1 /\lambda$، فإن زخم الفوتون يعطى بالمعادلة:

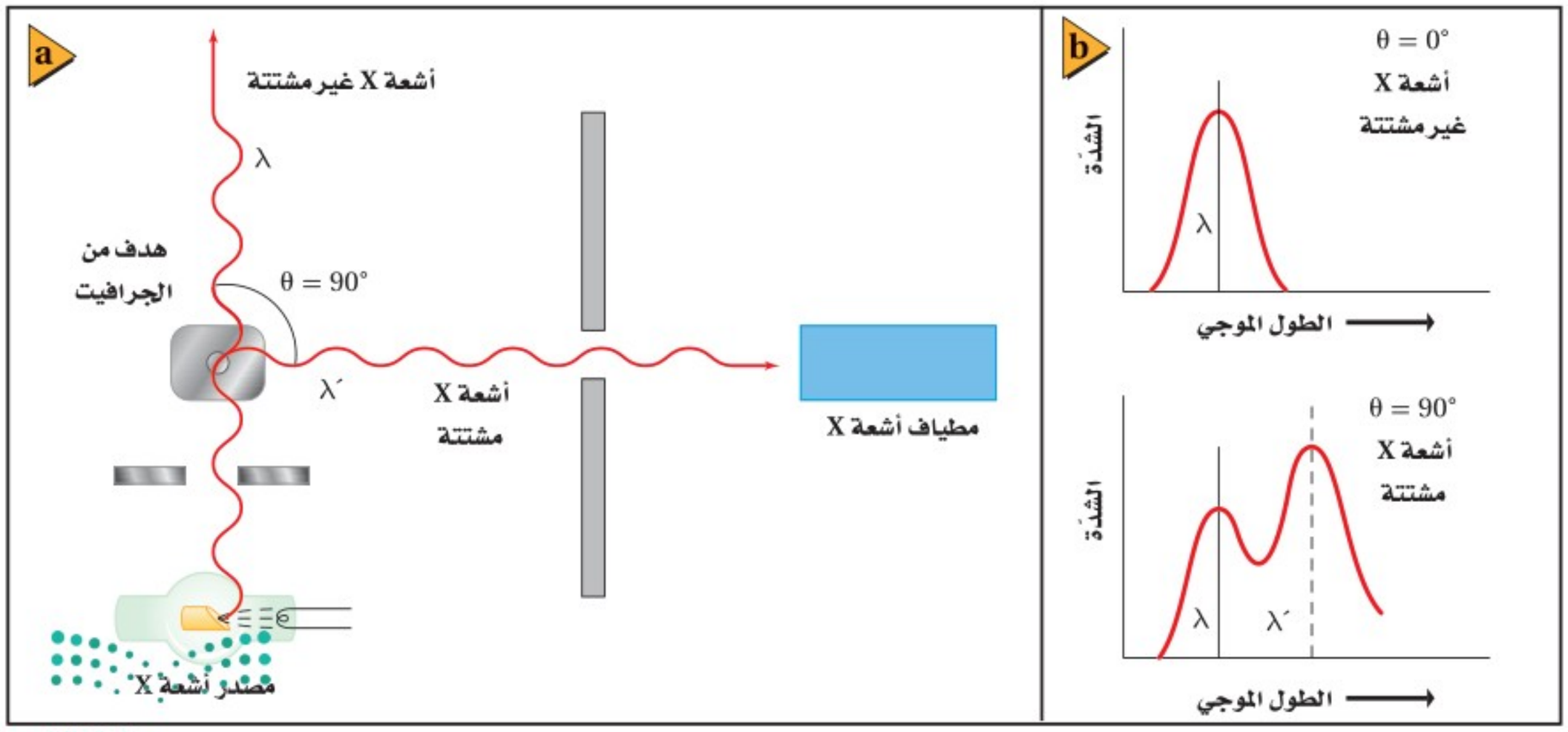
زخم الفوتون $$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

زخم الفوتون يساوي حاصل قسمة ثابت بلانك على الطول الموجي للفوتون.

اختبرت تجارب أجراها الفيزيائي الأمريكي أرثر هولي كومبتون عام 1922م نظرية أينشتاين. وقد دعمت نتائج تجارب كومبتون النموذج الجسيمي للضوء. سلّط كومبتون أشعة X ذات طول موجي معلوم على هدف من الجرافيت، كما هو موضح في **الشكل 6a–4**، وقاس الأطوال الموجية لأشعة X التي شتتها الهدف. لاحظ كومبتون أن بعض أشعة X المُشَتَّتة لم يتغير طولها الموجي، في حين أصبح لبعضها الآخر طول موجي أكبر مما للإشعاع الساقط. وُضّحت هذه النتائج في **الشكل 6b–4**. لاحظ أن الطول الموجي المقابل لأكبر شدة لأشعة X غير المشتتة يتطابق مع مثيله لأشعة X الساقطة، بينما الطول الموجي المقابل لأكبر شدة لأشعة X المشتتة أكبر من مثيله لأشعة X الساقطة.

تذكر أن معادلة طاقة الفوتون $E = hf$ يمكن كتابتها أيضًا على شكل $E= hc/\lambda$. تظهر المعادلة الثانية أن طاقة الفوتون تتناسب عكسيًّا مع طوله الموجي. إذن الزيادة في الطول الموجي الذي لاحظه كومبتون تعني أن فوتونات أشعة X قد فقدت طاقة وزخمًا. تسمى الإزاحة في طاقة الفوتونات المشتتة **تأثير كومبتون**. وهذه الإزاحة في الطاقة صغيرة جدًّا، 10^{-3} nm تقريبًا، ولها تأثير قابل للقياس فقط عند استخدام أشعة X بأطوال موجية في حدود 10^{-2} nm أو أقل.

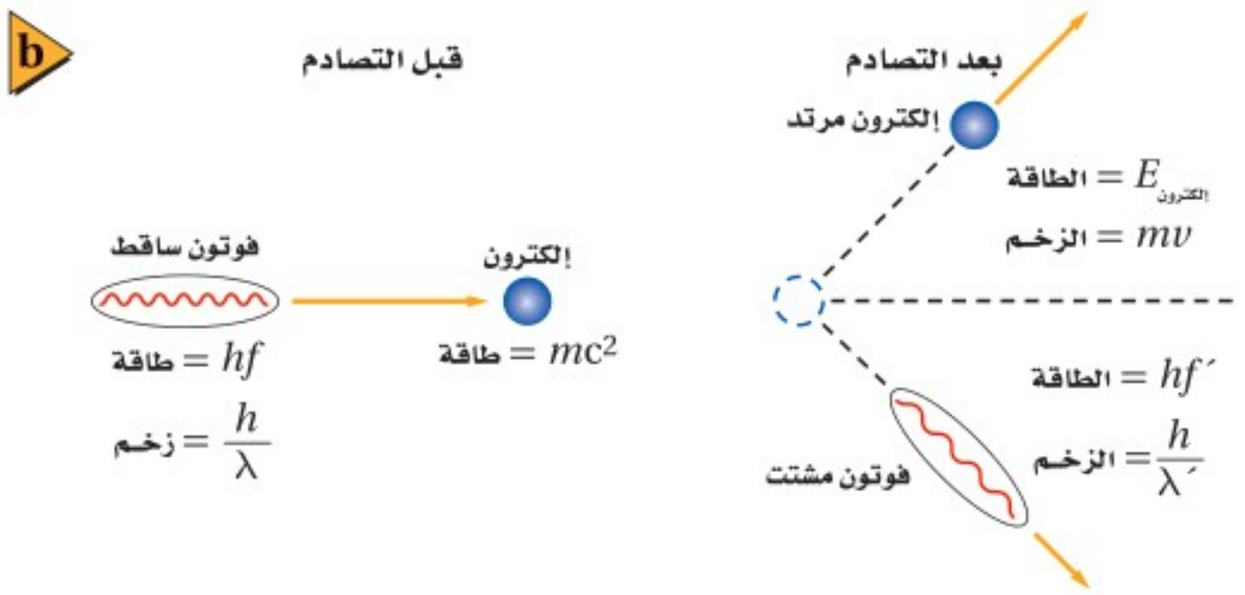
الشكل 6–4 استخدم كومبتون أدوات مشابهة لهذه الأدوات في دراسة طبيعة الفوتونات (**a**). زيادة الطول الموجي للفوتونات المشتتة دليل على أن فوتونات أشعة X قد فقدت طاقة (**b**).



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 113 4/8/19 2:22 PM

موقع
حلول كتبي



■ **الشكل 7–4** تصادم كرتي بلياردو (**a**) يشبه تمامًا ما يحدث عند اصطدام فوتون بإلكترون؛ حيث إن الطاقة والزخم اللذين يكتسبهما الإلكترون يساويان الطاقة والزخم اللذين يفقدهما الفوتون (**b**).

في التجارب الأخيرة، لاحظ كومبتون تحرر إلكترونات من حاجز الجرافيت خلال إجراء التجربة، فاقترح أن فوتونات أشعة X اصطدمت بالإلكترونات الموجودة في هدف الجرافيت، ونقلت الطاقة والزخم إليها. اعتقد كومبتون أن تصادمات الفوتون- إلكترون هذه مشابهة تمامًا للتصادمات المرنة في كرات البلياردو، كما هو موضح في **الشكل 7–4**. واختبر هذه الفكرة من خلال قياس طاقة الإلكترونات المتحررة، ووجد كومبتون أن الطاقة والزخم اللذين تكتسبهما الإلكترونات يساويان الطاقة والزخم اللذين تفقدهما الفوتونات، لذا فإن الفوتونات تحقق قانوني حفظ الزخم والطاقة عندما تصطدم بجسيمات أخرى.

4–1 مراجعة

10. **التأثير الكهروضوئي** لماذا يكون الضوء ذو الشدة العالية والتردد المنخفض غير قادر على تحرير إلكترونات من فلز، في حين يكون الضوء ذو الشدة المنخفضة والتردد العالي قادرًا على ذلك؟ فسّر إجابتك.
11. **تردد إشعاع الجسم الساخن وطاقته** كيف يتغير تردد الإشعاع المقابل لأعلى شدة عندما ترتفع درجة حرارة الجسم؟ وكيف تتغير الكمية الكلية للطاقة المنبعثة؟
12. **التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون** سلّط عالمٌ أشعةَ X على هدف، فانطلق إلكترون من الهدف دون أن ينبعث أي إشعاع آخر. وضّح إذا كان هذا الحدث ناتجًا عن التأثير الكهروضوئي أم عن تأثير كومبتون.
13. **التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون** ميّز بين التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون.
14. **التأثير الكهروضوئي** اصطدم ضوء أخضر $\lambda = 532\ nm$ بفلز ما، فحرر إلكترونات منه. إذا تم إيقاف هذه الإلكترونات باستخدام فرق جهد 1.44 V، فما مقدار دالة الشغل للفلز بوحدة eV؟
15. **طاقة فوتون** تنبعث فوتونات طولها الموجي 650 nm من مؤشر ليزر. ما مقدار طاقة هذه الفوتونات بوحدة eV؟
16. **التأثير الكهروضوئي** امتُصّت أشعة X في عظم، وحررت إلكترونًا. إذا كان الطول الموجي لأشعة X 0.02 nm تقريبًا، فقدّر طاقة الإلكترون بوحدة eV.
17. **تأثير كومبتون** أُسقطت أشعة X على عظم، فاصطدمت بإلكترون فيه وتشتت. كيف تقارن بين الطول الموجي لأشعة X المشتتة والطول الموجي لأشعة X الساقطة؟
18. **التفكير الناقد** تخيل أن تصادم كرتَيْ بلياردو يمثل التفاعل الذي يحدث بين فوتون وإلكترون خلال تأثير كومبتون. افترض أن بروتونًا- كتلته أكبر كثيرًا من كتلة الإلكترون- وُضع بدلاً من الإلكترون، فهل تكون الطاقة التي يكتسبها البروتون نتيجة التصادم مساوية لتلك التي يكتسبها الإلكترون؟ وهل تكون الطاقة التي يفقدها الفوتون مساوية لتلك التي يفقدها عندما يتصادم بالإلكترون؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 114 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي
www.ien.edu.sa

4–2 موجات المادة Matter Waves

أظهـر كل من التأثير الكهروضوئي وتشـتت كومبتـون أن للموجات الكهرومغناطيسـية العديمة الكتلة زخم وطاقة كالجسـيمات. إذا كان للموجات الكهرومغناطيسية خصائص جسـيمية، فهل يمكن للجسـيمات أن تسـلك سـلوك الموجات، وذلك بأن تظهر التداخل والحيـود؟ أيْ: هل للجسـيمات خصائص موجيـة؟ توقع العالم دي بـرولي عام 1923م أن للجسـيمات الماديـة خصائص موجيـة. وكان هذا التوقـع غير عادي، وقـد قوبل بالرفض مـن علـماء آخرين حينها، حتـى قرأ أينشـتاين أبحاث دي بـرولي العلمية وأيـده في ذلك.

الأهداف

- **تصف** دليلًا على الطبيعة الموجية للمادة.
- **تطبـق** معادلـة دي بـرولي في حـل مسـائل عدديـة.
- **تصـف** الطبيعـة المزدوجة للموجـات والجسـيمات، وأهمية مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج.

