سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم
رؤية عُمان 2040
OmanVision
نتقدم بثقة
Moving Forward
with Confidence
الفيزياء
دليل المعلّم
٩
الفصل الدراسي الثاني
الطبعة التجريبية ١٤٤٣هـ - ٢٠٢١م
CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

الفيزياء

دليل المعلّم

الفصل الدراسي الثاني

الطبعة التجريبية ١٤٤٣هـ - ٢٠٢١م

CAMBRIDGE
UNIVERSITY PRESS

CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

مطبعة جامعة كامبريدج، الرمز البريدي CB2 8BS، المملكة المتحدة.

تشكل مطبعة جامعة كامبريدج جزءًا من الجامعة.
وللمطبعة دور في تعزيز رسالة الجامعة من خلال نشر المعرفة، سعيًا وراء
تحقيق التعليم والتعلم وتوفير أدوات البحث على أعلى مستويات التميز العالمية.

© مطبعة جامعة كامبريدج ووزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي
المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.
لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من
مطبعة جامعة كامبريدج ومن وزارة التربية والتعليم في سلطنة عُمان.

الطبعة التجريبية ٢٠٢٠ م، طُبعت في سلطنة عُمان

هذه نسخة تمَّت مواءمتها من دليل المعلم – العلوم للصف التاسع – من سلسلة كامبريدج للعلوم
المتكاملة IGCSE للمؤلفين ماري جونز، ريتشارد هاروود، إيان لودج، ودايفيد سانغ.

تمت مواءمة هذا الدليل بناءً على العقد الموقع بين وزارة التربية والتعليم ومطبعة
جامعة كامبريدج رقم ٢٠٢٠/٤٠.
لا تتحمل مطبعة جامعة كامبريدج المسؤولية تجاه توفُّر أو دقة المواقع الإلكترونية
المستخدمة في هذا الكتاب، ولا تؤكد أن المحتوى الوارد على تلك المواقع دقيق
وملائم، أو أنه سيبقى كذلك.

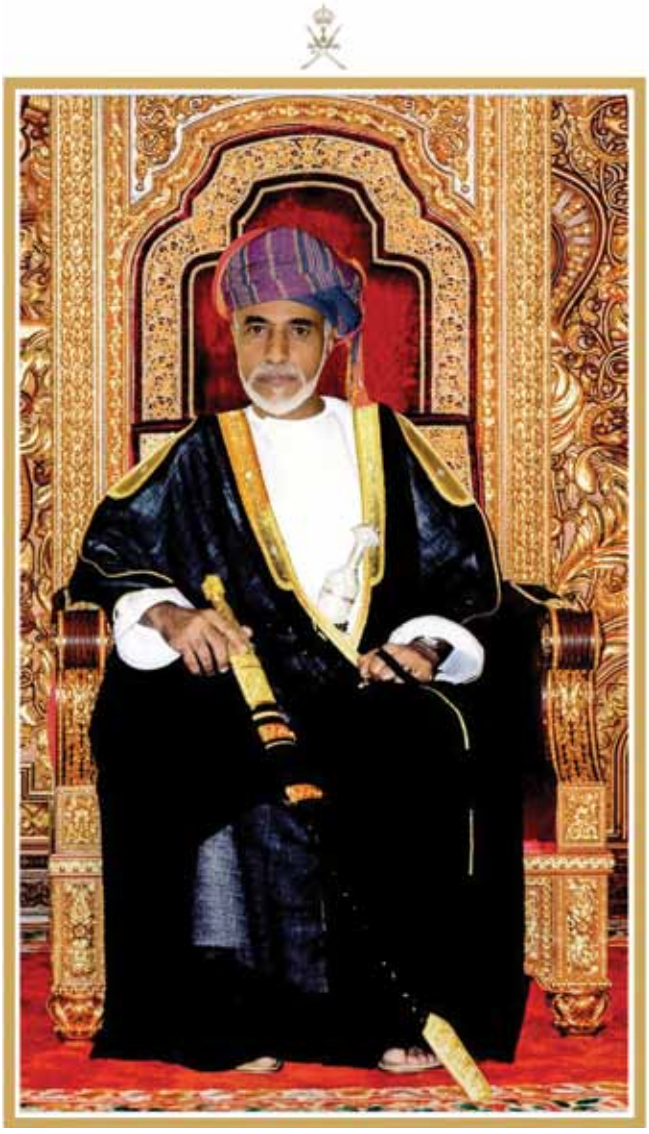
تمت مواءمة الدليل

بموجب القرار الوزاري رقم ٢٠١٩/٣٠٢ واللجان المنبثقة عنه

محفوظة جميع الحقوق

جميع حقوق الطبع والتأليف والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم

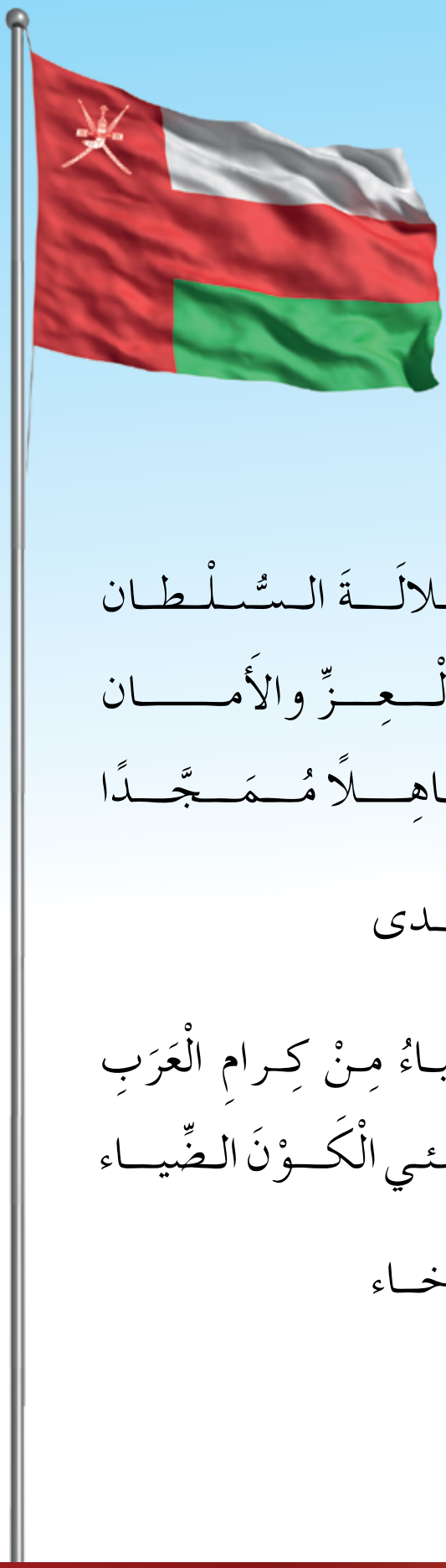
**ولا يجوز طبع الكتاب أو تصويره أو إعادة نسخه كاملاً أو مجزّأً أو ترجمته
أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال
إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حالة الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.**



المغفور لـه
السلطان قابوس بن سعيد
–طيّب اللّه ثراه–

حضـرة صـاحـب الجـلالـة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
– حفظه اللّه ورعاه –

سلطنـــــة عُمـــــان



النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

يا رَبَّنا احْفَظْ لنا جَلالَةَ السُّلْطان
وَالشَّعْبَ في الأَوْطان بِالْعِزِّ والأَمان
وَلْيَدُمْ مُؤَيَّدًا عاهِلاً مُمَجَّدًا
بِالنُّفوسِ يُفْتَدى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبي أَوْفِياءُ مِنْ كِرامِ الْعَرَبِ
فارْتَقي هامَ السَّماء وَامْلَئي الْكَوْنَ الضِّياء
وَاسْعَدي وَانْعَمي بِالرَّخاء

تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيّدنا مُحمَّد، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد:

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المنظومة التعليمية في جوانبها ومجالاتها المختلفة كافة؛ لتُلبّي مُتطلّبات المجتمع الحالية، وتطلُّعاته المستقبلية، ولتتواكب مع المُستجدّات العالمية في اقتصاد المعرفة، والعلوم الحياتية المختلفة؛ بما يؤدّي إلى تمكين المخرجات التعليمية من المشاركة في مجالات التنمية الشاملة للسلطنة.

وقد حظيت المناهج الدراسية، باعتبارها مكوِّنًا أساسيًّا من مكوِّنات المنظومة التعليمية، بمراجعة مستمرة وتطوير شامل في نواحيها المختلفة؛ بدءًا من المقررات الدراسية، وطرائق التدريس، وأساليب التقويم وغيرها؛ وذلك لتتناسب مع الرؤية المستقبلية للتعليم في السلطنة، ولتتوافق مع فلسفته وأهدافه.

وقد أولت الوزارة مجال تدريس العلوم والرياضيات اهتمامًا كبيرًا يتلاءم مع مستجدات التطور العلمي والتكنولوجي والمعرفي. ومن هذا المنطلق اتَّجهت إلى الاستفادة من الخبرات الدولية؛ اتساقًا مع التطوُّر المتسارع في هذا المجال، من خلال تبنّي مشروع السلاسل العالمية في تدريس هاتَين المادّتَين وفق المعايير الدولية؛ من أجل تنمية مهارات البحث والتقصّي والاستنتاج لدى الطلاب، وتعميق فهمهم للظواهر العلمية المختلفة، وتطوير قدراتهم التنافُسية في المسابقات العلمية والمعرفية، وتحقيق نتائج أفضل في الدراسات الدولية.

مُتمنّية لأبنائنا الطلاب النجاح، ولزملائنا المعلّمين التوفيق فيما يبذلونه من جهود مُخلِصة، لتحقيق أهداف الرسالة التربوية السامية؛ خدمة لهذا الوطن العزيز، تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظّم، حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

المقدمة xiii

الأهداف التعليمية xv

الوحدة الحادية عشرة: مصادر الطاقة

موضوعات الوحدة ١٩

الموضوع ١١-١: الطاقة التي نستخدمها ١٩

الموضوع ١١-٢: الشمس كمصدر للطاقة ٢١

الموضوع ١١-٣: الكفاءة ٢٢

إجابات أسئلة كتاب الطالب ٢٣

إجابات تمارين كتاب النشاط ٢٤

إجابات أوراق العمل ٢٧

إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٢٩

الوحدة الثانية عشرة: انعكاس الضوء

موضوعات الوحدة ٣١

الموضوع ١٢-١: انعكاس الضوء ٣١

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٣٢

إجابات أسئلة كتاب الطالب ٣٣

إجابات تمارين كتاب النشاط ٣٤

إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٣٤

الوحدة الثالثة عشرة: انكسار الضوء

موضوعات الوحدة ٣٦

الموضوع ١٣-١: انكسار الضوء ٣٦

الموضوع ١٣-٢: الانعكاس الداخلي الكلّي ٣٧

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٣٨

إجابات أسئلة كتاب الطالب ٤٠

إجابات تمارين كتاب النشاط ٤١

إجابات أوراق العمل ٤٣

إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٤٤

الوحدة الرابعة عشرة: العدسات المحدّبة الرقيقة

موضوعات الوحدة ٤٧

الموضوع ١٤-١: العدسات ٤٧

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٤٨

إجابات أسئلة كتاب الطالب ٤٩

إجابات تمارين كتاب النشاط ٥٠

إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٥١

الوحدة الخامسة عشرة: التيّار وفرق الجهد والقوّة الدافعة الكهربائية

موضوعات الوحدة ٥٣

الموضوع ١٥-١: التيّار الكهربائي في الدوائر الكهربائية ٥٣

الموضوع ١٥-٢: فرق الجُهد والقوّة الدافعة الكهربائية ٥٥

الموضوع ١٥-٣: الكهرباء والطاقة ٥٦

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٥٧

إجابات أسئلة كتاب الطالب ٥٩

إجابات تمارين كتاب النشاط ٦١

إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٦٣

الوحدة السادسة عشرة: المقاوَمة

موضوعات الوحدة ٦٥

الموضوع ١٦-١: المقاوَمة الكهربائية ٦٥

الموضوع ١٦-٢: المزيد عن المقاوَمة الكهربائية ٦٦

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية ٦٧

إجابات أسئلة كتاب الطالب ٦٨

إجابات تمارين كتاب النشاط ٦٩

إجابات أوراق العمل ٧٣

إجابات أسئلة نهاية الوحدة ٧٤

المقدمة

صمَّم هذا المنهج فريق من المختصّين في المواد الدراسية. وهو يعكس نتاج البحوث التربوية العالميّة، ويُكسب الطلاب فهمًا للمبادئ التعلُّمية الأساسيّة عبر العديد من الدراسات النظرية والعمليّة، ويُطوِّر فهمهم للمهارات العلميّة التي تشكّل أساسًا للتحصيل العلمي المتقدّم، ويُنمّي إدراكهم لمسألة أنّ نتائج البحوث العلميّة تؤثّر في الأفراد والمجتمعات والبيئة. ويُساعد هذا المنهج الطلاب على فهم عالم التكنولوجيا الذي يعيشون فيه، وعلى الاهتمام بالعلوم والتطوّرات العلميّة.

يهدف المنهج إلى:

أ. توفير تجربة تربوية ممتعة ومفيدة لجميع الطلاب.

ب. تمكين الطلاب من اكتساب المعرفة والفهم، والهدف من ذلك:

- أن يُصبحوا مواطنين واثقين بأنفسهم في عالم قائم على التكنولوجيا، وأن يكون لديهم اهتمام واضح بالمواد العلميّة.
- أن يُعزِّز إدراكهم لقضيَّة أن مواد العلوم قائمة على البراهين، ويُمكِّنهم من فهم أهمية الأسلوب العلمي في التفكير.

ج. تطوير ما لدى الطلاب من مهارات:

- ترتبط بدراسة مواد العلوم وتطبيقاتها.
- تفيدهم في الحياة اليوميّة.
- تُشجّعهم على حلّ المسائل بطرائق منهجيّة.
- تُشجّعهم على تطبيق العلوم تطبيقًا فعّالًا وآمنًا.
- تُشجّعهم على التواصل الفعَّال باستخدام اللغة العلميّة.

د. تطوير سلوكيّات مرتبطة بمواد العلوم مثل:

- الحرص على الدقّة والإتقان.
- الموضوعيّة.
- الأمانة العلمية.
- الاستقصاء.
- المبادرة.
- الابتكار.

حثّ الطلاب على مراعاة الآتي:

- أنّ مواد العلوم خاضعة للتأثيرات الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية والأخلاقية والثقافية وقيودها.
- أنّ تطبيقات العلوم قد تكون مفيدة وقد تكون ضارَّة بالفرد والمجتمع والبيئة.

تتضمَّن كل وحدة في الدليل:

- أفكارًا للتدريس لكل موضوع تمثّل اقتراحات حول كيفية تناول الموضوع لمساعدة الطلاب على فهمه جيدًا.
- أفكارًا للواجبات المنزلية.
- إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية.
- إجابات عن جميع الأسئلة الواردة في كتاب الطالب، وكذلك عن أسئلة التمارين وأوراق العمل في كتاب النشاط.

التخطيط للتدريس

توجد مجموعة قيِّمة من المصادر في كتاب الطالب وكتاب النشاط (أنشطة – تمارين – أوراق عمل).

وقد لا يكون لديك الوقت الكافي لاستخدام كل مصدر من هذه المصادر. لذلك، عليك بالتخطيط الجيّد، وتحديد المصادر التي تشعر بأنها الأنسب في تحقيق الأهداف التعليمية.

الأهداف التعليمية

الأهداف التعليمية

الوحدة الحادية عشرة: مصادر الطاقة

١١-١ الطاقة التي نستخدمها

١١-١	يميّز بين مصادر الطاقة المتجدّدة ومصادر الطاقة غير المتجدّدة.
١١-٢	يصف كيفية الحصول على الكهرباء أو أيّ شكل آخر من أشكال الطاقة المفيدة من الآتي: • الطاقة الكيميائيّة المختزنة في الوقود • الماء بما في ذلك الطاقة المختزنة في الأمواج، والمدّ والجزر، والماء المحجوز خلف السدود الكهرومائيّة • الطاقة الحراريّة الجوفيّة • الانشطار النوويّ • الحرارة والضوء من الشمس (الخلايا والسخّانات الشمسيّة) • طاقة الرياح
١١-٣	يعطي إيجابيات كلّ طريقة من هذه الطرق وسلبياتها من حيث قابليّتها للتجدّد والتكلفة والموثوقيّة والحيّز والأثر البيئيّ.

١١-٢ الشمس كمصدر للطاقة

١١-٤	يفهم أنّ الشمس مصدر الطاقة لجميع مصادر الطاقة ما عدا الطاقة الحراريّة الجوفيّة، والطاقة النوويّة، وطاقة المدّ والجزر.
١١-٥	يفهم أنّ القمر هو مصدر طاقة المدّ والجزر بشكلٍ أساسيٍّ.
١١-٦	يظهر فهمًا بأنّ الاندماج النوويّ على سطح الشمس هو سبب إطلاق الطاقة.

١١-٣ الكفاءة

١١-٧	يظهر فهمًا للكفاءة، ويذكر المعادلات الآتية ويستخدمها: $\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$ $\text{الكفاءة} = \frac{\text{القدرة الخارجة المفيدة}}{\text{القدرة الداخلة}} \times 100\%$

الوحدة الثانية عشرة: انعكاس الضوء

١٢-١ انعكاس الضوء

١٢-١	يصف تكوين صورة بصريّة باستخدام مرآة مستوية، ويعطي خصائصها (بما في ذلك، صورة «تقديريّة» و «مقلوبة جانبيًا»).

الأهداف التعليمية

١٢-٢	يتذكّر قانون الانعكاس ويستخدمه: زاوية السقوط (i) = زاوية الانعكاس (r) مع العلم أنّ هذه الزوايا تُقاس بالنسبة للعمودي.
١٢-٣	يُجري العمليّات والقياسات والحسابات البسيطة للانعكاس عن المرآة المستوية.

الوحدة الثالثة عشرة: انكسار الضوء

١٣-١ انكسار الضوء

١٣-١	يفسّر تجربة لانكسار الضوء ويصفها.
١٣-٢	يستخدم مصطلحي زاويتي السقوط (i) والانكسار (r)، ويصف مرور الضوء عبر كتلة شفّافة متوازيّة الجوانب ويتضمّن ذلك استخدام مخطّطات الأشعّة.
١٣-٥	يذكر تعريف مُعامِل الانكسار (n) بدلالة السرعة ويستخدم العلاقة الآتية: مُعامِل الانكسار (n) = $\frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط المادّي}}$
١٣-٦	يذكر المعادلة الآتية لمُعامِل الانكسار ويستخدمها: $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

١٣-٢ الانعكاس الداخلي الكلّي

١٣-٣	يصف الانعكاس الداخليّ والانعكاس الداخليّ الكلّيّ بما في ذلك استخدام مخطّطات الأشعّة.
١٣-٤	يذكر مفهوم الزاوية الحرجة.
١٣-٧	يصف عمل الألياف البصريّة ويشرحها وبخاصّةٍ في الطبّ وتكنولوجيا الاتّصالات.

الوحدة الرابعة عشرة: العدسات المحدّبة الرقيقة

١٤-١ العدسات

١٤-١	يصف تأثير العدسة المحدّبة الرقيقة على مسار شعاع ضوئيّ.
١٤-٢	يستخدم مصطلحات بؤرة العدسة والبعد البؤريّ ويعرّفهما.
١٤-٣	يرسم مخطّطات الأشعّة؛ لتكوين صورة حقيقيّة بواسطة عدسة منفردة.
١٤-٤	يصف خصائص الصورة مستخدمًا المصطلحات الآتية: مكبّرة، لها الحجم نفسه، مصغّرة، معتدلة، مقلوبة، حقيقية وتقديرية.

الأهداف التعليمية

١٤–٥	يصف وجه الاختلاف بين الصورة الحقيقيّة والصورة التقديريّة.
١٤–٦	يصف استخدام العدسة المنفردة كعدسة مكبّرة بما في ذلك استخدام مخطّطات الأشعّة.

الوحدة الخامسة عشرة: التيّار وفرق الجهد والقوّة الدافعة الكهربائيّة

١٥–١ التيّار الكهربائي في الدوائر الكهربائية

١٥–١	يذكر أنّ سبب سريان التيّار الكهربائيّ في الفلزّات هو تدفّق الإلكترونات ويرتبط بتدفق الشحنة، التي تقاس بوحدة الكولوم (C).
١٥–٢	يظهر فهمًا بأن شدّة التيّار الكهربائيّ هو معدل تدفق الشحنات، ويذكر أنّ وحدة قياس شدّة التيّار هي الأمبير (A)، كما يذكر المعادلة الآتية ويستخدمها: $I = \frac{Q}{t}$.
١٥–٣	يستخدم جهاز قياس شدّة التيّار الكهربائيّ (الأمّيتر) التناظريّ والرقميّ ويصف استخدامه.

١٥–٢ فرق الجُهد والقوّة الدافعة الكهربائية

١٥–٤	يظهر فهمًا للقوّة الدافعة الكهربائيّة وبأنها تُعرف في ضوء الطاقة الّتي يتم توفيرها بواسطة مصدر بهدف دفع الشحنات الكهربائيّة في الدائرة الكاملة.
١٥–٥	يذكر أنّ القوّة الدافعة الكهربائيّة لمصدر الطاقة الكهربائيّة تُقاس بوحدة الڤولت.
١٥–٦	يظهر فهمًا لفرق الجهد، ويذكر أنّ فرق الجهد بين طرفي أحد مكوّنات الدائرة الكهربائيّة يُقاس بوحدة الڤولت (V).
١٥–٧	يستخدم أجهزة الڤولتميتر التناظريّة والرقميّة ويصف استخدامها.

١٥–٣ الكهرباء والطاقة

١٥–٨	يذكر المعادلتين ($P = IV$) و ($E = IVt$) ويستخدمهما.

الوحدة السادسة عشرة: المقاومة

١٦–١ المقاومة الكهربائية

١٦–١	يذكر أنّ المقاومة = $\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{شدّة التيّار الكهربائيّ}}$ ($R = \frac{V}{I}$)، ويفهم، من الناحية النوعيّة، كيف تؤثّر التغيّرات في فرق الجهد أو المقاومة على شدة التيّار.
١٦–٢	يذكر المعادلة الآتية ويستخدمها: $R = \frac{V}{I}$، ويذكر أنّ المقاومة تُقاس بوحدة الأوم (Ω).