المفردات

طول موجة دي برولي
مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج

موجات دي برولي De Broglie Waves

تذكر أن زخم الجسم يساوي كتلته مضروبة في سرعته $p = mv$. وقياسًا على زخم الفوتون $p = h/\lambda$، توقع دي برولي أن زخم الجسيم يعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$p = mv = \frac{h}{\lambda}$$

يمثل الطول الموجي في العلاقة أعلاه الطول الموجي المصاحب للجسيم المتحرك، ويسمى **طول موجة دي برولي**. وتعطي المعادلة التالية طول موجة دي برولي مباشرة.

طول موجة دي برولي $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

طول موجة دي برولي المصاحبة لجسيم متحرك تساوي حاصل قسمة ثابت بلانك على زخم الجسيم.

اعتـمادًا عـلى نظرية دي بـرولي، ينبغي أن تُظهر جسـيمات مثل الإلكترونـات والفوتونات خصائص موجية. إلا أنه لم يسـبق أن لوحظت تأثيرات مثل التداخل والحيود للجسيمات. لذا كان إنجاز دي برولي عظيمًا، رغم وجود شك كبير في نظريته. وفي عام 1927م أجريت تجربتـان مسـتقلتان أثبتـت نتائجهـما أن الإلكترونـات تحيـد تمامًـا كالضوء. ففـي إحدى التجربتـين سـلّط العـالم الإنجليزي جورج تومسـون حزمـة من الإلكترونـات على بلورة رقيقـة جـدًّا؛ وذلـك لأن ذرات البلـورات مرتبة بنمـط منتظم يجعلها تعمـل عمل محزوز حيود. وكوّنت الإلكترونات التي حدث لها حيود الأنماط نفسها التي تكوّنها أشعة X التي لها الطول الموجي نفسـه. ويوضح **الشـكل 8–4** النمط الـذي يكوِّنه حيود الإلكترونات. وفي الولايـات المتحدة الأمريكية أجرى كلينتون دافيسـون ولاسـتر جيرمر تجربة مشـابهة مسـتخدمين إلكترونـات منعكسـة ومحـادة عن بلـورات سـميكة. وأثبتـت التجربتان أن للجسيمات المادية خصائص موجية.

الشـكل 8–4 تُظهـر أنمـاط حيـود الإلكترونـات – كهـذا النمـط الخاص ببلـورة زركونيـوم مكعبـة – الخصائص الموجية للجسيمات.

إن الطبيعـة الموجيـة للأجسـام التي تراهـا وتتعامل معهـا يوميًّا لا يمكـن ملاحظتها لأن أطوالهـا الموجيـة قصيرة جـدًّا. فمثلاً، لكي نـدرس طول موجة دي بـرولي المصاحبة لكرة مضرب كتلتها 0.145 kg وسرعتها لحظة مغادرة المضرب 38 m /s.

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}\ \text{J.s}}{(0.145\ \text{kg})(38\ \text{m/s})} = 1.2 \times 10^{-34}\ \text{m}$$

فـإن هذا الطول الموجي أصغر كثيرًا من أن يكون له تأثيرات ملاحظة. لكن كما سـترى في المثال التالي، فللجسيمات الصغيرة جدًّا – كالإلكترون مثلاً – طول موجي يمكن ملاحظته وقياسه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

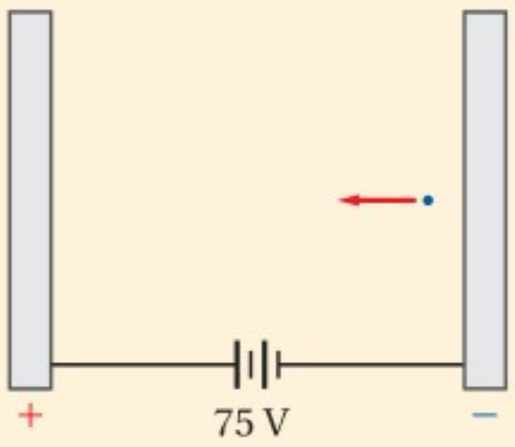
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 115 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

مثـــــال 3

طول موجة دي برولي إذا تسارع إلكترون خلال فرق جهد 75 V، فما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة له؟

1 تحليل المسألة ورسمها



- ضمّن رسمك اللوحين الموجب والسالب.

المعلوم

$V = 75\ V \quad m = 9.11\times10^{-31}\ kg$

$h = 6.63\times10^{-34}\ J.s$

$q = -1.6\times10^{-19}\ C$

المجهول

$\lambda = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

اكتب علاقتين لطاقة حركة الإلكترون؛ الأولى بدلالة فرق الجهد، والأخرى بدلالة الحركة، واستخدمهما لحساب سرعة الإلكترون

$KE = \frac{1}{2}mv^2$ ، $KE = -qV$

ساوِ بين علاقتي الطاقة الحركية KE.

$\frac{1}{2}mv^2 = -qV$

حل بالنسبة إلى المتغير v

$v = \sqrt{\frac{-2qV}{m}}$

بالتعويض $m = 9.11\times10^{-31}\ kg$

$q = -1.60\times10^{-19}\ C$ ، $V = 75\ V$

$$= \sqrt{\frac{-2(-1.60\times10^{-19}\ C)(75\ V)}{(9.11\times10^{-31}\ kg)}}$$

$= 5.1\times10^{6}\ m/s$

حل بالنسبة إلى الزخم

$p = mv$

بالتعويض $m = 9.11\times10^{-31}\ kg$

$v = 5.1\times106\ m/s$

$= (9.11\times10^{-31}\ kg)(5.1\times10^{6}\ m/s)$

$= 4.6\times10^{-24}\ kg.m/s$

حل بالنسبة إلى طول موجة دي برولي

$\lambda = \frac{h}{p}$

بالتعويض $h = 6.63\times10^{-34}\ J.s$

$p = 4.6\times10^{-24}\ kg.\ m/s$

$= \frac{6.63\times10^{-34}\ J.S}{4.6\times10^{-24}\ kg.m/s}$

$= 1.4\times10^{-10}\ m = 0.14\ nm$

دليل الرياضيات

فصل المتغير ص 241.

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** التحليل البعدي للوحدات يثبت أن وحدة m /s للسرعة v، ووحدة nm للطول الموجي λ.
- **هل للإشارات معنى؟** القيم الموجبة متوقعة لكل من v و λ.
- **هل الجواب منطقي؟** الطول الموجي قريب من 0.1 nm، والذي يقع في منطقة الطول الموجي لأشعة X في الطيف الكهرومغناطيسي.

مسائل تدريبية

19. تتدحرج كرة بولنج كتلتها 7.0 kg بسرعة 8.5 m /s، أجب عما يلي:

a. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للكرة؟ **b.** لماذا لا تُظهر كرة البولنج سلوكًا موجيًّا ملاحظًا؟

20. إذا تسارع إلكترون خلال فرق جهد 250 V، فاحسب مقدار سرعته وطول موجة دي برولي المصاحبة له.

21. ما مقدار فرق الجهد اللازم لمسارعة إلكترون بحيث يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 0.125 nm؟

22. طول موجة دي برولي للإلكترون في المثال 3 يساوي 0.14 nm. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV لبروتون ($m = 1.67\times10^{-27}\ kg$) إذا كان له الطول الموجي نفسه؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

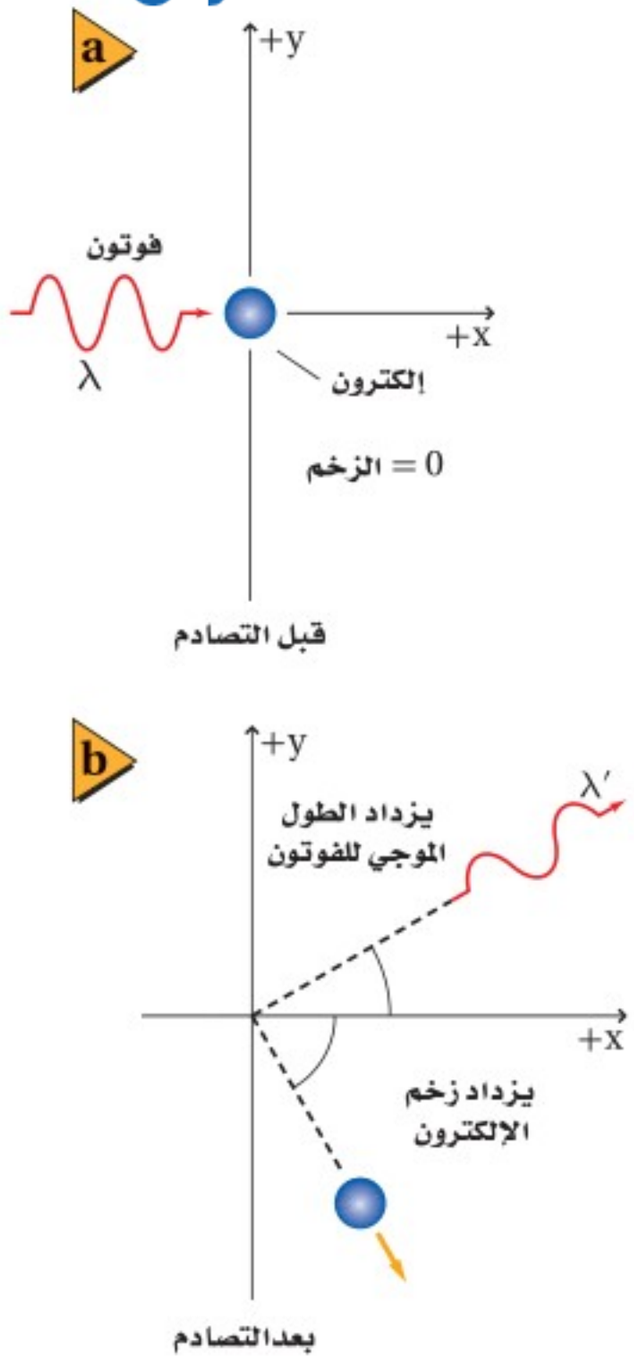
الجسيمات والموجات Particles and Waves

هل الضوء جسيم أم موجة؟ تشير الدلائل إلى أن كلًّا من النموذج الجسيمي والنموذج الموجي يلزمان لتفسير سلوك الضوء. وقد قادت نظرية الكم والطبيعة المزدوجة للإشعاع الكهرومغناطيسي إلى مبادئ علمية وتطبيقات رائعة، كما ستكتشف لاحقًا. والمجهر الأنبوبي الماسح (STM) من هذه التطبيقات، وسوف يتم مناقشته في جزء "كيف تعمل".

تحديد الموقع والزخم من المنطقي أن تفكر أنه حتى تحدد خصائص جسيم ما بدقة فسوف تكون بحاجة إلى أن تبتكر تجربة تقيس مباشرة الخصائص المطلوبة. فمثلاً لا تستطيع أن تقرر ببساطة أن جسيمًا في موقع ما يتحرك بسرعة محددة. وبدلاً من ذلك، يجب أن تجري تجربة لتحدد موقع الجسيم وتقيس سرعته.

كيف يمكنك تحديد موقع جسيم؟ لتصنع ذلك عليك أن تلمسه، أو أن تعكس ضوءًا عنه. إذا استُخدم ضوء فإنه يجب تجميع الضوء المنعكس عن الجسيم بجهاز أو بالعين المجردة. إلا أنه بسبب تأثيرات الحيود فإن الضوء المستخدم لتحديد موقع الجسيم ينتشر، مما يجعل من المستحيل تحديد موقعه بدقة. غير أن استخدام ضوء أو إشعاع ذي طول موجي أقصر يقلل من الحيود، مما يسمح بتحديد موقع الجسيم بدقة أكبر.

مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج نتيجة تأثير كومبتون فإنه عندما يصطدم إشعاع طوله الموجي قصير وطاقته عالية بجسيم فإن زخم الجسيم يتغير، كما في **الشكل 9–4**. وبناء على ذلك، يؤثر تحديد موقع الجسيم بدقة في تغير زخمه. وكلما زادت الدقة في تحديد موقع جسيم ازداد عدم التحديد في قياس زخمه. وبالطريقة نفسها إذا تم قياس زخم الجسيم بدقة فإن موقعه يتغير ويصبح أقل تحديدًا. لُخّصت هذه الحالة في **مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج**، والذي ينص على أنه من غير الممكن قياس زخم جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه. إن هذا المبدأ – والذي سمّي باسم الفيزيائي الألماني فيرنر هيزنبرج – هو نتيجة للطبيعة المزدوجة للضوء والمادة. ويخبرنا مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج أن هناك حدًّا للدقة في قياس الموقع والزخم.