الأهداف التعليمية

١٦-٢ المزيد من المقاومة الكهربائية	
١٦-٣	يرسم التمثيل البيانيّ لمقاوم كهربائيّ أومي ومصباح كهربائيّ بفتيل ويشرح خاصّيّة (التيّار الكهربائيّ - الجهد) لهما.
١٦-٤	يتذكّر التناسب الطردي بين المقاومة وطول السلك والتناسب العكسيّ بين المقاومة ومساحة المقطع العرضيّ للسلك ويستخدمه استخدامًا كمّيًّا.

الأهداف التعليمية المرتبطة بالاستقصاء العلمي

التقنيّات والأجهزة والأدوات العلميّة

- يبرّر اختيار الأجهزة والمواد والأدوات لاستخدامها في إجراء التجارب.
- يقيّم الأخطار ويشرح التدابير الوقائيّة المتّخذة لضمان السلامة.

التخطيط

- يصف الخطوات التجريبيّة والتقانة المُستخدَمة ويشرحها.
- يكوّن التنبّؤات والفرضيّات (استنادًا إلى استيعاب المفاهيم والمعرفة).
- يحدّد المتغيّرات، ويصف كيف يمكن قياسها، ويشرح لماذا ينبغي التحكّم ببعض المتغيّرات.

الملاحظة والقياس والتسجيل

- يرسم الأشكال التخطيطيّة للجهاز ويُسمّي أجزاءه.
- يسجّل الملاحظات بطريقة منهجيّة باستخدام الوحدات المناسبة والأرقام ومدى القياسات المناسبة ودرجة الدقّة المناسبة.

تفسير الملاحظات والبيانات وتقييمها

- يعالج البيانات ويعرضها ويقدّمها، بما في ذلك استخدام الآلات الحاسبة والتمثيلات البيانيّة والميل.
- يفسّر الملاحظات وبيانات التجارب ويقيّمها، ويحدّد النتائج غير المتوقّعة ويتعامل معها بالشكل الملائم.

طرائق التقييم

- يستخلص الاستنتاجات المناسبة ويبرّرها بالرجوع إلى البيانات وباستخدام التفسيرات المناسبة.
- يحدّد الأسباب المحتملة لعدم دقّة البيانات أو الاستنتاجات، ويقترح التحسينات المناسبة للخطوات التجريبيّة والتقانة المُستخدَمة.

الوحدة الحادية عشرة: مصادر الطاقة

موضوعات الوحدة

المصادر المتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١١-١، ١١-٢، ١١-٣	١١-١ الطاقة التي نستخدمها	٤	الأسئلة من ١١-١ إلى ١١-٧	تمرين ١١-١ مصادر الطاقة المُتجدِّدة ومصادر الطاقة غير المُتجدِّدة تمرين ١١-٢ مصادر الطاقة من أجل الكهرباء ورقة العمل ١١-١ الخلايا الشمسية
١١-٤، ١١-٥، ١١-٦	١١-٢ الشمس كمصدر للطاقة	٢	السؤال ١١-٨	تمرين ١١-٣ الطاقة من الشمس ورقة العمل ١١-٢ مصادر الطاقة المُتجدِّدة ومصادر الطاقة غير المُتجدِّدة ورقة العمل ١١-٣ طاقة المستقبل
١١-٧	١١-٣ الكفاءة	١	الأسئلة من ١١-٩ إلى ١١- ١٤	تمرين ١١-٤ الكفاءة
	المُلخّص		أسئلة نهاية الوحدة	

الموضوع ١١-١: الطاقة التي نستخدمها

الأهداف التعليمية

١١-١ يميّز بين مصادر الطاقة المتجدِّدة ومصادر الطاقة غير المتجدِّدة.

١١-٢ يصف كيفية الحصول على الكهرباء أو أيّ شكل آخر من أشكال الطاقة المفيدة من الآتي:

- الطاقة الكيميائيّة المختزنة في الوقود.
- الماء بما في ذلك الطاقة المختزنة في الأمواج، والمدّ والجزر، والماء المحجوز خلف السدود الكهرومائيّة.
- الطاقة الحراريّة الجوفيّة.
- الانشطار النووي.
- الحرارة والضوء من الشمس (الخلايا والسخّانات الشمسيّة).
- طاقة الرياح.

١١-٣ يعطي إيجابيات كلّ طريقة من هذه الطرق وسلبياتها من حيث قابليّتها للتجدُّد والتكلفة والموثوقية والحيّز والأثر البيئي.

أفكار للتدريس

- تحتاج إلى بناء تصوُّر عن جميع مصادر الطاقة المتوفِّرة والتي يمكننا الاعتماد عليها. ابدأ الموضوع بمصادر الطاقة التي يعرفها الطلاّب. يمكن أن يشمل ذلك الوقود وضوء الشمس والرياح وغيرها.
- وضح للطلاب أنّ الكهرباء شكل من أشكال الطاقة المهمّة يتمّ إنتاجها من مصادر أخرى.
- قد يكون من الأفضل إخبار الطلاب بأننا سنتناول لاحقًا كيفية إنتاج الكهرباء من مصادر طاقة مختلفة في هذا الموضوع.
- يمثِّل الشكل ١١–١ في كتاب الطالب مخطّطًا بيانيًّا دائريًّا يُظهِر الاستخدام العالمي لمصادر الطاقة والوقود. ومن الجدير بالذكر أن المخطّطات البيانية المشابهة له متوفِّرة لمعظم البلدان، وسيكون من الجيّد مُقارنة التمثيل البياني لمصادر الطاقة في سلطنة عُمان مع هذا التمثيل البياني العالمي.
- قد تتمكّن أيضًا من البحث عن بيانات تتعلَّق ببلدنا سلطنة عُمان حول كيفية استخدام تلك المصادر ونسب استخدامها في النقل والصناعة، وغير ذلك. وقد يكون هذا نشاطًا بحثيًّا للطلاب.
- يمكنك أن تبني تصوّرًا لكيفية استخدام المصادر المختلفة للطاقة. بداية يعرض كتاب الطالب كيفية استخدام ضوء الشمس. وضّح لطلابك كيف يتسبَّب ضوء الشمس في تدفئة الماء، كما هو الحال في السخّانات الشمسية. وضِّح لهم أيضًا كيف تُستخدَم الطاقة الشمسية في الخلايا الشمسية لإنتاج الكهرباء، لتشغيل مُحرِّك كهربائي صغير مثلًا.
- استمرّ في توضيح طاقة الرياح والأمواج لطلابك، ووضّح لهم كيفية عمل التوربين الذي يشغّل مُولِّدًا لإنتاج الكهرباء.
- انتقل إلى الوقود. فالكتلة الحيوية مألوفة جرّاء حرق الخشب. ويمكن للطلاب البحث في تطوير محاصيل الكتلة الحيوية؛ يمكن أن يُطلَب إلى الطلاب مناقشة ما يترتَّب عن تخصيص المزيد من الأراضي لزراعة محاصيل الكتلة الحيوية.
- يُمكِن مناقشة الفترة الزمنية اللازمة لتجديد بعض من الكتلة الحيوية، مثل الخشب، إلى جانب الأثر البيئي لقطع الكثير من الأشجار وإعادة التشجير.
- وضِّح لطلابك الوقود الأحفوري. الفت الانتباه إلى أن معظم الدول المتقدِّمة تطوَّرت باستخدام الوقود الأحفوري الذي يُعدّ مخازن مركّزة جدًّا للطاقة (مقارنة مع طاقة الرياح أو ضوء الشمس، مثلاً). ومن المثير للاهتمام ملاحظة الأمر الآتي: عند تزويد السيّارة بالوقود، فإن على عامل المحطَّة أن ينقل الوقود إلى الخزّان بمُعدَّل لتر واحد في الثانية. وهذه الكمّية تحتوي على حوالي 50 MJ. لذا يبلغ معدَّل نقل الطاقة إلى خزّان السيّارة (القدرة المنقولة) حوالي 50 MW. وهذا يشبه محطّة طاقة صغيرة.
- يمكن للطلاب البحث عن استخدام الوقود الأحفوري في سلطنة عُمان. من أين يأتي؟ وفيمَ يُستخدَم؟ وكيف يُستخدَم؟
- استمرّ في توضيح مصادر الطاقة من خلال شرح استخدام الوقود النووي والطاقة الكهرومائية والطاقة الحرارية الجوفية.
- يمكنك أيضًا تقديم فكرة مصادر الطاقة المتجدِّدة، بالرجوع إلى المخطَّط البياني الدائري (الشكل ١١–١)، وسترى أن أقلّ من 20% من مصادر الطاقة المُستخدَمة في جميع أنحاء العالم هي مصادر لطاقة مُتجدِّدة.
- من أجل تطوير واختبار فهم الطلاب لمصادر الطاقة، ادعُهم إلى البحث وتقديم العروض حول مصدر واحد أو أكثر للطاقة، وإبداء آرائهم حول قابليّة التجدُّد والتكلفة والموثوقية والحيّز والأثر البيئي. تتناول **ورقة العمل ١١–١ الخلايا الشمسية** تلك الجوانب في الخلايا الشمسية.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يعتقد الطلاّب بأنّ هناك عمليات نقل جديدة، وأشكال تخزين الطاقة ضُمِّنت في مصادر الطاقة، تختلف عمّا تعلّموه في الوحدة الثامنة من الفصل الدراسي الأوَّل. ناقش معهم كيفية فهم كل مصدر للطاقة من حيث تخزين الطاقة وتغيّراتها. فطاقة الرياح مثلاً هي طاقة حركة مخزّنة بواسطة الهواء المتحرِّك، وطاقة المدّ والجزر هي طاقة وضع الجاذبية المخزّنة في الماء خلف بوّابات المدّ والجزر، والخلايا الشمسية تعمل بسبب نقل الطاقة إليها بواسطة الضوء الناتج من الشمس، وكذلك التوربينات التي تشتغل بواسطة الماء المتحرِّك أو البخار، وتُغيِّر الطاقة من طاقة حركة إلى طاقة كهربائية. وفي محطّات الطاقة الحرارية الجوفية، ينتج البخار عندما تنقل الصخور (التي تمّ تسخينها نتيجة تحرُّر الطاقة النووية من العناصر المشعَّة) الطاقة الحرارية إلى الماء البارد.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، الأسئلة من ١١-١ إلى ١١-٧
- كتاب النشاط، التمرين ١١-١ مصادر الطاقة المُتجدِّدة ومصادر الطاقة غير المُتجدِّدة
- كتاب النشاط، التمرين ١١-٢ مصادر الطاقة من أجل الكهرباء
- ورقة العمل ١١-١ الخلايا الشمسية

الموضوع ١١-٢: الشمس كمصدر للطاقة

الأهداف التعليمية

١١-٤ يفهم أنّ الشمس مصدر الطاقة لجميع مصادر الطاقة ما عدا الطاقة الحراريّة الجوفيّة، والطاقة النوويّة، وطاقة المدّ والجزر.

١١-٥ يفهم أنّ القمر هو مصدر طاقة المدّ والجزر بشكلٍ أساسيّ.

١١-٦ يظهر فهمًا بأنّ الاندماج النووي على سطح الشمس هو سبب إطلاق الطاقة.

أفكار للتدريس

- اذكُر لطلابك كيف تعود معظم مصادر الطاقة التي تمّت مناقشتها سابقًا إلى طاقة الشمس؛ تعلّم الطلاب في صفوف سابقة دورة الماء في الطبيعة، وهذا أمر يساعدهم على فهم طاقة الشمس كمصدر للطاقة الكهرومائية.
- اطلب إليهم توضيح تغيُّرات الطاقة من شكل إلى آخر باستخدام أسهم تُعبِّر عن هذا التغيُّر، كأن تذكر تحوُّل طاقة الوضع الكيميائية إلى طاقة حرارية على صورة: طاقة الوضع الكيميائية ← طاقة حرارية.
- يجدر بك تأكيد أن هناك مجموعة محدودة من مصادر الطاقة لا تستمدّ طاقتها من الإشعاع الشمسي، مثل الطاقة الحرارية الجوفية التي تأتي من الموادّ المُشعَّة في باطن الأرض والطاقة النووية التي تأتي من الوقود النووي مثل اليورانيوم، وطاقة المدّ والجزر، التي تُساهم جاذبية الشمس فيها بدرجة بسيطة؛ لبُعد الشمس عن الأرض، بينما جاذبية القمر تساهم بشكل أساسي؛ لقُربه من الأرض.
- يمكن للطلاب البحث في الجهود التي تُبذَل لتطوير مُفاعِلات الاندماج النووي التي من شأنها تسخير مصدر الطاقة هذا على الأرض.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يجب تذكير الطلاب بأنّ عبارة «الطاقة الشمسية» لا تعني أنها مخزن للطاقة، بل هي مصطلح يُستخدَم لوصف كيفية انتقال الطاقة من الشمس إلى الأرض على شكل حرارة وضوء، كما تمّ تناوله في الوحدة الثامنة من الفصل للدراسي الأوَّل.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، السؤال ١١–٨
- ورقة العمل ١١–٢ مصادر الطاقة المتجدِّدة ومصادر الطاقة غير المتجدِّدة
- ورقة العمل ١١–٣ طاقة المستقبل
- كتاب النشاط، التمرين ١١–٣ الطاقة من الشمس

الموضوع ١١-٣: الكفاءة

الأهداف التعليمية

١١–٧ يظهر فهمًا للكفاءة، ويذكر المعادلات الآتية ويستخدمها:

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$$

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{القدرة الخارجة المفيدة}}{\text{القدرة الداخلة}} \times 100\%$$

أفكار للتدريس

- راجع مبدأ حفظ الطاقة الذي تم توضيحه عبر مُخطّطات سانكي في الوحدة الثامنة من الفصل الدراسي الأول، والذي ينصّ على أنّ مجموع كمّيات الطاقة قبل التغيُّر وبعده هي نفسها، لكن تُستخدم بعض الطاقة في حين يُهدر بعضها الآخر. لذا، وبالرغم من أنَّ الطاقة محفوظة، فإن الطاقة الخارجة المفيدة أقلّ من الطاقة الكلّية الداخلة. يمكن أن يكون هذا بمثابة مقدّمة لفكرة كفاءة الطاقة. فكم تبلغ نسبة الجزء من الطاقة الداخلة الذي نستفيد منه؟
- توضّح الأمثلة في كتاب الطالب كيفية حساب الكفاءة.
- وضّح أن كلمة «الخارجة» في العملية الحسابية، تعني الطاقة المُفيدة أو القدرة المُفيدة بعد التغيُّر أو النقل.
- بيّن للطلاب ضرورة الانتباه عند استخدام الآلة الحاسبة لحساب الكفاءة. فقد يحتاجون إلى وضع الجزء الكسري في المعادلة بين قوسَين، أو الضغط على زر (=) قبل إدخال (x100). يجب أن يدرك الطلاب أن الكفاءة لا يمكن أن تكون أكبر من 100%.
- أشر إلى سبب استخدام المعادلة نفسها لحساب الكفاءة بالتعويض بالطاقة أو القدرة. فالطاقة المُنتقلة هي ناتج القدرة في الزمن ($E = P \times t$). عندئذ يكون الزمن في كل من البسط والمقام. وعندما يُعوَّض في معادلة الكفاءة، سيُلغى الزمن لأنّ قيمته متساوية (يُشطب من البسط والمقام).
- يمكن للطلاب مناقشة الإجابات لأسئلة كتاب الطالب من ١١–٩ إلى ١١–١٤.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يخلط بعض الطلاب بين الكفاءة في تغيُّر الطاقة أو نقلها، وبين استخدام الطاقة بكفاءة. فإطفاء المصباح عند مغادرة الغرفة يُعدّ من أساليب ترشيد استهلاك الطاقة، ولا علاقة له بكفاءة الطاقة.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، الأسئلة من ١١-٩ إلى ١١-١٤
- كتاب النشاط، التمرين ١١-٤ الكفاءة
- يمكن للطلاب البحث عن بيانات تتعلّق بكفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية المختلفة. يمكنهم أيضًا أن يعرفوا كيف يمكن لأصحاب المنازل الاستفادة من الطاقة المُقدَّمة إلى منازلهم بشكل أكثر كفاءة.
- أسئلة نهاية الوحدة

إجابات أسئلة كتاب الطالب

١١-١ لا يمكن الاعتماد على طاقة الرياح أو طاقة الأمواج كمصدرَين للكهرباء، لأنّهما غير ثابتَين. ففي حين تشهد بعض الأيام رياحًا قوية أو أمواجًا قوية، لا تكون الأيام الأخرى كذلك.

١١-٢ طاقة ضوئية ← طاقة كهربائية (+ طاقة حرارية ضائعة).

١١-٣ طاقة حركة K.E. وطاقة وضع الجاذبية G.P.E.

١١-٤ أ. الفحم الحجري والنفط والغاز.

ب. وقود الكتلة الحيوية (الخشب والفحم النباتي والجفت والقشّ أيضًا وغير ذلك)، والوقود النووي.

١١-٥ طاقة كيميائية ← طاقة حرارية (+ طاقة ضوئية ضائعة).

١١-٦ تتحوّل الطاقة النووية إلى طاقة حرارية وطاقة كهربائية.

١١-٧ أ. غير مُتجدِّدة؛ لأن اليورانيوم ينفد وينضب.

ب. مُتجدِّدة؛ لأن هناك أمواجًا جديدة تتكوَّن كل يوم.

١١-٨ اليورانيوم (الوقود النووي) والطاقة الحرارية الجوفية وطاقة المدّ والجزر.

١١-٩ أ. الطاقة الحرارية.

ب. الطاقة الصوتية.

١١-١٠ يضرّ بالبيئة، يهدر مصادر الطاقة المحدودة، يكلِّف مالًا.

١١-١١

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$$

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الضوئية}}{\text{الطاقة الكهربائية}} \times 100\%$$

$$= \frac{15}{25} \times 100\%$$

$$= 60\%$$

١١-١٢ الكفاءة = $\frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$

الكفاءة = $\frac{\text{الطاقة الكهربائية}}{\text{الطاقة من الوقود}} \times 100\%$

$= \frac{100\ 000\ 000}{400\ 000\ 000} \times 100\%$

$= 25\%$

١١-١٣ الكفاءة = $\frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$

الطاقة الداخلة = $\frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الكفاءة}} \times 100\%$

$= \frac{20}{10\%} \times 100\%$

$= 200\ J$

١١-١٤ الكفاءة = $\frac{\text{القدرة الخارجة المفيدة}}{\text{القدرة الداخلة}} \times 100\%$

الكفاءة = $\frac{\text{القدرة الخارجة من محطَّة الطاقة الكهرومائية}}{\text{قدرة الماء الساقط}} \times 100\%$

$= \frac{2\ 200\ 000}{2\ 500\ 000} \times 100\%$

$= 88\%$

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ١١-١: مصادر الطاقة المُتجدِّدة ومصادر الطاقة غير المُتجدِّدة

أ

الوصف	مصدر الطاقة	مصدر مُتجدِّد أم غير مُتجدِّد؟
حرق الخشب للتدفئة والطبخ	وقود الكتلة الحيوية	متجدِّد
استخدام الغاز الطبيعي في الطبخ	وقود أحفوري	غير متجدِّد
حرق الفحم الحجري في المعامل	وقود أحفوري	غير متجدِّد
استخدام ضوء الشمس لإنتاج الكهرباء	الطاقة مباشرة من الشمس بواسطة الخلايا الشمسية	متجدِّد
استخدام الصخور الساخنة تحت الأرض لتسخين المياه	الطاقة الحرارية الجوفية	متجدِّد
إدارة الهواء المتحرِّك للتوربين	طاقة الرياح	متجدِّد
إدارة المياه المتدفِّقة للتوربين	الطاقة الكهرومائية	متجدِّد
إدارة المياه للتوربين نتيجة الارتفاع والانخفاض اليومي لمستوى سطح البحر	طاقة المدّ والجزر	متجدِّد

الجدول ١١-١

ب يوضِّح الرسم التخطيطي الشمس الساطعة، ودورة الماء في الطبيعة (التبخُّر، والحمل الحراري، وتشكيل الغيوم، وتساقط الأمطار على الجبال)، وسدّ نهر، ومحطّة طاقة كهرومائية، مع الملصقات والملاحظات المناسبة.

تمرين ١١-٢: مصادر الطاقة من أجل الكهرباء

أ أي اقتراحَين معقولَين من الآتي:

١. المياه، بما في ذلك الطاقة المخزَّنة في الأمواج، والمدّ والجزر، وفي المياه خلف السدود الكهرومائية.

٢. المصادر الحرارية الجوفية، الطاقة الشمسية المباشرة، وطاقة الرياح.

ب أي إيجابيات وسلبيات ذات صلة تستند إلى قابلية التجدُّد والتكلفة والموثوقية والحيِّز والأثر البيئي (يمكن الاستعانة بمقارنة مصادر الطاقة في الصفحة ٢٢ من كتاب الطالب).

تمرين ١١-٣: الطاقة من الشمس

أ

مصدر الطاقة	يعود أصله إلى الشمس
الخشب	✔
الوقود الأحفوري	✔
الطاقة النووية	✘
طاقة المدّ والجزر	✘
طاقة الرياح	✔
الطاقة الكهرومائية	✔
طاقة الأمواج	✔
الطاقة الحرارية الجوفية	✘

الجدول ١١-٢

ب منذ ملايين السنين، نمت النباتات باستخدام طاقة ضوء الشمس، ثمّ ماتت واندفنت وتحوَّلت تدريجيًّا عبر السنين لتصبح فحمًا تحت ظروف الضغط العالي ودرجة الحرارة العالية.

ج

الميزة	الانشطار أو الاندماج أو كلاهما
تنشطر النوى الكبيرة إلى نواتَين	الانشطار
تندمج نواتان صغيرتان معًا	الاندماج
يتمّ تحرير طاقة	كلاهما
يُستخدم في محطّة طاقة تعمل باليورانيوم	الانشطار
مصدر طاقة الشمس	الاندماج

الجدول ١١-٣

تمرين ١١-٤: الكفاءة

أ

١. كمّية الطاقة المهدورة كل ثانية = الطاقة التي تزوِّد محرِّك الغسّالة لكل ثانية – طاقة تشغيل الأسطوانة

$$= 1200\ J - 900\ J$$

$$= 300\ J$$

٢. $$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$$

$$\text{كفاءة المحرِّك الكهربائي} = \frac{\text{طاقة تشغيل الأسطوانة لكل ثانية}}{\text{الطاقة التي تزوِّد محرّك الغسّالة لكل ثانية}} \times 100\%$$

$$= \frac{900}{1200} \times 100\%$$

$$= 75\%$$

٣. المحرِّك مُصنَّع لتشغيل الأسطوانة وليس لإنتاج طاقة حرارية، وبالتالي تكون الطاقة الحرارية شكلًا غير مفيد من أشكال الطاقة هنا.