■ **الشكل 9–4 يمكن أن يرى الجسيم فقط عندما يتشتت الضوء عنه. لذا فإن الإلكترون يبقى غير محدد (a). حتى يصطدم به فوتون (b). يُشتت التصادم كلًّا من الفوتون والإلكترون ويغير من زخميهما.**

4–2 مراجعة

23. **الخصائص الموجية** صف التجربة التي أثبتت أن للجسيمات خصائص موجية.
24. **الطبيعة الموجية** فسّر لماذا لا تظهر الطبيعة الموجية للمادة؟
25. **طول موجة دي برولي** ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون يتسارع خلال فرق جهد 125 V؟
26. **الأطوال الموجية للمادة والإشعاع** عندما يصطدم إلكترون بجسيم ثقيل فإن سرعة الإلكترون وطول موجته يتناقصان. بناء على ذلك، كيف يمكن زيادة الطول الموجي لفوتون؟
27. **مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج** عندما يمر ضوء أو حزمة ذرات خلال شق مزدوج فإنه يتكون نمط تداخل. وتحدث كلتا النتيجتين حتى عندما تمر الذرات أو الفوتونات خلال الشقين في الوقت نفسه. كيف يفسر مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج ذلك؟
28. **التفكير الناقد** ابتكر الفيزيائيون مؤخرًا محزوز حيود للموجات الضوئية الموقوفة (المستقرة). وتكوِّن الذرات التي تمر خلال المحزوز نمط تداخل. إذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقوق $\frac{1}{2}\lambda$ (250 nm تقريبًا) فما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للذرات تقريبًا؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 117 4/8/19 2:22 PM

موقع
حلول كتبي

مختبر الفيزياء

نمذجة التأثير الكهروضوئي

تعرف عملية انبعاث الإلكترونات من جسم عندما يسقط إشعاع كهرومغناطيسي عليه بالتأثير الكهروضوئي. وتتحرر الإلكترونات من الجسم فقط عندما يكون تردد الإشعاع أكبر من قيمة صغرى محددة، تسمى تردد العتبة. سوف تنمذج في هذا الاستقصاء التأثير الكهروضوئي باستعمال كرات فولاذية. وسوف تختبر لماذا تحرر أنواعٌ محددة فقط من الإشعاع الكهرومغناطيسي إلكتروناتٍ ضوئيةً.

سؤال التجربة

كيف يمكن استعمال كرات فولاذية لنمذجة التأثير الكهروضوئي؟

الأهداف

- **تصمم نموذجًا** لاستقصاء التأثير الكهروضوئي.
- **تصف** كيف ترتبط طاقة الفوتون مع تردده.
- **تستخدم التفسيرات العلمية** لتفسير لماذا لا تستطيع الظواهر الجاهرية (الماكروسكوبية) تفسير السلوك الكمي للذرة.

احتياطات السلامة

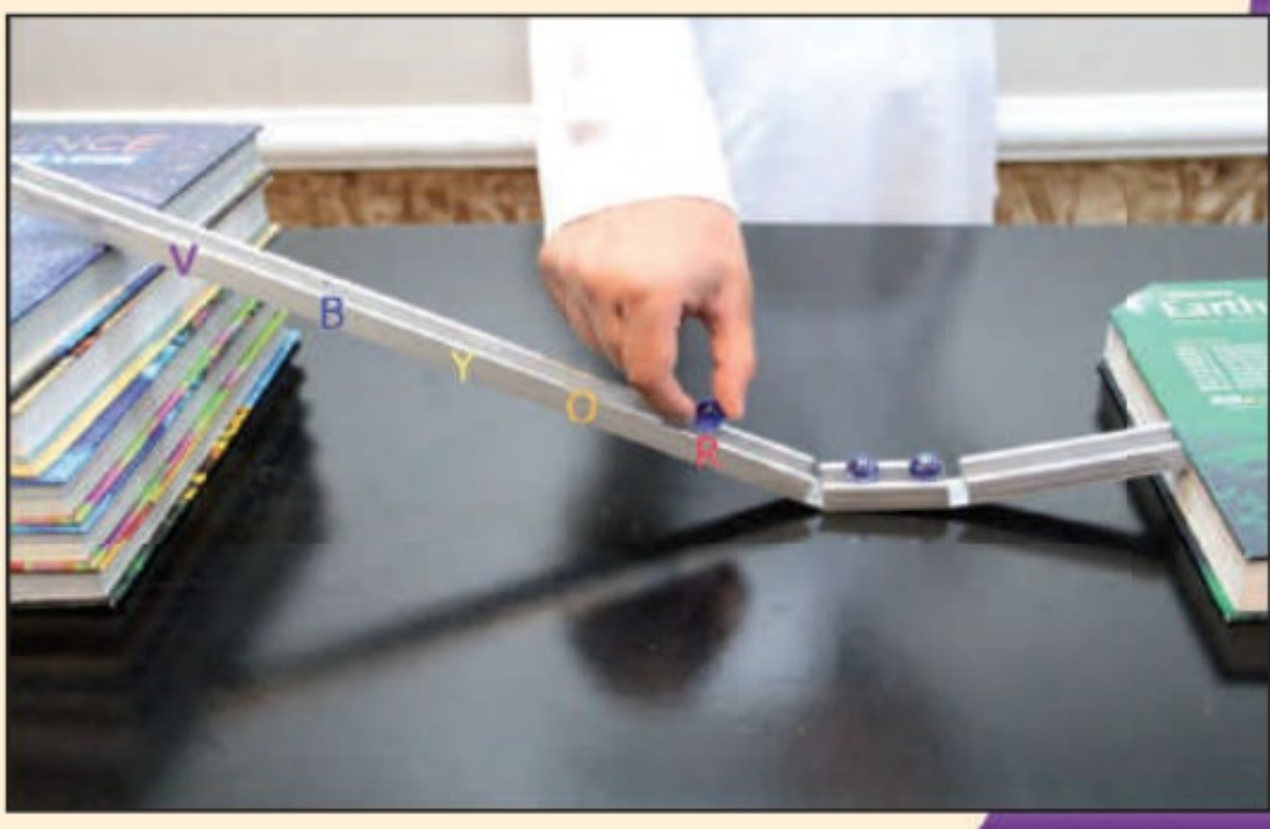
- **احفظ الكحول الأيزوبروبيلي بعيدًا عن اللهب المشتعل.**
- **لا تبتلع الكحول الأيزوبروبيلي.**
- **يسبب الكحول الأيزوبروبيلي جفاف الجلد.**

المواد والأدوات

ثلاث كرات فولاذية، مجرى أو مسار فيه أخدود (قناة على شكل حرف U، أو داعم رف)، كتب، أقلام تخطيط حمراء، وبرتقالية، وصفراء، وخضراء، وزرقاء، وبنفسجية (أو لاصقات ملّونة)، مسطرة مترية، كحول أيزوبروبيلي.

الخطوات

1. شكِّل المجرى أو القناة كما هو موضح في الصورة، واستعمل عدة كتب لدعمها، كما هو موضح. تأكد أن الكتب لا تغلق نهايتي المجرى.
2. اكتب الحرف R باستعمال قلم التخطيط الأحمر على القناة على ارتفاع 4 cm فوق الطاولة كما هو موضح. تمثل R الأحمر.
3. اكتب الحرف V باستعمال قلم التخطيط البنفسجي على القناة على ارتفاع 14 cm فوق الطاولة كما هو موضح. الرمز V يمثل اللون البنفسجي. استعمل أقلام التخطيط الملوّنة الأخرى لوضع علامات للأزرق B، وللأخضر G، وللأصفر Y، وللبرتقالي O على مسافات متساوية بين العلامتين R و V، كما هو موضح في الصورة
4. ضع كرتين فولاذيتين عند أخفض نقطة على القناة. تمثل هاتان الكرتان إلكتروني التكافؤ للذرة.
5. أمسك كرة فولاذية، وضعها عند الموقع R على القناة. تمثل هذه الكرة الفوتون الساقط للضوء الأحمر. لاحظ أن طاقة فوتون الضوء الأحمر أقل من طاقة ألوان الضوء الأخرى التي تم نمذجتها.
6. أفلت الكرة الفولاذية (الفوتون)، ولاحظ ما إذا كان لها طاقة كافية لتحرير إلكترون تكافؤ من الذرة؛ أي راقب ما إذا أفلتت أيًّا من الكرتين من القناة. سجّل مشاهداتك في جدول البيانات.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COUR.CH04.indd 118 4/22/19 9:00 AM

موقع حلول كتبي

جدول البيانات	
لون أو طاقة الفوتون	الملاحظات
أحمر	
برتقالي	
أصفر	
أخضر	
أزرق	
بنفسجي	
أقل من الأحمر	
أكبر من البنفسجي	

7. أزل الكرة الفولاذية التي تمثل الفوتون الساقط من الجزء السفلي من القناة. وأعد الكرتين الفولاذيتين اللتين استعملتهما لتمثيل إلكترونات التكافؤ إلى مكانيهما (أخفض نقطة على القناة).
8. كرّر الخطوات 7-5 لكل لون من الألوان التي حددتها على القناة. تأكد دائمًا عندما تكرر الخطوات أن تكون الكرتان الفولاذيتان عند أخفض نقطة على القناة. لاحظ أن طاقة فوتون الضوء البنفسجي أكبر من طاقة ألوان الضوء الأخرى التي تم نمذجتها. سجّل مشاهداتك في جدول البيانات.
9. كرّر الخطوات 7-5، ولكن أفلت الكرة الفولاذية التي تمثل الفوتون الساقط من نقطة أخفض قليلاً من الموقع R. سجّل مشاهداتك في جدول البيانات.
10. كرّر الخطوات 7-5، ولكن أفلت الكرة الفولاذية التي تمثل الفوتون الساقط من نقطة أعلى قليلاً من الموقع V. سجّل مشاهداتك في جدول البيانات.
11. أجب عن السؤال 1 في بند الاستنتاج والتطبيق، ثم اختبر توقعك.
12. عندما تنتهي من تنفيذ التجربة أعد جميع المواد إلى الأماكن التي حددها لك معلمك. أزِل الحروف التي كتبتها على القناة باستعمال الكحول الأيزوبروبيلي (أو أزل اللاصقات الملونة التي وضعتها على القناة).

التحليل

1. **فسّر البيانات** أي ألوان فوتونات الضوء حرّرت إلكترونًا واحدًا على الأقل في نموذجك؟
2. **فسّر البيانات** هل لأيّ من الفوتونات طاقة كافية لتحرير أكثر من إلكترون واحد؟
   إذا كان كذلك فحدّد لون الفوتون.
3. **استخدم النماذج** في الخطوة 9، ما نوع الفوتون الذي تمثله الكرة الفولاذية؟
4. **استخدم النماذج** في الخطوة 10، ما نوع الفوتون الذي تمثله الكرة الفولاذية؟
5. **فسّر** هل فوتونات الضوء المرئي فقط هي التي تؤخذ بعين الاعتبار عند دراسة التأثير الكهروضوئي؟ لماذا؟
6. **لخّص** نص مشاهداتك بدلالة طاقة الفوتونات.

الاستنتاج والتطبيق

1. **استنتج** ماذا يحدث إذا اصطدم فوتونَا ضوء أحمر بإلكترونَيْ تكافؤ في اللحظة نفسها؟ اختبر توقعك.
2. **التفكير الناقد** تكون قوة ارتباط إلكترونات التكافؤ في ذرات بعض المواد أكبر من قوة ارتباطها في ذرات مواد أخرى. كيف يمكنك أن تُعدّل النموذج لبيان ذلك؟
3. **استخلص النتائج** في هذا النموذج، ماذا يحدث لطاقة الفوتون عندما يصطدم بإلكترون ولا يستطيع تحريره من الذرة؟

التوسع في البحث

استخدم الصيغة $E = hf$، حيث تمثل h ثابت بلانك، و f تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي، لحساب طاقة فوتون الضوء الأحمر، وقارنها بطاقة فوتون الضوء الأزرق.

الفيزياء في الحياة

يستخدم مصورو الفوتوجرافيا عادةً إضاءة حمراء في غرفهم المظلمة، فلماذا لا يستخدمون الضوء الأزرق؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