ب

١. محطّة الكهرباء التي تعمل على الغاز:

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$$

$$\text{كفاءة محطَّة الطاقة (أ)} = \frac{\text{الطاقة الكهربائية لكل ثانية}}{\text{الطاقة الناتجة عن الغاز لكل ثانية}} \times 100\%$$

$$= \frac{450\ 000\ 000}{1000\ 000\ 000} \times 100\%$$

$$= 45\%$$

محطّة الكهرباء التي تعمل على الفحم الحجري:

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$$

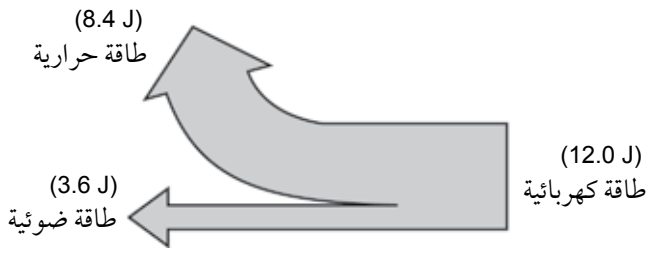
$$\text{كفاءة محطَّة الطاقة (ب)} = \frac{\text{الطاقة الكهربائية لكل ثانية}}{\text{الطاقة الناتجة عن الفحم الحجري لكل ثانية}} \times 100\%$$

$$= \frac{150\ 000\ 000}{600\ 000\ 000} \times 100\%$$

$$= 25\ \%$$

٢. محطّة إنتاج الكهرباء (أ) التي تعمل بالغاز أكثر كفاءة.

ج ١.



٢. $\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$

$$\text{كفاءة المصباح الكهربائي} = \frac{\text{الطاقة الضوئية}}{\text{الطاقة الكهربائية}} \times 100\%$$

$$= \frac{3.6}{12.0} \times 100\%$$

$$= 30\%$$

د $\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$

$$\text{كفاءة المصباح الكهربائي} = \frac{\text{القدرة الضوئية}}{\text{القدرة الكهربائية}} \times 100\%$$

$$= \frac{9.9}{22} \times 100\%$$

$$= 45\%$$

إجابات أوراق العمل

ورقة العمل ١١-١: الخلايا الشمسية

١

العبارات	إيجابيات	سلبيات
تُغيِّر الخلايا الشمسية الطاقة من ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية.	✔	
تُصنع الخلايا الشمسية من مادّة السيليكون، وهي مادّة رخيصة نسبيًا.	✔	
يتمّ إنتاج بعض النفايات الخطرة عند تصنيع الخلايا الشمسية.		✔
يمكن استخدام الخلايا الشمسية لشحن بطّارية ما.	✔	
هناك حاجة إلى عدّة أمتار مربّعة من الخلايا الشمسية لتزويد منزل واحد بالكهرباء.		✔
تعمل الخلايا الشمسية فقط في ضوء النهار الساطع.		✔
تعمل الخلايا الشمسية بشكل جيّد في البلدان الاستوائية حيث يكون ضوء الشمس أكثر سطوعًا.	✔	
تولِّد كل خلية شمسية جهدًا كهربائيًا مُنخفضًا. لذلك يجب توصيل العديد منها لتوفير جهد كهربائي عالٍ.		✔
تكلفة تركيب الخلايا الشمسية وصيانتها عالية.		✔
ضوء الشمس مجاني، ولكنه يكون فعّالاً فقط عندما تكون الشمس ساطعة.		✔
لا تُنتِج الخلايا الشمسية عند استخدامها غازات ضارّة مثل ثاني أكسيد الكربون.	✔	
لا تحتوي الخلايا الشمسية على أجزاء مُتحرِّكة، لذا يصعب كسرها.	✔	
يعمل العلماء على إنتاج خلايا شمسية أرخص.	✔	
تُستخدَم الخلايا الشمسية لتشغيل المركبات الفضائية، لأنها نادرًا ما تتعطّل عن العمل.	✔	

٢ أ. **التكلفة**: تصنع الخلايا الشمسية من مادّة السيليكون (silicon)، وهي مادّة رخيصة نسبيًّا، لكن تكلفة تركيب الخلايا الشمسية وصيانتها عالية. ضوء الشمس مجّاني، ولكنه يكون فعّالاً فقط عندما تكون الشمس ساطعة. ويعمل العلماء على إنتاج خلايا شمسية أرخص.

ب. **الموثوقية**: تُغيِّر الخلايا الشمسية طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية. يمكن استخدام الخلايا الشمسية لشحن بطّارية ما. تعمل الخلايا الشمسية فقط في ضوء النهار الساطع. تعمل الخلايا الشمسية بشكل جيّد في البلدان الاستوائية حيث يكون ضوء الشمس أكثر سطوعًا. لا تحتوي الخلايا الشمسية على أجزاء مُتحرِّكة لذا يصعب كسرها. تُستخدَم الخلايا الشمسية لتشغيل المَركبات الفضائية لأنها نادرًا ما تتعطّل.

ج. **الحيّز**: هناك حاجة إلى عدّة أمتار مربّعة من الخلايا الشمسية لتزويد منزل واحد بالكهرباء. تولِّد كل خليّة شمسية جهدًا كهربائيًّا منخفضًا، لذلك يجب توصيل العديد منها لتوفير جهد كهربائي عالٍ.

د. **الأثر البيئي**: يتمّ إنتاج بعض النفايات الخطرة عند تصنيع الخلايا الشمسية، ولكن عند الاستخدام، لا تنتج الخلايا الشمسية غازات ضارّة مثل ثاني أكسيد الكربون.

ورقة العمل ١١-٢: مصادر الطاقة المُتجدِّدة ومصادر الطاقة غير المُتجدِّدة

يمكن للطلاب تقديم تقرير عن طريق عرض تقديمي مُزوَّد برسوم وصور أو مُلصق. قد ترغب في توفير مواد مثل الورق وأقلام للعروض.

١ مصادر الطاقة المُتجدِّدة هي مصادر لا تنفد أبدًا، إذ يتم تجديدها. فالشمس تشعّ دائمًا طاقة. مصادر الطاقة غير المُتجدِّدة هي المصادر التي يتمّ استنفادها عند الاستهلاك باستمرار، وسوف تنفد في النهاية.

٢ ينبغي التوجُّه لاستخدام مصادر الطاقة المُتجدِّدة؛ لأنّها لا تنفد ولأنّها نظيفة، بينما مصادر الطاقة غير المتجددة قد تنفد، بالإضافة إلى أنها مُلوِّثة للبيئة عند استخدامها.

٣ من المشكلات الناجمة عن استخدام مصادر الطاقة المتجددة أنها تُبنى على مساحات كبيرة، وهي بذلك مصادر طاقة منخفضة الكثافة. فقد تتطلَّب الحاجة مثلاً إلى 1000 توربين كبير للرياح تمتدّ على العديد من الكيلومترات المربّعة لتحلّ محلّ محطَّة فحم كبيرة أو محطّة طاقة نووية واحدة. على الرغم من أن وقود المصادر المتجدِّدة غالبًا ما يكون «مجّانيًا» في الأساس، إلاّ أنّ هناك تكاليف أخرى، مثل الإنشاءات الأوّلية. أضف إلى ذلك أن هذه المصادر قد تكون متوفِّرة بشكل متقطّع وليس بشكل دائم.

ورقة العمل ١١-٣: طاقة المستقبل

يمكن للطلاب تقديم تقرير عن طريق عرض تقديمي مُزوَّد برسوم وصور أو مُلصق. قد ترغب في توفير مواد مثل الورق وأقلام للعروض.

١ يتطلّب هذا التمرين منك (أو من طلابك) أن تكونواعلى استعداد لأدائه. القصد من ذلك هو أن الطلاّب يجب أن يفكّروا بعمق في استخداماتنا المُختلفة للطاقة، وكيف يمكن توفيرها دون استخدام الوقود الأحفوري.
من السهل جدًّا أن نقول: «سنستخدم طاقة الرياح والخلايا الشمسية، وبعد ذلك سنكون قادرين على القيام بكل الأشياء التي نقوم بها اليوم باستخدام النفط والغاز». يجب تشجيع الطلاّب على النظر في كمّيات الطاقة التي نستخدمها، وتقييم إن كنّا نستطيع تلبية هذا الطلب من مصادر مُتجدِّدة. إذا لم يكن الأمر كذلك، فماذا يمكننا أن نفعل بدونها؟

يجب على الطلاب وضع أولويَّة لاستخدام الطاقة وتحديد نسبة أهمّية كل منها، كأن يعتبرون أن الصناعة أو المراكز الحكوميَّة والإدارات أهم من الأمور الترفيهيّة.

٢ يجب على الطلاب تقديم اقتراحات، منها تجنُّب السفر غير الضروري، والتشارُك في السيّارة أو استخدام وسائل النقل العامّة، وإيقاف تشغيل الأجهزة والأدوات عند عدم استخدامها. البلدان ذات المناخ الحار بحاجة كبيرة إلى وسائل التبريد التي تعمل بالطاقة، وبالتالي إلى المزيد من استهلاك الوقود الاحفوري. كذلك تحتاج البلدان الصناعية إلى المزيد من الكهرباء والمزيد من الوقود الأحفوري.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ (ج) أي مصدر للطاقة يمكن الاستفادة منه.

٢ مصدر طاقة متجدِّد: طاقة المدّ والجزر والطاقة الشمسية ووقود الكتلة الحيوية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية.

مصدر طاقة غير متجدِّد: الوقود الأحفوري والوقود النووي.

٣ أ. ١. يتكوَّن الوقود الأحفوري من بقايا نباتات وحيوانات عاشت في الماضي. استَخدمت النباتات الطاقة من ضوء الشمس لتنمو، وتَستخدِم الكائنات الحيّة الأخرى النباتات كغذاء خزَّنت هذه الكائنات الطاقة التي حصلت عليها من الشمس في أجسادها ثم ماتت واندفنت بقاياها في باطن الأرض وتحوَّلت إلى وقود أحفوري.

٢. تتسبّب الطاقة الحرارية من الشمس بتبخُّر الماء من المحيطات والبُحَيرات والأنهار، الذي يؤدي إلى تكوُّن الأمطار بعد ذلك. تُخزِّن مياه الأمطار المحجوزة في خزّانات السدود طاقة وضع الجاذبية.

ب. ١. يحدث المدّ والجزر بسبب تأثير قوة الجاذبية التي تأتي بشكل أساسي من القمر لقُربه من كوكب الأرض، وليس بسبب الطاقة الحرارية أو الضوئية الآتية من الشمس.

٢. الطاقة الحرارية الجوفية المُخزَّنة في الصخور المُستخدَمة لتسخين المياه مصدرها الطاقة المُنبعِثة من الموادّ المشعَّة أو الطاقة النوويّة المُخزَّنة في الصخور.

٤ أ. – لأنها طاقة مُتجدِّدة.

– لأنها مجّانية.

ب. طرق إنتاج الكهرباء من الطاقة المائية (الكهرومائية) باستخدام:

– الطاقة المُخزَّنة (طاقة وضع الجاذبية) بواسطة الماء المحجوز خلف بوّابات السدّ الكهرومائي.

– طاقة المدّ والجزر باستخدام الطاقة المُخزَّنة (طاقة وضع الجاذبية) بواسطة الماء المحجوز خلف البوّابات.

– موجة المدّ العالي باستخدام طاقة وضع الجاذبية المخزّنة بواسطة الماء في الأمواج.

٥ أ. لأنه لا ينفد، يمكن أن يُنتَج المزيد منه باستمرار.

ب. الطاقة الكيميائية ← الطاقة الحرارية ← طاقة الحركة ← الطاقة الكهربائية

ج. أي إجابة مُناسبة مثل الخشب، الروث، نشارة الخشب، القشّ.

٦ التأثير السلبي: التلوُّث البصري (تشويه المنظر الطبيعي للبيئة)، مربكة للحياة البرّية، وقد تغمر المياه الأشجار والنباتات التي توفِّر مأوى وغذاء للحيوانات، تدمير مَواطِن الحيوانات خاصّة الطيور الخواضة (Wading birds).

التأثير الإيجابي: يمكن أن يكون الخزّان موطنًا جديدًا (محمية طبيعية جديدة مثل المنطقة المحمية، حيث لا يوجد تعدين أو حفر أو بناء أو شحن)، لا تسبِّب تلوُّثًا نظرًا لعدم وجود تلوُّث في الأصل بسبب إنتاج الطاقة.

٧ أ. تأتي الطاقة في الشمس من التفاعُلات **الاندماجية**.

ب. تستخدم محطّات الطاقة النووية التفاعُلات **الانشطارية** ويمكن أن يكون وقود هذه التفاعُلات **اليورانيوم**.

٨ **أ.** كفاءة الغاز المُستهلَك في عام 2017 تساوي 225 m^3/MWh.

ب. إجمالي الطاقة الكهربائية المُنتَجة في عام 2017:

$= 32.000\ GWh$

$= 32.000 \times 1000 = 32\ 000\ MWh$

ج. كفاءة الغاز المُستهلَك: حجم الغاز بوحدة (m^3) لإنتاج 1 MWh.

حجم الغاز المُستهلَك في عام 2017 لإنتاج 32 000 MWh:

$= 225 \times 32000$

$= 72 \times 10^5\ m^3$

٩ **أ.** $\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$

$\text{الكفاءة} = \frac{\text{القدرة الكهربائية}}{\text{القدرة الحرارية الداخلية}} \times 100\%$

$= \frac{300\ MW}{2000\ MW} \times 100\%$

$= 15\%$

ب. $\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الخارجة المفيدة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$

$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الطاقة الكهربائية}}{\text{الطاقة من الفحم الحجري}} \times 100\%$

$\text{الطاقة من الفحم الحجري} = \frac{\text{الطاقة الكهربائية}}{\text{الكفاءة}} \times 100\%$

$= \frac{2.4\ GJ}{48} \times 100\%$

$= 5\ GJ$

الوحدة الثانية عشرة: انعكاس الضوء

موضوعات الوحدة

المصادر المتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١٢-١، ١٢-٢، ١٢-٣	١٢-١ انعكاس الضوء	٣	الأسئلة من ١٢-١ إلى ١٢-٤ نشاط ١٢-١ قانون الانعكاس	تمرين ١٢-١ عند الانعكاس
	المُلخّص		أسئلة نهاية الوحدة	

الموضوع ١٢-١: انعكاس الضوء

الأهداف التعليمية

١٢-١ يصف تكوين صورة بصريّة باستخدام مرآة مستوية، ويعطي خصائصها (بما في ذلك، صورة «تقديريّة» و «مقلوبة جانبيًا»).

١٢-٢ يتذكّر قانون الانعكاس ويستخدمه:

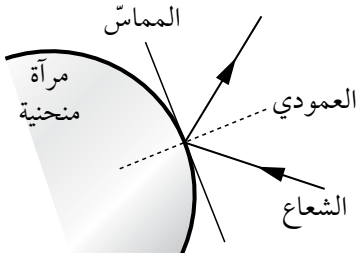
زاوية السقوط (i) = زاوية الانعكاس (r)

مع العلم أنّ هذه الزوايا تُقاس بالنسبة للعمودي.

١٢-٣ يُجري العمليّات والقياسات والحسابات البسيطة للانعكاس عن المرآة المستوية.

أفكار للتدريس

- نحن في هذا الموضوع، معنيّون بالمسار الذي يسلكه الضوء عندما يصطدم بسطح وينعكس. على وجه الخصوص، نفكّر في الأسطح المستوية والملساء، مثل المرايا.
- يمكنك البدء بمناقشة استخدامات المرايا؛ لتتوصَّل إلى فكرة أننا نرى صورة في المرآة.
- وضِّح للطلاب أن تمثيل الشعاع يكون عن طريق رسم سهم يوضِّح أين يذهب الضوء عندما يمرّ عبر نقطة ويتابع في اتّجاه معيَّن. يوضِّح صندوق الأشعَّة الضوئية كيف تتصرّف أشعّة الضوء؛ حيث إنه ينتج حزمة واحدة ضيّقة. يكون شعاع الضوء (الحزمة الضوئية) الذي يصدر من الصندوق عريضًا نسبيًّا مقارنة بالشعاع الحقيقي (لا نستطيع الحصول على شعاع ضيّق جدًّا نتيجة حيود الضوء). وضِّح للطلاب كيفيّة رسم شعاع على ورقة وبيّن لهم أنَّنا نرسم أشعَّة لكي نفهم الانعكاس.
- يمكن للطلاب، في **النشاط ١٢-١ قانون الانعكاس**، التحقُّق من قانون الانعكاس باستخدام صندوق الأشعَّة الضوئية. بعد الانتهاء من إجراء النشاط، اطلب إليهم مناقشة أي مصادر للخطأ في نتائجهم. كأن يُطرح سؤال: لماذا قد لا تكون الزاويتان متساويتَين تمامًا؟ اطلب إليهم اقتراح تحسينات على الطريقة المُستخدَمة.
- أكِّد على أهمّية قياس الزوايا من العمودي إلى الشعاع. أظهر ذلك بتحريك يدك من العمودي إلى الشعاع. بخصوص مرآة مستوية، يمكننا أن نفكِّر في الزاوية بين الشعاع والمرآة. أما في حالة المرآة المنحنية، فإننا نحتاج إلى مماسّ للسطح يمرّ بنقطة سقوط الشعاع، ومن ثمّ نحصل على العمودي الذي يُمثِّل خطًّا متعامدًا مع المماسّ.



- اشرح معاني المصطلحات التي نستخدمها لوصف صورة مُنعكسة لجسم ما، وهي: تقديرية، مُعتدلة، لها حجم الجسم نفسه، مقلوبة جانبيًّا (يسارًا يمينًا). يعني المصطلح الأخير أننا إذا وضعنا الصورة جنبًا إلى جنب مع الجسم، فستكون مُطابِقة له، لكن سيكون أحدهما مُعاكسًا الآخر. وبالطريقة نفسها سترى أن صورة اليد اليُمنى طبق الأصل عنها، ولكنها اليد اليسرى في الصورة، وينطبق الأمر نفسه على اليد اليُسرى.
- أكِّد للطلاب أننا نستطيع التنبُّؤ بمسار الشعاع عندما ينعكس. يبيِّن المثال ١٢-١ كيف يُستخدَم مخطَّط الأشعَّة لتوضيح مكان تكوُّن الصورة في مرآة مستوية. يُعدّ ذلك أمرًا بسيطًا نسبيًّا لمرآة مستوية؛ مقارنة بما سيكون عليه رسم مخطَّطات الأشعَّة في حالة الانكسار (الوحدة الثالثة عشرة).
- يمكن للطلاب الإجابة عن أسئلة كتاب الطالب من ١٢-١ إلى ١٢-٤ لاختبار فهمهم.
- **التمرين ١٢-١ عند الانعكاس** هو فرصة للتدريب على رسم الأشعَّة المنعكِسة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يواجه الطلاب صعوبة في رسم العمودي عند النقطة التي يسقط فيها الشعاع الساقط على سطح المرآة. وقد تواجههم صعوبة قياس الزاوية المحصورة بين العمودي والشعاع.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، الأسئلة من ١٢-١ إلى ١٢-٤
- كتاب النشاط، التمرين ١٢-١ عند الانعكاس
- أسئلة نهاية الوحدة

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ١٢-١: قانون الانعكاس

المهارات

- **يصف الخطوات التجريبية والتقانة المُستخدَمة ويشرحها.**
- **يرسم الأشكال التخطيطية للجهاز ويُسمّي أجزاءه.**
- **يستخلص الاستنتاجات المُناسبة ويبرّرها بالرجوع إلى البيانات باستخدام التفسيرات المُناسبة.**

المواد والأدوات والأجهزة

- مرآة مستوية
- صندوق أشعّة ضوئية
- ورقة بيضاء
- قلم
- مسطرة
- مِنقلة

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

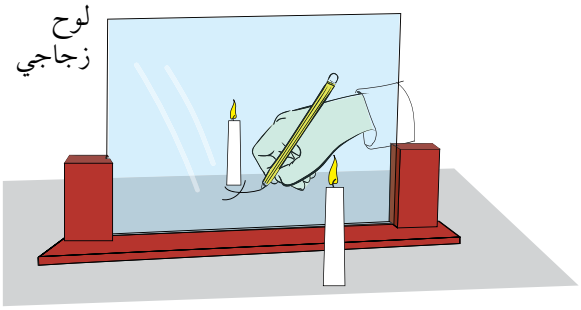
- لا يترتَّب على إجراء هذا النشاط أي مخاطر.

ملاحظات

- تحقّق من قانون الانعكاس باستخدام صندوق الأشعَّة الضوئية ومرآة مستوية.
- قد يحتاج الطلاّب إلى المُساعدة في نقطتَين:

١. تحديد موقع السطح العاكس للمرآة (الذي يكون إما السطح الأمامي للمرآة، أو الجزء الخلفي المطلي).

٢. تحديد موقع الشعاع باستخدام النقاط، التي يجب وضعها في وسط الشعاع إذا كان الشعاع أوسع من علامة قلم رصاص (يبلغ عرض الشعاع أحيانًا حوالي 3 mm بسبب عرض شقّ صندوق الأشعَّة الضوئية).



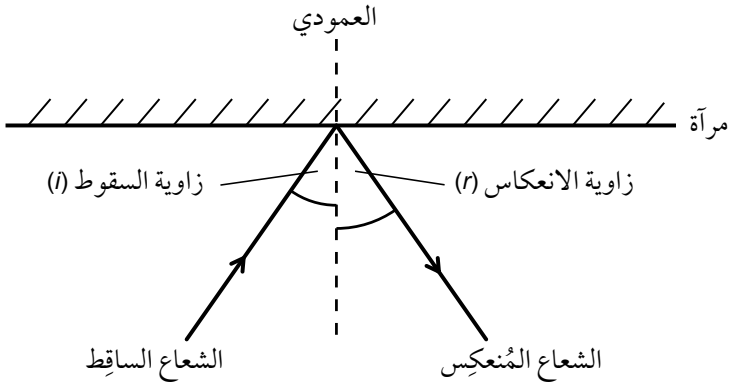
- لتمديد التجربة، وضّح للطلاب كيفية «التقاط» صورة جسم ما خلف المرآة.
- ثبِّت لوحًا زجاجيًّا رقيقًا (يُمثّل وكأنّه مرآة) بشكل عمودي على سطح طاولة أفقية.
- حدِّد موقع السطح الزجاجي الذي يُمثّل السطح العاكس للمرآة بواسطة قلم رصاص.
- ضع جسمًا مُناسبًا، كأن تضع شمعة مضاءة أمام اللوح الزجاجي الذي يتصرَّف كمرآة، وحدِّد موقع الجسم.
- انظر من خلال اللوح الزجاجي، وحدِّد بواسطة قلم الرصاص موقع صورة الجسم خلف المرآة.
- استخدم الآن صندوق الأشعَّة الضوئية لتتبُّع الأشعَّة من الجسم بزوايا مختلفة من المرآة، وارسُم مخطَّط الأشعَّة المطلوب للعثور على موقع الصورة (كما هو موضّح في الرسم الوارد في المثال ١٢–١ في كتاب الطالب).

إجابات أسئلة كتاب الطالب

١٢-١ أ. يُغلعدإ

ب. تُكتب على مُقدّمة سيّارة الإسعاف مقلوبة جانبيًّا، لكي تبدو صحيحة في مرآة الرؤية الخلفيّة للسائق (سائق السيّارة التي تكون أمام سيّارة الإسعاف على الطريق).

١٢-٢ أ.



ب. زاوية السقوط (*i*) = زاوية الانعكاس (*r*)

١٢-٣ قانون الانعكاس: زاوية السقوط (i) = زاوية الانعكاس (r)

زاوية الانعكاس (r) = 30°

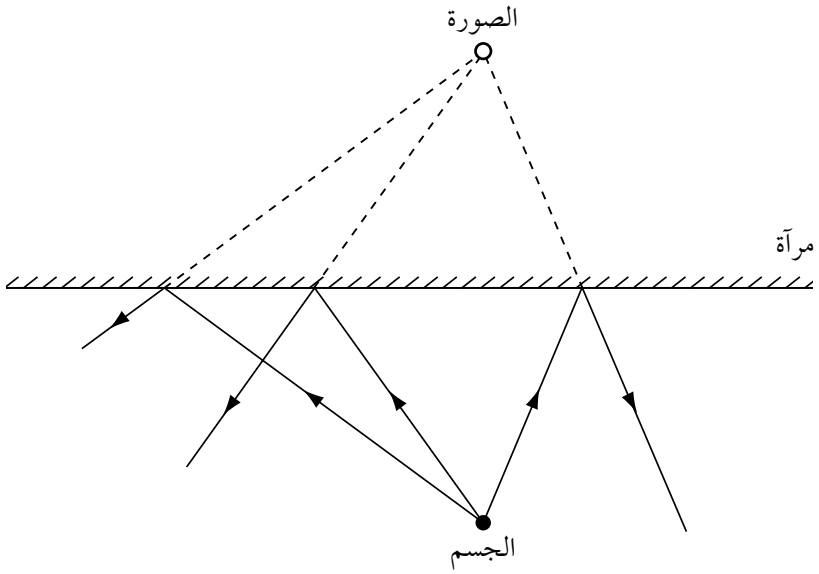
فإن الزاوية بين الشعاع المنعكس والسطح العاكس:

90° – 30° = 60°

١٢-٤ لأنّ الضوء لا يصل إلى المكان الذي تتكوَّن فيه الصورة.

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ١٢-١: عند الانعكاس



أ قِس المسافة العمودية بين الصورة والمرآة ستكون إجابتك قريبة من (3.2 cm).

ب تقديرية.

ج لا يمرّ الضوء خلال المرآة، بل يبدو كأنه يأتي من خلف المرآة حيث لا يصل الضوء إلى المكان الذي تتكوَّن فيه الصورة.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ (ب) زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط.

٢ تقديرية.

مقلوبة جانبيًّا (من اليسار إلى اليمين).

٣ أ. ١. (A) – شعاع ساقط.

(B) – العمودي.

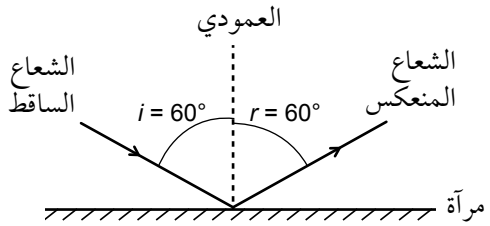
(C) – شعاع منعكِس.

٢. (D) – زاوية السقوط.

(E) – زاوية الانعكاس.

ب. 90°

٤



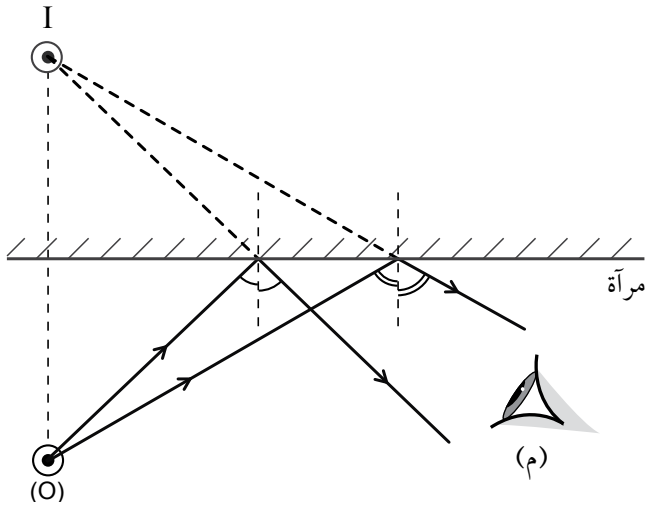
العمودي مرسوم بزاوية 90° مع سطح المرآة.

زاوية السقوط مرسومة بدقّة (في المدى 61° – 59°) ومقاسة بالنسبة للعمودي.

زاوية الانعكاس مرسومة بدقّة (في المدى 61° – 59°) ومقاسة بالنسبة للعمودي.

يتّضح اتّجاه الأشعّة الضوئية باستخدام رؤوس أسهم.

٥



شعاعان مرسومان، مُنعكسان عن المرآة نحو العين وممدّدان إلى الخلف بخطَّين متقطّعَين.

يلتقي امتدادا الشعاعَين المنعكسَين في نقطة هي موقع الصورة (I).

زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس لكلّ من الشعاعَين.

يتّضح اتِّجاه أشعّة الضوء باستخدام رؤوس الأسهم لكلّ من الشعاعَين المنعكسَين والساقطَين.

لا يلزم رسم العمودَين أو وضع تسمية عليهما.

الوحدة الثالثة عشرة: انكسار الضوء

موضوعات الوحدة

المصادر المتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١٣-١، ١٣-٢، ١٣-٥، ١٣-٦	١٣-١ انكسار الضوء	٣	نشاط ١٣-١ استقصاء الانكسار الأسئلة من ١٣-١ إلى ١٣-١٢	تمرين ١٣-١ انكسار الضوء تمرين ١٣-٢ التغيُّر في سرعة الضوء
١٣-٣، ١٣-٤، ١٣-٧	١٣-٢ الانعكاس الداخلي الكُلّي	٢	نشاط ١٣-٢ الانعكاس الداخلي الكُلّي الأسئلة من ١٣-١٣ إلى ١٣-١٦	تمرين ١٣-٣ مرآة مثالية ورقة العمل ١٣-١ مخطّطات الأشعَّة
	الملخّص		أسئلة نهاية الوحدة	

الموضوع ١٣-١: انكسار الضوء

الأهداف التعليمية

١٣-١ يفسِّر تجربة لانكسار الضوء ويصفها.

١٣-٢ يستخدم مصطلحَي زاويتَي السقوط (*i*) والانكسار (*r*)، ويصف مرور الضوء عبر كتلة شفّافة متوازيّة الجوانب ويتضمّن ذلك استخدام مخطّطات الأشعَّة.

١٣-٥ يذكر تعريف مُعامِل الانكسار (*n*) بدلالة السرعة ويستخدم العلاقة الآتية:

$$\text{مُعامِل الانكسار } (n) = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط المادّي}}$$

١٣-٦ يذكر المعادلة الآتية لمُعامِل الانكسار ويستخدمها:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

أفكار للتدريس

- شاهد الطلاّب العديد من تأثيرات الانكسار دون أن يُدركوا بالضرورة ذلك. اسألهم إن كانوا قد رأوا «الظلال المتموِّجة» في قاع حوض سباحة عندما كانت الأمواج على سطحه. ناقشهم في سبب ذلك.
- تُظهر الصورة الواردة في بداية هذه الوحدة من كتاب الطالب تأثيرًا آخر للانكسار، يتمثَّل في «قلم الرصاص المكسور». يمكنك إظهار ذلك، فضلاً عن تأثيرات أخرى لظاهرة الانكسار، مثل «اختفاء العملة المعدنية». ابحث عن تأثيرات أخرى على الشبكة العالمية للاتّصالات الدولية (الإنترنت).
- هناك صعوبة من الناحية المفاهيمية في ربط ما لوحظ من تأثيرات بانحراف الأشعَّة عندما تدخل كتلة زجاجية وتخرج منها. لذلك يجب عليك إتاحة الوقت لذلك. توضِّح الصورة ١٣-١ شُعاعًا من الضوء ينكسر (وينعكس جُزئيًّا) عند سقوطه على كتلة زجاجية. يمكن للطلاب رؤية ذلك بأنفسهم في **النشاط ١٣-١ استقصاء الانكسار**. من المُستحسَن أن تصف عملية الانكسار من حيث الاتّجاه قبل السماح للطلاب بإجراء أي استقصاء.

- بعد الاستقصاء، وجِّه الطلاب إلى تحديد مصادر الخطأ. ومنها، مثلًا، أن عرض شعاع الضوء يجعل من الصعب تحديد موضع الشعاع بدقّة. اطلب إليهم إدخال تحسينات على التجربة قد تتضمَّن استخدام شعاع أضيق، أو ضوء ليزر.
- يمكن للطلاب الإجابة عن أسئلة كتاب الطالب من ١٣-١ إلى ١٣-٦.
- كما تعاملنا مع الانعكاس، نبحث هنا عن نمط يُمكِّننا من التنبّؤ بكيفية انحراف الشعاع. يمكنك الآن الانتقال إلى فكرة مُعامِل الانكسار وقانون سنِل (Snell's law). سوف يدرك الطلاب أن التغيُّر الكبير في السرعة يؤدّي إلى تغيُّر أكبر في الزاوية، لكنّ فكرة جيب الزاوية ستظل الأكثر غموضًا لمُعظم الطلاّب.
- يمكن للطلاب بعد ذلك الإجابة عن أسئلة كتاب الطالب من ١٣-٧ إلى ١٣-١٢.
- يتضمّن **تمرين ١٣-٢ التغيُّر في سرعة الضوء** في كتاب النشاط، رسم مُخطّطات أشعَّة، توضِّح ظاهرة الانكسار وحساب كلّ من مُعامِل الانكسار، وزاوية الانكسار.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- رغم أن موضوع الانكسار شُرح في الشكل ١٣-٢ حيث تمَّ تناول الشاحنة التي تتحرَّك فوق الرمال، إلا أنه قد يصعب على الطلاب إدراك ذلك، ولكنّه أقرب للفهم؛ لارتباطه بواقع الطالب مقارنة بالتفسيرات التي تستخدم واجهة الموجة (wavefront)، التي سيتمّ ذكرها في الصف العاشر.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، الأسئلة من ١٣-١ إلى ١٣-١٢
- كتاب النشاط، التمرين ١٣-١ انكسار الضوء
- كتاب النشاط، التمرين ١٣-٢ التغيُّر في سرعة الضوء

الموضوع ١٣-٢: الانعكاس الداخلي الكلّي

الأهداف التعليمية

١٣-٣ يصف الانعكاس الداخليّ، والانعكاس الداخليّ الكلّي بما في ذلك استخدام مخطّطات الأشعَّة.

١٣-٤ يذكر مفهوم الزاوية الحرجة.

١٣-٧ يصف عمل الألياف البصريّة ويشرحها وبخاصّةٍ في الطبّ وتكنولوجيا الاتّصالات.

أفكار للتدريس

- تشرح ظاهرة الانعكاس الداخلي الكلّي (TIR) السبب الذي يجعل الألماس والأحجار الكريمة الشفّافة الأخرى تعكس الضوء داخليًّا. يحدث ذلك عندما تكون زاوية السقوط داخل الألماس كبيرة (أكبر من الزاوية الحرجة). غير أن هذه الظاهرة لا يُرجَّح أن يكتشفها الطلاب بأنفسهم، أضف إلى ذلك أنه لا ينبغي للطلاب إجراء تجارب على هذه الموادّ. لذلك تحتاج تلك الظاهرة إلى شرح ما يحدث عندما يدخل شعاع ضوئي إلى كتلة نصف دائرية (Semicircular block).
- اشرح للطلاب مفهوم الزاوية الحرجة.
- وسوف تحتاج أيضًا إلى توضيح أن الشعاع يدخل الجانب الدائري من الكتلة على طول نصف القطر، بحيث تكون زاوية السقوط صفرًا، ولا يحدث انحراف للشعاع داخل الكتلة.

- وضِّح كيف تتغيَّر اتّجاهات الأشعَّة المُنعكِسة والمُنكسِرة، مع تغيُّر زاوية السقوط.
- يُزوِّد **النشاط ١٣-٢ الانعكاس الداخلي الكلّي** الطلاب بتعليمات لإجرائه بأنفسهم.
- يمكن للطلاب البحث في استخدامات الانعكاس الداخلي الكلّي في الطب أو تكنولوجيا الاتّصالات، وتقديم عروض شفوية موجزة أمام الجميع.
- اختبر فهم الطلاب حول الانعكاس الداخلي الكلّي (TIR) من خلال الإجابة عن أسئلة كتاب الطالب من ١٣-١٣ إلى ١٣-١٦.
- يتضمَّن **التمرين ١٣-٣ مرآة مثالية** في كتاب النشاط طرقًا لاستخدام المنشور الثلاثي (prism) كمرايا مثالية في المناظير والتلسكوبّات.
- تحتوي **ورقة العمل ١٣-١ مخطّطات الأشعَّة** على مجموعة من مخطّطات الأشعَّة التي يتوجَّب إكمالها، وهي تُلخِّص الأجزاء الأولى من هذه الوحدة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يجد الطلاب صعوبة في التعبير عن مفهوم الزاوية الحرجة، لذا من الجيّد عرض فيديو تعليمي يوضّح مفهوم الزاوية الحرجة.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، الأسئلة من ١٣-١٣ إلى ١٣-١٦
- كتاب النشاط، التمرين ١٣-٣ مرآة مثالية
- ورقة العمل ١٣-١ مخطّطات الأشعَّة
- أسئلة نهاية الوحدة

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ١٣-١: استقصاء الانكسار

المهارات

- **يصف الخطوات التجريبيّة والتقانة المُستخدَمة ويشرحها.**
- **يرسم الأشكال التخطيطية للجهاز ويُسمّي أجزاءه.**
- **يبرّر اختيار الأجهزة والمواد والأدوات لاستخدامها في إجراء التجارب.**
- **يعالج البيانات ويعرضها ويقدّمها، بما في ذلك استخدام الآلات الحاسبة والتمثيلات البيانية والميل.**

المواد والأدوات والأجهزة

- كتلة متوازي مستطيلات من الزجاج أو البلاستيك (البرسبيكس)
- صندوق أشعّة ضوئية
- دبابيس (عدد 4)
- قلم
- مسطرة
- مِنقلة

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- نبّه الطلاب لتوخّي الحذر عند حمل واستخدام الكتلة الزجاجية، وتجنُّب كسرها.

ملاحظات

- قد يحتاج الطلاب إلى المساعدة في تعيين مواضع الأشعَّة.
- يمكن للطلاب تحديد قيمة مُعامِل الانكسار (*n*) لموادّ مُختلفة.

نشاط ١٣-٢: الانعكاس الداخلي الكُلّي

المهارات

- **يصف الخطوات التجريبية والتقانة المُستخدَمة ويشرحها.**
- **يرسم الأشكال التخطيطية للجهاز ويُسمّي أجزاءه.**
- **يفسِّر الملاحظات وبيانات التجارب ويقيِّمها، ويحدِّد النتائج غير المتوقَّعة، ويتعامل معها بالشكل الملائم.**

المواد والأدوات والأجهزة

- كتلة نصف دائرية من الزجاج أو البلاستيك (البرسبيكس)
- صندوق أشعّة ضوئية
- قلم
- مسطرة
- مِنقلة

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

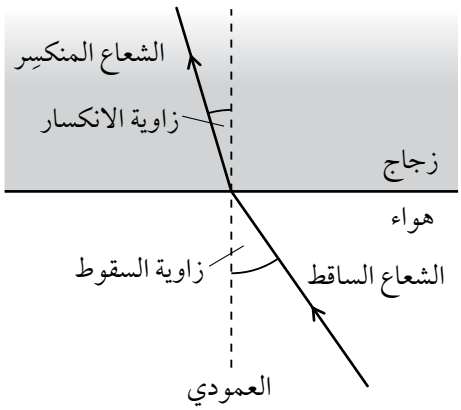
- لا يترتَّب على إجراء هذا النشاط أي مخاطر. في حالة استخدام الطلاب حزمة أشعَّة الليزر، نبّههم لضرورة وضع نظّارات واقية لحماية أعينهم من الانعكاسات المشتّتة لحزم الليزر.

ملاحظات

- سوف يكون مفيدًا للطلاّب أن تشرح لهم لماذا يجب أن يدخل الشعاع الكُتلة على طول نصف القطر (بحيث لا ينحرف عند الدخول).
- قد يجد بعض الطلاّب صعوبة في تحديد مواضع الأشعَّة الثلاثة، خاصّة عندما يكون أحد الأشعَّة ضعيفًا.

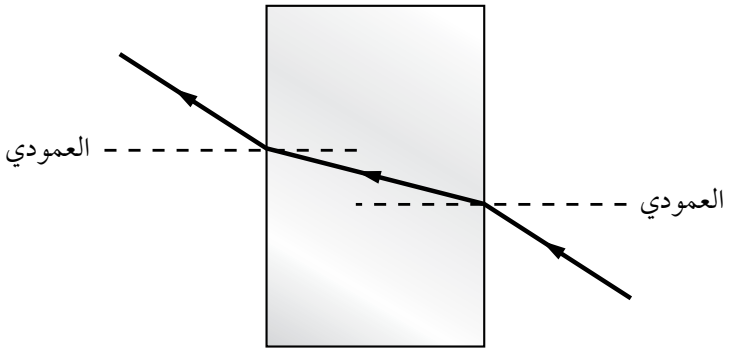
إجابات أسئلة كتاب الطالب

١٣-١



١٣-٢ ينحرف نحو العمودي.

١٣-٣ **أ.**



ب. سيكون موازيًا لاتِّجاهه الأوَّل قبل دخوله للزجاج أو البرسبيكس.

١٣-٤ **أ.** زاوية السقوط = 0°

ب. زاوية الانكسار = 0°

١٣-٥ زاوية الانكسار أصغر من زاوية السقوط.

١٣-٦ لأن أشعَّة الضوء تتكسر عند مرورها عبر قطرات المطر.

١٣-٧ 2.4

١٣-٨ **أ.** ينتقل الضوء بسرعة أقلّ في المادّة (ب)، لأن الشعاع الضوئي ينحرف أكثر نحو العمودي عند دخوله الكتلة (ب).

ب. المادّة (ب).

١٣-٩ **أ.** الزجاج.

ب. بعيدًا عن العمودي.

١٣-١٠ مُعامِل انكسار الزجاج:

$$n = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الزجاج}}$$

$$n = \frac{3.0 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.90 \times 10^8 \text{ m/s}}$$

$$= 1.58$$

١١-١٣ مُعامِل انكسار المحلول:

$$n = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في المحلول}}$$

$$\text{سرعة الضوء في المحلول} = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{n}$$

$$= \frac{3.0 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.38}$$

$$= 2.17 \times 10^8 \text{ m/s}$$

١٢-١٣ $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

$$\sin r = \frac{\sin i}{n}$$

$$\sin r = \frac{\sin 40°}{1.5}$$

$$= 0.429$$

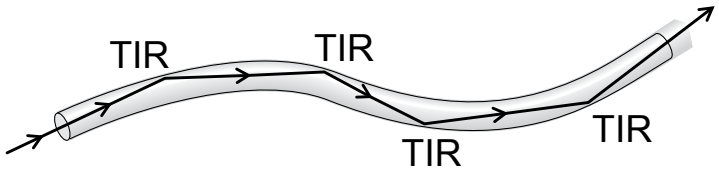
استخدم $\sin^{-1}$ في الآلة الحاسبة لإيجاد r. (سوف تستنتج من ذلك الزاوية التي جيبها 0.429).

$$r = \sin^{-1} 0.429 = 25.4°$$

١٣-١٣ الداخلي: يحدث الانعكاس داخل الوسط المادّي الشفّاف؛ الكُلّي: 100% من الضوء ينعكس.

١٤-١٣ لا، لن يحدث انعكاس داخلي كلّي، لأن زاوية السقوط 45° أصغر من الزاوية الحرجة 49°.

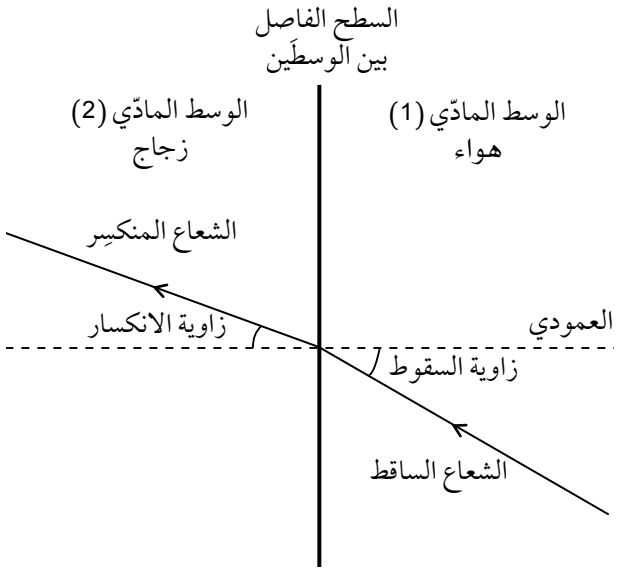
١٥-١٣



١٦-١٣ لكي لا تمتصّ الشوائب الموجودة في الزجاج جزءًا من الضوء المُنتقِل على طول الزجاج.

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ١٣-١: انكسار الضوء



أ ينحرف الشعاع نحو العمودي عندما يدخل الزجاج. زاوية الانكسار في الزجاج أصغر من زاوية السقوط.