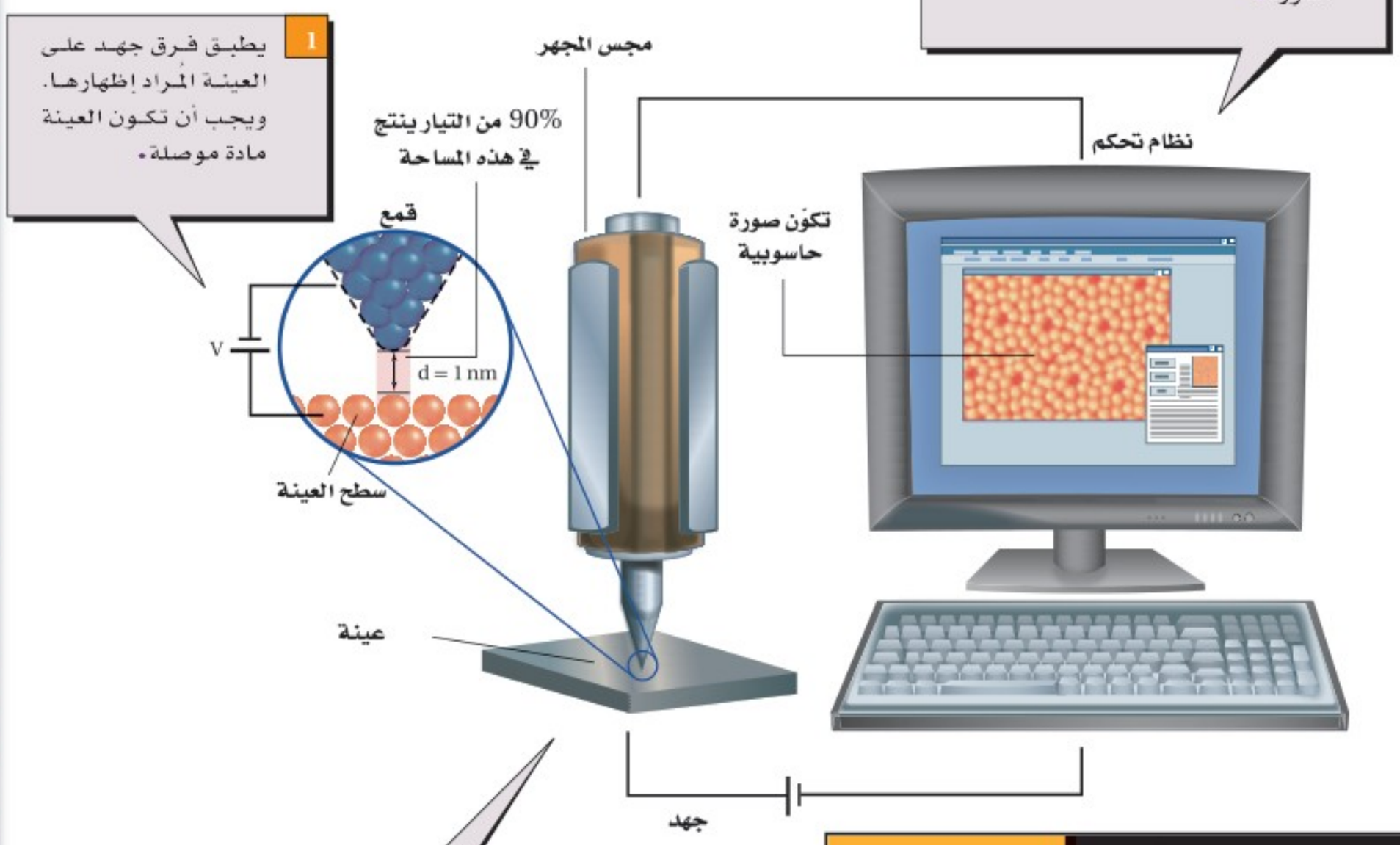
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 119 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

كيف يعمل

المجهر الأنبوبي الماسح؟
Scanning Tunneling Microscope?

اخترع العالمان جيرد بينج وهنرش روهرير عام 1981م المجهر الأنبوبي الماسح (STM)، وحصلا بعد خمس سنوات على جائزة نوبل في الفيزياء. والمجهر الأنبوبي الماسح قادر على تصوير سطوح المواد بقوة تمييز تصل إلى المستوى الذري. وقد مكّن هذا العلماء من تكوين صور للذرات، كصورة ذرات السليكون الظاهرة على الشاشة أدناه. كيف يعمل STM؟



التفكير الناقد

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 120 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 4
دليل مراجعة الفصل

4–1 النموذج الجسيمي للموجات A Particle Model of Waves

المفردات

- طيف انبعاث
- مكيّاة
- التأثير الكهروضوئي
- تردد العتبة
- الفوتون
- دالة (اقتران) الشغل
- تأثير كومبتون

المفاهيم الرئيسة

- تبعث الأجسام التي تسخن لدرجة التوهج ضوءًا بسبب اهتزازات الجسيمات المشحونة الموجودة في ذراتها.
- يُغطي طيف الأجسام المتوهجة مدًى واسعًا من الأطوال الموجية. ويعتمد الطيف على درجة حرارة الأجسام المتوهجة.
- فسّر العالم بلانك طيف الجسم المتوهج مفترضًا أن للجسيمات مقادير محددة من الطاقة فقط، وهي تساوي مضاعفات ثابت بلانك.

$$E = nhf$$

- فسّر أينشتاين التأثير الكهروضوئي مفترضًا أن الضوء موجود على شكل حزم من الطاقة تسمى الفوتونات.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240\ \text{eV.nm})}{\lambda}$$

- التأثير الكهروضوئي هو انبعاث إلكترونات من فلزات معينة عندما تتعرض لإشعاع كهرومغناطيسي.

$$KE = hf - hf_o$$

- تمكن العلماء من حساب قيمة ثابت بلانك h اعتمادًا على التأثير الكهروضوئي.
- تقاس دالة الشغل – والتي يكافئ طاقة ربط الإلكترون – باستخدام تردد العتبة في التأثير الكهروضوئي.
- يبيّن تأثير كومبتون أن للفوتون زخمًا كما توقع أينشتاين.

$$\mathrm{p} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

- تسير الفوتونات بسرعة الضوء. ورغم أنه ليس لها كتلة إلا أن لها طاقة وزخمًا.

4–2 موجات المادة Matter Waves

المفردات

- طول موجة دي برولي
- مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج

المفاهيم الرئيسة

- اقترح العالم دي برولي الطبيعة الموجية للجسيمات المادية، وتم التحقق منها عمليًّا عن طريق حيود الإلكترونات خلال البلورات. ولكل الجسيمات المتحركة طول موجي، يعرف بطول موجة دي برولي.

$$\lambda = \frac{h}{\mathrm{p}} = \frac{h}{mv}$$

- تتكامل الطبيعتان الجسيمية والموجية معًا لوصف الطبيعة الكاملة لكل من المادة والطاقة.
- ينص مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج على أنه من غير الممكن تحديد موقع وزخم أي جسيم ضوئي أو مادي بدقة في آن واحد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

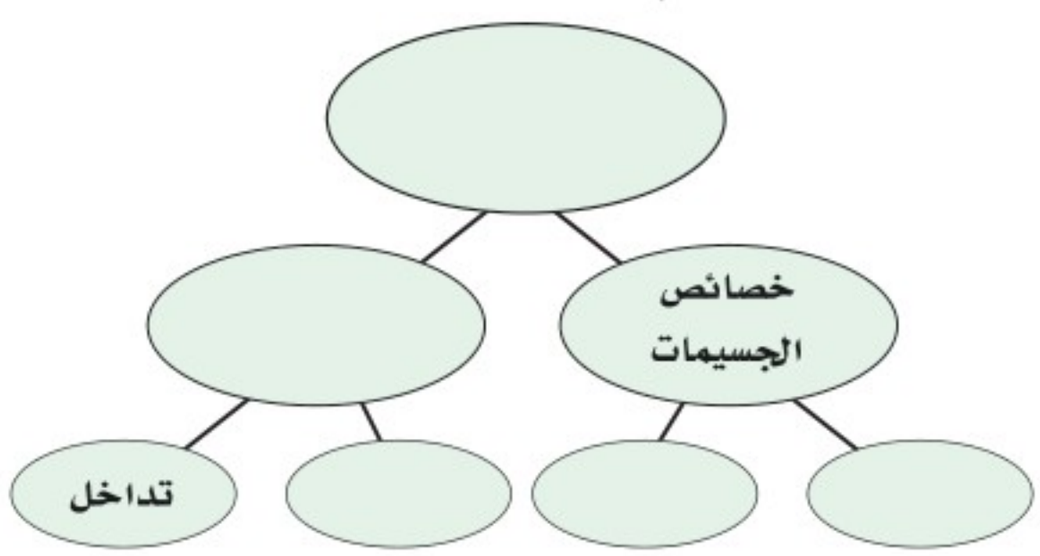
SA.PH12.SE.COURSES4.indb 121 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

الفصل 4 التقويم

خريطة المفاهيم

29. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: *الطبيعة المزدوجة*، *الكتلة*، *الخصائص الموجية*، *الزخم*، *الحيود*.



إتقان المفاهيم

30. **الضوء المتوهج** يضبط مصباح كهربائي متوهج باستخدام مفتاح تحكم. ماذا يحدث للون الضوء الصادر عن المصباح عند إدارة مفتاح التحكم إلى أقل قراءة؟

31. وضّح مفهوم تكمية الطاقة.

32. ما الذي تم تكميته في تفسير ماكس بلانك لإشعاع الأجسام المتوهجة؟

33. ماذا تسمى كمّات الضوء؟

34. سُلِّط ضوء على مهبط خلية ضوئية، وكان تردد الضوء أكبر من تردد العتبة لفلز المهبط. كيف تفسر نظرية أينشتاين للتأثير الكهروضوئي حقيقة زيادة تيار الإلكترونات الضوئية كلما زادت شدة الضوء؟

35. وضح كيف فسّرت نظرية أينشتاين حقيقة أن الضوء الذي تردده أقل من تردد العتبة لفلز لا يحرر إلكترونات ضوئية منه، بغض النظر عن شدة الضوء؟

36. **الفيلم الفوتوجرافي** لأن أنواعًا معينة من أفلام الأبيض والأسود ليست حساسة للضوء الأحمر، فإنه يمكن تحميضها في غرفة مظلمة مضاءة بضوء أحمر. فسّر ذلك بناءً على نظرية الفوتون للضوء.

37. كيف أظهر تأثير كومبتون أن للفوتونات زخمًا، كما أن لها طاقة؟

38. الزخم p لجسيم مادي يعطى بالمعادلة $p = mv$. هل تستطيع حساب زخم فوتون مستخدمًا المعادلة نفسها؟ وضح إجابتك.

39. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للإلكترون؟

a. الشحنة

b. الكتلة

c. الطول الموجي

40. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للفوتون؟

a. الطاقة

b. الزخم

c. الطول الموجي.

تطبيق المفاهيم

41. استخدم طيف الانبعاث لجسم متوهج عند ثلاث درجات حرارة مختلفة، كما في **الشكل 1-4** للإجابة عن الأسئلة الآتية:

a. عند أي تردد تكون شدة الانبعاث أكبر ما يكون لكل من درجات الحرارة الثلاث؟

b. ماذا تستنتج عن العلاقة بين التردد الذي تكون عنده شدة الإشعاع المنبعث أكبر ما يمكن وبين درجة حرارة الجسم المتوهج؟

c. بأي مُعامل تتغير شدة الضوء الأحمر المنبعث عندما تزداد درجة الحرارة من 4000 k إلى 8000 k؟

42. وضع قضيبان من الحديد في النار، فتوهج أحدهما باللون الأحمر الداكن، بينما توهج الآخر باللون البرتقالي الساطع. أي القضيبين:

a. أكثر سخونة؟

b. يشع طاقة أكبر؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 122 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

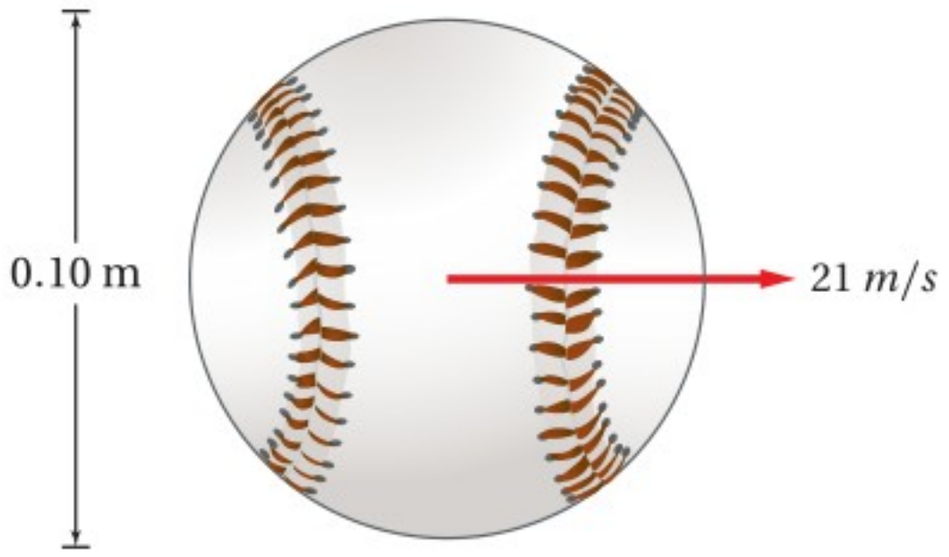
43. هل يحرر ضوء تردده كبير عددًا أكبر من الإلكترونات من سطح حساس للضوء مقارنة بضوء تردده أقل، إذا افترضنا أن كلا الترددين أكبر من تردد العتبة؟

44. تنبعث إلكترونات ضوئية من البوتاسيوم عندما يسقط عليه ضوء أزرق، في حين تنبعث إلكترونات ضوئية من التنجستن عندما يسقط عليه أشعة فوق بنفسجية. أي الفلزين:

a. له تردد عتبة أكبر؟

b. له دالة شغل أكبر؟

45. قارن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البيسبول الموضحة في **الشكل 10–4** بقطر الكرة.



الشكل 10–4

إتقان حل المسائل

1–4 النموذج الجسيمي للموجات

46. اعتمادًا على نظرية بلانك، كيف يتغير تردد اهتزاز ذرة إذا بعثت طاقة مقدارها $5.44 \times 10^{-19}\ J$ عندما تغيّرت طاقة مستوى الذرة بمقدار $n=1$ ؟

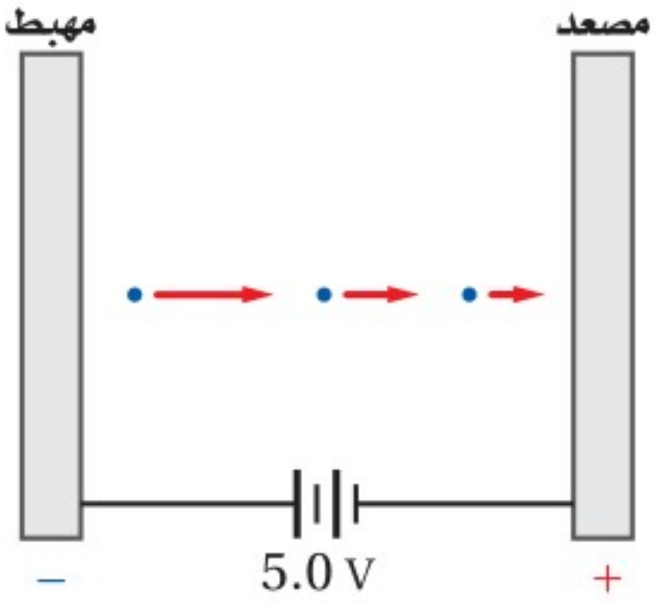
47. ما مقدار فرق الجهد اللازم لإيقاف إلكترونات طاقتها الحركية العظمى $4.8 \times 10^{-19}\ J$؟

48. ما زخم فوتون الضوء البنفسجي الذي طوله الموجي $4.0 \times 10^{2}\ nm$؟

49. جهد الإيقاف لإلكترونات فلز معين موضح في **الشكل 11–4**. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بدلالة الوحدات التالية؟

a. الإلكترون فولت

b. الجول



الشكل 11–4

50. تردد العتبة لفلز معين $3.00 \times 10^{14}\ Hz$. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة إذا أضيء الفلز بضوء طوله الموجي $6.50 \times 10^{2}\ nm$؟

51. ما مقدار الشغل اللازم لتحرير إلكترون من سطح الصوديوم إذا كان تردد العتبة له $4.4 \times 10^{14}\ Hz$؟

52. إذا سقط ضوء تردده $1.00 \times 10^{15}\ Hz$ على الصوديوم في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

53. **مقياس الضوء** يستعمل مقياس الضوء الفوتوجرافي خلية ضوئية لقياس الضوء الساقط على الجسم المراد تصويره. كم يجب أن تكون دالة الشغل لمادة المهبط حتى تكون الخلية الضوئية حساسة للضوء الأحمر ($\lambda = 680\ nm$)، كحساسيتها للألوان الأخرى للضوء؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 4

54. الطاقة الشمسية يُستهلك $4 \times 10^{11}\ J$ من الطاقة كل عام في الاستخدامات المنزلية في دولة ما. إذا كانت أشعة الشمس تسقط على بعض أجزاء هذه الدولة لمدة 3000 h كل عام، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار الطاقة الشمسية التي تسقط على المتر المربع الواحد كل عام؟

b. إذا كان من الممكن تحويل هذه الطاقة الشمسية إلى طاقة مفيدة بكفاءة 20%، فما مقدار المساحة التي يجب استخدامها لإنتاج طاقة مساوية لتلك التي تستهلك في المنازل؟

4–2 موجات المادة

55. ما مقدار طول موجة بروليي المصاحبة لإلكترون يتحرك بسرعة $3.0 \times 10^{6}\ m/s$؟

56. ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها إلكترون لتكون طول موجة دي بروليي المصاحبة له $3.0 \times 10^{-10}\ m$؟

57. يتسارع إلكترون في أنبوب أشعة مهبطية من السكون خلال فرق جهد $5.0 \times 10^{3}\ V$. ما مقدار:

a. سرعة الإلكترون؟

b. الطول الموجي المصاحب للإلكترون؟

58. احتُجز نيوترون طاقته الحركية 0.02 eV فقط.

a. ما سرعة النيوترون؟

b. أوجد طول موجة دي بروليي المصاحبة للنيوترون.

59. إذا كانت الطاقة الحركية لإلكترون ذرة الهيدروجين 13.65 eV فاحسب:

a. مقدار سرعة الإلكترون.

b. مقدار طول موجة دي بروليي المصاحبة للإلكترون.

c. محيط ذرة الهيدروجين ثم قارنه بطول موجة دي بروليي المصاحبة لإلكترون الذرة. علمًا بأن نصف قطر ذرة الهيدروجين 0.519 nm.

60. إذا كان طول موجة دي بروليي المصاحبة لإلكترون 0.18 nm:

a. فما مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

b. إذا كان طول موجة دي بروليي المصاحبة لبروتون 0.18 nm فما مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

مراجعة عامة

61. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من فلز إذا كان جهد إيقافها 3.8 V؟

62. إذا كان تردد العتبة لفلز ما $8.0 \times 10^{14}\ Hz$، فما دالة الشغل له؟

63. إذا سقط ضوء تردده $1.6 \times 10^{15}\ Hz$ على الفلز في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

64. احسب طول موجة دي بروليي المصاحبة لديوترون (^2H نواة نظير الهيدروجين) كتلته $3.3 \times 10^{-27}\ kg$ ويتحرك بسرعة $2.5 \times 10^{4}\ m/s$.

65. إذا كانت دالة الشغل للحديد 4.7 eV:

a. فما مقدار طول موجة العتبة له؟

b. وإذا أُسقط إشعاع طوله الموجي 150 nm على الحديد، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV؟

66. إذا كانت دالة الشغل للباريوم 2.48 eV، فما أكبر طول موجي للضوء يستطيع تحرير إلكترونات منه؟

67. طول موجة دي بروليي المصاحبة لإلكترون 400.0 nm، وهي تساوي أقصر طول موجي للضوء المرئي. احسب مقدار:

a. سرعة الإلكترون.

b. طاقة الإلكترون بوحدة eV.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 124 4/8/19 2:22 PM

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 4

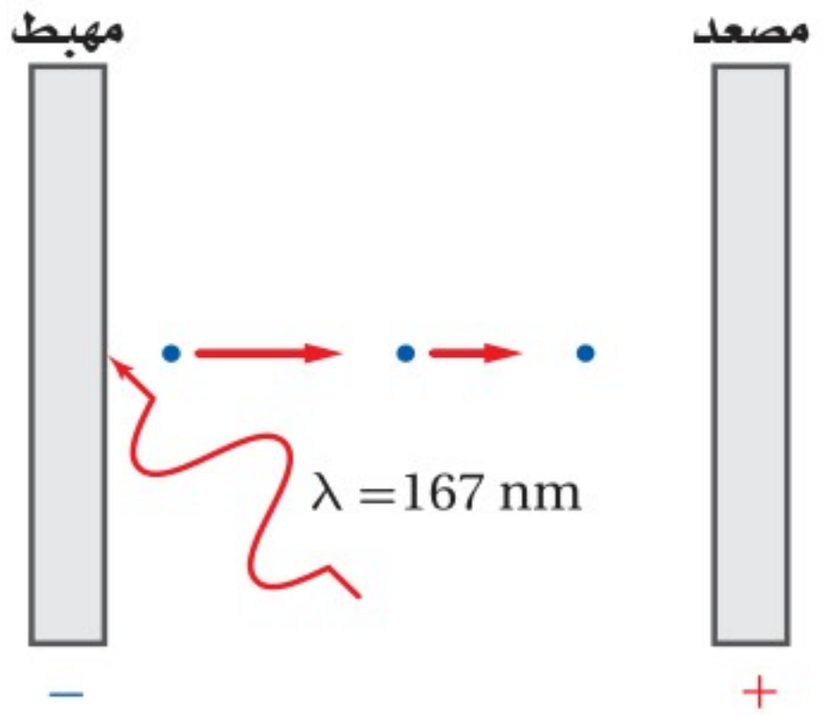
68. **المجهر الإلكتروني** يعدّ المجهر الإلكتروني مفيدًا لأنه يمكن جعل الأطوال الموجية لموجات دي برولي المصاحبة للإلكترونات أقصر من الطول الموجي للضوء المرئي. ما مقدار الطاقة (بوحدة eV) اللازم تزويدها لإلكترون حتى يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 20.0 nm؟

69. سقط إشعاع على قصدير، كما في **الشكل 12–4**. إذا كان تردد العتبة للقصدير $1.2 \times 10^{15}\ \text{Hz}$ فما مقدار:

a. طول موجة العتبة للقصدير؟

b. دالة الشغل للقصدير؟

c. الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بوحدة eV، إذا كان الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط 167 nm؟



الشكل 12–4

التفكير الناقد

70. **تطبيق المفاهيم** يبعث مصدر ليزر هيليوم- نيون فوتونات طولها الموجي 632.8 nm.

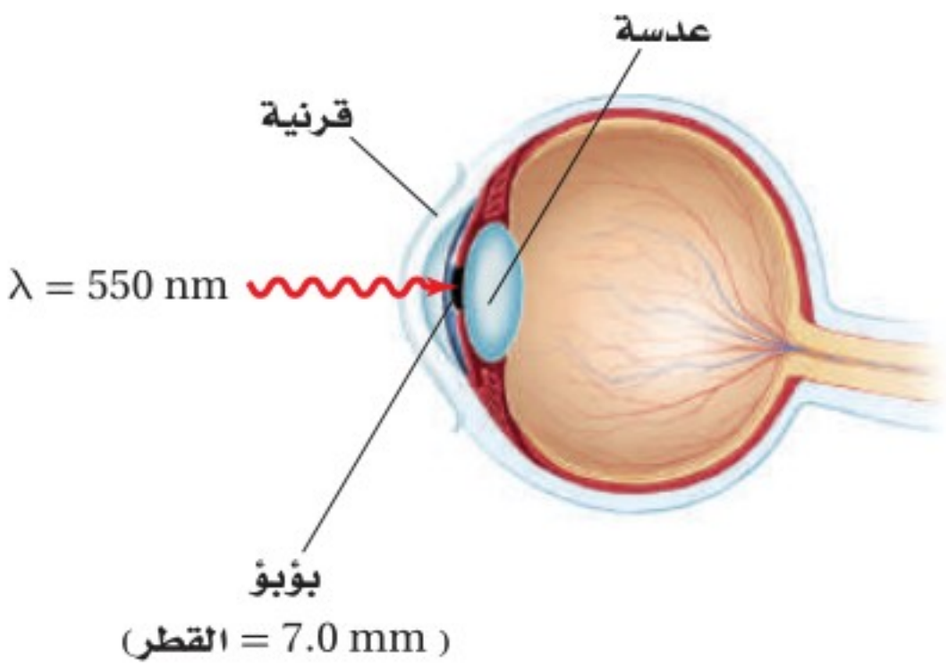
a. احسب مقدار الطاقة بوحدة الجول لكل فوتون يُبعث من الليزر.

b. إذا كانت قدرة مصدر ليزر صغير تقليدي 0.5 mW ($5 \times 10^{-4}\ \text{J/s}$ تكافئ)، فما عدد الفوتونات المنبعثة من مصدر الليزر في كل ثانية؟

71. **تطبيق المفاهيم** يدخل الضوء المرئي الذي شدته $1.5 \times 10^{-11}\ \text{W/m}^2$ بصعوبة إلى عين إنسان، كما في **الشكل 13–4**.

a. إذا سلط هذا الضوء على عين الإنسان ومر خلال بؤبؤ عينه، فما مقدار القدرة التي تدخل عينه بوحدة الواط؟

b. استخدم الطول الموجي المُعطى للضوء المرئي والمعلومات المُعطاة في **الشكل 13–4** لكي تحسب عدد الفوتونات التي تدخل العين في كل ثانية.



الشكل 13–4

72. **إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها** أكمل طالب تجربة التأثير الكهروضوئي، وسجّل جهد الإيقاف كدالة رياضية في الطول الموجي، كما في **الجدول 1–4**. وكان مهبط الخلية الضوئية مصنوعًا من الصوديوم. عيّن البيانات (جهد الإيقاف مقابل التردد) واستعمل الآلة الحاسبة لرسم أفضل خط مستقيم. استخدم الميل والمقطع وأوجد دالة الشغل، وطول موجة العتبة، ومقدار $\frac{h}{q}$ في هذه التجربة. قارن قيمة $\frac{h}{q}$ مع القيمة المقبولة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع حلول كتبي

تقويم الفصل 4

الجدول 1–4	
جهد الإيقاف مقابل الطول الموجي	
$\lambda\,(nm)$	$V_0\,(eV)$
200	4.20
300	2.06
400	1.05
500	0.41
600	0.03

الكتابة في الفيزياء

73. في ضوء ما درسته عن مبدأ عدم التحديد. أبحث عن الحتمية وعدم التحديد في الفيزيا لهيزنبرج وأكتب بحثًا عن ذلك.

مراجعة تراكمية

74. يتحرك شعاع من الإلكترونات بسرعة $2.8\times10^{8}\ m/s$ في مجال كهربائي مقداره $1.4\times10^{4}\ N/C$ ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن تتحرك خلاله الإلكترونات حتى تحافظ على حركتها فيه دون انحراف؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 126 4/8/19 2:23 PM

موقع حلول كتبي

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1. يتغير مستوى الطاقة لذرة عندما تمتص وتبعث طاقة. أي الخيارات الآتية لا يمكن أن يمثل مستوى طاقة لذرة؟

(A) $\frac{3}{4}hf$ (C) $3\,hf$

(B) hf (D) $4\,hf$

2. كيف يرتبط تردد العتبة مع التأثير الكهروضوئي؟

(A) أنه أقل تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير الذرات من مصعد الخلية الضوئية.

(B) أنه أكبر تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير الذرات من مصعد الخلية الضوئية.