ب 30°

ج 20°

تمرين ١٣-٢: التغيُّر في سرعة الضوء

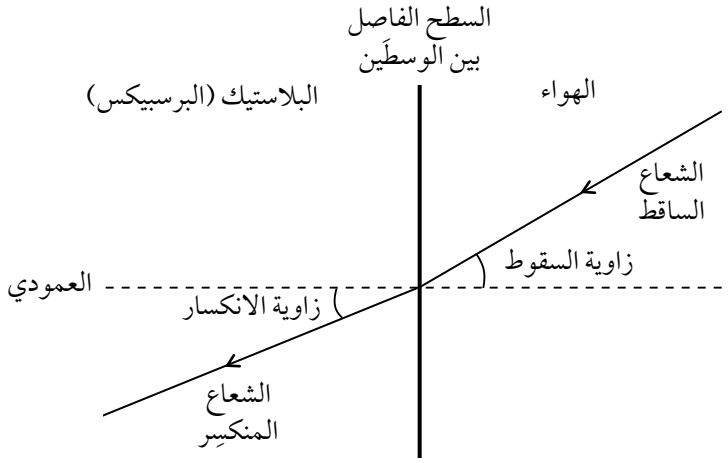
أ مُعامِل انكسار الماء:

$$n = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الماء}}$$

$$n = \frac{3.0 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.25 \times 10^8 \text{ m/s}}$$

$$= 1.33$$

ب ١.



٢. معادلة قانون سنِل: $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

$$\sin r = \frac{\sin i}{n}$$

$$\sin r = \frac{\sin 30°}{1.5} = 0.333$$

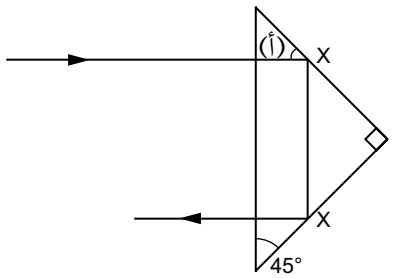
استخدم $\sin^{-1}$ في الآلة الحاسبة لإيجاد r. (سوف تستنتج من ذلك الزاوية التي جيبها 0.333).

$$r = \sin^{-1} 0.333 = 19.47°$$

$$= 19.5°$$

تمرين ١٣-٣: مرآة مثالية

أ ١.



٢. مجموع زوايا المثلَّث °180، لذا بالنسبة للزاوية العلوية X:

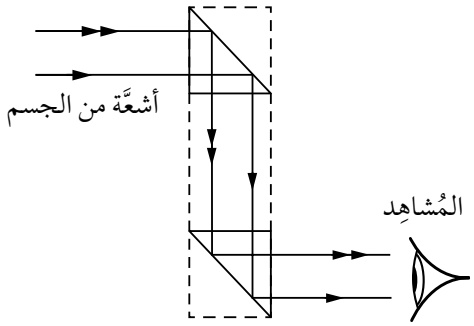
زاوية سقوط الشعاع (أ) = (90 + 45) – 180.

= 45°

٣. يسقط الشعاع في الحالتَين بشكل عمودي على السطح الفاصل بين الوسطَين (بزاوية = °90)، وبالتالي فإن زاوية السقوط = °0.

الرسم البياني متماثِل، لذا ينطبق الأمر نفسه على الزاوية السفلية.

ب ١.

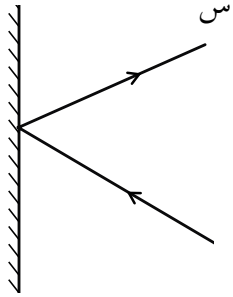


٢. الشعاع العلوي، الصادر من أعلى الجسم، سوف يبقى فوق الشعاع السفلي بعد انعكاسَين.

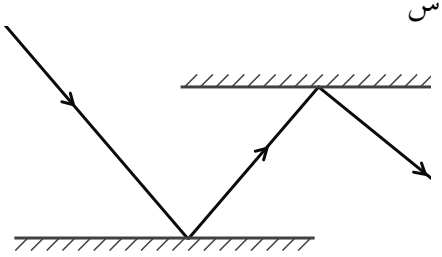
إجابات أوراق العمل

ورقة العمل ١٣-١: مخطّطات الأشعَّة

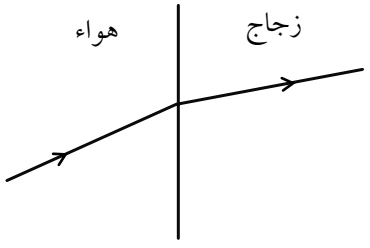
(أ) انعكاس



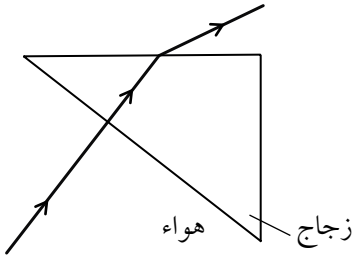
(ب) انعكاس



(ج) انكسار



(د) انكسار



إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ (أ) حاصل قسمة سرعة الضوء في الفراغ على سرعة الضوء في الوسط المادّي.

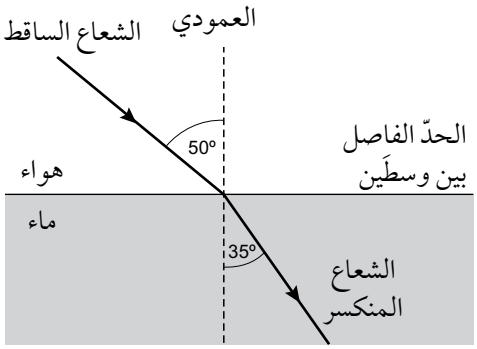
٢ **أ.** عندما يدخل الشعاع الضوئي الزجاج، نرسم خطًّا بزاوية (90°) على السطح، نسمّيه **العمودي**.

ب. زاوية السقوط هي الزاوية الواقعة بين هذا الخطّ وشعاع الضوء من **جهة الهواء**.

ج. زاوية الانكسار هي الزاوية الواقعة بين هذا الخطّ وشعاع الضوء من **جهة الزجاج**.

د. تكون زاوية الانكسار **أصغر** من زاوية السقوط.

٣



الخطّ المرسوم بين الهواء والماء يسمّى الحدّ الفاصل بين وسطَين.

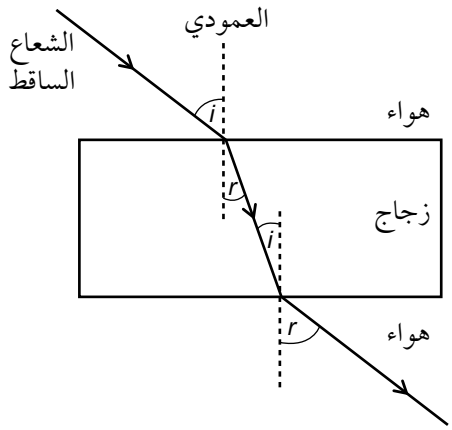
زاوية السقوط المرسومة بدقّة (في المدى 51° – 49°) والتي تحمل إمّا مسمّى زاوية السقوط أو رمز *i*.

خطّ عمودي على الحدّ الفاصل بين الوسطَين يكوِّن زاوية 90° مع السطح ويُسمّى العمودي.

زاوية الانكسار المرسومة (في المدى 36° – 34°) والتي تحمل إمّا مسمّى زاوية السقوط أو رمز *r*.

يظهر اتّجاه انتقال كل من شُعاعَي الضوء الساقط والمنكسِر برأسٍ سهمي.

٤



i = زاوية السقوط

r = زاوية الانكسار

قد يكون المخطَّط في أي اتّجاه.

ارسم خطًّا عموديًّا على سطح الزجاج من نقطة السقوط.

كرِّر ذلك عند نقطة خروج الشعاع من الزجاج.

اكتفِ بوضع تسمية العمودي مرَّة واحدة على أحدهما.

جميع الزوايا مسمّاة باستخدام i و r أو (زاوية السقوط وزاوية الانكسار).

يظهر اتّجاه أشعَّة الضوء برؤوس أسهُم لكلّ من الأشعَّة الساقطة والأشعَّة المنكسِرة.

قدّر بالنظر: الشعاع الساقط موازٍ للأشعَّة الخارجة.

٥ أ. مُعامِل الانكسار = $\frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الياقوت}}$

$$n = \frac{3.0 \times 10^8}{1.7 \times 10^8}$$

$$= 1.8$$

ب. مُعامِل الانكسار = $\frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الألماس}}$

سرعة الضوء في الألماس = $\frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{مُعامِل الانكسار}}$

$$= \frac{3.0 \times 10^8}{2.4}$$

$$= 1.25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

٦ أ. $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

ب. $n = \frac{\sin 30.0°}{\sin 19.5°}$

$$= 1.5$$

ج. $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

$$\sin r = \frac{\sin 22°}{1.33}$$

$$\sin r = 0.2816$$

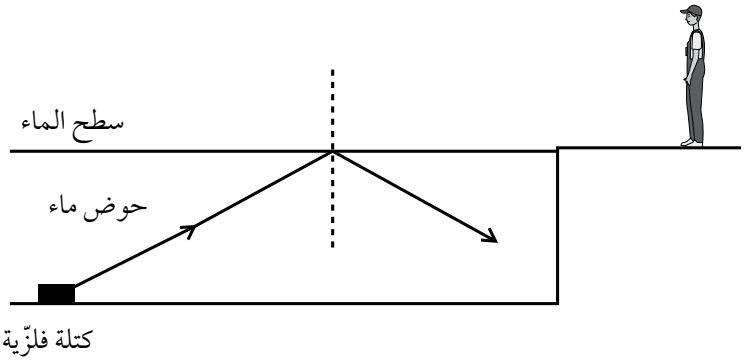
أو $r = 16.4°$

٧ أ. هي زاوية السقوط التي يصنعها شعاع ضوئي ساقط على وسط مادي (الزجاج) بحيث لا ينتقل الشعاع إلى وسط آخر (كشعاع منكسر)؛ أو زاوية السقوط التي يحدث بعدها الانعكاس الداخلي الكُلّي؛ أو زاوية السقوط التي ينكسر عندها الشعاع الساقط بزاوية مقدارها $90°$.

ب. انعكاس داخلي كُلّي.

٨ رسم تخطيطي لأشعَّة يُظهر شعاعًا ضوئيًّا قادمًا من الكتلة الفلزّية باتّجاه الشخص.

الانعكاس الداخلي الكُلّي يحدث عند سطح الماء عند تجاوز زاوية السقوط للزاوية الحرجة، وبالتالي لن يكون هناك شعاع منكسِر عن سطح الماء يصل إلى عين الشخص.



٩ حزمة واحدة تنقل الضوء إلى المَعِدة.

حزمة واحدة أخرى تنقل الضوء، أو الصورة، من المَعِدة.

يخضع الضوء (داخل المنظار) لانعكاس داخلي كُلّي، لكي يبقى الضوء داخل الألياف، أو المنظار، حتى عند تقوُّس هذه الألياف.

الوحدة الرابعة عشرة: العدسات المُحدَّبة الرقيقة

موضوعات الوحدة

المصادر المُتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١٤-١، ١٤-٢، ١٤-٣، ١٤-٤، ١٤-٥، ١٤-٦	١٤-١ العدسات	٤	نشاط ١٤-١ استقصاء العدسات المُحدَّبة الأسئلة من ١٤-١ إلى ١٤-٦	تمرين ١٤-١ صورة في العدسة
	المُلخّص		أسئلة نهاية الوحدة	

الموضوع ١٤-١: العدسات

الأهداف التعليمية

١٤-١ يصف تأثير العدسة المحدَّبة الرقيقة على مسار شعاع ضوئيّ.

١٤-٢ يستخدم مصطلحات بؤرة العدسة والبعد البؤريّ ويعرِّفهما.

١٤-٣ يرسم مخطَّطات الأشعّة؛ لتكوين صورة حقيقيّة بواسطة عدسة مُنفردة.

١٤-٤ يصف خصائص الصورة مستخدمًا المصطلحات الآتية: مكبّرة، لها الحجم نفسه، مصغّرة، معتدلة، مقلوبة، حقيقية وتقديرية.

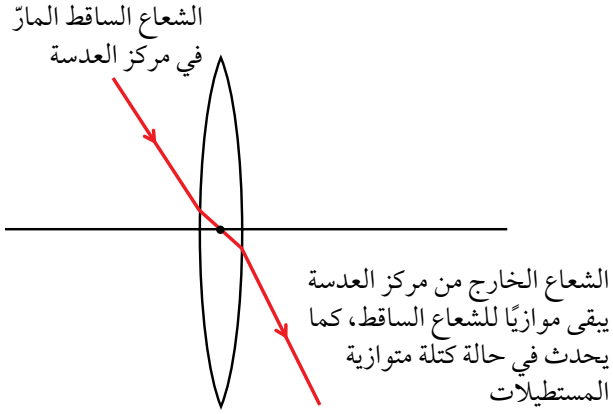
١٤-٥ يصف وجه الاختلاف بين الصورة الحقيقيّة والصورة التقديريّة.

١٤-٦ يصف استخدام العدسة المنفردة كعدسة مكبّرة بما في ذلك استخدام مخطَّطات الأشعّة.

أفكار للتدريس

- تمَّ استخدام العدسات منذ حوالي ألف سنة، اسأل الطلاب عن مكان رؤيتهم للعدسات، وما استخداماتها؟ وما الدور الذي تؤدّيه؟
- اسأل الطلاب عن أبرز إسهامات العلماء في علم البصريّات (انتقال الضوء والعدسات).
- اسمح لهم بفحص عدد من العدسات، مع التركيز على العدسات المحدَّبة.
- وضّح لهم خطوات رسم مُخطَّط أشعَّة لعدسة مُحدَّبة (كما في الشكل ١٤-٢ في كتاب الطالب).
- **النشاط ١٤-١ استقصاء العدسات المحدّبة** يتيح للطلاب قياس البُعد البؤري للعدسة، ورسم مخطَّط أشعَّة دقيق.
- يمكنك المُتابعة لتوضيح طريقة عمل العدسة المُكبِّرة، بما في ذلك مُخطَّط الأشعّة. وكما كانت الحال مع المرايا، سيكون عليك أن تشرح معاني المُصطلحات الآتية: حقيقية وتقديرية، مُعتدلة ومقلوبة، مُكبَّرة ومُصغَّرة.
- يمكن للطلاب الإجابة عن أسئلة كتاب الطالب من ١٤-١ إلى ١٤-٦ لاختبار فهمهم.
- تمرين ١٤-١ في كتاب النشاط يُدرِّب الطلّاب على استكمال مُخطَّطات الأشعَّة للعدسة المُحدَّبة، بما في ذلك العدسة المُكبِّرة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم



- يعتقد بعض الطلاب أن اتِّجاه شعاع الضوء يتغيَّر عندما يمرّ في مركز العدسة وهذا غير صحيح، فإذا عبر مثلًا شعاع ضوئي كتلة متوازية المستطيلات (بالرجوع إلى الصورة ١٣-١ من الوحدة الثالثة عشرة)، فسوف يخرج منها بنفس اتِّجاه الشعاع الساقط، مع الانحراف قليلًا. ويزداد هذا الانحراف مع ازدياد سمك الكتلة المتوازية المستطيلات. وهذا ما يحدث مع الشعاع المارّ في مركز العدسة، إذ يبقى الشعاع الخارج موازيًا للشعاع الساقط، ولكن مع انحراف بسيط غير مُلاحَظ، نتيجة السمك القليل للعدسة.
- قد يتخيَّل الطلاب أيضًا أن الأشعَّة تنحرف داخل العدسة؛ في الواقع، تُغيِّر الأشعَّة اتِّجاهها فقط عند نقطتَي دخولها وخروجها من العدسة؛ ويكون مسارها مستقيمًا بين هاتَين النقطتَين.
- يصعب رسم مُخطَّط الأشعَّة الخاصّ بالعدسة المُكبِّرة وفهمه. وحتّى يسهل ذلك لا بدَّ من وضع الجسم أقرب قليلاً إلى العدسة من بؤرتها.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، الأسئلة من ١٤-١ إلى ١٤-٦
- أسئلة نهاية الوحدة
- كتاب النشاط، التمرين ١٤-١ صورة في العدسة

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ١٤-١: استقصاء العدسات المُحدَّبة

المهارات

- **يصف الخطوات التجريبية والتقانة المُستخَدمة ويشرحها.**
- **يقيِّم الأخطار ويشرح التدابير الوقائية المُتّخذة لضمان السلامة.**
- **يرسم الأشكال التخطيطية للجهاز ويُسمّي أجزاءه.**
- **يفسِّر المُلاحظات وبيانات التجارب ويقيّمها، ويُحدِّد النتائج غير المُتوقّعة ويتعامل معها بالشكل الملائم.**

المواد والأدوات والأجهزة

- عدسة مُحدَّبة
- بطاقة بيضاء (تُستخدَم كشاشة)
- مسطرة أو منضدة بصرية
- مصباح 3V مُثبَّت على حامل
- مصدر جُهد كهربائي 3V

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

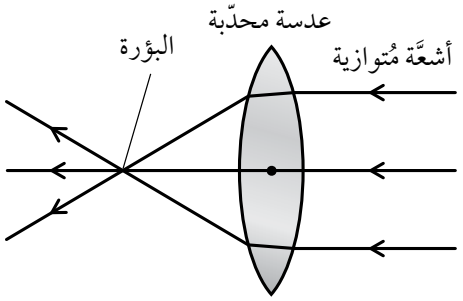
- نبّه الطلاب لضرورة عدم تركيز النظر للشمس من خلال النافذة.
- نبّه الطلاب لضرورة عدم النظر عبر العدسة إلى مصدر أشعَّة ساطع ومركَّز مثل الشمس، حتى لا تتأذّى أعينهم.

ملاحظات

- تقدِّم الخطوتان ١ و ٢ من هذه التجربة طريقة بسيطة لإيجاد قيمة تقريبية للبُعد البؤري للعدسة.
- في الخطوات من ٣ إلى ٨ يقوم الطلاب بإجراء قياسات، يستخدمونها بعد ذلك لرسم مُخطَّط أشعَّة. ويقارنون بين بُعد الصورة المُتكوِّنة، وتلك المُستنتَجة من مُخطَّط الأشعَّة.
- قد يكون البديل هو قياس البُعد بين الجسم ومركز العدسة وبين الصورة ومركز العدسة، ورسم مُخطَّط أشعَّة، واستخدامه لاستنتاج البُعد البؤري f للعدسة.
- يمكن إعطاء الطلاب عددًا من العدسات والطلب إليهم تحديد البُعد البؤري لكلّ منها. يمكنهم بعد ذلك ربط نتائجهم بمدى تحدُّب أسطح العدسة.
- يشجِّع النشاط الطلاب على تمديد التجربة لتشمل فكرة التكبير الموضَّح في الخطوة ٩ من النشاط (على الرغم من أن هذا لم يتمّ تقديمه من الناحية الكمّية).

إجابات أسئلة كتاب الطالب

١٤-١



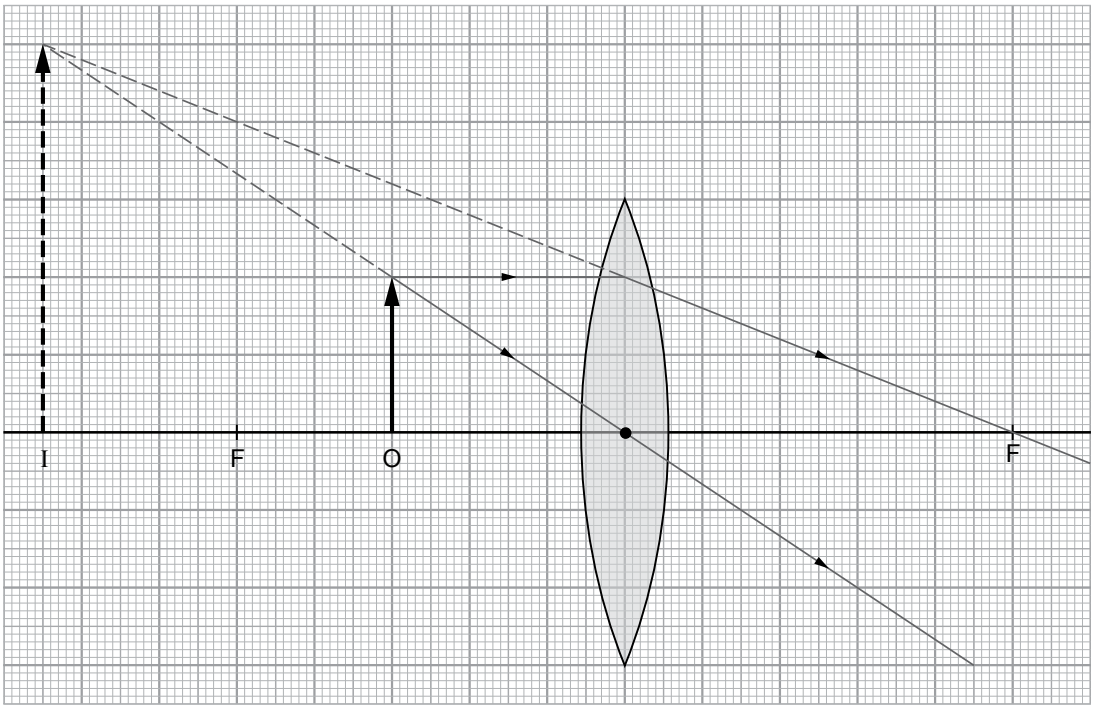
١٤-٢ نقطة تجمُّع الأشعَّة المُوازية للمحور بعد عبورها العدسة المُحدَّبة، أو هي النقطة التي يتمّ عندها تجمُّع الأشعَّة الساقطة على عدسة محدَّبة وموازية لمحورها.

١٤-٣ الصورة الحقيقية: تتركَّز أشعَّة الضوء الخارجة من العدسة في نقاط تُكوِّن صورة حقيقية، وبالتالي يمكن للصورة أن تتكوَّن على شاشة. الصورة التقديرية: تظهر الأشعَّة الخارجة من العدسة على أنها قادِمة من نقاط من صورة مُتكوِّنة وراء العدسة، وبالتالي لا يمكن أن تتكوَّن الصورة على شاشة.

١٤-٤ لأنّ السهم الذي يمثّل الصورة مُتّجه إلى الأعلى، بالتالي له نفس اتّجاه السهم الذي يمثّل الجسم.

١٤-٥ لأنّ حزمة الأشعَّة القادمة من نقطة من الصورة، مُكوَّنة من أشعَّة مُتفرِّقة، ومُمثَّلة بخطوط مُنقَّطة وراء العدسة.

١٤-٦ أ.



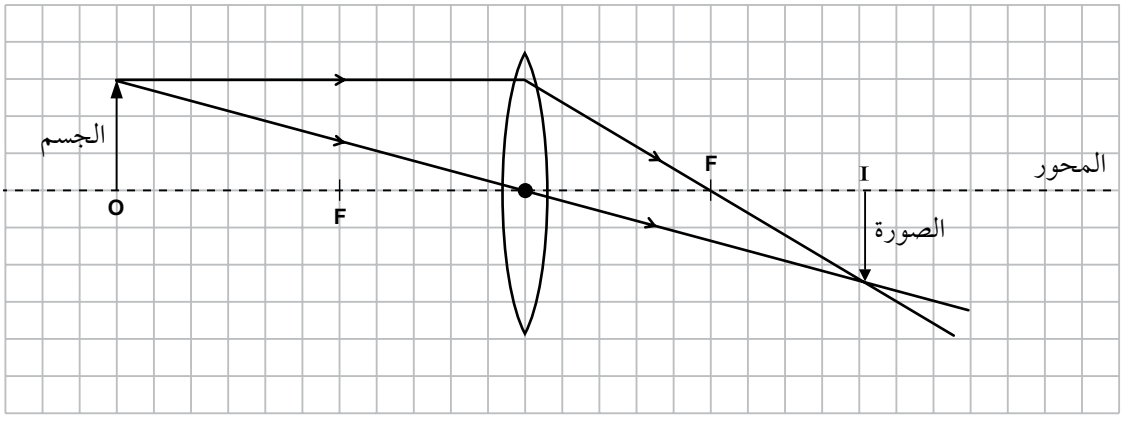
ب. مقياس مخطَّط الأشعَّة في (أ): كل 10 مربَّعات صغيرة تساوي مربَّعًا كبيرًا وتساوي بالتالي 1 cm. المسافة من مركز العدسة إلى الصورة التقديرية تساوي 7 مربَّعات كبيرة و 5 مربَّعات صغيرة. أي تساوي:

7.5 cm

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ١٤-١: صورة في العدسة

أ ١. البؤرة.



٢. الجسم أكبر من الصورة.

٣. الجسم.

٤. مقلوبة.

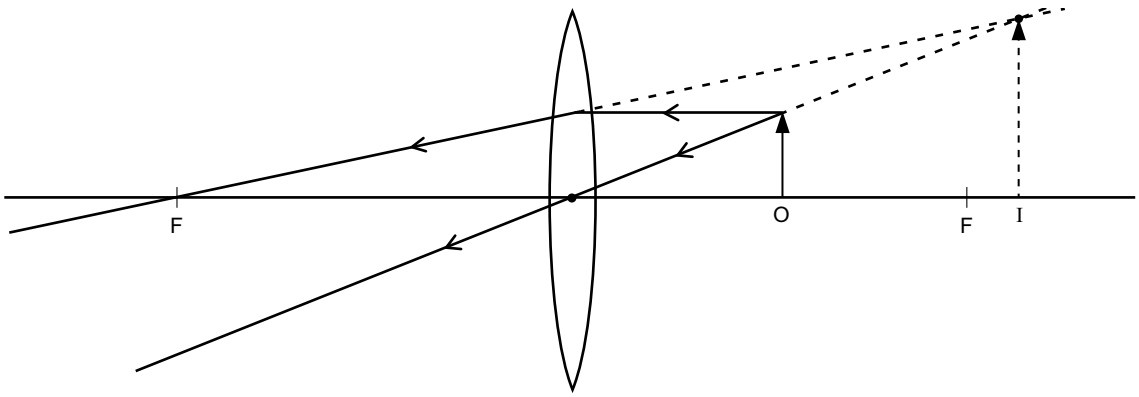
٥. (أ) يمثِّل كل مربَّع 2 cm، والمسافة من العدسة إلى الصورة 9.15 مربَّعات.

9.1 5 × 2 = 18.3 cm

(ب) يمثِّل كل مربَّع 2 cm، والسهم طوله تقريبًا 2.45. طول الصورة:

2.45 × 2 = 4.9 cm

ب



١. معتدلة.

٢. تقديرية.

٣. الصورة مُكبَّرة لأنها أكبر أو أطول من الجسم.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ (أ) تجعل شعاعَي الضوء ينكسران أحدهما باتِّجاه الآخر.

٢ أ. نقطة تجمُّع الأشعَّة الموازية للمحور بعد عبورها العدسة المحدَّبة.

ب. المسافة الممتدَّة من مركز العدسة إلى البؤرة.

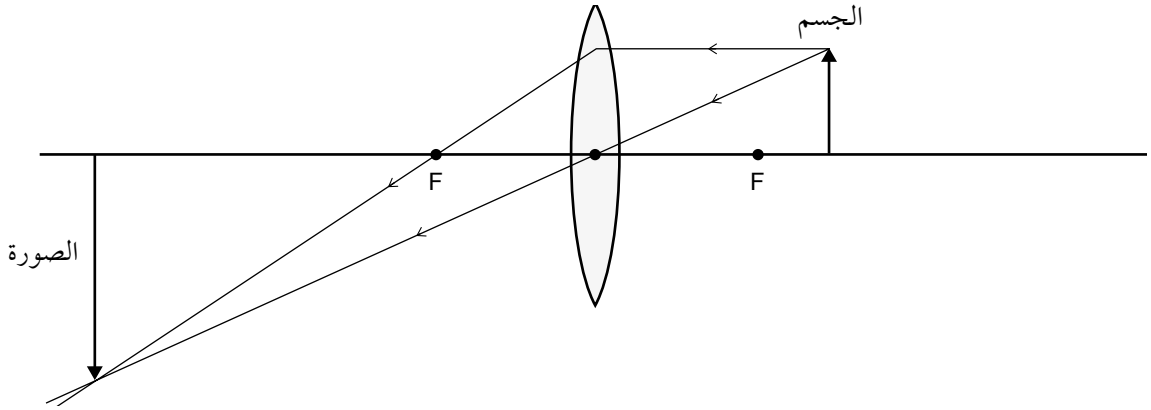
٣ أ. حقيقية.

ب. مكبَّرة.

٤ أ. معتدلة وتقديرية ومُكبَّرة.

ب. (د)

٥ أ.



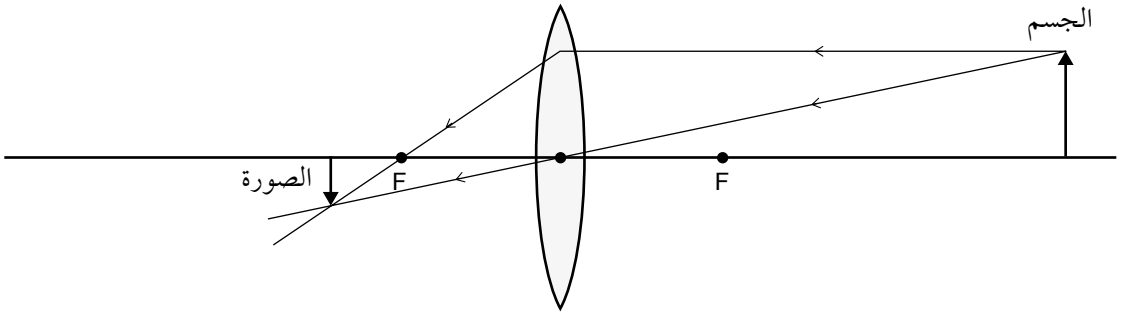
يدخل الشعاع الموازي للمحور إلى العدسة، ثم ينحرف ليمرّ عبر F على الجانب الأيسر.

يدخل شعاع ثانٍ عبر مركز العدسة بدون انحراف.

الصورة مرسومة في المَوقع الصحيح.

الصورة حقيقية ومقلوبة ومكبَّرة.

ب.



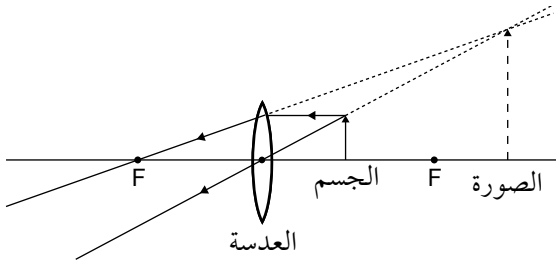
يدخل الشعاع الموازي للمحور إلى العدسة، ثم ينحرف ليمرّ عبر F على الجانب الأيسر.

يدخل شعاع آخر عبر مركز العدسة بدون انحراف.

الصورة مرسومة في الموقع الصحيح.

الصورة حقيقية ومقلوبة ومصغَّرة.

٦



الجسم بين العدسة و F.

يدخل الشعاع الموازي للمحور إلى العدسة، ثم ينحرف ليمرّ عبر F على الجانب الأيسر.

يدخل شعاع آخر عبر مركز العدسة بدون انحراف.

يتقاطع امتدادا الشعاعَين وراء العدسة.

الصورة تقديرية ومعتدلة ومكبَّرة.

الوحدة الخامسة عشرة: التيّار وفرق الجُهد والقوّة الدافعة الكهربائيّة

موضوعات الوحدة

المصادر المُتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١٥-١، ١٥-٢، ١٥-٣	١٥-١ التيّار الكهربائي في الدوائر الكهربائية	٣	نشاط ١٥-١ قياس شدَّة التيّار الكهربائي الأسئلة من ١٥-١ إلى ١٥-٩	تمرين ١٥-١ شدَّة التيّار الكهربائي والشحنة الكهربائية
١٥-٤، ١٥-٥، ١٥-٦، ١٥-٧	١٥-٢ فرق الجُهد والقوّة الدافعة الكهربائية	٢	السؤالان ١٥-١٠ و ١٥-١١	تمرين ١٥-٢ قياس شدَّة التيّار الكهربائي والجُهد الكهربائي
١٥-٨	١٥-٣ الكهرباء والطاقة	٣	نشاط ١٥-٢ (إثرائي) استخدام القدرة الكهربائية الأسئلة من ١٥-١٢ إلى ١٥-١٥	تمرين ١٥-٣ الطاقة والقُدرة الكهربائية
	المُلخّص		أسئلة نهاية الوحدة	

الموضوع ١٥-١: التيّار الكهربائي في الدوائر الكهربائية

الأهداف التعليمية

١٥-١ يذكر أنّ سبب سريان التيّار الكهربائيّ في الفلزّات هو تدفُّق الإلكترونات ويرتبط بتدفق الشحنة، التي تقاس بوحدة الكولوم (C).

١٥-٢ يظهر فهمًا بأن شدَّة التيّار الكهربائي هو معدَّل تدفُّق الشحنات، ويذكر أنّ وحدة قياس شدَّة التيّار هي الأمبير (A)، كما يذكر المعادلة الآتية ويستخدمها: $I = \frac{Q}{t}$.

١٥-٣ يستخدم جهاز قياس شدّة التيّار الكهربائيّ (الأمّيتر) التناظريّ والرقميّ ويصف استخدامه.

أفكار للتدريس

- يتطلَّب فهم الكهرباء استيعاب فكرتَين مُجرَّدتَين في آن معًا، هما: شدَّة التيّار الكهربائي والجُهد الكهربائي. يستدعي ذلك أن نبدأ هنا بالتيّار الكهربائي، وأن نتناوله كفكرة ونؤسِّس عليه، قبل الانتقال إلى فكرة الجُهد الكهربائي في الموضوع التالي.
- يُحتمَل أن يكون لدى الطلاب بعض الخبرة في الدوائر الكهربائية البسيطة. يمكنك استخدام ذلك على النحو الآتي: أعطهم بعض الأدوات (مثل: بطّارية، مفتاح، مصباح، أسلاك توصيل) واطلب إليهم تركيب دائرة كهربائية لتشغيل المصباح وإيقاف تشغيله. اطلب إليهم توضيح دور المفتاح، وتتبُّع الدائرة الكهربائية الفلزّية الكاملة. هنا يجب توضيح فكرة الحاجة إلى دائرة كهربائية كاملة (مُغلقة)، وفكرة أنَّ الفلزّات هي موصِّلات كهربائية.
- وضِّح للطلاب أنّ شدَّة التيّار الكهربائي تقاس باستخدام جهاز الأمّيتر، وأنّ فرق الجهد الكهربائي يقاس باستخدام جهاز الڤولتميتر، وأنّ الجهازَين قد يظهران وكأنهما متطابقان، ويعملان في نفس الوقت عندما يضيء المصباح في الدائرة الكهربائية، ولكن طريقة توصيلهما بالدائرة الكهربائية مختلفة.

- ناقش فكرة أنه يمكن تقسيم الموادّ إلى موصِّلات وعوازل. اطلب إلى الطلاب اقتراح موادّ من كل نوع. واسألهم عن طريقة اختبار موصلية هذه المواد.
- يوضِّح النشاط ١٥–١ إحدى الطرق لمقارنة موصّلية بعض الموادّ للكهرباء. ربّما كان الطلّاب في السابق استخدموا مصباحًا فقط لإظهار موصلية الموادّ للكهرباء؛ يُمكن إضافة أمّيتر (ammeter) على التوالي. قد تُظهِر بعض الموادّ مرور تيّار صغير من خلال قراءة الأمّيتر حتى عندما لا يضيء المصباح.
- اربط هذه الأفكار المُتعلِّقة بالتيّار الكهربائي مع أفكار حول الشحنة الكهربائية للإلكترون، والقوى بين الشحنات الكهربائية الساكنة التي تمَّ التطرُّق إليها في الصف الثامن.
- يمكنك أيضًا وصف التيّار الكهربائي على أنه تدفُّق للإلكترونات في دائرة فلزّية كاملة، مع التأكيد أن الإلكترونات تتدفَّق من القطب السالب إلى القطب الموجب لمصدر الجُهد الكهربائي. (لا حاجة إلى مُناقشة فكرة التيّار الاصطلاحي (Conventional current)). ساعد الطلاب على مُتابعة تدفُّق الإلكترونات في دائرة كهربائية ما (وفي مُخطَّط الدائرة الكهربائية)، وذلك بتمرير أصابعهم بدءًا من القطب السالب للخلية.
- أسئلة كتاب الطالب من ١٥–١ إلى ١٥–٤ تختبر فهم الطلاب للأفكار التي تمَّ التطرُّق إليها حتى الآن.
- اشرح أن التيّار الكهربائي هو مُعدَّل تدفُّق الشحنة، وأن الأمّيتر جهاز يوضِّح معدَّل هذا التدفُّق.
- وضِّح للطلاب طريقة حساب شدَّة التيّار الكهربائي باستخدام العلاقة الآتية: شدَّة التيّار الكهربائي = $\frac{\text{الشحنة الكهربائية}}{\text{الزمن}}$ ($I = \frac{Q}{t}$).
- يمكنك الانتقال إلى المثال ١٥–١ في كتاب الطالب، لتوضيح كيفية استخدام هذه العلاقة.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- تخيُّل الشحنات الكهربائية في دائرة كهربائية ما على أنها مكوَّنة من إلكترونات (جُسيمات ذات شحنة سالبة)، والتيّار الكهربائي على أنه ناتج من مرور إلكترونات تسير في أسلاك ومكوِّنات الدائرة الكهربائية، يُسهِّل على الطلاب فهم الدائرة الكهربائية، كما أنه يُسهِّل فهم مبدأ حفظ الشحنة الكهربائية وقانون شدَّة التيّار الكهربائي في الدوائر الكهربائية عند تفرُّع الأسلاك، وهو ما سوف يتمّ التطرُّق إليه في الصف العاشر.
- يميل الطلاب أيضًا إلى استخدام مصطلح «الكهرباء» كمُرادف للتيّار، وهو أكثر غموضًا. نبِّههم لعدم استخدام هذا المُرادف بشكل عام، حيث إن الكهرباء مُصطلح عام.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، الأسئلة من ١٥–١ إلى ١٥–٩
- كتاب النشاط، التمرين ١٥–١ شدَّة التيّار الكهربائي والشحنة الكهربائية

الموضوع ١٥-٢: فرق الجُهد والقوّة الدافعة الكهربائية

الأهداف التعليمية

١٥-٤ يُظهر فهمًا للقوّة الدافعة الكهربائيّة وبأنها تُعرف في ضوء الطاقة التي يتم توفيرها بواسطة مصدر بهدف دفع الشحنات الكهربائيّة في الدائرة الكاملة.

١٥-٥ يذكر أنّ القوّة الدافعة الكهربائيّة لمصدر الطاقة الكهربائيّة تُقاس بوحدة الڤولت.

١٥-٦ يُظهر فهمًا لفرق الجُهد، ويذكر أنّ فرق الجُهد بين طرفي أحد مكوِّنات الدائرة الكهربائيّة يُقاس بوحدة الڤولت (V).

١٥-٧ يستخدم أجهزة الڤولتميتر التناظريّة والرقميّة ويصف استخدامها.

أفكار للتدريس

- يميل الطلاب للنظر إلى الخلايا الكهربائية ومصادر الجُهد الكهربائية، على أنها مصدر للتيّار الكهربائي، لأنها توفِّر «الدفع» اللازم لتدفُّق التيّار الكهربائي. قدِّم فكرة فرق الجُهد كطريقة أفضل للتحدُّث عن الجُهد الكهربائي لخلية ما. أكِّد فكرة وجود اختلاف في الجُهد بين قطبَي الخلية، وأن هذا الاختلاف هو الذي يُسبّب تدفُّق الإلكترونات. ذكِّر الطلاب بأن الشحنات المُتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب. اربط هذا الأمر بأن القطب السالب للخلية يدفع الإلكترونات، والقطب الموجب يجذبها.
- يمكنك بدايةً التعامل مع فرق الجُهد بالقيمة المطبوعة على الخلية، أو المُحدَّدة بواسطة قرص التحكُّم بفرق الجُهد لمصدر الجُهد الكهربائي المتغيِّر. وضِّح كيف يُقاس فرق الجُهد بين طرفَي مُكوِّن كهربائي باستخدام الڤولتميتر الموصَّل على التوازي مع المُكوِّن.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- ينبغي تشجيع الطلاب على قياس الجُهد الكهربائي، للتحقُّق من صحَّة المُلصقات المُدرجَة على الخلايا ومصادر الجُهد الكهربائي.
- قد ينشأ لدى الطلاب خلط بين أجهزة القياس الكهربائية (الأمّيتر والڤولتميتر). لذلك من المُفيد أن تُشجِّعهم على تركيب دائرة كهربائية مغلَقة، ثم فتحها في مكان ما لإضافة الأمّيتر؛ وهذا يؤكِّد أن التيّار الكهربائي يجب أن يتدفَّق من خلال الأمّيتر. وجِّههم لإضافة الڤولتميتر بعد اكتمال الدائرة الكهربائية. قد يساعدهم في ذلك استخدام سلكَي توصيل فلزيَّين بلون مُختلف عن الأسلاك المُستخدَمة في الدائرة الكهربائية الرئيسية. حاول تطوير فكرة أنهم يستطيعون نقل الڤولتميتر إلى مُكوِّنات مختلفة في الدائرة الكهربائية، وربطه بين طرفَي المُكوِّن ثم فصله.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، السؤالان ١٥-١٠ و ١٥-١١
- كتاب النشاط، التمرين ١٥-٢ قياس شدَّة التيّار الكهربائي والجُهد الكهربائي

الموضوع ١٥-٣: الكهرباء والطاقة

الأهداف التعليمية

١٥-٨ يذكر المُعادلتَين ($P = IV$) و ($E = IVt$) ويستخدمهما.

أفكار للتدريس

- قد يخلط الطلاب بين التيّار الكهربائي والطاقة، ويتصوَّرون أنّ التيّار الكهربائي هو تدفُّق للطاقة بدلاً من الشحنة. ذكّرهم من خلال الشكل ١٥- ٢ من كتاب الطالب بأن التيّار الكهربائي عبارة عن تدفُّق للجُسيمات المشحونة (الإلكترونات)، والتي تتحرَّك بواسطة قوَّة كهربائية.
- اسأل الطلاب كيف سيستخدمون عدَّة خلايا لزيادة شدَّة التيّار الكهربائي في مصباح. يمكنك أن تقدِّم إليهم أربع خلايا قيمة فرق الجُهد لكلّ منها 1.5 V، ومصباحًا يعمل بجُهد كهربائي 6 V وأسلاك توصيل. يجب أن يكتشفوا أن الخلايا يجب أن تكون مُتَّصلة على التوالي وبطريقة صحيحة. قد يكون الطلاب على دراية بها، من خلال تركيب الخلايا في أجهزة كالمصابيح اليدوية.
- وجِّه الطلاب للنظر إلى الدائرة الكهربائية مع مصباح مُضاء. هل يمكنهم أن يذكروا ما يحدث للطاقة؟ ذكِّرهم بمخازن الطاقة ونقلها.
- اشرح أن الطاقة المتحوِّلة تعتمد على ثلاث كمّيات، هي: فرق الجُهد بين طرفَي المصباح، وشدَّة التيّار الكهربائي المتدفِّق خلاله، والزمن. ويمثِّل حاصل ضرب الكمّيات الثلاث مقدار الطاقة المستهلَكة. قد يكون من المفيد ربط القوّة الدافعة الكهربائية للخلية بالطاقة التي يتمّ نقلها إلى الشحنات، وربط شدَّة التيّار الكهربائي بالمُعدَّل الذي تمرّ به الشحنات خلال المصباح.
- يجب أن يعرف الطلاب أيضًا العلاقة بين الطاقة والقدرة، لكي يتمكّنوا من استنتاج معادلة القدرة.
- يوضِّح المثال ١٥-٢ في كتاب الطالب كيفية استخدام معادلات القدرة والطاقة.
- في النشاط ١٥-٢، يقيس الطلاب شدَّة التيّار الكهربائي وفرق الجُهد، ويستنتجون قدرة أجهزة مختلفة. سوف يكسبهم ذلك المزيد من الخبرة العملية في استخدام العلاقات التي تمَّ التعامُل معها في هذه الوحدة.
- يمكن للطلاب الإجابة عن أسئلة كتاب الطالب من ١٥-١٢ إلى ١٥-١٥ في الصفّ.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- كما ذُكِر سابقًا، فقد يختلط على الطلاب مفهوم الشحنة أو التيّار الكهربائي مع مفهوم الطاقة. من المهمّ التأكيد أن التيّار الكهربائي يتدفَّق على طول الدائرة الكهربائية. وهو ينقل الطاقة من خلية إلى مصباح أو مُكوِّن آخر.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، الأسئلة من ١٥-١٢ إلى ١٥-١٥
- أسئلة نهاية الوحدة
- كتاب النشاط، التمرين ١٥-٣ الطاقة والقُدرة الكهربائية

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ١٥-١: قياس شدَّة التيّار الكهربائي

المهارات

- يُبرّر اختيار الأجهزة والمواد والأدوات لاستخدامها في إجراء التجارب.
- يُحدِّد المُتغيِّرات ويصف كيف يمكن قياسها، ويشرح لماذا ينبغي التحكُّم ببعض المُتغيِّرات.
- يُفسِّر الملاحظات وبيانات التجارب ويُقيِّمها، ويحدّد النتائج غير المُتوقَّعة ويتعامل معها بالشكل الملائم.