(C) أنه تردد الإشعاع الساقط، والذي يحرر إلكترونات من الذرة عند ترددات أقل منه.

(D) أنه أقل تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير إلكترونات من الذرة.

3. ما طاقة فوتون تردده 1.14×10^{15} Hz؟

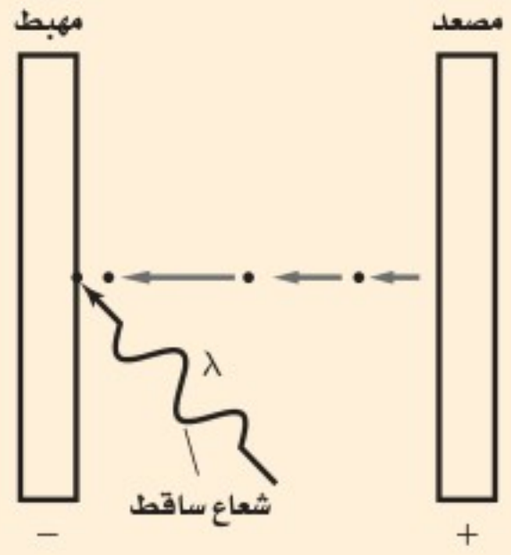
(A) 5.82×10^{-49} J (C) 8.77×10^{-16} J

(B) 7.55×10^{-19} J (D) 1.09×10^{-12} J

4. يسقط إشعاع طاقته 5.17 eV على خلية ضوئية، كما هو موضح في الشكل أدناه. إذا كانت دالة الشغل لمادة المهبط 2.31 eV فما مقدار طاقة الإلكترون المتحرر؟

(A) 0.00 eV (C) 2.86 eV

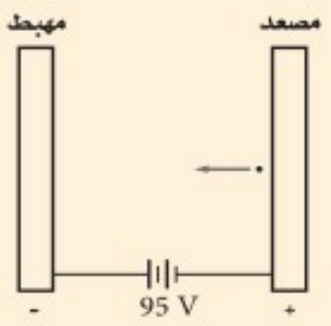
(B) 2.23 eV (D) 7.48 eV



5. يتسارع إلكترون خلال فرق جهد 95.0 V، كما هو موضح في الشكل أدناه. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للإلكترون؟

(A) 5.02×10^{-22} m (C) 2.52×10^{-10} m

(B) 1.26×10^{-10} m (D) 5.10×10^{6} m



6. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون يتحرك بسرعة 391 km /s (كتلة الإلكترون 9.11×10^{-31}kg)؟

(A) 3.5×10^{-25} m (C) 4.8×10^{-15} m

(B) 4.79×10^{-15} m (D) 1.86×10^{-9} m

7. دالة (اقتران) الشغل لفلز هي:

(A) هو مقياس مقدار الشغل الذي يستطيع أن يبذله إلكترون متحرر من الفلز.

(B) يساوي تردد العتبة.

(C) مقدار الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الداخلي لذرة الفلز.

(D) مقدار الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطًا في الذرة.

الأسئلة الممتدة

8. تحرك جسم بسرعة 45 m /s، فكان طول موجة دي برولي المصاحبة له 2.3×10^{-34} m، ما كتلة الجسم بوحدة kg؟

✓ إرشاد

ارتدِ ساعة

إذا كنت تخضع لاختبار ذي وقت محدد فنظّم وقتك. لا تقض وقتًا كبيرًا جدًّا في مسألة واحدة. اترك المسائل الصعبة، ثم عد إليها بعد أن تجيب عن المسائل السهلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

موقع
حلول كتبي

الفصل 5

الذرة
The Atom

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تعلُّم كيفية اكتشاف مكوّنات الذرة.
- تحدد طاقات ذرة الهيدروجين.
- تعلُّم كيف قادت نظرية الكم إلى النموذج الذري الحديث.
- تعلُّم كيف يعمل الليزر، وتطبيقاته.

الأهمية

يفسر النموذج الكمّيّ للذرة وانتقال الإلكترونات بين مستويات الطاقة كثيرًا من سلوك ومشاهدات المواد.

طيف الانبعاث هذه الأنابيب مملوءة بأنواع مختلفة من الغازات، وكل منها يبعث طيفًا واحدًا مميزًا من الألوان. وينبعث الضوء المتوهج عندما تنتقل إلكترونات الغاز إلى مستويات طاقة أدنى.

فكِّر

لماذا تكون ألوان الإضاءات مختلفة؟ وكيف تستطيع تحديد نوع الغاز المستخدم في كل أنبوب؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 128 4/8/19 2:23 PM

موقع حلول كتبي
www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

تحديد نوع قطعة نقدية فلزية تدور كنموذج لتعرّف نوع الذرات.

سؤال التجربة عندما تدور أي من القطع النقدية من فئات 5، أو10، أو25، أو50، أو100 هللة، على سطح الطاولة، فما الخصائص التي تمكنك من تعرّف نوع القطعة النقدية التي تدور؟

الخطوات

1. ضع قطعة نقدية فلزية من فئة ريال واحد رأسيًّا على سطح طاولة. ولتثبيتها المسها بطرف إصبعك ثم حرّك طرفها بسبابتك لتجعلها تدور لتجعلها تدور بسرعة. ولاحظ مظهر القطعة الدوّارة وصوتها إلى أن تقترب من التوقف عن الدوران على سطح الطاولة.
2. كرر الخطوة 1 ثلاث مرات مستخدمًا قطعًا من فئات (25، 50) هللة على التوالي.
3. اطلب إلى زميلك تدوير القطع النقدية، قطعة واحدة في كل مرة بترتيب عشوائي. شاهد كل قطعة في أثناء دورانها فقط، ثم حاول تحديد نوع تلك القطعة.
4. كرر الخطوة 3، وحاول تحديد نوع كل من القطع النقدية الدوّارة على أن تكون عيناك مغمضتين.

التحليل

ما مدى نجاحك في تحديد نوع القطع النقدية من خلال الاستماع إلى الأصوات التي تصدرها هذه القطع؟ ما خصائص القطعة الدوّارة التي يمكن أن تستخدم لتحديد نوعها؟ ما الأدوات التي يمكن أن تجعل عملية تحديد نوع القطعة النقدية أكثر سهولة؟

التفكير الناقد تبعث الذرات المثارة لعنصر ما في أنبوب غاز التفريغ طاقة عن طريق انبعاث الضوء. كيف يمكن للضوء المنبعث أن يساعدك على تحديد نوع الذرة في أنبوب التفريغ؟ وما الأدوات التي يمكن أن تساعدك على ذلك؟

1–5 نموذج بور الذري The Bohr Model of the Atom

في نهاية القرن التاسع عشر اتفق معظم العلماء على وجود الذرات. وقد أعطى اكتشاف تومسون للإلكترون دليلا مقنعًا على أن الذرة تتكون من جسيمات دون ذرية. وقد وجد أن كل ذرة اختبرها تومسون تحتوي على إلكترونات سالبة الشحنة، وأن لهذه الإلكترونات كتلة صغيرة جدًّا. ولأن الذرات التي كانت معلومة لها كتلة أكبر من الكتلة التي تم حسابها بواسطة الإلكترونات التي تحويها، فقد بدأ العلماء بالبحث عن الكتلة المفقودة التي يجب أن تكون جزءًا من كتلة الذرة الكلية. ما طبيعة الكتلة التي سيتم اكتشافها لاحقًا بوصفها جزءًا من الذرة؟ وكيف تتوزع هذه الكتلة داخل الذرة؟

إضافة إلى ذلك، فمعلوم أن الذرة متعادلة كهربائيًّا، وحتى تلك الفترة تم تحديد إلكترونات سالبة الشحنة داخل الذرة، فكيف تتوزع الإلكترونات السالبة الشحنة في الذرة؟ وما مصدر تعادل الذرة؟ وهل هناك جسيمات موجبة الشحنة أيضًا في الذرة؟ كان فهم العلماء الكامل عن الذرة لا يزال بعيدًا قبل الإجابة عن تلك التساؤلات. من هنا بدأ العلماء في البحث عن إجابة على العديد من الأسئلة التي وضعتهم في تحدٍّ.

الأهداف

- **تصف** تركيب نواة الذرة.
- **تقارن** بين طيف الانبعاث المستمر وطيف الانبعاث الخطي.
- **تحل** مسائل باستخدام نصف قطر المستوى ومعادلات مستويات الطاقة.

المفردات

جسيمات ألفا	النواة
طيف الامتصاص	مستوى الطاقة
حالة الاستقرار	حالة الإثارة
عدد الكم الرئيس	

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 129 4/8/19 2:23 PM

موقع حلول كتبي

النموذج النووي The Nuclear Model

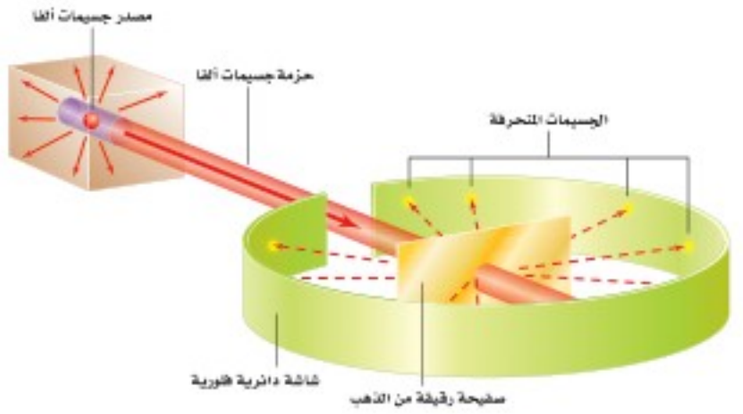
كثير من التساؤلات واجهت الباحثين حول طبيعة الذرة. ما الذي يسبب انبعاث ضوء من الذرات؟ كيف تتوزع الإلكترونات في الذرة؟ بحث فيزيائيون وكيميائيون من دول مختلفة عن حلول لهذه الألغاز (الأسئلة). لم تزودنا النتائج التي توصلوا إليها بالمعرفة عند تركيب الذرة فقط، ولكنها زودتنا بنهج جديد لفهم كل من الفيزياء والكيمياء. وأصبح تاريخ البحث في طبيعة الذرة من أكثر القصص إثارة في القرن العشرين.

اعتقد تومسون أن المادة الثقيلة الموجبة الشحنة تملأ الذرة. وقد صوّر الإلكترونات السالبة الشحنة على أنها تتوزع خلال هذه المادة الموجبة الشحنة، تمامًا مثل حبات الزبيب في الفطيرة المسطحة. وقد شارك العالم إرنست راذرفورد كلا من هانز جايجر وإرنست ماردسن في إجراء سلسلة من التجارب أظهرت نتائجها أن للذرة تركيبًا مختلفًا تمامًا.

أجريت تجربة راذرفورد باستخدام مركبات مشعة تصدر أشعة نافذة. وقد وجد أن بعض هذه الانبعاثات جسيمات موجبة الشحنة وثقيلة، وتتحرك بسرعات عالية. وسميت هذه الجسيمات فيما بعد **جسيمات ألفا**، ورُمز لها بالرمز α. ويمكن الكشف عن هذه الجسيمات في تجربة راذرفورد بواسطة ومضات ضوئية تنبعث عندما تصطدم الجسيمات مع شاشة مطلية بطبقة من كبريتات الزنك. كما يتضح من **الشكل 1–5**؛ فقد قذف راذرفورد حزمة من جسيمات ألفا على صفيحة رقيقة جدًّا من الذهب، وكان مهتما بنموذج تومسون للذرة، وتوقع حدوث انحرافات بسيطة جدًّا فقط لجسيمات ألفا عندما تعبر خلال صفيحة الذهب الرقيقة، واعتقد أن مسار جسيمات ألفا الثقيلة ذات السرعة العالية سوف يتغير بمقدار ضئيل عندما يعبر خلال الشحنة الموجبة الموزعة بانتظام والتي تكوّن كل ذرة الذهب.

وكانت نتائج التجربة مدهشة؛ فقد عبَر معظم جسيمات α خلال صفيحة الذهب دون انحراف أو مع انحراف قليل عن مسارها، إلا أن بعضها ارتدّ بزوايا كبيرة جدًّا (تزيد على 90°). والرسم التوضيحي لهذه النتائج موضح في **الشكل 2–5**. شبّه راذرفورد نتائج هذه التجربة المذهلة بإطلاق قذيفة ضخمة من مدفع 15 بوصة على منديل ورقي فارتدت القذيفة إلى الخلف واصطدمت به.

■ **الشكل 1–5** بعد قذف رقيقة الفلز بجسيمات ألفا، استنتج فريق راذرفورد أن معظم كتلة الذرة كانت متمركزة في النواة.



الشكل 3–5 تطور النظرية الذرية الحديثة.
إن فهمنا الحالي لخواص الذرات والجسيمات المكونة لها وسلوك هذه الذرات والجسيمات يقوم على عمل العلماء من مختلف أنحاء العالم خلال القرنين الماضيين.

1860

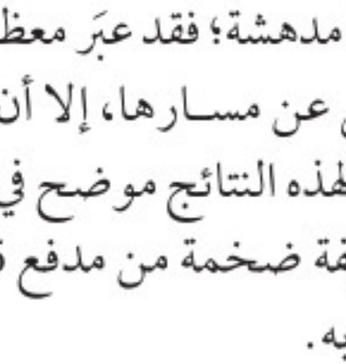
1897م باستعمال أنبوب أشعة المهبط اكتشف تومسون نسبة الإلكترونات، وحدد نسبة كتلة الإلكترون إلى شحنته الكهربائية.

1885

1911م من خلال تجربة صفيحة الذهب تمكن رذرفورد من تحديد خواص النواة، وتشمل الشحنة، والحجم، والكثافة.

1910

1913م نشر نيلزبوهر نظرية عن تركيب الذرة تربط التوزيع الإلكتروني للذرات بخواصها الكيميائية.

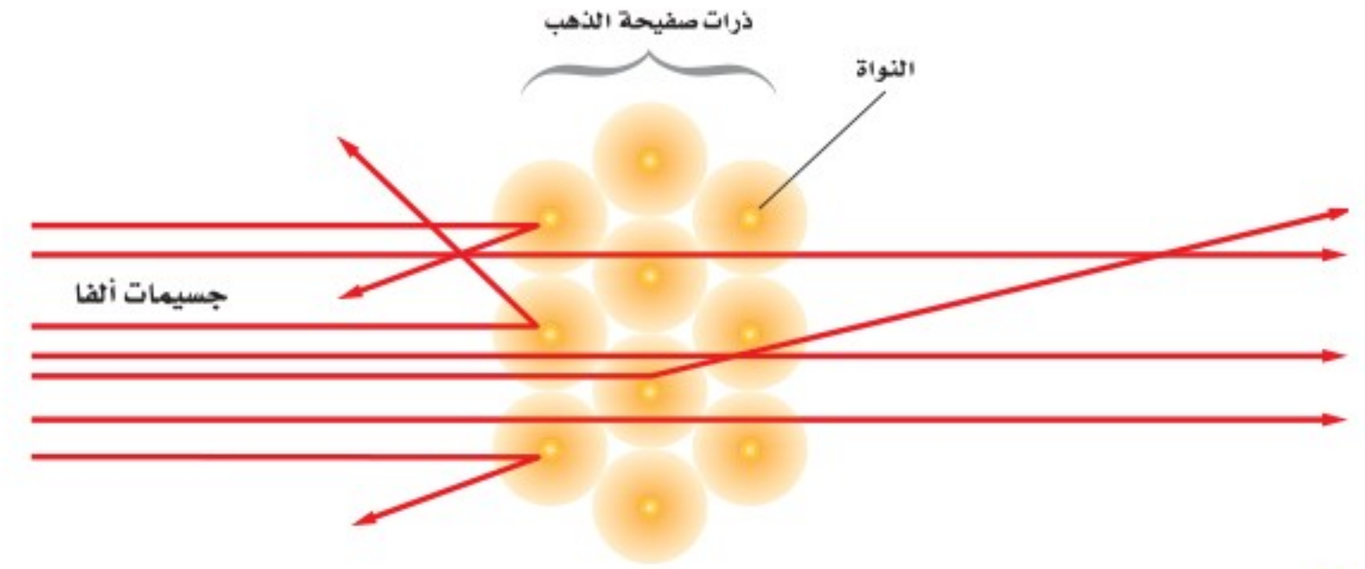


1918 تسلم العالم بلانك جائزة نوبل على نظريته في تكمية الطاقة التي شكلت أساسًا علميًّا لدراسة الذرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 130 4/8/19 2:23 PM

موقع حلول كتبي



■ **الشكل 2–5** معظم جسيمات ألفا الموجهة إلى صفيحة رقيقة من الذهب عبرت خلالها دون انحراف. وجسيم واحد من كل 1000 يرتد بزاوية كبيرة.

استنتج راذرفورد – مستخدمًا قانون القوة لكولوم وقوانين نيوتن في الحركة – أن النتائج يمكن تفسيرها فقط إذا كانت جميع شحنة الذرة متركزة في حيز صغير وثقيل، يسمى **النواة**. لذلك سمي نموذجه النموذجَ النووي. وقد حدّد مجموعة من العلماء أن الشحنة الموجبة للذرة وأكثر من 99.9% من كتلة الذرة موجودة في النواة. أما الإلكترونات التي لا تساهم بكمية كبيرة من كتلة الذرة فتكون موزعة خارجًا وبعيدًا عن النواة. لذلك فإن الفراغ الذي تشغله الإلكترونات يحدد الحجم الكلي أو قطر الذرة. ولأن قطر الذرة أكبر 10000 مرة تقريبًا من قطر النواة فإن معظم حجم الذرة يكون فراغًا. وتتابع بعد ذلك تطور النظرية الذرية الحديثة على يد العديد من العلماء، لاحظ **الشكل 3–5**.

طيف الانبعاث كيف تتوزع الإلكترونات حول نواة الذرة؟ تم التوصل إلى أحد مفاتيح الإجابة عن هذا السؤال من خلال دراسة الضوء المنبعث من الذرات. تذكَّر – من الفصل السابق – أن مجموعة الأطوال الموجية الكهرومغناطيسية التي تنبعث من الذرة تسمى طيف الانبعاث الذري.

كما هو موضح في **الشكل 4–5**، يمكن استخدام ذرات عينة غاز لتبعث ضوءًا في أنبوب تفريغ الغاز. وأنت غالبًا معتاد على رؤية إشارات النيون الملوّنة التي تستخدم في بعض الأعمال؛ فهذه الإشارات تعمل على المبادئ نفسها التي تعمل عليها أنابيب تفريغ الغاز.

■ **الشكل 4–5** عند تطبيق فرق جهد عال على عينة غاز يبعث الغاز ضوءًا ذا توهج خاص به؛ فيتوهج غاز الهيدروجين بضوء أحمر مزرق (**a**)، ويتوهج غاز الزئبق بضوء أزرق (**b**)، ويتوهج غاز النيتروجين بضوء برتقالي– وردي اللون (**c**).

1928م افترض بول ديراك وجود جسيم مماثل للإلكترون لكنه يحمل شحنة سالبة، ثم أثبت وجوده أندرسون وسماه بوزيترون.

1932م أثبت جيمس شادويك وجود النيوترونات.

1932م قام العلماء بتطوير مسرع الجسيمات لإطلاق بروتونات على أنوية الليثيوم، لتفتيتها إلى أنوية هيليوم وتحرير الطاقة.

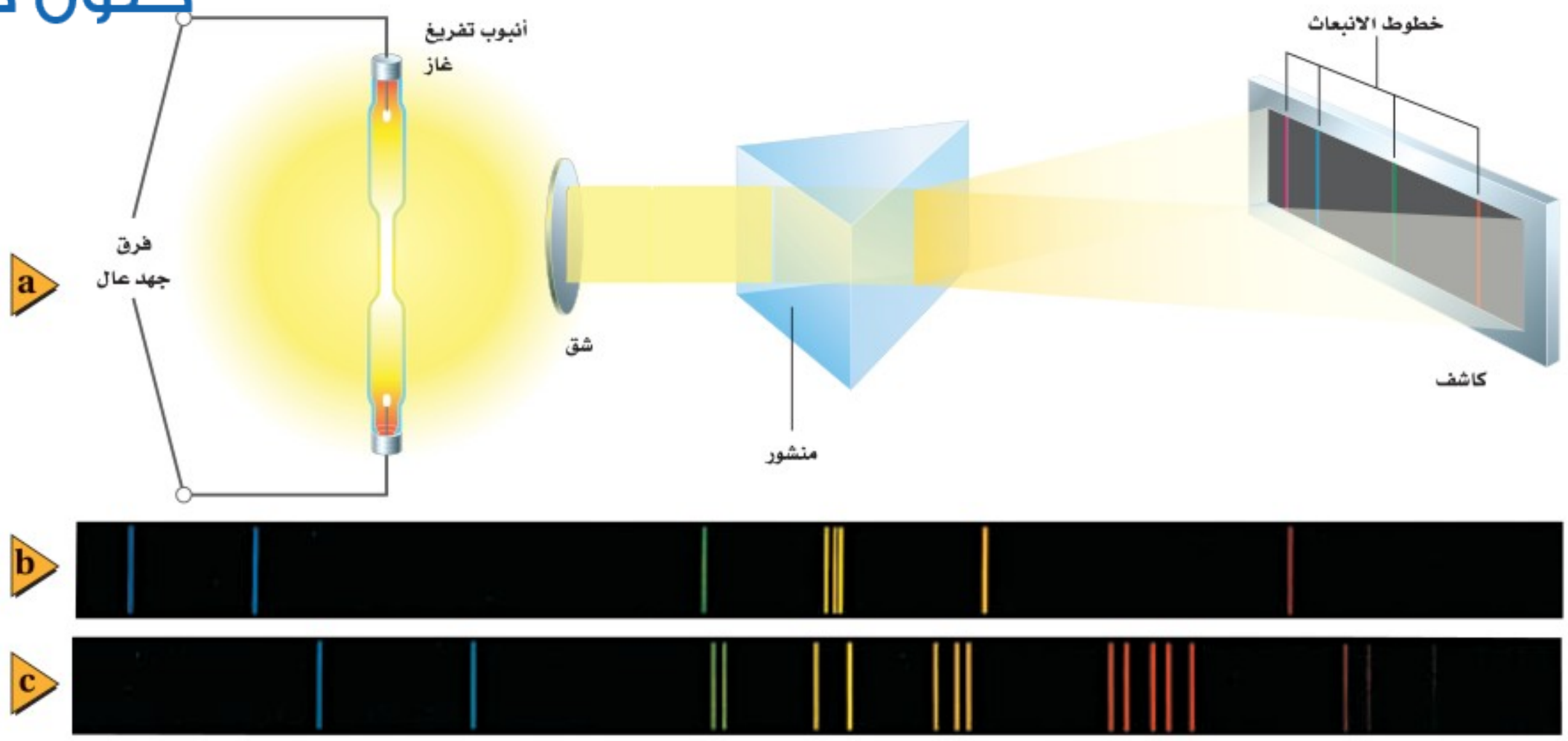
1960م أصبح واضحا أن البروتونات والنيوترونات والبيونات ليست جسيمات أولية، بل مكونة من مجموعة من جسيمات تسمى الكواركات.

1968 قدم العلماء أول دليل تجريبي على وجود الجسيمات المكونة للذرة والتي عرفت بالكواركات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 131 4/8/19 2:23 PM

موقع حلول كتبي



الشكل 5–5 يمكن استخدام منشور المطياف لمشاهدة طيف الانبعاث (**a**). طيفا الانبعاث: للزئبق (**b**)، وللباريوم (**c**) يظهران بخطوط مميزة.

حيث يحتوي أنبوب تفريغ الغاز على غاز ذي ضغط منخفض محصور في أنبوب زجاجي له قطبان فلزيان مثبتان عند طرفيه. ويتوهج الغاز عند تطبيق فرق جهد عالٍ عبر الأنبوب. أما الأمر الذي أثار اهتمام العلماء كثيرًا فتلك الحقيقة التي تبين أن كل غاز يتوهج بضوء مختلف خاص به. ويوضح **الشكل 4–5** التوهج المميِّز المنبعث عن بعض الغازات.

نحصل على طيف الانبعاث للذرة عندما يمر الضوء المنبعث من الغاز خلال منشور أو محزوز حيود. ويمكن دراسة طيف الانبعاث بتفصيل أكبر باستخدام جهاز يسمى المطياف. وكما هو موضح في **الشكل 5a–5**، فإن الضوء في منشور المطياف يعبر خلال الشق، ثم يتشتت عندما يعبر خلال المنشور، ثم تعمل عدسة النظام – غير الموضحة في الرسم – على تجميع الضوء المتشتت لكي نتمكن من مشاهدته أو تسجيله على شاشة فوتوجرافية، أو على كاشف إلكتروني، فيكوّن المطياف صورة الشق عند مواقع مختلفة لكل طول موجي.

إن الطيف المنبعث عن جسم ساخن، أو عن مادة صلبة متوهجة، مثل فتيلة المصباح الكهربائي؛ هو حزمة متصلة من ألوان الطيف من الأحمر إلى البنفسجي. لكن طيف الغاز يكون سلسلة من الخطوط المنفصلة ذات ألوان مختلفة. وخطوط طيفي الانبعاث لغازي الزئبق والباريوم موضحان في **الشكل 5b–5** و**الشكل 5c–5** على التوالي. وكل خط ملوّن يرتبط مع الطول الموجي المحدد للضوء المنبعث من ذرات ذلك الغاز.