المواد والأدوات والأجهزة

- بطّارية 6 V أو مصدر جُهد كهربائي مُتغيِّر
- مصباح 6 V مُثبَّت على حامل
- مشبكا فم تمساح
- أمّيتر
- أربعة أسلاك توصيل
- عيّنات من مجموعة من المواد سواء الموصِّلات الجيِّدة أو العوازل

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- نبِّه الطلاب لضرورة عدم توصيل الأمّيتر أو الأسلاك مباشرة عبر طرفَي مصدر الجُهد الكهربائي.

ملاحظات

- يجمع هذا النشاط تجربة بسيطة لتمييز الموصِّلات من العوازل مع تعلُّم كيفية استخدام جهاز الأمّيتر.
- بدلاً من مجرَّد السؤال «هل المصباح يضيء؟»، يمكن للطلاب قياس شدَّة التيّار الكهربائي المُتدفِّق عبر عيِّنات من مواد مختلفة.
- يؤدّي هذا الأمر فيما بعد إلى إمكانية مُقارَنة موصلية الموادّ المختلفة عن طريق أخذ عيِّنات فلزّات مختلفة لها نفس الأبعاد (أو عن طريق السماح باستخدام أسلاك تختلف في الطول وفي مساحة المقطع العرضي).
- يمكن للطلاب تمديد التجربة للنظر في العلاقة بين شدَّة التيّار الكهربائي وطول السلك في الدائرة الكهربائية. من الأفضل أن يتمّ ذلك بسلك ذي مُقاوَمة، أي بمُقاوَمة بضعة أومات لكلّ متر.
- من المفيد أن يستخدم الطلاب أجهزة الأمّيتر فقط والتمرُّن على استخدامها قبل استخدام أجهزة قياس فرق الجُهد. في هذا النشاط، نفترض ضمنيًّا أن مصدر الجُهد الكهربائي هو عامل ثابت، لذلك لا نحتاج إلى قياس فرق الجُهد بين طرفَي المواد الخاضعة للاستقصاء.

نشاط ١٥-٢ (إثرائي): استخدام القُدرة الكهربائية

المهارات

- يُقيّم الأخطار ويشرح التدابير الوقائية المتَّخذة لضمان السلامة.
- يُبرّر اختيار الأجهزة والمواد والأدوات لاستخدامها في إجراء التجارب.
- يصف الخطوات التجريبية والتقانة المستخدمة ويشرحها.
- يرسم الأشكال التخطيطيّة للجهاز ويُسمّي أجزاءه.
- يعالج البيانات ويعرضها ويقدِّمها بما في ذلك استخدام الآلات الحاسبة والتمثيلات البيانية والميل.
- يُفسِّر الملاحظات وبيانات التجارب ويُقيِّمها، ويحدّد النتائج غير المُتوقَّعة ويتعامل معها بالشكل الملائم.

المواد والأدوات والأجهزة

- مصدر جُهد كهربائي مُتغيِّر 12 V
- مصباح 12 V مُثبَّت على حامل
- سخّان كهربائي 12 V
- جرس كهربائي أو طنّان كهربائي
- مقاوِم 100 Ω، ذو قدرة تحمُّل 2 W على الأقلّ
- أمّيتر
- فولتميتر
- خمسة أسلاك توصيل
- قلم رصاص، ورق A4، ورق رسم بياني

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- تحقَّق من جُهد التشغيل البالغ 12 V لكلّ جهاز تقوم باستقصاء قدرته الكهربائية. لا تتجاوز الجُهد الكهربائي.
- قد تُصبح الأجهزة الكهربائية، من سخّانات كهربائية ومصابيح ومُقاوِمات، ساخنة عند استخدامها. ضَعها على قماش مُقاوِم للحرارة ولا تلمسها إلا إذا كنت متأكِّدًا من أنها بردت.

ملاحظات

- هذا النشاط فرصة لاستخدام المُعادلة $P = I V$.
- يجب تزويد الطلاب بعدد من الأجهزة ذات جُهد تشغيلي 12 V، وكذلك يجب إخبارهم بجُهد التشغيل المُناسب لكل جهاز.
- يمكن تمديد التجربة لتشمل استقصاءً في كيفية تغيُّر القُدرة مع فرق الجُهد أو مع شدَّة التيّار الكهربائي لمُقاوِم أومّي ($P \propto V^2$) و ($P \propto I^2$). المصباح مُقاوِم غير أومي ولن يُظهِر السلوك نفسه. هذه فرصة جيِّدة لتوضِّح كيف يمكن استنتاج مثل هذه العلاقات الرياضية من التمثيلات البيانية.

الطريقة

- صمِّم على ورقة، مخطَّط دائرة كهربائية تستطيع من خلالها قياس شدَّة التيّار الكهربائي المتدفِّق عبر أحد الأجهزة، وقياس فرق الجُهد (V) بين طرفَيه. تحقَّق من صحَّة تصميمك مع معلِّمك.

- حدِّد بعض الأجهزة الكهربائية المناسبة، مثل مصباح أو سخّان كهربائي أو مُقاوَمة. تعرّف على جُهد التشغيل لكلّ من تلك الأجهزة الكهربائية من الملصق المثبَّت على كل جهاز.
- اختر الأمّيتر والڤولتميتر الأنسب للدائرة الكهربائية، وناقش سبب اختيارك مع معلِّمك.
- قُم بتركيب دائرتك الكهربائية. ضَع الجهاز الذي يتمّ اختباره على قماش مُقاوِم للحرارة؛ لأنّه قد يُصبح ساخنًا أثناء التجربة، وتجنَّب لمس الجهاز إلا إذا كنت متأكِّدًا من أنّه أصبح باردًا.
- اضبط مصدر الجُهد الكهربائي على جُهد تشغيل جهاز الاختبار، ثمّ أغلِق الدائرة الكهربائية.
- سجِّل شدَّة التيّار الكهربائي (I) وفرق الجُهد (V). احسب القدرة الكهربائية المستخدَمة في هذا الجهاز.
- قد تكون تلك الأجهزة قد سُمّيَت بقدراتها التشغيلية عند استخدامها. قارن هذه القدرات بقيَمك المقاسة.
- وصِّل مصباح يعمل بفرق جُهد 12 V في الدائرة الكهربائية. وغيِّر جُهد المصدر الكهربائي تدريجيًّا للقيمتَين 2.0 V و 4.0 V وهكذا. حدِّد لكلّ فرق جُهد شدَّة التيّار الكهربائي التي تقابله، واحسب القدرة.
- ارسم تمثيلات بيانية لتوضِّح كيف تعتمد القدرة على الجُهد الكهربائي، وعلى شدَّة التيّار الكهربائي لكلّ جهاز استخدمته.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

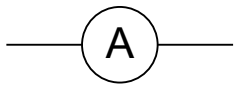
١٥-١ أ. سالبة.

ب. يتنافران.

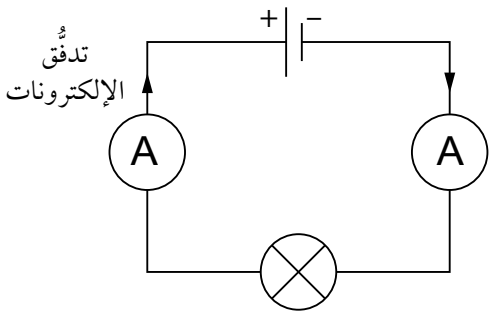
٢-١٥ أ. الأمّيتر.

ب. يتمّ توصيله على التوالي.

ج.



٣-١٥ أ. و ب.



ج. تأكّد من أن الجُهد لا يتجاوز الجُهد التشغيلي (Voltage rating) للمصباح / إبقاء شدَّة التيّار الكهربائي أصغر ما يمكن/ استخدم قماشًا مقاوِمًا للحرارة إذا كان من المُحتمَل أن تسخن المُكوِّنات، وفي حالة ارتفاع درجة حرارة أي مُكوّن أو سلك، أوقف تشغيل الدائرة الكهربائية على الفور.

٤-١٥ أ. (على سبيل المثال) النحاس والذهب والفضَّة.

ب. (على سبيل المثال) الزجاج، البلاستيك (البرسبيكس)، البوليثين.

١٥-٥ **أ.** أمبير (A)

ب. كولوم (C)

١٥-٦ **أ.** 1×10^3 mA أو 1000 mA

ب. 1×10^6 µA أو 1 000 000 µA

١٥-٧ 1 A = 1 C/s

١٥-٨ $I = \frac{Q}{t}$

$I = \frac{20}{1}$

I = 20 A

١٥-٩ $Q = I\,t$

Q = 4.0 × 10

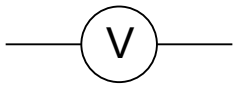
= 40 C

١٥-١٠ **أ.** فرق الجُهد

ب. الڤولت (V)

ج. الڤولتميتر

د.



١٥-١١ **أ.** القوّة الدافعة الكهربائية (e.m.f.)

ب. الڤولت (V)

١٥-١٢ الوات = ڤولت × أمبير

1 W = 1 V × 1 A

١٥-١٣ $P = I\,V$

P = 5.0 × 10

= 50 W

١٥-١٤ $I = \frac{P}{V}$

$I = \frac{30}{12}$

I = 2.5 A

١٥-١٥ $P = I\,V$

P = 0.22 × 220

P = 48.4 W

$E = P\,t$

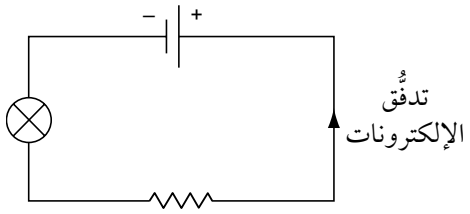
E = 48.4 × 100

= 4840 J

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ١٥-١: شدَّة التيّار الكهربائي والشحنة الكهربائية

أ



ب

الرمز	الكمّية	وحدة القياس (الاسم والرمز)
Q	الشحنة الكهربائية	الكولوم (C)
I	شدّة التيّار الكهربائي	الأمبير (A)
t	الزمن	الثانية (s)

الجدول ١٥-١

ج 1 أمبير = $\frac{\text{1 كولوم}}{\text{ثانية}}$ (أو ما يُعادلها)

$$1\ A = \frac{1\ C}{s}$$

د ١. $Q = I\,t$

$$Q = 2.4 \times 1$$

$$= 2.4\ C$$

٢. $Q = I\,t$

$$Q = 2.4 \times 30$$

$$= 72\ C$$

هـ $I = \frac{Q}{t}$

$$t = 1 \times 60 = 60\ s$$

$$I = \frac{720}{60}$$

$$I = 12.0\ A$$

و $t = \frac{Q}{I}$

$$t = \frac{75}{1.25}$$

$$= 60\ s$$

تمرين ١٥-٢: قياس شدَّة التيّار الكهربائي والجُهد الكهربائي

أ ١. 37 V

٢. 6.4 A

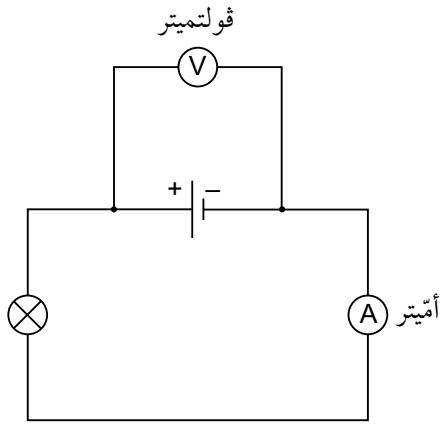
ب ١. لقياس شدَّة التيّار الكهربائي في دائرة كهربائية يجب أن يكون **الأمّيتر** موصّلاً على **التوالي** مع باقي المُكوِّنات.

٢. لقياس القوّة الدافعة الكهربائية (e.m.f.) لخليّة كهربائية في دائرة كهربائية يجب أن يكون **الڤولتميتر** موصَّلاً على **التوازي** مع **الخلية الكهربائية**.

ج ١. الخلية أو البطّارية أو مصدر جُهد كهربائي.

٢. الڤولت (V).

د ١. و ٢.



الجهاز الذي يقيس شدَّة التيّار الكهربائي هو الأمّيتر.

الجهاز الذي يقيس فرق جهد الخلية هو الڤولتميتر.

تمرين ١٥-٣: الطاقة والقُدرة الكهربائية

أ القدرة = $\frac{\text{الطاقة المتحوّلة}}{\text{الزمن}}$

$P = \frac{E}{t}$

ب القدرة = شدَّة التيّار الكهربائي × فرق الجُهد

$P = I\,V$

ج $P = I\,V$

$P = 0.25 \times 12$

$= 3.0\ \text{W}$

د ١. 500 W

٢. $E = P\,t$

$t = 1 \times 60 = 60\ \text{s}$

$E = 500 \times 60$

$= 30\,000\ \text{J}$

٣. $P = I\,V$

$I = \frac{P}{V}$

$I = \frac{500}{220}$

$I = 2.27\ \text{A}$

هـ $P = \frac{E}{t}$

$$P = \frac{1.0 \times 10^{9}}{1.5 \times 10^{-4}}$$

$$= 6.7 \times 10^{12}$$

$$V = \frac{P}{I}$$

$$V = \frac{6.7 \times 10^{12}}{2.8 \times 10^{4}}$$

$$V = 2.4 \times 10^{8}\ \text{V}$$

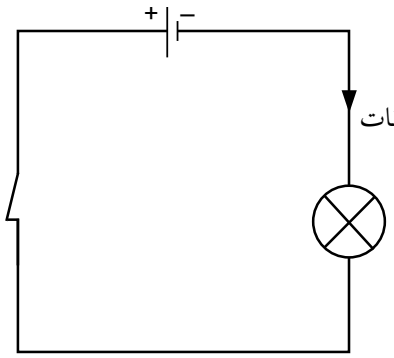
إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ أ. الإلكترونات

ب. ١. شحنة سالبة

٢. الكولوم (C)

ج.



د. تزداد سرعة تدفُّق الشحنات أو تتحرَّك أسرع.

٢ أ. $I = \frac{Q}{t}$

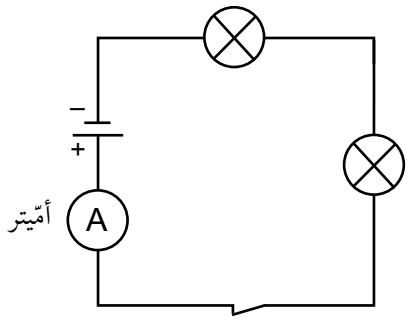
$$I = \frac{2}{40}$$

$$I = 0.05\ \text{A}$$

$$= 50\ \text{mA}$$

ب. ١. الأمّيتر

٢.



يمكن أن تكون المُكوِّنات بأي ترتيب، ولكن يجب أن تكون جميعها على التوالي.

٣ **أ.** 2.50 A

ب. 0.038 A

ج. 1.7 A

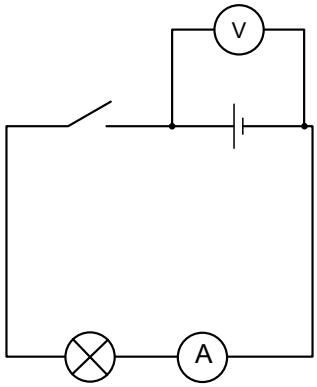
د. 0.016 A

٤ **أ.** الخلية الكهربائية.

ب. فرق الجُهد الكهربائي بين قطبَي مصدر جُهد كهربائي/ مصدر الطاقة الكهربائية لدفع الشحنات عبر الدائرة الكهربائية / دفع الشحنة الكهربائية في دائرة كاملة / الطاقة الناتجة من مصدر.

ج. الڤولت (V).

د.



٥ **أ.** الڤولت (V).

ب. الڤولتميتر.

ج. على التوازي مع طرفَي L2.

٦ **أ.** $P = VI$

$P = 220\ \text{V} \times 1.5\ \text{A}$

$= 330\ \text{W}$

ب. $t = 1 \times 60 \times 60$

$= 3600\ \text{s}$

$E = VIt$

$E = 220\ \text{V} \times 1.5\ \text{A} \times 3600\ \text{s}$

$E = 1\,188\,000\ \text{J}$ أو $1.188\ \text{MJ}$ أو $1.188 \times 10^6\ \text{J}$

(اقبل $1.2 \times 10^6\ \text{J}$ أو $1.20 \times 10^6\ \text{J}$)

طريقة أخرى للحلّ بدلالة القدرة والزمن باستخدام إجابة الجزئية (أ):

$E = Pt$

$E = 330 \times 1 \times 60 \times 60$

$E = 1\,188\,000\ \text{J}$ أو $1.188\ \text{MJ}$ أو $1.188 \times 10^6\ \text{J}$

(اقبل $1.2 \times 10^6\ \text{J}$ أو $1.20 \times 10^6\ \text{J}$)

الوحدة السادسة عشرة: المقاوَمة

موضوعات الوحدة

المصادر المتاحة لكل موضوع

رقم الهدف التعليمي	الموضوع	عدد الحصص	المصادر في كتاب الطالب	المصادر في كتاب النشاط
١٦-١، ١٦-٢	١٦-١ المُقاوَمة الكهربائية	٦	نشاط ١٦-١ قياس المُقاوَمة الكهربائية الأسئلة من ١٦-١ إلى ١٦-٤	تمرين ١٦-١ المُقاوَمة الكهربائية ورقة العمل ١٦-١ المُقاوَمة الكهربائية
١٦-٣، ١٦-٤	١٦-٢ المزيد عن المُقاوَمة الكهربائية	٤	السؤالان ١٦-٥ و ١٦-٦	تمرين ١٦-٢ خاصّية (التيّار - الجُهد) تمرين ١٦-٣ المُقاوَمة والقُدرة في الدوائر الكهربائية ورقة العمل ١٦-٢ مُقاوَمة سلك
	الملخّص		أسئلة نهاية الوحدة	

الموضوع ١٦-١: المُقاوَمة الكهربائية

الأهداف التعليمية

١٦-١ يذكر أنّ المقاومة = $\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{شدّة التيّار الكهربائيّ}}$ ($R = \frac{V}{I}$)، ويفهم، من الناحية النوعيّة، كيف تؤثّر التغيّرات في فرق الجهد أو المقاومة على شدّة التيّار.

١٦-٢ يذكر المعادلة الآتية ويستخدمها: $R = \frac{V}{I}$، ويذكر أنّ المقاومة تُقاس بوحدة الأوم (Ω).

أفكار للتدريس

- اسأل الطلاب: ما الذي يحدِّد شدَّة التيّار الكهربائي الذي يتدفَّق في دائرة كهربائية؟ يجب أن يتدفَّق التيّار الكهربائي عبر مكوِّنات مختلفة، هي التي تحدِّد شدَّته، وهذا يعطي فكرة عن المُقاوَمة.
- ذكِّر الطلاب بكيفية قياس فرق الجُهد بين طرفَي مصباح وشدَّة التيّار الكهربائي عبره، مع تأكيد الطرق المختلفة التي يتمّ بها توصيل أجهزة القياس بالمصباح (على التوازي وعلى التوالي). استبدل المصباح بمصباح آخر ذي مُقاوَمة أخرى مختلفة. هل يمكن لطلابك أن يستنتجوا أيّ منهما له مُقاوَمة أكبر؟ سيكون للمصباح ذي الضوء الخافت أيضًا شدَّة تيّار كهربائي أقلّ مع نفس فرق الجهد. لذا يجب أن تكون مُقاوَمته أكبر.
- والآن، بعد أن قدَّمت وحدَّدت مصطلح المُقاوَمة وكذلك الأوم (Ohm)، كلِّف الطلاب بمراجعة المثال ١٦-١ والإجابة عن أسئلة كتاب الطالب من ١٦-١ إلى ١٦-٤، للتحقُّق من أنهم قد فهموا ذلك.
- يوضِّح **النشاط ١٦-١ قياس المُقاوَمة الكهربائية**، كيفية قياس مُقاوَمة بعض المكوِّنات الكهربائية المختلفة. في النهاية، يقترح إجراء قياس المقاوَمة لجهود كهربائية مختلفة. قد تتضمَّن مصادر الخطأ في التجربة ارتفاع درجة (سخونة) المكوِّنات، ممّا يزيد من مُقاوَمتها (يمكن تقليل ذلك عن طريق تزويد المكوِّن بمبرِّدات خاصَّة لتفادي ارتفاع درجة حرارته)، أو أن أجهزة القياس لم تكن مصفَّرة تمامًا قبل توصيلها.

- **ورقة عمل ١٦-١ المُقاوَمة الكهربائية** تتضمَّن أسئلة حول هذه الأفكار.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- يتمثَّل أحد المفاهيم الخاطئة حول المُقاوَمة الكهربائية في أنَّ التيّار الكهربائي يسري بقيمة معيَّنة في السلك، ومن ثم يتناقص ليمرّ خلال مُقاوَمة كهربائية، وبمجرّد تجاوزه المُقاوَمة يتزايد ليصل إلى قيمته الأولى في السلك، وهذا غير صحيح لأنّ قيمة شَّدة التيار الكهربائي لا تتغيَّر أثناء عبوره المقاوَمة.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب النشاط، التمرين ١٦-١ المُقاوَمة الكهربائية
- ورقة العمل ١٦-١ المُقاوَمة الكهربائية

الموضوع ١٦-٢: المزيد عن المُقاوَمة الكهربائية

الأهداف التعليمية

١٦-٣ يرسم التمثيل البيانيّ لمقاوم كهربائيّ أومي ومصباح كهربائيّ بفتيل ويشرح خاصّيّة (التيّار الكهربائيّ – الجهد) لهما.

١٦-٤ يتذكّر التناسب الطردي بين المقاومة وطول السلك والتناسب العكسيّ بين المقاومة ومساحة المقطع العرضيّ للسلك ويستخدمه استخدامًا كمّيًا.

أفكار للتدريس

- ابدأ بتوضيح علاقة مُقاوَمة سلك ما بكلّ من طوله ومساحة مقطعه العرضيّ. هنا، تُعتبَر فكرة تشبيه الدائرة الكهربائية بعبور أنابيب مختلفة المقاسات مفيدة. فكلّما كانت الأسلاك أطول وأقلّ سُمكًا، ازدادت صعوبة الانتقال فيها. (لهذه المقارنة حدودها، شأنها شأن باقي المقارَنات، لذلك لا تُمعِن أكثر في التشبيه).
- والآن قم بتوسيع أفكار الموضوع بالنظر في مكوِّنات الدائرة الكهربائية التي تتغيَّر مُقاوَمتها مع تغيُّر شدَّة التيّار الكهربائي فيها. استخدم بيانات من الجدول ١٦-١ في كتاب الطالب لرسم تمثيل بياني (الشكل ١٦-٤)، سوف تحصل على خطّ مستقيم تقريبًا. ينتج من حاصل قسمة $\frac{V}{I}$ لكلّ نقطة من التمثيل البياني القيمة نفسها، وهي قيمة المُقاوَمة. أدخل مصطلح «أومي (Ohmic)» لوصف ذلك.
- كلِّف الطلاب بتصميم تجربة لاختبار ما إذا كان الشيء نفسه ينطبق على مصباح ذي فتيل. اسمح لهم بتنفيذ هذه التجربة. يمكنهم حساب المُقاوَمة لكلّ زوج من قيمتَي شدَّة التيّار الكهربائي وفرق الجُهد. ويمكنهم أيضًا رسم تمثيل بياني. يجب أن يكونوا قادرين على رؤية أن المُقاوَمة تزداد مع فرق الجُهد، وأن التمثيل البياني يتقوَّس. اشرح أن منحنى التمثيل البياني يُظهر تيّارًا كهربائيًا يتدفَّق بشدَّة أقلّ مما كنت تتوقّع، لذلك يجب أن تكون مُقاوَمة الفتيل في ازدياد.
- تحدّ الطلاب أن يتنبَّأوا أي سلك له مُقاوَمة أكبر: الأطول أم الأقصر؟ الأسمك (ذو مساحة المقطع العرضي الأكبر) أم الأقلّ سُمكًا؟ يجب أن يعلّلوا ذلك. إذا توفَّرت لديك أنبوبتا مصّ قصيرتان، يمكنك استخدامهما لتُظهِر أن السلك السميك يعادل سلكَين رفيعَين متوازيَين، وأنَّ السلك الطويل يعادل سلكَين قصيرَين موصولَين على التوالي. فكِّر في تدفُّق التيّار الكهربائي، ما الطريقة الأسهل للطالب لكي يمتصّ الشراب من كوب هل بواسطة أنبوبتَي المصّ المتوازيتَين أم اللتَين على التوالي؟
- **ورقة عمل ١٦-٢ مُقاوَمة سلك** تتناول مُقاوَمة وطول سلك.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

- قد يتخيّل بعض الطلاب خطأ أن مُقاوَمة السلك السميك ستكون أكبر، لأن هناك المزيد من مادّة الفلزّ لاجتيازه. يمكنك أن توضِّح لهم الأمر بأن تشير إلى أنّ مرور الماء عبر أنبوبة عريضة أسهل من مروره عبر أنبوبة ضيّقة.

أفكار للواجبات المنزلية

- كتاب الطالب، السؤالان ١٦-٥ و ١٦-٦
- أسئلة نهاية الوحدة
- كتاب النشاط، التمرين ١٦-٢ خاصّية (التيّار - الجهد)
- كتاب النشاط، التمرين ١٦-٣ المقاوَمة والقدرة في الدوائر الكهربائية
- ورقة العمل ١٦-٢ مقاوَمة سلك

إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية

نشاط ١٦-١: قياس المقاوَمة الكهربائية

المهارات

- **يحدِّد المتغيرات ويصف كيف يمكن قياسها، ويشرح لماذا ينبغي التحكُّم ببعض المتغيّرات.**
- **يسجِّل الملاحظات بطريقة منهجية باستخدام الوحدات المناسبة والأرقام ومدى القياسات المناسبة ودرجة الدقة المناسبة.**
- **يعالج البيانات ويعرضها ويقدِّمها بما في ذلك استخدام الآلات الحاسبة والتمثيلات البيانية والميل.**
- **يحدِّد الأسباب المحتملة لعدم دقة البيانات أو الاستنتاجات ويقترح التحسينات المناسبة للخطوات التجريبية والتقانة المستخدمة.**

المواد والأدوات والأجهزة

- بطّارية أو مصدر جُهد كهربائي
- أمّيتر
- فولتميتر
- مُقاوِمات كهربائية بقيَم مختلفة
- مصباح كهربائي 6 V مثبَّت على حامل
- خمسة أسلاك توصيل

⚠ احتياطات الأمن والسلامة

- نبّه الطلاب لضرورة عدم توصيل الأمّيتر أو الفولتميتر أو الأسلاك مباشرة عبر طرفَي مصدر الجُهد الكهربائي.

ملاحظات

- يُعتبَر هذا النشاط مكمِّلًا للنشاط ١٥–١ ليشمل قياس فرق الجُهد باستخدام فولتميتر.
- تُعدّ التجربة بحدّ ذاتها مقدِّمة بسيطة لقياس المُقاوَمة. يُفترض أن لكلّ مكوِّن مُقاوَمة ثابتة لا تعتمد على فرق الجُهد بين طرفَيه، أي أن جميع المكوِّنات هي أومية. إذا خضع أحد المكوِّنات لقانون أوم، فإن أي زيادة في فرق الجُهد بين طرفَيه سترافقها زيادة في شدَّة التيّار الكهربائي الذي يعبره. بحيث يحقِّق التناسُب ثبات $\frac{V}{I}$ الذي يساوي قيمة المقاوَمة R للمكوِّن.
- وأخيرًا، كلِّف الطلاب بقياس شدَّة التيّار الكهربائي المارّ خلال مصباح، ثم حساب مُقاوَمته. بالطبع، هو غير أومي، وبالتالي يجب تحديد مُقاوَمته عند جهود مختلفة. يجب على الطلاب وضع جدول لتسجيل نتائجهم.
- يمكن توسيع النشاط ليشمل استقصاء علاقة المُقاوَمة بفرق الجُهد بين طرفَيها. ويمكن استخدام التمثيل البياني (التيّار/فرق الجهد) لتحديد قيمة المُقاوَمة.

إجابات أسئلة كتاب الطالب

١٦-١ أ. $R = \frac{V}{I}$

$R = \frac{12}{2}$

مُقاوَمة المصباح: $R = 6.0\ \Omega$

ب. تزداد شدَّة التيّار الكهربائي.

١٦-٢ $V = I\,R$

$V = 1 \times 20$

$= 20\ \text{V}$

١٦-٣ أ. $R = \frac{V}{I}$

$R = \frac{20}{2}$

$R = 10\ \Omega$

ب. $V = I\,R$

$V = 3 \times 10$

$= 30\ \text{V}$

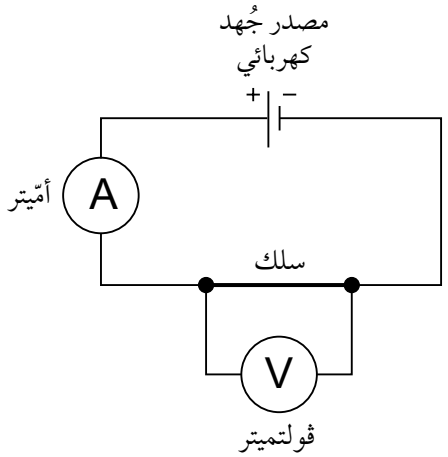
١٦-٤ $I = \frac{V}{R}$

$I = \frac{14.5}{1000}$

$I = 14.5\ \text{mA}$ أو $0.0145\ \text{A}$

١٦-٥ أ. السلك الطويل له مُقاوَمة أكبر.

ب.



١٦-٦ أ. تتناسب المقاوَمة مع الطول، لذلك إذا تضاعف الطول، ستتضاعف المقاوَمة.

$R = 80\ \Omega$

ب. تتناسب المقاوَمة عكسيًّا مع مساحة المقطع العرضي، لذلك إذا انخفضت مساحة المقطع إلى النصف، ستتضاعف المقاوَمة.

$R = 160\ \Omega$

إجابات تمارين كتاب النشاط

تمرين ١٦-١: المُقاوَمة الكهربائية

أ ١. $V = IR$

$V = 2 \times 10$

$= 20\ V$

٢. $V = IR$

$V = 1 \times 20$

$= 20\ V$

ب

التغيُّر	شدَّة التيار الكهربائي: تزداد أم تنقص؟
زيادة مقدار المُقاوَمة في الدائرة الكهربائية	تنقص
إنقاص مقدار المُقاوَمة في الدائرة الكهربائية	تزداد
زيادة فرق الجُهد الكهربائي	تزداد
استخدام أسلاك أقلّ سمكًا	تنقص
استخدام أسلاك أطول	تنقص

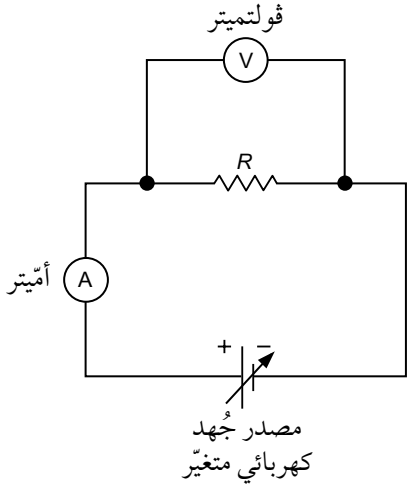
الجدول ١٦-١

ج $R = \frac{V}{I}$

$R = \frac{36}{4.5}$

$R = 8.0\ \Omega$

د ١.



٢. (أ)

فرق الجُهد (V)	شدّة التيّار الكهربائي (A)	المقاوَمة (Ω)
2.0	0.37	5.4
4.1	0.75	5.5
5.9	1.20	4.9
7.9	1.60	4.9

الجدول ١٦-٢

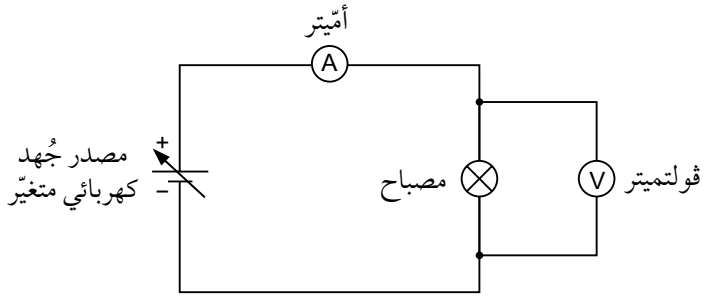
(ب) متوسّط المقاوَمة: $5.4 + 5.5 + 4.9 + 4.9 = 20.7$

$R = \frac{20.7}{4}$

$= 5.2\ \Omega$

تمرين ١٦-٢: خاصّية (التيّار - الجُهد)

أ



ب تمّ توصيل الفولتميتر على التوازي مع المصباح.

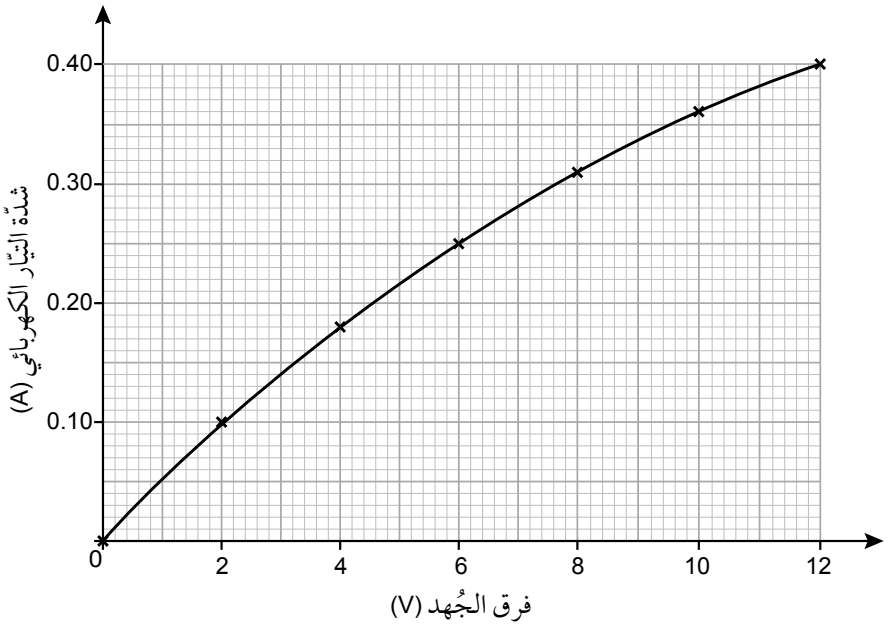
ج

فرق الجُهد (V)	شدّة التيّار الكهربائي (A)	المقاوَمة (Ω)
0.0	0.0	–
2.0	0.10	20.0
4.0	0.18	22.2
6.0	0.25	24.0
8.0	0.31	25.8
10.0	0.36	27.8
12.0	0.40	30.0

الجدول ١٦-٣

د ازدادت المقاوَمة من 20 Ω إلى 30 Ω.

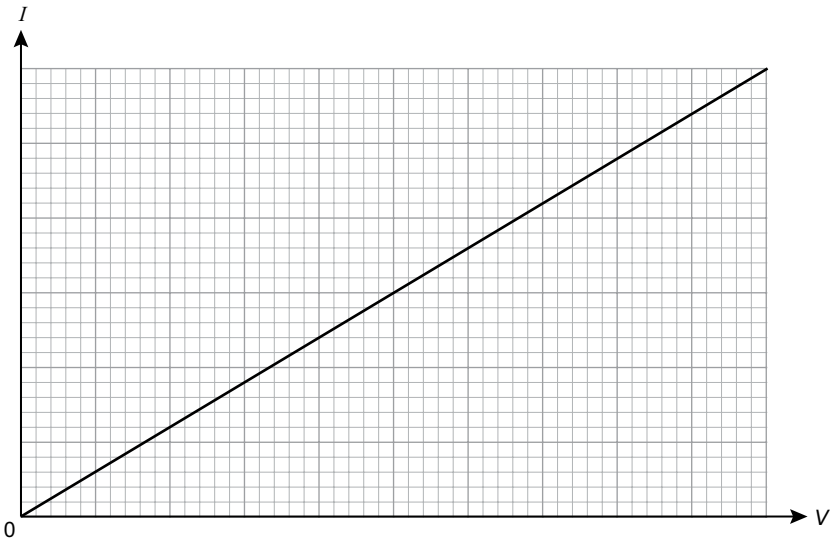
هـ



و تقريبًا 0.215 A

ز تقريبًا 7.7 V

ح



يجب أن يكون منحنى التمثيل البياني (التيّار – الجُهد) خطًّا مستقيمًا يمرّ بنقطة الأصل.

تمرين ١٦-٣: المُقاوَمة والقدرة في الدوائر الكهربائية

أ

١. $I = \frac{V}{R}$

$I = \frac{220}{600}$

$I = 0.37\ \text{A}$

٢. $P = I V$

$P = 0.37 \times 220$

$= 81.4\ \text{W}$

ب

١. $I = \frac{P}{V}$

$I = \frac{2400}{220}$

$I = 10.9\ \text{A}$

٢. $R = \frac{V}{I}$

$R = \frac{220}{10.9}$

$R = 20.2\ \Omega$

ج

١. تزداد

٢. تقلّ

د

$V = I R$

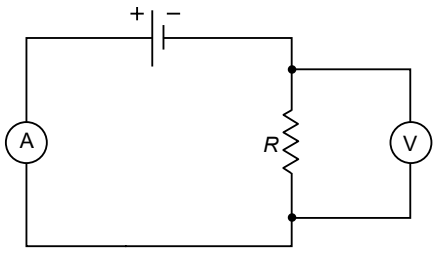
$V = 0.25 \times 24$

$= 6\ \text{V}$

إجابات أوراق العمل

ورقة العمل ١٦-١ : المُقاوَمة الكهربائية

١



٢ المُقاوَمة = $\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{شدّة التيّار الكهربائي}}$

$R = \frac{V}{I}$

٣ $R = \frac{V}{I}$

$R = \frac{1.42}{0.27}$

$R = 5.03\ \Omega$

٤

فرق الجُهد (V)	شدّة التيّار الكهربائي (A)	مُقاوَمة السلك (Ω)
1.24	0.24	5.17
2.55	0.50	5.10
3.80	0.96	3.96
4.99	1.02	4.89
6.52	1.28	5.09

الجدول ١٦-٣

٥ النتيجة الثالثة (3.96) لا تتلاءم مع النمط.

٦ متوسِّط قيَم $V = \frac{1.24 + 2.55 + 4.99 + 6.52}{4}$

$= 3.825\ V$

متوسِّط قيَم $I = \frac{0.24 + 0.50 + 1.02 + 1.28}{4}$

$= 0.76\ A$

$R = \frac{V}{I}$

$R = \frac{3.825}{0.76}$

$R = 5.03\ \Omega$

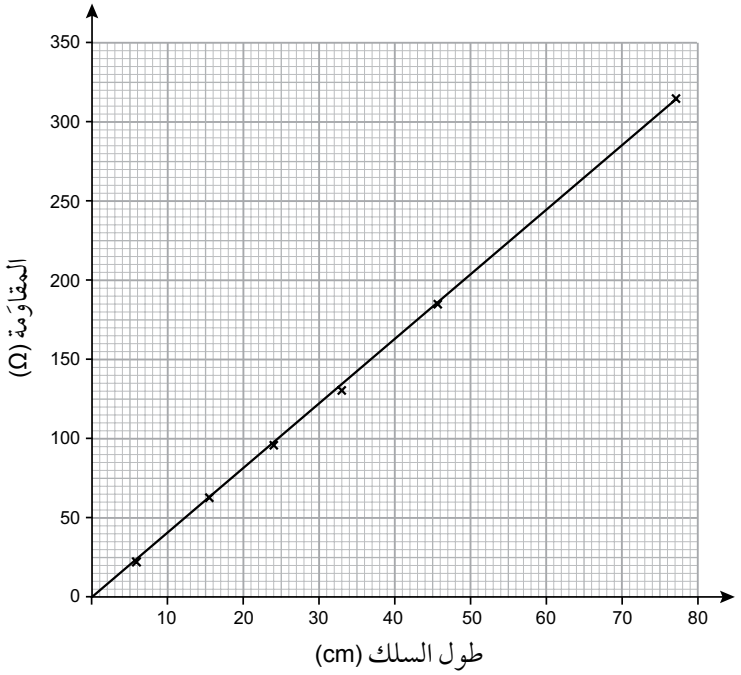
طريقة أخرى للحل:

متوسِّط قيَم $R = \frac{5.17 + 5.10 + 4.89 + 5.09}{4}$

$= 5.06\ \Omega$

ورقة العمل ١٦-٢: مُقاوَمة سلك

١



٢ تقريبًا 40 Ω.

٣ نعم؛ إنه خطّ مستقيم ويمرّ بنقطة الأصل (أو مُقاوَمة 20 cm تساوي ضُعف مُقاوَمة 10 cm، إلخ).

٤ نعم؛ إنه خطّ مستقيم ويمرّ بنقطة الأصل.

٥ سيبقى منحنى التمثيل البياني (المُقاوَمة/طول السلك) خطًّا مستقيمًا مارًّا بنقطة الأصل، ولكن كلّ قيَم المُقاوَمة ستكون أقلّ.

٦ الأسلاك ذات الأبعاد نفسها، ولكنّها مصنوعة من فلزّات مختلفة، لها مُقاوِمات مختلفة. لذلك يجب عدم تغيير المادّة. ذلك أنَّ نوع المادّة متغيِّر يجب التحكُّم به.

إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١ أ. أوم (ohm)

ب. Ω

٢ أ. المُقاوَمة هي مدى سهولة أو مُمانَعة تدفُّق التيّار الكهربائي أو تدفُّق الإلكترونات.

ب. $R = \frac{V}{I}$

٣ أ. $R = \frac{V}{I}$

$R = \frac{12\ \text{V}}{2\ \text{A}}$

$= 6\ \Omega$

ب. ١. تقلّ.

٢. تقلّ.

٣. تزداد.

٤ أ. $V = I R$

$V = 0.25\ A \times 100\ \Omega$

$= 25\ V$

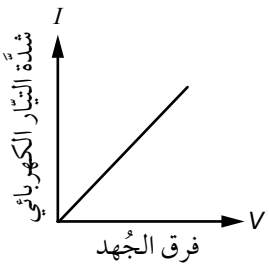
ب. $R = \frac{V}{I}$

$I = \frac{V}{R}$

$I = \frac{12\ V}{600\ \Omega}$

$= 0.02\ A$ أو $20\ mA$

٥ أ. ١.



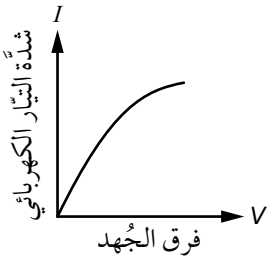
يجب أن يكون منحنى التمثيل البياني خطًّا مستقيمًا يمرّ بنقطة الأصل.

(المَيل ليس مهمًّا)

٢. علاقة تناسُب طردي.

منحنى التمثيل البياني هو خطّ مستقيم، لأن التيّار الكهربائي يبقى متناسبًا طرديًّا مع الجُهد على كل مدى الجُهد.

ب. ١.



يمرّ منحنى التمثيل البياني بنقطة الأصل.

يتقوَّس منحنى التمثيل البياني كما هو موضَّح.

٢. (في المصباح ذي الفتيل) ترتفع درجة الحرارة مع ازدياد شدَّة التيّار الكهربائي.

تزداد المُقاوَمة مع ازدياد شدَّة التيّار الكهربائي، أو المُقاوَمة ليست ثابتة.

لذلك لا يكون منحنى التمثيل البياني خطّيًّا / هو منحنى مقوَّس/ العلاقة ليست متناسبة طرديًّا.

٦ أ. مُقاوَمة سلك **تتناسب طرديًّا** مع طوله.

تظهر العلاقة بين طول السلك ومُقاوَمته من التمثيل البياني (أ).

ب. مُقاوَمة سلك **تتناسب عكسيًّا** مع مساحة مقطعه العرضي.

تظهر العلاقة بين مساحة المقطع العرضي للسلك ومُقاوَمته من التمثيل البياني (د).

رقم الإيداع: ٢٠٢١/٣٤١٧

مزون للطباعة والنشر والتغليف (ش.م.م) - ٢٤٨١٥٦٩٣

الفيزياء

دليل المعلّم ٩

يُستخدَم دليل المُعلِّم إلى جانب كتاب الطالب وكتاب النشاط، ضمن منهج الفيزياء للصف التاسع من هذه السلسلة.

يوفِّر دليل المُعلِّم الدعم لتخطيط الدروس وللتقييم.

يتضمَّن دليل المُعلِّم:

- أفكارًا للتدريس
- إرشادات لتنفيذ الأنشطة العملية
- إجابات أسئلة كتاب الطالب
- إجابات تمارين كتاب النشاط
- إجابات أوراق العمل
- إجابات أسئلة نهاية الوحدة

يشمل منهج الفيزياء للصف التاسع من هذه السلسلة أيضًا:

- كتاب الطالب
- كتاب النشاط

ISBN 978-99969-3-615-9

www.moe.gov.om