تجربة عملية

ماذا يمكن أن تتعلم من طيف الانبعاث؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

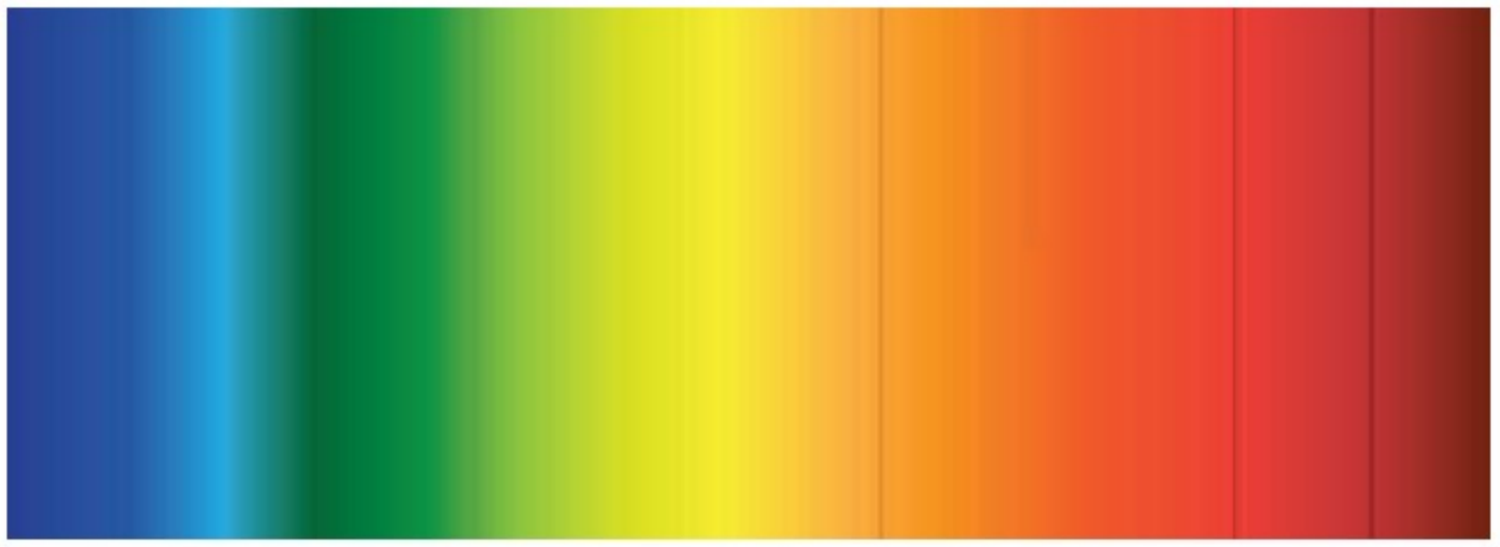
يعدّ طيف الانبعاث أيضًا وسيلة تحليلية مفيدة، فيمكن استخدامه لتحديد نوع عينة غاز مجهولة؛ حيث يوضع الغاز المجهول في أنبوب تفريغ الغاز ليبعث ضوءًا. والضوء المنبعث يحتوي على أطوال موجية مميّزة لذرات ذلك الغاز. لذا يمكن تحديد الغاز المجهول بمقارنة أطواله الموجية بالأطوال الموجية الموجودة في أطياف العينات المعلومة.

ويمكن كذلك استخدام طيف الانبعاث لتحليل خليط من الغازات. فعندما يتم تصوير طيف الانبعاث لخليط من العناصر فإن تحليل الخطوط في الصورة يمكن أن يشير إلى نوع العناصر الموجودة والتراكيز النسبية لها. وإذا كانت العينة قيد الاختبار تحتوي على كمية أكبر من عنصر معين فإن خطوط ذلك العنصر تكون أكثر كثافة في الصورة من العناصر الأخرى. ومن خلال إجراء المقارنة بين كثافات الخطوط يمكن تحديد التركيب النسبي للمادة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 132 4/8/19 2:24 PM

موقع
حلول كتبي



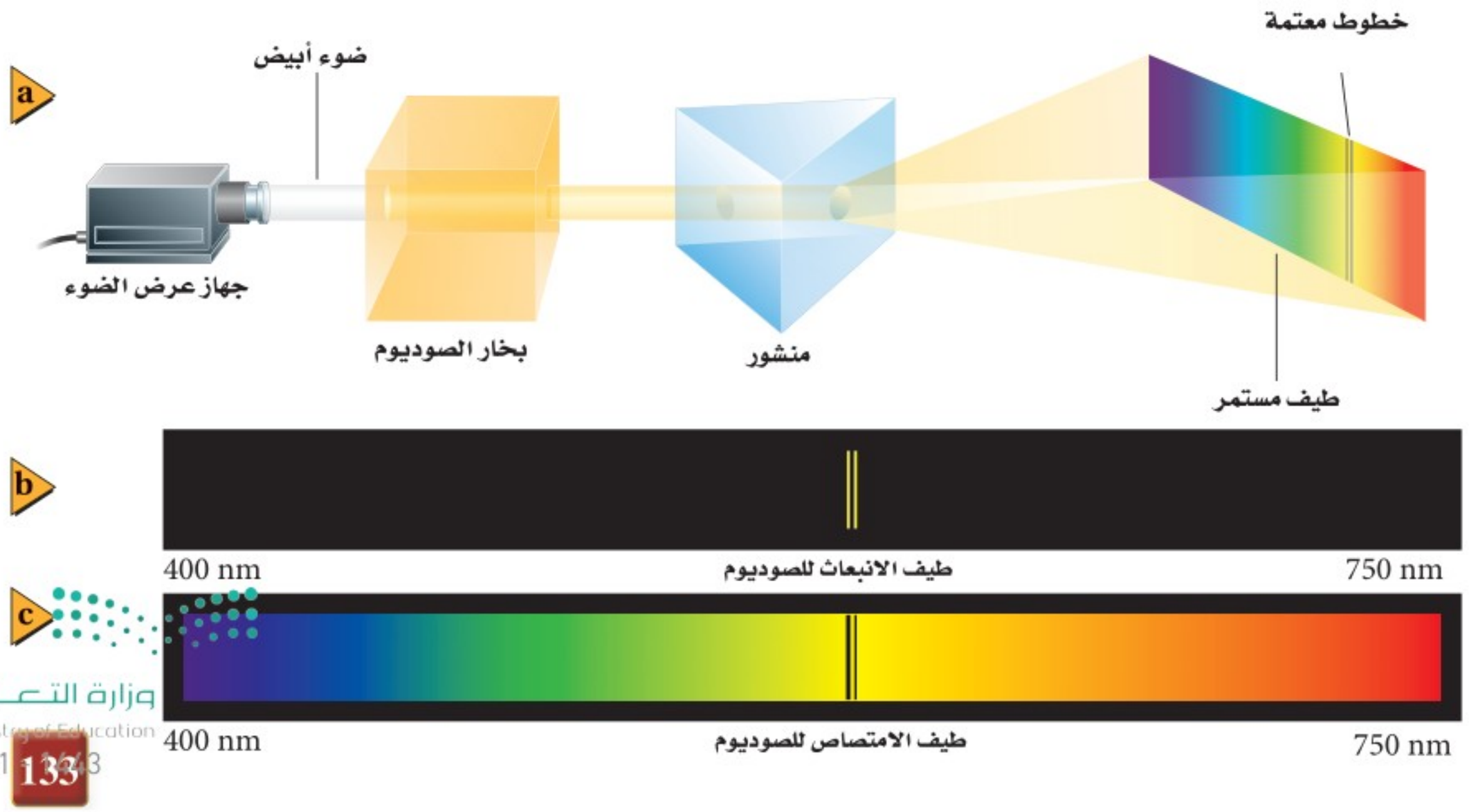
■ **الشكل 6–5** تظهر خطوط فرنهوفر في طيف الامتصاص للشمس. توجد خطوط كثيرة، إلا أن بعض هذه الخطوط خافت وبعضها قاتم جدًّا؛ اعتمادًا على تراكيز العناصر في الشمس.

الربط مع الفلك

طيف الامتصاص في عام 1814م لاحظ جوزيف فون فرنهوفر وجود بعض الخطوط المعتمة تتخلل طيف ضوء الشمس. تُعرَف هذه الخطوط المعتمة الآن بخطوط فرنهوفر، وهي موضحة في **الشكل 6–5**. وقد علل ذلك بأن ضوء الشمس يعبر خلال الغلاف الغازي المحيط بالشمس، وتمتص هذه الغازات أطوالاً موجية مميِّزة محددة، وامتصاص هذه الأطوال الموجية يُنتج هذه الخطوط المعتمة في الطيف المرئي. ومجموعة الأطوال الموجية الممتصة بواسطة الغاز تسمى **طيف الامتصاص** للغاز. وقد أمكن تحديد مكونات الغلاف الشمسي بمقارنة الخطوط المفقودة في الطيف المرئي مع طيف الانبعاث المعلوم للعناصر المختلفة، وتم كذلك تحديد مكونات العديد من النجوم باستخدام هذه التقنية.

تستطيع مشاهدة طيف الامتصاص بتمرير ضوء أبيض خلال عينة غاز ومطياف، كما هو موضح في **الشكل 7a–5**. ولأن الغاز يمتص أطوالاً موجية محددة فإن الطيف المستمر المرئي للضوء الأبيض سيحتوي على خطوط معتمة محددة بعد مروره في غاز ما. وتحدث الخطوط المضيئة لطيف الانبعاث والخطوط المعتمة لطيف الامتصاص لأي غاز غالبًا عند الأطوال الموجية نفسها، كما هو موضح في **الشكل 7b–5** و**الشكل 7c–5**، على التوالي، لذلك فإن العناصر الغازية الباردة تمتص الأطوال الموجية نفسها التي تبعثها عندما تثار. وكما يمكن أن تتوقع، فإنه يمكن تحديد مكونات غاز ما من الأطوال الموجية للخطوط المعتمة في طيف الامتصاص لهذا الغاز.

■ **الشكل 7–5** يستخدم هذا الجهاز لإنتاج طيف الامتصاص لغاز الصوديوم (**a**). يتكون طيف الانبعاث للصوديوم من العديد من الخطوط المميزة (**b**)، بينما يكون طيف الامتصاص للصوديوم مستمرًا تقريبًا (**c**).



وزارة التعليم
Ministry of Education
2021

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 133 4/8/19 2:24 PM

موقع حلول كتبي

التحليل الطيفي يعدّ كل من طيفي الانبعاث والامتصاص وسيلة علمية مفيدة؛ فنتيجة للأطياف المميِّزة للعنصر استطاع العلماء تحليل وتحديد وحساب كمية المواد المجهولة عن طريق ملاحظة الأطياف التي تبعثها أو تمتصها. ولأطياف الانبعاث والامتصاص أهمية بالغة في الصناعة كما في البحوث العلمية. تقوم مصانع الحديد مثلًا بإعادة معالجة كميات كبيرة من حديد الخردة الذي يحتوي على تراكيب مختلفة، فيتم التحديد الدقيق لهذه التراكيب في دقائق بالتحليل الطيفي. كما يمكن تعديل تركيب الحديد ليتناسب مع المواصفات التجارية؛ وتقوم محطات معالجة الفلزات – ومنها الألومنيوم والزنك ومعادن أخرى – بتطبيق الطريقة نفسها.

إن دراسة الأطياف تعدّ فرعًا من العلم المعروف باسم التحليل الطيفي. ويعمل الباحثون في هذا العلم في مؤسسات الأبحاث والمؤسسات الصناعية. وقد تم إثبات أن علم التحليل الطيفي أداة فعّالة لتحليل الفلزات الموجودة على الأرض، وهو الأداة المتوافرة الوحيدة حاليًّا لدراسة مكونات النجوم على مدى الفضاء المتسع.

نموذج بور للذرة The Bohr Model of the Atom

في القرن التاسع عشر، حاول بعض العلماء استخدام الأطياف الذرية لتحديد مكونات الذرة. وتمت دراسة الهيدروجين بدقة؛ لأنه العنصر الأخف، وله أبسط طيف؛ حيث يتكون الطيف المرئي للهيدروجين من أربعة خطوط: الأحمر، والأخضر، والأزرق، والبنفسجي، كما هو موضح في **الشكل 8–5**. وأي نظرية علمية تفسر مكونات الذرة يجب أن تأخذ في الحسبان هذه الأطوال الموجية وتدعم النموذج النووي. ومع ذلك فإن النموذج النووي الذي اقترحه راذرفورد لم يخل من السلبيات؛ حيث افترض أن الإلكترونات تدور حول النواة تمامًا، كما تدور الكواكب حول الشمس. فكانت هناك ثغرة خطيرة في النموذج النووي (نموذج الكواكب).

سلبيات النموذج النووي (نموذج الكواكب) يتسارع الإلكترون في مستواه مع استمرار دورانه حول النواة. وكما درست سابقًا فإن الإلكترونات المتسارعة تشع طاقة عن طريق انبعاث موجات كهرومغناطيسية. وسرعة معدل فَقْد الإلكترون الدائر حول النواة لطاقته يجعل مساره لولبيًّا حتى يسقط في النواة خلال 10^{-9} s. لذلك فإن نموذج الكواكب لا يتفق مع قوانين الكهرومغناطيسية. إضافة إلى ذلك يتوقع نموذج الكواكب أن الإلكترونات المتسارعة سوف تشع طاقتها عند كل الأطوال الموجية، لكن كما درست، فإن الضوء المنبعث من الذرات يُشَع عند أطوال موجية محددة فقط.

انتقل الفيزيائي الدنماركي نيلز بور إلى بريطانيا عام 1911م، وانضم إلى مجموعة راذرفورد ليعمل في تحديد تركيب الذرة. وحاول توحيد النموذج النووي مع مستويات الطاقة المكماة لبلانك ونظرية أينشتاين في الضوء. فكانت هذه فكرة جريئة؛ لأنه منذ عام 1911م لم تكن أي من هذه الأفكار الجريئة مفهومة على نطاق واسع، أو مقبولة.

الشكل 8–5 هناك أربعة خطوط في طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2021 - 1443

SA.PH12.SE.COURSES4.indb 134 4/8/19 2:24 PM